



**Università
degli Studi
di Palermo**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI CAGLIARI**



**Politecnico
di Torino**

Tecnologie e metodi per la formazione universitaria

Dipartimento di Fisica e Chimica “Emilio Segrè”

Settore Scientifico Disciplinare PAED-01/A

**INNOVAZIONE DIDATTICA:
NUOVI SCENARI PER UNA DIDATTICA ATTIVA
NELLE DISCIPLINE STEAM**

IL DOTTORE

ELEONORA SPADA

IL COORDINATORE

PROF. CLAUDIO FAZIO

IL TUTOR

PROF.SSA ELENA MIGNOSI

CO TUTOR

PROF. CLAUDIO FAZIO

CICLO XXXVIII

ANNO ACCADEMICO 2025/2026

Sommario

CAPITOLO 1	6
QUADRI TEORICI PER L'INNOVAZIONE DIDATTICA E L'APPRENDIMENTO SIGNIFICATIVO ...	6
1.1 Innovazione didattica: natura, modelli e processi di cambiamento	6
1.2 Apprendimento significativo: fondamenti teorici e implicazioni didattiche	7
1.3 Didattica attiva e scienze dell'apprendimento	9
1.4 Il docente come professionista riflessivo e ricercatore della pratica	11
1.5 Conoscenza professionale docente: dalla PCK alla TPACK e alle competenze digitali	13
1.6 Progettazione didattica e design degli ambienti di apprendimento	15
1.7 Conclusioni e implicazioni per la ricerca	17
CAPITOLO 2	18
STEAM, COMPLESSITÀ E INNOVAZIONE DIDATTICA	18
2.1 L'educazione STEAM nel contesto delle trasformazioni contemporanee	18
2.2 Origine e diffusione dell'approccio STEAM	19
2.3 Interdisciplinarietà e integrazione dei saperi	21
2.4 STEAM e teoria della complessità	23
2.5 Il ruolo delle arti nei percorsi STEAM	25
2.6 Metodologie didattiche attive nei percorsi STEAM	26
2.7 Formazione dei docenti e competenze professionali per l'educazione STEAM	28
2.8 Educazione STEAM, innovazione educativa e ricerca pedagogica	31
2.9 Educazione STEAM e politiche educative	32
2.10 Criticità e prospettive dell'educazione	34
2.11 Disparità di genere nelle discipline STEAM e ruolo della didattica attiva nei processi di orientamento	36
2.12 Conclusioni	38
CAPITOLO 3	42
GLI AMBIENTI DIGITALI COME DISPOSITIVI PEDAGOGICI DELL'APPRENDIMENTO ATTIVO	42
3.1 Gli ambienti digitali come estensione dell'innovazione didattica	42
3.2 Modelli pedagogici dell'e-learning	43
3.3 Moodle come ambiente di apprendimento	47
3.4 Funzionalità didattiche e strumenti collaborativi	49
3.5 Il ruolo della narrazione	51
3.6 Didattica digitale e sviluppo del pensiero critico	53
3.7 Conclusioni	55
CAPITOLO 4	57
L'ESPERIENZA PILOTA: EFFICACIA FORMATIVA DELL'E-LEARNING IN UN CORSO DI PEDAGOGIA DI COMUNITÀ	57
4.1 Introduzione	57
4.2 Le possibili funzioni dell'E-Learning	60

4.3 L'esperienza attuata all'Università.....	62
4.4 Conclusioni.....	68
CAPITOLO 5	71
STEAM E DIDATTICA ATTIVA IN UN CORSO DI DIDATTICA DELLA FISICA.....	71
5.1 Introduzione.....	71
5.2 Cornice teorica.....	71
5.2.1 Il Problem Based Learning nella formazione universitaria contemporanea: evidenze recenti della ricerca	72
5.3 Descrizione dell'esperienza didattica	74
5.3.1 Il Problem Based Learning.....	75
5.3.1.1 Il modello di Problem Based Learning adottato nella sperimentazione	76
5.3.1.2 Organizzazione dei gruppi, ruolo del facilitatore e articolazione del percorso	77
5.3.1.3 I problemi autentici proposti agli studenti.....	78
5.3.2 Il Problem Based Learning nei contesti digitali	78
5.3.2.1 Sequenza operativa della sperimentazione	79
5.3.3 Strumento e coding degli item.....	81
5.3.4 Pre-processing e costruzione delle matrici	82
5.3.5 Metodologia di cluster analysis: principi e criteri decisionali	83
5.4 Procedura operativa.....	85
5.5 Risultati dell'analisi cluster: dimensione "lavoro collaborativo"	86
5.6 Risultati dell'analisi dei cluster: dimensione "PBL e disciplina"	97
5.7 Analisi dei cluster: dimensione "Approccio personale al PBL".....	107
5.8 Analisi dei cluster: dimensione "Ruolo del tutor".....	117
5.9 Confronto inferenziale tra i gruppi mediante t-test per campioni indipendenti.....	125
5.10 Integrazione tra analisi inferenziale e cluster analysis	128
5.11 Analisi esplorativa dei profili di esperienza della piattaforma Moodle.....	128
5.12 Limiti dello studio e prospettive di ricerca	140
5.13 Conclusioni del capitolo: interpretazione complessiva dei risultati della sperimentazione	142
CAPITOLO 6	145
RICERCA FORMAZIONE PER UNA DIDATTICA ATTIVA NELLA SCUOLA	145
Introduzione.....	145
6.1 Ricerca-formazione e disegno metodologico	146
6.1.1 Domande di ricerca.....	148
6.1.2 Il dispositivo formativo della ricerca-formazione	148
6.2 I mixed- method per la valutazione d'efficacia della R-F	151
SEZIONE I – RICERCA FORMAZIONE IN AREA STEAM	151
6.3 Costruzione dello strumento di rilevazione e definizione delle dimensioni della didattica attiva.....	151
6.4 Costruzione del questionario STEAM e individuazione dei fattori latenti.....	153

6.5 Campione, contesto e procedura di somministrazione	155
6.6 Procedure di analisi statistica e modellizzazione dei profili docenti	157
6.6.1 Verifica della significatività delle differenze (JASP)	157
6.6.2 Cluster analysis con XLSTAT	158
6.6.3 Analisi di transizione	158
6.7 Risultati quantitativi: significatività delle differenze e ampiezza dell'effetto	159
6.8 Introduzione all'analisi cluster con XLSTAT e logica dell'analisi configurazionale	161
6.8.1 Analisi cluster sul fattore ASK (elaborati XLSTAT Excel in allegati 13)	162
6.8.2 Analisi di transizione dei cluster ASK (pre-post)	168
6.8.3 Analisi cluster del fattore Investigate & Creation	174
6.8.4 Analisi di transizione dei cluster Investigate & Creation (pre-post)	180
6.8.5 Analisi cluster del fattore Discussion & Reflection	186
6.8.6 Analisi di transizione dei cluster Discussion & Reflection (pre-post)	188
6.8.7 Analisi cluster del fattore Relation with Daily Life	191
6.8.8 Analisi di transizione dei cluster Relation with Daily Life (pre-post)	193
6.8.9 Analisi cluster del fattore Teachers' Professional Digital Competence	198
6.8.10 Analisi di transizione dei cluster del fattore Teachers' Professional Digital Competence (pre-post)	201
6.8.11 Analisi cluster del fattore Teachers' Digital Content Development	206
6.8.12 Analisi di transizione dei cluster del fattore Teachers' Digital Content Development (pre-post)	209
6.8.13 Analisi cluster del fattore Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies	214
6.8.14 Analisi di transizione KN (pre-post)	216
6.8.15 Analisi cluster del fattore Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching	221
6.8.16 Analisi di transizione dei cluster del fattore Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching (pre-post)	224
6.9 Analisi comparativa delle traiettorie di cambiamento dei fattori latenti	228
SEZIONE II	232
6.10 Cornice di riferimento dell'R-F sull'IA	232
6.11 Analisi quantitativa dei dati mediante JASP	236
6.11.1 Struttura dell'analisi statistica	236
6.11.2 Confronto tra rilevazioni pre e post intervento	236
6.11.3 Interpretazione dei risultati	237
6.12 Analisi dei fattori latenti mediante cluster analysis	238
6.12.1 Cluster analysis del fattore Competence	239
6.12.2 Analisi delle transizioni tra cluster del fattore latente Competence	243
6.12.3 Traiettorie di cambiamento della Competence	245
6.12.4 Cluster analysis del fattore Usefulness	246
6.12.5 Analisi delle transizioni tra cluster del fattore latente Usefulness	249
6.12.6 Traiettorie di cambiamento del fattore Usefulness	251

6.13 Conclusioni.....	252
CAPITOLO 7	255
ANALISI TEMATICA DELLE INTERVISTE.....	255
7.1 Introduzione.....	255
7.2 Il disegno mixed methods della ricerca	256
7.3 Costruzione dell'intervista e collegamento con i fattori latenti.....	257
7.4 Procedura di analisi tematica.....	258
7.4.1 Familiarizzazione con i dati.....	258
7.4.2 Costruzione dei codebook provvisori	259
7.4.3 Triangolazione e costruzione dei codebook definitivi.....	260
7.4.4 Quantizzazione delle evidenze	260
7.4.5 Costruzione del codebook globale.....	261
7.4.6 Convergenza quantitativa del corpus.....	261
7.5 Analisi e traccia delle interviste.....	262
7.5.1 Intervista 1	263
7.5.2 Intervista 2	285
7.5.3 Intervista 3	306
7.5.4 Intervista 4	326
7.5.5 Intervista 5	345
7.5.6 Intervista 6	365
7.5.7 Intervista 7	384
7.5.8 Intervista 8	403
7.5.9 Intervista 9	422
7.5.10 Intervista 10	440
7.5.11 Intervista 11	459
7.6 Codebook globale delle undici interviste	478
7.7 Quantizzazione globale dei fattori latenti nelle undici interviste	482
7.8 Interpretazione comparativa dei fattori latenti nelle undici interviste	484
7.9 Interpretazione dell'analisi tematica e implicazione per la valutazione dell'intervento formativo	486
7.10 Limiti e prospettive future della ricerca	488
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	491
APPENDICI	502
ALLEGATO 1: <i>Questionario somministrato agli studenti del corso di didattica della fisica del corso di laurea in scienze della formazione primaria. A.A.2024/25</i>	502
ALLEGATO 2: <i>Questionario somministrato agli studenti per l'analisi esplorativa dei profili di esperienza della piattaforma Moodle. A.A.2024/25</i>	503
ALLEGATO 3: <i>Questionario STEAM somministrato ai docenti impegnati nel percorso di ricerca-formazione</i>	504

ALLEGATO 4: <i>Questionario IA somministrato ai docenti impegnati nel percorso di ricerca- formazione</i>	505
ALLEGATO 5: <i>Traccia delle domande per le interviste</i>	506
ALLEGATI 6-16: <i>Interviste</i>	507
REPORT FOTOGRAFICO DELLE ATTIVITA' OGGETTO DI INTERVISTE	522

CAPITOLO 1

QUADRI TEORICI PER L'INNOVAZIONE DIDATTICA E L'APPRENDIMENTO SIGNIFICATIVO

1.1 Innovazione didattica: natura, modelli e processi di cambiamento

Nel lessico pedagogico contemporaneo, il concetto di innovazione didattica è diventato tanto ricorrente quanto semanticamente instabile. Spesso esso viene associato all'introduzione di dispositivi tecnologici, alla digitalizzazione degli ambienti di insegnamento o all'adozione di metodologie ritenute "nuove", ma una simile riduzione rischia di impoverirne la portata teorica. La letteratura sul cambiamento educativo mostra, infatti, che l'innovazione non coincide con l'innesto episodico di strumenti o tecniche, bensì con una trasformazione più profonda delle pratiche di insegnamento, dei modelli di apprendimento impliciti e delle culture professionali entro cui tali pratiche prendono forma. Fullan, in una prospettiva ormai classica ma ancora imprescindibile, insiste sul fatto che il cambiamento educativo autentico non riguarda soltanto il piano organizzativo, ma investe significati, relazioni e assetti culturali che strutturano l'azione scolastica e universitaria. L'innovazione non è quindi un oggetto da introdurre, ma un processo da costruire e sostenere nel tempo (Fullan, 2016).

Questa impostazione trova un importante complemento nella teoria della diffusione delle innovazioni di Rogers, secondo cui l'adozione di una novità dipende da fattori quali il vantaggio relativo percepito, la compatibilità con i valori e le pratiche già esistenti, la complessità percepita, la possibilità di sperimentazione e la visibilità dei risultati. Applicata al campo educativo, tale prospettiva consente di comprendere perché molte innovazioni didattiche falliscano quando vengono proposte in forma prescrittiva, decontestualizzata o meramente strumentale. Non basta, infatti, introdurre una metodologia attiva o una tecnologia digitale perché si produca un cambiamento significativo: occorre che l'innovazione venga reinterpretata dai docenti, resa coerente con finalità educative esplicite e inserita entro una visione dell'apprendimento che ne giustifichi l'uso. Il problema, dunque, non è tanto l'adozione della novità, quanto la sua traduzione pedagogica e professionale (Rogers, 2003).

Parlare di innovazione didattica significa inevitabilmente interrogarsi sui paradigmi dell'apprendimento che la sostengono. Le *learning sciences* hanno mostrato con chiarezza che l'apprendimento umano non si esaurisce nella ricezione di informazioni, ma implica processi di selezione, organizzazione, integrazione, negoziazione e ristrutturazione concettuale. Sawyer sottolinea che le ricerche più solide sulle pratiche efficaci convergono verso una concezione

dell'apprendimento come attività costruttiva, situata e socialmente mediata, in cui la comprensione si sviluppa quando lo studente è posto nelle condizioni di elaborare attivamente i significati. Ne consegue che l'innovazione didattica non può essere giudicata in base al criterio superficiale della novità, ma in relazione alla sua capacità di modificare la qualità cognitiva e culturale dell'esperienza formativa (Sawyer, 2006).

Si intuisce allora perché, in ambito scientifico, il termine innovazione didattica debba essere maneggiato con cautela. Una didattica può essere innovativa non perché abbandona la lezione frontale in favore di un metodo diverso, ma perché ridefinisce il rapporto tra sapere, insegnamento e apprendimento, spostando il focus dalla trasmissione alla costruzione del significato. In tale quadro, innovare significa progettare condizioni nelle quali gli studenti possano comprendere, collegare, utilizzare e trasferire le conoscenze, e nelle quali i docenti assumano un ruolo di regia epistemica piuttosto che di mera erogazione dei contenuti. L'innovazione, quindi, è pedagogicamente rilevante solo quando è inseparabile da una teoria robusta dell'apprendimento e da una riflessione critica sulle pratiche professionali (Laurillard, 2013).

1.2 Apprendimento significativo: fondamenti teorici e implicazioni didattiche

All'interno di questo quadro, il concetto di apprendimento significativo costituisce il primo asse teorico da chiarire, poiché permette di definire non soltanto che cosa significhi apprendere, ma anche in che senso si possa parlare di qualità dell'apprendimento. La prospettiva ausubeliana rimane, sotto questo profilo, un riferimento decisivo: Ausubel sostiene che il fattore più importante che influenza l'apprendimento è ciò che il discente già sa, e che il compito dell'insegnamento consiste nel favorire l'ancoraggio sostanziale delle nuove informazioni alle strutture cognitive pregresse. L'apprendimento è significativo quando il nuovo contenuto non viene semplicemente memorizzato, ma integrato in maniera non arbitraria e non letterale entro una rete di concetti già posseduti dal soggetto. Al contrario, quando prevale la ripetizione meccanica, il sapere rimane fragile, inerte, scarsamente trasferibile (Ausubel, 1978).

L'importanza di questa impostazione risiede nel fatto che essa sposta l'attenzione dalla quantità delle informazioni acquisite alla qualità della loro organizzazione cognitiva. Un apprendimento può essere formalmente corretto e tuttavia didatticamente povero se non produce comprensione profonda, ristrutturazione concettuale e disponibilità all'uso in contesti nuovi.

La nozione di apprendimento significativo, infatti, si è progressivamente ampliata oltre la matrice cognitivista originaria. Piaget aveva già mostrato che lo sviluppo intellettuale non procede per accumulo lineare di nozioni, ma attraverso processi di assimilazione e accomodamento, nei quali il soggetto riorganizza attivamente le proprie strutture mentali (Piaget, 1970). Vygotskij, da parte sua,

ha collocato l'apprendimento entro una prospettiva eminentemente relazionale, sottolineando il ruolo della mediazione sociale, del linguaggio e della zona di sviluppo prossimale (Vygotskij, 1934). Da questa doppia eredità deriva una concezione dell'apprendimento significativo come processo insieme cognitivo, culturale e sociale: esso implica attività mentale, ma anche interazione, negoziazione, confronto, sostegno e partecipazione a pratiche culturali condivise. Wenger successivamente si focalizzerà sulle pratiche di apprendimento all'interno dei contesti mostrando come le conoscenze si possano sviluppare all'interno di una comunità di pratica in cui i soggetti apprendono attraverso forme di partecipazione progressiva e costruzione condivisa di significati (Wenger, 1998). Il concetto di apprendimento situato, i cui studiosi di spicco sono Lave e Wenger, fa parte dell'orientamento proprio del costruttivismo sociale. Esso fa riferimento a un tipo di apprendimento che non si configura come una pratica individuale e svincolata dalle dinamiche e dal contesto di appartenenza, ma piuttosto risulta di fondamentale importanza, nella produzione di significato, il coinvolgimento in attività, il rapporto e il confronto con il contesto e le persone, e, quindi, con la dimensione esperienziale e sociale dell'apprendimento, che viene così a configurarsi come un processo complesso fatto di attori, azioni e situazioni. L'apprendimento autentico è quindi sempre situato e non può esistere apprendimento astratto da una situazione. Lo scopo degli studi di questo filone di ricerca è quindi quello di costruire contesti e ambienti di apprendimento in cui le persone siano messe nelle condizioni migliori per apprendere, secondo le modalità più naturali e vicine quindi alla quotidianità della vita reale. Lave e Wenger individuano alcuni principi fondamentali dell'apprendimento situato:

- si verifica in funzione dell'attività, del contesto e della cultura in cui è situato;
- richiede interazione sociale, collaborazione e attivazione di contesti autentici;
- è facilitato quando sono disponibili opportunità di scaffolding¹

Per apprendere, quindi, è necessario appartenere a una comunità, essere coinvolti e partecipare attivamente a una comunità di pratica (scuola, lavoro, casa, ambiti degli interessi sociali e personali, ecc.), dove il novizio interagisce con gli altri membri spostandosi dalla periferia verso il centro di un cerchio che raffigura simbolicamente il suo diventare esperto. La volontà di imparare e il significato stesso di apprendimento autentico si sviluppano quindi progressivamente attraverso il diventare un partecipante a tempo pieno di una pratica socio-culturale, di una comunità che è continuamente definita e negoziata da tutti i suoi membri in un mutuo coinvolgimento e condivisione di risorse/scopi comuni. (Lave & Wenger, 2006).

¹ Lo *scaffolding* (impalcatura) è un concetto pedagogico introdotto da Jerome Bruner nel 1976 per descrivere il supporto temporaneo fornito da un esperto (insegnante/adulto) a un apprendista (bambino) per svolgere un compito, favorendo lo sviluppo cognitivo e l'autonomia (Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G., 1976).

Un passaggio teorico particolarmente utile per collegare apprendimento significativo e innovazione didattica è quello offerto da Howland. Nel volume *Meaningful Learning with Technology*, egli definisce l'apprendimento significativo come attivo, costruttivo, intenzionale, autentico e cooperativo. Questa articolazione è particolarmente feconda perché traduce un costrutto teorico generale in criteri di progettazione didattica: l'apprendimento è attivo quando richiede coinvolgimento e manipolazione; costruttivo quando implica riflessione e articolazione di senso; intenzionale quando è orientato a scopi consapevoli; autentico quando si misura con compiti complessi e contestualizzati; cooperativo quando si sviluppa entro dinamiche dialogiche e collaborative. Un compito significativo non semplifica artificiosamente la complessità, ma la rende didatticamente praticabile (Howland et al., 1988).

Le implicazioni per l'insegnamento sono decisive: se l'apprendimento significativo dipende dall'interazione tra conoscenze pregresse, attività cognitiva, riflessione e contesto, allora il docente non può limitarsi a presentare dei contenuti; deve invece predisporre condizioni in cui gli studenti possano esplicitare idee iniziali, confrontarsi con problemi, riconoscere conflitti cognitivi, negoziare significati, riorganizzare schemi concettuali e applicare ciò che apprendono. La qualità didattica non si misura sul grado di copertura del programma, ma sulla capacità di generare comprensione, trasferimento e trasformazione dei modi di pensare. È precisamente questo il punto in cui il framework dell'apprendimento significativo diventa strutturante: esso offre il criterio con cui leggere sia l'innovazione didattica sia la didattica attiva, evitando che entrambe scivolino in una logica meramente metodologica (Ausubel, 1978).

1.3 Didattica attiva e scienze dell'apprendimento

Se l'apprendimento significativo descrive la qualità attesa dell'esito formativo, la didattica attiva ne rappresenta una delle principali traduzioni operative. Il problema, tuttavia, è che l'espressione *active learning* viene spesso utilizzata in maniera ampia e talvolta imprecisa, fino a indicare qualsiasi pratica che interrompa la lezione tradizionale. In letteratura, invece, la nozione ha un significato più esigente. Prince, in una review divenuta di riferimento, definisce l'*active learning* come ogni metodo istruttivo che coinvolga gli studenti nel processo di apprendimento più di quanto accada nella semplice ricezione passiva dell'informazione, ma mostra anche che il valore di questi approcci dipende dal tipo di attività cognitiva che sollecitano. Non basta "fare qualcosa" in classe: occorre che ciò che si fa attivi processi di comprensione, argomentazione, analisi, decisione, autovalutazione (Prince, 2004).

Le *learning sciences* offrono il quadro teorico che permette di comprendere perché la didattica attiva sia generalmente più efficace dei modelli meramente espositivi. Sawyer ricostruisce un ampio insieme di ricerche convergenti nel mostrare che l'apprendimento profondo non coincide con

l'esposizione a informazioni ben organizzate, ma richiede che il discente elabori, rappresenti, discuta e metta alla prova le idee (Sawyer, 2006). Il rapporto *How Students Learn* del National Research Council ha ulteriormente consolidato questa impostazione, insistendo sul ruolo delle conoscenze pregresse, sulla centralità della comprensione concettuale e sull'importanza della metacognizione (National Research Council, 2000). Gli ambienti didattici più efficaci, secondo questo filone, sono quelli che rendono visibili i processi di pensiero, non quelli che si limitano a ordinare i contenuti in modo logicamente corretto.

Sul piano empirico, la didattica attiva dispone oggi di una base di evidenze molto più solida di quanto accadesse in passato. La metanalisi di Freeman e colleghi, pubblicata su *PNAS*, ha esaminato 225 studi in ambito scientifico, ingegneristico e matematico e ha rilevato che l'*active learning* aumenta le performance agli esami e riduce in modo significativo i tassi di fallimento rispetto alla lezione tradizionale (Freeman et al., 2014). In ambito più specificamente fisico, Hake aveva già mostrato, in una vasta indagine su corsi introduttivi di meccanica, che i metodi basati su *interactive engagement* producono guadagni concettuali sensibilmente superiori rispetto ai corsi tradizionali (Hake, 1998). Queste ricerche non autorizzano una mitologia dell'attivismo pedagogico, ma rendono difficile difendere l'idea che la mera esposizione possa bastare come forma ordinaria di insegnamento nei contesti in cui si voglia promuovere comprensione.

All'interno della vasta famiglia della didattica attiva rientrano approcci diversi, tra cui *problem-based learning*, *project based learning*, *inquiry-based learning*, *peer instruction* e *cooperative learning*. Ciò che li accomuna non è un protocollo unico, ma una diversa distribuzione del lavoro cognitivo in aula: gli studenti sono chiamati a porre domande, spiegare, discutere, costruire modelli, prendere decisioni, confrontare soluzioni, giustificare scelte. La didattica attiva, pertanto, non è definibile dal semplice movimento o dalla semplice interazione, ma dalla qualità epistemica delle attività proposte. Ed è proprio per questo che essa si collega in modo strutturale all'apprendimento significativo: entrambe le prospettive convergono nell'idea che la conoscenza diventi realmente formativa quando è oggetto di elaborazione, uso e ristrutturazione, non di sola registrazione mnemonica (Prince, 2004).

È però necessario precisare che la didattica attiva non coincide con la rinuncia alla guida dell'insegnante. Una parte importante della letteratura ha mostrato i limiti dei modelli minimamente guidati, soprattutto con studenti poco esperti o privi di solide preconcoscenze: la didattica attiva funziona quando è progettata ed allineata a obiettivi cognitivi espliciti; non quando viene assunta come etichetta generale di innovazione.

1.4 Il docente come professionista riflessivo e ricercatore della pratica

Una volta chiarito che innovazione didattica, apprendimento significativo e didattica attiva non sono categorie tecniche ma teoriche, diventa necessario interrogarsi sul soggetto professionale che le rende possibili. La figura del docente non può più essere pensata, in questo quadro, come quella di un semplice trasmettitore di contenuti o di un esecutore competente di procedure, ma come quella di un professionista riflessivo, capace di interpretare situazioni complesse, prendere decisioni contestualmente fondate e rielaborare criticamente la propria pratica. Il riferimento obbligato, qui, è Schön. Nel suo lavoro sul *reflective practitioner* egli descrive le professioni complesse come campi in cui il sapere non viene semplicemente applicato dall'alto, ma costruito nell'interazione con problemi incerti, instabili e non standardizzabili. Ciò vale in modo particolare per l'insegnamento, che non si confronta con casi ripetibili in modo meccanico, ma con situazioni educative aperte, segnate da variabili relazionali, cognitive, emotive e istituzionali (Schön, 2017).

La distinzione tra *reflection-in-action* e *reflection-on-action* è, a tale riguardo, particolarmente feconda. La prima rinvia alla capacità di pensare mentre si agisce, correggendo il tiro, reinterpretando segnali, modificando la conduzione dell'attività in tempo reale; la seconda riguarda la rilettura retrospettiva dell'esperienza, da cui il professionista ricava criteri, ipotesi e conoscenze per il futuro. In campo didattico, questa duplice riflessività è essenziale perché consente di sottrarre l'insegnamento a una logica puramente esecutiva. Il docente non "applica" semplicemente un metodo, ma osserva, interpreta, valuta gli effetti delle proprie scelte sui processi di comprensione degli studenti e, su questa base, riprogetta. La professionalità docente, quindi, non si esaurisce nel possesso di tecniche efficaci, ma si esprime nella capacità di trasformare l'esperienza in conoscenza professionale (Schön, 2017).

Le ricerche sullo sviluppo professionale confermano questa impostazione. Desimone, in un contributo molto citato, mostra che i percorsi di formazione docente più efficaci sono quelli che integrano focus sui contenuti, apprendimento attivo, coerenza con il contesto di lavoro, durata adeguata e partecipazione collettiva (Desimone, 2009). È un risultato importante perché fa vedere che la crescita professionale non deriva da aggiornamenti episodici o da esposizioni teoriche disancorate dalla pratica, ma da dispositivi formativi in cui il docente lavora su problemi reali, riflette su dati e situazioni, sperimenta, confronta esiti e rivede i propri modelli di azione. La riflessività, in tal caso, non è un attributo psicologico generico, ma una postura professionale organizzata, sostenuta da tempi, strumenti e comunità di confronto.

Questo punto si collega direttamente alla ricerca-azione, che rappresenta una delle cornici più coerenti per pensare il docente come ricercatore della propria pratica. Sebbene il presente capitolo non debba ancora entrare nel merito del disegno empirico della tesi, è teoricamente importante sottolineare che

la ricerca-azione rompe la separazione netta tra produzione di conoscenza e pratica didattica, riconoscendo al docente la possibilità di osservare sistematicamente ciò che accade, formulare domande, raccogliere evidenze, interpretare i dati e riprogettare le attività (Kemmis & McTaggart, 1988). Ne deriva che la pratica non è il luogo subordinato in cui si “applica” la teoria, ma uno spazio epistemicamente produttivo in cui la teoria viene interrogata, messa alla prova e arricchita.

A questa dimensione individuale si aggiunge quella comunitaria. Wenger ha mostrato che l'apprendimento professionale si sviluppa nelle comunità di pratica, dove i significati non vengono semplicemente trasferiti ma co-costruiti attraverso il confronto, la negoziazione e la partecipazione condivisa (Wenger, 1998). Per il docente innovatore questo aspetto è cruciale: riflettere non significa soltanto ripensare in solitudine alle proprie lezioni, ma prendere parte a reti professionali in cui la pratica può essere discussa, criticata e rielaborata e questa idea è preziosa perché consente di fondare teoricamente la transizione da una visione individualistica della professionalità a una visione culturale e collaborativa dello sviluppo docente.

Ma c'è un ulteriore punto che rende la riflessività una categoria indispensabile per una ricerca pedagogica avanzata. In ambito educativo, infatti, la riflessione non ha soltanto una funzione adattiva, ma anche epistemologica ed etica. Essa obbliga il docente a interrogare i presupposti impliciti del proprio agire: quale idea di apprendimento sto assumendo quando progetto una consegna; quale immagine dello studente sto presupponendo quando seleziono un compito; quale concezione del sapere sto trasmettendo quando privilegio certe forme di valutazione rispetto ad altre. La riflessività professionale, dunque, non è solo un dispositivo di miglioramento tecnico, ma una pratica critica di esplicitazione dei quadri teorici e valoriali che orientano l'azione didattica. È precisamente questo aspetto che consente di distinguerla da una generica autoanalisi personale: il docente riflessivo non si limita a domandarsi se una lezione sia “andata bene”, ma prova a comprendere quali modelli di conoscenza, di mediazione e di relazione educativa abbiano preso corpo nella pratica (Schön, 2017).

In questo senso, il docente come professionista riflessivo è anche un soggetto che produce sapere professionale. La sua esperienza non vale come semplice testimonianza, ma come terreno di costruzione di conoscenza situata, purché osservata, documentata e discussa in modo rigoroso. Questo elemento è cruciale in una tesi che si colloca all'incrocio tra ricerca educativa e trasformazione delle pratiche, perché permette di legittimare teoricamente il ruolo dell'insegnante non come destinatario passivo dell'innovazione, ma come attore che interpreta, seleziona, problematizza e rielabora i dispositivi didattici alla luce dei contesti reali in cui opera (Kemmis & McTaggart, 1988).

1.5 Conoscenza professionale docente: dalla PCK alla TPACK e alle competenze digitali

La riflessività, da sola, non basta a definire la specificità della professionalità docente. Occorre chiarire anche quale tipo di conoscenza renda possibile una didattica capace di promuovere apprendimenti significativi. È in questo contesto che il costrutto di *Pedagogical Content Knowledge* elaborato da Shulman assume una centralità decisiva. La PCK nasce per superare la tradizionale separazione tra conoscenza disciplinare e conoscenza pedagogica generale, mostrando che l'insegnamento efficace richiede una forma di sapere specifica: la capacità di trasformare il contenuto disciplinare in forme didatticamente accessibili e cognitivamente feconde per gli studenti (Shulman, 1986). In altri termini, non basta conoscere bene una disciplina, né basta conoscere tecniche didattiche generali; ciò che conta è la capacità di mediare il sapere attraverso esempi, analogie, rappresentazioni, sequenze, anticipazione delle difficoltà e gestione delle misconcezioni.

La rilevanza del concetto è enorme, soprattutto in tutti quei campi in cui la distanza tra sapere esperto e sapere ingenuo degli studenti è particolarmente marcata. Nelle discipline scientifiche, per esempio, l'apprendimento si misura spesso con rappresentazioni intuitive radicate, che non vengono superate per semplice esposizione corretta del concetto. La PCK è proprio ciò che consente al docente di riconoscere i punti critici del contenuto, prevedere dove si annideranno gli ostacoli cognitivi e organizzare mediazioni capaci di rendere pensabile ciò che, altrimenti, resterebbe formalmente presentato ma non veramente compreso. In questo senso, il passaggio dalla didattica tradizionale alla didattica orientata all'apprendimento significativo non può essere spiegato senza la PCK: è essa che rende possibile la trasformazione del sapere in esperienza di apprendimento (Shulman, 1986).

Il costrutto di PCK assume inoltre un valore particolarmente forte se lo si legge in connessione con la struttura epistemica delle discipline. Ogni sapere, infatti, non si caratterizza soltanto per i propri contenuti, ma anche per le forme di prova, i linguaggi, le procedure di validazione e le rappresentazioni che lo rendono intelligibile. Insegnare non significa dunque trasferire informazioni, ma tradurre un universo epistemico complesso in percorsi di accesso cognitivamente sostenibili, senza tradirne la struttura. La PCK rende visibile proprio questa competenza di mediazione profonda: il docente esperto non semplifica banalmente il contenuto, ma ne individua i nuclei generativi, le soglie di difficoltà e le rappresentazioni più efficaci per aprirlo alla comprensione dello studente. Da questo punto di vista, la PCK è una categoria decisiva perché consente di pensare la professionalità docente come conoscenza altamente specializzata e non come applicazione indistinta di tecniche generali (Shulman, 1986).

Con l'espansione degli ambienti digitali, tuttavia, il quadro si è complicato. Non era più sufficiente pensare il rapporto tra pedagogia e contenuto; diventava necessario comprendere anche come la

tecnologia intervenisse nella rappresentazione dei saperi, nella progettazione delle attività, nelle interazioni e nella valutazione. È in questo scenario che Mishra e Koehler hanno proposto il modello TPACK, che articola la conoscenza docente come intersezione tra *knowledge of content*, *pedagogy* e *technology* (Mishra & Koehler, 2009). Il merito principale del framework non consiste tanto nell'aggiungere una dimensione tecnica al modello di Shulman, quanto nell'aver mostrato che l'uso didattico delle tecnologie è efficace solo quando nasce dall'integrazione tra finalità formative, natura del contenuto e strategie pedagogiche. La tecnologia, in questo caso, non ha alcun valore intrinseco: diventa significativa solo quando modifica qualitativamente l'esperienza di apprendimento, rendendo visibili processi, simulabili fenomeni, condivisibili rappresentazioni, discutibili dati e artefatti.

Una delle ragioni per cui il TPACK è teoricamente importante in questo capitolo è che esso consente di evitare sia il tecnicismo sia il pedagogismo astratto. Da un lato, impedisce di pensare che la competenza digitale docente coincida con la semplice padronanza di strumenti; dall'altro, impedisce di trattare la tecnologia come elemento esterno e secondario rispetto al progetto formativo. Se l'obiettivo è promuovere apprendimenti significativi, la domanda corretta non è se usare o meno la tecnologia, ma come essa possa essere integrata in modo coerente con il contenuto e con la struttura dell'attività cognitiva richiesta agli studenti.

A livello europeo, questa linea di riflessione è stata sistematizzata dal framework DigCompEdu, che definisce la competenza digitale dei docenti come un insieme articolato di 22 competenze organizzate in 6 aree (Redecker, 2017). Il dato più importante, per una lettura teorica, è che DigCompEdu non riduce la competenza digitale a una questione strumentale, ma la colloca dentro la professionalità docente: uso professionale delle tecnologie, risorse digitali, insegnamento e apprendimento, valutazione, empowerment degli studenti, promozione delle loro competenze digitali. Il quadro è particolarmente utile perché mostra che la trasformazione digitale dell'educazione non può essere separata da una riconcettualizzazione pedagogica del ruolo docente. La tecnologia non è un'aggiunta periferica alla professionalità, ma un elemento che, se integrato criticamente, ristrutturava la progettazione didattica stessa.

Occorre inoltre osservare che TPACK e DigCompEdu non sono modelli concorrenti, ma leggibili come livelli diversi di una stessa evoluzione teorica. Il primo descrive la struttura conoscitiva necessaria a integrare tecnologia, contenuto e pedagogia; il secondo offre una mappa più ampia delle competenze professionali che tale integrazione richiede nella pratica educativa contemporanea. Letti insieme, questi due quadri aiutano a chiarire un punto fondamentale: l'innovazione didattica non dipende dal possesso di strumenti digitali, ma dalla capacità del docente di usarli in modo pedagogicamente orientato, disciplinarmente sensato e valutativamente coerente. Una professionalità

docente all'altezza delle sfide contemporanee non è dunque semplicemente "digitale", ma epistemicamente consapevole delle implicazioni che le tecnologie producono sul modo di rappresentare il sapere, organizzare l'attività, distribuire l'attenzione e costruire partecipazione (Redecker, 2017).

In tale quadro, il docente innovatore emerge come un soggetto che integra riflessività, mediazione del contenuto e discernimento tecnologico. La sua competenza non consiste nell'aggiungere un supporto digitale a una didattica invariata, ma nel ripensare l'intera architettura dell'insegnamento alla luce delle opportunità e dei vincoli dei nuovi ambienti di apprendimento. È un passaggio teoricamente decisivo, perché permette di collocare il tema dell'innovazione dentro una visione della professionalità docente densa, non ingenua e non meramente tecnofila (Mishra & Koehler, 2009).

1.6 Progettazione didattica e design degli ambienti di apprendimento

Se il docente è un professionista riflessivo e dispone di una conoscenza professionale complessa, la dimensione in cui tale professionalità si rende concretamente visibile è la progettazione. Laurillard propone di intendere l'insegnamento come *design science*, sostenendo che i docenti non sono semplici esecutori di curricula, ma progettisti di esperienze di apprendimento (Laurillard, 2013). La forza di questa prospettiva sta nell'aver riconosciuto che la didattica non consiste nell'applicazione lineare di teorie psicologiche, ma nella costruzione iterativa di attività, compiti, mediazioni e feedback sulla base di ipotesi esplicite su come gli studenti apprendono.

"Progettare" non significa predisporre una sequenza ordinata di contenuti, ma costruire un ambiente nel quale determinate forme di attività cognitiva diventino possibili e probabili. Un progetto didattico è tale non quando distribuisce bene il programma, ma quando organizza in modo coerente obiettivi, attività, interazioni, strumenti e valutazione. È qui che il modello del *constructive alignment* di Biggs e Tang diventa particolarmente rilevante. Gli autori mostrano che l'apprendimento di qualità richiede allineamento tra ciò che si intende far apprendere, ciò che si chiede agli studenti di fare e il modo in cui si valuta (Biggs & Tang, 2011). L'idea è semplice ma potente: se si dichiarano obiettivi di comprensione profonda e poi si propongono attività di ripetizione o prove che premiano solo la memorizzazione, il sistema didattico comunica messaggi contraddittori e finisce per orientare gli studenti verso strategie superficiali.

Le *learning sciences* rafforzano ulteriormente questa impostazione, perché mostrano che gli ambienti di apprendimento efficaci sono quelli che tengono conto delle preconoscenze, promuovono la comprensione concettuale, sostengono la metacognizione e favoriscono l'uso della conoscenza in contesti variati (National Research Council, 2000). Ne deriva che la progettazione didattica deve essere epistemicamente informata: non si può progettare bene se non si possiede una teoria plausibile

di come si costruisce la comprensione. Ciò riporta direttamente al tema dell'apprendimento significativo. Secondo Jonassen, gli ambienti favorevoli all'apprendimento significativo danno enfasi alla costruzione della conoscenza, presentano compiti autentici, evitino eccessive semplificazioni, offrano rappresentazioni multiple della realtà e favoriscano collaborazione e riflessione. Si tratta di indicazioni preziose, perché mostrano che la progettazione non riguarda soltanto il "metodo", ma l'architettura complessiva dell'esperienza formativa.

Particolarmente importante è il tema dell'autenticità dei compiti. Una didattica orientata alla comprensione non può fondarsi esclusivamente su esercizi chiusi e decontestualizzati, soprattutto quando l'obiettivo è sviluppare capacità di uso, trasferimento e interpretazione della conoscenza. Compiti autentici non significa semplicemente "compiti realistici", ma situazioni in cui il sapere venga mobilitato per comprendere, analizzare, argomentare, prendere decisioni o produrre artefatti in condizioni che conservino una certa complessità. È in questo senso che la progettazione degli ambienti di apprendimento si configura come una pratica sofisticata: il docente deve bilanciare apertura e guida, autenticità e sostenibilità cognitiva, sfida e supporto. L'innovazione didattica, se non si traduce in questa capacità di design, rimane slogan (Laurillard, 2013).

Ma progettare ambienti di apprendimento significa anche organizzare le condizioni materiali, simboliche e relazionali entro cui la conoscenza può essere costruita. Un ambiente non coincide con lo spazio fisico o digitale in cui si svolge l'attività, bensì con l'insieme delle opportunità cognitive e partecipative che esso rende possibili. Per questo motivo la progettazione didattica non può essere ridotta a una fase preliminare e burocratica dell'insegnamento: essa è, piuttosto, una forma di anticipazione ragionata dell'esperienza educativa, continuamente verificata e rielaborata alla luce di ciò che accade realmente in aula. In una chiave pedagogicamente forte, progettare significa prevedere non solo contenuti e tempi, ma anche modalità di accesso, forme di interazione, livelli di supporto, tipi di feedback e dispositivi di valutazione coerenti con gli obiettivi cognitivi dichiarati.

La progettazione didattica, letta in questi termini, assume un ruolo strategico nel passaggio da una scuola dell'erogazione a una scuola della costruzione di significato. È attraverso la progettazione che il docente rende operativi i principi dell'apprendimento significativo, seleziona dispositivi di didattica attiva coerenti, integra in modo critico le tecnologie e costruisce contesti in cui lo studente possa davvero impegnarsi in attività di comprensione, uso e rielaborazione del sapere. Non è un caso che Laurillard insista sulla necessità di una cultura professionale del design: in assenza di tale cultura, l'innovazione rischia di ridursi a una successione di pratiche isolate, non cumulative e scarsamente trasferibili (Laurillard, 2013).

1.7 Conclusioni e implicazioni per la ricerca

Quanto esposto consente di trarre questa conclusione: innovazione didattica, apprendimento significativo, didattica attiva, riflessività professionale, conoscenza docente e progettazione degli ambienti di apprendimento non sono nuclei separati, ma dimensioni reciprocamente implicate di un medesimo orizzonte pedagogico. L'innovazione non ha consistenza teorica se non è orientata a una diversa idea di apprendimento; l'apprendimento significativo non può realizzarsi senza una didattica che attivi il pensiero, la riflessione e il confronto; la didattica attiva non produce esiti rilevanti se non è sostenuta da una professionalità docente riflessiva, da una conoscenza pedagogico-disciplinare robusta e da una progettazione coerente (Biggs & Tang, 2011).

Ne consegue che i capitoli empirici successivi potranno essere letti come luoghi di verifica e approfondimento di questa ipotesi teorica: se e in che misura pratiche educative ispirate ai principi dell'innovazione didattica, dell'apprendimento significativo e dell'integrazione STEAM siano in grado di incidere sulle rappresentazioni degli studenti, sulle loro modalità di partecipazione e, più in generale, sui processi di costruzione del sapere in contesti educativi reali.

CAPITOLO 2

STEAM, COMPLESSITÀ E INNOVAZIONE DIDATTICA

2.1 L'educazione STEAM nel contesto delle trasformazioni contemporanee

Se nel Capitolo 1 è stato necessario chiarire i quadri teorici generali dell'innovazione didattica, dell'apprendimento significativo, della didattica attiva, della riflessività professionale docente e della progettazione degli ambienti di apprendimento, il Capitolo 2 si colloca come sviluppo coerente di tale impianto teorico. In effetti, solo dopo avere definito l'innovazione didattica non come mera introduzione di strumenti o metodologie nuove, ma come trasformazione epistemica e pedagogica dei processi di insegnamento-apprendimento, diventa possibile introdurre in modo fondato il paradigma STEAM. Analogamente, soltanto dopo aver mostrato che l'apprendimento significativo implica integrazione tra conoscenze pregresse, attività cognitiva, riflessione, autenticità dei compiti e mediazione sociale, è possibile comprendere perché le STEAM si siano progressivamente affermate come un quadro educativo particolarmente rilevante nella contemporaneità. In questa direzione, il presente capitolo rappresenta la naturale prosecuzione del primo: i framework generali elaborati nel Capitolo 1 trovano ora una loro specificazione nell'ambito dell'educazione STEAM, che costituisce uno dei contesti più significativi in cui innovazione didattica, interdisciplinarietà, didattica attiva e progettazione per apprendimenti significativi si intrecciano in modo particolarmente evidente (Kelley & Knowles, 2016).

Negli ultimi decenni i sistemi educativi sono stati attraversati da trasformazioni profonde legate allo sviluppo tecnologico, alla globalizzazione dei sistemi produttivi e alla crescente complessità dei problemi sociali. In questo scenario la scuola e l'università sono chiamate a promuovere competenze che consentano agli studenti di comprendere fenomeni complessi, di affrontare problemi interdisciplinari e di sviluppare capacità di pensiero critico, creativo e collaborativo. La ricerca educativa internazionale evidenzia come tali competenze non possano essere sviluppate attraverso modelli didattici trasmissivi, ma richiedano ambienti di apprendimento attivi e integrati (Freeman et al., 2014).

La prospettiva delle competenze del XXI secolo sottolinea infatti la necessità di integrare conoscenze disciplinari, capacità di problem solving e competenze sociali in contesti autentici di apprendimento. Il rapporto *How People Learn* della National Academy of Sciences ha evidenziato come l'apprendimento efficace avvenga quando gli studenti sono coinvolti in attività che collegano

conoscenze pregresse, nuove informazioni e applicazioni concrete della conoscenza (National Research Council, 2000). In questo quadro, l'educazione scientifica assume un ruolo centrale nello sviluppo di cittadini in grado di comprendere le trasformazioni tecnologiche e di partecipare consapevolmente alla società della conoscenza (National Research Council, 2012).

Le politiche educative internazionali hanno progressivamente riconosciuto il ruolo strategico delle discipline scientifiche e tecnologiche per lo sviluppo economico e sociale. L'OCSE, attraverso il progetto *Learning Compass 2030*, sottolinea l'importanza di sviluppare nei sistemi educativi competenze trasversali quali pensiero critico, creatività e capacità di collaborazione, che risultano fondamentali per affrontare contesti caratterizzati da incertezza e cambiamento rapido (Taguma et al, 2023). Analogamente, il World Economic Forum evidenzia come le professioni emergenti richiedano sempre più competenze interdisciplinari e capacità di integrazione tra ambiti scientifici, tecnologici e creativi (World Economic Forum, 2025). All'interno di questo quadro si colloca l'approccio STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), che propone un'integrazione tra discipline scientifiche e creative al fine di promuovere forme di apprendimento interdisciplinare e orientate alla risoluzione di problemi complessi. Proprio perché nel Capitolo 1 si è chiarito che l'innovazione didattica acquista senso solo quando è orientata alla costruzione di conoscenza significativa, l'educazione STEAM va qui interpretata non come semplice aggregazione di discipline o come moda terminologica, ma come tentativo di tradurre in pratiche educative una visione della conoscenza più relazionale, progettuale e situata. In questa cornice, le STEAM non costituiscono soltanto un'area tematica, ma un paradigma pedagogico capace di riorganizzare il rapporto tra saperi, metodologie, contesti e professionalità docente (Henriksen, 2013). Anche nel contesto universitario italiano, alcune esperienze recenti hanno mostrato come ambienti formativi intrecciati tra partecipazione attiva, riflessione e dispositivi e-learning possano sostenere apprendimenti significativi e pratiche collaborative, confermando la centralità di una progettazione didattica coerente con i framework dell'innovazione e dell'apprendimento significativo discussi nel capitolo precedente (Spada & Mignosi, 2024).

2.2 Origine e diffusione dell'approccio STEAM

L'origine dell'approccio STEAM deve essere interpretata nel quadro delle trasformazioni che hanno interessato le politiche educative e scientifiche a livello internazionale negli ultimi decenni. A partire dagli anni Novanta, numerosi rapporti istituzionali e studi accademici hanno evidenziato la necessità di rafforzare l'educazione scientifica e tecnologica nei sistemi scolastici, al fine di sostenere la competitività economica, l'innovazione e la formazione di competenze adeguate alla società della

conoscenza (Bybee, 2013). In questo contesto si diffonde progressivamente l'acronimo STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), utilizzato per indicare un insieme di discipline considerate strategiche per lo sviluppo scientifico e tecnologico (Sanders, 2009). L'attenzione verso l'educazione STEM si consolida soprattutto nei primi anni Duemila, quando diversi studi sottolineano la necessità di superare modelli di insegnamento delle discipline scientifiche basati prevalentemente sulla trasmissione di contenuti teorici. La letteratura educativa evidenzia infatti come l'apprendimento scientifico efficace richieda il coinvolgimento degli studenti in pratiche autentiche di indagine, sperimentazione e modellizzazione dei fenomeni (National Research Council, 2012). In questo quadro l'educazione scientifica non viene più interpretata come semplice acquisizione di conoscenze disciplinari, ma come partecipazione attiva ai processi attraverso cui tali conoscenze vengono costruite e validate (National Research Council, 2000). Parallelamente emerge una crescente attenzione verso l'integrazione tra le discipline STEM. Diversi studi evidenziano infatti che i problemi scientifici e tecnologici contemporanei non possono essere affrontati efficacemente all'interno di confini disciplinari rigidi, ma richiedono la capacità di mettere in relazione conoscenze provenienti da ambiti differenti. L'educazione STEM integrata viene quindi definita come un approccio didattico che combina contenuti e pratiche provenienti da diverse discipline per affrontare problemi autentici del mondo reale (Kelley & Knowles, 2016). Tale prospettiva implica un ripensamento delle modalità di progettazione dei curricula e degli ambienti di apprendimento, favorendo attività basate su progettazione, collaborazione e problem solving (Kelley & Knowles, 2016). A partire da queste riflessioni prende forma l'approccio STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), che introduce la dimensione artistica all'interno dei percorsi educativi scientifici e tecnologici. L'inclusione delle arti non rappresenta soltanto un ampliamento terminologico, ma riflette una concezione più ampia della conoscenza e dell'apprendimento. Le arti contribuiscono infatti allo sviluppo di competenze fondamentali quali immaginazione, creatività, capacità di rappresentazione simbolica e sensibilità estetica, dimensioni che risultano centrali nei processi di innovazione scientifica e tecnologica (Henriksen, 2013). Secondo Henriksen l'integrazione tra scienze e arti consente di sviluppare forme di pensiero più flessibili e interdisciplinari, favorendo la connessione tra analisi razionale e creatività progettuale (Henriksen, 2013). In questa direzione l'approccio STEAM permette di superare una visione rigidamente tecnicista dell'educazione scientifica, promuovendo invece percorsi formativi nei quali dimensione scientifica, tecnologica e creativa possano interagire in modo dinamico (Henriksen, 2013). Una revisione sistematica della letteratura condotta da Perignat e Katz-Buonincontro evidenzia come i progetti STEAM risultino particolarmente efficaci nel promuovere l'engagement degli studenti e lo sviluppo della creatività, soprattutto quando sono progettati attorno a problemi autentici e attività

collaborative (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). In questi contesti gli studenti sono chiamati a integrare competenze scientifiche, tecnologiche e artistiche, sviluppando allo stesso tempo capacità di comunicazione, collaborazione e riflessione critica (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Nel corso degli ultimi anni l'approccio STEAM si è progressivamente diffuso anche nei sistemi educativi europei, dove viene interpretato come una strategia pedagogica capace di promuovere innovazione didattica, inclusione e sviluppo di competenze trasversali. Le scuole e le università hanno iniziato a sperimentare percorsi formativi che integrano attività di laboratorio, progettazione tecnologica, espressione artistica e indagine scientifica, favorendo forme di apprendimento più partecipative e orientate alla risoluzione di problemi reali. Le STEAM, quindi, possono essere interpretate come un paradigma educativo emergente che mira a superare la frammentazione disciplinare e a promuovere una visione integrata della conoscenza. Tale paradigma invita a ripensare in modo più profondo il rapporto tra sapere scientifico, creatività e innovazione, riconoscendo che le sfide della contemporaneità richiedono forme di pensiero capaci di connettere rigore analitico, immaginazione progettuale e responsabilità sociale. Ed è proprio questa connessione che rende il paradigma STEAM particolarmente coerente con i framework presentati nel Capitolo 1: l'apprendimento significativo, la didattica attiva e la progettazione di ambienti autentici non costituiscono qui cornici esterne, ma condizioni di intelligibilità del paradigma stesso (Kelley & Knowles, 2016).

2.3 Interdisciplinarità e integrazione dei saperi

Uno degli elementi centrali che caratterizzano l'approccio STEAM è la forte enfasi sull'integrazione dei saperi e sulla necessità di superare la tradizionale frammentazione disciplinare che ha storicamente caratterizzato i sistemi educativi. La separazione delle discipline in ambiti distinti ha certamente favorito nel tempo l'approfondimento specialistico delle conoscenze, ma ha anche contribuito a creare confini epistemologici rigidi che spesso rendono difficile affrontare problemi complessi che richiedono prospettive multiple e integrate. In questo senso, l'educazione contemporanea è sempre più chiamata a promuovere forme di apprendimento capaci di connettere conoscenze provenienti da diversi ambiti disciplinari, favorendo una visione sistemica dei fenomeni e una maggiore capacità di interpretare la complessità del mondo reale (Kelley & Knowles, 2016).

Il dibattito sull'interdisciplinarità ha una lunga tradizione nella letteratura scientifica e pedagogica. Klein evidenzia come l'interdisciplinarità rappresenti un tentativo di superare la frammentazione del sapere attraverso forme di integrazione tra discipline diverse, con l'obiettivo di affrontare problemi che non possono essere compresi adeguatamente all'interno di un singolo quadro disciplinare (Klein, 2010). L'interdisciplinarità, quindi, non implica la perdita dell'identità delle singole discipline, ma

piuttosto la costruzione di spazi di dialogo nei quali i diversi saperi possano interagire e arricchirsi reciprocamente.

Un ulteriore sviluppo di questa prospettiva è rappresentato dal concetto di transdisciplinarietà, introdotto da Nicolescu per indicare un livello di integrazione della conoscenza che va oltre la semplice collaborazione tra discipline, proponendo invece una visione della conoscenza capace di attraversare e superare i confini disciplinari tradizionali (Nicolescu, 2002). La transdisciplinarietà mira infatti a costruire nuovi quadri interpretativi della realtà attraverso l'incontro tra prospettive scientifiche, culturali e sociali differenti. In questo senso, essa rappresenta una risposta alla crescente complessità dei problemi contemporanei, che richiedono approcci integrati e multidimensionali. L'approccio STEAM si colloca precisamente all'interno di questa evoluzione epistemologica. Integrando scienze, tecnologie, ingegneria, arti e matematica, esso propone una visione dell'apprendimento basata sull'interazione tra linguaggi e modalità di pensiero differenti. In tali contesti educativi, gli studenti sono chiamati a mobilitare conoscenze scientifiche, competenze tecniche e capacità creative per affrontare problemi autentici, sviluppando allo stesso tempo abilità di collaborazione e comunicazione (Henriksen, 2013). Questa prospettiva si collega anche alle riflessioni sulla complessità sviluppate da Morin, secondo il quale i sistemi educativi dovrebbero promuovere forme di pensiero capaci di connettere conoscenze diverse e di comprendere le relazioni tra fenomeni apparentemente separati (Morin, 2001). Morin sottolinea come la conoscenza non possa essere ridotta a una semplice somma di informazioni isolate, ma debba essere intesa come processo dinamico di organizzazione e integrazione dei saperi. In questo quadro, l'educazione alla complessità diventa una dimensione fondamentale per formare cittadini capaci di orientarsi in contesti caratterizzati da incertezza, interdipendenza e cambiamento.

L'integrazione tra discipline proposta dalle STEAM può quindi essere interpretata come una risposta pedagogica alla complessità del mondo contemporaneo. Attraverso attività basate su progettazione, indagine scientifica e creatività, gli studenti hanno la possibilità di sviluppare una comprensione più profonda dei fenomeni, apprendendo a collegare concetti e strumenti provenienti da ambiti disciplinari diversi. Questo tipo di apprendimento favorisce non soltanto l'acquisizione di conoscenze più solide e trasferibili, ma anche lo sviluppo di competenze trasversali fondamentali, come il pensiero critico, la capacità di problem solving e la collaborazione (Minner et al., 2010). Dal punto di vista didattico, l'approccio interdisciplinare richiede una progettazione curricolare attenta e consapevole, capace di individuare temi, problemi o progetti attorno ai quali organizzare l'integrazione delle diverse discipline. Ciò implica anche un ripensamento del ruolo dell'insegnante, che non è più soltanto trasmettitore di conoscenze, ma facilitatore di processi di apprendimento

complessi e collaborativi. In questo senso, l'educazione STEAM rappresenta non soltanto una strategia didattica innovativa, ma anche un cambiamento culturale più profondo nel modo di concepire la conoscenza e la formazione (Laurillard, 2013). E' opportuno sottolineare con maggiore forza che l'integrazione dei saperi non può essere lasciata all'improvvisazione. Essa richiede una intenzionalità didattica molto elevata, perché il rischio della pseudo-interdisciplinarietà è sempre presente: accostare superficialmente contenuti diversi senza costruire vere connessioni concettuali produce spesso un apprendimento dispersivo e poco solido. Per questa ragione l'integrazione STEAM deve essere sostenuta da una progettazione epistemicamente informata, in cui ogni disciplina conserva la propria specificità ma viene messa in relazione con le altre entro un quadro di significato condiviso. In termini pedagogici, ciò significa che le STEAM sono efficaci quando non dissolvono i saperi, ma li mettono in tensione reciproca in funzione della comprensione e della trasformazione di problemi autentici (Klein, 2010).

2.4 STEAM e teoria della complessità

L'approccio STEAM trova una delle sue principali giustificazioni teoriche nella riflessione sulla complessità che ha progressivamente caratterizzato il dibattito scientifico e pedagogico degli ultimi decenni. La crescente interconnessione tra sistemi tecnologici, economici, sociali e ambientali ha reso sempre più evidente l'insufficienza di modelli interpretativi lineari e riduzionisti. In tale contesto, l'educazione è chiamata a promuovere forme di pensiero capaci di comprendere fenomeni complessi, caratterizzati da molteplici livelli di interazione e da dinamiche spesso imprevedibili (Morin, 2001).

Edgar Morin ha sottolineato come uno dei compiti fondamentali dell'educazione contemporanea sia quello di sviluppare nei soggetti la capacità di pensare la complessità. Secondo Morin, la conoscenza non può essere ridotta alla semplice accumulazione di informazioni, ma richiede la capacità di organizzare e connettere i saperi, riconoscendo le relazioni che esistono tra fenomeni differenti (Morin, 2001). In questa direzione l'educazione dovrebbe favorire una "intelligenza della complessità", capace di integrare conoscenze scientifiche, culturali e sociali.

La teoria della complessità ha messo in evidenza come molti dei problemi contemporanei — dal cambiamento climatico alle trasformazioni tecnologiche, dalle dinamiche economiche globali alle sfide della sostenibilità — non possano essere affrontati attraverso approcci disciplinari isolati. Tali problemi richiedono infatti una visione sistemica che permetta di comprendere le interazioni tra diversi fattori e di sviluppare soluzioni innovative. In questo senso, l'educazione deve preparare gli studenti non soltanto a conoscere il mondo, ma anche a interpretarne le dinamiche e a intervenire in modo responsabile.

L'approccio STEAM si inserisce pienamente in questa prospettiva. Integrando scienze, tecnologia, ingegneria, arti e matematica, esso propone un modello educativo capace di affrontare la complessità attraverso l'interazione tra diversi linguaggi e modalità di pensiero. Le attività didattiche basate su progetti interdisciplinari consentono agli studenti di analizzare problemi reali, sviluppare modelli interpretativi e progettare soluzioni innovative, mobilitando competenze provenienti da ambiti disciplinari differenti (Kelley & Knowles, 2016).

In questo quadro, la dimensione creativa assume un ruolo particolarmente significativo. La creatività non viene interpretata soltanto come espressione artistica, ma come capacità di generare nuove idee, di esplorare prospettive alternative e di costruire soluzioni originali a problemi complessi. L'integrazione delle arti nei percorsi STEAM contribuisce quindi a sviluppare forme di pensiero divergente e a favorire processi di innovazione che risultano fondamentali nella società della conoscenza (Henriksen, 2013).

Un ulteriore elemento rilevante riguarda la dimensione collaborativa dell'apprendimento. I problemi complessi richiedono infatti il contributo di competenze diverse e la capacità di lavorare in gruppo per costruire soluzioni condivise. Le attività didattiche basate su progetti e su processi di progettazione collaborativa consentono agli studenti di sviluppare competenze sociali e comunicative, oltre alle competenze cognitive e tecniche (Freeman et al., 2014).

La letteratura sull'educazione scientifica evidenzia inoltre come i contesti di apprendimento orientati alla complessità favoriscano una comprensione più profonda dei concetti scientifici. Quando gli studenti sono coinvolti in attività di indagine e progettazione, hanno infatti la possibilità di collegare conoscenze teoriche e applicazioni pratiche, sviluppando una comprensione più significativa e duratura dei fenomeni studiati (National Research Council, 2012). L'educazione STEAM, quindi, può essere interpretata come un tentativo di tradurre in pratiche didattiche concrete i principi della teoria della complessità. Attraverso l'integrazione dei saperi, la progettazione interdisciplinare e l'utilizzo di metodologie attive, essa mira a promuovere forme di apprendimento capaci di preparare gli studenti ad affrontare le sfide della società contemporanea (Laurillard, 2013).

A ben vedere, il riferimento alla complessità non ha qui una funzione ornamentale, ma strutturale. Richiamare Morin significa infatti mettere in discussione l'idea che l'educazione possa continuare a organizzarsi secondo una logica cumulativa e lineare del sapere. Se la realtà si presenta come rete di relazioni, retroazioni, interdipendenze e livelli multipli di organizzazione, allora anche la scuola e l'università devono ripensare i propri modelli di insegnamento. Il paradigma STEAM appare particolarmente significativo proprio perché tenta di tradurre questa esigenza in una forma curricolare

e metodologica concreta. Esso, tuttavia, riesce davvero a essere coerente con la complessità solo quando evita di cadere in una semplificazione didattica eccessiva e quando si dota di compiti, ambienti e dispositivi che rendano la complessità pedagogicamente attraversabile, senza annullarla (Morin, 2001).

2.5 Il ruolo delle arti nei percorsi STEAM

Uno degli elementi distintivi dell'approccio STEAM rispetto al paradigma STEM tradizionale è rappresentato dall'integrazione delle arti nei percorsi educativi scientifici e tecnologici. L'inclusione della dimensione artistica non costituisce soltanto un ampliamento simbolico dell'acronimo, ma riflette una concezione più ampia della conoscenza e dell'apprendimento. Le arti contribuiscono infatti a sviluppare modalità di pensiero che risultano complementari rispetto a quelle tipicamente associate alle discipline scientifiche e matematiche, favorendo l'immaginazione, la rappresentazione simbolica, la sensibilità estetica e la capacità di interpretazione critica (Henriksen, 2013). La ricerca educativa ha evidenziato come le pratiche artistiche possano svolgere un ruolo significativo nello sviluppo cognitivo degli studenti. Sheridan e collaboratori, analizzando i processi di apprendimento nelle arti visive, hanno identificato una serie di competenze cognitive che vengono sviluppate attraverso la pratica artistica, tra cui l'osservazione attenta, la riflessione critica, la capacità di esplorare molteplici soluzioni e la predisposizione a lavorare in modo creativo su problemi complessi (Sheridan et al., 2022). Queste competenze risultano particolarmente rilevanti nei contesti educativi orientati all'innovazione e alla progettazione. Nel contesto delle STEAM, le arti contribuiscono a creare un ponte tra dimensione analitica e dimensione creativa del pensiero. L'integrazione tra linguaggi artistici e scientifici permette infatti di sviluppare forme di apprendimento che combinano rigore metodologico e immaginazione progettuale. Questo processo favorisce la costruzione di ambienti educativi nei quali gli studenti possono esplorare problemi da prospettive differenti, utilizzando strumenti concettuali e modalità espressive diverse (Root-Bernstein, 2015). Dal punto di vista pedagogico, l'integrazione delle arti consente inoltre di rendere l'apprendimento scientifico più significativo e coinvolgente. Le attività che combinano elementi artistici e scientifici favoriscono infatti la motivazione degli studenti e la loro partecipazione attiva ai processi di apprendimento. In molti casi, l'utilizzo di linguaggi visivi, musicali o performativi permette di rappresentare concetti scientifici complessi in modo più accessibile, facilitando la comprensione e la memorizzazione delle informazioni (National Research Council, 2000).

La letteratura recente evidenzia anche come l'integrazione tra arti e scienze possa favorire lo sviluppo della creatività e dell'innovazione. Studi empirici mostrano che i programmi educativi basati su

approcci STEAM contribuiscono ad aumentare la motivazione degli studenti e a migliorare le loro capacità di problem solving creativo (Conradty & Bogner, 2020). In questi contesti, gli studenti sono chiamati a utilizzare strumenti scientifici e tecnologici per progettare artefatti, rappresentazioni o soluzioni creative, integrando competenze provenienti da ambiti disciplinari differenti. Un ulteriore elemento di interesse riguarda il ruolo delle arti nello sviluppo del pensiero progettuale. Le pratiche artistiche sono infatti strettamente connesse ai processi di progettazione e di sperimentazione creativa. Questo aspetto risulta particolarmente rilevante nei contesti educativi orientati all'innovazione, nei quali gli studenti sono invitati a sviluppare prototipi, modelli o soluzioni originali a problemi complessi (Razzouk & Shute, 2012). In questo quadro, l'approccio STEAM può essere interpretato come un tentativo di ricomporre una storica separazione tra cultura scientifica e cultura umanistica, promuovendo un dialogo più stretto tra rigore analitico e sensibilità estetica. Tale integrazione non implica la perdita delle specificità disciplinari, ma piuttosto la costruzione di spazi di collaborazione nei quali linguaggi e metodi diversi possano interagire in modo produttivo (Henriksen, 2013).

L'integrazione delle arti nei percorsi educativi scientifici rappresenta quindi un elemento chiave per promuovere forme di apprendimento più ricche e articolate. Attraverso attività interdisciplinari che combinano progettazione tecnologica, indagine scientifica ed espressione artistica, gli studenti hanno la possibilità di sviluppare competenze cognitive, creative e sociali che risultano fondamentali per affrontare le sfide della società contemporanea (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019).

È però opportuno precisare che la presenza delle arti nei percorsi STEAM deve essere pedagogicamente giustificata e non soltanto formalmente dichiarata. Una delle criticità più spesso rilevate nella letteratura consiste infatti nella tendenza a utilizzare la "A" come semplice elemento motivazionale o decorativo, senza un reale ripensamento dei processi cognitivi implicati. Da una prospettiva più robusta, invece, le arti assumono un ruolo strategico perché ampliano le modalità di rappresentazione, di esplorazione dei problemi, di prototipazione delle soluzioni e di comunicazione degli esiti. Esse non alleggeriscono semplicemente il carico scientifico, ma ne ridefiniscono la qualità epistemica, mostrando che anche il sapere tecnico-scientifico è attraversato da immaginazione, interpretazione, scelta, forma e sensibilità progettuale (Root-Bernstein, 2015).

2.6 Metodologie didattiche attive nei percorsi STEAM

Uno degli aspetti più rilevanti dell'approccio STEAM riguarda l'utilizzo di metodologie didattiche attive che favoriscono la partecipazione degli studenti ai processi di costruzione della conoscenza. A differenza dei modelli tradizionali basati sulla trasmissione frontale dei contenuti, le metodologie attive promuovono forme di apprendimento nelle quali gli studenti sono coinvolti in attività di

indagine, progettazione e problem solving. In questi contesti, il processo di apprendimento assume una dimensione dinamica e collaborativa, nella quale la conoscenza viene costruita attraverso l'interazione tra studenti, insegnanti e ambiente di apprendimento (Prince, 2004).

Tra le metodologie più frequentemente associate ai percorsi STEAM si colloca il *project based learning* (PBL), un approccio didattico che organizza l'apprendimento attorno alla realizzazione di progetti complessi e autentici. Secondo Thomas, il PBL consente agli studenti di acquisire conoscenze e competenze attraverso la progettazione e la realizzazione di prodotti o soluzioni a problemi reali, favorendo allo stesso tempo lo sviluppo di capacità di collaborazione, autonomia e riflessione critica (Thomas, 2000). Le attività basate su progetti permettono inoltre di integrare conoscenze provenienti da diverse discipline, rendendo particolarmente adatto questo approccio ai contesti educativi interdisciplinari come quelli proposti dalle STEAM.

Un secondo approccio metodologico frequentemente utilizzato nei percorsi STEAM è l'*inquiry-based learning*, che promuove l'apprendimento attraverso l'indagine scientifica. In questo modello gli studenti sono invitati a formulare domande, costruire ipotesi, progettare esperimenti e analizzare dati, sviluppando una comprensione più profonda dei fenomeni studiati. La ricerca condotta da Minner, Levy e Century evidenzia come le pratiche di *inquiry* favoriscano non soltanto l'acquisizione di conoscenze scientifiche, ma anche lo sviluppo del pensiero critico e della capacità di argomentazione (Minner et al., 2010). Accanto al *project based learning* e all'*inquiry-based learning*, negli ultimi anni ha assunto crescente importanza il design thinking, un approccio progettuale che integra creatività, riflessione critica e sperimentazione iterativa. Il design thinking promuove un processo di progettazione centrato sulla comprensione dei bisogni degli utenti, sulla generazione di idee innovative e sulla realizzazione di prototipi che vengono progressivamente migliorati attraverso cicli di sperimentazione e valutazione. Secondo Razzouk e Shute, questo approccio favorisce lo sviluppo di competenze di problem solving creativo e di pensiero progettuale, risultando particolarmente efficace nei contesti educativi orientati all'innovazione (Razzouk & Shute, 2012).

Un ulteriore elemento che caratterizza le metodologie didattiche utilizzate nei percorsi STEAM è l'importanza attribuita alla dimensione collaborativa dell'apprendimento. Le attività basate su progetti, indagini scientifiche e processi di progettazione richiedono infatti la partecipazione attiva degli studenti e la capacità di lavorare in gruppo per affrontare problemi complessi. In tali contesti, gli studenti sviluppano competenze sociali e comunicative che risultano fondamentali per la partecipazione alla società della conoscenza (Freeman et al., 2014). Le metodologie attive favoriscono inoltre la costruzione di ambienti di apprendimento nei quali gli studenti possono

sperimentare, commettere errori e riflettere sui propri processi di apprendimento. Questo tipo di esperienza contribuisce a sviluppare una maggiore autonomia e consapevolezza nel processo di costruzione della conoscenza. In particolare, le attività di progettazione e prototipazione permettono agli studenti di collegare conoscenze teoriche e applicazioni pratiche, favorendo una comprensione più significativa dei contenuti disciplinari (National Research Council, 2000).

Questa impostazione trova un riscontro particolarmente rilevante anche nella didattica della fisica, dove ricerche empiriche mostrano come strategie di active learning epistemicamente fondate possano migliorare sia gli apprendimenti sia gli atteggiamenti degli studenti verso la disciplina, rafforzando la legittimità pedagogica dell'utilizzo di metodologie attive nei contesti STEAM (Hake, 1998).

Nell'ambito delle discipline STEAM, l'utilizzo di metodologie attive rappresenta quindi un elemento fondamentale per promuovere forme di apprendimento interdisciplinari e orientate alla risoluzione di problemi reali. Attraverso attività basate su progetti, indagini scientifiche e processi di progettazione creativa, gli studenti hanno la possibilità di sviluppare competenze cognitive, tecniche e sociali che risultano essenziali per affrontare le sfide della società contemporanea (Prince, 2004). In piena coerenza con il Capitolo 1, è necessario però evidenziare che le metodologie attive non possono essere considerate efficaci in sé. Esse diventano realmente formative solo quando sono sorrette da una progettazione rigorosa, da adeguati livelli di guida e da un chiaro orientamento epistemico. In altri termini, il PBL, l'*inquiry* e il *design thinking* non costituiscono semplicemente "metodi innovativi", ma dispositivi pedagogici che possono promuovere apprendimento significativo solo se consentono agli studenti di elaborare, discutere, argomentare, rappresentare e riutilizzare la conoscenza. Questo è particolarmente importante nei percorsi STEAM, dove il rischio della dispersione metodologica può essere elevato: l'attività deve restare sempre subordinata alla costruzione di significato, e non viceversa (Laurillard, 2013).

2.7 Formazione dei docenti e competenze professionali per l'educazione STEAM

L'implementazione efficace dei percorsi STEAM nei contesti educativi richiede un ripensamento significativo del ruolo degli insegnanti e delle competenze professionali necessarie per progettare e gestire ambienti di apprendimento interdisciplinari. L'approccio STEAM implica infatti un superamento delle tradizionali modalità di insegnamento disciplinare e richiede ai docenti la capacità di integrare conoscenze provenienti da ambiti diversi, progettare attività collaborative e utilizzare metodologie didattiche attive (Laurillard, 2013). La letteratura educativa evidenzia come la formazione degli insegnanti rappresenti uno dei fattori più determinanti per il successo delle innovazioni didattiche. In particolare, l'introduzione di approcci interdisciplinari come le STEAM

richiede percorsi di sviluppo professionale che consentano ai docenti di acquisire competenze pedagogiche, disciplinari e tecnologiche integrate. In questo contesto, il modello del Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) proposto da Mishra e Koehler offre una prospettiva utile per comprendere le competenze richieste agli insegnanti che operano in ambienti di apprendimento innovativi (Mishra & Koehler, 2009). Secondo questo modello, l'insegnamento efficace richiede l'integrazione tra conoscenze disciplinari, competenze pedagogiche e capacità di utilizzare tecnologie digitali in modo significativo. Accanto al modello TPACK, diversi studi sottolineano l'importanza di sviluppare nei docenti una forte capacità di progettazione didattica. Nei contesti STEAM, gli insegnanti sono infatti chiamati a progettare attività interdisciplinari che integrino diversi ambiti del sapere, favorendo allo stesso tempo la partecipazione attiva degli studenti e lo sviluppo di competenze trasversali. Questo processo richiede la capacità di individuare problemi significativi attorno ai quali organizzare l'apprendimento, selezionare strumenti e metodologie adeguate e valutare i risultati delle attività didattiche (Kelley & Knowles, 2016). Un ulteriore elemento fondamentale riguarda la dimensione collaborativa della professione docente. L'educazione STEAM favorisce infatti la costruzione di comunità di pratica nelle quali insegnanti di discipline diverse collaborano alla progettazione e alla realizzazione di percorsi didattici integrati. Questo tipo di collaborazione permette di mettere in relazione prospettive disciplinari differenti e di sviluppare approcci didattici più ricchi e articolati (Wenger, 1998). La formazione degli insegnanti deve inoltre promuovere lo sviluppo della cosiddetta teacher agency, ossia la capacità dei docenti di agire in modo consapevole e responsabile nei processi di innovazione educativa. Priestley, Biesta e Robinson evidenziano come l'agenzia professionale degli insegnanti emerga dall'interazione tra competenze individuali, contesti istituzionali e pratiche professionali condivise (Biesta et al., 2015). I docenti non sono semplici esecutori di programmi o metodologie didattiche, ma attori fondamentali nei processi di trasformazione dei sistemi educativi.

La diffusione dei percorsi STEAM richiede quindi politiche di formazione che sostengano lo sviluppo professionale continuo degli insegnanti, favorendo l'acquisizione di competenze interdisciplinari e la sperimentazione di pratiche didattiche innovative. Tali percorsi di formazione dovrebbero includere momenti di riflessione teorica, attività laboratoriali e opportunità di collaborazione tra docenti, al fine di promuovere una cultura professionale orientata all'innovazione e alla ricerca educativa (Desimone, 2009). Nel complesso, l'educazione STEAM rappresenta una sfida significativa per la formazione degli insegnanti, ma allo stesso tempo offre l'opportunità di ripensare il ruolo della professione docente in una prospettiva più dinamica e collaborativa. Attraverso percorsi di sviluppo professionale adeguati, gli insegnanti possono acquisire le competenze necessarie per progettare ambienti di apprendimento interdisciplinari e per sostenere gli studenti nello sviluppo di competenze scientifiche,

tecnologiche e creative (Laurillard, 2013). Risulta però necessario esplicitare con maggiore precisione la figura del docente innovatore STEAM, sia nella scuola sia nell'università, proprio perché il Capitolo 1 aveva già mostrato che l'innovazione didattica non può essere ridotta a un repertorio di metodologie, ma rinvia sempre a una professionalità docente riflessiva, progettuale e capace di mediazione epistemica (Schön, 1983). Nel contesto scolastico, il docente innovatore STEAM si configura come un professionista che progetta esperienze interdisciplinari, compiti autentici e ambienti di apprendimento orientati all'indagine, alla costruzione di artefatti e alla riflessione collaborativa. Non si limita a coordinare attività "creative", ma costruisce sequenze in cui gli studenti possano mettere in relazione concetti scientifici, strumenti tecnologici, processi ingegneristici, linguaggi matematici e forme di rappresentazione artistica. Il suo compito è quindi duplice: da un lato rendere cognitivamente accessibili problemi complessi; dall'altro sostenere gli studenti nel processo di costruzione di significato, attraverso guida, scaffolding, feedback e riprogettazione continua (Laurillard, 2013).

Nel contesto universitario, la figura del docente innovatore STEAM assume ulteriori specificità. Se nella scuola il problema principale consiste spesso nel rendere gli studenti partecipi di percorsi interdisciplinari capaci di connettere sapere e esperienza, nell'università l'innovazione STEAM si confronta con tradizioni accademiche più fortemente disciplinari e con modelli di insegnamento ancora spesso centrati sulla lezione espositiva. Il docente universitario innovatore STEAM è dunque chiamato a ripensare la didattica non come semplice trasmissione di contenuti specialistici, ma come costruzione di esperienze di apprendimento in cui concetti avanzati possano essere discussi, applicati, modellizzati e messi in relazione con problemi autentici e con processi di progettazione interdisciplinare. In questo quadro, pratiche come peer instruction, problem-based learning, *project based learning* e laboratori orientati al design assumono un ruolo centrale, poiché permettono di attivare forme di comprensione profonda, ragionamento critico e collaborazione cognitiva anche nell'istruzione superiore (Prince, 2004).

Da questa prospettiva, la figura del docente innovatore STEAM può essere ulteriormente compresa alla luce di contributi sviluppati anche nel contesto italiano. In particolare, le ricerche di Mignosi evidenziano come l'apprendimento significativo emerga quando la progettazione didattica integra partecipazione attiva, riflessività e costruzione condivisa della conoscenza, mentre gli studi di Fazio, nell'ambito della didattica della fisica, mostrano come l'adozione di strategie di active learning richieda una solida consapevolezza epistemologica e metodologica da parte del docente (Fazio, 2021). In entrambi i casi, emerge una figura professionale che non si limita ad applicare metodologie innovative, ma le interpreta, le adatta e le integra in funzione degli apprendimenti degli studenti.

È importante sottolineare che la figura del docente innovatore STEAM, tanto nella scuola quanto nell'università, non può essere pensata come semplice somma di competenze tecniche, disciplinari e digitali. Essa rinvia piuttosto a una forma complessa di professionalità, nella quale riflessività, progettazione, integrazione epistemica e capacità di leggere i processi di apprendimento si intrecciano costantemente. Un docente STEAM innovatore non si limita a “fare interdisciplinarietà”, ma sa perché la propone, come la struttura e quali apprendimenti intende rendere possibili. Per questa ragione, la formazione iniziale e in servizio dei docenti dovrebbe includere in modo sempre più esplicito non solo il possesso dei contenuti disciplinari, ma anche la capacità di attraversare i confini tra discipline, di progettare compiti autentici, di integrare tecnologie e arti in modo non superficiale e di valutare processi di apprendimento complessi (Mishra & Koehler, 2009).

2.8 Educazione STEAM, innovazione educativa e ricerca pedagogica

L'approccio STEAM si inserisce all'interno di un più ampio processo di innovazione dei sistemi educativi che negli ultimi decenni ha interessato sia la ricerca pedagogica sia le politiche educative a livello internazionale. L'innovazione educativa non consiste semplicemente nell'introduzione di nuove tecnologie o metodologie didattiche, ma implica una trasformazione più profonda delle pratiche di insegnamento e apprendimento, dei modelli organizzativi della scuola e delle modalità attraverso cui la conoscenza viene costruita e condivisa nei contesti educativi (Fullan, 2016) e la ricerca pedagogica svolge un ruolo fondamentale nel comprendere e sostenere i processi di cambiamento educativo. Le pratiche didattiche innovative devono infatti essere analizzate e valutate attraverso approcci di ricerca che permettano di comprendere non soltanto i risultati ottenuti, ma anche i processi attraverso i quali tali risultati vengono generati. In particolare, la ricerca educativa contemporanea ha sviluppato metodologie capaci di integrare analisi qualitative e quantitative, offrendo strumenti più adeguati per studiare la complessità dei contesti educativi (Creswell & Plano Clark, 2018). Uno dei modelli di ricerca particolarmente utilizzati nei contesti di innovazione educativa è rappresentato dalla ricerca-azione. Secondo Kemmis, McTaggart e Nixon, la ricerca-azione può essere definita come un processo sistematico attraverso il quale gli insegnanti analizzano le proprie pratiche professionali con l'obiettivo di migliorarle e di generare nuove conoscenze pedagogiche (Kemmis et al., 2014). Questo approccio si basa su cicli iterativi di pianificazione, azione, osservazione e riflessione, che consentono di sviluppare interventi educativi progressivamente più efficaci. Nel contesto dei percorsi STEAM, la ricerca-azione risulta particolarmente significativa perché permette di analizzare le pratiche didattiche interdisciplinari direttamente all'interno delle situazioni educative reali. Gli insegnanti possono infatti sperimentare nuove metodologie, osservare i risultati ottenuti e riflettere sui processi di apprendimento degli

studenti, contribuendo allo sviluppo di conoscenze pedagogiche basate sull'esperienza (Kemmis et al., 2014). Accanto alla ricerca-azione, un ulteriore approccio rilevante è rappresentato dalla ricerca sui metodi misti (mixed methods), che combina strumenti di analisi quantitativa e qualitativa. Creswell e Plano Clark evidenziano come l'utilizzo integrato di dati quantitativi e qualitativi consenta di ottenere una comprensione più completa dei fenomeni educativi, permettendo di analizzare sia i risultati degli interventi didattici sia le esperienze e le percezioni dei partecipanti (Creswell & Plano Clark, 2018). Questo tipo di approccio risulta particolarmente utile nei contesti di innovazione educativa, nei quali è necessario considerare simultaneamente dimensioni cognitive, sociali e organizzative. La diffusione dei percorsi STEAM ha quindi contribuito a rafforzare il dialogo tra pratica didattica e ricerca educativa. Gli insegnanti non sono più soltanto destinatari di indicazioni metodologiche elaborate dalla ricerca accademica, ma diventano protagonisti attivi dei processi di produzione della conoscenza pedagogica. Attraverso la riflessione sulle pratiche didattiche e la collaborazione con ricercatori e altri professionisti dell'educazione, i docenti possono contribuire allo sviluppo di modelli educativi più efficaci e inclusivi (Biesta et al., 2015). Un ulteriore elemento di interesse riguarda il rapporto tra innovazione educativa e sviluppo professionale degli insegnanti. Le trasformazioni introdotte dall'approccio STEAM richiedono infatti percorsi di formazione continua che permettano ai docenti di aggiornare le proprie competenze e di sperimentare nuove pratiche didattiche. In questo contesto, la formazione degli insegnanti non può essere limitata alla trasmissione di tecniche o metodologie, ma deve promuovere lo sviluppo di capacità riflessive e di competenze di ricerca (Desimone, 2009).

Nel complesso, l'educazione STEAM può essere interpretata come un laboratorio di innovazione pedagogica nel quale pratiche didattiche, ricerca educativa e sviluppo professionale degli insegnanti si intrecciano in modo dinamico. Attraverso la sperimentazione di metodologie interdisciplinari e la collaborazione tra scuole, università e centri di ricerca, è possibile sviluppare nuovi modelli educativi capaci di rispondere alle sfide della società contemporanea.

2.9 Educazione STEAM e politiche educative

Negli ultimi anni l'approccio STEAM ha assunto un ruolo sempre più rilevante all'interno delle politiche educative nazionali e internazionali. Le trasformazioni economiche, tecnologiche e sociali che caratterizzano la società contemporanea hanno infatti spinto numerose istituzioni a promuovere strategie educative orientate allo sviluppo di competenze scientifiche, tecnologiche e creative integrate. In questo contesto, le STEAM vengono sempre più frequentemente considerate uno

strumento fondamentale per sostenere l'innovazione educativa e per preparare le nuove generazioni ad affrontare le sfide della società della conoscenza.

Le politiche educative internazionali hanno progressivamente riconosciuto l'importanza di rafforzare l'educazione scientifica e tecnologica nei sistemi scolastici. Numerosi rapporti e documenti istituzionali sottolineano la necessità di promuovere nelle giovani competenze legate alla comprensione dei fenomeni scientifici, alla capacità di utilizzare tecnologie digitali e alla predisposizione all'innovazione. In questo quadro, l'educazione STEAM viene interpretata come un approccio capace di integrare conoscenze disciplinari e competenze trasversali, favorendo lo sviluppo di forme di apprendimento più dinamiche e interdisciplinari (National Research Council, 2012).

Le politiche educative orientate alle STEAM si inseriscono inoltre all'interno di una più ampia riflessione sul rapporto tra educazione e sviluppo economico. La letteratura evidenzia come i sistemi educativi svolgano un ruolo fondamentale nella formazione delle competenze necessarie per sostenere l'innovazione tecnologica e la competitività delle economie contemporanee. In questo senso, l'educazione scientifica e tecnologica non viene considerata soltanto un obiettivo educativo, ma anche una componente strategica delle politiche di sviluppo (World Economic Forum, 2025). Tuttavia, la promozione delle STEAM non può essere interpretata esclusivamente in termini economici o tecnologici. Diversi studiosi sottolineano infatti la necessità di adottare una visione più ampia dell'educazione scientifica, che tenga conto anche delle dimensioni sociali, culturali ed etiche dell'innovazione. In questa direzione, l'approccio STEAM può contribuire a sviluppare nei giovani una comprensione più critica delle trasformazioni scientifiche e tecnologiche, favorendo la formazione di cittadini consapevoli e responsabili (Morin, 2001).

Un ulteriore elemento rilevante riguarda il ruolo delle politiche educative nel sostenere l'innovazione didattica nelle scuole. L'introduzione dei percorsi STEAM richiede infatti investimenti significativi nella formazione degli insegnanti, nello sviluppo di infrastrutture tecnologiche e nella creazione di ambienti di apprendimento adeguati. Senza un adeguato supporto istituzionale, le iniziative di innovazione educativa rischiano di rimanere isolate o di avere un impatto limitato sui sistemi educativi (European Commission, 2020). Le politiche educative possono svolgere un ruolo importante anche nella promozione di reti di collaborazione tra scuole, università, centri di ricerca e imprese. Tali reti permettono di creare ecosistemi educativi nei quali studenti e insegnanti possono accedere a risorse, competenze e opportunità che arricchiscono le esperienze di apprendimento. In questo modo, l'educazione STEAM può contribuire non soltanto a migliorare la qualità dell'insegnamento delle discipline scientifiche e tecnologiche, ma anche a rafforzare il legame tra

sistema educativo e società (Kelley & Knowles, 2016). Nel complesso, l'integrazione delle STEAM nelle politiche educative rappresenta una risposta alle sfide poste dalla società contemporanea. Attraverso la promozione di percorsi interdisciplinari, l'utilizzo di metodologie didattiche innovative e la costruzione di reti educative territoriali, le istituzioni educative possono contribuire a formare cittadini capaci di comprendere e affrontare la complessità del mondo contemporaneo. Da una prospettiva pedagogica più rigorosa, è però necessario osservare che le politiche educative producono effetti reali solo quando riescono a tradursi in condizioni organizzative, culturali e professionali coerenti. Le STEAM, in assenza di tempi di progettazione, formazione specifica, alleanze tra discipline e sostegno istituzionale, rischiano di rimanere un lessico riformatore privo di effettiva incidenza didattica. Per questa ragione, una lettura critica delle politiche educative non può limitarsi all'analisi dei documenti ufficiali, ma deve interrogarsi sul modo in cui tali orientamenti vengono reinterpretati nei contesti scolastici e universitari, sulle risorse messe effettivamente a disposizione e sulla capacità delle istituzioni di sostenere professionalità docenti all'altezza della complessità richiesta dall'approccio STEAM (Biesta et al., 2015).

2.10 Criticità e prospettive dell'educazione

Nonostante il crescente interesse verso l'approccio STEAM nei sistemi educativi di molti paesi, la letteratura evidenzia anche alcune criticità che emergono nei processi di implementazione di questi percorsi nei contesti scolastici e universitari. Le difficoltà riguardano principalmente tre ambiti: la progettazione curricolare interdisciplinare, la formazione degli insegnanti e la valutazione degli apprendimenti in ambienti educativi complessi (Kelley & Knowles, 2016).

Una delle principali criticità riguarda la difficoltà di superare la tradizionale organizzazione disciplinare dei curricula scolastici. In molti sistemi educativi le discipline continuano a essere insegnate separatamente, con programmi e modalità di valutazione distinti. Questa struttura rende spesso complessa la progettazione di attività realmente interdisciplinari, nelle quali conoscenze e competenze provenienti da ambiti diversi possano essere integrate in modo coerente. La letteratura sottolinea infatti come l'integrazione disciplinare richieda una progettazione curricolare attenta e una forte collaborazione tra insegnanti di discipline diverse (Klein, 2010). Un secondo elemento critico riguarda la formazione dei docenti. Come evidenziato in numerosi studi sull'innovazione educativa, l'introduzione di nuovi approcci didattici richiede percorsi di sviluppo professionale che permettano agli insegnanti di acquisire competenze pedagogiche, disciplinari e tecnologiche integrate. Senza adeguate opportunità di formazione e supporto, gli insegnanti possono incontrare difficoltà nell'implementare metodologie didattiche attive e interdisciplinari come quelle richieste dai percorsi

STEAM (Mishra & Koehler, 2009). Un ulteriore aspetto riguarda la disponibilità di risorse e infrastrutture adeguate. Le attività STEAM spesso richiedono laboratori attrezzati, strumenti tecnologici e materiali didattici specifici che non sempre sono disponibili nelle scuole. Inoltre, la progettazione e la realizzazione di attività interdisciplinari richiedono tempi e spazi organizzativi che possono risultare difficili da integrare all'interno dei tradizionali orari scolastici (Taguma et al, 2023).

Nonostante queste criticità, la letteratura evidenzia anche numerose prospettive positive legate alla diffusione dell'educazione STEAM. Diversi studi mostrano come i percorsi interdisciplinari possano contribuire ad aumentare l'interesse degli studenti verso le discipline scientifiche e tecnologiche, favorendo allo stesso tempo lo sviluppo della creatività e delle competenze di problem solving. In particolare, le attività basate su progetti e su processi di progettazione collaborativa permettono agli studenti di sperimentare forme di apprendimento più significative e coinvolgenti (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Un altro elemento di interesse riguarda il potenziale dell'approccio STEAM nel promuovere l'inclusione educativa. Le attività interdisciplinari che combinano linguaggi scientifici, tecnologici e artistici possono infatti offrire opportunità di apprendimento diversificate, permettendo agli studenti di esprimere le proprie competenze attraverso modalità differenti. Questo tipo di approccio può contribuire a valorizzare talenti e interessi diversi, favorendo la partecipazione di studenti con stili di apprendimento eterogenei (Henriksen, 2013). Le prospettive future dell'educazione STEAM dipendono quindi dalla capacità dei sistemi educativi di affrontare le criticità evidenziate e di sviluppare strategie efficaci per sostenere l'innovazione didattica. Ciò richiede investimenti nella formazione degli insegnanti, nello sviluppo di ambienti di apprendimento adeguati e nella costruzione di reti di collaborazione tra scuole, università e istituzioni culturali (European Commission, 2020).

Nel complesso, l'approccio STEAM rappresenta una delle direzioni più promettenti per l'evoluzione dei sistemi educativi contemporanei. Attraverso l'integrazione dei saperi, l'utilizzo di metodologie didattiche attive e la promozione della creatività, esso offre l'opportunità di sviluppare modelli educativi più adatti ad affrontare la complessità del mondo contemporaneo (Morin, 2000). Dal punto di vista teorico, queste criticità invitano anche a evitare letture celebrative o ingenuie dell'approccio STEAM. Il fatto che esso possieda un alto potenziale pedagogico non significa che ogni sua realizzazione sia automaticamente efficace. Anzi, proprio perché si tratta di un paradigma ambizioso, esso espone con maggiore evidenza i limiti dei sistemi educativi quando mancano coerenza curricolare, condizioni organizzative, accompagnamento professionale e chiarezza valutativa. Una trattazione pedagogicamente solida delle STEAM deve quindi includere non solo il registro delle possibilità, ma anche quello delle tensioni e dei rischi: interdisciplinarietà superficiale, uso decorativo

delle arti, attivismo metodologico privo di reale profondità cognitiva, tecnologie adottate come segni di modernizzazione e non come strumenti di mediazione del pensiero (Laurillard, 2012).

2.11 Disparità di genere nelle discipline STEAM e ruolo della didattica attiva nei processi di orientamento

Nonostante l'aumento della partecipazione femminile all'istruzione superiore registrato negli ultimi decenni, le discipline scientifiche e tecnologiche continuano a presentare un significativo squilibrio di genere. Questo fenomeno rappresenta oggi una delle principali criticità evidenziate dalla letteratura internazionale sull'educazione scientifica e costituisce un tema centrale nelle politiche educative volte a promuovere la partecipazione alle discipline STEM e STEAM. Secondo i dati dell'UNESCO Institute for Statistics, a livello globale le donne rappresentano circa il 35% dei laureati nelle discipline STEM, una percentuale che evidenzia come il divario di genere continui a caratterizzare questi ambiti di studio nonostante la crescente presenza femminile nei percorsi universitari complessivi (UNESCO, 2017).

Anche nei paesi dell'OCSE la situazione appare simile: sebbene le donne costituiscano la maggioranza dei laureati nel sistema universitario, la loro presenza nelle discipline scientifiche e tecnologiche rimane significativamente inferiore rispetto a quella maschile (OECD, 2023). Le differenze risultano ancora più evidenti se si analizzano i diversi settori disciplinari che compongono l'area STEM. Alcuni ambiti, come le scienze naturali e la matematica, presentano livelli di partecipazione femminile relativamente più elevati, mentre settori come l'ingegneria e l'informatica continuano a registrare percentuali particolarmente basse di studentesse (European Commission, 2021).

Tabella 2.1 – Partecipazione femminile nelle discipline STEM a livello internazionale

Area disciplinare	Percentuale media di laureate donne	Fonte
STEM complessivo (globale)	~35%	UNESCO (2017)
Informatica e ICT	~20–22%	OECD (2023)
Ingegneria	~28%	UNESCO (2017)
Scienze naturali e matematica	~40%	OECD (2023)
Occupazione nelle professioni STEM	~28–30%	European Commission (2021)

L'analisi dei dati evidenzia come la partecipazione femminile diminuisca progressivamente nei settori più fortemente associati all'innovazione tecnologica e all'ingegneria. Questo fenomeno non può essere spiegato attraverso differenze nelle capacità cognitive o nei risultati scolastici, poiché numerosi

studi dimostrano che ragazze e ragazzi ottengono risultati comparabili nelle discipline scientifiche durante il percorso scolastico. Le cause del divario devono piuttosto essere ricercate in fattori culturali, sociali ed educativi, tra cui la persistenza di stereotipi di genere associati alle professioni scientifiche, la mancanza di modelli femminili di riferimento e la percezione delle discipline tecnico-scientifiche come ambiti prevalentemente maschili (UNESCO, 2017). Un ulteriore elemento di interesse emerge dall'analisi dei dati relativi al contesto europeo e italiano. Anche in Europa, infatti, la partecipazione femminile alle discipline STEM rimane inferiore rispetto a quella maschile, sebbene si osservino alcune differenze tra i diversi paesi e tra i diversi settori disciplinari (OECD, 2023).

Tabella 2.2 – Percentuale di studentesse nelle discipline STEM in Europa e in Italia

Area geografica	Percentuale di studentesse STEM
Unione Europea (media)	~32%
Italia (lauree STEM complessive)	~37%
Informatica (Italia)	~20%
Ingegneria (Italia)	~29%

Fonte: OECD (2023); European Commission (2021)

I dati evidenziano come anche nel contesto europeo e italiano il divario di genere rimanga particolarmente marcato nei settori tecnologici e ingegneristici. Sebbene in Italia la percentuale complessiva di laureate STEM sia leggermente superiore alla media europea, le differenze interne tra i diversi ambiti disciplinari rimangono molto significative (European Commission, 2021). Alla luce di queste evidenze, numerosi studi sottolineano l'importanza di intervenire precocemente nei percorsi educativi per promuovere l'interesse delle ragazze verso le discipline scientifiche e tecnologiche. La ricerca pedagogica mostra, infatti, che le scelte di orientamento verso i percorsi STEM iniziano a formarsi già durante la scuola primaria e secondaria, quando gli studenti sviluppano le prime rappresentazioni delle proprie capacità e dei propri interessi disciplinari (OECD, 2023). Le metodologie didattiche attive e interdisciplinari possono contribuire in modo significativo a contrastare gli stereotipi di genere e a promuovere una maggiore partecipazione femminile alle discipline scientifiche. Approcci educativi come il *project based learning*, l'*inquiry-based learning* e i percorsi STEAM permettono infatti di presentare la scienza e la tecnologia come ambiti dinamici, creativi e socialmente rilevanti, superando l'immagine tradizionale delle discipline scientifiche come ambiti astratti e poco accessibili (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Questa prospettiva pedagogica trova importanti riferimenti teorici nella letteratura sull'apprendimento attivo e costruttivista. Vygotskij ha evidenziato come l'apprendimento sia un processo sociale che si sviluppa attraverso l'interazione tra individui e contesti culturali, sottolineando l'importanza degli ambienti

educativi nel favorire lo sviluppo delle competenze cognitive (Vygotskij, 1978). In modo analogo, Papert ha mostrato come le attività basate sulla costruzione e sulla progettazione possano favorire forme di apprendimento più profonde e significative, permettendo agli studenti di sviluppare una maggiore autonomia e fiducia nelle proprie capacità (Papert, 1980). Nel contesto delle STEAM, tali approcci didattici consentono di creare ambienti di apprendimento nei quali scienza, tecnologia e creatività vengono integrate in attività di progettazione e di problem solving. Attraverso attività di laboratorio, progetti interdisciplinari e percorsi di apprendimento basati sull'indagine, è possibile sviluppare negli studenti – e in particolare nelle studentesse – una maggiore fiducia nelle proprie competenze scientifiche e tecnologiche. Questo processo può contribuire a influenzare positivamente le scelte di studio successive, aumentando il numero di ragazze che decidono di intraprendere percorsi universitari nelle discipline STEM e STEAM (UNESCO, 2017). Promuovere una maggiore partecipazione femminile nelle discipline scientifiche e tecnologiche rappresenta quindi non soltanto una questione di equità sociale, ma anche una condizione fondamentale per lo sviluppo scientifico e tecnologico delle società contemporanee. Una maggiore diversità di genere nei contesti di ricerca e innovazione può infatti contribuire ad ampliare la varietà delle prospettive scientifiche, favorendo processi di innovazione più inclusivi e capaci di rispondere alle esigenze della società (European Commission, 2021). Sul piano pedagogico, questo tema chiama direttamente in causa la figura del docente innovatore STEAM. Nella scuola, egli può contribuire a contrastare stereotipi e autoesclusioni precoci attraverso attività che presentino la conoscenza scientifica come esperienza collaborativa, creativa, incarnata e socialmente significativa. Nell'università, lo stesso docente è chiamato a costruire ambienti didattici e simbolici capaci di non riprodurre modelli impliciti di esclusione, ma di rendere visibili pluralità di accessi, linguaggi e modelli professionali. In entrambe le situazioni, la didattica attiva assume dunque anche una valenza orientativa e culturale, poiché incide sui modi in cui gli studenti si percepiscono legittimati a entrare nei campi del sapere scientifico e tecnologico (Mishra & Koehler, 2009).

2.12 Conclusioni

L'analisi sviluppata ha evidenziato come l'approccio STEAM rappresenti oggi uno dei paradigmi educativi più rilevanti per interpretare e affrontare le trasformazioni che stanno interessando i sistemi formativi contemporanei. L'integrazione tra scienze, tecnologie, ingegneria, arti e matematica non costituisce infatti soltanto una proposta metodologica innovativa, ma riflette una più ampia evoluzione nel modo di concepire la conoscenza, l'apprendimento e il ruolo delle istituzioni educative nella società della conoscenza (Kelley & Knowles, 2016). Le riflessioni teoriche sulla complessità, sull'interdisciplinarietà e sull'integrazione dei saperi mostrano come le sfide della contemporaneità

richiedano modelli educativi capaci di superare la frammentazione disciplinare e di promuovere forme di pensiero sistemico. In questo contesto, l'educazione STEAM si configura come una risposta pedagogica orientata alla costruzione di ambienti di apprendimento nei quali conoscenze scientifiche, competenze tecnologiche e capacità creative possano interagire in modo dinamico (Morin, 2001). L'approccio STEAM si fonda infatti sull'idea che l'apprendimento sia un processo complesso e situato, nel quale gli studenti sviluppano conoscenze e competenze attraverso la partecipazione attiva a pratiche di indagine, progettazione e collaborazione. Le metodologie didattiche attive, come il *project based learning*, l'*inquiry-based learning* e il *design thinking*, favoriscono la costruzione di esperienze educative nelle quali gli studenti sono coinvolti nella risoluzione di problemi autentici e nella realizzazione di progetti interdisciplinari (Prince, 2004). Un elemento centrale emerso nel corso dell'analisi riguarda il ruolo delle arti nei percorsi STEAM. L'integrazione tra dimensione scientifica e dimensione creativa permette infatti di sviluppare forme di apprendimento più ricche e articolate, nelle quali rigore analitico e immaginazione progettuale si combinano per favorire processi di innovazione. Le arti contribuiscono a sviluppare competenze cognitive e metacognitive che risultano fondamentali per affrontare problemi complessi e per generare soluzioni originali (Henriksen, 2013). Allo stesso tempo, l'implementazione dei percorsi STEAM pone alcune sfide significative ai sistemi educativi. Tra queste emergono in particolare la necessità di ripensare l'organizzazione dei curricula disciplinari, l'importanza di sviluppare percorsi di formazione adeguati per gli insegnanti e l'esigenza di progettare sistemi di valutazione coerenti con le caratteristiche degli ambienti di apprendimento interdisciplinari. Tali sfide richiedono interventi coordinati a livello istituzionale, che coinvolgano scuole, università, centri di ricerca e comunità educanti (European Commission, 2020).

Dal punto di vista della ricerca educativa, l'approccio STEAM offre inoltre interessanti opportunità di sviluppo. I percorsi interdisciplinari rappresentano infatti contesti privilegiati per studiare i processi di apprendimento in ambienti complessi e per analizzare le dinamiche attraverso cui gli studenti costruiscono conoscenze e competenze in contesti collaborativi. In questo senso, metodologie di ricerca come la ricerca-azione e i metodi misti consentono di esplorare in modo approfondito l'interazione tra pratiche didattiche, esperienze degli studenti e risultati educativi (Creswell & Plano Clark, 2018). Un ulteriore elemento di interesse riguarda il rapporto tra educazione STEAM e comunità educanti. Le attività interdisciplinari che caratterizzano questi percorsi favoriscono infatti la costruzione di reti di collaborazione tra scuole, università, istituzioni culturali e realtà produttive del territorio. Questo tipo di collaborazione contribuisce a rendere l'apprendimento più significativo e a rafforzare il legame tra formazione, ricerca e sviluppo sociale (OECD, 2023). Nel complesso, l'approccio STEAM rappresenta quindi una prospettiva educativa capace di rispondere alle esigenze formative della società contemporanea. Attraverso l'integrazione dei saperi, l'utilizzo di metodologie

didattiche innovative e la promozione della creatività, esso offre la possibilità di sviluppare modelli educativi più adatti ad affrontare la complessità del mondo contemporaneo (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Alcune esperienze sviluppate nel contesto universitario italiano confermano che l'innovazione didattica produce esiti significativi quando è sostenuta da una progettazione coerente, da ambienti di apprendimento attivi e da una chiara intenzionalità pedagogica, sia nei percorsi orientati all'apprendimento significativo sia nella didattica scientifica fondata su strategie di active learning (Mignosi & Spada, 2024). Le riflessioni presentate in questo capitolo costituiscono il quadro teorico di riferimento per l'analisi empirica sviluppata nei capitoli successivi della tesi. In particolare, esse permettono di collocare l'indagine all'interno del dibattito internazionale sull'educazione STEAM e di interpretare i risultati della ricerca alla luce delle principali prospettive teoriche e metodologiche della letteratura scientifica (Kelley & Knowles, 2016). L'educazione STEAM non rappresenta semplicemente un nuovo campo applicativo dell'innovazione didattica, ma uno spazio particolarmente esigente in cui i nodi teorici già discussi si intensificano. Qui la qualità dell'apprendimento significativo dipende dall'effettiva capacità di integrare saperi, attività, contesti, linguaggi e mediazioni; la didattica attiva è chiamata a superare la mera partecipazione per tradursi in elaborazione cognitiva profonda; la progettazione deve sostenere compiti autentici senza perdere rigore concettuale; la professionalità docente deve farsi sempre più riflessiva, collaborativa e capace di attraversare confini epistemici (Laurillard, 2012). Il tema della partecipazione femminile alle discipline STEAM assume un significato particolarmente rilevante anche nel quadro della presente ricerca. Come evidenziato nei paragrafi precedenti, numerosi studi indicano che le scelte di orientamento verso le discipline scientifiche non si formano esclusivamente nel momento dell'accesso all'università, ma sono il risultato di un processo progressivo che inizia già durante il percorso scolastico. In tale prospettiva, le esperienze educative proposte nei diversi ordini di scuola svolgono un ruolo fondamentale nel favorire o nel limitare lo sviluppo dell'interesse degli studenti verso le discipline scientifiche e tecnologiche (UNESCO, 2017). La letteratura pedagogica sottolinea come gli ambienti di apprendimento caratterizzati da metodologie didattiche attive e interdisciplinari possano contribuire a costruire rappresentazioni più inclusive della scienza e della tecnologia, favorendo la partecipazione di studenti con interessi, stili cognitivi e background culturali differenti. In particolare, le esperienze educative basate su attività di laboratorio, progettazione collaborativa e problem solving consentono agli studenti di sperimentare la dimensione creativa e sociale della conoscenza scientifica, contrastando l'immagine stereotipata delle discipline STEM come ambiti esclusivamente tecnici o individualistici (Minner et al., 2010). I percorsi educativi ispirati all'approccio STEAM offrono un quadro particolarmente significativo per promuovere forme di apprendimento che integrano competenze scientifiche, tecnologiche e creative. L'integrazione delle

arti nei percorsi scientifici consente infatti di ampliare le modalità attraverso cui gli studenti possono avvicinarsi alla conoscenza scientifica, favorendo processi di apprendimento più inclusivi e partecipativi (Henriksen, 2013). Alla luce di queste considerazioni, l'analisi empirica sviluppata nei capitoli successivi della tesi si colloca all'interno di questo quadro teorico e pedagogico. In particolare, la ricerca intende esplorare come l'introduzione di metodologie didattiche attive e interdisciplinari nei contesti educativi possa contribuire a trasformare le percezioni dei docenti e dei futuri docenti nei confronti delle discipline scientifiche e tecnologiche. I risultati dell'indagine permetteranno di riflettere non soltanto sull'efficacia delle strategie didattiche adottate, ma anche sul loro potenziale contributo alla promozione di una partecipazione più ampia e inclusiva alle discipline STEAM (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). In conclusione, il quadro teorico dei Capitoli 1 e 2 consente di leggere la ricerca non come semplice applicazione di metodologie innovative, ma come indagine sul modo in cui l'innovazione didattica, quando assume la forma di percorsi attivi, interdisciplinari e orientati alle STEAM, possa incidere sulla costruzione di apprendimenti significativi, sulle percezioni degli studenti e sul ruolo professionale dei docenti. La figura del docente innovatore STEAM, tanto nella scuola quanto nell'università, assume un ruolo decisivo, poiché è attraverso la qualità della progettazione didattica, l'integrazione tra metodologie attive e contenuti disciplinari e la capacità di costruire ambienti di apprendimento significativi che è possibile incidere sui processi di apprendimento e sulle rappresentazioni degli studenti rispetto alle discipline scientifiche. Le evidenze presenti in letteratura, incluse quelle sviluppate nel contesto italiano, confermano che tali trasformazioni non avvengono automaticamente, ma richiedono una professionalità docente riflessiva, consapevole e orientata alla ricerca (Fazio, 2021).

Ne consegue che i capitoli empirici successivi potranno essere letti come luoghi di verifica e approfondimento di questa ipotesi teorica: se e in che misura pratiche educative ispirate ai principi dell'innovazione didattica, dell'apprendimento significativo e dell'integrazione STEAM siano in grado di incidere sulle rappresentazioni degli studenti, sulle loro modalità di partecipazione e, più in generale, sui processi di costruzione del sapere in contesti educativi reali (Creswell & Plano Clark, 2017).

CAPITOLO 3

GLI AMBIENTI DIGITALI COME DISPOSITIVI PEDAGOGICI DELL'APPRENDIMENTO ATTIVO

3.1 Gli ambienti digitali come estensione dell'innovazione didattica

Come discusso nei capitoli precedenti, l'innovazione didattica non può essere ridotta all'introduzione di nuove metodologie o dispositivi, ma implica una trasformazione più profonda dei processi di insegnamento-apprendimento, fondata sull'apprendimento significativo, sulla didattica attiva e sulla progettazione di ambienti educativi complessi. In questo quadro, l'approccio STEAM ha evidenziato come l'integrazione dei saperi e l'uso di metodologie attive richiedano contesti di apprendimento capaci di sostenere interazione, collaborazione e costruzione condivisa della conoscenza. La questione degli ambienti in cui tali processi prendono forma diventa dunque centrale, poiché è all'interno di essi che si rendono effettivamente possibili o, al contrario, vengono ostacolate le condizioni per lo sviluppo di apprendimenti significativi. Dentro questo quadro si colloca il presente capitolo, che non introduce un tema separato, ma approfondisce una dimensione già implicita nei capitoli precedenti: il ruolo degli ambienti digitali come infrastrutture pedagogiche dell'apprendimento attivo. Le tecnologie educative, e in particolare le piattaforme digitali per l'apprendimento, vengono qui analizzate non come strumenti neutri o semplici supporti tecnici, ma come dispositivi che contribuiscono a configurare le pratiche didattiche, le forme di interazione e i processi di costruzione della conoscenza. In altri termini, gli ambienti digitali non si limitano a ospitare l'azione didattica, ma partecipano alla sua strutturazione, influenzando in modo significativo le modalità attraverso cui studenti e docenti interagiscono, apprendono e producono significato. La letteratura internazionale ha ampiamente messo in evidenza come il rapporto tra tecnologie e apprendimento sia tutt'altro che lineare. Selwyn sottolinea come le tecnologie educative non debbano essere interpretate in termini deterministici, ma come elementi inseriti in contesti sociali, culturali e istituzionali che ne condizionano l'uso e il significato (Selwyn, 2021). Queste prospettive invitano a superare una visione ingenua dell'innovazione tecnologica, secondo cui l'introduzione di nuovi strumenti produrrebbe automaticamente un miglioramento dei processi di apprendimento. In tale direzione, Laurillard propone di interpretare le tecnologie educative all'interno di un quadro pedagogico più ampio, sottolineando come esse possano contribuire all'apprendimento solo se integrate in modo coerente con modelli didattici fondati su interazione, feedback e riflessione (Laurillard, 2012). Le tecnologie, quindi, non sono di per sé innovative: diventano tali solo quando vengono utilizzate per sostenere pratiche educative capaci di attivare processi cognitivi profondi e significativi. Questo implica che il loro valore educativo dipende in larga misura dalle scelte

progettuali del docente e dalla qualità degli ambienti di apprendimento in cui vengono inserite. Alla luce di queste considerazioni, gli ambienti digitali possono essere interpretati come spazi educativi complessi nei quali si intrecciano dimensioni tecnologiche, pedagogiche e sociali. Essi offrono nuove possibilità per l'organizzazione dell'apprendimento, consentendo di superare i vincoli spaziali e temporali della didattica tradizionale e di sviluppare forme di interazione asincrona e collaborativa. Tuttavia, tali potenzialità non si realizzano automaticamente, ma richiedono una progettazione intenzionale che tenga conto delle caratteristiche degli studenti, degli obiettivi formativi e delle modalità di interazione che si intendono promuovere. Nel caso dell'approccio STEAM, gli ambienti digitali assumono un ruolo particolarmente rilevante. Le attività interdisciplinari, i processi di progettazione collaborativa e le pratiche di *inquiry* richiedono infatti spazi di apprendimento flessibili, capaci di sostenere la condivisione di risorse, la costruzione collettiva della conoscenza e la riflessione sui processi di apprendimento. Le piattaforme digitali possono contribuire a creare tali condizioni, ma solo se vengono utilizzate in modo coerente con i principi dell'apprendimento attivo e significativo. A questo livello, il ruolo del docente assume una rilevanza ancora maggiore. Come già evidenziato nei capitoli precedenti, l'insegnante non è un semplice utilizzatore di strumenti, ma un progettista di ambienti di apprendimento e un mediatore della conoscenza. Nei contesti digitali, questa funzione si traduce nella capacità di selezionare e organizzare risorse, progettare attività significative, facilitare l'interazione tra gli studenti e sostenere processi di riflessione e rielaborazione. L'efficacia degli ambienti digitali dipende quindi non tanto dalle caratteristiche tecniche delle piattaforme, quanto dalla qualità della progettazione didattica e dalla consapevolezza pedagogica con cui tali strumenti vengono utilizzati.

Il presente capitolo si propone quindi di analizzare in modo critico il ruolo degli ambienti digitali nei processi di insegnamento-apprendimento, mettendo in evidenza le condizioni che ne rendono possibile un utilizzo coerente con i principi dell'innovazione didattica, dell'apprendimento significativo e dell'approccio STEAM. In particolare, l'attenzione sarà rivolta alle piattaforme di apprendimento online e, nello specifico, a Moodle, inteso non come semplice ambiente tecnologico, ma come spazio progettuale all'interno del quale è possibile costruire esperienze educative orientate alla partecipazione attiva, alla collaborazione e alla costruzione condivisa della conoscenza.

3.2 Modelli pedagogici dell'e-learning

Adottare un sistema di *e-learning*, secondo Galliani, non vuol dire solo uso di tecnologie di comunicazione sincrona e asincrona per ricreare condizioni di interazione educativa, ma piuttosto progettare ambienti tecnologici di formazione a distanza in cui integrare i tre principali paradigmi didattici dell'apprendimento: razionalista-informazionista, sistemico-interazionista, costruttivista-

sociale (Galliani, 2004). L'approfondimento di tali paradigmi risulta cruciale in quanto ciascuno di essi orienta in modo differente la progettazione degli ambienti di apprendimento online, incidendo sulle modalità di organizzazione dei contenuti, sulle forme di interazione e sul ruolo attribuito ai soggetti coinvolti nel processo formativo.

Il paradigma razionalista-informazionista, che caratterizza l'organizzazione dell'attività di insegnamento-apprendimento riferita al modello comportamentista si basa sul principio che la comunicazione didattica sia un trasferimento di messaggi dall'emittente al ricevente grazie anche all'apporto di *feedback*. Il ruolo centrale nella comunicazione è dunque il messaggio in quanto tutto il processo dell'attività comunicativa si basa sulla buona trasmissione e la buona ricezione del contenuto dell'informazione. Possiamo individuare tre elementi che contraddistinguono questo tipo di comunicazione bidirezionale messa in atto dall'emittente cioè dal docente il quale:

- fornisce agli allievi i contenuti dell'apprendimento;
- attiva azioni di *feedback* per constatare che l'allievo abbia compreso convenientemente lo stimolo-messaggio;
- costruisce forme di revisione o di supporto per neutralizzare, se possibile, le eventuali carenze o insufficienze nell'apprendimento individuate dal *feedback*.

In un contesto di insegnamento-apprendimento di tipo comportamentista solitamente le attività didattiche sono molto strutturate e sono dirette, come sopra sintetizzato, dal singolo emittente (docente o una figura tutoriale) ad una pluralità di destinatari (allievi), sia che l'evento si verifichi in un'aula in presenza, sia che venga effettuato a distanza con materiali cartacei o attraverso una piattaforma *e-learning*. L'elemento problematico di questo modello di apprendimento è dato dall'attività di controllo del messaggio, cioè che lo stesso abbia effettivamente raggiunto, con successo, ciascun allievo ovvero che ciascun allievo-destinatario risulti, al termine del momento formativo, effettivamente un allievo-ricevente. Naturalmente per avere un efficace controllo della comprensione del messaggio-contenuto, è indispensabile attivare, come più volte affermato, un *feedback* intenso e frequente, necessario, inoltre, per gestire in modo razionale e strutturato l'intero intervento didattico a partire dalla sua programmazione definendo tutti gli obiettivi che si intende raggiungere.

La qualità dell'insegnamento e della formazione dipende da come è strutturata l'organizzazione didattica.

Organizzare, vuol dire ordinare, disporre, preparare, è un pensare strategico che non lascia nulla all'improvvisazione, ma è anche aperto e flessibile perché conosce i rischi del determinismo. “Ebbene, un progetto ha senso quando intenzionalmente si vogliono perseguire degli obiettivi non raggiungibili con un'azione immediata e con l'impiego casuale dei mezzi e delle risorse disponibili.

Ci troveremmo altrimenti di fronte a un operare meccanico, a un automatismo che per quanto efficace nell'immediato, potrebbe risultare inadeguato nel medio e lungo termine per il perseguimento di traguardi più complessi e più ambiziosi. Un progetto altro non è che l'immaginazione, l'ideazione, il concepimento di una qualsiasi opera, ma accompagnati dalla proposta descrittiva e ponderata dei modi più economici, nel senso più lato del termine, di attuarla.” (Domenici G, 2001).

Insegnare, oggi, vuol dire operare in situazioni sempre nuove, in continuo cambiamento e affatto omogenee, e i docenti, “nella loro veste di professionisti della comunicazione educativa, sono chiamati ad assumere volta a volta decisioni pertinenti, efficaci ed efficienti, tali cioè da mostrarsi, alla prova dei fatti, adeguate alle necessità contestuali, coerenti con gli obiettivi perseguiti, capaci di produrre gli effetti desiderati. Per compiere tali operazioni hanno bisogno tuttavia di disporre di un flusso continuo di informazioni affidabili sull'andamento dei processi formativi che solo un adeguato sistema di verifica e valutazione può garantire.” (G. Domenici e R. Maragliano, 2000).

Il paradigma sistemico-interazionista “considera la comunicazione didattica come sistema tecnologico di relazioni interpersonali”⁶⁸, per cui la conoscenza si costruisce attraverso il rapporto dialogico tra i protagonisti del processo formativo. In questo modello, dunque, sono ritenute fondamentali:

- l'abilità comunicativa dell'insegnante;
- l'esperienza vissuta nel gruppo.

Naturalmente in questo modello didattico che individua come punto nodale l'attività interattiva è fondamentale la figura del docente che in qualità di formatore, sappia essere in grado di gestire le proprie prestazioni professionali, controllando e analizzando sia il proprio comportamento verbale, sia quello non verbale.

Il valore dell'esperienza vissuta nel gruppo dei pari, ovvero dei compagni di corso, è da intendersi come atto fondante nella messa in atto di una pratica conoscitiva a carattere interagito. È solo nella relazione con l'altro, nella condivisione consapevole di contenuti e linguaggi, che risulta possibile esperire la vera reciprocità. (Bocci F., Cellammare, S, 2003).

Risulta evidente come in quest'ottica, a differenza del modello razionalista- informazionista, l'attenzione si sposta dall'oggetto, il contenuto del messaggio, al modo in cui si comunica, come si interagisca e come sia possibile scambiare non solo contenuti e informazioni sui contenuti, ma anche indicazioni sulle vicendevoli modalità di apprendimento vissute personalmente.

Se, come si è detto, nel modello sistemico-interazionista non è più essenziale il *cosa* si comunica, ma il *come*, è evidente che la funzione principale dell'insegnante non sarà tanto quella di assicurare una corretta interpretazione dei contenuti, ma sarà soprattutto quella di *aiutare* a prediligere il metodo più

valido per comunicare, individuando modalità adeguate e creando situazioni di apprendimento particolarmente favorevoli, rassicuranti e stimolanti.

L'applicazione di un modello interazionista nella didattica *e-learning* comporta un'attenzione particolare alla progettazione degli spazi appropriati all'attivazione della didattica delineata: la tecnologia della rete possiede risorse significative per poter esprimere e valorizzare un intervento didattico di tipo interazionista, soprattutto se si pensa la rete e la multimedialità come un ambiente peculiare, piuttosto che come uno strumento.

Come afferma Galliani, “una progettazione di qualità affida di conseguenza funzioni didattiche distinte (intese come azioni insegnativo-comunicative condizionanti i processi di apprendimento) ai diversi media, e in particolare a quelli che fanno riferimento ai linguaggi analogici (iconici e audiovisivi, statici e cinetici) e ai linguaggi digitali (informatici e multimediali). In questo tipo di ambiente didattico, i media diventano dei prolungamenti delle attività percettive e cognitive degli studenti e della stessa attività erogata, generando un sistema didattico aperto, circolare, flessibile e modulabile rispetto alle reali attese e risposte dei protagonisti dell'evento formativo.

Il modello costruttivista-sociale offre un ulteriore approccio all'individuazione dei meccanismi che generano la *conoscenza*; questo approccio critica le sollecitazioni sia del comportamentismo che del cognitivismo in quanto considerano l'uomo come un semplice elaboratore di simboli. Nel modello costruttivista, invece, emerge in modo forte il ruolo svolto dalla mente umana come costruttrice di significati in stretto rapporto con l'ambiente nel quale l'uomo è immerso. In quest'ottica è difficile distinguere rigorosamente l'oggetto della conoscenza dai processi conoscitivi e dalle interpretazioni degli oggetti conosciuti: la conoscenza, infatti, si colloca *tra* il contesto e il vissuto individuale.

Galliani per la descrizione di questi tre modelli riconduce i presupposti del costruttivismo nella sintesi operata da Varisco (Varisco,2002):

- la conoscenza è costruita nell'esperienza;
- l'apprendimento è concepito come personale interpretazione del mondo;
- l'apprendimento è attivo, in esso il significato si sviluppa sulla base dell'esperienza;
- l'apprendimento è collaborativo, in quanto il significato è negoziato da molteplici prospettive;
- l'apprendimento è situato, o ancorato, perché accade in contesti realistici;
- la valutazione è integrata nel compito e non un'attività da esso separata.

Dunque, un ambiente di studio o di lavoro allestito in ottica costruttivista si struttura come una comunità di pratiche, cioè come un luogo nel quale ogni componente del gruppo prende parte

attivamente, contribuisce alla edificazione di una dotazione di conoscenze condivise, spendibili da tutto il *gruppo*. Dall'analisi, che attraverso il pensiero di Galliani, abbiamo fatto circa il modello *costruttivista-sociale* è opportuno mettere in risalto che nell'ottica dell'apprendimento collaborativo è presente una forte enfasi sull'individuo considerato come soggetto intercalato in un contesto: la conoscenza prima di essere interpersonale è, dunque, intrapersonale. Infatti, nonostante il gruppo costituisca una situazione di apprendimento considerevole, esso non si sostituisce al singolo il quale autonomamente decide di progettare e indirizzare il proprio processo di formazione, tenendo conto delle circostanze contingenti rispetto alle quali riorganizzare le proprie conoscenze per poter affrontare situazioni nuove, insolite e esclusive.

3.3 Moodle come ambiente di apprendimento

Nel panorama degli ambienti digitali per l'istruzione, Moodle occupa una posizione di particolare rilievo per diffusione internazionale, sostenibilità istituzionale e coerenza pedagogica. A differenza di molte piattaforme nate con finalità prevalentemente amministrative o commerciali, Moodle si configura sin dalle origini come un ambiente di apprendimento progettato esplicitamente alla luce di un orientamento teorico socio-costruttivista. Questa matrice culturale incide in modo sostanziale sulla struttura del sistema e sulle modalità di utilizzo che esso rende possibili, distinguendolo da semplici repository di contenuti o strumenti di erogazione asincrona (Dougiamas & Taylor, 2003).

La genesi di Moodle è infatti strettamente legata al lavoro di Martin Dougiamas, che concepì la piattaforma come spazio per la costruzione collaborativa della conoscenza, piuttosto che come sistema di distribuzione unidirezionale di materiali didattici. L'idea di fondo è che l'apprendimento emerga dall'interazione sociale, dal dialogo e dalla produzione condivisa di significato, in linea con le prospettive costruttiviste e costruzioniste. Dougiamas e Taylor sottolineano come Moodle sia stato pensato per sostenere *learning communities* in cui gli studenti non siano fruitori passivi, ma partecipanti attivi a processi collettivi di elaborazione (Dougiamas & Taylor, 2003). Questa impostazione teorica implica una differenza sostanziale rispetto all'uso puramente strumentale delle tecnologie. Se considerato solo come archivio digitale, Moodle rischia di ridursi a una funzione amministrativa, limitata alla condivisione di file o alla raccolta di compiti. Tuttavia, quando viene interpretato come ambiente di apprendimento, esso può diventare un vero e proprio spazio pedagogico, dotato di proprie regole di interazione, temporalità e possibilità espressive. In tale direzione, la piattaforma non rappresenta un semplice supporto alla didattica, ma parte integrante dell'ecosistema formativo (Cole & Foster, 2008). Per comprendere la specificità di Moodle è utile richiamare la distinzione tra *course management system* e *learning environment*. Nel primo caso, l'attenzione è rivolta prevalentemente alla gestione logistica dei corsi; nel secondo, alla qualità delle

interazioni e dei processi cognitivi. Moodle, pur svolgendo funzioni organizzative, offre una struttura modulare che consente di progettare esperienze di apprendimento articolate, integrate e progressive. La presenza di attività interattive, strumenti collaborativi e sistemi di feedback permette di superare la logica della semplice trasmissione di contenuti, favorendo forme di partecipazione attiva (Cole & Foster, 2008).

Un quadro teorico particolarmente utile per analizzare l'efficacia degli ambienti online è rappresentato dal modello della *Community of Inquiry*. Garrison, Anderson e Archer sostengono che l'apprendimento significativo in contesti digitali emerge dall'integrazione di tre dimensioni fondamentali: presenza cognitiva, presenza sociale e presenza didattica. Moodle offre funzionalità che possono sostenere tutte e tre queste componenti. La presenza cognitiva è supportata da attività che richiedono analisi, problem solving e produzione; la presenza sociale è favorita da forum, messaggi e strumenti di collaborazione; la presenza didattica si manifesta attraverso la regia del docente, la strutturazione delle consegne e il feedback continuo (Garrison, Anderson, & Archer, 2000). Ciò che risulta evidente è che la qualità dell'esperienza formativa non dipende dalla piattaforma in sé, ma dalla progettazione pedagogica che la guida. Un corso Moodle può facilmente degenerare in una sequenza di materiali scaricabili, riproducendo una didattica trasmissiva e individualistica. Al contrario, se organizzato come percorso esperienziale, con attività progressive, interazioni regolate e momenti di riflessione, esso può sostenere dinamiche di apprendimento profondo. La piattaforma, dunque, non determina automaticamente l'innovazione, ma ne costituisce una condizione di possibilità (Laurillard, 2012). Dal punto di vista metodologico, uno degli aspetti più rilevanti di Moodle riguarda la possibilità di strutturare il corso come sequenza di micro-attività. A differenza della lezione tradizionale, spesso concentrata in momenti episodici di valutazione, l'ambiente digitale consente di frammentare il percorso in compiti intermedi, ciascuno accompagnato da feedback tempestivo. Questa articolazione favorisce processi di regolazione continua dell'apprendimento. La letteratura sul *formative assessment* evidenzia come la frequenza e la qualità del feedback rappresentino fattori decisivi per il miglioramento delle prestazioni e della motivazione (Hattie & Timperley, 2007).

Un ulteriore elemento distintivo è rappresentato dalla tracciabilità delle attività. Ogni interazione effettuata all'interno della piattaforma lascia tracce digitali: accessi, tempi di permanenza, consegne, revisioni, contributi ai forum. Questi dati, se interpretati criticamente e non in modo meramente quantitativo, possono offrire indicazioni preziose sui processi di partecipazione e sugli ostacoli incontrati dagli studenti. La disponibilità di *learning analytics* apre la possibilità di un monitoraggio più fine e tempestivo, permettendo interventi personalizzati e strategie di supporto mirate. Qui, però,

è importante mantenere uno sguardo pedagogico: i dati non parlano da soli, ma acquistano significato solo se letti entro una cornice didattica coerente. La dimensione organizzativa costituisce un ulteriore punto di forza di Moodle. La piattaforma permette di gestire grandi comunità di apprendimento mantenendo coerenza e trasparenza. Calendari, rubriche, criteri valutativi e materiali condivisi creano un contesto strutturato in cui gli studenti possono orientarsi con maggiore autonomia. Questo aspetto risulta particolarmente rilevante nei percorsi universitari, dove la numerosità degli iscritti rende complessa una gestione esclusivamente analogica (Cole & Foster, 2008). Dal punto di vista epistemologico, Moodle può essere interpretato come spazio di esternalizzazione cognitiva. Le attività online rendono visibili processi che altrimenti resterebbero impliciti: bozze, revisioni, commenti, discussioni. Tale visibilità consente al docente di osservare non solo il prodotto finale, ma l'intero percorso di costruzione della conoscenza. Questa caratteristica è particolarmente preziosa in contesti di ricerca didattica, poiché permette di raccogliere evidenze empiriche sui processi di apprendimento e di analizzarli con maggiore accuratezza. Un ulteriore vantaggio riguarda la flessibilità temporale e spaziale. Moodle consente di superare i confini fisici dell'aula, estendendo l'apprendimento oltre l'orario scolastico. Gli studenti possono accedere ai materiali, partecipare alle discussioni e consegnare elaborati secondo ritmi più personalizzati. Tale flessibilità favorisce inclusione e autonomia, rispondendo alle esigenze di studenti con tempi, stili e condizioni differenti (Dougiamas & Taylor, 2003). Nel complesso, Moodle emerge non come semplice tecnologia, ma come infrastruttura culturale e pedagogica. La sua efficacia non dipende dalla quantità di funzioni disponibili, bensì dalla capacità del docente di trasformare tali funzioni in esperienze significative. Solo attraverso una progettazione intenzionale e riflessiva l'ambiente può sostenere apprendimento attivo, collaborazione e sviluppo critico (Laurillard, 2012)

3.4 Funzionalità didattiche e strumenti collaborativi

Se Moodle può essere considerato un'infrastruttura pedagogica, le sue funzionalità didattiche rappresentano i dispositivi operativi attraverso cui tale infrastruttura prende forma concreta nelle pratiche quotidiane di insegnamento e apprendimento. La qualità educativa di un ambiente digitale non dipende infatti dalla sola presenza della piattaforma, ma dal modo in cui le sue attività vengono trasformate in occasioni di attivazione cognitiva, interazione sociale e riflessione metacognitiva. Forum, wiki, glossari, workshop, compiti e strumenti di feedback non costituiscono semplici opzioni tecniche, bensì veri e propri mediatori epistemici, capaci di influenzare la natura stessa dei processi di apprendimento. La letteratura sulle tecnologie educative converge nel sottolineare come l'apprendimento significativo emerga quando gli studenti sono coinvolti in attività che richiedono produzione, confronto, revisione e negoziazione di significati, piuttosto che mera ricezione di

informazioni. Jonassen ha definito tali ambienti come strumenti cognitivi o *mindtools*, ossia strumenti che supportano il pensiero attivo e la riorganizzazione delle conoscenze, anziché la semplice trasmissione di contenuti (Jonassen, 1996). In questo senso, le funzionalità collaborative di Moodle possono essere interpretate come strumenti cognitivi che amplificano le capacità di analisi, argomentazione e co-costruzione della conoscenza.

Un primo nucleo di strumenti riguarda la comunicazione dialogica asincrona, in particolare i forum di discussione. A differenza della comunicazione orale in presenza, caratterizzata da immediatezza e spesso da una partecipazione diseguale, il forum consente tempi di riflessione più lunghi e una maggiore possibilità di rielaborazione. Gli studenti possono leggere, confrontare fonti, strutturare il proprio intervento e rispondere in modo argomentato. Questa temporalità distesa favorisce una qualità discorsiva più elevata e una partecipazione più inclusiva, riducendo la pressione performativa tipica dell'interazione sincrona. Hrastinski ha mostrato come la comunicazione asincrona favorisca processi cognitivi più riflessivi rispetto a quella sincrona, proprio grazie alla possibilità di pianificare e revisionare i contributi (Hrastinski, 2008). Dal punto di vista cognitivo, la scrittura argomentativa nel forum rappresenta un potente strumento di apprendimento. Esplicitare il proprio ragionamento costringe a organizzare le idee, selezionare evidenze e stabilire nessi causali. Ricerche empiriche hanno mostrato che la discussione online strutturata può migliorare comprensione concettuale e capacità critiche, soprattutto quando il docente propone domande aperte e problemi autentici (Cheng et al., 2011). Tuttavia, l'efficacia dei forum non è automatica. Senza una progettazione intenzionale, essi rischiano di trasformarsi in spazi di partecipazione superficiale, caratterizzati da interventi brevi e poco argomentati. La letteratura evidenzia l'importanza della presenza didattica del docente nel guidare la discussione e nel sostenere livelli cognitivi elevati (Garrison et al., 2000). Un secondo gruppo di funzionalità riguarda la produzione collaborativa di artefatti condivisi, come wiki, glossari e database. Tali strumenti permettono agli studenti di lavorare collettivamente su un oggetto comune, spostando il focus dalla performance individuale alla costruzione condivisa di conoscenza. La scrittura collaborativa implica negoziazione di significati, revisione reciproca e coordinamento delle azioni, processi che stimolano livelli elevati di elaborazione cognitiva. Le ricerche sul *computer-supported collaborative learning* mostrano che la co-costruzione di artefatti favorisce una comprensione più profonda rispetto al lavoro individuale, poiché costringe gli studenti a esplicitare e confrontare modelli mentali differenti (Stahl, Koschmann, & Suthers, 2006). Il wiki, in particolare, rende visibile il processo di revisione attraverso la cronologia delle versioni, permettendo di osservare l'evoluzione del pensiero collettivo. Questa tracciabilità costituisce un valore aggiunto sia per la valutazione sia per la riflessione metacognitiva. Il glossario collaborativo rappresenta un'ulteriore opportunità didattica spesso sottovalutata. La costruzione condivisa di definizioni, esempi e

collegamenti lessicali favorisce l'appropriazione del linguaggio disciplinare, aspetto cruciale soprattutto nelle discipline scientifiche e tecnologiche. Rendere gli studenti co-autori del lessico del corso significa coinvolgerli attivamente nella strutturazione del sapere. Questa prospettiva è coerente con il modello del *knowledge building*, secondo cui la conoscenza emerge come prodotto collettivo di comunità di apprendimento (Scardamalia & Bereiter, 2006). Particolarmente significativo, sul piano formativo, è lo strumento della revisione tra pari implementato in Moodle attraverso il modulo workshop. La *peer assessment* non si limita a distribuire il carico valutativo, ma rappresenta un dispositivo di apprendimento in sé. Valutare il lavoro di un pari richiede di applicare criteri, confrontare soluzioni, identificare punti di forza e debolezza e formulare giudizi argomentati. Topping evidenzia come la valutazione tra pari possa migliorare non solo la qualità dei prodotti finali, ma anche l'autoregolazione e il senso di responsabilità degli studenti (Topping, 2009). Un ulteriore aspetto riguarda i compiti e i sistemi di feedback. La consegna digitale di elaborati consente al docente di fornire commenti puntuali, rubriche analitiche e annotazioni dirette sul testo. Questa modalità favorisce una valutazione formativa più ricca rispetto alla semplice attribuzione di un voto numerico. Il feedback risulta particolarmente efficace quando orienta lo studente rispetto agli obiettivi, ai progressi e alle azioni successive da intraprendere (Hattie & Timperley, 2007). Nel loro insieme, queste funzionalità delineano un modello di didattica centrato sull'attività dello studente. L'ambiente digitale diventa spazio di produzione, discussione, revisione e riflessione, piuttosto che luogo di semplice fruizione. La conoscenza non viene trasmessa come oggetto statico, ma costruita dinamicamente attraverso interazioni sociali e processi di negoziazione. È importante sottolineare che tale trasformazione non è garantita dalla sola disponibilità tecnica degli strumenti. Senza una progettazione consapevole, forum, wiki o workshop possono rimanere inutilizzati o essere impiegati in modo marginale. L'efficacia dipende dalla coerenza tra obiettivi formativi, compiti proposti e criteri valutativi. Solo quando le attività richiedono realmente collaborazione, argomentazione e produzione significativa, le funzionalità digitali esprimono il loro potenziale educativo. In questa direzione, le funzionalità didattiche di Moodle non sono semplici opzioni operative, ma veri e propri dispositivi pedagogici. Esse contribuiscono a ridefinire il ruolo dello studente – da destinatario a co-autore – e quello del docente – da trasmettitore a progettista e facilitatore.

3.5 Il ruolo della narrazione

All'interno degli ambienti digitali per l'apprendimento attivo, la narrazione rappresenta una dimensione spesso meno visibile rispetto agli strumenti collaborativi o valutativi, ma non per questo meno rilevante sul piano pedagogico ed epistemologico. Se forum, wiki e workshop strutturano l'interazione sociale e la produzione di artefatti cognitivi, la narrazione interviene in modo più

profondo, contribuendo a dare senso all'esperienza, a organizzarla temporalmente e a trasformarla in conoscenza consapevole. Mentre gli strumenti operativi sostengono il "fare", la narrazione sostiene il "comprendere ciò che si è fatto". La letteratura pedagogica contemporanea riconosce infatti che la costruzione di significato nelle esperienze di apprendimento avviene attraverso processi interpretativi e riflessivi che spesso assumono forma narrativa. La riflessione pedagogica contemporanea riconosce che l'apprendimento non coincide con l'accumulazione di informazioni, ma con la costruzione di significati coerenti e trasferibili. Tale costruzione implica un lavoro interpretativo attraverso cui lo studente collega eventi, azioni, errori, scoperte e revisioni entro una trama dotata di senso e la narrazione costituisce una forma primaria di organizzazione cognitiva dell'esperienza.

Jerome Bruner ha evidenziato come il pensiero umano operi secondo due modalità complementari: una logico-scientifica, orientata alla dimostrazione formale, e una narrativa, orientata alla costruzione di significato attraverso storie e sequenze di eventi (Bruner, 1990). Se la prima domina tradizionalmente i contesti scolastici, la seconda risulta altrettanto fondamentale per comprendere come gli individui interpretino il proprio percorso di apprendimento. La narrazione consente infatti di collegare il sapere disciplinare alla dimensione personale, trasformando l'esperienza didattica in esperienza vissuta. Nel contesto degli ambienti digitali, tale funzione assume un valore particolare. Le piattaforme come Moodle non sono soltanto spazi di consegna di compiti o discussione di contenuti, ma ambienti che registrano tracce continue dell'attività degli studenti: post, revisioni, commenti, versioni successive di elaborati. Queste tracce costituiscono la materia prima per la costruzione di narrazioni riflessive. Chiedere allo studente di raccontare come ha affrontato un problema, quali strategie ha adottato, quali difficoltà ha incontrato e come le ha superate significa renderlo consapevole del proprio processo cognitivo, non solo del risultato finale. Tale prospettiva è coerente con il concetto di apprendimento riflessivo sviluppato da Schön, secondo cui la riflessione sull'azione costituisce un elemento fondamentale per lo sviluppo della competenza professionale e cognitiva (Schön, 1983). La narrazione può dunque essere considerata uno strumento privilegiato di metacognizione. La metacognizione implica la capacità di monitorare, valutare e regolare i propri processi mentali. Scrivere o raccontare ciò che si è appreso costringe a esplicitare passaggi spesso impliciti, favorendo una maggiore consapevolezza delle strategie utilizzate. Studi sull'apprendimento riflessivo mostrano che la verbalizzazione delle esperienze migliora la comprensione e la trasferibilità delle conoscenze.

Negli ambienti digitali, la narrazione può assumere molteplici forme operative. I diari di bordo permettono di documentare progressivamente l'evoluzione di un progetto o di un percorso di studio. Il portfolio digitale consente di raccogliere artefatti significativi accompagnandoli con commenti

riflessivi. Le consegne narrative invitano gli studenti a spiegare il ragionamento seguito, piuttosto che limitarsi a presentare il prodotto finale. Tutte queste pratiche contribuiscono a spostare l'attenzione dal risultato alla processualità dell'apprendimento.

Particolarmente rilevante è il contributo della *digital storytelling*, intesa come costruzione di narrazioni multimodali che integrano testo, immagini, audio e video. Robin ha mostrato come la narrazione digitale possa aumentare coinvolgimento, motivazione e profondità di elaborazione, poiché consente agli studenti di esprimersi attraverso codici comunicativi diversificati e di collegare contenuti disciplinari a esperienze personali (Robin, 2008).

Dal punto di vista teorico, la digital storytelling trova fondamento anche nelle ricerche sul *multimedia learning*. Mayer evidenzia che l'integrazione di canali verbali e visivi, se progettata secondo principi di coerenza e integrazione cognitiva, può facilitare la comprensione e la memoria (Mayer, 2002). Nel contesto di Moodle, tali pratiche possono essere implementate attraverso strumenti già presenti nella piattaforma. Le attività di compito permettono la consegna di elaborati multimediali; i forum possono ospitare racconti riflessivi condivisi; i database o i portfolio consentono la raccolta sistematica di evidenze narrative. In questo modo, la narrazione non si configura come elemento esterno o aggiuntivo, ma come dimensione integrata dell'esperienza didattica. Un ulteriore aspetto rilevante riguarda la funzione sociale della narrazione. Raccontare il proprio percorso di apprendimento all'interno di una comunità favorisce riconoscimento reciproco e costruzione di identità collettive. Gli studenti non si percepiscono più come individui isolati, ma come membri di una comunità che condivide difficoltà, scoperte e strategie. Tale dimensione contribuisce alla presenza sociale, considerata essenziale per l'efficacia degli ambienti online (Garrison et al., 2000). La narrazione assume inoltre un valore documentale per il docente e per la ricerca educativa. I testi riflessivi, i diari e i portfolio costituiscono dati qualitativi preziosi per comprendere come gli studenti costruiscano significati, quali misconcezioni emergano e quali strategie risultino più efficaci. Nel complesso, la narrazione può essere interpretata come dispositivo di integrazione tra dimensione cognitiva, emotiva e sociale dell'apprendimento. Negli ambienti digitali essa consente di trasformare la sequenza di attività in un percorso dotato di significato, rendendo visibile il processo di crescita dello studente.

3.6 Didattica digitale e sviluppo del pensiero critico

Se le sezioni precedenti hanno messo in luce il ruolo degli ambienti digitali come infrastrutture organizzative, collaborative e narrative, l'interrogativo pedagogico di fondo riguarda ora la loro finalità formativa più profonda. L'obiettivo dell'innovazione tecnologica non può infatti esaurirsi nell'efficienza gestionale o nell'aumento del coinvolgimento motivazionale. La questione centrale

concerne piuttosto il tipo di competenze cognitive che tali ambienti sono in grado di promuovere. In questo quadro, il costrutto che più chiaramente orienta una lettura qualitativa della didattica digitale è quello di pensiero critico, ampiamente riconosciuto nella letteratura pedagogica come competenza fondamentale per l'apprendimento significativo e per la partecipazione consapevole alla società della conoscenza. Nel dibattito educativo contemporaneo, il pensiero critico è considerato una competenza trasversale essenziale per la cittadinanza e per la partecipazione informata alla vita sociale. L'abbondanza di informazioni disponibili in rete, la rapidità della loro diffusione e la compresenza di fonti eterogenee e talvolta inattendibili rendono indispensabile la capacità di analizzare, valutare e argomentare in modo autonomo. In assenza di tali competenze, l'accesso al digitale rischia di tradursi in mera esposizione passiva a contenuti non verificati. Il pensiero critico come un insieme integrato di abilità cognitive – interpretazione, analisi, valutazione, inferenza e spiegazione – accompagnate da disposizioni quali apertura mentale, curiosità intellettuale e riflessività. Tale definizione evidenzia che il pensiero critico non è una competenza esclusivamente tecnica, ma una postura epistemica complessa che coinvolge dimensioni cognitive e atteggiamenti. Gli ambienti digitali, se progettati in modo coerente, possono costituire contesti privilegiati per esercitare tali capacità. A differenza dei modelli trasmissivi, che tendono a ridurre l'apprendimento alla memorizzazione di informazioni, le piattaforme digitali consentono di strutturare attività che richiedono confronto tra fonti, produzione argomentativa, revisione reciproca e riflessione metacognitiva. In questo senso, il digitale non rappresenta soltanto un mezzo di accesso ai contenuti, ma uno spazio epistemico in cui gli studenti apprendono a costruire e valutare conoscenza (Laurillard, 2012). Un primo contributo degli ambienti digitali allo sviluppo del pensiero critico riguarda la pluralità di prospettive. Nei forum di discussione, gli studenti entrano in contatto con interpretazioni differenti di uno stesso problema. Il confronto con punti di vista alternativi costringe a esplicitare le proprie assunzioni e a giustificarle attraverso argomentazioni fondate. Questo processo di argomentazione dialogica favorisce lo sviluppo di capacità analitiche e riflessive. Kuhn ha mostrato come la pratica del dibattito e della controargomentazione costituisca uno dei meccanismi più efficaci per la crescita del ragionamento critico, poiché obbliga a coordinare prove e teorie in modo consapevole (Kuhn, 1999). La comunicazione asincrona tipica degli ambienti online amplifica ulteriormente tale effetto. A differenza dell'interazione orale immediata, la scrittura digitale consente tempi di riflessione più lunghi e revisioni successive. Gli studenti possono rileggere, correggere e riformulare i propri interventi. Questo tempo cognitivo esteso favorisce l'elaborazione profonda e la costruzione di argomentazioni più strutturate.

Un secondo contributo riguarda la valutazione critica delle fonti. Le ricerche di Wineburg evidenziano come molti studenti incontrino difficoltà nel distinguere tra fonti affidabili e non

affidabili in ambiente digitale, anche a livelli avanzati di istruzione (Wineburg et al., 2016). La didattica digitale può trasformare questa criticità in opportunità formativa, proponendo attività che richiedano analisi comparativa di documenti, fact-checking e verifica incrociata delle informazioni. In questo modo, l'ambiente digitale diventa spazio di esercizio epistemico e non semplice luogo di consumo informativo. La peer assessment rappresenta un ulteriore dispositivo rilevante per lo sviluppo del pensiero critico. Valutare il lavoro di un pari implica applicare criteri espliciti, identificare incoerenze, proporre miglioramenti e formulare giudizi argomentati. Nicol e Macfarlane-Dick sottolineano che il feedback tra pari favorisce l'autoregolazione e la capacità di giudizio critico, poiché gli studenti imparano a interiorizzare standard di qualità e a monitorare autonomamente i propri progressi (Nicol & Macfarlane-Dick, 2006). Un ulteriore elemento riguarda la dimensione metacognitiva dell'apprendimento. Riflettere sui propri errori, spiegare le scelte compiute e descrivere le strategie adottate contribuisce a sviluppare consapevolezza dei processi cognitivi. Le attività narrative e riflessive assumono quindi un ruolo centrale nel consolidamento del pensiero critico, poiché rendono espliciti i passaggi del ragionamento e permettono di sottoporli a valutazione.

Dal punto di vista disciplinare, tali competenze risultano particolarmente rilevanti nei contesti STEAM. La pratica scientifica richiede formulazione di ipotesi, analisi di dati, interpretazione di risultati e revisione continua dei modelli. Gli ambienti digitali possono simulare queste pratiche epistemiche, offrendo spazi di modellizzazione, discussione di evidenze e documentazione dei processi. È tuttavia necessario mantenere uno sguardo critico anche sulle potenzialità del digitale. L'accesso a grandi quantità di informazioni non garantisce automaticamente lo sviluppo del pensiero critico; al contrario, può favorire dispersione e superficialità. Senza una progettazione intenzionale, le piattaforme rischiano di incentivare comportamenti meramente esecutivi e il ruolo del docente deve rimanere centrale. La tecnologia non sostituisce la guida pedagogica, ma la rende più complessa e strategica. È il docente a definire problemi autentici, a formulare domande generative, a moderare le discussioni e a fornire feedback critici. Alla luce di quanto sopra esposto, la didattica digitale orientata allo sviluppo del pensiero critico non coincide con l'uso di strumenti innovativi, ma con la costruzione di contesti in cui gli studenti siano chiamati a interpretare, discutere, valutare e giustificare. Gli ambienti digitali offrono le condizioni operative per tali pratiche, ma la loro efficacia dipende dalla qualità della progettazione pedagogica.

3.7 Conclusioni

L'analisi sviluppata nel presente capitolo ha consentito di problematizzare in modo approfondito il ruolo degli ambienti digitali nei processi di insegnamento-apprendimento, superando una visione riduttiva che li interpreta come semplici strumenti di supporto o come soluzioni tecnologiche

automaticamente migliorative. Al contrario, gli ambienti digitali emergono come infrastrutture pedagogiche complesse, all'interno delle quali si configurano specifiche modalità di interazione, costruzione della conoscenza e partecipazione degli studenti. Nella scelta di un modello e-learning, l'integrazione dei paradigmi razionalista-informazionista, sistemico-interazionista e costruttivista-sociale consente infatti di superare visioni unidimensionali dell'insegnamento, orientando la progettazione verso ambienti capaci di sostenere, in modo complementare, processi di trasmissione strutturata dei contenuti, dinamiche interattive e costruzione attiva e situata della conoscenza (Galliani, 2004).

L'attenzione posta su Moodle ha permesso di evidenziare come una piattaforma digitale possa essere interpretata non come repository di contenuti, ma come ambiente di apprendimento progettabile. Tale progettabilità rappresenta l'elemento cruciale che distingue un uso meramente strumentale delle tecnologie da un utilizzo pedagogicamente fondato. La possibilità di strutturare attività progressive, integrare strumenti collaborativi, attivare processi di feedback e documentare le traiettorie di apprendimento consente infatti di trasformare l'ambiente digitale in uno spazio di costruzione attiva e condivisa della conoscenza. Le funzionalità didattiche analizzate hanno mostrato come gli strumenti digitali possano operare come veri e propri mediatori epistemici. Forum, wiki, workshop e sistemi di feedback non costituiscono semplici opzioni tecniche, ma dispositivi che influenzano il modo in cui gli studenti pensano, argomentano, collaborano e apprendono. In questo senso, l'ambiente digitale contribuisce a ridefinire il rapporto tra soggetto e sapere, spostando l'attenzione dalla ricezione passiva alla produzione attiva di significati.

Un ulteriore elemento di rilievo riguarda il ruolo della narrazione, che emerge come dispositivo trasversale capace di integrare dimensione cognitiva, emotiva e sociale dell'apprendimento. Nei contesti digitali, la narrazione consente di rendere visibili i processi, di organizzare l'esperienza in forma riflessiva e di sostenere lo sviluppo della metacognizione. Essa non si configura come elemento accessorio, ma come componente strutturale dei processi di apprendimento significativo. Particolare attenzione è stata dedicata allo sviluppo del pensiero critico, inteso come competenza centrale per l'educazione contemporanea. Gli ambienti digitali, se progettati in modo coerente, offrono opportunità rilevanti per promuovere capacità di analisi, valutazione, argomentazione e riflessione. Tuttavia, tali potenzialità non si realizzano automaticamente: richiedono una progettazione didattica intenzionale, capace di trasformare l'accesso all'informazione in esercizio epistemico. In continuità con quanto discusso nei capitoli precedenti, emerge con chiarezza che l'innovazione non risiede nella tecnologia in sé, ma nella qualità della progettazione pedagogica. Gli ambienti digitali ampliano il repertorio delle possibilità didattiche, ma è il docente a determinare se tali possibilità si traducano in esperienze di apprendimento significative. La figura del docente, pertanto, assume una centralità

ancora più marcata: non come semplice utilizzatore di strumenti, ma come progettista di ambienti, regista delle interazioni e mediatore della conoscenza.

Il capitolo consente quindi di consolidare un passaggio teorico fondamentale per l'intera ricerca: gli ambienti digitali possono essere interpretati come estensioni dell'innovazione didattica solo quando sono progettati in coerenza con i principi dell'apprendimento significativo, della didattica attiva e dell'integrazione dei saperi. In assenza di tale coerenza, essi rischiano di riprodurre modelli trasmissivi tradizionali, limitandosi a trasferire nel digitale pratiche didattiche già esistenti. Il quadro teorico delineato costituisce la base per l'analisi empirica sviluppata nel capitolo successivo, in cui l'attenzione si sposterà su una sperimentazione concreta dell'uso di Moodle in contesto universitario. Tale passaggio permetterà di osservare in che misura le potenzialità teoriche qui discusse trovino effettiva realizzazione nelle pratiche didattiche, offrendo elementi di riflessione sul rapporto tra progettazione, ambienti digitali e processi di apprendimento.

CAPITOLO 4

L'ESPERIENZA PILOTA: EFFICACIA FORMATIVA DELL'E-LEARNING IN UN CORSO DI PEDAGOGIA DI COMUNITÀ

4.1 Introduzione

Il percorso teorico sviluppato nei capitoli precedenti ha permesso di delineare un quadro interpretativo nel quale innovazione didattica, apprendimento significativo, approccio STEAM e ambienti digitali risultano strettamente interconnessi. Tuttavia, una riflessione pedagogica che si mantenga esclusivamente sul piano teorico rischia di non cogliere pienamente la complessità dei processi di insegnamento-apprendimento nei contesti reali. Si rende pertanto necessario un passaggio metodologico che consenta di osservare come tali cornici teoriche possano tradursi in pratica educativa.

Nei capitoli precedenti sono stati delineati il quadro teorico dell'innovazione didattica, il ruolo della didattica attiva nei processi di apprendimento significativo e le potenzialità degli ambienti digitali - in particolare delle piattaforme LMS - come contesti di costruzione sociale della conoscenza. È emerso come l'integrazione tra dimensione esperienziale, riflessiva e collaborativa rappresenti una condizione centrale affinché la tecnologia non sia un semplice strumento di trasmissione dei contenuti, ma diventi dispositivo pedagogico capace di sostenere processi trasformativi.

In tale prospettiva, la didattica blended non viene considerata una mera alternanza tra presenza e distanza, bensì un ambiente unitario di apprendimento nel quale le due dimensioni si arricchiscono reciprocamente. L'e-learning assume quindi valore educativo quando permette di prolungare l'esperienza, favorire la riflessione, sostenere la narrazione e sviluppare forme di partecipazione cognitiva ed emotiva difficilmente attivabili nel solo spazio dell'aula.

Per verificare in che modo tali assunti teorici possano tradursi in pratica didattica universitaria, è stata progettata e realizzata un'esperienza pilota all'interno di un insegnamento di Pedagogia di comunità, finalizzata a valutare l'efficacia formativa di un ambiente e-learning integrato alla didattica laboratoriale in presenza. L'obiettivo non era semplicemente introdurre una piattaforma digitale, ma costruire un contesto di apprendimento riflessivo e collaborativo capace di sostenere la costruzione di significato, lo sviluppo metacognitivo e la partecipazione attiva degli studenti.

La principale motivazione che ha condotto all'introduzione della metodologia blended learning è legata soprattutto all'esigenza di dare spazio alle pratiche di riflessione e alla riflessività professionale dei futuri pedagogisti. La letteratura pedagogica evidenzia infatti come il pensiero riflessivo costituisca una dimensione centrale nei processi di apprendimento professionale e nella costruzione della competenza educativa. La riflessività consente di collegare teoria e pratica, sostenendo la capacità degli studenti di interpretare criticamente le situazioni educative e di costruire significati attraverso l'esperienza.

La progettazione dell'insegnamento ha cercato di intrecciare il contesto reale dell'aula universitaria con un ambiente di apprendimento online, con l'obiettivo di incrementare pratiche didattiche attive e collaborative e di sostenere apprendimenti significativi. L'integrazione tra momenti in presenza e attività online si colloca infatti all'interno delle prospettive pedagogiche che valorizzano l'apprendimento situato, la collaborazione e la costruzione sociale della conoscenza (Wenger, 1998).

A tal fine è stato progettato e sviluppato, parallelamente alle attività in aula, un percorso formativo sulla piattaforma Moodle, utilizzata come ambiente digitale di supporto alle attività didattiche e come spazio di condivisione, riflessione e costruzione collaborativa dei contenuti (Moodle project).

Di seguito si riporta l'articolo scientifico che documenta integralmente l'esperienza realizzata.

La piattaforma Moodle ha una diffusione internazionale ed è stata sviluppata da numerose persone che cercano di coniugare al meglio la progettazione informatica con quella didattica e di collaborazione, mettendo liberamente a disposizione i risultati ottenuti. Moodle viene distribuito gratuitamente e gli utenti hanno accesso completo al codice sorgente, con la possibilità, anche di apportarvi modifiche. L'alta flessibilità nella personalizzazione dei percorsi formativi e l'articolazione di strumenti e risorse didattiche della piattaforma permettono il supporto alle attività in aula e a distanza in modo efficace e dinamico. La progettazione e lo sviluppo di Moodle si basano e sono orientati dalla "pedagogia costruzionista sociale" che si fonda su tre principali teorie dell'apprendimento: il costruttivismo, il costruzionismo ed il connettivismo (Fissore et al, 2022). Secondo l'approccio socio-costruttivista di matrice vygotskiana, il soggetto è costruttore attivo della propria conoscenza in un ambiente culturale e sociale e l'apprendimento è particolarmente efficace quando si costruisce e si sperimenta qualcosa insieme agli altri in un ambiente condiviso.

Secondo questa prospettiva, gli studenti costruiscono attivamente nuove conoscenze quando interagiscono - tramite una pluralità di canali sensoriali - all'interno di diversi contesti e se hanno la possibilità di trasformare significativamente le conoscenze pregresse. Si apprende dall'esperienza e dalla risoluzione di problemi di diversa natura, tramite le interazioni con gli altri e con gli ambienti e tramite la riflessione sull'esperienza e sui propri processi di apprendimento (cfr. Dewey, 1938; Doise & Mugny 1981).

Si costruisce, nel tempo, una conoscenza situata e condivisa attraverso una "comunità di pratica" (Wenger, 1998) un sapere, cioè, che nasce da un gruppo di persone che interagiscono con regolarità in contesti formativi o lavorativi, collaborando nella creazione di una specifica cultura.

Un corso Moodle potrebbe costituire un esempio: non solo, infatti, le tipologie degli strumenti software danno indicazioni sulle modalità con cui i corsi online dovrebbero funzionare, ma le attività e i testi prodotti nell'ambito del gruppo, inteso come unità olistica, aiutano a dare forma al modo in cui ciascuno si comporta all'interno del gruppo stesso. E ciò è tanto più significativo, quanto più è connesso ad una pratica didattica attiva e partecipativa in aula che motiva l'uso della piattaforma e ne viene, circolarmente arricchita.

Partire il più possibile dagli studenti per avviare processi di esplicitazione e di consapevolezza, porre problemi, confrontare soluzioni, esplorare insieme, lavorare in piccoli gruppi e, nello stesso tempo dare spazio alle emozioni, all'immaginazione e ai processi creativi costruendo un ambiente non giudicante, sono scelte metodologiche che motivano gli studenti a continuare ad esplorare, a riflettere e a condividere, anche al di là della lezione in presenza (Mignosi, 2023).

Non a caso Moodle si fonda anche sul "connettivismo", secondo cui la nostra conoscenza è

direttamente correlata alle nostre relazioni, alla tecnologia che possiamo utilizzare e al tempo. Questa teoria, sviluppata da George Siemens (Siemens, 2005), mira a indagare in che modo la tecnologia ha modificato il nostro modo di vivere, di comunicare e di apprendere. Alla base del connettivismo vi è il principio che la conoscenza si costruisce attraverso la connessione all'interno di gruppi e di contesti sociali: è attraverso la collaborazione interpersonale che la costruzione di una cultura di "oggetti conoscitivi" condivisi crea significati condivisi. In questa cornice l'apprendimento è permanente ed è rafforzato dalla condivisione di comportamenti e attitudini individuali che all'interno della comunità promuovono una riflessione più approfondita e, nel tempo, potenzialmente trasformativa. Un aspetto peculiare del connettivismo è il ricorso all'immagine della rete con nodi e connessioni, utilizzata per spiegare come avviene l'apprendimento. Secondo questa metafora, un nodo è qualunque cosa che possa essere connessa ad un altro nodo: informazioni, dati, immagini, sentimenti e l'apprendimento è un processo che crea delle connessioni e sviluppa una rete.

La capacità di apprendere in modo continuativo, sviluppando anche la capacità di meta-apprendimento (Bateson 1972), diventa, così, più importante di quanto già si conosce: alimentare e mantenere le connessioni costituisce un comportamento fondamentale per facilitare l'apprendimento permanente e la capacità di individuare connessioni tra contesti, idee e concetti si configura come un'abilità cruciale.

Questa prospettiva promuove un cambiamento culturale, in quanto la conoscenza non è più solo un patrimonio individuale "aumentato", ma diventa patrimonio accresciuto solo se condiviso: è dalla condivisione sociale, infatti, che si genera una nuova cultura (3).

4.2 Le possibili funzioni dell'E-Learning

Nel modello di lavoro da noi proposto, abbiamo quindi creato una serie di rimandi tra l'esperienza in aula e l'e-learning, attivando un processo di apprendimento attivo, auto-regolato, situato, collaborativo. In questo senso Jonassen (Varisco, 2002), ha identificato tre poli intorno a cui ruota il percorso conoscitivo inteso come costruzione di significato: il contesto che lo determina, la collaborazione che lo facilita e la costruzione intesa come processo di riflessione e negoziazione interiore. Da qui la definizione di cosa caratterizza un apprendimento significativo:– attivo (riferito al ruolo consapevole e responsabile del soggetto); – costruttivo (riferito al processo di "equilibratura" tra strutture mentali pregresse e nuove conoscenze);– collaborativo (riferito alle dinamiche di interazione sociale entro cui si sviluppa);– intenzionale (rispetto al ruolo dei processi motivazionali e volitivi nello sviluppo del potenziale di apprendimento);– conversazionale (riguardo al ruolo del linguaggio nello strutturare il confronto e la negoziazione dei significati tra gli interlocutori);– contestualizzato (in riferimento a compiti di realtà entro cui situare il processo di apprendimento);–riflessivo (relativo al circolo ricorsivo tra conoscenza, esperienza e riflessione su

di essa su cui si struttura la negoziazione intrapsichica) (Castoldi, 2012).

Molte esperienze, reperibili in letteratura, sono state proposte per mettere in evidenza il successo dell'e-learning in un percorso misto, ma la maggior parte di esse si sono incentrate principalmente sullo studio delle percezioni degli studenti rispetto alla dimensione tecnologica. Studi recenti evidenziano, tuttavia, come una continua esposizione ai dispositivi digitali possa generare negli studenti un sovraccarico cognitivo dovuto alla fruizione e alla elaborazione di una grande quantità di informazioni in un arco temporale estremamente ridotto (Gratani, 2023). Appare necessario dunque pianificare e progettare accuratamente l'impiego dell'e-learning, collegandolo all'esperienza di apprendimento in presenza (in aula e al di fuori di essa), nel rispetto dei tempi, delle specificità e dei bisogni degli studenti e dei diversi gruppi (Bonaiuti et al., 2017). In una tale prospettiva, le tecnologie medialti possono essere considerate come degli *experience providers* che, attraverso una specifica piattaforma, un design dell'interfaccia personalizzato ed un particolare frame visuale, possono dar vita a delle vere e proprie esperienze mediate e fungere da elemento motivazionale e facilitatore del processo di apprendimento (Muscarà et al., 2024). È quindi importante porre l'attenzione sulle esperienze di apprendimento blended che intrecciano la dimensione tecnologica con quella riflessiva e autoriflessiva. La possibilità di fare esperienze e di ripercorrerle a livello individuale e di gruppo, dà spazio alla narrazione e all'istanza identitaria dei soggetti in formazione all'interno del processo di costruzione della conoscenza, e consente, parallelamente, lo sviluppo delle capacità metacognitive e metaemotive.

La promozione di pratiche di riflessione attraverso la narrazione ha un ruolo fondamentale rispetto alla qualità dell'apprendimento degli studenti. Inoltre, integrare la riflessione partecipata nei contesti d'aula alla narrazione su piattaforma, supporta lo sviluppo di competenze trasversali e del pensiero critico.

Le piattaforme di e-learning, infatti, offrono un ambiente propizio per incoraggiare la riflessione critica in svariati modi:

- facilitano l'apprendimento attraverso attività come forum di discussione, diari online e compiti collaborativi, dando modo agli studenti di mettere in pratica quanto acquisito, di confrontarsi tra loro e di approfondire e migliorare la propria comprensione;
- promuovono il pensiero metacognitivo facilitando negli studenti la riflessione sui propri processi di apprendimento, e dando modo di sviluppare strategie di apprendimento più efficaci;
- incoraggiano l'autovalutazione: gli studenti possono, infatti, valutare autonomamente i propri progressi, individuare obiettivi realistici e assumere la responsabilità del proprio percorso di apprendimento;
- sviluppano la comunicazione e la collaborazione: le piattaforme di e-learning offrono strumenti

per la comunicazione e la collaborazione, facilitando il confronto di idee, la costruzione di conoscenze condivise e lo sviluppo di abilità interpersonali.

Per integrare efficacemente i processi di apprendimento all'interno delle piattaforme di e-learning è necessario adottare diverse strategie e fare uso di diversi dispositivi.

Ad esempio, si può scegliere di incorporare domande aperte e stimolanti all'interno dei documenti di approfondimento; proporre attività e valutazioni per incoraggiare gli studenti a riflettere criticamente sui contenuti appresi; fornire spazi di discussione utilizzando forum di discussione online, bacheche virtuali o chat, dove gli studenti possano condividere idee, dubbi e prospettive diverse; promuovere l'autovalutazione per guidare gli studenti nell'identificazione dei propri progressi e delle aree su cui lavorare; incoraggiare il feedback tra pari implementando attività di *peer review* che permettano agli studenti di fornire e ricevere dai compagni un feedback costruttivo sul lavoro svolto; promuovere la documentazione e la riflessione, incoraggiando gli studenti a tenere un diario di bordo online, in cui sia possibile narrare le esperienze, riportare pensieri ed emozioni relativi a se stessi, al gruppo e al proprio percorso di apprendimento.

4.3 L'esperienza attuata all'Università

Il corso Moodle proposto agli studenti del Corso di Laurea Magistrale in “Pedagogia di comunità e modelli di formazione per gli adulti” è caratterizzato da attività e risorse che rappresentano elementi costitutivi per un corso- tipo in una prospettiva blended.

Moodle rende, infatti, disponibili oltre 20 diversi tipi di attività (Forum, Glossario, Wiki, Compito, Quiz, Sondaggio, SCORM, Database, ecc.) e ognuna di esse può essere personalizzata. Le attività permettono un'interazione dei partecipanti al Corso come ad esempio una chat, un forum, un quiz o un feedback. Le risorse, invece, sono elementi di supporto al Corso che l'utente può utilizzare ma attraverso cui non può interagire con gli altri.

Per creare un collegamento con l'esperienza in aula, abbiamo scelto il formato “Corso per argomenti”. Un argomento rappresenta, in questo caso, un contenitore con risorse e attività riguardanti i contenuti della lezione proposta dai docenti in aula. Dopo aver predisposto le risorse con accesso ai materiali-studio del corso, abbiamo ritenuto importante dare uno spazio non solo ai discenti, ma anche ai docenti per garantire la massima interazione tra tutti. Poiché riflettere su quanto accaduto in aula è un'esperienza che amplifica l'apprendimento, al termine delle lezioni condotte in presenza della docente, secondo una modalità laboratoriale e partecipativa (Mignosi, 2004) tutti gli studenti sono stati invitati ad esprimersi attraverso la sezione “forum” (Fig.4.1), appositamente predisposta, per ciascun argomento proposto. Nelle sezioni forum di Moodle il docente posta una domanda e gli studenti replicano con le possibili risposte (Fig.4.2; Fig. 4.3). Questo tipo di strumento richiede che gli studenti scrivano almeno un post prima di poter visualizzare quelli degli altri partecipanti.

Fig. 4.1. Un esempio di “forum” incorporato in un argomento del corso Moodle: “pedagogia di comunità e modelli di formazione per adulti”

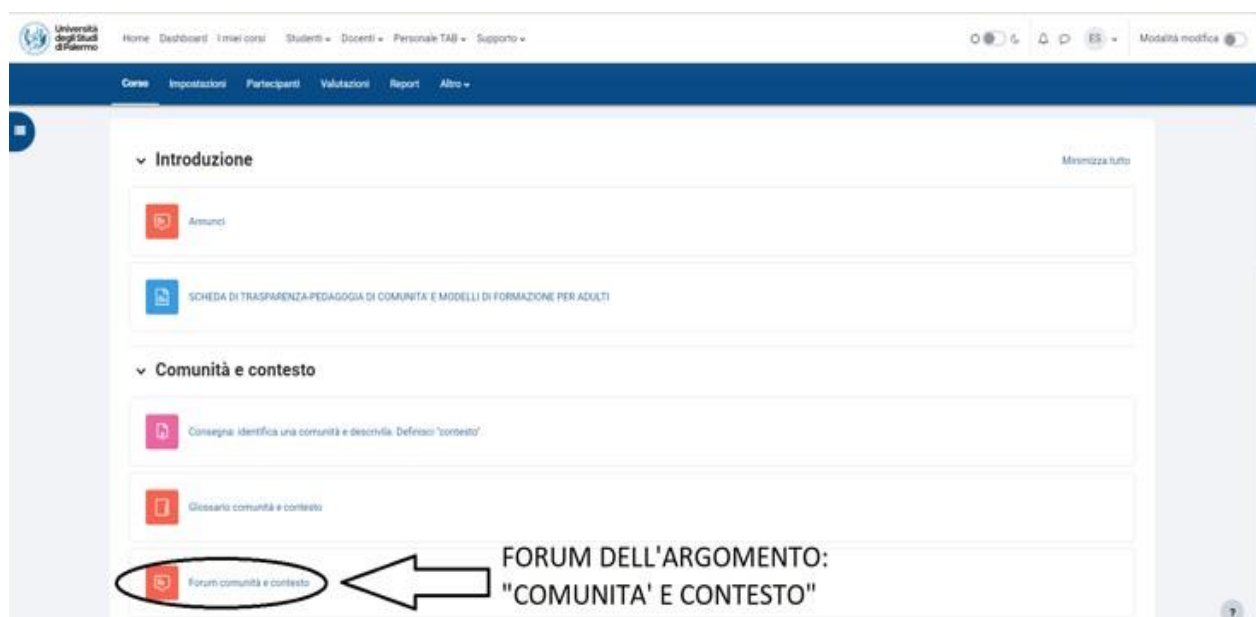
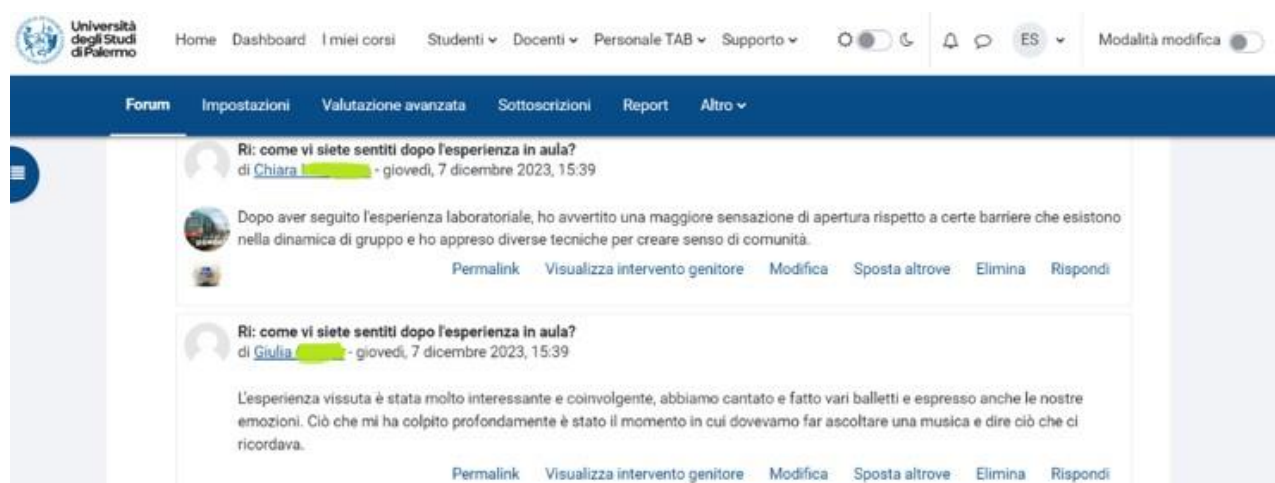


Fig. 4.2. Il “forum comunità e contesto” del corso Moodle “pedagogia di comunità e modelli di formazione per adulti”



Fig. 4.3. L'interazione docenti-studenti attraverso i "forum" del corso Moodle: "pedagogia di comunità e modelli di formazione per adulti"



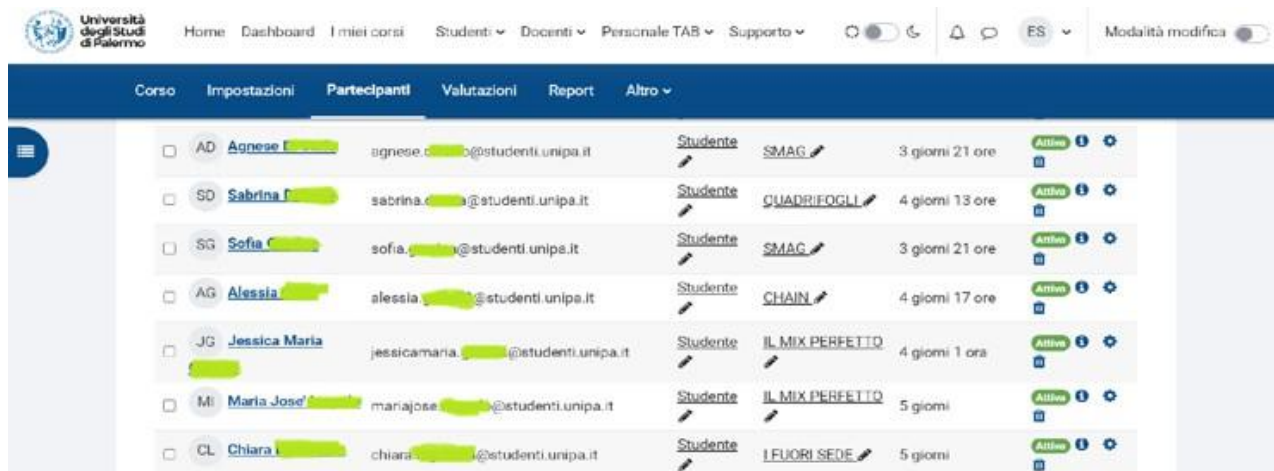
Tra gli altri elementi interattivi proposti, all'interno dei vari "argomenti" vi sono "quiz" e "compito", che ci hanno aiutato a monitorare la partecipazione degli studenti e, al tempo stesso, a valutare in itinere l'efficacia delle proposte formative grazie alle risposte date dagli studenti.

L'incremento dell'interazione è favorito dalla partecipazione a "gruppi", appositamente creati sulla piattaforma, per consentire agli studenti di cooperare attivamente in piccolo gruppo e di intensificare gli scambi tra loro.

Sia in presenza che a distanza, attraverso l'interazione tra pari si ha la possibilità di lavorare nell'area di sviluppo prossimale (Vygotskij, 1935) e di pervenire a risultati (e apprendimenti) più ricchi. Inoltre la dimensione di gruppo di lavoro permette di cogliere come la realtà si costituisca dalle infinite possibilità di intreccio delle infinite relazioni possibili e quindi appartenga alla logica delle descrizioni che consente di affrontare problemi in termini dinamici e multi focali di accogliere la soggettività e di sperimentare la diversità come risorsa: utilizzando una mente di gruppo i singoli hanno la possibilità di sviluppare conoscenze e riflessioni di tipo teorico e di pervenire a soluzioni di tipo operativo più ampie rispetto al proprio livello individuale (Quaglino et al., 1995 & Mignosi, 2019).

I primi risultati del percorso blended effettuato con Moodle hanno evidenziato un miglioramento della partecipazione attiva degli studenti grazie alla struttura del Corso: gli studenti, infatti, hanno avuto sempre la possibilità di esprimersi liberamente sugli argomenti proposti sia in aula, in presenza, sia su Moodle, e le loro riflessioni sono state quindi condivise in varie modalità. Per quanto riguarda la piattaforma, si è fatto ricorso al supporto offerto da Moodle: "gruppi visibili" (Fig.4.4).

Fig. 4-4 - studenti e loro suddivisione in gruppi all'interno del corso moodle: "pedagogia di comunità e modelli di formazione per adulti".



Corso	Impostazioni	Partecipanti	Valutazioni	Report	Altro
AD	Agnese F.	agnese.f. @studenti.unipa.it	Studente	SMAG	3 giorni 21 ore
SD	Sabrina F.	sabrina.f. @studenti.unipa.it	Studente	QUADRIFOGLI	4 giorni 13 ore
SG	Sofia F.	sofia.f. @studenti.unipa.it	Studente	SMAG	3 giorni 21 ore
AG	Alessia F.	alessia.f. @studenti.unipa.it	Studente	CHAIN	4 giorni 17 ore
JG	Jessica Maria	jessicamaria. @studenti.unipa.it	Studente	IL MIX PERFETTO	4 giorni 1 ora
MI	Maria Jose	marajose. @studenti.unipa.it	Studente	IL MIX PERFETTO	5 giorni
CL	Chiara F.	chiara.f. @studenti.unipa.it	Studente	I FUORI SEDE	5 giorni

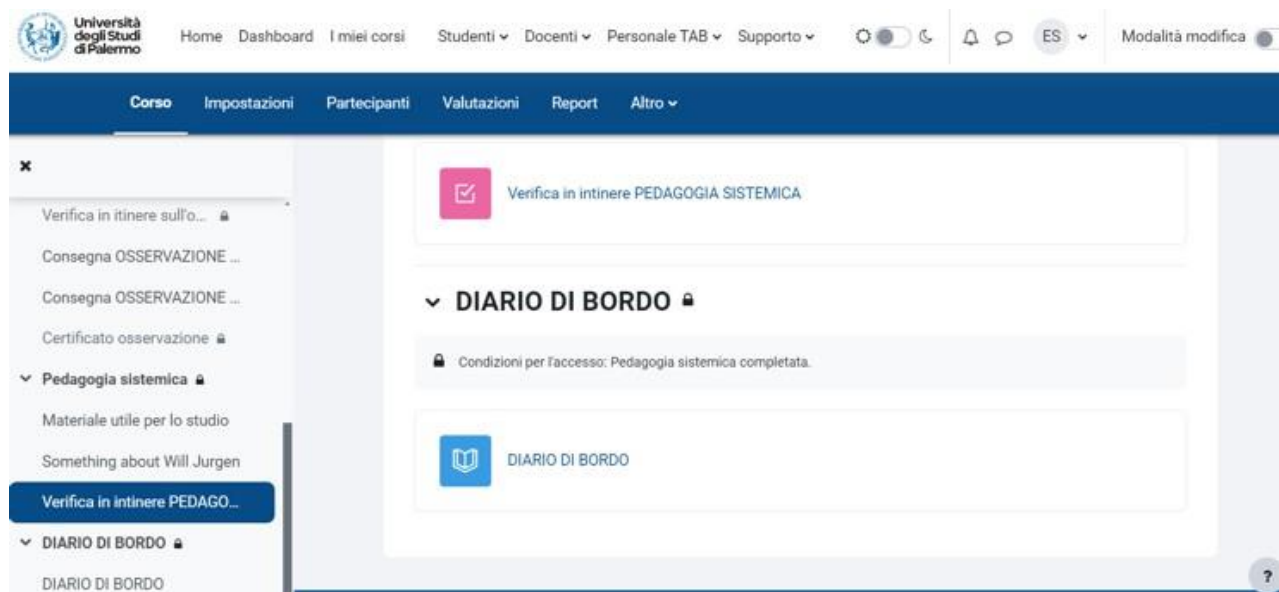
La percezione comune circa la fruibilità del corso è che tutti sono allo stesso tempo potenziali insegnanti e studenti, in un ambiente autenticamente collaborativo.

A nostro parere l'approccio da noi adottato mette in evidenza il ruolo del docente in termini di mediatore tra gli studenti e i loro apprendimenti e la sua funzione di *scaffolding* (Bruner, 1996), sia in presenza che a distanza (anche nello scegliere gli strumenti offerti dalla piattaforma e le loro strategie d'uso); permette inoltre di mettere a fuoco le modalità più funzionali alla partecipazione attiva di tutti e migliora la formulazione di compiti chiari e la scelta delle strategie migliori per il raggiungimento degli obiettivi. Ad un diverso livello, consente di personalizzare i percorsi di apprendimento e di accettare di abbandonare il controllo, di non mettere, cioè, in rapporto lineare diretto l'insegnamento con i risultati ed accogliere l'imprevedibilità connessa alle specificità individuali e di ciascun gruppo.

Progettare un corso Moodle non vuol dire solo costruire le "risorse ideali" per l'apprendimento, ma anche garantire agli studenti la possibilità di sperimentare e di esprimersi, sviluppando le capacità autoriflessive e coinvolgendo la dimensione emotiva.

Al termine di ciascuna lezione in presenza gli studenti hanno anche inserito il "diario di bordo" dell'esperienza vissuta in aula, elaborato in coppie di volta in volta diverse, sia per dare la possibilità agli assenti di essere informati sulle attività svolte, sia per sviluppare la motivazione all'attenzione, le capacità osservative, riflessive ed autoriflessive e per fare esperienza della ricchezza della soggettività dell'osservazione (ogni coppia aveva un suo stile descrittivo e faceva scelte differenti nella modalità di narrare quanto accaduto nella lezione) (Fig.4.5).

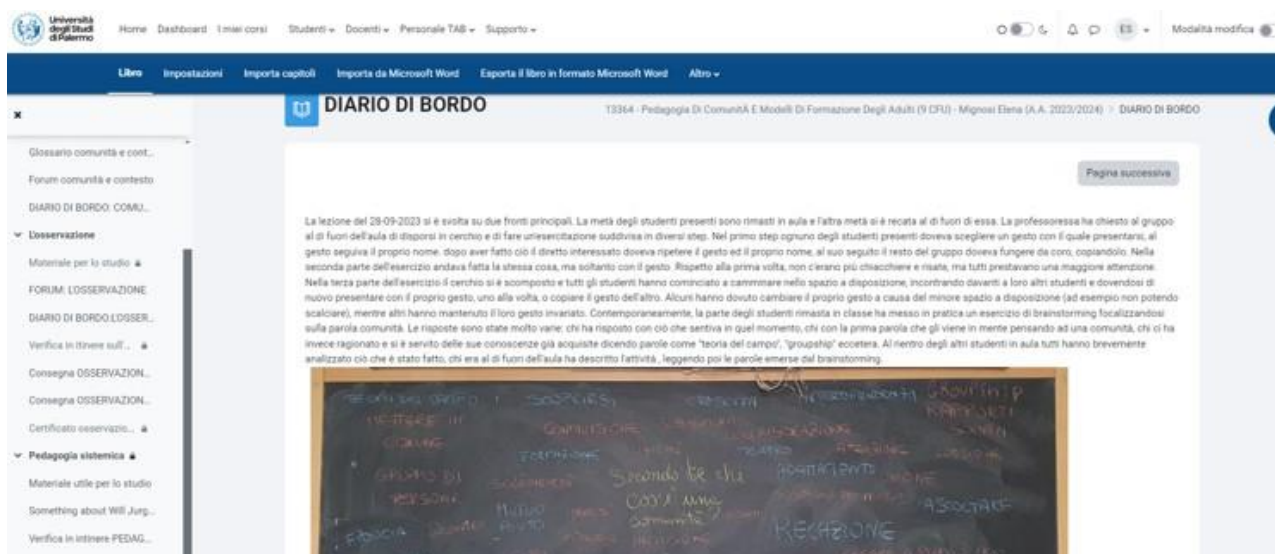
Fig. 4.5 - Il diario di bordo del corso Moodle: “pedagogia di comunità e modelli di formazione per adulti”



Così come per un diario personale, lo studente che narra cerca di trovare il senso della propria esperienza e questo può accadere solo se egli abbandona il piano delle certezze, (fatto di rassicuranti idee di senso comune, che lo preservano dal dubbio ma impoveriscono le sue possibilità di crescita), per interrogarsi a partire da sé stesso sul significato della esperienza vissuta in aula.

Mentre scrive, lo studente dà forma a quello che ha esperito, intravede una possibile continuazione della propria narrazione su ciò che è accaduto e che accadrà in aula, ed offre a se stesso e a tutta la comunità apprendente una ulteriore opportunità di orientarsi in una determinata direzione (Fig.4.6). Sia per gli studenti futuri pedagogisti, sia per i docenti, la riflessione nel corso dell'azione è una competenza professionale fondamentale, perché i problemi che si incontrano non sono mai prevedibili in toto, né delimitabili secondo modelli prestabiliti ed è necessario sapervi far fronte nel qui ed ora.

Fig. 4.6. La narrazione nel diario di bordo del corso Moodle: “pedagogia di comunità e modelli di formazione per adulti”



Anche la riflessione a posteriori risulta essenziale per comprendere meglio ciò che è accaduto e per riorientare le proprie scelte e le proposte formative. In ambito pedagogico il rapporto tra teoria e prassi è inscindibile e circolare, implica, cioè, un costante rinvio dall’una all’altra e viceversa (Schön, 1983).

La rielaborazione del proprio agire cercando di conferirgli un senso costituisce il primo passo verso la sua trasformazione in “agire esperto”: solo per questa via, infatti, è possibile acquisire quella capacità di denominare i problemi e individuare gli interventi più adeguati ai diversi contesti, valorizzando il più possibile le risorse disponibili (Frega, 2002). Tale processo, che implica anche una dimensione autovalutativa, avviene principalmente attraverso la narrazione: è mediante il racconto di sé che sia lo studente che il docente attribuiscono un senso alle proprie esperienze e riflettono sul proprio ruolo al loro interno. Il diario di bordo si configura pertanto come un dispositivo formativo ed anche come uno strumento fondamentale di valutazione riflessiva e di miglioramento della professionalità.

Fondamentale in questo senso è costruire un clima non giudicante, in cui si può esplorare in sicurezza, imparando anche dagli errori ed in cui ciascuno è libero di esprimersi senza temere il confronto, sentendosi, anzi stimolato dallo scoprire la ricchezza delle differenze.

Da un lato, dunque, attraverso la sezione “forum” di Moodle è stata offerta agli studenti la possibilità di esporre e commentare fatti, emozioni, considerazioni riguardanti la globalità dei vissuti in aula, spesso con accenti marcatamente intimistici, dall’altro, attraverso la compilazione e condivisione dei diari di bordo in piattaforma – l’attenzione si è spostata sulla pratica professionale, riflettendo sulle metodologie didattiche utilizzate ed esplicitate dalla docente in aula e considerandole alla luce delle finalità e degli obiettivi del proprio lavoro di futuri pedagogisti.

4.4 Conclusioni

Nella nostra esperienza didattica, abbiamo potuto verificare che, grazie alla immersione multidimensionale nei processi di apprendimento, si apprende sia il contenuto che il meta-contenuto, ovvero si costruisce conoscenza ascoltando le discussioni altrui e il tipo di domande poste e si sviluppano anche le capacità metacognitive oltre a quelle comunicative e relazionali. Risulta inoltre molto efficace la modalità blended in cui le attività in presenza e quelle a distanza si interconnettono e si arricchiscono circolarmente grazie anche ad una coerenza tra le strategie e le modalità interattive utilizzate.

Nella prospettiva di un apprendimento significativo in un ambiente ibrido, è necessario, infatti, non solo individuare i nuclei rilevanti dei saperi e collegarli tra loro in modo organico, ma individuare anche gli strumenti idonei a sviluppare le dimensioni metacognitive ed metaemotive dell'apprendimento.

L'esperienza ha dimostrato che, se usato secondo queste modalità, Moodle può essere un ambiente di apprendimento flessibile e adattabile in grado di rispondere alle esigenze dei partecipanti (docenti e studenti).

Il percorso effettuato ha inoltre mostrato che gli studenti imparano in modo significativo attraverso l'interazione tra pari e dal lavoro di gruppo, in un contesto non giudicante e facendo tesoro delle esperienze in itinere in cui si apprende anche dell'alterità.

La narrazione, sostenuta anche da una piattaforma di e-learning, assume la funzione connettiva di costruzione di senso delle azioni attraverso lo sviluppo di processi di interpretazione della realtà che operano in maniera reticolare, in coerenza con l'architettura della nostra mente. La narrazione può essere riconosciuta come l'attività umana per eccellenza e, se non può esistere cultura senza il raccontare e il raccontarsi, d'altra parte, entrambi questi processi non possono attuarsi se non all'interno di una cultura (Bruner, 1986; Barthes, 1998).

Avere la possibilità di esprimersi e di "narrarsi" in presenza e attraverso le piattaforme e-learning attraverso la modalità scritta è un elemento cruciale nell'educazione online per diversi motivi: in primo luogo la narrazione scritta consente agli studenti di esplorare i concetti in modo più personale. E' possibile trovare relazioni tra le esperienze altrui e le proprie, e questo favorisce una comprensione più profonda dei temi trattati ma anche di se stessi.

In secondo luogo, la narrazione su piattaforme e-learning offre agli studenti non solamente la possibilità di sviluppare abilità di comunicazione essenziali, caratteristiche della lingua scritta (Wolf, 2007), come la capacità di organizzare le proprie idee in modo coerente, di comunicare in modo efficace e di adattare il proprio stile di comunicazione al contesto di riferimento, ma anche la riflessione critica sulle informazioni e di considerare prospettive diverse.

l'efficacia dell'e-learning non dipenda dalla presenza della tecnologia, ma dalla qualità pedagogica della progettazione didattica che la sostiene. Il dato più significativo non riguarda infatti l'uso della piattaforma in sé, quanto la trasformazione della funzione formativa dell'ambiente di apprendimento: Moodle non ha operato come spazio di erogazione dei contenuti, ma come ambiente di riflessione condivisa, prolungamento cognitivo dell'aula e dispositivo narrativo.

In coerenza con quanto discusso nei capitoli precedenti, l'apprendimento significativo emerge quando l'esperienza didattica mantiene una continuità tra azione, rielaborazione e socializzazione. L'integrazione tra laboratorio in presenza e scrittura riflessiva online ha permesso di attivare un ciclo ricorsivo esperienza–narrazione–consapevolezza, trasformando l'attività didattica in un processo di costruzione progressiva di significato. La piattaforma ha quindi funzionato come spazio di sedimentazione cognitiva: ciò che in aula avveniva in forma situata e immediata veniva riorganizzato attraverso il linguaggio, reso oggetto di pensiero e negoziato socialmente.

Particolarmente rilevante risulta la funzione del forum e del diario di bordo. Il primo ha sostenuto la dimensione dialogica e intersoggettiva dell'apprendimento, favorendo il confronto interpretativo; il secondo ha attivato la dimensione metacognitiva e identitaria, permettendo agli studenti di riflettere sulla propria esperienza formativa e professionale. In tal modo l'ambiente digitale ha reso visibile il processo di apprendimento, trasformandolo da evento implicito a oggetto esplicito di analisi.

L'esperienza conferma quindi che la didattica blended diventa formativa quando non replica la lezione a distanza, ma redistribuisce le funzioni cognitive tra presenza e online: l'aula sostiene l'esperienza e la relazione, la piattaforma sostiene la riflessione e la rielaborazione. In questa complementarità si realizza un ambiente unitario che supera la dicotomia tra apprendimento formale e informale, favorendo un apprendimento continuo e autoriflessivo.

Dal punto di vista della professionalizzazione pedagogica, l'attività di narrazione e analisi dell'esperienza ha inoltre permesso agli studenti di avvicinarsi precocemente alla postura del professionista riflessivo. La scrittura ha reso necessario attribuire senso alle azioni educative osservate, collegare teoria e prassi e considerare la complessità delle situazioni formative. L'e-learning ha quindi agito come dispositivo di anticipazione professionale: non solo supporto allo studio, ma spazio di costruzione dell'identità pedagogica.

L'esperienza suggerisce che la qualità della didattica digitale universitaria dipende dalla capacità di progettare ambienti che rendano possibile l'esperienza, non semplicemente accessibili i materiali. La piattaforma diventa così parte integrante della metodologia didattica e non un suo supporto. Tale

prospettiva trova un primo riscontro nell'esperienza condotta con gli studenti del corso di didattica della fisica, nella quale l'utilizzo della piattaforma Moodle (attraverso strumenti quali forum, attività collaborative e una progettazione strutturata del percorso) ha consentito di configurare l'ambiente digitale come spazio di interazione, riflessione e costruzione condivisa della conoscenza. Questa esperienza costituisce un primo banco di prova delle potenzialità pedagogiche della piattaforma, che nel capitolo successivo verranno ulteriormente sviluppate nell'ambito di percorsi in area STEM, nei quali l'ambiente digitale è assunto come parte integrante del dispositivo didattico, in grado di sostenere in modo intenzionale pratiche attive, riflessive e interdisciplinari.

Note

- (1) Con il termine riflessione ci si riferisce alla dimensione pragmatica dell'agire educativo e ai processi cognitivi finalizzati alla elaborazione delle esperienze, alla soluzione di problemi e alla costruzione di un sapere condivisibile; (Mortari 2003; Montalbetti 2005). Con il termine riflessività si fa riferimento alla dimensione identitaria, particolarmente significative sul piano dello sviluppo della consapevolezza di sé e dello sviluppo professionale (Schön, 1983, Mignosi, 2017)
- (2) Moodle è un learning management system, un pacchetto software per costruire corsi on line, inizialmente realizzato da Martin Dougiamas alla Curtin University of Technology, in Australia, e successivamente sviluppato da una community molto attiva e propositiva (www.moodle.org).
- (3) Cfr. https://docs.moodle.org/archive/it/Costruzionismo_sociale#Filosofia.
- (4) <https://docs.moodle.org/35/it/Pedagogia>

CAPITOLO 5

STEAM E DIDATTICA ATTIVA IN UN CORSO DI DIDATTICA DELLA FISICA

5.1 Introduzione

Il presente capitolo descrive una sperimentazione didattica realizzata nel corso di Fisica nella scuola primaria e dell'infanzia del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università degli Studi di Palermo nell'anno accademico 2023/2024.

L'esperienza rappresenta la prima fase di un progetto di ricerca volto a esplorare i benefici dell'apprendimento blended e dell'approccio attivo *Problem Based Learning* (PBL) nella formazione iniziale degli insegnanti, con particolare attenzione al ruolo dell'ambiente digitale nella costruzione condivisa della conoscenza in ambito STEAM.

L'introduzione di una metodologia ibrida nasce dall'esigenza di integrare attività in presenza e ambiente online mediante la piattaforma Moodle, creando uno spazio di pratiche riflessive in cui contesto reale e contesto virtuale possano interagire continuamente per favorire pratiche collaborative e apprendimenti significativi.

Il PBL è stato utilizzato come dispositivo pedagogico centrato sullo studente: un problema autentico, derivato dal contesto di apprendimento dei partecipanti, costituisce il punto di partenza del processo formativo.

L'obiettivo della ricerca è indagare come la modalità di implementazione del *Problem Based Learning* influenzi la percezione dell'esperienza formativa degli studenti. La variabile indipendente considerata è l'utilizzo della tecnologia: un gruppo ha svolto il PBL esclusivamente in presenza, mentre l'altro ha lavorato con la stessa metodologia mediata dalla piattaforma Moodle.

La ricerca non mira a stabilire l'efficacia assoluta del PBL, ma a comprendere come la mediazione tecnologica modifichi la partecipazione, la collaborazione e la costruzione del significato nella didattica universitaria della fisica.

5.2 Cornice teorica

La progettazione del corso Moodle si fonda su una pedagogia socio-costruttivista basata su costruttivismo, costruzionismo e connettivismo. In tale prospettiva la conoscenza viene costruita attivamente all'interno di un ambiente culturale e sociale condiviso. Gli studenti costruiscono nuove conoscenze attraverso l'interazione in contesti differenti e la trasformazione significativa delle conoscenze pregresse. L'apprendimento avviene tramite esperienza, problem solving, interazione con

l'ambiente e riflessione sui processi attivati. La scelta metodologica di partire dalle idee degli studenti, porre problemi, confrontare soluzioni, esplorare insieme e lavorare in piccoli gruppi, lasciando spazio a immaginazione ed emozioni in un ambiente non giudicante, favorisce la motivazione a continuare l'esplorazione anche oltre la lezione in presenza. Il modello attiva un processo di apprendimento: attivo, autoregolato, situato, collaborativo. La costruzione di significato si fonda sull'interazione tra contesto, collaborazione e riflessione. L'apprendimento significativo risulta quindi attivo, costruttivo, collaborativo, intenzionale, conversazionale, contestualizzato e riflessivo. La letteratura sull'e-learning evidenzia l'efficacia dei percorsi blended, ma spesso focalizza l'attenzione sulla sola dimensione tecnologica. Risulta invece necessario progettare l'ambiente digitale in stretta relazione con le esperienze in presenza rispettando tempi e bisogni degli studenti (Hrastinski. S., 2008).

5.2.1 Il Problem Based Learning nella formazione universitaria contemporanea: evidenze recenti della ricerca

Negli ultimi anni il Problem Based Learning ha continuato a rappresentare uno degli approcci maggiormente studiati nell'ambito della didattica universitaria, soprattutto nei contesti in cui si intende promuovere competenze trasversali, pensiero critico, capacità di problem solving e apprendimento autonomo. Se nelle sue formulazioni originarie il PBL è stato prevalentemente associato alla formazione medica e sanitaria, la ricerca più recente ne documenta una progressiva estensione a una pluralità di ambiti disciplinari, comprese le discipline scientifiche, tecnologiche e la formazione degli insegnanti. In letteratura, il contributo di Sofie M. M. Loyens e colleghi mostra come il PBL e il project-based learning costituiscano oggi ambienti privilegiati per l'analisi dei processi di higher-order thinking e di critical thinking, proprio in ragione della loro struttura student-centred e problem-oriented (Loyens et al., 2022).

Le revisioni e i contributi di sintesi più recenti confermano che il PBL può favorire esiti positivi in termini di coinvolgimento degli studenti, motivazione intrinseca e sviluppo di competenze cognitive di ordine superiore. La letteratura mette in evidenza che il confronto con problemi autentici, la discussione tra pari e la necessità di elaborare ipotesi e decisioni argomentate costituiscono condizioni particolarmente favorevoli per il potenziamento del pensiero critico. La revisione sistematica di Loyens et al. (2022) sottolinea come gli ambienti PBL risultino associati a esiti prevalentemente positivi nello sviluppo dell'higher-order thinking e del critical thinking, pur richiamando l'attenzione sulla necessità di una maggiore chiarezza concettuale e metodologica negli studi di efficacia.

Un ulteriore aspetto di rilievo riguarda la capacità del PBL di sostenere forme di apprendimento profondamente connesse alla professionalizzazione e alla costruzione di competenze trasferibili. In ambito universitario, infatti, il valore del PBL non risiede soltanto nell'acquisizione di conoscenze disciplinari, ma anche nella possibilità di mettere gli studenti nella condizione di interpretare situazioni complesse, selezionare informazioni pertinenti, costruire spiegazioni e negoziare soluzioni. Questa prospettiva è particolarmente evidente nei contesti di formazione degli insegnanti, nei quali il lavoro su problemi autentici favorisce la connessione tra sapere teorico, capacità progettuale e riflessività professionale. In tale direzione si colloca anche il contributo di Major (2018), che mostra come il PBL in teacher education possa sostenere lo sviluppo di pratiche riflessive e di atteggiamenti professionali orientati alla risoluzione di problemi educativi complessi.

La ricerca recente ha inoltre evidenziato il rapporto sempre più stretto tra Problem Based Learning e ambienti digitali di apprendimento. La diffusione dei Learning Management System ha favorito l'emergere di modelli blended nei quali la discussione del problema, la documentazione del percorso, la collaborazione e la riflessione si distribuiscono tra spazi fisici e ambienti online.

Uno studio recente condotto da O'Connor et al. (2026) in un modulo online di ingegneria mostra, in particolare, come l'adozione del PBL possa incidere positivamente sulla soddisfazione degli studenti per il lavoro di gruppo e sui loro atteggiamenti collaborativi, confermando il ruolo dell'ambiente digitale come spazio di costruzione condivisa dell'apprendimento. In tali contesti le tecnologie non svolgono una funzione puramente strumentale, ma ridefiniscono le modalità di partecipazione degli studenti, rendendo più visibili i processi di costruzione della conoscenza, le interazioni tra pari e le traiettorie di apprendimento.

In tali contesti le tecnologie non svolgono una funzione puramente strumentale, ma ridefiniscono le modalità di partecipazione degli studenti, rendendo più visibili i processi di costruzione della conoscenza, le interazioni tra pari e le traiettorie di apprendimento. In questa direzione, Wijnia, Loyens e Rikers (2022) collocano il PBL all'interno del più ampio quadro delle student-centered instructional approaches, evidenziandone il valore come dispositivo capace di integrare inquiry, collaborazione, autonomia e costruzione attiva del sapere.

Un altro filone particolarmente rilevante della ricerca recente riguarda la relazione tra PBL e motivazione. La meta-analisi di Wijnia et al. (2024) mostra che gli approcci problem-based, project-based e case-based sono associati a effetti positivi sulla motivazione degli studenti, sebbene con intensità variabile in funzione delle caratteristiche del disegno didattico e del contesto di implementazione. Tale risultato appare particolarmente significativo per la didattica universitaria contemporanea, poiché suggerisce che il coinvolgimento attivo degli studenti in compiti autentici e

cognitivamente sfidanti non incide soltanto sugli apprendimenti, ma anche sulla qualità della partecipazione e sull'investimento soggettivo nel percorso formativo.

Accanto a questi risultati, la letteratura recente invita però anche a evitare letture semplificate o celebrative del PBL. Gli studi di sintesi insistono infatti sulla necessità di distinguere tra implementazioni pienamente coerenti con i principi del Problem Based Learning e pratiche che ne richiamano solo superficialmente alcuni elementi. Proprio per questo, Loyens et al. (2022) sottolineano come molti studi presentino definizioni non sempre rigorose del PBL e disegni di ricerca talvolta deboli, rendendo necessaria una lettura prudente dei risultati. Il punto, dunque, non è assumere il PBL come formula didattica di per sé efficace, ma riconoscerne la potenzialità a condizione che esso venga progettato in modo coerente, con problemi autentici, adeguata mediazione tutoriale, spazi di confronto e strumenti di riflessione individuale e collettiva.

La letteratura più recente sembra dunque confermare la rilevanza del Problem Based Learning come dispositivo pedagogico particolarmente adatto ai contesti universitari caratterizzati da una forte integrazione tra conoscenze disciplinari, competenze professionali e tecnologie digitali. In tale prospettiva, il presente studio si colloca all'interno di una linea di ricerca che interpreta il PBL non soltanto come metodologia didattica, ma come ambiente di apprendimento capace di sostenere processi di partecipazione attiva, riflessione e costruzione condivisa della conoscenza. In questa accezione, il PBL si configura come una cornice pedagogica coerente con una visione della formazione universitaria orientata allo sviluppo di competenze complesse, riflessive e trasferibili, particolarmente significativa nei percorsi di preparazione alla professione docente.

5.3 Descrizione dell'esperienza didattica

L'esperienza ha coinvolto circa 60 studenti. È stato sviluppato un percorso parallelo tra attività d'aula e ambiente Moodle. Nello specifico la ricerca ha adottato un disegno sperimentale con assegnazione casuale ai gruppi, realizzato in ambiente educativo autentico. Le caratteristiche dei due gruppi:

Gruppi "PBL tradizionale"	4 gruppi da 8, 1 gruppo da 7	n. studenti = 39
Gruppi "PBL mediato da Moodle"	2 gruppi da 7 1 gruppo da 6	n. studenti = 20

Entrambi i gruppi hanno svolto il medesimo percorso didattico basato sul ciclo PBL (chiarificazione, definizione, analisi, ipotesi, obiettivi, studio, soluzione). Ciascun gruppo è stato poi suddiviso in sottogruppi con una numerosità compresa tra 6 e 8, in linea con la letteratura sul *Problem Based*

Learning, che individua in questo range la condizione ottimale per favorire l'interazione, la partecipazione attiva e la costruzione di conoscenza. L'unica variabile tra i sottogruppi è il contesto d'interazione: presenza vs mediazione digitale. L'obiettivo è analizzare come questa variabile modifichi la struttura delle percezioni relative a diverse dimensioni che il ricercatore ha ritenuto fondamentali ai fini di un apprendimento significativo. Sono stati resi disponibili materiali di studio e video scientifici sul concetto di forza. Contemporaneamente è stato creato uno spazio di interazione tra studenti e docenti. Il forum ha rappresentato il luogo centrale di negoziazione dei significati: il docente proponeva una domanda e gli studenti formulavano possibili soluzioni.

Il processo di lavoro relativo all'analisi del problema sulle forze non si è limitato alla produzione di un elaborato finale per i gruppi "tradizionali", ma è stato strutturato anche attraverso l'utilizzo del diario di bordo all'interno della piattaforma Moodle per i gruppi "Moodle". La consegna del compito è stata quindi progettata come attività riflessiva e progressiva, nella quale gli studenti erano chiamati a documentare le diverse fasi del processo di problem solving, rendendo esplicite le ipotesi formulate, le strategie adottate, le difficoltà incontrate e le modalità di rielaborazione delle conoscenze. L'uso del diario di bordo ha consentito di trasformare il prodotto finale in un processo tracciabile, favorendo una maggiore consapevolezza metacognitiva e rendendo visibile l'evoluzione del pensiero degli studenti. In questa esperienza didattica, lo strumento non ha svolto una funzione meramente documentativa, ma si è configurato come dispositivo pedagogico capace di sostenere la riflessione sull'apprendimento e di integrare la dimensione operativa del Problem Based Learning con una dimensione esplicitamente riflessiva.

5.3.1 // Problem Based Learning

L'esperienza è stata organizzata scegliendo l'approccio *Problem Based Learning*, un metodo didattico attivo centrato sullo studente in cui un problema autentico, ispirato al contesto professionale dei partecipanti, costituisce il punto di avvio di un processo learner-centered di costruzione della conoscenza. In questa prospettiva, i partecipanti, suddivisi in piccoli gruppi e accompagnati da un facilitatore, diventano i principali artefici del proprio apprendimento, attivando un processo volto a colmare la distanza tra ciò che già conoscono e ciò che è necessario apprendere per affrontare il problema (Savery, 2015). Il PBL si configura quindi non come una semplice strategia operativa, ma come un dispositivo epistemologico che promuove l'integrazione tra teoria e pratica, lo sviluppo del pensiero critico e la costruzione significativa della conoscenza attraverso cicli iterativi di analisi, formulazione di ipotesi, verifica e rielaborazione. Tale impostazione trova fondamento in una prospettiva socio-costruttivista, nella quale la conoscenza emerge dall'interazione tra pari e dalla negoziazione condivisa dei significati (Hmelo-Silver, 2004), rendendo il gruppo non solo un'organizzazione del lavoro, ma uno spazio cognitivo in cui si sviluppano competenze distribuite e

processi di co-costruzione. In questo contesto, il ruolo del tutor assume una funzione cruciale di facilitazione e scaffolding, orientando il processo senza sostituirsi agli studenti nella risoluzione del problema (Barrows, 1996). Nel caso specifico, il percorso è stato strutturato mantenendo i sette passi caratteristici del ciclo PBL - chiarificazione dei termini, definizione del problema, analisi, sistematizzazione delle ipotesi, individuazione degli obiettivi di apprendimento, studio autonomo e risoluzione - ritenuti essenziali per una formazione rivolta a futuri docenti (Savery, 2015). Gli studenti hanno analizzato gli effetti delle forze seguendo tali fasi, ma la produzione finale non si è configurata come un elaborato tradizionale: la consegna è stata progettata come diario di bordo all'interno della piattaforma Moodle, trasformando il prodotto in un processo documentato e riflessivo. Attraverso questo strumento, gli studenti hanno esplicitato le strategie adottate, le difficoltà incontrate e le modalità di rielaborazione dei contenuti, rendendo visibile l'evoluzione del proprio percorso cognitivo. Il diario di bordo ha quindi svolto una funzione pedagogica rilevante, sostenendo la dimensione metacognitiva dell'apprendimento e integrando il lavoro collaborativo con una riflessione individuale strutturata, contribuendo al contempo a garantire continuità tra attività in presenza e online (Schön, 1983; Zimmerman, 2002). Al termine del percorso è stato infine somministrato un questionario volto a rilevare la percezione degli studenti rispetto alla metodologia e all'utilizzo della piattaforma digitale, al fine di analizzare le diverse dimensioni dell'esperienza formativa.

5.3.1.1 Il modello di Problem Based Learning adottato nella sperimentazione

L'implementazione del Problem Based Learning nel corso di Fisica nella scuola primaria e dell'infanzia è stata progettata assumendo come riferimento il modello classico dei sette passi derivato dalla tradizione di Maastricht e successivamente sistematizzato nella letteratura internazionale sul PBL (Savery, 1995; Savery, 2015). Tale scelta è stata motivata dalla coerenza tra le caratteristiche del modello e gli obiettivi formativi del corso, orientati non soltanto all'acquisizione di conoscenze disciplinari, ma anche allo sviluppo di competenze professionali riconducibili alla futura attività di insegnamento.

L'adozione del PBL risponde all'esigenza di superare una visione trasmissiva dell'insegnamento della fisica, proponendo agli studenti situazioni problematiche autentiche che richiedono l'attivazione di processi di analisi, interpretazione e costruzione condivisa della conoscenza. Il problema, quindi, non rappresenta un'applicazione finale di concetti già acquisiti, ma costituisce il punto di partenza dell'intero percorso di apprendimento.

Il modello adottato è stato adattato alle caratteristiche del contesto universitario e alle specificità della formazione iniziale degli insegnanti. In particolare, il problema proposto è stato costruito in modo da richiamare situazioni realistiche che i futuri docenti potrebbero incontrare nella progettazione di

attività scientifiche rivolte a bambini della scuola primaria. Gli studenti sono stati pertanto chiamati non soltanto a comprendere i concetti fisici sottostanti, ma anche a riflettere sulle modalità attraverso cui tali concetti potrebbero essere resi accessibili e significativi nei contesti scolastici.

Le sette fasi del ciclo PBL hanno costituito la struttura organizzativa dell'intera esperienza. Attraverso la chiarificazione dei termini, la definizione del problema, l'analisi delle conoscenze pregresse, la formulazione di ipotesi interpretative, l'individuazione degli obiettivi di apprendimento, lo studio autonomo e la successiva elaborazione della soluzione, gli studenti hanno progressivamente costruito una comprensione più profonda dei fenomeni fisici affrontati. Tale processo ha favorito l'integrazione tra dimensione disciplinare, riflessione pedagogica e sviluppo di competenze professionali, configurando il PBL come un dispositivo coerente con una concezione costruttivista e riflessiva della formazione docente.

5.3.1.2 Organizzazione dei gruppi, ruolo del facilitatore e articolazione del percorso

L'esperienza è stata organizzata attraverso la costituzione di piccoli gruppi di lavoro composti da un numero di studenti compreso tra sei e otto partecipanti, dimensione ritenuta dalla letteratura particolarmente efficace per promuovere processi di partecipazione attiva, confronto e negoziazione dei significati. La scelta di gruppi numericamente contenuti ha favorito la possibilità per ciascuno studente di contribuire alla discussione e di assumere un ruolo attivo all'interno del processo di problem solving.

Il ruolo di facilitatore è stato svolto dalla sottoscritta affiancando il docente responsabile delle attività didattiche. Coerentemente con i principi del Problem Based Learning, il facilitatore non ha fornito soluzioni ai problemi proposti né ha assunto una funzione trasmissiva, ma ha sostenuto il processo di apprendimento attraverso domande stimolo, richieste di chiarificazione e interventi finalizzati a mantenere il focus sugli obiettivi di apprendimento. La sua funzione è stata quella di accompagnare gli studenti nell'esplorazione del problema, favorendo processi di riflessione critica e di autoregolazione.

L'articolazione del percorso ha seguito le sette fasi tipiche del ciclo PBL. Nella fase iniziale gli studenti hanno analizzato la situazione problematica e chiarito i principali concetti coinvolti. Successivamente sono stati individuati gli aspetti critici del problema e sono state formulate ipotesi interpretative basate sulle conoscenze pregresse. Una volta definiti gli obiettivi di apprendimento, gli studenti hanno avviato una fase di studio autonomo e di ricerca di informazioni, utilizzando sia i materiali forniti dal docente sia ulteriori risorse individuate autonomamente. Le conoscenze acquisite sono state successivamente condivise e discusse all'interno del gruppo, fino alla costruzione di una proposta di soluzione argomentata.

Nel caso dei gruppi supportati da Moodle, tale processo è stato ulteriormente sostenuto da strumenti digitali che hanno consentito di documentare e rendere visibili le diverse fasi del percorso. Il diario di bordo e i forum di discussione hanno infatti favorito la tracciabilità del processo di apprendimento e la riflessione metacognitiva sugli esiti del lavoro svolto.

5.3.1.3 I problemi autentici proposti agli studenti

Coerentemente con i principi del Problem Based Learning, il problema proposto agli studenti è stato costruito a partire da una situazione autentica relativa all'analisi delle forze e dei fenomeni fisici ad esse collegati. L'obiettivo non era esclusivamente quello di verificare la comprensione di concetti teorici, ma di stimolare la capacità degli studenti di utilizzare tali conoscenze per interpretare situazioni concrete e progettare possibili percorsi didattici destinati alla scuola primaria.

La situazione problematica richiedeva agli studenti di analizzare fenomeni osservabili nella vita quotidiana e di individuare le forze coinvolte, formulando ipotesi esplicative e argomentando le proprie scelte sulla base dei principi fisici studiati durante il corso. La natura aperta del problema rendeva possibile l'emersione di percorsi risolutivi differenti, favorendo il confronto tra pari e la costruzione collaborativa delle conoscenze.

Particolare attenzione è stata dedicata alla connessione tra contenuto disciplinare e futura pratica professionale. Gli studenti sono stati infatti invitati a riflettere non soltanto sulla correttezza scientifica delle spiegazioni elaborate, ma anche sulle modalità attraverso cui tali concetti avrebbero potuto essere affrontati nella scuola primaria mediante attività laboratoriali, esperienze concrete e strategie di inquiry.

La progettazione del problema ha seguito i criteri generalmente riconosciuti nella letteratura sul Problem Based Learning: autenticità della situazione proposta, rilevanza rispetto agli obiettivi formativi del corso, complessità sufficiente a richiedere ricerca autonoma e collaborazione tra pari, possibilità di generare molteplici percorsi interpretativi e necessità di integrare conoscenze provenienti da ambiti differenti. Il problema ha così svolto la funzione di mediatore tra apprendimento disciplinare e sviluppo di competenze professionali, contribuendo a rendere l'esperienza formativa maggiormente significativa e contestualizzata.

5.3.2 Il Problem Based Learning nei contesti digitali

L'evoluzione degli ambienti digitali ha progressivamente esteso le potenzialità del *Problem Based Learning*, dando origine a forme di implementazione online che mantengono i principi fondanti del modello, ma ne ridefiniscono le modalità operative in relazione alle caratteristiche dell'ambiente tecnologico. Nel presente lavoro di ricerca, tale integrazione non è stata concepita come una semplice trasposizione del PBL in piattaforma, ma come una riconfigurazione del dispositivo didattico, nella

quale Moodle ha assunto il ruolo di ambiente strutturante dell'esperienza di apprendimento. In questo contesto, la piattaforma digitale non ha svolto una funzione meramente tecnica o organizzativa, ma si è configurata come un dispositivo pedagogico capace di riorganizzare i processi di interazione, collaborazione e costruzione della conoscenza. Gli strumenti messi a disposizione (forum di discussione, diario di bordo, repository di materiali e spazi di condivisione) sono stati progettati come componenti integrati del ciclo PBL, in continuità con le fasi di analisi del problema, formulazione delle ipotesi, studio autonomo e rielaborazione. Nel caso specifico della sperimentazione, l'ambiente Moodle è stato utilizzato per sostenere e rendere visibile il processo di apprendimento legato all'analisi delle forze. In particolare, la scelta di strutturare la consegna finale come diario di bordo in piattaforma ha consentito di accompagnare lo sviluppo del lavoro degli studenti lungo tutte le fasi del ciclo PBL, favorendo la documentazione del percorso, la riflessione sulle strategie adottate e la progressiva rielaborazione dei contenuti. Parallelamente, i forum hanno rappresentato uno spazio di discussione tra pari, in cui gli studenti hanno potuto confrontarsi sulle interpretazioni del problema e sulle possibili soluzioni, integrando la dimensione collaborativa con tempi di interazione più flessibili. Un elemento distintivo del PBL nei contesti digitali è rappresentato dalla possibilità di integrare modalità sincrone e asincrone di interazione. Le attività asincrone, come il forum e il diario di bordo, favoriscono tempi di riflessione più distesi e consentono una partecipazione meno vincolata alla presenza simultanea, mentre i momenti in presenza permettono una maggiore immediatezza nel confronto e nella negoziazione delle idee. Questa articolazione contribuisce a configurare un'esperienza di apprendimento distribuita, nella quale il processo non si esaurisce nello spazio dell'aula, ma si estende nel tempo e negli ambienti digitali. Dal punto di vista pedagogico, il PBL online tende quindi a riorganizzare la configurazione dell'esperienza collaborativa senza modificarne i principi fondanti. L'ambiente digitale introduce una diversa strutturazione delle attività, rende più espliciti i contributi degli studenti e offre strumenti che supportano la gestione del lavoro di gruppo e la regolazione del processo di apprendimento. In questo senso, la tecnologia non sostituisce la dimensione investigativa e collaborativa del PBL, ma ne ridefinisce le condizioni operative, incidendo sulle modalità attraverso cui gli studenti partecipano, interagiscono e costruiscono conoscenza.

5.3.2.1 Sequenza operativa della sperimentazione

Al fine di rendere maggiormente esplicita la struttura del dispositivo didattico adottato, risulta utile descrivere in modo sintetico le principali fasi che hanno caratterizzato l'implementazione del Problem Based Learning nei due contesti analizzati. Sebbene l'esperienza sia stata realizzata secondo modalità differenti in funzione della presenza o meno della mediazione tecnologica offerta dalla piattaforma

Moodle, entrambe le condizioni sperimentali hanno condiviso la medesima architettura pedagogica e gli stessi obiettivi formativi.

La sequenza operativa è stata progettata per accompagnare progressivamente gli studenti dall'analisi del problema alla costruzione collaborativa di una soluzione, favorendo al contempo processi di riflessione metacognitiva e di integrazione tra conoscenze teoriche e applicazione pratica. In coerenza con i principi del Problem Based Learning, il problema ha rappresentato il punto di partenza dell'intero percorso, mentre il docente ha assunto il ruolo di facilitatore del processo di apprendimento, sostenendo il lavoro dei gruppi senza intervenire direttamente nella costruzione delle soluzioni.

La Tabella 5 sintetizza le principali fasi che hanno caratterizzato il percorso didattico, evidenziando la progressione delle attività svolte dagli studenti e gli strumenti utilizzati nelle diverse fasi della sperimentazione.

Tabella 5 – Sequenza operativa della sperimentazione

Fase	Attività
Presentazione dell'attività	Illustrazione degli obiettivi della ricerca e del dispositivo PBL
Presentazione del problema	Introduzione della situazione problematica relativa agli effetti delle forze
Costituzione dei gruppi	Suddivisione degli studenti in piccoli gruppi di lavoro
Chiarificazione e definizione del problema	Analisi della situazione problematica e identificazione dei concetti rilevanti
Analisi e formulazione delle ipotesi	Attivazione delle conoscenze pregresse e costruzione di possibili spiegazioni
Individuazione degli obiettivi di apprendimento	Definizione dei bisogni conoscitivi necessari alla risoluzione del problema
Studio autonomo e ricerca	Consultazione di materiali, approfondimenti disciplinari e ricerca di informazioni
Discussione collaborativa	Condivisione delle informazioni raccolte e confronto tra pari
Elaborazione della soluzione	Costruzione della proposta risolutiva e rielaborazione dei contenuti
Diario di bordo e forum Moodle	Documentazione del processo e riflessione metacognitiva (gruppi Moodle)
Somministrazione del questionario finale	Rilevazione delle percezioni degli studenti rispetto all'esperienza formativa

La sequenza operativa evidenzia come il percorso non sia stato organizzato come una semplice successione di attività, ma come un dispositivo progressivo di costruzione della conoscenza nel quale ogni fase ha contribuito allo sviluppo delle successive. L'integrazione tra momenti di studio autonomo, confronto collaborativo e riflessione documentata attraverso il diario di bordo ha consentito di sostenere sia la dimensione cognitiva sia quella metacognitiva dell'apprendimento. Nei gruppi supportati da Moodle, inoltre, la piattaforma ha favorito la tracciabilità dei processi e la

continuità delle interazioni oltre il tempo dell'aula, ampliando le opportunità di partecipazione e di confronto tra pari.

5.3.3 *Strumento e coding degli item*

Lo strumento utilizzato per la raccolta dei dati è stato un questionario strutturato costruito ad hoc in coerenza con gli obiettivi formativi del corso di Didattica della Fisica e con le caratteristiche della metodologia *Problem Based Learning*. La scelta di progettare uno strumento originale, invece di adottare scale standardizzate, deriva dalla necessità di rilevare dimensioni specifiche strettamente connesse al contesto disciplinare, alla natura laboratoriale del percorso e alla presenza della variabile tecnologica rappresentata dall'ambiente Moodle. In ambito di ricerca educativa, infatti, quando l'intervento didattico presenta caratteristiche fortemente situate, la costruzione di strumenti contestualizzati consente una maggiore validità di contenuto, poiché gli item risultano direttamente riferiti alle pratiche effettivamente sperimentate dagli studenti. Il questionario (allegato 1 in appendice) è composto da 27 affermazioni valutate tramite scala Likert a cinque livelli, da 1 "per niente d'accordo" a 5 "pienamente d'accordo". Gli item sono stati formulati in modo positivo e comprensibile, evitando ambiguità semantiche e facendo riferimento esplicito alle attività svolte durante il percorso PBL. Il questionario è stato utilizzato per rilevare atteggiamenti, percezioni e rappresentazioni degli studenti rispetto all'esperienza didattica, configurandosi quindi come uno strumento di autovalutazione percettiva dell'apprendimento e delle competenze sviluppate. A partire da una riflessione teorica sulle componenti pedagogiche del PBL e sugli obiettivi del corso, gli item sono stati organizzati in quattro dimensioni interpretative. Tale organizzazione non è meramente descrittiva ma costituisce una scelta teorica preliminare all'analisi quantitativa, poiché consente di indagare il fenomeno non come somma di risposte isolate ma come insieme di costrutti educativi complessi.

La prima dimensione riguarda il lavoro collaborativo e comprende gli item relativi alla partecipazione al gruppo, alla negoziazione delle idee, alla produzione di ipotesi e alla qualità delle interazioni. Essa rappresenta il nucleo sociale del PBL, cioè la costruzione condivisa della conoscenza attraverso l'interdipendenza positiva tra pari (Giampaolo M.,2022).

La seconda dimensione descrive la relazione tra metodologia e disciplina e indaga il modo in cui il PBL supporta la comprensione concettuale della fisica, la rilevanza dei problemi proposti e la profondità dell'apprendimento rispetto all'insegnamento trasmissivo. Il PBL è progettato per superare la frammentazione dei saperi, proponendo problemi autentici che richiedono l'attivazione e l'applicazione delle conoscenze disciplinari. Analizzare questa dimensione consente quindi di

verificare se gli studenti percepiscono il metodo come effettivamente capace di sostenere un apprendimento significativo e trasferibile.

La terza dimensione riguarda l'approccio personale alla metodologia innovativa e include motivazione, autonomia, pensiero critico, gestione del tempo, fiducia nell'affrontare problemi complessi e trasferibilità professionale delle competenze. Essa consente di osservare la trasformazione individuale dello studente in termini di atteggiamenti verso l'apprendimento attivo. Infine, la dimensione del ruolo del tutor si fonda sulla specificità della mediazione didattica nel PBL. Il tutor rappresenta un elemento chiave nel sostenere il processo di apprendimento, facilitando la discussione, orientando l'analisi del problema e promuovendo la partecipazione. La sua funzione non è trasmissiva, ma regolativa e metacognitiva, rendendo la sua percezione da parte degli studenti un indicatore significativo della qualità dell'esperienza formativa. La suddivisione in quattro dimensioni ha guidato l'intera analisi successiva: le matrici studenti $\times$ item sono state elaborate separatamente per ciascun costrutto al fine di individuare profili omogenei di percezione e confrontare i gruppi differenziati dalla presenza della tecnologia. In questo modo il questionario non è stato utilizzato soltanto come misura di soddisfazione, ma come strumento per individuare configurazioni interpretative dell'esperienza proposta.

Nel loro insieme, queste quattro dimensioni rappresentano quindi una traduzione operativa dei principali assi teorici del *Problem Based Learning* e consentono di analizzare in modo sistematico le diverse componenti dell'esperienza didattica, sia nei contesti tradizionali sia in quelli mediati da ambienti digitali.

5.3.4 Pre-processing e costruzione delle matrici

Prima dell'avvio delle analisi statistiche i dati raccolti tramite questionario sono stati sottoposti a una fase di pre-processing finalizzata a garantire coerenza metrica, confrontabilità tra gruppi e interpretabilità pedagogica dei risultati. Tale fase è particolarmente rilevante negli studi educativi basati su scale Likert, poiché la qualità dell'analisi multivariata dipende fortemente dall'organizzazione preliminare della matrice dati.

In primo luogo, tutte le risposte sono state codificate numericamente mantenendo la struttura ordinale originaria della scala Likert a cinque livelli, dove 1 indica totale disaccordo e 5 pieno accordo. Non sono stati necessari reverse scoring poiché tutti gli item sono stati formulati in direzione positiva rispetto al costrutto indagato; questo ha evitato distorsioni interpretative e ha reso la matrice direttamente utilizzabile nelle successive elaborazioni. Successivamente è stata verificata la completezza delle risposte. Le matrici studenti $\times$ item sono state controllate per individuare eventuali valori mancanti. La matrice risultante è risultata completa e non presenta celle vuote, condizione che

permette l'applicazione diretta di algoritmi di clusterizzazione senza alterazioni della distribuzione dei dati. Gli item sono stati poi raggruppati secondo le quattro dimensioni teoriche definite in fase di progettazione dello strumento: lavoro cooperativo, relazione PBL - disciplina, approccio personale alla metodologia e ruolo del tutor. Per ciascuna dimensione è stata costruita una sotto-matrice indipendente contenente esclusivamente gli item appartenenti al costrutto considerato. Questa scelta metodologica consente di evitare che dimensioni concettualmente differenti influenzino reciprocamente la formazione dei gruppi, permettendo una lettura pedagogica più chiara dei profili emergenti.

Poiché gli item erano già espressi sulla stessa scala metrica, non è stata applicata alcuna standardizzazione. La mancata standardizzazione è intenzionale: nelle scale Likert omogenee la trasformazione avrebbe reso meno interpretabili i centroidi dei cluster, mentre mantenere i valori originali consente di descrivere direttamente i profili come livelli di accordo medi degli studenti. Infine, sono state costruite due matrici distinte, una per il gruppo che ha svolto il PBL in modalità tradizionale e una per il gruppo che ha lavorato su Moodle. La separazione preliminare delle matrici è coerente con il disegno di ricerca, in cui la variabile indipendente è l'ambiente di apprendimento tecnologico. Le analisi di cluster sono quindi state eseguite parallelamente sui due gruppi e successivamente confrontate per individuare differenze strutturali nei profili di percezione. Il pre-processing così definito permette di preservare il significato educativo degli item, mantenere la leggibilità pedagogica dei centroidi e garantire la correttezza statistica delle successive analisi multivariate.

5.3.5 Metodologia di cluster analysis: principi e criteri decisionali

Scelta metodologica della cluster analysis

L'utilizzo della cluster analysis risulta particolarmente appropriato in contesti educativi in cui l'obiettivo non è testare ipotesi causali, ma piuttosto esplorare la presenza di differenti modalità di esperienza o di percezione all'interno di un gruppo di partecipanti. In questo senso, la tecnica è stata impiegata per individuare diversi profili di percezione dell'esperienza PBL tra gli studenti.

Inoltre, la scelta di utilizzare l'algoritmo K-means è coerente con quanto suggerito nella letteratura metodologica per l'analisi di dati provenienti da scale Likert, quando l'obiettivo è identificare gruppi di osservazioni con caratteristiche simili in termini di valutazioni medie delle variabili considerate (Hair et al., 2019).

Va sottolineato che l'obiettivo dell'analisi non è stato quello di stabilire relazioni causali tra l'utilizzo della piattaforma Moodle e i risultati osservati, ma piuttosto quello di fornire una rappresentazione esplorativa delle configurazioni di percezione degli studenti nei due contesti didattici analizzati.

L'impiego di XLSTAT per la cluster analysis

L'analisi dei dati quantitativi è stata condotta mediante il software XLSTAT (XLSTAT, 2025), un ambiente di analisi statistica integrato in Microsoft Excel che consente di applicare tecniche avanzate di analisi dei dati in contesti di ricerca educativa. Tra le diverse funzionalità offerte, è stata utilizzata la tecnica di clusterizzazione K-means (MacQueen, 1967), particolarmente adatta all'individuazione di profili omogenei all'interno di un campione, a partire da un insieme di variabili osservate.

La clusterizzazione K-means è una tecnica di analisi multivariata che consente di suddividere un insieme di osservazioni in un numero predefinito di gruppi (K), in modo tale che le unità appartenenti allo stesso cluster risultino il più possibile simili tra loro e, al contempo, il più possibile differenti rispetto a quelle appartenenti ad altri cluster. Il criterio di assegnazione si basa generalmente sulla minimizzazione della varianza intra-cluster, calcolata attraverso distanze euclidee tra le osservazioni e i centroidi dei gruppi.

Operativamente, l'analisi è stata realizzata in XLSTAT attraverso una sequenza di passaggi strutturati. In primo luogo, i dati sono stati organizzati in una matrice in cui le righe rappresentano le unità di analisi (studenti) e le colonne gli item del questionario. Successivamente, è stata selezionata la funzione di clusterizzazione K-means all'interno del menu di analisi dei dati del software, impostando il numero di cluster (K) sulla base di criteri sia statistici sia interpretativi. In particolare, la scelta del numero di cluster è stata guidata da tre elementi: la coerenza interna dei gruppi (valutata attraverso indicatori come l'inerzia e, ove disponibile, il coefficiente di silhouette), la numerosità dei cluster (evitando soluzioni con gruppi troppo piccoli) e la leggibilità pedagogica dei profili emergenti.

Una volta eseguita l'analisi, XLSTAT restituisce, tra gli output principali, l'assegnazione di ciascuna osservazione al cluster corrispondente, le coordinate dei centroidi (ovvero i valori medi degli item per ciascun gruppo) e diversi indicatori di qualità della classificazione. I centroidi, in particolare, rappresentano uno strumento fondamentale per l'interpretazione dei risultati, in quanto consentono di descrivere ciascun cluster come un profilo specifico di risposta, caratterizzato da determinati livelli negli item considerati.

Nel contesto della presente ricerca, la clusterizzazione è stata utilizzata non per classificare gli studenti in senso statico, ma per individuare configurazioni di esperienza didattica, interpretate come profili emergenti dalle interazioni tra studenti e ambiente di apprendimento. I cluster non vengono

intesi come categorie rigide, ma come rappresentazioni di modalità differenti di appropriazione delle attività proposte, offrendo uno strumento analitico utile per esplorare la variabilità interna al gruppo e per interpretare i processi di apprendimento in relazione alle pratiche didattiche adottate.

La scelta del k (numero di cluster ottimale)

Tuttavia, la scelta di K (numero di cluster) non è stata automatica: è stata fatta sulla base di un processo decisionale a tre criteri, coerente con le best practice in ricerca educativa:

- 1) coerenza statistica: analisi degli indici di qualità della partizione e ispezione dei valori per K in un intervallo plausibile (2–8);
- 2) leggibilità pedagogica: capacità dei cluster di corrispondere a profili interpretabili e significativi per la pratica didattica (es.: entusiasti, moderatamente favorevoli, neutrali/distaccati, ecc.);
- 3) numerosità dei gruppi: controllo che ciascun cluster contenga un numero di casi sufficiente a permettere interpretazioni generalizzabili e analisi successive (regola pratica: evitare cluster con $n < 4$ per gruppi comparativi di queste dimensioni, salvo giustificazioni teoriche).

Nota metodologica sulla scelta del numero di cluster

La determinazione del numero ottimale di cluster è stata effettuata considerando congiuntamente l'andamento del silhouette score e l'interpretabilità pedagogica delle soluzioni ottenute. Come evidenziato nella letteratura metodologica, nei contesti di ricerca applicata è opportuno privilegiare configurazioni di clustering che risultino non solo statisticamente plausibili, ma anche interpretabili alla luce del quadro teorico della ricerca (Hair et al., 2019). Per questa ragione, in alcune dimensioni sono state adottate soluzioni con un numero di cluster inferiore rispetto a quello associato al valore massimo del silhouette score, al fine di evitare configurazioni con cluster eccessivamente piccoli o difficilmente interpretabili.

5.4 Procedura operativa

Per ciascuna delle quattro dimensioni sono state applicate separatamente le seguenti fasi:

1. costruzione della matrice studenti $\times$ item
2. esecuzione K-means per K compreso tra 2 e 8
3. analisi dell'inerzia intra-cluster e inter-cluster
4. confronto delle soluzioni mediante criterio del gomito (elbow)
5. verifica della numerosità minima dei gruppi

6. interpretazione pedagogica preliminare dei centroidi
7. scelta finale del numero di cluster

L'intero processo è stato replicato indipendentemente per i due gruppi (tradizionale e Moodle). In questo modo l'analisi non confronta direttamente gli studenti tra loro, ma confronta la struttura interna delle percezioni nei due ambienti didattici.

5.5 Risultati dell'analisi cluster: dimensione "lavoro collaborativo"

PBL tradizionale

Item analizzati nella dimensione "lavoro collaborativo"

Per il gruppo di studenti che ha partecipato alla sperimentazione didattica basata su *Problem Based Learning* in modalità tradizionale, è stata analizzata la dimensione relativa al lavoro collaborativo e al confronto tra pari. Tale dimensione costituisce uno dei nuclei fondanti del modello PBL, poiché l'apprendimento non viene inteso come semplice acquisizione individuale di contenuti, ma come processo di costruzione condivisa del significato, sostenuto dalla discussione, dalla negoziazione delle strategie di soluzione e dal continuo confronto tra studenti e il gruppo non rappresenta un elemento accessorio dell'attività, ma il contesto entro cui il problema viene esplorato, interpretato e rielaborato.

La dimensione è stata rilevata attraverso sei item del questionario finale, formulati per indagare la percezione degli studenti rispetto al contributo del lavoro collaborativo nel processo di apprendimento:

X1: Il lavoro di gruppo mi ha aiutato a comprendere meglio i contenuti affrontati.

X2: Il confronto con i compagni ha favorito la ricerca di soluzioni ai problemi proposti.

X3: Durante l'attività ho potuto discutere diverse strategie di soluzione.

X4: Il lavoro collaborativo ha reso l'attività più coinvolgente.

X5: Il gruppo ha favorito la partecipazione attiva alle attività di apprendimento.

X6: La discussione tra pari ha contribuito a chiarire dubbi e difficoltà.

Questi item consentono di cogliere in modo articolato diversi aspetti della dinamica collaborativa nel PBL. Alcuni riguardano la funzione cognitiva del gruppo, come il supporto alla comprensione dei contenuti o la chiarificazione di dubbi; altri intercettano la dimensione operativa della collaborazione, come la discussione delle strategie di *problem solving*; altri ancora permettono di osservare il versante

più propriamente partecipativo e motivazionale dell'esperienza, legato al coinvolgimento e alla partecipazione attiva. Nel loro insieme, tali indicatori permettono di leggere il lavoro collaborativo non solo come organizzazione sociale del compito, ma come dispositivo didattico capace di incidere sulla qualità stessa dell'apprendimento collaborativo. La centralità della collaborazione nei processi di costruzione della conoscenza è ampiamente riconosciuta nella letteratura sul collaborative learning e sul *problem solving* in contesto educativo.

Determinazione del numero ottimale di cluster

Per individuare eventuali profili differenziati di percezione del lavoro collaborativo, è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means, utilizzando il software XLSTAT. L'analisi è stata condotta su 39 osservazioni e 6 item, corrispondenti agli item sopra descritti. In coerenza con la letteratura metodologica sulle tecniche di classificazione esplorativa, è stata esplorata una gamma di soluzioni compresa tra 2 e 8 cluster, adottando inizializzazioni multiple dell'algoritmo e distanza euclidea, così da migliorare la stabilità della partizione finale. L'uso dell'indice di silhouette come criterio per la valutazione della coerenza interna dei cluster e della loro separazione reciproca trova fondamento nel lavoro classico di Rousseeuw (Rousseeuw,1987), mentre l'opportunità di combinare l'evidenza quantitativa con criteri di interpretabilità e parsimonia è coerente con le indicazioni metodologiche correnti in ambito multivariato.

L'andamento dei valori di silhouette per il gruppo PBL tradizionale è riportato nella tabella seguente.

Tabella 5.1 – Evoluzione dell'indice di silhouette (PBL tradizionale)

Numero di cluster	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette score	0,304	0,298	0,318	0,258	0,286	0,304	0,353

L'analisi mostra che il valore più elevato dell'indice si registra per la soluzione a otto cluster. Tuttavia, una lettura puramente meccanica del massimo statistico non sarebbe stata metodologicamente adeguata. Una soluzione con otto cluster, in un campione di 39 soggetti, avrebbe infatti comportato una frammentazione eccessiva, generando gruppi numericamente molto ridotti e difficilmente interpretabili dal punto di vista pedagogico. Per questo motivo, la scelta del numero ottimale di cluster non è stata basata esclusivamente sul picco massimo dell'indice, ma su un criterio integrato che ha considerato, oltre alla qualità statistica, anche la leggibilità teorico-didattica dei profili e la sostenibilità numerica dei gruppi.

Alla luce di queste considerazioni, è stata adottata una soluzione a quattro cluster, che rappresenta un equilibrio metodologicamente fondato tra coerenza statistica e interpretabilità pedagogica. Il valore dell'indice per k=4 risulta infatti adeguato, e soprattutto consente di distinguere configurazioni

differenziate dell'esperienza collaborativa senza produrre una segmentazione artificiosa del campione. La scelta di quattro cluster permette quindi di leggere la varietà delle percezioni studentesche mantenendo una struttura sufficientemente articolata, ma ancora utile sul piano interpretativo.

Caratterizzazione dei cluster

Una volta individuata la soluzione ritenuta più appropriata, l'interpretazione dei cluster è stata condotta attraverso l'analisi dei centroidi, ossia dei valori medi assunti dagli item all'interno di ciascun gruppo. La tabella seguente sintetizza i centroidi dei quattro cluster individuati per la dimensione del lavoro collaborativo nei gruppi "PBL tradizionale". In particolare, ogni valore in tabella per ogni singolo item e per ogni cluster rappresenta il punteggio Likert dell'item più frequentemente dato dagli studenti del cluster al quale il centroide si riferisce. Ogni centroide, quindi, rappresenta un "profilo" tipico di risposta agli item del questionario.

Tabella 5.2 – Centroidi dei cluster nella dimensione "lavoro collaborativo" (PBL tradizionale)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	3,750	4,250	5,000	4,750	5,000	4,750
2	3,920	4,000	4,000	3,880	4,040	3,960
3	3,600	3,600	3,600	3,400	2,800	3,000
4	5,000	4,800	5,000	4,600	4,200	4,000

La lettura dei centroidi restituisce una struttura articolata e pedagogicamente significativa, nella quale il lavoro collaborativo non viene percepito in modo uniforme, ma assume intensità e funzioni differenti a seconda dei profili emersi.

Il Cluster 4 rappresenta il profilo di massima valorizzazione del lavoro collaborativo: i valori molto elevati su tutti gli item indicano che, per questi studenti, il gruppo ha costituito un dispositivo centrale di apprendimento. Il confronto tra pari è stato percepito come fortemente utile sia sul piano cognitivo, perché ha sostenuto la comprensione dei contenuti e la discussione di strategie differenti, sia sul piano della partecipazione, perché ha reso il lavoro più coinvolgente e ha favorito un'attivazione più intensa nel processo di *problem solving*. In questo profilo il lavoro collaborativo non appare soltanto come modalità organizzativa, ma come condizione epistemica del percorso formativo: gli studenti riconoscono che il significato del problema si costruisce nello scambio, nella negoziazione e nella circolazione delle idee.

Il Cluster 1 si colloca anch'esso su livelli elevati, ma presenta una struttura leggermente diversa. I punteggi molto alti in X3 e X5, associati a valori elevati anche in X4 e X6, suggeriscono che per questi studenti il gruppo abbia svolto una funzione particolarmente importante nella discussione delle strategie di soluzione e nella promozione della partecipazione attiva. Il dato leggermente più contenuto su X1 indica che, pur essendo la collaborazione percepita in modo molto positivo, il suo effetto sulla comprensione dei contenuti è stato vissuto in maniera un po' meno accentuata rispetto ad altri aspetti. Si tratta dunque di un profilo in cui il lavoro collaborativo è fortemente apprezzato come ambiente di attivazione, confronto e coinvolgimento, con un'enfasi particolare sul processo dialogico più che sul solo esito cognitivo.

Il Cluster 2 presenta valori mediamente positivi ma più moderati. In questo caso la collaborazione viene riconosciuta come utile, ma con minore intensità rispetto ai cluster più alti. Il gruppo sembra essere percepito come supporto funzionale all'attività, senza assumere però un ruolo pienamente trasformativo nell'esperienza di apprendimento. Dal punto di vista pedagogico, questo profilo può essere letto come indicatore di una partecipazione collaborativa sufficientemente presente ma non del tutto interiorizzata. Gli studenti riconoscono il valore del confronto, ma non sembrano attribuirgli quella centralità che, nei cluster superiori, lo rende un dispositivo generativo di comprensione e di coinvolgimento.

Il Cluster 3 costituisce il profilo più debole. I valori più bassi, soprattutto in X5 e X6, mostrano che per questi studenti il lavoro collaborativo ha inciso meno sia sulla partecipazione attiva sia sulla chiarificazione di dubbi e difficoltà. Anche il coinvolgimento risulta inferiore rispetto agli altri cluster. Questo non significa necessariamente rifiuto della collaborazione, ma segnala una minore efficacia percepita del dispositivo gruppale. È possibile che, per una parte degli studenti, le dinamiche collaborative non abbiano prodotto un reale sostegno cognitivo o motivazionale, lasciando emergere una fruizione più periferica dell'esperienza PBL.

Nel complesso, la cluster analysis mostra che l'esperienza dei gruppi "PBL tradizionale" genera modalità differenziate di partecipazione e di valorizzazione del lavoro collaborativo. L'eterogeneità emersa non va letta come limite in senso stretto, ma come indicatore del fatto che, nel contesto d'aula, la collaborazione è una pratica fortemente situata, sensibile alle dinamiche di gruppo, ai processi relazionali, ai ruoli assunti dagli studenti e alla capacità del contesto di sostenere forme autentiche di interdipendenza positiva. In altri termini, nei gruppi "PBL tradizionale" il lavoro collaborativo può raggiungere livelli molto elevati di efficacia, ma non si distribuisce in modo uniforme; esso resta parzialmente dipendente dalle condizioni locali in cui si sviluppa. Questa lettura è coerente con la

letteratura che riconosce alla collaborazione una forte potenzialità cognitiva, ma sottolinea al tempo stesso la necessità di condizioni strutturali e relazionali che ne sostengano la qualità.

PBL in piattaforma Moodle

Item analizzati nella dimensione “lavoro collaborativo”

Per i gruppi di studenti che hanno svolto le attività di *Problem Based Learning* supportate dalla piattaforma Moodle, è stata analizzata la medesima dimensione relativa al lavoro collaborativo e al confronto tra pari, utilizzando gli stessi item già impiegati per il gruppo che ha lavorato con PBL tradizionale. Tale scelta metodologica garantisce piena comparabilità tra i due contesti, consentendo di osservare se e in che misura l’ambiente digitale intervenga sulla configurazione dell’esperienza collaborativa (Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D., 2006).

Anche in questo caso gli item analizzati riguardano la comprensione dei contenuti mediata dal gruppo, la ricerca condivisa di soluzioni, la discussione di strategie, il coinvolgimento generato dal lavoro collaborativo, la partecipazione attiva e la chiarificazione di dubbi attraverso il confronto tra pari. L’interesse pedagogico di questa analisi risiede proprio nel verificare se la piattaforma digitale agisca soltanto come supporto tecnico-organizzativo oppure se contribuisca a ridefinire in modo più profondo la percezione della collaborazione, incidendo sulla forma stessa dell’esperienza di gruppo. La letteratura sull’e-learning e sulla computer-supported collaborative learning mostra infatti che gli ambienti digitali possono svolgere una funzione di strutturazione e regolazione delle interazioni, sostenendo modalità di partecipazione più visibili, tracciabili e distribuite.

Determinazione del numero ottimale di cluster

Per individuare eventuali profili differenziati di percezione del lavoro collaborativo nel contesto digitale, è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means, utilizzando il software XLSTAT. Anche in questo caso l’analisi è stata condotta sulle risposte agli stessi sei item della dimensione considerata, adottando la distanza euclidea come misura di similarità tra le osservazioni e una procedura esplorativa su un intervallo di soluzioni compreso tra 2 e 8 cluster.

L’andamento dell’indice di silhouette è riportato nella tabella seguente.

Tabella 5.3 – Evoluzione dell’indice di silhouette (PBL Moodle)

Numero di cluster	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette score	0,040	0,572	0,424	0,420	0,477	65535,000	0,509

L’analisi mette in evidenza che il valore più elevato tra quelli interpretabili si registra per la soluzione a tre cluster ($k = 3$, silhouette = 0,572). Il valore anomalo associato a sette cluster deve essere escluso

dall'interpretazione, in quanto chiaramente riconducibile a un artefatto computazionale e privo di significato metodologico. Una volta esclusa tale anomalia, la configurazione a tre cluster risulta non solo la più robusta sul piano statistico, ma anche la più convincente sul piano pedagogico, poiché consente di individuare profili distinti senza forzare la segmentazione del campione.

Rispetto alla versione precedente del testo, che faceva riferimento a una soluzione a due cluster, i dati corretti mostrano dunque una struttura più articolata. Questa articolazione, tuttavia, non introduce una dispersione paragonabile a quella osservata nel caso tradizionale; al contrario, permette di distinguere livelli differenti di percezione mantenendo una sostanziale compattezza della configurazione complessiva.

Caratterizzazione dei cluster

Una volta individuata la soluzione ottimale, l'interpretazione dei cluster è stata condotta attraverso l'analisi dei centroidi. I valori medi assunti dai sei item nei tre gruppi individuati sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.4 – Centroidi dei cluster nella dimensione “lavoro collaborativo” (PBL Moodle)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	4,714	5,000	4,714	4,714	4,857	4,714
2	4,111	4,000	4,111	3,778	4,000	4,111
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,250

I centroidi mostrano una configurazione nettamente più compatta rispetto al PBL tradizionale. Anche in presenza di tre cluster, le distanze tra i profili risultano contenute, e soprattutto non emergono livelli fortemente polarizzati.

Il Cluster 1 rappresenta il profilo di massima valorizzazione del lavoro collaborativo nel contesto digitale. I punteggi molto elevati su tutti gli item mostrano che, per questi studenti, la piattaforma non ha ridotto la qualità della collaborazione, ma anzi sembra averne sostenuto la strutturazione. Il lavoro in gruppo è percepito come particolarmente efficace nella ricerca di soluzioni, nella partecipazione attiva e nella comprensione dei contenuti. Il fatto che X2 e X5 assumano valori particolarmente alti indica che la collaborazione è vissuta sia come processo di esplorazione condivisa del problema sia come leva di attivazione concreta degli studenti nel compito. Dal punto di vista pedagogico, questo profilo suggerisce che la mediazione digitale può diventare un ambiente fertile per forme di cooperazione cognitiva ben organizzata, in cui il gruppo non perde spessore, ma viene anzi sostenuto da strumenti che rendono più espliciti i passaggi dell'interazione.

Il Cluster 2 presenta valori medio-alti e relativamente omogenei. Anche in questo caso la percezione del lavoro collaborativo è positiva, sebbene con un'intensità inferiore rispetto al cluster precedente. La variabile X4, relativa al coinvolgimento, mostra un valore leggermente più contenuto, elemento che suggerisce come per questi studenti la collaborazione sia stata soprattutto utile sul piano cognitivo e procedurale, più che vissuta come dimensione particolarmente coinvolgente sul piano esperienziale. Si tratta di un profilo molto interessante, perché mostra che la piattaforma può sostenere forme di collaborazione efficaci anche quando non si traducono automaticamente in una forte attivazione emotivo-motivazionale. In altri termini, il gruppo viene riconosciuto come funzionale all'apprendimento, anche laddove il coinvolgimento soggettivo risulti un po' più moderato.

Il Cluster 3 si colloca su valori medi. Tuttavia, a differenza di quanto osservato nel cluster più basso del PBL tradizionale, qui non emerge una vera e propria area critica. I punteggi sono più contenuti, ma restano comunque stabili e non segnalano un rifiuto della collaborazione. Anche X6, relativa alla chiarificazione di dubbi e difficoltà, risulta leggermente più alta degli altri item, suggerendo che perfino nel profilo meno forte il confronto tra pari viene comunque riconosciuto come risorsa. Questo elemento è particolarmente rilevante, perché indica che nel contesto Moodle la collaborazione tende a mantenere una soglia minima di funzionalità condivisa, senza precipitare verso forme di marginalità marcata.

Nel complesso, la cluster analysis evidenzia che anche nel contesto digitale il lavoro collaborativo viene riconosciuto come componente significativa del processo di apprendimento basato su problemi. Tuttavia, ciò che distingue questo contesto rispetto ai gruppi "PBL tradizionale" non è tanto una generica positività delle valutazioni, quanto la forma della loro distribuzione. I tre cluster individuati non configurano una polarizzazione netta, ma una gradazione relativamente compatta di livelli percettivi. Questo dato può essere interpretato come effetto della maggiore strutturazione dell'ambiente di apprendimento. Moodle, attraverso forum, spazi condivisi, organizzazione dei materiali, scansione dei compiti e visibilità delle interazioni, sembra ridurre la dipendenza dell'esperienza collaborativa dalle dinamiche contingenti del singolo gruppo, contribuendo a rendere il lavoro collaborativo più stabile, più leggibile e più condiviso.

Confronto tra i due macrogruppi "PBL tradizionale" e "PBL supportato da Moodle" nella dimensione del lavoro collaborativo

L'analisi della dimensione relativa al lavoro collaborativo consente di mettere a confronto le percezioni degli studenti nei due contesti didattici analizzati: da un lato l'esperienza di *Problem Based Learning* svolta in modalità tradizionale, dall'altro quella supportata dalla piattaforma Moodle. Poiché nei due macrogruppi -tradizionale e Moodle- sono stati utilizzati gli stessi item del

questionario, il confronto permette di osservare direttamente eventuali differenze nei pattern di risposta e nella distribuzione dei profili individuati attraverso la cluster analysis. Ciò rende possibile una lettura che non si limita a comparare medie complessive, ma entra nella struttura interna delle esperienze studentesche, mettendo in luce il modo in cui la collaborazione viene configurata nei due ambienti.

Nel caso dei gruppi “PBL tradizionale”, l’analisi ha evidenziato una struttura relativamente articolata, con quattro cluster distinti che riflettono livelli differenti di coinvolgimento nel lavoro collaborativo. I centroidi mostrano una dispersione marcata delle risposte, indicando che gli studenti vivono l’esperienza della collaborazione in modo più eterogeneo. Accanto a gruppi che attribuiscono un ruolo molto rilevante al confronto tra pari e alla costruzione condivisa delle soluzioni, emergono infatti anche profili caratterizzati da una percezione più moderata, e persino più debole, dell’utilità del lavoro in gruppo. Dal punto di vista pedagogico, ciò significa che nel contesto tradizionale la collaborazione si configura come una pratica ad alta variabilità: può divenire per alcuni studenti uno spazio autentico di elaborazione condivisa, mentre per altri rimane un supporto solo parzialmente incisivo.

Questa eterogeneità risulta particolarmente evidente anche nella rappresentazione grafica dei profili dei centroidi. La Figura 5.1, che può essere inserita in questo punto del testo, mostra chiaramente come le linee dei quattro cluster presentino andamenti distinti e distanze significative tra loro.

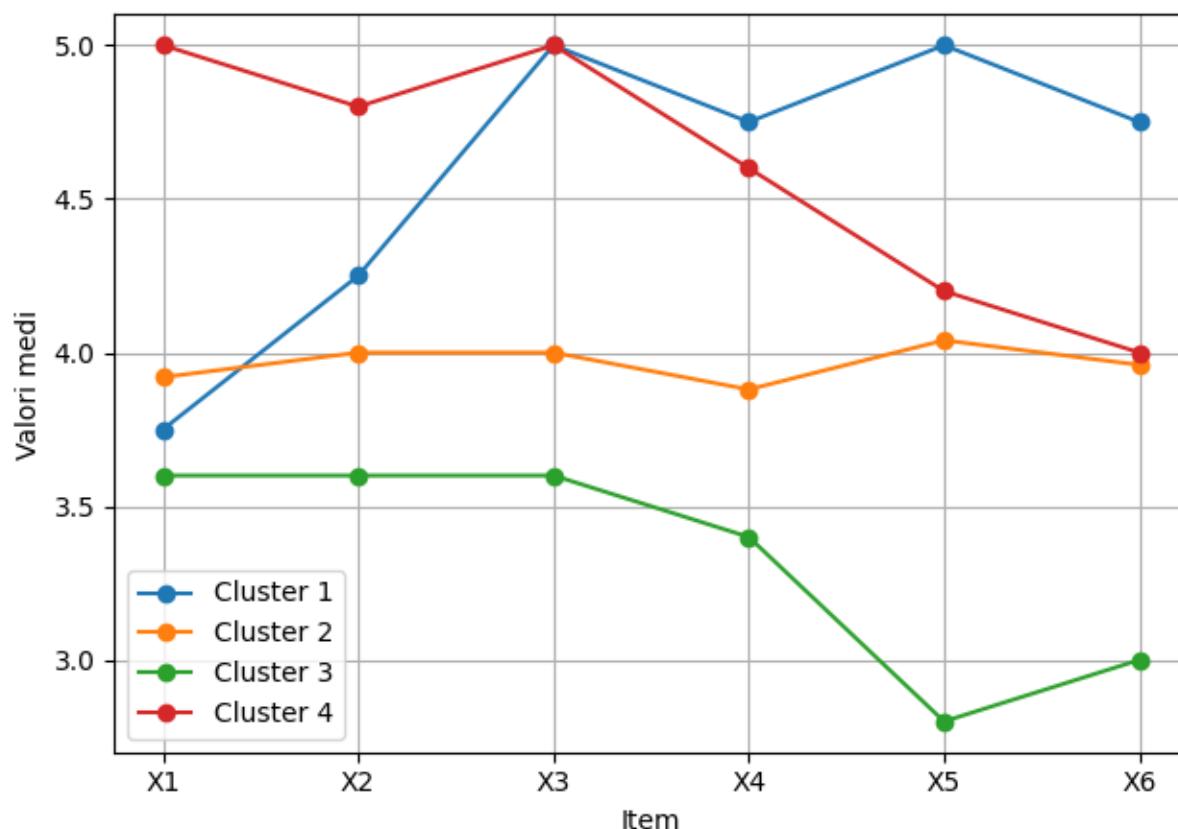


Figura 5.1 – Profili dei centroidi dei cluster nei gruppi PBL tradizionale. Dimensione lavoro collaborativo.

L'osservazione del grafico permette di cogliere immediatamente un elemento che la sola lettura tabellare suggerisce ma non visualizza con la stessa forza: alcuni cluster si collocano stabilmente su livelli molto elevati, mentre altri mostrano una contrazione significativa, soprattutto nelle dimensioni più direttamente connesse al coinvolgimento e alla partecipazione attiva. La collaborazione, in questo contesto, appare dunque come un dispositivo potente ma non uniformemente distribuito.

Nel caso del PBL supportato da Moodle, l'analisi ha invece individuato una struttura a tre cluster. Si tratta di una configurazione meno dispersa rispetto al caso tradizionale e caratterizzata da profili che, pur restando distinti, si collocano entro una gamma più ravvicinata di valori. I centroidi risultano complessivamente elevati o medio-alti, e anche il cluster meno forte non presenta abbassamenti comparabili a quelli osservati nel contesto tradizionale. Ciò suggerisce che gli studenti tendano a percepire il lavoro collaborativo in modo più uniforme. La mediazione digitale non annulla le differenze individuali, ma sembra contenerle entro una struttura più stabile, nella quale il gruppo continua a essere riconosciuto come risorsa per la comprensione, la ricerca di soluzioni e la gestione delle difficoltà.

Anche in questo caso la struttura dei risultati può essere visualizzata attraverso il profilo grafico dei centroidi. La Figura 5.2, collocabile in questo punto del testo, mostra infatti che le linee dei tre cluster nel caso Moodle risultano molto più ravvicinate tra loro.

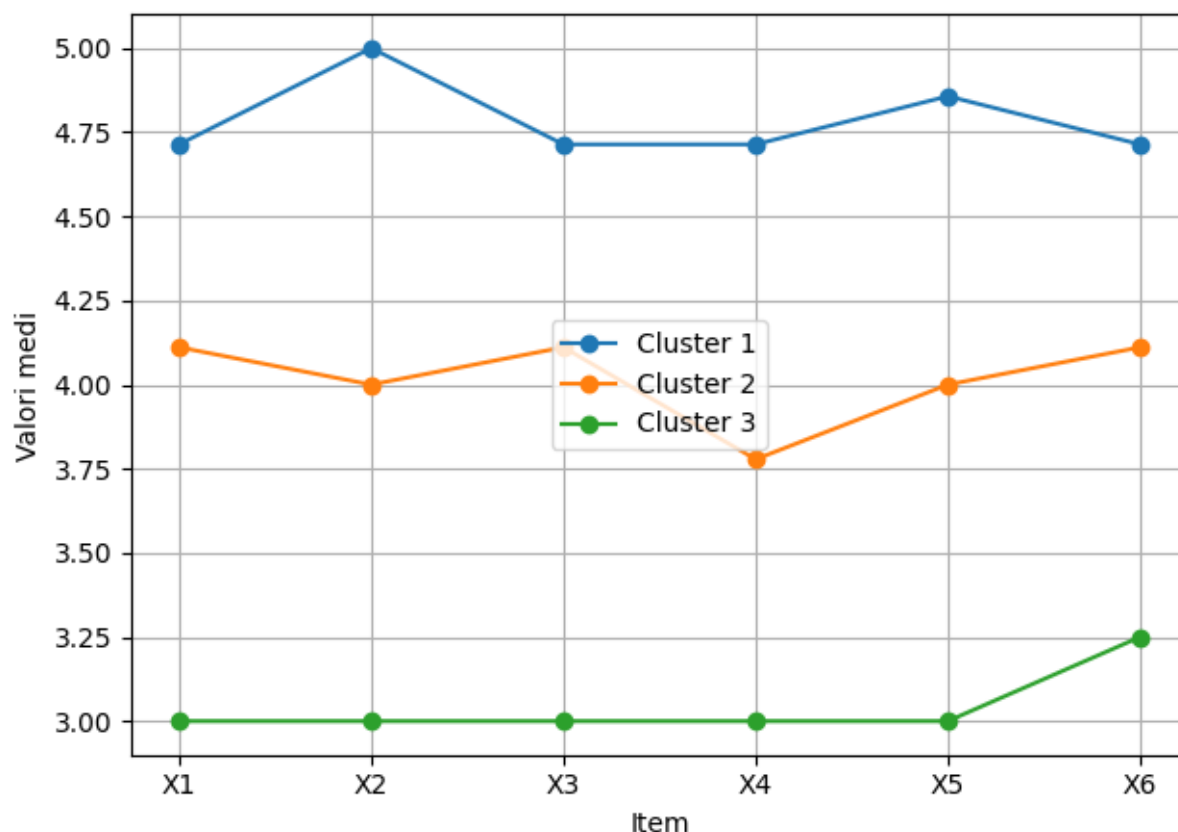


Figura 5.2 – Profili dei centroidi dei cluster nei gruppi PBL supportato da Moodle. Dimensione “lavoro collaborativo”. La vicinanza delle curve rende immediatamente leggibile la minore dispersione delle percezioni studentesche e la maggiore convergenza nella valutazione del lavoro collaborativo. Anche il cluster meno elevato mantiene un profilo regolare e privo di cadute marcate, confermando che il contesto digitale tende a preservare una soglia minima condivisa di efficacia collaborativa.

Il confronto tra le due configurazioni permette di formulare una interpretazione pedagogica più profonda. La differenza principale tra i due macrogruppi PBL tradizionale e i gruppi PBL Moodle non sembra risiedere semplicemente nel fatto che in un caso gli studenti valutino “meglio” o “peggio” il lavoro in gruppo. In entrambi i contesti, infatti, la collaborazione è percepita come componente importante dell’apprendimento basato su problemi. Ciò che cambia è piuttosto la forma della distribuzione delle esperienze collaborative.

Nel PBL tradizionale, il lavoro collaborativo si configura come una pratica emergente, fortemente dipendente dalle dinamiche locali del gruppo, dalle competenze relazionali degli studenti, dai processi di leadership e dalle modalità concrete con cui il confronto prende forma in aula. Per questa ragione,

il contesto tradizionale produce una distribuzione più ampia e polarizzata: alcuni studenti vivono la collaborazione come dispositivo pienamente generativo di apprendimento, altri la sperimentano in modo più attenuato o periferico. La forte variabilità osservata nei cluster segnala proprio questa natura situata e non interamente regolata del lavoro in gruppo.

Nel PBL mediato da Moodle, al contrario, la collaborazione tende a configurarsi come pratica più strutturata e sistemica. L'ambiente digitale non si limita a ospitare le interazioni, ma le organizza, le rende visibili, le scandisce nel tempo e, in una certa misura, le regola. Gli strumenti della piattaforma, come la condivisione dei materiali, i forum di discussione, la tracciabilità dei contributi e gli spazi di lavoro dedicati, possono contribuire a rendere più esplicite e meno occasionali le forme della partecipazione collaborativa. Il risultato non è necessariamente un innalzamento generalizzato dei livelli medi, ma una riduzione della variabilità interindividuale. In altri termini, Moodle sembra agire come dispositivo di stabilizzazione dell'esperienza collaborativa.

Questo passaggio è particolarmente rilevante dal punto di vista pedagogico. Nel contesto tradizionale, la maggiore variabilità può essere letta anche come indice di ricchezza situazionale, poiché lascia spazio a forme intense e autentiche di negoziazione del significato. Tuttavia, essa segnala anche una minore equità nella distribuzione delle opportunità di apprendimento collaborativo: non tutti gli studenti, infatti, sembrano beneficiare allo stesso modo del lavoro in gruppo. Nel contesto digitale, invece, la maggiore compattezza dei cluster suggerisce che l'ambiente riesca a garantire condizioni minime più condivise di partecipazione, riducendo il rischio che alcuni studenti restino ai margini del processo collaborativo.

Si può dunque affermare che, nella dimensione del lavoro collaborativo, i macrogruppi PBL tradizionale e PBL supportato da Moodle non producono semplicemente due livelli diversi di soddisfazione o utilità percepita, ma due forme differenti di organizzazione dell'esperienza. Nel primo caso la collaborazione appare più differenziata, più sensibile alle dinamiche specifiche dei gruppi e dunque più variabile. Nel secondo caso essa appare più strutturata, più regolata e più omogeneamente distribuita. In questo senso, la piattaforma digitale non modifica necessariamente la natura pedagogica del PBL, che resta fondata sulla centralità del problema e del confronto tra pari, ma interviene sulla configurazione sistemica di tale confronto, rendendolo più stabile e condiviso.

Nel complesso, il confronto tra i due gruppi evidenzia quindi come il lavoro collaborativo rappresenti una componente centrale dell'esperienza di apprendimento basata su problemi in entrambe le modalità didattiche. La differenza più significativa non riguarda la presenza o l'assenza della collaborazione, ma il modo in cui essa si distribuisce tra gli studenti. Nei gruppi PBL tradizionale si osserva una maggiore dispersione dei profili e una più netta polarizzazione delle esperienze; nei

gruppi PBL mediato da Moodle emerge invece una struttura più compatta, nella quale il gruppo continua a svolgere una funzione cognitiva e partecipativa importante, ma in una forma più uniformemente percepita. Questa evidenza rafforza l'idea che l'ambiente digitale possa agire non come semplice contenitore tecnico, ma come dispositivo pedagogico capace di riorganizzare le condizioni dell'interazione tra pari e di incidere, in modo specifico, sulla qualità distribuita dell'esperienza collaborativa (Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. 2006). Le differenze tra ambienti asincroni e sincroni nel sostenere forme strutturate di partecipazione risultano coerenti con questa interpretazione.

5.6 Risultati dell'analisi dei cluster: dimensione “PBL e disciplina”

PBL tradizionale

Item analizzati nella dimensione “PBL e disciplina”

La seconda dimensione del questionario, denominata “PBL e disciplina”, è stata progettata per indagare la percezione degli studenti rispetto al contributo della metodologia *Problem Based Learning* all'apprendimento dei contenuti disciplinari e allo sviluppo di competenze cognitive legate alla risoluzione dei problemi. Si tratta di una dimensione particolarmente rilevante, perché consente di comprendere se gli studenti riconoscano al PBL non solo una funzione motivazionale o organizzativa, ma anche un effettivo impatto sul piano dell'apprendimento disciplinare, della comprensione dei contenuti e della trasferibilità delle conoscenze in situazioni problematiche.

Gli item considerati sono i seguenti:

X1: Il PBL accresce la capacità di sviluppare strategie risolutive (*problem solving*).

X2: Il PBL ha migliorato le mie capacità di risoluzione dei problemi.

X3: Le attività PBL sono state rilevanti per gli obiettivi del corso.

X4: Mi sento più preparato per affrontare situazioni reali grazie alla metodologia PBL.

X5: Ho trovato le attività PBL più coinvolgenti rispetto alle lezioni tradizionali.

X6: I problemi presentati durante le attività PBL erano realistici e ben progettati.

X7: Il PBL ha favorito un apprendimento più approfondito rispetto ai metodi tradizionali.

X8: Ho trovato che il feedback ricevuto durante le attività PBL è stato utile per il mio apprendimento.

X9: Il PBL mi ha aiutato a collegare la teoria alla pratica in modo efficace.

Dal punto di vista pedagogico, questa dimensione intercetta tre aspetti fondamentali del *Problem Based Learning*. Il primo riguarda lo sviluppo del *problem solving*, inteso come capacità di elaborare strategie risolutive e affrontare situazioni problematiche complesse. Il secondo concerne la rilevanza disciplinare delle attività, cioè la percezione che i compiti proposti siano coerenti con gli obiettivi del corso e con i nuclei fondanti della disciplina. Il terzo riguarda la connessione tra teoria e pratica, vale a dire la possibilità di applicare i concetti teorici a problemi realistici e situazioni concrete. Questa triplice articolazione è coerente con la letteratura sul PBL, che descrive tale approccio come learner-centered, orientato alla ricerca, all'integrazione tra teoria e pratica e allo sviluppo di soluzioni plausibili a problemi significativi.

Determinazione del numero ottimale di cluster

Per individuare eventuali profili differenziati di percezione dell'impatto del PBL sull'apprendimento disciplinare è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means, utilizzando il software XLSTAT. L'analisi è stata condotta esplorando soluzioni comprese tra 2 e 8 cluster. La scelta del numero di cluster è stata effettuata considerando congiuntamente tre criteri: l'andamento del silhouette score, il criterio di parsimonia e l'interpretabilità pedagogica dei profili individuati. L'impiego dell'indice di silhouette come criterio di validazione della partizione è coerente con l'impostazione proposta da Rousseeuw, che lo definisce uno strumento utile per valutare simultaneamente coesione interna e separazione reciproca dei cluster (Rousseeuw, 1987).

Nel caso del gruppo tradizionale, l'evoluzione del silhouette score è riportata nella tabella seguente.

Tabella 5.5 – Evoluzione dell'indice di silhouette nella dimensione “PBL e disciplina” (gruppo PBL tradizionale)

Numero di cluster	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette score	0,201	0,128	0,192	0,158	0,165	0,113	0,141

Il valore più elevato del silhouette score è associato alla soluzione con $k = 2$. Tuttavia, il valore corrispondente a $k = 4$ risulta relativamente vicino e, soprattutto, consente una lettura più articolata delle differenti modalità con cui gli studenti percepiscono il contributo del PBL all'apprendimento disciplinare. Poiché l'obiettivo dell'analisi non consiste esclusivamente nell'individuare la partizione statisticamente più compatta, ma anche nel far emergere profili educativamente significativi, è stata adottata una soluzione a quattro cluster. Tale scelta appare metodologicamente sostenibile anche alla luce dell'impostazione di Hair e colleghi, secondo cui nelle tecniche di segmentazione esplorativa la

selezione della soluzione finale deve tenere conto, accanto agli indicatori numerici, anche della capacità interpretativa del modello e della sua utilità euristica.

Questa configurazione permette infatti di distinguere non soltanto una tendenza prevalente, ma anche sottogruppi più specifici che restituiscono sfumature pedagogicamente rilevanti. In una ricerca educativa, soprattutto quando si lavora con campioni relativamente contenuti e con iem fortemente legati all'esperienza didattica, i cluster meno numerosi non devono essere automaticamente considerati anomalie, ma possono rappresentare profili minoritari particolarmente significativi sul piano interpretativo.

Caratterizzazione dei cluster

Una volta individuata la soluzione ritenuta più adeguata, i cluster sono stati interpretati analizzando i centroidi, cioè i valori medi degli item all'interno di ciascun gruppo. La tabella seguente riporta i centroidi dei cluster individuati, insieme alla numerosità degli studenti appartenenti a ciascun profilo.

Tabella 5.6– Centroidi dei cluster nella dimensione “PBL e disciplina” (gruppo PBL tradizionale)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	N
1	4,333	2,667	3,000	4,000	4,333	4,000	2,667	4,000	3,000	3
2	4,174	3,913	3,609	3,565	3,913	3,913	3,957	4,000	4,000	23
3	4,600	5,000	4,600	4,400	5,000	4,600	4,400	4,600	4,600	5
4	4,250	3,625	3,250	3,125	3,375	3,250	3,750	3,000	3,500	8

L'analisi dei centroidi consente di individuare quattro profili distinti di percezione dell'impatto disciplinare del PBL.

Il Cluster 2, che comprende 23 studenti, rappresenta il profilo prevalente del campione. Gli studenti appartenenti a questo gruppo mostrano valutazioni generalmente positive su quasi tutti gli item, pur senza raggiungere livelli massimi. Si tratta di un profilo di apprezzamento moderato e diffuso del PBL: il metodo viene riconosciuto come utile per lo sviluppo del *problem solving*, coerente con gli obiettivi del corso e capace di favorire il collegamento tra teoria e pratica, ma in modo meno intenso rispetto ai cluster più entusiasti. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster sembra rappresentare il nucleo centrale degli studenti che hanno vissuto il PBL come esperienza valida e funzionale, ma non necessariamente trasformativa. È il profilo di chi riconosce la bontà dell'impianto metodologico senza attribuirgli un impatto radicale sul proprio modo di apprendere la disciplina.

Il Cluster 3, composto da 5 studenti, è il profilo con le valutazioni più elevate. I punteggi molto alti su tutti gli item indicano studenti che percepiscono il PBL come particolarmente efficace sotto tutti e tre gli aspetti pedagogici considerati. In questo gruppo emergono con forza la dimensione del *problem solving*, la rilevanza disciplinare delle attività e la connessione tra teoria e pratica. Il PBL appare quindi come un dispositivo didattico altamente significativo, capace di far percepire l'apprendimento disciplinare non come accumulo di nozioni, ma come processo applicativo, strategico e profondamente integrato con il compito. Il fatto che anche il coinvolgimento e l'utilità del feedback risultino molto elevati suggerisce che per questi studenti la metodologia abbia generato un'esperienza pienamente coerente, in cui motivazione, comprensione e applicazione si sostengono reciprocamente.

Il Cluster 4, formato da 8 studenti, presenta valori intermedi ma più cauti, soprattutto negli item relativi alla preparazione ad affrontare situazioni reali, al coinvolgimento rispetto alle lezioni tradizionali e alla qualità del feedback. Questo cluster sembra raccogliere studenti che riconoscono alcuni benefici del PBL, in particolare sul piano generale dell'apprendimento e della strutturazione del percorso, ma che mostrano una percezione più contenuta rispetto al suo impatto motivazionale e applicativo. Dal punto di vista pedagogico, si tratta di un profilo di adesione prudente: il metodo viene considerato utile, ma non pienamente incisivo su tutte le dimensioni. Ciò suggerisce che la coerenza disciplinare delle attività sia stata percepita, ma senza tradursi per tutti in una forte trasformazione del rapporto tra conoscenza teorica e uso pratico della conoscenza stessa.

Il Cluster 1, che comprende 3 studenti, è il gruppo meno numeroso ma anche uno dei più specifici. In questo caso si osservano valutazioni alte su alcuni item legati al coinvolgimento, al realismo dei problemi e alla percezione generale del PBL, ma valori sensibilmente più bassi negli item relativi al miglioramento delle capacità di risoluzione dei problemi e all'apprendimento più approfondito rispetto ai metodi tradizionali. Questo profilo suggerisce una percezione selettiva del PBL: gli studenti riconoscono alcuni aspetti positivi della metodologia, ma non le attribuiscono un forte impatto sul piano del guadagno cognitivo più profondo. Proprio perché minoritario, questo cluster è particolarmente interessante, poiché segnala che non tutti gli studenti interpretano l'esperienza PBL in termini di effettivo potenziamento disciplinare. Alcuni ne apprezzano il formato, il realismo o il coinvolgimento, ma restano più cauti nel riconoscerle una superiore efficacia sul piano dell'apprendimento concettuale e della costruzione di strategie risolutive.

Nel complesso, la distribuzione dei cluster mostra una struttura non perfettamente equilibrata, ma ampiamente interpretabile. La presenza di un cluster dominante e di tre cluster più piccoli e differenziati suggerisce che nel gruppo tradizionale esista una percezione mediamente positiva del

PBL, accanto a sottogruppi che ne valorizzano aspetti specifici o che ne colgono in misura minore l'efficacia disciplinare. Proprio questa articolazione rende la soluzione a quattro cluster utile sul piano pedagogico, perché consente di far emergere non soltanto la tendenza prevalente, ma anche le diverse sfumature con cui gli studenti interpretano il contributo del PBL allo sviluppo del *problem solving*, alla rilevanza disciplinare delle attività e alla connessione tra teoria e pratica.

PBL in piattaforma Moodle

Item analizzati nella dimensione “PBL e disciplina”

Anche per il gruppo che ha svolto le attività attraverso la piattaforma Moodle è stata analizzata la dimensione “PBL e disciplina”, con l'obiettivo di indagare la percezione degli studenti rispetto al contributo della metodologia *Problem Based Learning* all'apprendimento dei contenuti disciplinari e allo sviluppo di competenze cognitive legate alla risoluzione dei problemi. Gli item considerati sono gli stessi utilizzati per il gruppo tradizionale, così da mantenere la piena comparabilità tra i due contesti. Questa scelta metodologica è particolarmente importante, poiché consente di osservare se l'ambiente digitale incida non tanto sulla natura della dimensione osservata, quanto sulla sua organizzazione interna e sulla distribuzione dei profili di percezione.

Dal punto di vista pedagogico, anche in questo caso la dimensione intercetta tre aspetti centrali del *Problem Based Learning*: lo sviluppo del *problem solving*, la rilevanza disciplinare delle attività rispetto agli obiettivi del corso e la connessione tra teoria e pratica, intesa come capacità di applicare i concetti a problemi realistici. In ambienti digitali strutturati, questi aspetti possono essere ulteriormente sostenuti dalla presenza di strumenti che rendono il compito più visibile, il feedback più accessibile e il processo di lavoro più scandito. La letteratura sul computer-supported collaborative learning e sull'e-learning evidenzia infatti che gli ambienti digitali possono contribuire a rendere più espliciti i processi di partecipazione e di regolazione dell'apprendimento.

Determinazione del numero ottimale di cluster

Per individuare eventuali profili differenziati di percezione dell'impatto del PBL sull'apprendimento disciplinare è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means, utilizzando il software XLSTAT. L'analisi ha esplorato soluzioni comprese tra 2 e 8 cluster. La scelta del numero ottimale di cluster è stata effettuata considerando l'andamento del silhouette score e la leggibilità pedagogica della soluzione.

Nel caso del gruppo che ha lavorato in piattaforma Moodle, i valori del silhouette score sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.7– Evoluzione dell'indice di silhouette nella dimensione “PBL e disciplina” (gruppo PBL Moodle)

Numero di cluster	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette score	0,111	0,411	0,344	0,241	0,354	-0,096	0,307

Sul piano strettamente statistico, il valore più elevato è associato alla soluzione con $k = 3$, che rappresenta quindi la configurazione più compatta secondo il silhouette score. Tuttavia, la tabella dei centroidi corretti che hai fornito restituisce una articolazione a quattro cluster, e questa soluzione, pur presentando un valore di silhouette inferiore a quello di $k = 3$, rimane comunque metodologicamente leggibile e pedagogicamente molto informativa. Per questa ragione, in continuità con l'impianto interpretativo adottato per il gruppo tradizionale, viene discussa la soluzione a quattro cluster, che consente di isolare un ulteriore profilo distinto e di restituire con maggiore finezza le diverse modalità con cui gli studenti hanno percepito il contributo del PBL mediato dalla piattaforma.

Questa scelta non annulla il dato statistico, che resta importante e va esplicitato, ma privilegia una lettura educativa più ricca. In altri termini, si può affermare che nel caso Moodle $k = 3$ costituisca la soluzione più forte sul piano della compattezza statistica, mentre $k = 4$ offre una segmentazione più fine e pedagogicamente più utile ai fini dell'interpretazione della dimensione analizzata.

Caratterizzazione dei cluster

Assunta questa prospettiva interpretativa, i centroidi dei cluster risultano i seguenti.

Tabella 5.8 – Centroidi dei cluster nella dimensione “PBL e disciplina” (gruppo PBL Moodle)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	5,000	4,600	4,400	4,600	4,800	4,600	4,600	4,800	4,800
2	4,000	3,714	4,000	3,857	3,857	4,000	4,000	4,000	4,143
3	3,200	3,200	3,000	3,000	3,400	3,000	3,400	3,200	3,200
4	4,667	3,667	4,000	3,333	4,000	3,667	3,000	4,000	4,333

La struttura dei centroidi mostra una configurazione complessivamente positiva, ma più differenziata di quanto la sola soluzione a tre cluster avrebbe lasciato intendere. Anche nel contesto Moodle, infatti, emergono profili distinti di percezione dell'impatto disciplinare del PBL.

Il Cluster 1 rappresenta il profilo di massima valorizzazione del PBL. Tutti i punteggi sono molto elevati e indicano che questi studenti riconoscono con forza il contributo della metodologia sia allo sviluppo del *problem solving* sia alla connessione tra teoria e pratica. Sono particolarmente alti i valori relativi al coinvolgimento nelle attività, all'utilità del feedback e alla capacità del PBL di rendere

applicabili i contenuti disciplinari. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster descrive studenti che percepiscono il PBL come una metodologia altamente significativa, capace di incidere simultaneamente sulle competenze cognitive, disciplinari e applicative. L'ambiente Moodle, in questo profilo, non appare come semplice supporto tecnico, ma come contesto che accompagna e struttura in modo efficace il rapporto tra problema, contenuto disciplinare e trasferibilità della conoscenza.

Il Cluster 2 presenta un profilo di apprezzamento equilibrato e stabilmente positivo. I punteggi sono mediamente alti, ma meno accentuati rispetto al cluster precedente. Gli studenti appartenenti a questo gruppo riconoscono il valore del PBL nel sostenere le strategie risolutive, la coerenza delle attività con gli obiettivi del corso e la connessione tra teoria e pratica, pur senza esprimere un entusiasmo massimo. Dal punto di vista pedagogico, si tratta del profilo che potremmo definire di piena accettazione funzionale: il metodo è percepito come utile, coerente e credibile, ma non necessariamente come esperienza di rottura o di trasformazione profonda del proprio modo di apprendere.

Il Cluster 3 presenta i valori più bassi, pur rimanendo complessivamente in un'area di sufficienza. Gli studenti appartenenti a questo gruppo mostrano una percezione più prudente dell'impatto del PBL, soprattutto rispetto alla rilevanza disciplinare delle attività, alla preparazione ad affrontare situazioni reali e alla connessione tra teoria e pratica. Anche lo sviluppo del *problem solving* viene riconosciuto, ma con minore intensità rispetto agli altri cluster. Questo profilo identifica quindi un gruppo che ha vissuto l'esperienza in modo meno incisivo, probabilmente riconoscendone l'utilità ma senza attribuirle un forte valore trasformativo. Pedagogicamente, è un cluster molto importante, perché segnala che anche in un ambiente digitale strutturato la mediazione del PBL non produce automaticamente un impatto elevato e uniforme su tutti gli studenti.

Il Cluster 4 costituisce un profilo selettivo e particolarmente interessante. I valori risultano generalmente positivi, con una buona valutazione delle capacità risolutive, della rilevanza del percorso e soprattutto della connessione tra teoria e pratica. Tuttavia, alcuni item, come la preparazione ad affrontare situazioni reali o la percezione di un apprendimento più approfondito rispetto ai metodi tradizionali, risultano più contenuti. Questo cluster sembra raccogliere studenti che riconoscono al PBL una efficacia applicativa e una certa coerenza disciplinare, ma che restano più cauti sul suo valore trasformativo complessivo. In termini pedagogici, si tratta di un profilo che valorizza il PBL soprattutto come mediazione operativa tra contenuto e uso del contenuto, più che come esperienza di profondo cambiamento nel modo di apprendere.

Nel complesso, la soluzione a quattro cluster nel caso Moodle restituisce una struttura sfumata ma leggibile. Pur sapendo che la soluzione a tre cluster è quella più forte sul piano del silhouette score, l'articolazione a quattro profili permette di distinguere una valutazione molto alta, una valutazione equilibrata, una valutazione prudente e una forma di apprezzamento selettivo particolarmente centrata sull'applicabilità disciplinare. Questa lettura è utile perché consente di cogliere non soltanto il livello medio di gradimento, ma anche il diverso modo in cui gli studenti attribuiscono valore al rapporto tra PBL, contenuti disciplinari e trasferibilità delle competenze.

Confronto tra i due macrogruppi “PBL tradizionale” e “PBL supportato da Moodle” nella dimensione “PBL e disciplina”

L'analisi della dimensione “PBL e disciplina” consente di confrontare la percezione degli studenti rispetto al contributo della metodologia *Problem Based Learning* all'apprendimento disciplinare nei due contesti didattici considerati: il gruppo che ha svolto le attività in modalità tradizionale e il gruppo che ha lavorato attraverso la piattaforma Moodle. Per entrambi i gruppi è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means, al fine di individuare eventuali profili differenziati di percezione dell'impatto del PBL sul processo di apprendimento. Tuttavia, la determinazione del numero di cluster e la configurazione finale dei profili restituiscono due quadri che, pur convergendo in una valutazione generalmente positiva del metodo, si distinguono per articolazione interna e per forma della distribuzione.

Nel caso dei gruppi tradizionali, la scelta di una configurazione a quattro cluster è stata motivata dalla necessità di cogliere in modo più analitico la varietà dei profili di percezione degli studenti. La soluzione a quattro cluster ha permesso infatti di distinguere un gruppo numericamente prevalente, caratterizzato da una valutazione moderatamente positiva del PBL, accanto a tre sottogruppi più specifici che enfatizzano aspetti diversi dell'esperienza didattica. In questo contesto, la cluster analysis ha evidenziato una certa eterogeneità delle percezioni, indicando che l'esperienza del PBL tradizionale viene interpretata dagli studenti in modi differenti. Alcuni ne colgono con forza il valore disciplinare e strategico, altri ne riconoscono una utilità più generale ma meno incisiva, altri ancora mostrano una adesione selettiva o più prudente.

Nel caso del gruppo che ha lavorato in piattaforma Moodle, il silhouette score ha indicato in modo più netto la soluzione con tre cluster come la più compatta statisticamente. Tuttavia, la disponibilità della tabella dei centroidi su quattro cluster consente di restituire una lettura più fine, che mette in evidenza un ulteriore profilo intermedio-selettivo. In termini sostantivi, anche nei gruppi Moodle emerge una differenziazione dei modi in cui gli studenti hanno percepito l'impatto disciplinare del

PBL, ma tale differenziazione appare meno polarizzata e più ordinata. I profili risultano infatti complessivamente collocati entro una gamma di valori positiva, con una minore distanza tra i livelli bassi e quelli alti rispetto a quanto osservato nel gruppo tradizionale.

Il confronto tra le due configurazioni evidenzia una differenza importante. Nel gruppo tradizionale, la struttura a quattro cluster suggerisce una maggiore frammentazione delle percezioni. Gli studenti interpretano il contributo del PBL all'apprendimento disciplinare attraverso prospettive differenti, e queste differenze si distribuiscono in modo più netto. Emergono sottogruppi specifici che attribuiscono maggiore importanza a singole dimensioni pedagogiche, come lo sviluppo delle competenze di *problem solving*, la connessione tra teoria e pratica o il coinvolgimento rispetto alle lezioni tradizionali. La percezione del metodo appare quindi più sensibile alle condizioni locali dell'esperienza, alla qualità del gruppo, al rapporto con il compito e alle modalità concrete con cui il percorso si è realizzato in aula.

Nei gruppi Moodle, invece, la struttura dei cluster appare più compatta e più leggibile. Pur nella presenza di profili distinti, la maggior parte degli studenti converge verso una valutazione complessivamente positiva della metodologia, mentre solo una minoranza si colloca su livelli più prudenti. Questo dato suggerisce che l'organizzazione delle attività all'interno della piattaforma digitale possa aver contribuito a rendere l'esperienza didattica più strutturata e, di conseguenza, a produrre percezioni più omogenee dell'impatto disciplinare del PBL. In altri termini, la mediazione digitale non sembra modificare radicalmente il giudizio complessivo sul metodo, ma tende a stabilizzarne la ricezione, riducendo almeno in parte la dispersione delle percezioni individuali.

Dal punto di vista pedagogico, entrambi i contesti evidenziano come il *Problem Based Learning* incida su tre dimensioni fondamentali del processo di apprendimento: lo sviluppo del *problem solving*, la rilevanza disciplinare delle attività rispetto agli obiettivi del corso e la connessione tra teoria e pratica. Tuttavia, mentre nel contesto tradizionale queste dimensioni sembrano emergere in modo più differenziato tra i vari gruppi di studenti, nel contesto supportato dalla piattaforma Moodle esse tendono a integrarsi in una percezione più convergente dell'esperienza formativa. Questo aspetto è particolarmente importante, perché suggerisce che l'ambiente digitale possa agire come dispositivo di regolazione dell'esperienza, rendendo più espliciti i percorsi, più accessibili i feedback e più stabili le opportunità di collegare il contenuto disciplinare al compito.

La rappresentazione grafica dei profili dei centroidi aiuta a visualizzare con immediatezza tali differenze. Nel caso della dimensione "PBL e disciplina", i profili dei cluster individuati nei due gruppi sono riportati nelle due figure seguenti. Nei gruppi che ha svolto le attività in modalità

tradizionale, il grafico mostra quattro profili distinti di percezione dell’impatto disciplinare del PBL. Come si osserva nella figura, i profili risultano differenziati, con un cluster caratterizzato da valutazioni molto elevate su tutti gli item e altri cluster che presentano livelli più moderati o più selettivi.

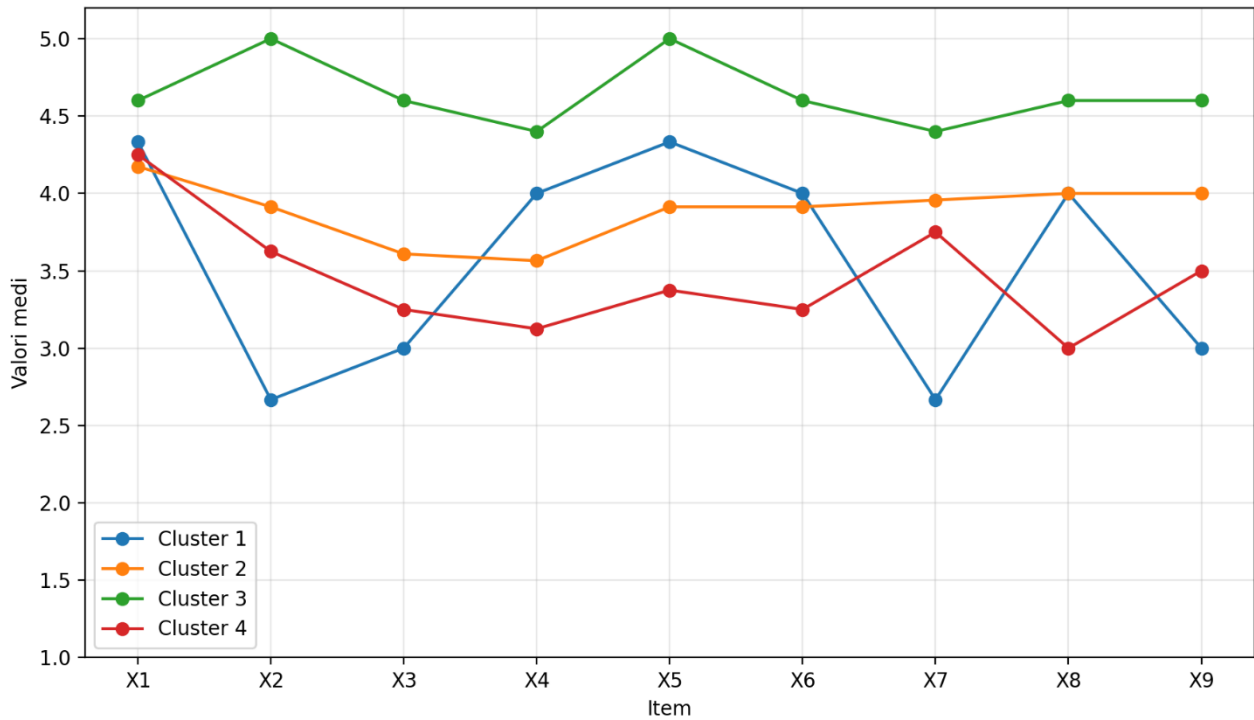


Figura 5.3 – Profili dei centroidi dei cluster nei gruppi PBL tradizionale. Dimensione “PBL e disciplina”

Per i gruppi che hanno lavorato in piattaforma Moodle, invece, la struttura dei cluster risulta più compatta. Anche qui si osservano quattro profili, ma le linee dei centroidi mostrano una maggiore convergenza e una distanza meno marcata rispetto al caso tradizionale. Questo suggerisce una percezione più omogenea dell’impatto disciplinare del PBL, pur nella presenza di sfumature interne.

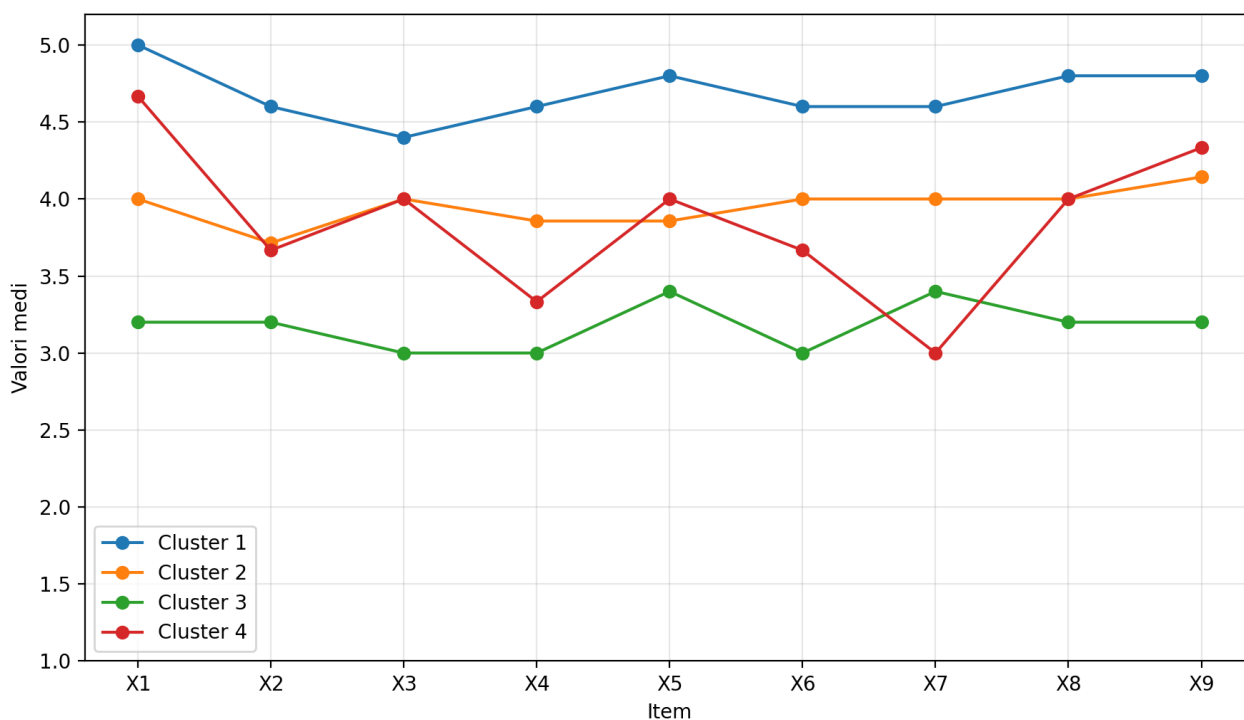


Figura 5.4 – Profili dei centroidi dei cluster nei gruppi PBL supportato da Moodle. Dimensione “PBL e disciplina”

La lettura congiunta delle due figure consente quindi di visualizzare in modo chiaro le differenze tra i due contesti didattici. Nei gruppi tradizionali emergono profili più frammentati di percezione dell’esperienza, mentre nei gruppi Moodle si osserva una configurazione più compatta e strutturata delle valutazioni. Questa evidenza rafforza l’interpretazione secondo cui l’integrazione tra metodologia PBL e ambiente digitale non modifica radicalmente la valutazione complessiva della metodologia, che risulta positiva in entrambi i casi, ma può contribuire a rendere più coerente e condivisa la percezione dell’impatto disciplinare del PBL tra gli studenti.

5.7 Analisi dei cluster: dimensione “Approccio personale al PBL”

PBL tradizionale

Item analizzati nella dimensione “Approccio personale al PBL”

La terza dimensione del questionario analizza la percezione degli studenti rispetto all’impatto della metodologia *Problem Based Learning* sul proprio approccio personale all’apprendimento e sullo sviluppo di competenze trasversali. Si tratta di una dimensione particolarmente significativa, poiché sposta l’attenzione dagli esiti immediatamente legati ai contenuti disciplinari verso il modo in cui gli studenti percepiscono la trasformazione del proprio modo di studiare, di affrontare i problemi, di organizzare il lavoro e di attribuire senso formativo all’esperienza svolta.

Gli item considerati riguardano lo sviluppo delle capacità di comunicazione, l'aumento della motivazione ad apprendere, la migliore comprensione dei concetti teorici, la maggiore autonomia nello studio, lo sviluppo del pensiero critico, la capacità di gestione del tempo, la fiducia nel lavorare su problemi complessi, la capacità di ricerca autonoma e la percezione dell'utilità professionale delle competenze acquisite. Dal punto di vista pedagogico, questa dimensione consente di osservare tre aspetti fondamentali dell'apprendimento attivo. Il primo riguarda lo sviluppo di competenze trasversali, cioè di quelle disposizioni e capacità che sostengono l'apprendimento oltre il contenuto specifico. Il secondo concerne il rafforzamento del pensiero critico e dell'autonomia cognitiva, vale a dire la capacità di prendere decisioni, valutare alternative, organizzare il lavoro e affrontare problemi complessi con maggiore consapevolezza. Il terzo riguarda la percezione della rilevanza professionale dell'esperienza formativa, ossia il riconoscimento del fatto che le competenze sviluppate attraverso il PBL possano essere trasferite in contesti futuri di studio e di lavoro. Questa lettura è coerente con la letteratura sul PBL, che attribuisce a tale metodologia un ruolo importante nello sviluppo di competenze autonome e riflessive, oltre che nella costruzione di apprendimenti situati e orientati all'azione.

Determinazione del numero ottimale di cluster

Per individuare eventuali profili differenziati di percezione dell'impatto del PBL sull'approccio personale degli studenti è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means utilizzando il software XLSTAT. Sono state esplorate soluzioni comprese tra due e otto cluster. La valutazione della qualità della partizione è stata condotta considerando l'andamento del silhouette score, indicatore che consente di apprezzare contemporaneamente la coesione interna dei gruppi e la loro separazione reciproca, secondo il quadro metodologico proposto da Rousseeuw (Rousseeuw, 1987). In coerenza con l'impostazione di Hair e colleghi, la scelta finale del numero di cluster non è stata basata esclusivamente sul valore massimo dell'indice, ma anche sulla parsimonia della soluzione e sulla sua interpretabilità pedagogica.

L'evoluzione del silhouette score nei gruppi PBL tradizionale è riportata nella tabella seguente.

Tabella 5.9 – Evoluzione dell'indice di silhouette nella dimensione “Approccio personale al PBL” (gruppo PBL tradizionale)

Numero di cluster	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette score	0,227	0,184	0,175	0,142	0,162	0,167	0,148

Sebbene il valore massimo sia associato alla soluzione con $k = 2$, la differenza rispetto alla soluzione con $k = 3$ risulta relativamente contenuta. In una prospettiva puramente statistica, la soluzione a due

cluster potrebbe apparire la più compatta; tuttavia, in una ricerca educativa l'obiettivo non consiste soltanto nell'ottenere la partizione numericamente più forte, ma anche nel riuscire a distinguere configurazioni interpretabili dal punto di vista formativo. Per questa ragione è stata adottata una soluzione a tre cluster, ritenuta più adeguata sul piano interpretativo e pedagogico. Essa consente infatti di distinguere con maggiore finezza tre livelli differenti di percezione dell'impatto personale del PBL, evitando al tempo stesso una frammentazione eccessiva del campione.

Caratterizzazione dei cluster

Una volta individuata la soluzione ritenuta più adeguata, l'interpretazione dei cluster è stata condotta attraverso l'analisi dei centroidi, cioè dei valori medi assunti dai diversi item all'interno di ciascun gruppo. La tabella seguente riporta i centroidi dei tre cluster individuati.

Tabella 5.10 – Centroidi dei cluster nella dimensione “Approccio personale al PBL” (gruppo PBL tradizionale)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	4,400	4,133	3,933	4,067	4,267	4,067	4,267	4,267	4,267
2	3,357	3,500	4,071	3,143	3,857	3,500	3,571	3,357	4,000
3	3,600	3,400	2,900	3,200	3,100	3,500	3,000	3,100	3,300

L'analisi dei centroidi consente di individuare tre profili distinti di percezione dell'impatto personale del PBL.

Il Cluster 1 rappresenta il profilo di massima valorizzazione dello sviluppo personale favorito dalla metodologia. I punteggi sono elevati su quasi tutti gli item e descrivono studenti che attribuiscono al PBL una funzione significativa nel rafforzamento delle proprie competenze trasversali e cognitive. In questo gruppo assumono particolare rilievo la comunicazione, il pensiero critico, la fiducia nell'affrontare problemi complessi, la capacità di ricerca autonoma e la percezione dell'utilità professionale delle competenze sviluppate. Dal punto di vista pedagogico, si tratta del profilo in cui il PBL viene percepito come esperienza non soltanto utile, ma trasformativa: gli studenti non si limitano a riconoscerne l'efficacia sul compito, ma vi leggono un contributo più ampio alla costruzione del proprio modo di apprendere e di collocarsi di fronte ai problemi. Anche l'autonomia nello studio e la gestione del tempo presentano valori alti, suggerendo che il metodo venga interpretato come ambiente capace di responsabilizzare e di sostenere forme più mature di autoregolazione.

Il Cluster 2 rappresenta un profilo intermedio, caratterizzato da una valutazione complessivamente positiva ma meno intensa. Gli studenti appartenenti a questo gruppo riconoscono al PBL una buona

efficacia soprattutto rispetto alla comprensione dei concetti teorici e alla percezione della spendibilità futura delle competenze acquisite, mentre l'impatto risulta più contenuto su aspetti come l'autonomia nello studio, la capacità di ricerca autonoma e la comunicazione. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster può essere interpretato come una forma di apprezzamento selettivo e moderato: il PBL viene percepito come utile, soprattutto perché rende più comprensibili i concetti e più visibile la connessione con una futura applicazione professionale, ma non viene vissuto da tutti come dispositivo di profonda trasformazione del proprio approccio personale all'apprendimento. È un profilo importante, perché mostra come il valore della metodologia possa essere riconosciuto anche senza generare, in ogni caso, una forte sensazione di cambiamento personale globale.

Il Cluster 3 presenta valori più contenuti e descrive un profilo di percezione più prudente. In questo gruppo risultano meno evidenti gli effetti del PBL sulla comprensione teorica, sul pensiero critico, sulla fiducia nel lavorare su problemi complessi e sulla ricerca autonoma. Anche la percezione dell'utilità professionale delle competenze acquisite appare più moderata. Ciò non significa che la metodologia venga rifiutata, ma piuttosto che il suo impatto personale viene percepito in modo meno incisivo e meno trasformativo. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster segnala che non tutti gli studenti vivono il PBL come esperienza capace di rafforzare in modo evidente la propria autonomia cognitiva e la propria postura riflessiva. Il dato è particolarmente rilevante, perché richiama l'attenzione sulla necessità di distinguere tra partecipazione alla metodologia e appropriazione personale dei suoi benefici.

Nel complesso, la soluzione a tre cluster consente di distinguere tre livelli di percezione dell'impatto personale del PBL: una forte valorizzazione dell'esperienza, una percezione moderatamente positiva e una valutazione più prudente. Questa articolazione appare particolarmente utile dal punto di vista pedagogico, perché permette di cogliere la varietà delle esperienze degli studenti e di leggere il PBL non come dispositivo che produce effetti uniformi, ma come esperienza la cui incidenza sul piano personale può essere recepita con intensità differenti.

PBL Moodle

Item analizzati nella dimensione “Approccio personale al PBL”

Anche nei gruppi che hanno svolto le attività attraverso la piattaforma Moodle è stata analizzata la dimensione relativa all'approccio personale al PBL. Gli item considerati sono i medesimi già adottati per il gruppo tradizionale: sviluppo delle capacità di comunicazione, aumento della motivazione ad apprendere, migliore comprensione dei concetti teorici, maggiore autonomia nello studio, sviluppo

del pensiero critico, capacità di gestione del tempo, fiducia nel lavorare su problemi complessi, capacità di ricerca autonoma e percezione dell'utilità professionale delle competenze acquisite.

Dal punto di vista pedagogico, questa dimensione consente di osservare se e in che misura l'ambiente digitale sostenga una percezione più strutturata dello sviluppo personale, contribuendo a rafforzare non solo il rapporto con il contenuto, ma anche la fiducia dello studente nelle proprie capacità di affrontare problemi, organizzare il lavoro e attribuire valore formativo all'esperienza. In ambienti e-learning, infatti, la strutturazione dei compiti, la disponibilità dei materiali, la visibilità del feedback e la possibilità di gestire tempi e contributi in modo più controllato possono incidere sulla percezione di autonomia e di partecipazione cognitiva. Hrastinski, ad esempio, mostra che le forme asincrone di e-learning tendono a favorire riflessione, elaborazione del contributo e processi di partecipazione cognitiva, aspetti che si intrecciano direttamente con la dimensione qui considerata (Hrastinski, S. 2008).

Determinazione del numero ottimale di cluster

Per individuare eventuali profili differenziati di percezione dell'impatto del PBL sull'approccio personale degli studenti è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means mediante il software XLSTAT. Sono state esplorate soluzioni comprese tra 2 e 8 cluster. L'andamento del silhouette score è riportato nella tabella seguente.

Tabella 5.11 – Evoluzione dell'indice di silhouette nella dimensione “Approccio personale al PBL” (gruppo PBL Moodle)

Numero di cluster	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette score	0,387	0,378	0,284	0,296	0,306	0,412	0,476

Il valore massimo del silhouette score è associato alla soluzione con $k = 8$. Tuttavia, una lettura puramente numerica di questo dato non sarebbe metodologicamente adeguata. Come da informazione ricavata dal file Excel, le soluzioni con valori più elevati del silhouette score restituiscono cluster con un solo studente, e risultano quindi poco utili ai fini dell'interpretazione pedagogica. Per questa ragione, la scelta del numero ottimale di cluster è stata orientata non soltanto dalla coesione statistica, ma anche dalla stabilità e dalla significatività educativa dei profili. In questo quadro, è stata adottata una soluzione a tre cluster, ritenuta la più adeguata: essa mantiene un valore di silhouette elevato, evita la formazione di cluster singleton e consente di distinguere tre profili leggibili di percezione dell'impatto personale del PBL.

Questa scelta appare coerente con una logica metodologica che, soprattutto in campioni contenuti, privilegia soluzioni capaci di coniugare robustezza e interpretabilità. La soluzione a tre cluster permette infatti di isolare un profilo di forte valorizzazione, un profilo equilibrato e un profilo più prudente, senza sacrificare la coerenza interna dei gruppi.

Caratterizzazione dei cluster

I centroidi dei cluster individuati sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.12 – Centroidi dei cluster nella dimensione “Approccio personale al PBL” (gruppo PBL Moodle)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
1	4,400	4,400	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800
2	4,000	4,000	3,857	4,000	3,857	4,000	4,143	3,857	4,000
3	3,750	3,375	3,500	3,125	3,125	3,500	3,000	3,250	3,500

L’analisi dei centroidi consente di individuare tre profili distinti di percezione dell’impatto personale del PBL nei gruppi che hanno lavorato attraverso la piattaforma Moodle.

Il Cluster 1 rappresenta il profilo di massima valorizzazione dello sviluppo personale. I valori medi sono molto elevati su tutti gli item analizzati, e risultano particolarmente alti quelli relativi alla comprensione dei concetti teorici, all’autonomia nello studio, al pensiero critico, alla gestione del tempo, alla fiducia nel lavorare su problemi complessi, alla ricerca autonoma e alla rilevanza professionale delle competenze acquisite. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster descrive studenti che percepiscono il PBL come esperienza profondamente formativa, capace di incidere simultaneamente sulle competenze trasversali, sull’autonomia cognitiva e sulla visione del proprio futuro professionale. La piattaforma, in questo profilo, sembra funzionare come ambiente che sostiene la continuità del lavoro, la chiarezza dei compiti e la possibilità di maturare maggiore controllo sul proprio processo di apprendimento.

Il Cluster 2 rappresenta un profilo di apprezzamento equilibrato e stabilmente positivo. I punteggi risultano tutti collocati intorno a valori buoni, senza raggiungere i livelli molto elevati del cluster precedente. Gli studenti appartenenti a questo gruppo riconoscono al PBL un impatto favorevole sulla comunicazione, sull’autonomia, sulla gestione del tempo, sulla fiducia nell’affrontare problemi complessi e sulla rilevanza futura delle competenze, ma in forma meno intensa. Pedagogicamente, questo cluster rappresenta il nucleo di studenti per i quali il PBL mediato da Moodle si configura come esperienza solida e utile, anche se non vissuta con la stessa forza trasformativa osservabile nel

profilo più alto. È un gruppo particolarmente importante, perché suggerisce che l'ambiente digitale può sostenere una percezione condivisa e sufficientemente stabile dei benefici personali della metodologia.

Il Cluster 3 presenta valori più contenuti e identifica un profilo di percezione più prudente. Risultano più bassi, in particolare, gli item relativi all'autonomia nello studio, al pensiero critico, alla fiducia nel lavorare su problemi complessi e alla capacità di ricerca autonoma. Anche la motivazione e la percezione dell'utilità professionale dell'esperienza risultano meno accentuate. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster segnala l'esistenza di un gruppo di studenti che, pur riconoscendo alcuni benefici del PBL, non ne percepisce un impatto personale particolarmente forte. Il metodo appare utile, ma meno incisivo sul piano della costruzione di una postura autonoma e riflessiva. Questo profilo, proprio perché meno elevato, è rilevante: mostra che la mediazione digitale non elimina le differenze individuali, ma può comunque contenerle entro una configurazione più ordinata e leggibile.

Nel complesso, la cluster analysis evidenzia la presenza di tre profili principali di percezione dell'impatto personale del PBL nei gruppi che hanno lavorato attraverso la piattaforma Moodle. Un primo gruppo percepisce il PBL come esperienza altamente efficace nello sviluppo di competenze trasversali, autonomia cognitiva e fiducia nell'affrontare problemi complessi; un secondo gruppo ne riconosce benefici in modo equilibrato e diffuso; un terzo gruppo, infine, ne percepisce l'impatto in forma più moderata. Questa configurazione suggerisce che, nel contesto supportato dalla piattaforma digitale, la percezione degli studenti tende a organizzarsi lungo una gradazione di intensità più ordinata rispetto a quella osservabile nei gruppi tradizionali.

Confronto tra i due macrogruppi “PBL tradizionale” e “PBL supportato da Moodle” nella dimensione “Approccio personale al PBL”

L'analisi della dimensione relativa all'approccio personale al PBL consente di confrontare la percezione degli studenti rispetto all'impatto della metodologia sul proprio sviluppo personale nei due contesti didattici considerati: il gruppo che ha svolto le attività in modalità tradizionale e il gruppo che ha lavorato con PBL supportato dalla piattaforma Moodle. Per entrambi i gruppi è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means, al fine di individuare eventuali profili differenziati di percezione dell'impatto del PBL sullo sviluppo delle competenze personali degli studenti. In entrambi i casi, la soluzione finale adottata è risultata pari a tre cluster; tuttavia, la struttura interna dei profili restituisce differenze significative sul piano pedagogico.

Nei gruppo tradizionali, la soluzione a tre cluster consente di distinguere tre livelli di percezione dell'impatto personale del PBL: un profilo di forte valorizzazione dello sviluppo di competenze trasversali e cognitive, un profilo intermedio di apprezzamento selettivo e moderato e un profilo che esprime una valutazione più prudente dell'impatto personale della metodologia. Ciò che colpisce maggiormente è la diversa configurazione interna di questi profili. Il gruppo tradizionale non si distribuisce semplicemente lungo una scala crescente o decrescente di gradimento, ma mostra differenze più specifiche su alcune dimensioni. Per esempio, il cluster intermedio valorizza in modo relativamente buono la comprensione teorica e l'utilità professionale, ma non presenta la stessa intensità su autonomia, comunicazione e ricerca autonoma. Questo suggerisce che, nel contesto tradizionale, l'impatto personale del PBL venga interpretato in modi più differenziati: alcuni studenti ne colgono soprattutto la valenza cognitiva, altri la sua capacità trasformativa globale, altri ancora ne percepiscono solo una parte dei benefici.

Nei gruppi Moodle, invece, la struttura dei cluster appare più compatta e più ordinata. I tre profili individuati restituiscono una gradazione più lineare, che va da una forte valorizzazione dello sviluppo personale a una percezione equilibrata, fino a una valutazione più prudente. Anche il cluster meno elevato si mantiene comunque su livelli che non esprimono rifiuto del metodo, ma una più moderata percezione dei suoi effetti. Questa configurazione suggerisce che l'ambiente digitale possa contribuire a rendere più stabile e più leggibile la percezione dell'impatto personale del PBL, probabilmente perché organizza il lavoro in modo più esplicito e fornisce agli studenti un contesto maggiormente strutturato per esercitare autonomia, gestione del tempo e ricerca individuale.

Una differenza importante tra i due contesti riguarda dunque la forma della distribuzione delle percezioni. Nei gruppi tradizionali, i profili appaiono più eterogenei nella loro fisionomia interna: non emerge soltanto una differenza di intensità, ma una differenza di composizione, ossia di quali aspetti dello sviluppo personale vengano maggiormente riconosciuti. Nei gruppi Moodle, invece, la distribuzione appare più regolare: i tre cluster sembrano collocarsi lungo un continuum più lineare di intensità percettiva. Questo elemento è pedagogicamente rilevante, perché suggerisce che la piattaforma non si limiti a supportare la metodologia, ma possa contribuire a uniformarne almeno in parte la ricezione soggettiva.

Le rappresentazioni grafiche dei centroidi permettono di visualizzare con immediatezza queste differenze strutturali. Nei gruppo tradizionali, il profilo dei cluster è riportato nella seguente figura:

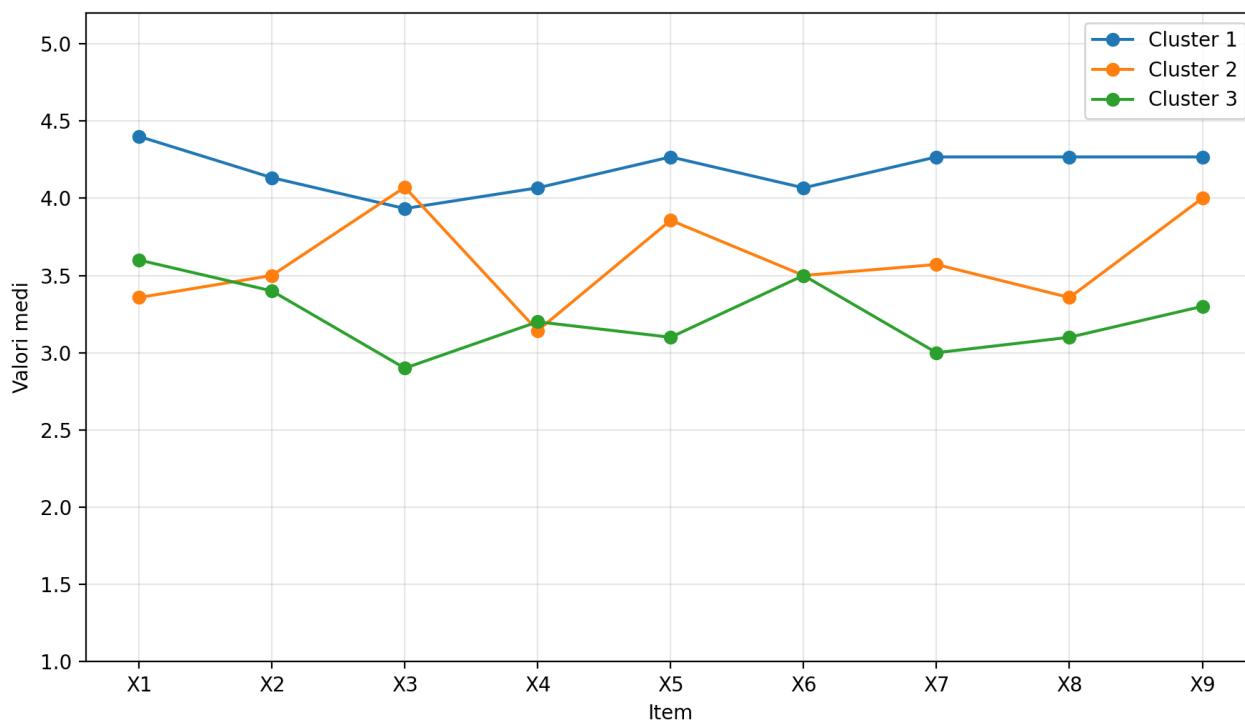


Figura 5.5 – Profili dei centroidi dei cluster nei gruppi PBL tradizionale. Dimensione “Approccio personale al PBL”

La figura mostra chiaramente tre profili distinti, con una distribuzione meno lineare e con differenze più marcate nella forma delle curve. In particolare, il cluster intermedio non si colloca sempre a metà tra gli altri due, ma presenta alcuni picchi e alcune attenuazioni specifiche, segnalando una percezione selettiva dei benefici del PBL.

Nei gruppi Moodle, il profilo dei cluster è riportato nella seguente figura:

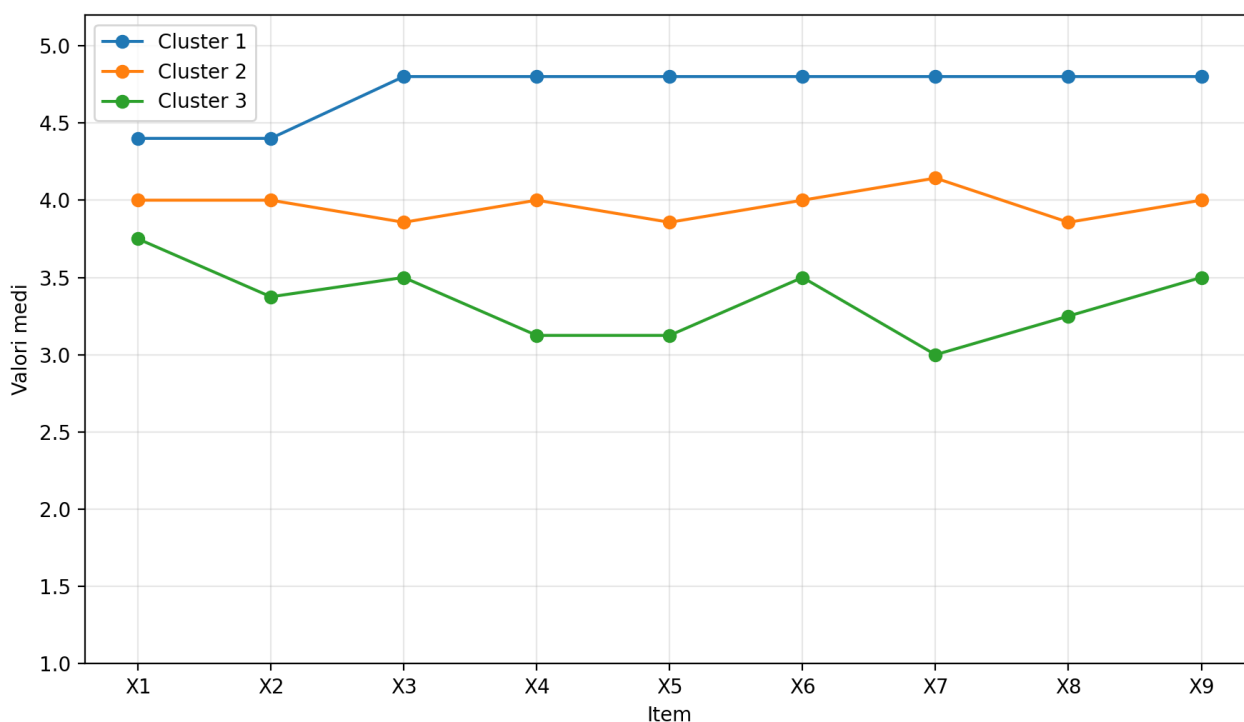


Figura 5.6 – Profili dei centroidi dei cluster nei gruppi PBL supportato da Moodle. Dimensione “Approccio personale al PBL”

In questo caso le curve risultano più ordinate e più ravvicinate, soprattutto tra il cluster alto e quello intermedio, mentre il cluster più basso mantiene comunque una configurazione coerente e priva di cadute drastiche. La figura conferma visivamente che, nel contesto digitale, le valutazioni degli studenti risultano mediamente meno disperse e più organizzate lungo un gradiente di intensità.

Nel complesso, il confronto suggerisce che l'integrazione tra *Problem Based Learning* e ambiente digitale non modifichi soltanto l'organizzazione delle attività didattiche, ma possa contribuire anche a rendere più coerente e condivisa la percezione dell'impatto personale dell'esperienza formativa. Nel contesto tradizionale, il PBL sembra produrre configurazioni più differenziate e più sensibili alle specifiche modalità con cui gli studenti vivono il rapporto tra metodo, gruppo e compito. Nel contesto Moodle, al contrario, la piattaforma sembra sostenere una ricezione più stabile della metodologia, riducendo la frammentazione delle percezioni e favorendo una più ordinata distribuzione dei benefici percepiti. Questa evidenza è coerente con l'idea che gli ambienti digitali, specialmente quelli che supportano modalità di partecipazione asincrona e tracciabile, possano favorire una partecipazione cognitiva più riflessiva e una maggiore regolarità nell'esperienza formativa.

5.8 Analisi dei cluster: dimensione “Ruolo del tutor”

PBL tradizionale

Item analizzati nella dimensione “Ruolo del tutor”

La dimensione relativa al ruolo del tutor analizza la percezione degli studenti rispetto alla funzione svolta dal tutor durante le attività di *Problem Based Learning*. Nel quadro teorico del PBL, il tutor non agisce come semplice trasmettitore di contenuti, ma come facilitatore del processo di apprendimento: incoraggia, orienta, sostiene il gruppo nel confronto, aiuta a mantenere il focus sul problema e accompagna gli studenti nella costruzione progressiva delle strategie risolutive. Il tutor svolge una funzione pedagogica complessa, che tiene insieme supporto motivazionale, facilitazione della discussione e scaffolding cognitivo. Questa interpretazione è coerente con la letteratura sul PBL, che descrive il tutor come figura capace di guidare il processo senza sostituirsi agli studenti nella costruzione della soluzione.

Gli item analizzati in questa dimensione sono tre e intercettano altrettanti aspetti centrali della funzione tutoriale:

X1: Il tutor svolge la funzione di incoraggiamento, aiuto e motivazione.

X2: Il tutor guida i partecipanti del gruppo e favorisce momenti di scambio di opinioni ed esperienze sul problema da analizzare.

X3: Il ruolo del tutor/facilitatore è stato fondamentale per il successo delle attività PBL.

Dal punto di vista pedagogico, tali item consentono di analizzare tre componenti fondamentali del tutoring nel PBL. La prima è il supporto motivazionale, cioè la capacità del tutor di incoraggiare e sostenere gli studenti durante il lavoro. La seconda è la facilitazione delle dinamiche collaborative, ovvero la capacità di promuovere lo scambio di opinioni, il confronto tra pari e la costruzione dialogica del problema. La terza è la funzione di guida e scaffolding, cioè il ruolo del tutor nel rendere possibile il buon andamento del processo senza assumere una posizione direttiva o sostitutiva.

Determinazione del numero ottimale di cluster

Per analizzare la percezione degli studenti rispetto al ruolo del tutor nelle attività di *Problem Based Learning* è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means, utilizzando il software XLSTAT. Sono state esplorate soluzioni comprese tra 2 e 8 cluster. In coerenza con l'impostazione

metodologica adottata nelle sezioni precedenti, la scelta finale del numero di cluster è stata effettuata considerando congiuntamente l'andamento del silhouette score, la parsimonia della soluzione e la sua interpretabilità pedagogica.

L'evoluzione del silhouette score nei gruppi tradizionali è riportata nella tabella seguente.

Tabella 5.13– Evoluzione dell'indice di silhouette nella dimensione “Ruolo del tutor” (gruppo PBL tradizionale)

Numero di cluster	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette score	0,553	0,579	0,568	0,678	0,469	0,784	0,5535,000

A una lettura puramente numerica, i valori più elevati dell'indice sembrerebbero favorire soluzioni con un numero maggiore di cluster. Tuttavia, tali configurazioni non risultano metodologicamente adeguate. Come evidenziato dai dati del file Excel, la soluzione a cinque cluster produrrebbe almeno un cluster con un solo studente, mentre i valori anomali associati alle soluzioni più alte indicano assetti non utilizzabili sul piano interpretativo. In un campione contenuto e con soli tre item, una segmentazione di questo tipo non sarebbe rappresentativa della struttura effettiva del gruppo, ma restituirebbe piuttosto una frammentazione artificiosa, poco solida e scarsamente leggibile. Per questa ragione è stata adottata una soluzione con $k = 3$, che rappresenta il miglior compromesso tra qualità statistica della partizione e significatività pedagogica dei risultati. Tale scelta permette infatti di distinguere tre configurazioni sostantivamente interpretabili del ruolo tutoriale senza generare cluster singleton o gruppi numericamente instabili.

Caratterizzazione dei cluster

Una volta individuata la soluzione ritenuta più adeguata, l'interpretazione dei cluster è stata condotta attraverso l'analisi dei centroidi. I valori medi dei tre item nei cluster individuati sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.14 – Centroidi dei cluster nella dimensione “Ruolo del tutor” (gruppo PBL tradizionale)

Cluster	X1	X2	X3
1	5,000	4,364	4,273
2	3,000	3,556	3,222
3	4,000	4,000	4,053

L'analisi dei centroidi consente di individuare tre profili distinti di percezione del ruolo del tutor nei gruppi che hanno lavorato con PBL tradizionale.

Il Cluster 1 rappresenta il profilo di massima valorizzazione del ruolo tutoriale. Il valore massimo registrato sull'item relativo all'incoraggiamento, all'aiuto e alla motivazione, associato a punteggi elevati anche sugli altri due item, indica che questi studenti percepiscono il tutor come una figura centrale nel processo di apprendimento. Il tutor è visto non solo come facilitatore della discussione, ma come presenza decisiva nel sostenere il gruppo, nel mantenere attiva la partecipazione e nel rafforzare la fiducia degli studenti lungo il percorso di *problem solving*. Dal punto di vista pedagogico, si tratta del profilo in cui la funzione tutoriale viene percepita come pienamente integrata: motivazione, regolazione del processo e successo dell'attività appaiono strettamente connessi.

Il Cluster 3 presenta valori stabilmente positivi e relativamente omogenei su tutti gli item. Gli studenti appartenenti a questo gruppo riconoscono al tutor un ruolo importante, ma in modo meno accentuato rispetto al cluster precedente. Non emerge una enfasi particolare su un singolo aspetto, quanto piuttosto una percezione equilibrata del tutor come presenza di guida, supporto e facilitazione. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster rappresenta un profilo di valorizzazione ordinaria ma solida della funzione tutoriale: il tutor è percepito come parte significativa dell'esperienza PBL, pur senza essere collocato in una posizione fortemente centrale o decisiva.

Il Cluster 2 presenta invece valori più contenuti su tutti gli item, in particolare sull'aspetto motivazionale e sulla percezione del tutor come elemento fondamentale per il successo delle attività. Ciò suggerisce una percezione più prudente del contributo tutoriale. Gli studenti di questo gruppo riconoscono al tutor una certa utilità, soprattutto nella guida del gruppo e nella facilitazione dello scambio, ma tendono a non attribuirgli un ruolo determinante nel successo complessivo del PBL. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster non va letto come negazione della funzione tutoriale, bensì come profilo in cui il tutor viene percepito come supporto presente ma non decisivo. È possibile che, per questi studenti, la qualità dell'esperienza sia stata attribuita maggiormente alla dinamica del gruppo o alla struttura del compito piuttosto che alla mediazione del facilitatore.

Nel complesso, la cluster analysis evidenzia tre modalità differenti di interpretazione del ruolo del tutor nel contesto del PBL tradizionale. Una parte degli studenti attribuisce al tutor una funzione pienamente centrale nel sostenere la motivazione e il successo del percorso; un secondo gruppo ne riconosce il valore in modo equilibrato; un terzo gruppo esprime una percezione più moderata della sua importanza. Questa articolazione suggerisce che, nel contesto tradizionale, la funzione tutoriale venga effettivamente riconosciuta come significativa, ma con livelli differenti di centralità percepita, probabilmente in relazione alle dinamiche locali del gruppo e alle modalità concrete con cui la mediazione del tutor è stata vissuta.

PBL supportato da Moodle

Item analizzati nella dimensione “Ruolo del tutor”

La dimensione “Ruolo del tutor” analizza la percezione degli studenti rispetto alla funzione svolta dal tutor durante le attività di *Problem Based Learning* supportate dalla piattaforma Moodle. Anche in questo caso gli item analizzati riguardano il supporto motivazionale, la guida dei partecipanti e la funzione del tutor come elemento fondamentale per il successo delle attività. La continuità degli item tra i due contesti consente una piena comparabilità tra la configurazione tutoriale percepita nel PBL tradizionale e quella percepita nel PBL mediato dall’ambiente digitale.

Dal punto di vista pedagogico, questa dimensione mantiene la stessa triplice articolazione già evidenziata per il gruppo tradizionale: supporto motivazionale, facilitazione delle dinamiche collaborative e funzione di scaffolding nel processo di risoluzione dei problemi. Nel contesto Moodle, tuttavia, la figura tutoriale si colloca entro un ambiente maggiormente strutturato, nel quale parte della regolazione del processo può essere “incorporata” anche nell’organizzazione della piattaforma, nella sequenza dei compiti, nella disponibilità dei materiali e nella visibilità delle interazioni. La letteratura sull’e-learning suggerisce infatti che gli ambienti asincroni e strutturati possono rendere più espliciti i processi di partecipazione e di regolazione, sostenendo in modo diverso il rapporto tra docente/tutor e studenti.

Determinazione del numero ottimale di cluster

Per individuare eventuali profili differenziati di percezione del ruolo del tutor è stata applicata una cluster analysis con algoritmo K-means, utilizzando il software XLSTAT. Sono state esplorate soluzioni comprese tra due e otto cluster. L’evoluzione del silhouette score nei gruppi Moodle è riportata nella tabella seguente.

Tabella 5.15 – Evoluzione dell’indice di silhouette nella dimensione “Ruolo del tutor” (gruppo PBL Moodle)

Numero di cluster	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette score	0,171	0,656	-0,195	0,723	65535,000	65535,000	65535,000

Sul piano strettamente numerico, il silhouette score sembrerebbe favorire la soluzione con $k = 5$, mentre per valori superiori si osservano esiti anomali chiaramente non interpretabili. Tuttavia, come indicato dai dati del file Excel, anche nel caso Moodle la configurazione con valore più elevato

genererebbe cluster non rappresentativi, con la presenza di un solo studente in almeno un cluster. In un campione di 20 studenti e con soli tre item, una partizione di questo tipo non sarebbe pedagogicamente sostenibile, poiché trasformerebbe differenze individuali puntuali in presunti profili generali del campione. Per questa ragione, in analogia con il gruppo tradizionale, è stata adottata una configurazione con $k = 3$, che rappresenta un buon compromesso tra qualità statistica e interpretabilità pedagogica dei risultati. Tale scelta consente di descrivere tre profili distinti senza introdurre cluster singleton o soluzioni artificialmente frammentate.

Caratterizzazione dei cluster

I centroidi dei cluster individuati nei gruppi Moodle sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.16 – Centroidi dei cluster nella dimensione “Ruolo del tutor” (gruppo PBL Moodle)

Cluster	X1	X2	X3
1	4,667	5,000	4,667
2	4,000	4,000	4,000
3	3,400	3,400	3,000

L’analisi dei centroidi consente di individuare tre profili distinti di percezione del ruolo del tutor nei gruppi che hanno svolto le attività PBL attraverso la piattaforma Moodle.

Il Cluster 1 rappresenta il profilo di massima valorizzazione della funzione tutoriale. I valori molto elevati su tutti gli item, e in particolare il punteggio massimo sull’item relativo alla guida del gruppo e alla promozione dello scambio di opinioni, mostrano che questi studenti percepiscono il tutor come figura centrale nel sostenere l’interazione, nel regolare il processo e nel rendere possibile il buon esito delle attività. Dal punto di vista pedagogico, questo profilo suggerisce una piena integrazione tra funzione motivazionale, mediazione collaborativa e scaffolding cognitivo. Nel contesto Moodle, il tutor appare come presenza chiaramente visibile e riconoscibile, capace di accompagnare gli studenti in un ambiente che, pur strutturato, richiede comunque orientamento e facilitazione.

Il Cluster 2 presenta valori perfettamente equilibrati e positivi su tutti e tre gli item. Gli studenti appartenenti a questo gruppo percepiscono il tutor come importante, ma senza attribuirgli una centralità eccezionale. Si tratta di un profilo di valorizzazione stabile e ordinata della funzione tutoriale: il tutor è riconosciuto come supporto necessario e utile, senza essere caricato di un ruolo fortemente determinante. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster può essere interpretato come il profilo di normalizzazione della funzione tutoriale nel contesto digitale: il tutor è parte integrante

dell'esperienza, ma la sua azione sembra intrecciarsi con la struttura stessa dell'ambiente di apprendimento, risultando perciò percepita come regolare e diffusa.

Il Cluster 3 presenta valori più contenuti, soprattutto sull'item relativo al ruolo del tutor come fattore fondamentale per il successo delle attività PBL. Gli studenti di questo gruppo riconoscono una certa utilità del tutor, ma tendono a collocare la sua funzione in una posizione meno decisiva. Dal punto di vista pedagogico, si tratta di un profilo di valorizzazione moderata. Anche in questo caso non si osserva una negazione della funzione tutoriale, ma una percezione più prudente della sua centralità. Questo profilo può suggerire che, per alcuni studenti, la piattaforma e la struttura delle attività abbiano reso il percorso sufficientemente leggibile da ridurre la percezione del tutor come elemento insostituibile.

Nel complesso, la cluster analysis evidenzia che nei gruppi che hanno lavorato attraverso la piattaforma Moodle la percezione del ruolo del tutor si articola in tre profili principali: una forte valorizzazione della funzione tutoriale, una valorizzazione equilibrata e una percezione più moderata della sua centralità. Questa articolazione conferma che il tutor continua a svolgere una funzione significativa anche nel contesto mediato digitalmente, contribuendo a sostenere il lavoro collaborativo e a guidare il processo di *problem solving* senza sostituirsi agli studenti nella soluzione dei problemi.

Confronto tra i due macrogruppi “PBL tradizionale” e “PBL supportato da Moodle” nella dimensione “ruolo del tutor”

Il confronto tra i due macrogruppi che hanno svolto le attività in modalità PBL tradizionale PBL supportato dalla piattaforma Moodle evidenzia alcune differenze interessanti nella percezione del ruolo del tutor. In entrambi i contesti, la scelta finale è ricaduta su una configurazione a tre cluster, nonostante i valori più alti del silhouette score favorissero, a una lettura puramente numerica, soluzioni più frammentate. In entrambi i casi tali soluzioni sono state scartate perché avrebbero prodotto cluster singleton, quindi non rappresentativi della struttura del campione e scarsamente utilizzabili sul piano pedagogico. La scelta di $k = 3$ risulta pertanto coerente non solo con la parsimonia metodologica, ma anche con l'obiettivo di ricostruire profili educativamente significativi.

Nei gruppi tradizionali, i tre cluster mostrano una configurazione articolata della percezione tutoriale. Il primo cluster evidenzia una forte valorizzazione del tutor come figura di incoraggiamento, guida e sostegno al successo dell'attività. Il secondo profilo esprime una valutazione positiva ma più moderata, mentre il terzo mostra una valorizzazione prudente della funzione tutoriale. Ciò che emerge

con maggiore chiarezza è la differente centralità attribuita al tutor: nel contesto d'aula, la percezione del suo ruolo sembra dipendere maggiormente dal modo in cui gli studenti hanno vissuto concretamente la mediazione tutoriale all'interno delle dinamiche di gruppo.

I gruppi Moodle, pur ritrovandosi anch'essa una struttura a tre cluster, la configurazione appare più compatta e più ordinata. I profili si distribuiscono lungo una gradazione più lineare: un cluster di forte valorizzazione, uno di valorizzazione equilibrata e uno di percezione più moderata. Anche il cluster meno elevato, tuttavia, si mantiene su valori non distanti da una soglia positiva, suggerendo che il tutor resti percepito come figura utile anche quando non viene considerato pienamente decisiva. Questo elemento è particolarmente rilevante, perché indica che nel contesto digitale la funzione tutoriale tende a essere riconosciuta in modo più uniforme.

Le rappresentazioni grafiche dei centroidi consentono di visualizzare con immediatezza queste differenze strutturali. Nei gruppi tradizionali, i profili dei cluster sono riportati nella seguente figura:

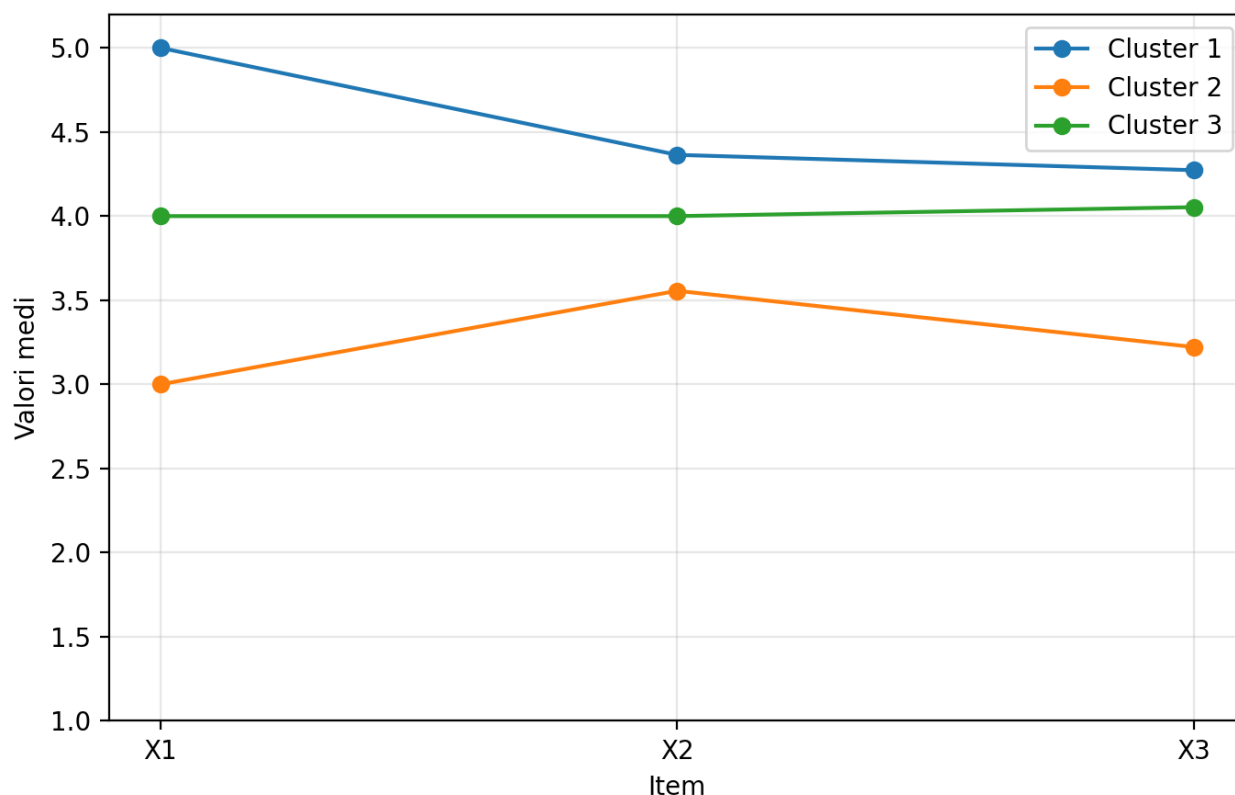


Figura 5.7 – Profili dei centroidi dei cluster nei gruppi PBL tradizionale. Dimensione “ruolo del tutor”

Il grafico mostra tre profili distinti, con una curva particolarmente alta sul primo cluster e una maggiore differenziazione tra gli altri due, a conferma del fatto che nel PBL tradizionale la funzione del tutor viene letta in modi più articolati.

I profili dei cluster dei gruppi Moodle sono riportati nella seguente figura:

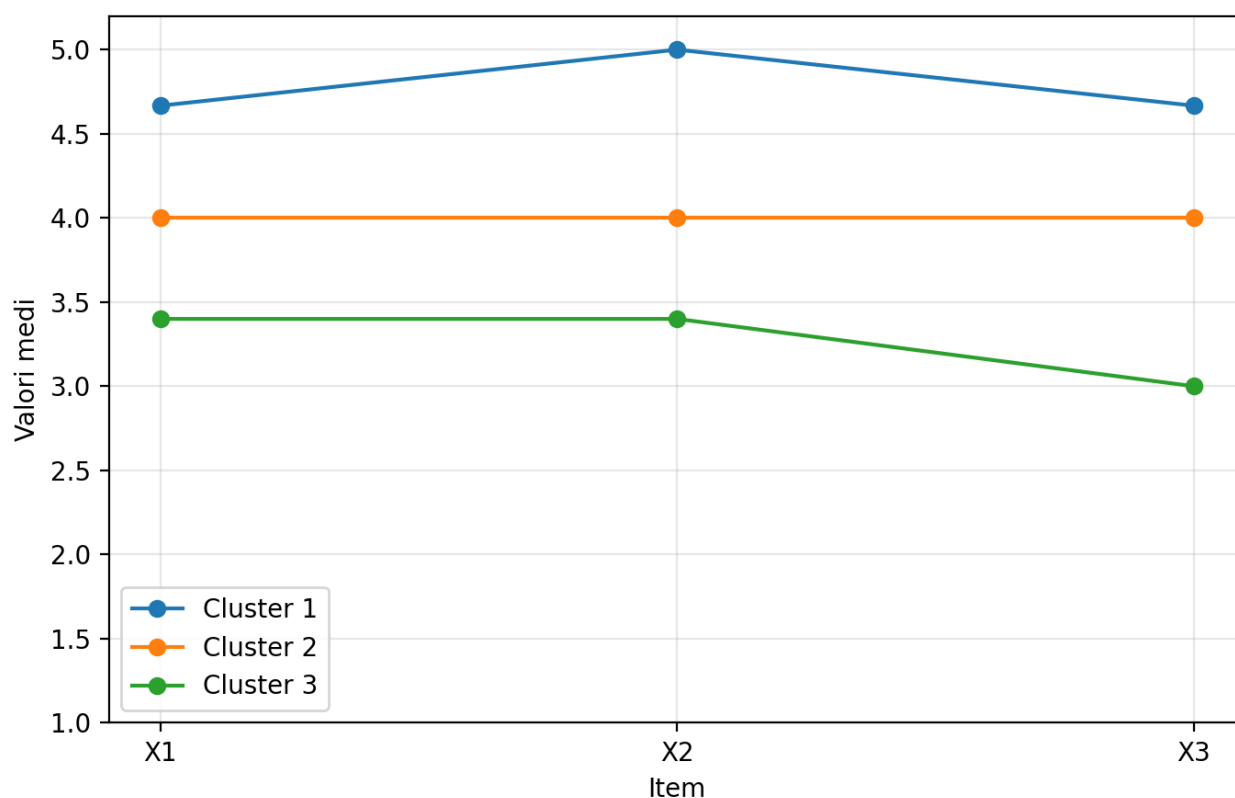


Figura 5.8 – Profili dei centroidi dei cluster nei gruppi PBL supportato da Moodle. Dimensione “ruolo del tutor”

In questo caso le curve risultano più ordinate e meno disperse. Il cluster più alto valorizza fortemente il tutor soprattutto nella guida del gruppo e nella promozione dello scambio di opinioni, mentre gli altri due cluster si collocano lungo una gradazione più regolare.

Il confronto tra le due figure rende visibile un aspetto pedagogicamente molto significativo. Nei gruppi tradizionali emerge una maggiore articolazione delle percezioni, con studenti che attribuiscono al tutor ruoli differenti all'interno del processo di apprendimento: per alcuni il tutor è soprattutto sostegno motivazionale, per altri guida equilibrata, per altri ancora presenza utile ma non decisiva. Nei gruppi Moodle, invece, la percezione del tutor appare più uniforme e meno dispersa. Questo suggerisce che l'integrazione tra PBL e ambiente digitale non modifica il ruolo del tutor come facilitatore del processo di apprendimento, ma può contribuire a renderne la funzione più visibile, più leggibile e più stabilmente riconoscibile dagli studenti. La piattaforma, infatti, strutturando tempi, attività e canali di interazione, può rendere più evidente il modo in cui il tutor sostiene il percorso, soprattutto nella sua funzione di orientamento e di facilitazione delle dinamiche collaborative. Questa interpretazione è coerente con la letteratura sull'e-learning, che sottolinea come gli ambienti digitali strutturati possano modificare la visibilità dei processi di supporto e partecipazione.

Nel complesso, l'analisi comparativa suggerisce che il tutor mantiene in entrambi i contesti una funzione pedagogicamente significativa nel *Problem Based Learning*. Ciò che cambia non è tanto la presenza o l'assenza della sua rilevanza, quanto la configurazione della sua percezione. Nel PBL tradizionale tale percezione appare più dipendente dalle dinamiche situate del gruppo e quindi più differenziata; nel PBL supportato da Moodle, al contrario, la funzione tutoriale tende a essere percepita in modo più uniforme, probabilmente perché parte della regolazione del processo viene sostenuta anche dalla struttura stessa dell'ambiente digitale. La piattaforma contribuisce a rendere la sua azione più stabile e più chiaramente riconoscibile.

5.9 Confronto inferenziale tra i gruppi mediante t-test per campioni indipendenti

Obiettivo dell'analisi

Dopo l'individuazione dei profili attraverso la cluster analysis, è stata condotta un'analisi inferenziale mediante t-test per campioni indipendenti allo scopo di verificare se la variabile didattica tecnologia (PBL tradizionale vs PBL supportato da Moodle) producesse differenze statisticamente significative nei punteggi medi delle quattro dimensioni del questionario.

Mentre la cluster analysis consente di esplorare la configurazione interna dei profili di risposta all'interno dei gruppi, il t-test permette di verificare se le medie complessive dei due gruppi differiscono in modo statisticamente significativo. Le analisi sono state effettuate con il software JASP utilizzando il test t di Student.

Il campione risulta composto da:

39 studenti nel gruppo PBL tradizionale

20 studenti nel gruppo PBL supportato da Moodle

Risultati

Tabella 5.17 – Statistiche descrittive delle quattro dimensioni

Dimensione	Gruppo	M	SD
Lavoro cooperativo	Tradizionale	4.03	0.41
	Moodle	4.09	0.66
PBL e disciplina	Tradizionale	3.88	0.41
	Moodle	3.93	0.58

Dimensione	Gruppo	M	SD
Approccio personale	Tradizionale	3.73	0.50
	Moodle	3.91	0.60
Ruolo del tutor	Tradizionale	3.99	0.53
	Moodle	4.05	0.62

Nota.

M indica la media dei punteggi per ciascuna dimensione; *SD* indica la deviazione standard, ovvero la dispersione dei punteggi rispetto alla media.

Tabella 5.18 – Risultati del t-test per campioni indipendenti

Dimensione	t(df)	p	Cohen's d
Lavoro cooperativo	-0.443 (57)	.659	-0.122
PBL e disciplina	-0.408 (57)	.684	-0.112
Approccio personale	-1.193 (57)	.238	-0.328
Ruolo del tutor	-0.379 (57)	.706	-0.104

Nota.

t(df) indica il valore della statistica *t* di Student con i relativi gradi di libertà (*df*). *p* rappresenta il valore di probabilità associato al test e consente di valutare la significatività statistica della differenza tra i gruppi (convenzionalmente significativa per $p < .05$). *Cohen's d* misura l'ampiezza dell'effetto, ovvero la dimensione della differenza tra i gruppi in termini standardizzati (valori indicativi: 0.20 effetto piccolo, 0.50 effetto medio, 0.80 effetto grande).

Interpretazione dei risultati

I risultati dell'analisi inferenziale mostrano in modo coerente che non emergono differenze statisticamente significative tra i due gruppi in nessuna delle quattro dimensioni analizzate. I valori di *p* risultano infatti ampiamente superiori alla soglia convenzionale di significatività ($p < .05$), indicando che le differenze osservate tra le medie possono essere attribuite alla variabilità campionaria. Anche l'analisi delle dimensioni dell'effetto conferma questa lettura. I valori di *Cohen's d* risultano in tutti i casi trascurabili o al più di piccola entità, suggerendo che l'eventuale vantaggio del gruppo Moodle, pur presente in alcune dimensioni (in particolare nell'approccio personale), non assume una rilevanza sufficiente per essere considerato significativo sul piano statistico.

Nel complesso, se si osservano esclusivamente i valori medi, il PBL tradizionale e il PBL supportato da Moodle sembrano generare livelli di esperienza didattica sostanzialmente equivalenti nelle quattro dimensioni considerate.

Interpretazione pedagogica dei risultati

Questo risultato deve essere interpretato alla luce delle analisi di cluster presentate nelle sezioni precedenti. Il t-test descrive il livello medio delle percezioni degli studenti, offrendo una lettura sintetica e aggregata dell'esperienza. Tuttavia, tale livello di analisi non consente di cogliere la struttura interna delle risposte né le modalità differenziate con cui gli studenti vivono il processo di apprendimento.

Le analisi di cluster hanno invece mostrato che, pur in presenza di medie simili, i due contesti didattici si differenziano per la configurazione interna dei profili di esperienza. In particolare, nei gruppi che hanno lavorato con Moodle non emergono profili più differenziati, ma al contrario configurazioni più compatte, più stabili e meno disperse, come evidenziato nelle quattro dimensioni analizzate.

Questo elemento è cruciale. I risultati suggeriscono che l'ambiente digitale non modifica in modo significativo il livello medio delle percezioni degli studenti, ma interviene sulla struttura della distribuzione delle esperienze, contribuendo a rendere più uniforme e più leggibile il modo in cui gli studenti partecipano, collaborano e interpretano l'attività didattica.

L'innovazione tecnologica non agisce tanto aumentando l'intensità complessiva dell'esperienza, quanto piuttosto modificando l'organizzazione dei processi di apprendimento. Il PBL determina il livello generale di efficacia didattica, mentre l'ambiente digitale contribuisce a stabilizzare e a rendere più coerenti le modalità con cui tale esperienza viene vissuta.

Conclusioni della sezione inferenziale

I risultati del t-test indicano che le due modalità di implementazione del PBL non differiscono in modo significativo nei livelli medi delle dimensioni analizzate. Tuttavia, le analisi di cluster mostrano che i due contesti non sono equivalenti dal punto di vista della configurazione interna dei profili di esperienza. In sintesi, mentre il PBL produce livelli medi comparabili nei due contesti, l'integrazione con la piattaforma Moodle sembra incidere sulla forma dell'esperienza didattica, rendendola più strutturata, più stabile e meno dispersa, piuttosto che modificarne l'intensità media.

5.10 Integrazione tra analisi inferenziale e cluster analysis

L'assenza di differenze statisticamente significative tra le medie dei due gruppi non implica necessariamente che le esperienze didattiche siano organizzate nello stesso modo. Il t-test consente infatti di confrontare i livelli medi delle variabili analizzate, ma non fornisce informazioni sulla struttura interna delle risposte degli studenti. Per questa ragione, accanto all'analisi inferenziale è stata utilizzata una cluster analysis con finalità esplorative. Questa tecnica permette di individuare configurazioni interne dei dati e di identificare eventuali profili differenziati di esperienza all'interno dei gruppi analizzati. In contesti educativi, tale approccio è particolarmente utile quando l'obiettivo non è esclusivamente verificare differenze medie tra condizioni sperimentali, ma comprendere come gli studenti organizzano e interpretano l'esperienza didattica.

Nel presente studio, l'uso congiunto delle due tecniche ha consentito di osservare due livelli complementari del fenomeno. Da un lato, il confronto delle medie indica che il PBL produce livelli complessivi di esperienza comparabili nei due contesti. Dall'altro, la cluster analysis evidenzia che l'introduzione dell'ambiente digitale è associata a una diversa configurazione dei profili di partecipazione degli studenti, caratterizzata in più dimensioni da una maggiore compattezza e da una minore dispersione delle percezioni.

In questo senso, le due analisi non risultano alternative ma complementari: il t-test descrive il livello medio dell'esperienza, mentre la cluster analysis permette di analizzarne la struttura interna, offrendo una comprensione più articolata delle modalità con cui gli studenti vivono e interpretano il processo di apprendimento.

5.11 Analisi esplorativa dei profili di esperienza della piattaforma Moodle

I risultati precedenti evidenziano una apparente divergenza interpretativa. L'analisi inferenziale condotta sulle medie delle quattro dimensioni del questionario non mostra differenze statisticamente significative tra il gruppo che ha svolto le attività in presenza e quello che ha utilizzato la piattaforma Moodle. Al contrario, la cluster analysis applicata alle dimensioni generali del PBL ha mostrato che i due contesti non sono equivalenti sul piano della configurazione interna delle percezioni degli studenti. In particolare, nelle dimensioni generali del PBL il gruppo che ha lavorato con Moodle ha restituito, in più casi, profili più compatti, più stabili e meno dispersi rispetto al gruppo tradizionale.

Questa combinazione di risultati suggerisce che la variabile tecnologica non sia associata a variazioni nei livelli medi dell'esperienza percepita dagli studenti, ma piuttosto alla struttura interna della

distribuzione delle esperienze di apprendimento. In altri termini, l'utilizzo della piattaforma non sembra modificare quanto gli studenti dichiarano di apprendere nelle dimensioni generali del PBL, bensì il modo in cui tale esperienza si organizza e si rende più o meno strutturata tra i partecipanti.

Per approfondire questa ipotesi interpretativa è stata quindi condotta un'analisi esplorativa focalizzata esclusivamente sul sottocampione che ha utilizzato la piattaforma Moodle. L'obiettivo di questa ulteriore analisi non è confrontare gruppi né dimostrare effetti diretti della tecnologia, ma individuare configurazioni ricorrenti di utilizzo dell'ambiente digitale che possano contribuire a chiarire come l'esperienza mediata dalla piattaforma venga concretamente vissuta dagli studenti.

A tal fine è stato utilizzato un secondo set di item (allegato 2 in appendice), progettato per rilevare le modalità di interazione degli studenti con l'ambiente Moodle. Il questionario comprende 18 item, organizzati in quattro dimensioni principali, riportate nella tabella seguente.

Tabella 5.19 – Dimensioni specifiche dell'esperienza Moodle

Dimensione	Focus analitico
Diario di bordo	Uso dello strumento riflessivo e di monitoraggio del percorso
Forum	Partecipazione alla discussione collaborativa online
Approccio personale e interpersonale	Facilità d'uso, qualità delle interazioni e integrazione tra presenza e online
Struttura del corso	Organizzazione dei materiali, navigabilità e supporto delle risorse digitali

Questa sezione dell'analisi assume quindi un carattere esplorativo e interpretativo, con l'obiettivo di comprendere come le diverse modalità di utilizzo della piattaforma possano contribuire a configurare differenti profili di esperienza dell'apprendimento basato su problemi.

Analisi della dimensione “Diario di bordo” nel gruppo Moodle

Per approfondire le modalità di utilizzo della piattaforma Moodle da parte degli studenti è stata condotta un'analisi esplorativa relativa alla dimensione “diario di bordo”, uno degli strumenti digitali previsti nel corso per supportare la riflessione sul processo di apprendimento. L'obiettivo di questa analisi non è confrontare il gruppo Moodle con il gruppo tradizionale, ma comprendere se, all'interno del sottocampione che ha utilizzato l'ambiente digitale, emergano configurazioni differenti di interazione con questo strumento.

L'analisi è stata condotta mediante cluster analysis con algoritmo K-means, utilizzando il software XLSTAT. Sono state esplorate diverse soluzioni di clustering e la scelta del numero di cluster è stata

effettuata considerando l'andamento del silhouette score e l'interpretabilità pedagogica dei risultati. I valori ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.20 – Evoluzione dell'indice di silhouette nella dimensione “Diario di bordo”

Numero di cluster	2	3	4
Silhouette score	0.611	0.777	0.808

Sebbene la configurazione con quattro cluster presenti il valore più elevato, la dimensione del campione, pari a 20 studenti, renderebbe tale soluzione poco interpretabile, generando gruppi molto piccoli. Per questa ragione è stata adottata una configurazione con $k = 3$ cluster, che mantiene un valore di silhouette elevato e consente una lettura pedagogicamente significativa dei risultati.

I centroidi dei cluster individuati e la numerosità dei gruppi sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.21– Centroidi dei cluster e numerosità nella dimensione “Diario di bordo”

Cluster	X 1	X2	N
1	4.71	5.00	7
2	3.88	4.00	8
3	3.00	3.00	5

L'analisi dei centroidi consente di individuare tre modalità principali di utilizzo del diario di bordo da parte degli studenti. Il Cluster 1, composto da sette studenti, è caratterizzato da valori molto elevati su entrambi gli item analizzati. Gli studenti appartenenti a questo gruppo utilizzano il diario di bordo in modo intensivo, attribuendogli un ruolo significativo nel processo di apprendimento. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster rappresenta un profilo di utilizzo riflessivo dello strumento, in cui il diario diventa uno spazio di rielaborazione delle attività svolte e di monitoraggio del proprio percorso di apprendimento (Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. , 2006).

Il Cluster 2, composto da otto studenti, presenta valori medi positivi ma meno elevati rispetto al cluster precedente. In questo caso il diario viene utilizzato principalmente come strumento di supporto organizzativo, utile per seguire le attività del corso e per tenere traccia del lavoro svolto, ma con una minore enfasi sulla dimensione riflessiva.

Il Cluster 3, composto da cinque studenti, presenta valori medi più bassi su entrambi gli item. Gli studenti appartenenti a questo gruppo tendono a utilizzare il diario di bordo in modo limitato o a percepirne un ruolo meno rilevante nel processo di apprendimento. Questo cluster rappresenta quindi un profilo di bassa integrazione dello strumento digitale nelle pratiche di studio.

L'analisi della dimensione “diario di bordo” evidenzia che, all'interno del gruppo che ha utilizzato la piattaforma Moodle, non emerge un'unica modalità di interazione con lo strumento digitale, ma piuttosto una pluralità di configurazioni. In particolare, si distinguono studenti che utilizzano il diario come spazio di riflessione metacognitiva, studenti che lo impiegano principalmente come supporto organizzativo e studenti che ne fanno un uso più limitato.

Questo risultato è rilevante alla luce delle analisi presentate nelle sezioni precedenti. Se nelle dimensioni generali del PBL il gruppo Moodle ha mostrato profili più compatti e meno dispersi rispetto al gruppo tradizionale, l'analisi del diario di bordo chiarisce che tale compattezza dell'esperienza complessiva non implica uniformità assoluta nelle pratiche di utilizzo degli strumenti digitali. Più precisamente, la piattaforma sembra offrire una cornice generale più strutturata, all'interno della quale gli studenti attivano però modalità differenti di gestione dello strumento riflessivo. Il diario di bordo appare quindi come un dispositivo che rende visibili diverse forme di autoregolazione dell'apprendimento, senza per questo contraddire la maggiore stabilità delle percezioni generali già osservata nelle dimensioni del PBL.

Analisi della dimensione “Forum” nel gruppo Moodle

Per approfondire le modalità di partecipazione degli studenti alle attività collaborative all'interno della piattaforma Moodle è stata condotta un'analisi esplorativa relativa alla dimensione “forum”, uno degli strumenti principali utilizzati nel corso per sostenere la discussione tra pari e l'analisi condivisa dei problemi proposti.

Gli item considerati in questa dimensione sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.22 – Item della dimensione “Forum”

Codice	Item
X1	Partecipare alle attività di Moodle attraverso i forum è utile per le attività del corso
X2	L'attività svolta attraverso i forum favorisce un approfondimento circa la conoscenza del problema inerente un argomento specifico
X3	Il forum aiuta a fornire il proprio apporto personale alla discussione di uno specifico problema inerente un argomento
X4	Il forum facilita la partecipazione tra colleghi stimolando ulteriori riflessioni utili alla risoluzione del problema proposto

Dal punto di vista pedagogico questa dimensione intercetta la funzione del forum come spazio di discussione collaborativa, nel quale gli studenti possono condividere interpretazioni del problema, formulare ipotesi e contribuire alla costruzione collettiva della soluzione.

L'analisi è stata condotta mediante cluster analysis con algoritmo K-means utilizzando il software XLSTAT. Sono state esplorate diverse configurazioni di clustering e la scelta del numero di cluster è stata effettuata considerando sia l'andamento del silhouette score sia l'interpretabilità pedagogica dei risultati.

Tabella 5.23– Evoluzione dell'indice di silhouette nella dimensione “Forum”

Numero di cluster	2	3	4	5
Silhouette score	0.451	0.595	0.576	0.676

Sebbene la configurazione con cinque cluster presenti il valore più elevato, la dimensione del campione renderebbe tale soluzione poco interpretabile. Per questa ragione è stata adottata una configurazione con $k = 3$ cluster, che garantisce una buona qualità della partizione e consente una lettura pedagogicamente significativa dei risultati.

Tabella 5.24– Centroidi dei cluster e numerosità nella dimensione “Forum”

Cluster	X1	X2	X3	X4	N
1	5.00	5.00	4.50	5.00	4
2	4.00	4.00	4.00	4.11	9
3	3.43	3.43	3.00	3.43	7

L'analisi dei centroidi consente di individuare tre modalità principali di partecipazione alle attività di discussione attraverso il forum. Il Cluster 1, composto da quattro studenti, è caratterizzato da valori molto elevati su tutti gli item analizzati. Gli studenti appartenenti a questo gruppo percepiscono il forum come uno strumento particolarmente efficace per la discussione dei problemi e per la costruzione collettiva delle soluzioni. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster rappresenta un profilo di partecipazione collaborativa intensa, in cui il forum diventa uno spazio attivo di confronto e di co-costruzione della conoscenza.

Il Cluster 2, composto da nove studenti, presenta valori medi positivi su tutti gli item, indicando una percezione complessivamente favorevole dell'utilizzo del forum nelle attività del corso. Gli studenti appartenenti a questo gruppo utilizzano il forum come strumento di supporto alla discussione, contribuendo alla conversazione e seguendo le interazioni tra i membri del gruppo, pur senza attribuire allo strumento un ruolo centrale nel processo di apprendimento.

Il Cluster 3, composto da sette studenti, presenta valori medi più contenuti rispetto agli altri gruppi. Gli studenti appartenenti a questo cluster riconoscono l'utilità del forum, ma lo utilizzano con minore intensità o ne percepiscono un ruolo meno rilevante nel processo di risoluzione dei problemi. Questo cluster rappresenta quindi un profilo di partecipazione più limitata alle discussioni online.

L'analisi della dimensione "forum" evidenzia che, all'interno del gruppo che ha utilizzato la piattaforma Moodle, emergono diverse modalità di partecipazione alle attività di discussione online. In particolare si distinguono studenti che utilizzano il forum come spazio centrale di collaborazione e di costruzione condivisa della conoscenza, studenti che lo utilizzano in modo funzionale come supporto alla discussione e studenti che partecipano in modo più limitato alle attività di interazione online.

Anche in questo caso, il risultato non contraddice quanto emerso nelle analisi precedenti sulle dimensioni generali del PBL. La piattaforma non sembra generare una maggiore dispersione dell'esperienza complessiva rispetto al contesto tradizionale; piuttosto, offre al suo interno strumenti che possono essere abitati in modi differenti. Il forum appare come uno spazio che rende visibili diverse intensità di partecipazione collaborativa all'interno di un contesto generale che, sul piano delle percezioni complessive del PBL, risulta più strutturato e meno disperso.

Analisi della dimensione "Struttura del corso" nel gruppo Moodle

Per approfondire la percezione degli studenti rispetto all'organizzazione dell'ambiente digitale è stata condotta un'analisi esplorativa relativa alla dimensione "struttura del corso", che riguarda l'organizzazione dei contenuti, la navigabilità della piattaforma e il ruolo delle risorse digitali nel supportare l'analisi dei problemi proposti nel corso.

Gli item considerati in questa dimensione sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.25 – Item della dimensione "Struttura del corso"

Codice	Item
X1	I materiali disponibili online sono navigabili e fruibili facilmente (accesso, download, stampa)
X2	I contenuti in piattaforma risultano significativi rispetto alle finalità del corso di studi
X3	I contenuti in piattaforma risultano interessanti rispetto alle finalità del corso di studi
X4	Trovo facile navigare tra i vari corsi e sezioni su Moodle
X5	Le attività e le risorse di Moodle aiutano nella risoluzione del problema
X6	Le attività e le risorse di Moodle aiutano ad esplorare ed analizzare meglio il problema

Dal punto di vista pedagogico questa dimensione riguarda il ruolo dell'ambiente digitale come struttura organizzativa dell'esperienza di apprendimento, cioè come spazio che rende accessibili i materiali, orienta gli studenti nella navigazione del corso e supporta l'analisi dei problemi proposti nelle attività PBL.

L'analisi è stata condotta mediante cluster analysis con algoritmo K-means utilizzando il software XLSTAT. Sono state esplorate diverse configurazioni di clustering e la scelta del numero di cluster è stata effettuata considerando sia l'andamento del silhouette score sia l'interpretabilità pedagogica dei risultati.

Tabella 5.26– Evoluzione dell'indice di silhouette nella dimensione “Struttura del corso”

Numero di cluster	2	3	4	5	6
Silhouette score	0.541	0.565	0.563	0.650	0.628

Sebbene la configurazione con cinque cluster presenti il valore più elevato, la dimensione del campione renderebbe tale soluzione poco interpretabile, generando cluster molto piccoli. Per questa ragione è stata adottata una configurazione con $k = 3$ cluster, che mantiene una buona qualità della partizione e consente una lettura pedagogicamente significativa dei risultati.

Tabella 5.27– Centroidi dei cluster e numerosità nella dimensione “Struttura del corso”

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6	N
1	4.67	4.67	4.67	4.83	4.83	4.50	6
2	4.00	4.00	4.00	3.82	3.82	3.91	11
3	3.00	3.33	3.00	3.00	3.00	3.00	3

L'analisi dei centroidi consente di individuare tre modalità principali di percezione della struttura del corso nella piattaforma Moodle. Il Cluster 1, composto da sei studenti, è caratterizzato da valori molto elevati su tutti gli item analizzati. Gli studenti appartenenti a questo gruppo percepiscono l'ambiente Moodle come uno spazio ben organizzato, facilmente navigabile e utile per comprendere e analizzare i problemi proposti nelle attività didattiche. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster rappresenta un profilo di integrazione piena dell'ambiente digitale nel processo di apprendimento.

Il Cluster 2, composto da undici studenti, presenta valori medi positivi su tutti gli item. Gli studenti appartenenti a questo gruppo percepiscono la piattaforma come uno strumento utile e funzionale per accedere ai materiali e seguire le attività del corso, pur senza attribuirle un ruolo centrale nel processo

di apprendimento. Questo cluster rappresenta un profilo di utilizzo operativo della piattaforma, in cui Moodle viene percepito principalmente come ambiente di organizzazione delle attività didattiche.

Il Cluster 3, composto da tre studenti, presenta valori medi più contenuti su tutti gli item analizzati. Gli studenti appartenenti a questo gruppo riconoscono l'esistenza delle risorse digitali ma ne percepiscono un'utilità limitata per la navigazione del corso o per l'analisi dei problemi proposti. Questo cluster rappresenta quindi un profilo di bassa integrazione della piattaforma nel processo di apprendimento.

L'analisi della dimensione "struttura del corso" evidenzia che anche rispetto all'organizzazione dell'ambiente digitale emergono diverse modalità di esperienza della piattaforma Moodle. In particolare si distinguono studenti che percepiscono la piattaforma come un ambiente pienamente integrato nel processo di apprendimento, studenti che la utilizzano principalmente come strumento organizzativo e studenti che ne percepiscono un'utilità più limitata.

Questi risultati sono coerenti con quanto emerso nelle analisi precedenti relative al diario di bordo e al forum. In tutti i casi, infatti, la piattaforma non produce un effetto uniforme sugli usi specifici degli strumenti digitali, ma rende possibili differenti modalità di interazione con le risorse online. Tuttavia, questa pluralità di pratiche non deve essere confusa con una maggiore dispersione dell'esperienza generale del PBL. Al contrario, i dati discussi nelle sezioni precedenti suggeriscono che Moodle, pur consentendo usi differenziati dei propri strumenti, contribuisca sul piano complessivo a organizzare in modo più stabile l'esperienza didattica.

Analisi della dimensione "Approccio personale e interpersonale" nel gruppo Moodle

Per approfondire la percezione degli studenti rispetto all'interazione e alla comunicazione all'interno dell'ambiente Moodle è stata condotta un'analisi esplorativa relativa alla dimensione "approccio personale e interpersonale", che riguarda la facilità di utilizzo della piattaforma, la qualità delle interazioni tra studenti e l'integrazione tra attività in presenza e attività online.

Gli item considerati in questa dimensione sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.27– Item della dimensione "Approccio personale e interpersonale"

Codice	Item
X1	L'utilizzo della piattaforma è facile e immediato
X2	Sono state adottate tecnologie appropriate per favorire la comunicazione interpersonale

Codice	Item
X3	La piattaforma consente lo svolgimento di attività cooperative tra i corsisti
X4	Le attività in presenza e quelle a distanza si integrano
X5	Ritengo l'interazione in piattaforma una modalità di comunicazione efficace e tempestiva
X6	La mia esperienza complessiva con Moodle è positiva

Dal punto di vista pedagogico questa dimensione riguarda la percezione della piattaforma come spazio di interazione sociale e di collaborazione, oltre che come ambiente che integra attività in presenza e attività online.

L'analisi è stata condotta mediante cluster analysis con algoritmo K-means utilizzando il software XLSTAT. La scelta del numero ottimale di cluster è stata effettuata considerando l'andamento del silhouette score e l'interpretabilità pedagogica dei risultati.

Tabella 5.28 – Evoluzione dell'indice di silhouette nella dimensione “Approccio personale e interpersonale”

Numero di cluster	2	3	4	5	6	7
Silhouette score	0.327	0.235	0.344	-0.162	0.633	0.577

Sebbene i valori più elevati siano associati a configurazioni con un numero maggiore di cluster, tali soluzioni produrrebbero gruppi estremamente piccoli considerando la dimensione del campione. Per questa ragione è stata adottata una soluzione con $k = 4$ cluster, che rappresenta un buon compromesso tra qualità statistica della partizione e interpretabilità dei risultati.

Tabella 5.29 – Centroidi dei cluster e numerosità nella dimensione “Approccio personale e interpersonale”

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6	N
1	5.00	5.00	5.00	4.75	4.75	5.00	4
2	3.78	3.78	3.89	3.78	3.78	3.78	9
3	4.20	4.20	4.00	3.00	3.60	3.80	5
4	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	5.00	2

L'analisi dei centroidi evidenzia quattro profili distinti. Il Cluster 1, composto da quattro studenti, è caratterizzato da valori molto elevati su tutti gli item. Gli studenti appartenenti a questo cluster attribuiscono alla piattaforma una funzione pienamente integrata nel processo di apprendimento collaborativo. Moodle viene percepito come ambiente facile da utilizzare, efficace per la comunicazione e coerente con la logica dell'apprendimento condiviso.

Il Cluster 2, composto da nove studenti, rappresenta il gruppo numericamente più ampio. Gli studenti percepiscono Moodle come uno strumento utile e funzionale per la gestione delle attività del corso, ma con un coinvolgimento meno intenso nella dimensione collaborativa. Si tratta di un profilo di utilizzo funzionale della piattaforma.

Il Cluster 3, composto da cinque studenti, si caratterizza per una valutazione positiva dell'uso della piattaforma e della comunicazione tra pari, ma presenta valori più bassi relativamente all'integrazione tra attività in presenza e attività online. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster segnala una integrazione soltanto parziale tra i due ambienti di lavoro.

Il Cluster 4, composto da due studenti, esprime una valutazione molto positiva dell'esperienza complessiva con Moodle, pur mostrando una partecipazione meno omogenea nelle diverse dimensioni dell'interazione. Si tratta di un profilo selettivamente positivo, nel quale l'apprezzamento complessivo della piattaforma risulta più forte di quanto non emerga dalla distribuzione uniforme dei singoli item.

L'analisi della dimensione "approccio personale e interpersonale" conferma ancora una volta la presenza di diverse modalità di esperienza dell'ambiente digitale all'interno del gruppo Moodle. In particolare emergono studenti che percepiscono la piattaforma come pienamente integrata nel processo di apprendimento collaborativo, studenti che la utilizzano principalmente come supporto operativo e studenti che ne valorizzano alcuni aspetti specifici, come la comunicazione o l'esperienza complessiva.

Questi risultati risultano coerenti con quanto emerso nelle altre dimensioni analizzate. In tutte le analisi emerge infatti un elemento comune: l'ambiente digitale non produce un uso uniforme dei propri strumenti, ma rende possibile la coesistenza di modalità differenti di partecipazione e di interazione. Tuttavia, questa pluralità di profili non implica che l'esperienza complessiva del PBL mediato da Moodle sia più dispersa di quella tradizionale. Piuttosto, suggerisce che la piattaforma offra una cornice generale più organizzata, all'interno della quale gli studenti attivano modi diversi di abitare gli strumenti digitali.

Interpretazione delle dimensioni specifiche dell'ambiente Moodle

Le analisi condotte sulle quattro dimensioni specifiche relative all'utilizzo della piattaforma Moodle — diario di bordo, forum, struttura del corso e approccio personale e interpersonale — consentono di

delineare un quadro interpretativo complessivo delle modalità con cui gli studenti hanno vissuto l'esperienza didattica mediata dall'ambiente digitale.

L'obiettivo di queste analisi non era quello di confrontare nuovamente il gruppo Moodle con il gruppo tradizionale, ma di comprendere come l'ambiente digitale venga concretamente utilizzato dagli studenti e in che modo tale utilizzo possa contribuire a spiegare la configurazione osservata nelle dimensioni generali del PBL analizzate in precedenza.

In tutte le dimensioni esaminate la cluster analysis ha evidenziato la presenza di più profili di esperienza dell'ambiente digitale, suggerendo che gli studenti non interagiscono con la piattaforma in modo uniforme. In particolare, nelle diverse analisi emergono sistematicamente configurazioni riconducibili ad alcune modalità ricorrenti di utilizzo: una modalità fortemente integrata, in cui gli strumenti della piattaforma vengono percepiti come parte centrale del processo di apprendimento; una modalità funzionale o operativa, in cui Moodle viene utilizzato principalmente come supporto organizzativo per accedere ai materiali e seguire le attività del corso; e una modalità più limitata o selettiva, in cui alcuni strumenti risultano meno centrali oppure vengono valorizzati solo in parte.

Questa articolazione emerge con chiarezza nelle diverse dimensioni analizzate. Il diario di bordo evidenzia differenze nelle modalità di riflessione sul processo di apprendimento, distinguendo studenti che utilizzano lo strumento come spazio di rielaborazione metacognitiva da altri che ne fanno un uso prevalentemente organizzativo o marginale. Il forum mette in luce diversi livelli di partecipazione alla discussione collaborativa, con studenti che utilizzano lo spazio online come ambiente di confronto attivo e altri che partecipano in modo più limitato alle interazioni tra pari. Analogamente, la dimensione relativa alla struttura del corso mostra differenti percezioni dell'ambiente digitale come supporto alla navigazione e all'analisi dei problemi proposti, mentre l'approccio personale e interpersonale evidenzia diversi livelli di integrazione tra attività in presenza e attività online.

Nel complesso, queste analisi suggeriscono che l'ambiente Moodle non determina un'unica modalità di partecipazione alle attività didattiche, ma rende possibili diverse configurazioni di interazione con gli strumenti digitali. In questo senso, la piattaforma appare meno come un semplice contenitore di materiali e più come uno spazio che consente agli studenti di adottare differenti strategie di partecipazione e di gestione del proprio apprendimento.

Questo risultato, tuttavia, deve essere letto in continuità con quanto emerso nelle sezioni precedenti sulle dimensioni generali del PBL. Le analisi specifiche sull'uso di Moodle non indicano che

l'ambiente digitale produca una esperienza complessiva più dispersa o più frammentata del contesto tradizionale. Al contrario, esse mostrano che all'interno di una esperienza generale più strutturata e più compatta possono comunque coesistere differenti modalità di utilizzo dei singoli strumenti della piattaforma. In altri termini, la maggiore stabilità delle percezioni generali del PBL nel gruppo Moodle non esclude la presenza, al suo interno, di diversi stili di partecipazione digitale.

In questo senso, l'apparente divergenza tra i risultati del t-test sulle medie, le cluster analysis sulle dimensioni generali del PBL e le analisi specifiche su Moodle può essere ricomposta in un quadro coerente. Il t-test mostra che non vi sono differenze significative nei livelli medi complessivi tra gruppo tradizionale e gruppo Moodle. Le cluster analysis sulle dimensioni generali del PBL mostrano che il gruppo Moodle presenta, in più casi, una configurazione più compatta e meno dispersa dell'esperienza. Le analisi specifiche sull'ambiente digitale chiariscono infine che questa maggiore compattezza generale non coincide con uniformità assoluta degli usi, poiché gli studenti si appropriano degli strumenti Moodle secondo profili differenti.

In questo quadro, la tecnologia non sembra aumentare o diminuire in modo uniforme l'efficacia percepita dell'esperienza didattica, ma contribuisce a organizzare il contesto entro cui si rendono possibili modi diversi di partecipare, comunicare, riflettere e gestire il lavoro. L'ambiente Moodle agisce quindi come dispositivo di strutturazione dell'esperienza di apprendimento: non omologa completamente i comportamenti, ma offre una cornice più stabile all'interno della quale gli studenti possono sviluppare strategie di utilizzo differenziate.

Questa interpretazione risulta coerente con la letteratura sul blended learning, che evidenzia come gli ambienti digitali influenzino soprattutto le modalità di partecipazione e di autoregolazione degli studenti, più che i livelli medi di apprendimento o di soddisfazione percepita. Nel contesto della didattica della fisica, ciò suggerisce che l'integrazione di strumenti digitali non modifica necessariamente l'intensità complessiva dell'esperienza formativa, ma contribuisce a ridefinirne la struttura e l'organizzazione interna.

In sintesi, le analisi delle dimensioni specifiche di Moodle indicano che la piattaforma non produce un effetto uniforme sull'esperienza degli studenti, ma rende possibile la coesistenza di diverse modalità di partecipazione alle attività di apprendimento basate su problemi. Tale pluralità di usi non contraddice la maggiore compattezza osservata nelle dimensioni generali del PBL, ma la completa, mostrando che la strutturazione dell'ambiente può convivere con differenti forme di appropriazione degli strumenti digitali.

5.12 Limiti dello studio e prospettive di ricerca

Come in ogni ricerca empirica in ambito educativo, anche il presente studio presenta alcuni limiti metodologici che è opportuno esplicitare al fine di contestualizzare correttamente i risultati ottenuti e delineare possibili sviluppi futuri della ricerca.

Un primo elemento riguarda la dimensione del campione. Lo studio è stato condotto su un numero relativamente contenuto di studenti, pari a 39 nei gruppi che hanno seguito il PBL in presenza e 20 nei gruppi che hanno utilizzato la piattaforma Moodle. Sebbene tale numerosità sia adeguata per un'analisi esplorativa e per l'applicazione di tecniche di clustering, essa limita la possibilità di generalizzare i risultati a contesti educativi più ampi. Le evidenze emerse devono quindi essere interpretate come indicative di tendenze osservate nel contesto specifico analizzato.

Un secondo limite riguarda il processo di determinazione del numero ottimale di cluster. In più di una analisi, sia nelle dimensioni generali del PBL sia nelle dimensioni specifiche relative all'uso di Moodle, i valori più elevati del silhouette score risultavano associati a soluzioni scarsamente rappresentative del campione, in quanto generavano cluster molto piccoli o con numerosità estremamente ridotte. Ciò ha reso necessario adottare un criterio metodologico integrato, fondato non soltanto sulla qualità statistica della partizione, ma anche sulla parsimonia della soluzione, sulla consistenza numerica dei gruppi e sulla loro interpretabilità pedagogica.

Tale scelta evidenzia una caratteristica tipica delle ricerche esplorative in ambito educativo: la necessità di bilanciare criteri statistici e criteri interpretativi. In questo studio, la selezione del numero di cluster non è stata guidata esclusivamente dalla massimizzazione degli indici quantitativi, ma da una valutazione integrata che ha tenuto conto della leggibilità pedagogica dei profili e della loro coerenza con il dispositivo didattico analizzato. Questo approccio rappresenta un elemento di rigore metodologico, ma costituisce al tempo stesso un limite intrinseco dello studio, poiché conferma che, in campioni contenuti, la cluster analysis richiede sempre un equilibrio tra robustezza statistica e interpretabilità educativa dei risultati.

Un terzo limite riguarda il contesto disciplinare della sperimentazione, che si colloca nell'ambito della didattica della fisica. Le caratteristiche epistemologiche delle discipline scientifiche e la struttura delle attività basate su problemi potrebbero influenzare il modo in cui gli studenti interagiscono con gli strumenti digitali e con la metodologia PBL. Studi condotti in altri ambiti disciplinari potrebbero quindi evidenziare configurazioni differenti delle modalità di partecipazione all'apprendimento mediato da piattaforme digitali.

Un ulteriore elemento da considerare riguarda la natura percettiva dei dati raccolti. Il questionario utilizzato nello studio misura, infatti, la percezione degli studenti rispetto all'esperienza didattica e all'uso della piattaforma, e non direttamente gli esiti di apprendimento in termini di performance accademica. Le percezioni rappresentano una dimensione rilevante per comprendere il funzionamento delle pratiche didattiche, ma non esauriscono la complessità dei processi di apprendimento. In prospettiva, potrebbe essere utile integrare questo tipo di analisi con indicatori relativi ai risultati di apprendimento, con dati osservativi e con altre forme di evidenza empirica.

Un ulteriore aspetto riguarda il carattere esplorativo della cluster analysis utilizzata nello studio. Questa tecnica consente di individuare configurazioni ricorrenti nei dati e di identificare profili di esperienza degli studenti, ma non permette di stabilire relazioni causali tra le variabili analizzate. Le configurazioni emerse devono quindi essere interpretate come pattern descrittivi delle modalità di partecipazione all'esperienza didattica e non come dimostrazioni di effetti diretti della tecnologia.

Infine, è opportuno sottolineare che la sperimentazione è stata condotta in un contesto didattico specifico, caratterizzato da una particolare organizzazione delle attività di *Problem Based Learning* e da specifiche modalità di utilizzo della piattaforma Moodle. L'efficacia degli strumenti digitali e le modalità di partecipazione degli studenti possono essere influenzate anche da fattori legati alla progettazione didattica, al ruolo del docente, alla qualità della mediazione tutoriale e alle caratteristiche del gruppo classe.

Nonostante questi limiti, lo studio offre alcune indicazioni rilevanti per la ricerca e per la progettazione didattica. In particolare, i risultati suggeriscono che l'integrazione di ambienti digitali nel *Problem Based Learning* non modifica necessariamente i livelli medi dell'esperienza percepita dagli studenti, ma contribuisce a strutturare in modo più stabile il contesto dell'apprendimento, lasciando al tempo stesso emergere diverse modalità di utilizzo degli strumenti digitali.

Questa evidenza apre diverse prospettive per ricerche future. Studi condotti su campioni più ampi potrebbero permettere di verificare la stabilità dei profili di partecipazione individuati nel presente lavoro. Ulteriori sviluppi potrebbero approfondire il rapporto tra le modalità di utilizzo degli strumenti digitali e lo sviluppo di competenze specifiche, come l'autoregolazione dell'apprendimento, il pensiero critico o la collaborazione tra pari. Inoltre, l'integrazione di metodologie quantitative e qualitative — ad esempio attraverso l'analisi delle interazioni nei forum, dei diari di bordo o mediante interviste agli studenti — potrebbe consentire una comprensione più approfondita dei processi che caratterizzano la partecipazione alle attività di apprendimento mediata da piattaforme digitali.

Nel complesso, il presente studio contribuisce alla riflessione sul ruolo degli ambienti digitali nella didattica universitaria, evidenziando come tali strumenti possano incidere soprattutto sull'organizzazione delle modalità di partecipazione all'apprendimento, più che sui livelli medi di efficacia percepita dell'esperienza didattica.

5.13 Conclusioni del capitolo: interpretazione complessiva dei risultati della sperimentazione

Il presente capitolo ha analizzato gli effetti dell'implementazione della metodologia *Problem Based Learning* in due contesti didattici differenti: una modalità tradizionale svolta prevalentemente in presenza e una modalità supportata dalla piattaforma digitale Moodle. L'obiettivo dell'analisi non era quello di dimostrare una superiorità di un modello didattico rispetto all'altro, ma di comprendere in che modo l'integrazione di un ambiente digitale potesse incidere sull'esperienza di apprendimento degli studenti. Il confronto inferenziale tra i due gruppi, effettuato mediante t-test per campioni indipendenti, non ha evidenziato differenze statisticamente significative nei punteggi medi delle quattro dimensioni del questionario relative al PBL: lavoro cooperativo, rapporto tra PBL e disciplina, approccio personale alla metodologia e ruolo del tutor. Questo risultato indica che, nel campione analizzato, l'introduzione della piattaforma Moodle non produce variazioni significative nei livelli medi di percezione dell'esperienza didattica.

Tuttavia, l'analisi esplorativa condotta attraverso cluster analysis ha evidenziato configurazioni interne differenti nei due contesti didattici. In particolare, le quattro dimensioni generali del PBL mostrano che nel gruppo che ha utilizzato la piattaforma Moodle si osservano, in più casi, profili più compatti, più stabili e meno dispersi rispetto a quelli emersi nel gruppo che ha svolto le attività in presenza. Questo dato suggerisce che il contributo dell'ambiente digitale non si manifesti tanto nell'innalzamento dei livelli medi dell'esperienza, quanto nella sua strutturazione interna.

Per approfondire questa evidenza interpretativa è stata quindi condotta un'analisi specifica sulle modalità di utilizzo dell'ambiente digitale da parte degli studenti del gruppo Moodle. Le analisi relative alle dimensioni diario di bordo, forum, struttura del corso e approccio personale e interpersonale hanno mostrato in modo consistente la presenza di differenti profili di interazione con la piattaforma. In tutte le dimensioni analizzate emergono gruppi di studenti che utilizzano gli strumenti digitali in modo più intensivo e riflessivo, gruppi che ne fanno un uso prevalentemente funzionale e gruppi che li utilizzano in modo più limitato o selettivo. Questo risultato suggerisce che l'ambiente digitale non determina una modalità unica di partecipazione alle attività didattiche, ma rende possibili diverse strategie di interazione con gli strumenti di apprendimento (Hrastinski, 2008).

Alla luce di questi risultati, è possibile formulare alcune considerazioni interpretative coerenti con le evidenze empiriche emerse dall'analisi. In primo luogo, i dati indicano che l'adozione di un ambiente

digitale non modifica necessariamente i livelli medi di percezione dell'efficacia dell'esperienza didattica. Nel campione analizzato, gli studenti che hanno partecipato alle attività di PBL in presenza e quelli che hanno utilizzato Moodle riportano livelli medi di esperienza complessivamente comparabili. In secondo luogo, le analisi suggeriscono che l'integrazione della piattaforma digitale contribuisce a rendere l'esperienza generale più strutturata e più uniforme sul piano delle percezioni complessive del PBL. Tale strutturazione, tuttavia, non elimina la presenza di differenti modalità di uso degli strumenti digitali, ma definisce una cornice organizzativa più stabile entro la quale gli studenti possono adottare strategie diverse di partecipazione, di comunicazione, di riflessione e di gestione del lavoro.

In questo senso, i risultati ottenuti non indicano che la tecnologia renda la metodologia PBL intrinsecamente più efficace, ma suggeriscono che l'ambiente digitale possa influenzare l'organizzazione dell'esperienza di apprendimento. Più precisamente, la piattaforma sembra agire come dispositivo di strutturazione generale del percorso, senza per questo annullare la pluralità dei modi in cui gli studenti utilizzano e interpretano gli strumenti messi a disposizione.

Questa interpretazione risulta coerente con una parte significativa della letteratura sul blended learning, che evidenzia come gli ambienti digitali influenzino soprattutto le modalità di partecipazione e di autoregolazione degli studenti piuttosto che i livelli medi di apprendimento o di soddisfazione percepita. Nel contesto della didattica della fisica e delle discipline scientifiche, tali risultati suggeriscono che l'integrazione di ambienti digitali non debba essere interpretata esclusivamente come uno strumento per incrementare le prestazioni medie degli studenti, ma piuttosto come un dispositivo capace di organizzare in modo più leggibile e stabile il contesto dell'apprendimento basato su problemi, lasciando comunque spazio a differenti strategie di partecipazione.

E' opportuno sottolineare che il presente studio si configura come un case study, orientato alla comprensione approfondita di un contesto educativo specifico. La sua rilevanza risiede nella possibilità di restituire una lettura densa e articolata delle percezioni degli studenti, mettendo in luce non solo i livelli medi dell'esperienza, ma soprattutto la distribuzione interna delle modalità di partecipazione e il grado di uniformità con cui essa viene vissuta nei diversi contesti didattici.

In conclusione, i risultati della sperimentazione indicano che l'integrazione della piattaforma Moodle nella metodologia PBL non modifica in modo significativo i livelli medi dell'esperienza didattica percepita dagli studenti, ma contribuisce a strutturare in modo più stabile l'esperienza generale del PBL e, allo stesso tempo, a rendere possibili differenti modalità di uso degli strumenti digitali. Questa evidenza suggerisce che il valore pedagogico degli ambienti digitali risieda non tanto in un

incremento uniforme dell'efficacia percepita, quanto nella loro capacità di organizzare il contesto formativo e di ampliare le modalità di interazione tra studenti, contenuti e attività didattiche.

CAPITOLO 6

RICERCA FORMAZIONE PER UNA DIDATTICA ATTIVA NELLA SCUOLA

Introduzione

Il capitolo precedente ha analizzato l'utilizzo degli ambienti digitali in contesto universitario, mettendo in evidenza come la piattaforma Moodle, quando progettata in modo intenzionale, possa configurarsi come dispositivo pedagogico capace di sostenere pratiche di apprendimento attivo, riflessivo e collaborativo. L'esperienza condotta con gli studenti di didattica della fisica ha mostrato come la qualità della progettazione didattica incida in modo significativo sui processi di partecipazione, sulla costruzione della conoscenza e sullo sviluppo di forme di riflessione metacognitiva.

In continuità con tali evidenze, la ricerca si sviluppa ulteriormente attraverso uno spostamento del fuoco analitico dal contesto universitario a quello scolastico, con l'obiettivo di indagare le condizioni attraverso cui un dispositivo didattico trasformativo, identificato nella ricerca-formazione (R-F), possa incidere sulle pratiche professionali in contesti autentici, caratterizzati dalla complessità e dalla situatività dell'azione didattica. Tale passaggio non introduce una frattura nel disegno complessivo della ricerca, ma ne rappresenta un'estensione coerente: se nel contesto universitario l'attenzione era rivolta alla progettazione degli ambienti di apprendimento, nel contesto scolastico essa si amplia alla progettazione di percorsi di sviluppo professionale capaci di generare trasformazioni osservabili nelle pratiche didattiche (Desimone, 2009).

Alla luce di questa evoluzione del disegno di ricerca, il presente capitolo si configura come uno spazio analitico articolato in due sezioni, entrambe riconducibili al medesimo impianto metodologico della ricerca-formazione, ma differenziate in relazione ai nuclei tematici affrontati e alle strategie di analisi adottate. Tale articolazione risponde all'esigenza di evitare sovrapposizioni interpretative e di restituire in modo rigoroso la specificità delle evidenze empiriche emerse nei due percorsi.

La Sezione I è dedicata al percorso di ricerca-formazione centrato sulla promozione della didattica attiva nelle discipline STEAM e ha coinvolto ventuno docenti appartenenti alla scuola primaria e alla scuola secondaria di primo grado. La scelta di includere ordini scolastici differenti risponde all'esigenza di esplorare la trasferibilità del dispositivo formativo in contesti caratterizzati da differenti assetti disciplinari e culturali. Il percorso si è articolato in una fase iniziale di formazione, seguita da una fase di sperimentazione in classe, con particolare riferimento a metodologie attive quali *problem solving* e *inquiry*, all'integrazione delle tecnologie digitali e all'introduzione del coding

e del pensiero computazionale. Dal punto di vista metodologico, questa sezione si avvale di un'analisi tematica delle pratiche didattiche e delle narrazioni dei docenti, finalizzata alla costruzione e alla progressiva stabilizzazione di un sistema di categorie interpretative coerente con i fattori latenti della ricerca.

La Sezione II, pur collocandosi all'interno dello stesso quadro metodologico della ricerca-formazione, si concentra su un ulteriore ambito di approfondimento sviluppato nel corso del percorso formativo, relativo all'integrazione dell'intelligenza artificiale nei contesti educativi. In questo caso, l'attenzione è orientata in modo specifico all'analisi delle trasformazioni nelle percezioni dei docenti, con particolare riferimento alle dimensioni della competenza percepita e dell'utilità attribuita, rilevate attraverso un disegno pre-post e analizzate mediante strumenti quantitativi. La distinzione tra le due sezioni consente pertanto di mantenere unitarietà metodologica, riconoscendo al contempo la necessità di adottare dispositivi analitici differenti in relazione alla natura delle evidenze raccolte.

Il capitolo non presenta una successione lineare di esperienze, ma una struttura analitica che rende conto della pluralità dei livelli di indagine attivati dalla ricerca-formazione, restituendo la dimensione quantitativa relativa alle trasformazioni nelle rappresentazioni professionali dei docenti.

6.1 Ricerca-formazione e disegno metodologico

La ricerca-formazione si configura come un approccio metodologico che integra in modo strutturato ricerca educativa e sviluppo professionale, superando la tradizionale separazione tra produzione di conoscenza e pratica didattica. I docenti non sono considerati semplici destinatari di interventi formativi, ma soggetti attivi coinvolti in processi di analisi, sperimentazione e riflessione sulle proprie pratiche, all'interno di contesti reali di insegnamento. Tale impostazione implica una ridefinizione della professionalità docente in chiave sistemica, intesa come variabile complessa connessa alle dimensioni socioculturali, organizzative e istituzionali in cui si colloca l'azione educativa, e come leva strategica per il miglioramento della qualità dei sistemi scolastici (Vannini, I., 2018).

Nella tradizione pedagogica italiana, questo approccio trova una sua formalizzazione teorica nelle riflessioni sviluppate dal gruppo di ricerca CRESPI dell'Università di Bologna, coordinato da Ira Vannini, che interpreta la ricerca-formazione come una pratica di ricerca empirica situata, fortemente ancorata ai contesti scolastici e orientata allo sviluppo della professionalità docente. In tale prospettiva, la ricerca non si sviluppa a partire da modelli astratti o prescrittivi, ma nasce all'interno dei contesti reali attraverso l'individuazione di problemi autentici, configurandosi come un processo condiviso tra ricercatori e insegnanti, finalizzato non solo alla produzione di conoscenza, ma soprattutto alla trasformazione delle pratiche e dei contesti educativi (Nigris, E et al, 2020).

La ricerca-formazione assume così una valenza esplicitamente trasformativa: essa consente di coniugare produzione di conoscenza e sviluppo professionale, attivando processi di cambiamento che emergono dall'interno delle pratiche educative. In questo senso, si configura come una scelta politico-metodologica che orienta il fare ricerca in educazione verso forme di collaborazione strutturata con gli insegnanti, promuovendo percorsi comuni di indagine e garantendo al contempo il rigore metodologico proprio della ricerca empirica. Il dispositivo della ricerca-formazione, infatti, non si sostituisce ai diversi approcci metodologici, ma li attraversa e li accompagna, adattandosi alle specificità dei contesti e rendendo esplicite le procedure di ricerca adottate (Vannini, I., 2018). Tale impostazione si colloca in continuità con la tradizione della ricerca-azione, che ha messo in evidenza l'importanza di processi ciclici di progettazione, azione, osservazione e riflessione. Tuttavia, nella ricerca-formazione l'accento è posto in modo più esplicito sulla dimensione formativa del processo: la riflessione sulla pratica non rappresenta una fase del percorso, ma il suo principio generativo, in quanto consente agli insegnanti di trasformare saperi impliciti, credenze e routine professionali in conoscenze consapevoli e condivise (Vannini, 2018).

Dal punto di vista metodologico, la ricerca-formazione si caratterizza per alcuni elementi qualificanti. In primo luogo, la definizione condivisa delle finalità della ricerca, orientate alla crescita professionale dei docenti e alla documentazione delle ricadute in termini di cambiamento. In secondo luogo, la costruzione di gruppi di ricerca composti da ricercatori e insegnanti, nei quali vengono negoziati ruoli, obiettivi e scelte metodologiche. Un ulteriore elemento riguarda la centralità del contesto: la ricerca è sempre situata e si sviluppa attraverso un'analisi delle risorse e dei vincoli presenti nei contesti istituzionali. Infine, assume un ruolo centrale il confronto continuo tra i partecipanti e la restituzione dei risultati, intesa non solo come comunicazione degli esiti, ma come processo di rielaborazione condivisa dell'esperienza.

Un aspetto particolarmente rilevante riguarda la definizione della domanda di ricerca, che nella ricerca-formazione non è stabilita a priori, ma emerge da situazioni problematiche vissute nei contesti scolastici. Questo comporta una fase iniziale di esplorazione e di rilevazione, finalizzata a costruire un raccordo tra emergenze del contesto e conoscenza scientifica. La raccolta e l'analisi dei dati assumono una dimensione partecipata: gli insegnanti, in quanto attori privilegiati, contribuiscono alla definizione delle unità di indagine e alla costruzione dei significati, rendendo i dati profondamente radicati nella realtà scolastica.

Il percorso si fonda sull'idea che l'innovazione didattica non possa essere introdotta attraverso modelli prescrittivi, ma debba essere costruita attraverso processi di appropriazione professionale, nei

quali i docenti reinterpretano le metodologie attive alla luce del proprio contesto. Il cambiamento non è inteso come adozione di tecniche, ma come trasformazione delle concezioni didattiche, delle modalità di progettazione e delle pratiche di insegnamento (Vannini., 2018).

6.1.1 Domande di ricerca

La ricerca è stata sviluppata a partire dall'interrogativo generale relativo alla possibilità che un percorso di ricerca-formazione, fondato sull'utilizzo di metodologie didattiche attive e sull'integrazione delle tecnologie educative, possa incidere sui processi di sviluppo professionale dei docenti e sulle loro pratiche di insegnamento nelle discipline STEAM.

In coerenza con tale finalità generale, sono state formulate le seguenti domande di ricerca:

RQ1. In che misura un percorso di ricerca-formazione orientato alle discipline STEAM e all' IA contribuisce a modificare le percezioni professionali dei docenti relativamente alle pratiche di didattica attiva?

RQ2. Quali cambiamenti si osservano nelle dimensioni dell'inquiry, della competenza digitale, dell'integrazione interdisciplinare e dell'autoefficacia professionale a seguito della partecipazione al percorso formativo?

RQ3. Quali profili professionali emergono dall'analisi configurazionale dei dati e come tali profili si trasformano nel passaggio dalla fase pre alla fase post-formazione?

RQ4. In che modo i docenti interpretano e rielaborano l'esperienza di ricerca-formazione nelle proprie pratiche didattiche?

Le domande di ricerca orientano l'intero disegno metodologico e costituiscono il riferimento interpretativo per l'analisi integrata dei dati quantitativi e qualitativi.

6.1.2 Il dispositivo formativo della ricerca-formazione

Coerentemente con i principi della ricerca-formazione, sono stati progettati due distinti percorsi di sviluppo professionale: il primo finalizzato a sostenere processi di innovazione didattica nelle discipline STEAM, il secondo orientato a promuovere nei docenti una riflessione critica sulle potenzialità educative dell'intelligenza artificiale. attraverso l'adozione di metodologie attive, tecnologie digitali e pratiche riflessive. L'intervento formativo non è stato concepito come una

semplice trasmissione di contenuti, ma come un percorso di accompagnamento orientato alla sperimentazione e alla trasformazione delle pratiche professionali.

Il disegno di ricerca ha coinvolto complessivamente 37 docenti appartenenti alla scuola primaria e alla scuola secondaria di primo grado, di cui 21 nel percorso di ricerca-formazione nelle discipline STEAM e 16 nel percorso di ricerca-formazione orientato all'intelligenza artificiale, ed è stato articolato in una fase iniziale di formazione, una successiva fase di sperimentazione didattica nelle classi e una fase conclusiva di documentazione e riflessione sulle esperienze realizzate.

La formazione iniziale è stata progettata e condotta dalla sottoscritta nell'ambito delle attività previste dal percorso di ricerca-formazione. Il dispositivo è stato organizzato attraverso cinque percorsi tematici, per un totale di cinquanta ore di formazione distribuite tra attività online e incontri in presenza. La progettazione dei moduli ha perseguito l'obiettivo di sviluppare competenze metodologiche, digitali e progettuali coerenti con i principi della didattica attiva e con le finalità della ricerca.

La scelta di affidare la conduzione dell'intero percorso alla sottoscritta risponde all'esigenza di garantire coerenza tra il quadro teorico di riferimento, gli obiettivi della ricerca e le attività proposte ai docenti. Tale continuità ha consentito di accompagnare i partecipanti lungo tutte le fasi del percorso, dalla formazione iniziale alla sperimentazione in classe, favorendo processi di riflessione professionale e di progressiva appropriazione delle metodologie introdotte. Particolare attenzione è stata dedicata all'integrazione tra dimensione teorica e dimensione laboratoriale. Ogni modulo formativo prevedeva momenti di approfondimento concettuale, analisi di esempi e attività operative finalizzate alla progettazione di percorsi trasferibili nel contesto scolastico di appartenenza. Tale impostazione ha consentito ai docenti di sperimentare direttamente le metodologie proposte, riflettendo criticamente sulle possibili modalità di adattamento alle specifiche caratteristiche delle proprie classi.

La struttura del dispositivo formativo è sintetizzata nella Tabella 6.

Tabella 6 – Obiettivi formativi, durata e metodologie dei moduli della ricerca-formazione

Modulo	Ore	Obiettivi formativi	Metodologie e attività proposte
L'intelligenza artificiale e nuove competenze digitali	10	Sviluppare una prima alfabetizzazione critica sull'intelligenza artificiale in ambito educativo; comprendere il funzionamento delle IA generative e le loro potenzialità per la progettazione didattica; promuovere un uso consapevole di strumenti digitali per la	Lezione partecipata, dimostrazione guidata, esercitazioni su generative AI, costruzione di mappe concettuali, generazione di presentazioni, creazione di quiz e questionari con AI, i prompt.

Modulo	Ore	Obiettivi formativi	Metodologie e attività proposte
		costruzione di mappe concettuali, presentazioni e strumenti valutativi.	
Intelligenza artificiale	10	Approfondire la storia e l'evoluzione dell'IA; analizzare criticamente le implicazioni pedagogiche delle IA generative; sperimentare l'uso di piattaforme dedicate alla progettazione didattica e alla produzione di materiali; rafforzare le competenze digitali dei docenti in una prospettiva riflessiva e professionale.	Lezione dialogata, laboratorio in presenza, esercitazioni con piattaforme di AI per la scuola, attività guidate su Magic School, progettazione di quiz e materiali didattici supportati dall'IA.
Problem Solving	10	Approfondire il Problem Based Learning e l'Inquiry Based Science Education come metodologie attive per l'insegnamento delle discipline STEAM; sviluppare competenze nella progettazione di situazioni-problema e percorsi inquiry; promuovere pratiche didattiche orientate alla riflessione, alla collaborazione e alla costruzione attiva della conoscenza.	Lezione introduttiva, analisi teorica del PBL e dell'IBSE, studio di casi, attività laboratoriali, esercitazioni progettuali, simulazioni di situazioni-problema e di percorsi inquiry.
Coding e robotica educativa	10	Promuovere il pensiero computazionale e l'uso del coding come risorsa didattica; sviluppare competenze nella progettazione di attività con Scratch Jr e Scratch Education; favorire la costruzione di percorsi che integrino logica, creatività, problem solving e collaborazione.	Laboratorio online, esercitazioni guidate su Scratch Jr e Scratch Education, Code.org, attività di progettazione di percorsi didattici basati sul coding e sul pensiero computazionale.
Potenziamento dell'insegnamento delle discipline STEM	10	Rafforzare la capacità di utilizzare ambienti digitali e simulazioni per l'insegnamento delle discipline scientifiche; promuovere la progettazione di attività laboratoriali e inquiry-based supportate da strumenti digitali; sostenere una visione interdisciplinare delle STEAM attraverso il collegamento tra scienze, matematica, tecnologia e pratiche di problem solving.	Esercitazioni su Algodoo, PhET Colorado e LearningApps, attività di esplorazione e simulazione di fenomeni scientifici, progettazione di percorsi didattici interdisciplinari basati su strumenti digitali.
Interdisciplinarità come dimensione trasversale del percorso	(trasversale)	Favorire una concezione integrata delle discipline STEAM, promuovendo connessioni tra saperi scientifici, tecnologici, matematici e linguistico-espressivi; sostenere nei docenti la capacità di progettare attività che superino la frammentazione disciplinare e che valorizzino problemi autentici, compiti di realtà e situazioni di apprendimento complesse.	L'interdisciplinarità non è stata trattata come modulo autonomo, ma come asse trasversale dell'intero percorso: è stata sviluppata attraverso il PBL, l'IBSE, il coding, l'uso delle simulazioni e la progettazione di attività didattiche capaci di integrare più nuclei disciplinari in una prospettiva STEAM.

6.2 I mixed- method per la valutazione d'efficacia della R-F

La valutazione dell'efficacia del dispositivo di ricerca-formazione in area STEAM è stata condotta attraverso un disegno metodologico misto (mixed methods), che integra dati quantitativi e qualitativi all'interno di un unico quadro interpretativo. L'adozione di un approccio mixed methods risponde all'esigenza di analizzare fenomeni educativi complessi, nei quali la sola dimensione quantitativa o qualitativa risulta insufficiente a cogliere la natura multidimensionale del cambiamento (Johnson & Onwuegbuzie, 2004).

In particolare, il disegno adottato è di tipo sequenziale esplicativo, nel quale la componente quantitativa costituisce il primo livello di analisi, finalizzato a individuare variazioni strutturali nelle pratiche dichiarate dai docenti, mentre la componente qualitativa svolge una funzione interpretativa, permettendo di comprendere il significato pedagogico di tali variazioni (Creswell, 2007).

Il livello quantitativo si basa su questionari somministrati agli stessi ventuno docenti prima e dopo la formazione iniziale, con l'obiettivo di rilevare cambiamenti nelle dimensioni della didattica attiva. I dati sono stati analizzati attraverso tecniche statistiche che consentono di individuare strutture latenti e profili professionali. Il livello qualitativo, sviluppato attraverso interviste ai docenti e analizzato mediante analisi tematica, sarà invece approfondito nel Capitolo 7 (Creswell & Plano Clark, 2018).

L'integrazione dei due livelli di analisi permette di interpretare il cambiamento non soltanto come variazione quantitativa, ma come trasformazione del significato attribuito all'insegnamento. I mixed methods non rappresentano una semplice combinazione di tecniche, ma un approccio epistemologico che consente di mettere in relazione dati numerici e narrazioni professionali, offrendo una comprensione più profonda dei processi educativi (Tashakkori & Teddlie, 2021).

SEZIONE I – RICERCA FORMAZIONE IN AREA STEAM

6.3 Costruzione dello strumento di rilevazione e definizione delle dimensioni della didattica attiva

Per indagare il cambiamento professionale dei docenti è stato costruito un questionario volto a rilevare indicatori osservabili di didattica attiva nelle discipline STEAM. La costruzione dello strumento non è avvenuta in modo esplorativo, ma attraverso un processo di adattamento teoricamente fondato a partire da scale validate presenti in letteratura internazionale, tutte caratterizzate da procedure di validazione tramite analisi fattoriale. Tale scelta consente di considerare lo strumento utilizzato nella ricerca-formazione come metodologicamente robusto, in quanto derivato da modelli già sottoposti a verifica empirica della struttura latente.

I lavori di riferimento, discussi nel quadro teorico preliminare, presentano una struttura convergente centrata su tre nuclei concettuali: la pratica *inquiry-based*, la competenza professionale digitale del docente e l'autoefficacia nell'insegnamento STEM. In tali studi la validazione degli strumenti avviene attraverso analisi fattoriale esplorativa e confermativa finalizzata a verificare la coerenza tra item osservabili e costrutti teorici. Gli item non descrivono attività isolate ma disposizioni professionali stabili, ossia modalità ricorrenti di progettazione e conduzione dell'apprendimento.

In particolare, nelle scale dedicate all'*inquiry* scientifico i fattori latenti individuano il ruolo del docente nella costruzione della conoscenza: capacità di generare domande significative, guida nell'analisi dei dati, promozione della discussione e connessione con la realtà quotidiana. Le ricerche mostrano che tali dimensioni non costituiscono abilità indipendenti ma componenti di un unico orientamento epistemologico dell'insegnamento scientifico.

Le scale relative alla competenza digitale professionale, invece, distinguono tra uso strumentale della tecnologia e uso pedagogico. L'analisi fattoriale separa infatti la competenza di integrazione didattica delle tecnologie dalla capacità di produzione e rielaborazione di contenuti digitali. In questo modo la tecnologia non è interpretata come semplice abilità tecnica ma come elemento di progettazione didattica.

Infine, le scale di autoefficacia nell'insegnamento STEM mostrano una struttura latente legata alla percezione di competenza professionale nel progettare attività interdisciplinari, guidare *problem solving* e realizzare esperienze integrate. In tali strumenti la variabile misurata non riguarda la prestazione effettiva ma la convinzione di poter agire efficacemente, considerata in letteratura un predittore della trasformazione delle pratiche didattiche.

A partire da queste evidenze è stato costruito un questionario composto da 28 item organizzati in quattro aree: *inquiry*, competenza digitale, integrazione interdisciplinare e autoefficacia. Gli item sono stati formulati come affermazioni su pratiche didattiche abituali, valutate tramite scala Likert, al fine di rilevare disposizioni professionali e non singole esperienze episodiche.

La prima area riguarda l'*inquiry* e comprende quattro fattori latenti: Asking, Investigate & Creation, Discussion & Reflection e Relation with Daily Life (Yıldırım İ. et al., 2018). Gli item indagano la capacità del docente di proporre situazioni-problema, guidare l'indagine, promuovere il confronto tra pari e collegare i contenuti alla realtà. In questo modo la didattica attiva viene osservata come organizzazione del processo conoscitivo e non come semplice attività laboratoriale. La seconda area riguarda la competenza digitale del docente e distingue due fattori: Teachers' Professional Digital Competence e Teachers' Digital Content Development (Aydin et al., 2024). Il primo riguarda

l'integrazione pedagogica delle tecnologie nella comunicazione e nella gestione dell'apprendimento; il secondo la produzione, modifica e condivisione di contenuti digitali. La separazione tra i due fattori consente di evitare la sovrapposizione tra uso della tecnologia e progettazione didattica. La terza area concerne l'integrazione interdisciplinare (Karpudewan et al. 2022) e misura la conoscenza di strategie pedagogiche che mettono in relazione scienza, tecnologia, ingegneria e matematica. Gli item osservano la capacità di stabilire connessioni concettuali e di progettare attività interdisciplinari coerenti. La quarta area misura l'autoefficacia del docente nell'insegnamento STEAM (Karpudewan et al. 2022), intesa come percezione di competenza nel progettare attività basate su problemi, integrare discipline e condurre percorsi didattici efficaci. La struttura complessiva dello strumento consente quindi di interpretare la didattica attiva come costrutto multidimensionale composto da pratiche di indagine, uso pedagogico della tecnologia, integrazione disciplinare e fiducia professionale. Nei paragrafi successivi verranno descritte le procedure di validazione empirica delle dimensioni attraverso l'analisi dei dati raccolti nelle somministrazioni pre e post-formazione.

6.4 Costruzione del questionario STEAM e individuazione dei fattori latenti

Per la costruzione dello strumento di rilevazione utilizzato nella ricerca-formazione è stata adottata una procedura di integrazione teorico-metodologica basata su tre scale validate presenti in letteratura internazionale. Tutti e tre gli strumenti sono stati sviluppati attraverso analisi fattoriale esplorativa ed analisi fattoriale confermativa, garantendo quindi solidità psicometrica e validità di costrutto (il questionario STEAM è disponibile nell'allegato 3 in appendice).

Scala di Inquiry-Based Teaching Self-Efficacy per STEAM (Yıldırım İ. et al., 2018)

Il primo riferimento è la scala per la misura dell'autoefficacia docente nell'insegnamento *inquiry-based* in contesto STEM, sviluppata da Yıldırım et al. (2018). Lo studio è stato condotto su 535 docenti appartenenti a diversi contesti disciplinari e geografici, attraverso un processo rigoroso di costruzione dello strumento che ha incluso validazione di contenuto e di faccia da esperti, analisi fattoriale esplorativa (EFA) e successiva conferma tramite analisi fattoriale confermativa (CFA).

L'analisi fattoriale ha restituito una struttura a quattro dimensioni latenti che spiegano oltre il 60% della varianza totale: *discussion and reflection*, *investigate and creation*, *asking* e *relation with daily life*. Tali dimensioni rappresentano in modo integrato i processi cognitivi e didattici tipici dell'*inquiry-based learning*, includendo la capacità del docente di promuovere riflessione critica, guidare processi investigativi, stimolare la formulazione di domande significative e collegare i contenuti disciplinari a contesti reali.

Questa articolazione teorica consente di leggere l'autoefficacia non come dimensione unitaria, ma come costrutto multidimensionale strettamente connesso alle pratiche didattiche attive. Tali dimensioni costituiscono il nucleo della sezione *inquiry* (item 1-8) del questionario della presente ricerca, mantenendo coerenza con la struttura fattoriale originaria.

Teachers' Digital Competence Scale (Aydin et al., 2024)

Il secondo riferimento è la scala per la competenza digitale docente sviluppata da Aydin, Yildirim e Kus (2024), costruita su un campione di 271 docenti appartenenti a diversi livelli scolastici. Lo strumento è stato sviluppato seguendo un processo sistematico di costruzione della scala basato sul modello di DeVellis, con definizione del costrutto, costruzione dell'item pool, validazione tramite EFA e CFA e verifica della validità convergente e discriminante.

La scala finale presenta una struttura fattoriale articolata in quattro dimensioni latenti, organizzate all'interno di una scala Likert a cinque punti, e mostra elevati livelli di affidabilità interna (Cronbach's alpha, omega e composite reliability). Le dimensioni intercettano aspetti chiave della competenza digitale docente, tra cui la capacità di integrare le tecnologie nella progettazione didattica, la comunicazione e collaborazione in ambienti digitali, la produzione di contenuti digitali e l'uso riflessivo delle tecnologie.

In coerenza con il framework DigCompEdu, tali dimensioni sono state rielaborate nel presente studio nei fattori Teachers' Professional Digital Competence e Teachers' Digital Content Development, che costituiscono la base della sezione ICT (item 9-18), mantenendo il legame tra competenza tecnica e competenza pedagogica digitale.

STEM Teaching Practices Instrument (Karpudewan et al. 2022)

Il terzo riferimento è rappresentato dallo strumento sviluppato da Karpudewan et al. (2022), finalizzato a misurare le pratiche di insegnamento STEM attraverso un disegno mixed methods. In una prima fase qualitativa, attraverso interviste a docenti, sono stati individuati i principali fattori che spiegano le pratiche didattiche STEM, successivamente validati tramite analisi fattoriale.

I risultati hanno evidenziato quattro dimensioni centrali, tra cui assumono particolare rilevanza la conoscenza interdisciplinare e delle strategie pedagogiche correlate e le credenze di autoefficacia docente. La prima dimensione riguarda la capacità del docente di integrare saperi disciplinari differenti e di utilizzare approcci pedagogici quali *inquiry-based learning*, *problem based learning* e *project based learning* per strutturare attività didattiche significative. La seconda dimensione fa riferimento alla percezione di competenza del docente nell'attuare pratiche STEM efficaci, che influenza direttamente la sua disponibilità ad adottare approcci didattici innovativi.

Queste due dimensioni costituiscono la base teorica delle sezioni del questionario: INTERDISCIPLINARY (item 19-24) ed EFFICACY (item 25-28), permettendo di integrare nel modello di analisi sia la dimensione cognitiva sia quella motivazionale della pratica docente.

Integrazione dei costrutti e struttura finale dello strumento

La costruzione del questionario STEAM, fondata sull'integrazione di scale validate, ha consentito di definire un sistema coerente di fattori latenti che rappresentano dimensioni osservabili della pratica didattica dei docenti. Tuttavia, affinché tali costrutti possano essere effettivamente analizzati in chiave empirica, è stato necessario procedere a una loro operazionalizzazione, traducendoli in variabili misurabili e analizzabili attraverso strumenti statistici.

La struttura risultante è composta da 28 item organizzati in quattro macro-dimensioni: Inquiry, ICT, Interdisciplinary knowledge e Self-efficacy.

Le quattro macro-dimensioni non sono state trattate come semplici aggregati descrittivi, ma come veri e propri costrutti latenti, ciascuno rappresentato da un insieme di item osservabili. Questa impostazione consente di mantenere un ancoraggio teorico forte, garantendo al contempo la possibilità di analizzare empiricamente le configurazioni delle pratiche didattiche.

6.5 Campione, contesto e procedura di somministrazione

La ricerca-formazione è stata condotta coinvolgendo 21 docenti appartenenti a due ordini di scuola: scuola primaria e scuola secondaria di primo grado. La scelta di includere entrambi i segmenti del primo ciclo di istruzione risponde a una duplice esigenza metodologica e pedagogica: da un lato osservare la trasferibilità delle metodologie attive in contesti didattici differenti per età degli studenti e organizzazione curricolare; dall'altro analizzare eventuali differenze nella percezione di competenza e autoefficacia tra docenti con background formativi differenti.

Il percorso si è articolato in tre fasi principali:

1. formazione iniziale;
2. sperimentazione didattica in classe;
3. rilevazione quantitativa e qualitativa.

Formazione iniziale

Prima della fase sperimentale, i docenti hanno partecipato a un percorso formativo centrato su:

- metodologie attive nelle discipline STEM (*problem solving, inquiry-based learning*, didattica per problemi);
- integrazione delle tecnologie digitali nella progettazione didattica;
- coding e pensiero computazionale;
- introduzione critica all'intelligenza artificiale in ambito educativo.

La componente relativa all'intelligenza artificiale, pur inserita nel percorso complessivo, verrà analizzata separatamente (come specificato sopra), in quanto richiede un approfondimento distinto rispetto alle dimensioni indagate dal questionario.

Somministrazione del questionario

Il disegno adottato è di tipo pre-post su gruppo unico, tipico della ricerca-formazione in ambito educativo.

Il questionario STEAM a 28 item è stato somministrato:

- prima dell'avvio della formazione (pre-test);
- al termine del percorso formativo iniziale (post-test).

La scelta di utilizzare lo stesso strumento in entrambe le rilevazioni consente di osservare eventuali variazioni nelle dimensioni latenti percepite dai docenti, interpretandole come indicatori di efficacia formativa.

La somministrazione è avvenuta in modalità digitale, garantendo anonimato e tracciabilità dei codici identificativi per l'analisi longitudinale.

Le risposte sono state raccolte su scala Likert a cinque punti.

Analisi dei dati quantitativi

L'analisi quantitativa si è articolata in più passaggi:

1. Verifica preliminare della struttura delle dimensioni mediante analisi in JASP, al fine di osservare la coerenza interna dei fattori latenti nella popolazione coinvolta.
2. Calcolo dei punteggi medi per ciascuna dimensione pre e post formazione.
3. Analisi cluster mediante XLSTAT, applicata separatamente ai dati pre e post per individuare gruppi omogenei di docenti sulla base dei cluster.
4. Determinazione del numero ottimale di cluster (k ottimale).

5. Analisi di transizione per osservare le eventuali migrazioni dei docenti tra cluster dal pre al post.

L'uso combinato di JASP e cluster analysis con k means in XLSTAT consente di integrare una lettura dimensionale con una lettura configurazionale dei dati: non solo si osservano variazioni medie, ma si analizzano trasformazioni di profilo professionale.

Analisi qualitativa

Parallelamente alla rilevazione quantitativa, sono state condotte interviste ai docenti al termine della sperimentazione.

Le trascrizioni sono state sottoposte ad analisi tematica, con un processo di codifica progressiva volto a:

- individuare categorie emergenti;
- ricondurre tali categorie ai fattori latenti del questionario;
- verificare la convergenza tra dati quantitativi e qualitativi.

Questa triangolazione metodologica rafforza l'interpretazione dei risultati, consentendo di integrare evidenze statistiche con narrazioni professionali.

6.6 Procedure di analisi statistica e modellizzazione dei profili docenti

L'analisi quantitativa dei dati è stata strutturata secondo una sequenza metodologica finalizzata a valutare la significatività delle variazioni pre-post e a descrivere la trasformazione dei profili professionali dei docenti coinvolti nella ricerca-formazione. Il processo si è articolato in tre livelli: verifica della significatività statistica delle differenze, individuazione di profili cluster tramite cluster analysis e analisi di transizione.

6.6.1 Verifica della significatività delle differenze (JASP)

In una prima fase i dati del pre-test e del post-test sono stati analizzati mediante il software JASP con l'obiettivo principale di verificare la significatività statistica delle variazioni nelle dimensioni indagate dal questionario.

Per ciascuna macro-dimensione (Inquiry, ICT, Interdisciplinary, Efficacy) sono stati calcolati:

- punteggi medi e deviazioni standard;
- differenze tra pre e post;
- test statistici per campioni appaiati, in quanto le misurazioni riguardano gli stessi 21 docenti.

L'uso di test per campioni dipendenti consente di valutare se le variazioni osservate siano attribuibili al percorso formativo e non a fluttuazioni casuali. In considerazione della numerosità contenuta del campione, l'interpretazione non si è limitata al valore di p , ma ha tenuto conto anche dell'ampiezza dell'effetto, al fine di valutare la rilevanza sostanziale del cambiamento.

JASP è stato quindi utilizzato non per ridefinire la struttura fattoriale dello strumento, già validata in letteratura, ma per accertare la significatività statistica delle differenze tra le due rilevazioni temporali.

6.6.2 Cluster analysis con XLSTAT

La sola analisi delle differenze medie non consente tuttavia di cogliere eventuali trasformazioni nella configurazione complessiva dei profili professionali. Per questo motivo è stata condotta un'analisi cluster con XLSTAT applicando l'algoritmo K-means separatamente ai dati pre e post formazione.

La procedura ha previsto:

- standardizzazione delle dimensioni per evitare effetti di scala;
- individuazione del numero ottimale di cluster tramite criterio dell'elbow e indice di silhouette;
- interpretazione dei centroidi per la caratterizzazione dei profili.

L'analisi separata delle due fasi ha permesso di osservare se la struttura dei profili emergenti si modificasse a seguito della formazione, senza imporre vincoli derivanti dalla configurazione iniziale.

I cluster sono stati interpretati come configurazioni professionali multidimensionali, risultanti dalla combinazione dei punteggi sulle quattro macro-aree del questionario, che descrivono differenti modalità di integrazione delle pratiche didattiche.

6.6.3 Analisi di transizione

Successivamente è stata realizzata un'analisi di transizione tra cluster pre e cluster post. Per ciascun docente è stata registrata l'appartenenza al cluster nella fase iniziale e in quella finale, costruendo una matrice di passaggio.

Questa procedura ha consentito di distinguere:

- stabilità del profilo;
- migrazione verso configurazioni più integrate;
- trasformazioni parziali;
- eventuali regressioni.

L'analisi di transizione rappresenta un elemento chiave della valutazione dell'efficacia formativa, poiché permette di osservare non soltanto incrementi medi, ma riorganizzazioni strutturali dei profili professionali.

6.7 Risultati quantitativi: significatività delle differenze e ampiezza dell'effetto

Per verificare se la formazione iniziale abbia prodotto cambiamenti statisticamente significativi nelle dimensioni indagate dal questionario, è stato utilizzato JASP per eseguire una serie di t-test per campioni appaiati (paired samples t-test). Tale procedura è coerente con il disegno pre-post su gruppo unico, in quanto consente di confrontare le misurazioni effettuate sugli stessi 21 docenti prima e dopo l'intervento formativo.

Il t-test per campioni dipendenti valuta se la differenza media tra due misurazioni correlate sia significativamente diversa da zero. L'analisi si basa sulla distribuzione delle differenze intra-soggetto (post-pre) e restituisce la statistica t, i gradi di libertà ($df = N - 1 = 20$), il p-value, l'intervallo di confidenza al 95% e l'ampiezza dell'effetto (Cohen's d).

Sul piano descrittivo, tutte le dimensioni mostrano un incremento medio nel post-test rispetto al pre-test.

Tabella 6.1 – Statistiche descrittive pre-post (N = 21)

Dimensione	Pre M	Pre SD	Post M	Post SD	Δ (Post-Pre)
Asking (ASK)	2.762	0.875	3.548	0.669	+0.786
Investigate & Creation (I&C)	3.286	0.768	3.524	0.680	+0.238
Discussion & Reflection (D&R)	3.190	0.766	3.500	0.791	+0.310
Relation with Daily Life (RDL)	3.286	0.561	3.643	0.595	+0.357
TPDC	3.444	0.581	3.690	0.504	+0.246
TDCD	3.274	0.447	3.631	0.368	+0.357
Interdisciplinary Knowledge (KN)	3.484	0.329	4.016	0.431	+0.532
Self-Efficacy (PSE)	3.405	0.330	3.988	0.533	+0.583

L'incremento risulta particolarmente marcato nelle dimensioni Knowledge of Interdisciplinary Strategies (KN), Self-Efficacy (PSE) e Asking (ASK), suggerendo che la formazione abbia inciso in modo rilevante sia sulla consapevolezza interdisciplinare sia sulla fiducia professionale.

L'analisi inferenziale conferma che tali differenze non sono attribuibili al caso.

Tabella 6.2 – Risultati del t-test per campioni appaiati (JASP)

Dimensione	t(20)	p-value	Mean Diff (Pre-Post)	IC 95%	Cohen's d
ASK	-6.181	< .001	-0.786	[-1.051 ; -0.521]	1.349
I&C	-2.682	.014	-0.238	[-0.423 ; -0.053]	0.585
D&R	-3.525	.002	-0.310	[-0.493 ; -0.126]	0.769
RDL	-3.627	.002	-0.357	[-0.563 ; -0.152]	0.792
TPDC	-4.498	< .001	-0.246	[-0.360 ; -0.132]	0.982
TDCD	-5.423	< .001	-0.357	[-0.495 ; -0.220]	1.183
KN	-8.222	< .001	-0.532	[-0.667 ; -0.397]	1.794
PSE	-5.391	< .001	-0.583	[-0.809 ; -0.358]	1.177

Il p-value indica la probabilità di osservare una differenza almeno pari a quella rilevata qualora l'ipotesi nulla (assenza di differenze) fosse vera. In tutte le dimensioni $p < .05$, e nella maggior parte dei casi $p < .001$, consentendo di rifiutare l'ipotesi nulla.

L'intervallo di confidenza al 95% non include mai lo zero, rafforzando l'evidenza della significatività statistica.

Particolarmente rilevante è l'ampiezza dell'effetto misurata tramite Cohen's d. Questo indice esprime la differenza media in unità di deviazione standard e consente di valutare la rilevanza sostanziale del cambiamento oltre la semplice significatività statistica. Convenzionalmente, valori di 0.2 indicano un effetto piccolo, 0.5 medio, 0.8 grande.

Nel presente studio:

- I&C mostra un effetto medio ($d = 0.585$);
- D&R e RDL mostrano effetti grandi ($d \approx 0.77-0.79$);
- ASK, TPDC, TDCD e PSE presentano effetti molto grandi ($d > 0.98$);
- KN evidenzia un effetto estremamente elevato ($d = 1.794$).

L'ampiezza particolarmente marcata nella dimensione interdisciplinare suggerisce che la formazione abbia inciso in modo profondo sulla percezione di competenza nell'integrazione delle discipline STEM. Analogamente, l'incremento nella self-efficacy indica un rafforzamento della fiducia professionale nel progettare e condurre attività integrate e problem-based.

Nel complesso, l'analisi con JASP mostra che il percorso di ricerca-formazione ha prodotto cambiamenti statisticamente significativi e sostanzialmente rilevanti in tutte le dimensioni della didattica attiva indagate.

6.8 Introduzione all'analisi cluster con XLSTAT e logica dell'analisi configurazionale

Dopo aver verificato con JASP la significatività statistica delle differenze pre-post sulle dimensioni del questionario, l'analisi prosegue con una modellizzazione configurazionale mediante cluster analysis, realizzata in XLSTAT. Questa scelta metodologica risponde a un'esigenza precisa: il confronto tra medie, pur informativo, descrive un effetto "medio" della formazione e non consente di comprendere se e come il cambiamento si distribuisca tra i docenti. In un percorso di ricerca-formazione, infatti, è plausibile che l'intervento produca traiettorie differenziate, con docenti che evolvono in modo rapido verso profili più integrati e altri che mostrano trasformazioni parziali o più lente. La cluster analysis consente di rappresentare questa eterogeneità raggruppando i soggetti in profili relativamente omogenei sulla base della combinazione simultanea delle dimensioni osservate, secondo la logica delle tecniche di partizionamento non supervisionato introdotte nel filone dei metodi k-means.

Nel presente studio, l'unità di analisi della clusterizzazione non è rappresentata dalle singole risposte agli item, ma dal posizionamento complessivo del docente sulle dimensioni teoriche del questionario. In altri termini, ciascun docente è descritto attraverso un insieme di punteggi sintetici relativi alle quattro macro-dimensioni considerate (Inquiry, ICT, Interdisciplinary e Self-Efficacy), calcolati come indicatori delle rispettive variabili latenti.

Operativamente, ciò implica che, per ogni docente e per ciascun tempo di rilevazione, si dispone di un vettore di valori che sintetizza il suo profilo professionale sulle dimensioni indagate. Tale scelta consente di condurre l'analisi cluster a un livello coerente con i costrutti teorici di riferimento, evitando una frammentazione eccessiva dei dati e garantendo una maggiore interpretabilità dei profili emergenti.

La cluster analysis viene condotta separatamente sulle misurazioni pre e post, in modo da ottenere due fotografie configurazionali indipendenti: una della situazione iniziale e una dell'assetto finale dopo la formazione. Questa scelta consente di evitare che la struttura iniziale imponga vincoli

all'interpretazione della struttura finale e rende poi possibile un'analisi di transizione, cioè lo studio dei passaggi dei docenti da un profilo all'altro tra pre e post.

Dal punto di vista tecnico, la procedura in XLSTAT viene documentata in tre passaggi consecutivi, che nel capitolo verranno descritti in modo trasparente e replicabile. Nel primo passaggio si definiscono le variabili utilizzate e la loro preparazione, con particolare attenzione alla standardizzazione, perché tecniche come k-means sono sensibili alla scala delle variabili e possono essere dominate da dimensioni con varianza maggiore. Nel secondo passaggio si determina il numero ottimale di cluster, combinando criteri grafici e indici di qualità della partizione; tra questi, l'interpretazione dell'indice di silhouette è particolarmente utile perché sintetizza simultaneamente compattezza interna e separazione tra gruppi, aiutando a evitare soluzioni artificiali o poco stabili. Nel terzo passaggio si caratterizzano i cluster, descrivendo i centroidi e l'andamento delle dimensioni in ciascun profilo, così da attribuire un significato pedagogico ai gruppi emersi senza ridurli a semplici etichette statistiche.

Una volta ottenute le due soluzioni (pre e post), l'analisi di transizione costituisce il momento interpretativo centrale: la matrice di passaggio consente di leggere l'efficacia formativa come "migrazione di profilo" e non solo come incremento medio. In termini valutativi, questo approccio rende possibile distinguere stabilità, miglioramenti strutturali e cambiamenti parziali, preparando la triangolazione con le evidenze qualitative dell'analisi tematica.

6.8.1 Analisi cluster sul fattore ASK (elaborati XLSTAT Excel in allegati 13)

FASE PRE-FORMAZIONE

Dopo l'analisi inferenziale delle differenze medie, si è ritenuto opportuno approfondire la struttura interna del campione rispetto al fattore latente ASK nella fase pre formazione, al fine di esplorare non soltanto il livello medio dei punteggi, ma anche le differenti configurazioni di auto-percezione professionale presenti tra i docenti prima dell'intervento formativo. L'obiettivo dell'analisi cluster non è quello di costruire tipologie generalizzabili di insegnanti, bensì di descrivere la morfologia interna del gruppo coinvolto nella ricerca-formazione, individuando eventuali profili differenziati nella percezione della propria competenza nella fase iniziale dell'*inquiry*.

Il fattore ASK è stato costruito a partire da due item specifici, che intercettano la capacità del docente di attivare l'indagine attraverso la problematizzazione e il questioning. Il primo item riguarda la capacità di individuare situazioni-problema in grado di suscitare curiosità negli alunni; il secondo riguarda la capacità di formulare domande che spingano gli alunni a riflettere in profondità sui fenomeni scientifici. Nel dataset elaborato in XLSTAT, le due variabili X1 e X2 corrispondono rispettivamente a questi due item.

Per l'individuazione dei profili è stata applicata una procedura di k-means clustering con distanza euclidea, testando soluzioni comprese tra $k = 2$ e $k = 8$. Come nelle altre analisi svolte nel capitolo, la scelta del numero ottimale di cluster non è stata affidata a un unico indicatore, ma a una lettura integrata di tre criteri metodologici: la riduzione della varianza intra-cluster, osservata attraverso la logica dell'elbow; il principio di parsimonia, volto a privilegiare soluzioni non eccessivamente frammentate; e l'adeguatezza della numerosità dei gruppi rispetto alla dimensione campionaria complessiva.

Determinazione del numero ottimale di cluster

Nel caso della fase pre formazione, la progressiva riduzione della varianza intra-cluster al crescere del numero di cluster non può essere interpretata in modo meccanico. In campioni di dimensione ridotta, infatti, l'aumento di k produce quasi sempre una diminuzione dell'errore interno ai gruppi, ma questa riduzione non coincide necessariamente con l'emergere di una struttura latente pedagogicamente significativa. Occorre quindi evitare soluzioni che, pur formalmente più "efficienti" sul piano statistico, generano gruppi troppo piccoli e scarsamente stabili sul piano interpretativo.

Nel presente caso, con un campione di 21 docenti, soluzioni con k uguale o superiore a 5 avrebbero comportato una segmentazione eccessiva e la produzione di cluster sottodimensionati, poco robusti e di difficile lettura dal punto di vista pedagogico. La soluzione a tre cluster, invece, consente di mantenere una soddisfacente riduzione della varianza intra-cluster rispetto alla soluzione a due gruppi, preservando al contempo un buon equilibrio tra compattezza interna, leggibilità interpretativa e numerosità dei cluster. La distribuzione finale dei docenti nei tre gruppi risulta infatti pari a 8, 4 e 9 soggetti, una configurazione che, pur non perfettamente simmetrica, non presenta nuclei eccessivamente residuali e consente una descrizione plausibile delle configurazioni presenti nel campione.

Alla luce di tali considerazioni, la soluzione a tre cluster è stata ritenuta la più parsimoniosa e metodologicamente sostenibile. È opportuno ribadire che, data la limitata numerosità del campione e la natura delle variabili considerate, l'analisi cluster mantiene un carattere esplorativo e descrittivo e deve essere letta come strumento di organizzazione interpretativa dei profili interni al gruppo, non come procedura inferenziale orientata alla generalizzazione esterna.

Caratterizzazione dei cluster ($k = 3$)

I centroidi ottenuti per la soluzione a tre cluster nella fase pre sono riportati nella Tabella 6.1.

Tabella 6.1 – Centroidi dei cluster del fattore ASK nella fase pre

Cluster	X1	X2	Numerosità
C1	3,000	3,000	8 docenti
C2	4,000	4,000	4 docenti
C3	2,222	1,778	9 docenti

X1 corrisponde alla capacità percepita di individuare situazioni-problema che suscitino curiosità negli alunni, mentre X2 corrisponde alla capacità percepita di formulare domande che promuovano riflessione profonda sui fenomeni scientifici.

La lettura dei centroidi consente di distinguere tre profili chiaramente differenziati. Il cluster C3 rappresenta il profilo con i livelli più bassi di auto-percezione su entrambe le dimensioni considerate. I docenti appartenenti a questo gruppo riportano un livello relativamente contenuto sia nella capacità di costruire situazioni-problema che attivino l'interesse degli studenti, sia nella capacità di formulare domande cognitivamente sfidanti. In particolare, il valore di X2, inferiore a 2, segnala una percezione più fragile proprio rispetto alla dimensione del questioning profondo, che costituisce uno snodo cruciale nella fase iniziale dell'indagine *inquiry-based*. Questo cluster può dunque essere interpretato come un profilo iniziale di minore consolidamento metodologico nella dimensione dell'asking.

Il cluster C1 presenta invece valori perfettamente allineati su entrambi gli item, con punteggi pari a 3,000. Ciò suggerisce una percezione intermedia della propria competenza, collocata in una fascia di moderata sicurezza professionale. I docenti appartenenti a questo gruppo sembrano riconoscersi nella presenza di pratiche di attivazione *inquiry*, ma senza restituire un'immagine di piena padronanza metodologica. Si tratta, in altre parole, di un profilo di competenza percepita mediamente strutturata, nel quale l'abilità di problematizzare e quella di porre domande profonde risultano entrambe presenti ma ancora non particolarmente forti.

Il cluster C2, infine, si configura come il profilo più elevato, con punteggi pari a 4,000 su entrambe le variabili. I docenti inclusi in questo gruppo dichiarano una forte sicurezza sia nella capacità di costruire situazioni-problema capaci di attivare curiosità, sia nella formulazione di domande che sostengano processi di riflessione approfondita. La perfetta convergenza dei due item su un livello alto suggerisce una configurazione di auto-percezione particolarmente coerente e consolidata nella fase iniziale del processo *inquiry*.

Considerazioni interpretative e cautela metodologica

L'analisi della fase pre mette in evidenza che il campione non si presenta omogeneo rispetto alla dimensione ASK. Al contrario, emerge una segmentazione interna piuttosto netta tra docenti che si collocano su livelli bassi, docenti che mostrano un profilo intermedio e docenti che si riconoscono in una competenza percepita elevata e bilanciata sui due aspetti considerati. Questa eterogeneità iniziale è un elemento metodologicamente rilevante, poiché indica che il gruppo dei partecipanti entra nel percorso formativo con rappresentazioni professionali differenziate della propria capacità di avviare processi *inquiry*.

È tuttavia necessario esplicitare alcune cautele interpretative. In primo luogo, i cluster descrivono configurazioni di autopercezione e non misure osservative dirette della competenza didattica effettivamente agita in classe. In secondo luogo, la clusterizzazione è stata effettuata su due sole variabili, e ciò comporta una segmentazione relativamente semplice del campione, utile a fini descrittivi ma non sufficiente per derivare inferenze complesse sulla professionalità docente. Infine, la numerosità ridotta del campione impone di trattare i risultati come validi all'interno del gruppo studiato, senza attribuire loro un valore di generalizzazione esterna.

Nonostante tali cautele, la presenza di tre profili chiaramente distinti costituisce un punto di partenza importante per la lettura del cambiamento successivo. La configurazione pre formazione, infatti, offre la base di confronto necessaria per comprendere se e come il percorso di ricerca-formazione abbia inciso non soltanto sui punteggi medi del fattore ASK, ma anche sulla distribuzione interna dei profili professionali dei docenti.

FASE POST-FORMAZIONE

In continuità con quanto realizzato per la fase pre, anche nella fase post-formazione è stata condotta un'analisi cluster sul fattore latente ASK, con l'obiettivo di descrivere la configurazione dei profili di auto-percezione dei docenti dopo il percorso formativo. L'interesse analitico non riguarda la costruzione di una classificazione universale degli insegnanti, ma la comprensione della struttura interna del campione al termine dell'esperienza di ricerca-formazione, così da verificare se la distribuzione delle percezioni professionali risulti modificata rispetto alla situazione iniziale.

Anche in questo caso, il fattore ASK è costituito da due item: la capacità di individuare situazioni-problema che suscitino curiosità negli alunni e la capacità di formulare domande che spingano gli alunni a riflettere in profondità sui fenomeni scientifici. Nel file elaborato in XLSTAT, le due dimensioni sono state trattate come variabili X1 e X2. L'analisi è stata realizzata attraverso k-means clustering con distanza euclidea, testando soluzioni comprese tra $k = 2$ e $k = 8$. La scelta del numero ottimale di cluster è stata nuovamente fondata sull'integrazione tra riduzione della varianza intra-

cluster, parsimonia del modello e adeguatezza della numerosità dei gruppi rispetto alla dimensione campionaria.

Determinazione del numero ottimale di cluster

Anche nella fase post, l'aumento del numero di cluster determina una fisiologica riduzione della varianza intra-cluster, ma questa tendenza, considerata da sola, non è sufficiente per individuare la soluzione più significativa. In un campione di 21 docenti, configurazioni troppo frammentate rischiano infatti di produrre gruppi poco consistenti e poco leggibili sul piano pedagogico. Per questa ragione, pur tenendo conto del miglioramento statistico che si osserva al crescere di k , è stata privilegiata una soluzione che mantenesse un adeguato equilibrio tra economia del modello e interpretabilità.

La soluzione a tre cluster è risultata anche in questo caso la più convincente, poiché consente di distinguere profili differenti senza disperdere eccessivamente il campione in gruppi residuali. Le numerosità finali dei cluster, pari a 5, 9 e 7 docenti, confermano una struttura sufficientemente stabile e interpretabile. Per tale ragione, la soluzione $k = 3$ è stata assunta come base per la lettura dei profili post-formazione. Come già precisato per la fase pre, anche questa analisi deve essere intesa in senso esplorativo e descrittivo.

Caratterizzazione dei cluster ($k = 3$)

I centroidi della soluzione a tre cluster nella fase post sono riportati nella Tabella 6.2.

Tabella 6.2 – Centroidi dei cluster del fattore ASK nella fase post

<i>Cluster</i>	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>Numerosità</i>
C1	3,600	2,400	5 docenti
C2	4,222	4,111	9 docenti
C3	2,857	3,429	7 docenti

La fase post mostra una struttura più articolata rispetto a quella rilevata nella fase pre, perché accanto a un cluster chiaramente elevato emerge una differenziazione interna tra due profili che non si distinguono soltanto in termini di livello complessivo, ma anche per la diversa combinazione tra le due componenti del fattore ASK.

Il cluster C2 rappresenta senza ambiguità il profilo più elevato, con punteggi alti e molto ravvicinati su entrambe le variabili. I docenti appartenenti a questo gruppo mostrano una forte sicurezza sia nella capacità di individuare situazioni-problema capaci di mobilitare la curiosità degli alunni, sia nella

capacità di formulare domande che favoriscano una riflessione approfondita. Il fatto che questo cluster includa 9 docenti, risultando il più numeroso della fase post, costituisce un primo segnale di concentrazione del campione verso livelli elevati e bilanciati di competenza percepita nella fase iniziale dell'*inquiry*.

Più complessa è la lettura dei cluster C1 e C3. Il cluster C1 presenta un valore relativamente più alto su X1 rispetto a X2, con una configurazione che segnala una buona percezione della capacità di attivare curiosità attraverso situazioni-problema, ma una sicurezza più contenuta nella formulazione di domande ad alta profondità cognitiva. Questo profilo non può essere interpretato semplicemente come “basso” in senso assoluto, poiché su X1 il punteggio risulta comunque superiore alla soglia mediana della scala; esso rappresenta piuttosto una configurazione sbilanciata, nella quale la problematizzazione appare più solida del questioning riflessivo.

Il cluster C3 mostra una struttura quasi speculare. In questo caso il punteggio su X1 è più contenuto, mentre X2 raggiunge un livello più elevato. I docenti appartenenti a questo gruppo sembrano dunque riconoscersi maggiormente nella capacità di formulare domande che stimolano riflessione profonda, pur esprimendo una minore sicurezza nell'individuazione di situazioni-problema iniziali. Anche questo cluster non è riconducibile a un profilo semplicemente “basso”, ma va letto come una configurazione intermedia con prevalenza della componente riflessiva rispetto a quella di attivazione iniziale.

Se si considera il valore medio complessivo dei due item, il cluster C1 si colloca su un livello medio pari a 3, mentre il cluster C3 presenta un valore medio leggermente superiore, pari a circa 3,143. Tuttavia, sul piano interpretativo, il dato più rilevante non è soltanto la media sintetica, ma la diversa struttura interna dei due profili. La fase post non restituisce quindi una gerarchia rigidamente lineare di tre gruppi omogenei, bensì un cluster alto e due cluster intermedi differenziati per enfasi interna tra problematizzazione e questioning.

Considerazioni interpretative e cautela metodologica

L'analisi cluster della fase post suggerisce che il percorso formativo non abbia prodotto soltanto un innalzamento generale dei livelli di auto-percezione, ma anche una riorganizzazione più fine delle modalità con cui i docenti rappresentano la propria competenza nella fase di asking. Rispetto alla fase pre, infatti, il profilo basso nettamente definito tende a ridursi e il campione appare distribuito soprattutto tra un cluster elevato e due configurazioni intermedie più differenziate.

Questa trasformazione è importante, perché lascia intravedere un passaggio da una struttura iniziale più polarizzata, con un gruppo chiaramente debole, a una struttura finale in cui le differenze tra i

docenti si esprimono non soltanto in termini di livello, ma anche di diversa articolazione delle due componenti del fattore. Alcuni docenti sembrano uscire dal percorso con una maggiore forza nella costruzione di situazioni-problema, altri nella formulazione di domande profonde, mentre un gruppo più numeroso raggiunge un livello elevato e bilanciato su entrambe le dimensioni.

Rimangono, naturalmente, le cautele già evidenziate. I cluster descrivono configurazioni di autovalutazione e non osservazioni dirette della pratica didattica. Inoltre, la presenza di sole due variabili limita la complessità della segmentazione. Ciò nonostante, la configurazione emersa appare analiticamente significativa e costituisce la base necessaria per l'analisi delle transizioni pre-post, che consente di osservare in modo più dinamico i movimenti dei docenti tra i diversi profili.

6.8.2 Analisi di transizione dei cluster ASK (pre-post)

Dopo aver identificato e caratterizzato i cluster relativi al fattore ASK nelle fasi pre e post-formazione, è stata condotta un'analisi di transizione finalizzata a osservare le traiettorie di cambiamento dei docenti tra i profili emersi nei due momenti di rilevazione. Tale procedura consente di superare una lettura esclusivamente statica delle cluster analysis e di esaminare il cambiamento come movimento tra configurazioni professionali differenti.

Nella fase pre-formazione, come visto, i cluster possono essere ordinati con relativa chiarezza secondo un continuum di livello: il cluster PRE C3 rappresenta il profilo con i valori più bassi su entrambe le componenti dell'ASK; il cluster PRE C1 rappresenta una configurazione intermedia e bilanciata; il cluster PRE C2 corrisponde al profilo con i livelli più elevati di auto-percezione nella fase iniziale del processo *inquiry*.

Nella fase post-formazione, la situazione è più articolata. Il cluster POST C2 rappresenta il profilo più elevato, con punteggi alti e coerenti su entrambi gli item. I cluster POST C1 e POST C3 rappresentano invece due configurazioni intermedie differenziate: il primo mostra una maggiore forza nella capacità di individuare situazioni-problema rispetto alla formulazione di domande profonde, mentre il secondo presenta una configurazione opposta, con maggiore solidità nella componente del questioning riflessivo. Sul piano del livello medio sintetico, il cluster POST C3 si colloca leggermente al di sopra del POST C1, ma la distinzione più importante riguarda la diversa struttura interna dei due profili.

Sulla base della tabella individuale di passaggio da cluster pre a cluster post da te fornita, la matrice di transizione corretta è quella riportata nella Tabella 6.3.

Tabella 6.3 – Matrice di transizione dei cluster ASK (pre–post), frequenze assolute

PRE \ POST	C1	C2	C3	Totale
C1	1	5	2	8
C2	0	3	1	4
C3	4	1	4	9
Totale	5	9	7	21

Per rendere più leggibile l'intensità relativa dei passaggi, la stessa matrice può essere espressa in termini percentuali per riga, come nella Tabella 6.4.

Tabella 6.4 – Matrice di transizione dei cluster ASK (pre–post), percentuali per cluster di partenza

PRE \ POST	C1	C2	C3	Totale
C1	12,5%	62,5%	25,0%	100%
C2	0,0%	75,0%	25,0%	100%
C3	44,4%	11,1%	44,4%	100%

L'analisi della matrice evidenzia una dinamica differenziata a seconda del cluster di partenza.

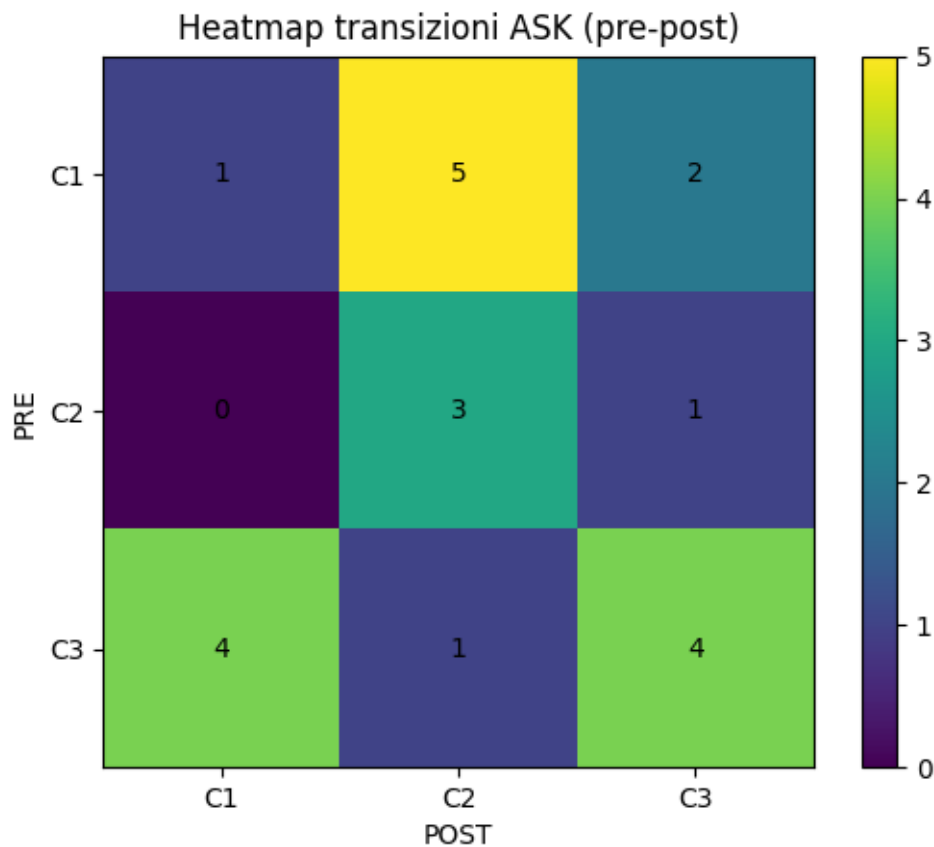
I docenti inizialmente appartenenti al cluster PRE C1, cioè il profilo intermedio della fase pre, mostrano una traiettoria prevalentemente positiva. La quota più ampia, pari al 62,5% del gruppo, confluisce nel cluster POST C2, che rappresenta il profilo post più elevato e più bilanciato. Un ulteriore 25,0% si sposta nel cluster POST C3, che, pur non coincidente con il profilo più alto, rappresenta comunque una configurazione intermedia orientata verso una maggiore sicurezza nel questioning riflessivo. Solo il 12,5% dei docenti di questo cluster confluisce nel POST C1. Nel complesso, il cluster intermedio della fase pre appare dunque come un bacino dal quale si originano soprattutto traiettorie di avanzamento verso profili post più strutturati.

I docenti appartenenti al cluster PRE C2, che nella fase iniziale rappresentava il gruppo con i livelli più elevati su entrambe le dimensioni, mostrano una sostanziale tenuta del profilo. Il 75,0% rimane infatti nel cluster POST C2, mantenendo una collocazione nel gruppo a più alta auto-percezione anche dopo la formazione. Solo un docente, pari al 25,0% del cluster, si sposta verso il cluster POST C3. Questo andamento suggerisce una significativa stabilità del gruppo inizialmente più forte, il quale tende nel complesso a conservare un'elevata percezione della propria competenza nella fase di asking.

La dinamica più interessante riguarda però i docenti inizialmente collocati nel cluster PRE C3, cioè il profilo con livelli più bassi nella fase pre formazione. In questo caso non si osserva una semplice permanenza in un profilo debole, bensì una marcata redistribuzione del gruppo. Il 44,4% confluisce nel cluster POST C1 e un altro 44,4% nel cluster POST C3, mentre l'11,1% raggiunge addirittura il cluster POST C2, il più elevato. Questa redistribuzione è metodologicamente significativa, perché segnala che il gruppo inizialmente più fragile non resta confinato in una posizione omogeneamente bassa, ma si differenzia in esiti post diversi, tutti comunque superiori, sul piano complessivo, al profilo di partenza.

Per facilitare la lettura di queste dinamiche, si propongono due rappresentazioni grafiche ricostruite sulla base dei dati corretti.

Figura 6.1 – Heatmap delle transizioni tra cluster ASK (pre-post)

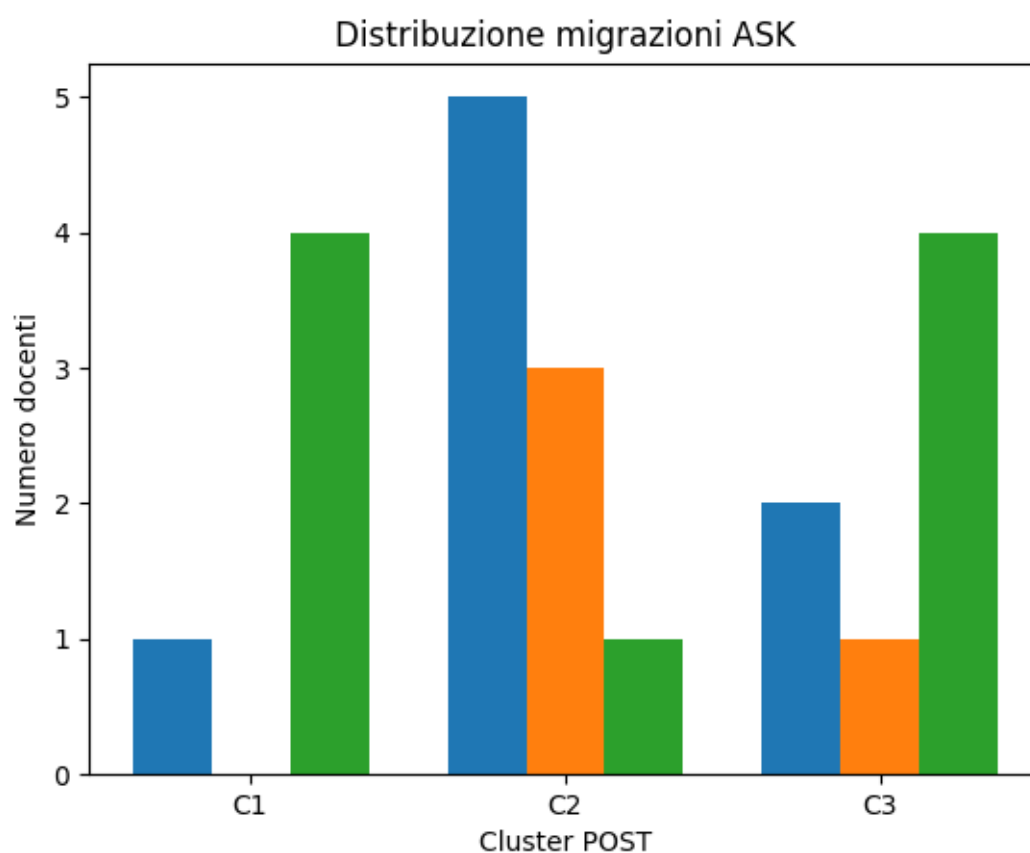


PRE \ POST	C1	C2	C3
C1	12,5%	62,5%	25,0%
C2	0,0%	75,0%	25,0%

PRE \ POST	C1	C2	C3
C3	44,4%	11,1%	44,4%

La heatmap rappresenta la distribuzione percentuale delle migrazioni dai cluster della fase pre ai cluster della fase post. L'intensità interpretativa più elevata si concentra nel passaggio dal cluster PRE C1 al cluster POST C2 e nella permanenza del cluster PRE C2 nel cluster POST C2. La riga relativa al cluster PRE C3 mostra invece una redistribuzione biforcata verso i due cluster intermedi/medio-alti della fase post, segnalando una riorganizzazione interna del gruppo inizialmente più fragile.

Figura 6.2 – Distribuzione numerica delle migrazioni tra cluster ASK (pre-post)



Cluster di partenza	Verso POST C1	Verso POST C2	Verso POST C3
PRE C1	1	5	2
PRE C2	0	3	1
PRE C3	4	1	4

Il grafico a barre, qui restituito in forma tabellare, mostra il numero assoluto di docenti che migrano da ciascun cluster della fase pre ai tre cluster della fase post. La rappresentazione rende immediatamente visibile la forte attrazione esercitata dal cluster POST C2 sui docenti del PRE C1, la stabilità del gruppo inizialmente più elevato e la redistribuzione del cluster PRE C3 in due esiti post principali.

Nel complesso, l'analisi di transizione suggerisce che il percorso di ricerca-formazione abbia prodotto non soltanto un incremento medio nei punteggi del fattore ASK, ma soprattutto una ristrutturazione della distribuzione dei profili professionali. Il cambiamento non si presenta come semplice traslazione uniforme di tutto il gruppo verso l'alto, bensì come una riconfigurazione interna più articolata. I docenti che partivano da un profilo intermedio tendono in larga misura a convergere verso il cluster più elevato; i docenti inizialmente più forti mantengono in maggioranza la loro posizione; i docenti inizialmente più fragili si redistribuiscono in profili post più differenziati, senza riprodurre un cluster nettamente basso analogo a quello della fase iniziale.

Resta comunque essenziale ribadire che i cluster rappresentano configurazioni di autovalutazione professionale. L'interpretazione dei passaggi deve quindi essere integrata con le evidenze qualitative emerse dalle interviste e dall'analisi tematica, che permettono di comprendere più in profondità la natura dei processi di trasformazione professionale.

Traiettorie di cambiamento

La ricostruzione delle traiettorie di cambiamento richiede, nel caso del fattore ASK, una precisazione metodologica ulteriore. Nella fase pre i cluster sono ordinabili in modo lineare secondo un continuum basso-intermedio-alto. Nella fase post, invece, oltre al cluster chiaramente elevato, emergono due cluster intermedi differenziati per assetto interno tra X1 e X2. Per questo motivo, la classificazione delle traiettorie in miglioramento, stabilità e regressione non può essere definita in modo puramente nominale, ma deve essere costruita esplicitando il criterio adottato.

Nel presente caso, per sintetizzare le traiettorie si è assunto come riferimento un ordinamento complessivo dei cluster basato sul livello medio dei centroidi, integrato con la loro caratterizzazione pedagogica. I cluster della fase pre sono ordinati come segue: PRE C3 livello più basso, PRE C1 livello intermedio, PRE C2 livello più elevato. Per la fase post, il cluster POST C2 rappresenta il livello più elevato; il cluster POST C3 si colloca su un livello intermedio leggermente superiore al POST C1 in termini medi complessivi; il cluster POST C1 rappresenta il livello intermedio inferiore, pur mantenendo una discreta consistenza sulla dimensione X1. Tale scelta viene adottata unicamente per costruire una sintesi comparativa delle traiettorie e non annulla la specificità qualitativa dei due cluster intermedi post, che restano pedagogicamente distinti.

Applicando questo criterio, la distribuzione delle traiettorie osservate è quella riportata nella Tabella 6.5.

Tabella 6.5 – Sintesi delle traiettorie di cambiamento tra cluster ASK

Tipo di traiettoria	Numero docenti	Percentuale
Miglioramento	16	76,2%
Stabilità	3	14,3%
Regressione	2	9,5%
Totale	21	100%

Questa distribuzione deriva dai seguenti passaggi. Sono stati classificati come miglioramento tutti gli spostamenti da un cluster pre a un cluster post collocato su un livello complessivamente superiore: dal PRE C1 al POST C2, dal PRE C1 al POST C3, dal PRE C3 al POST C1, dal PRE C3 al POST C2 e dal PRE C3 al POST C3. È stata classificata come stabilità la permanenza del PRE C2 nel POST C2, unico caso di continuità nello stesso livello elevato. Sono stati classificati come regressione il passaggio dal PRE C1 al POST C1 e il passaggio dal PRE C2 al POST C3.

Dal punto di vista sostantivo, il dato più rilevante è che oltre tre quarti del campione mostrano una traiettoria di miglioramento. Questo risultato non va letto in modo ingenuamente lineare, ma segnala con chiarezza una tendenza generale alla riorganizzazione positiva dei profili di auto-percezione nella fase di asking. In particolare, appare significativo che anche i docenti inizialmente collocati nel cluster più basso non rimangano confinati in una posizione debole, ma si redistribuiscano interamente in cluster post collocati su livelli complessivamente superiori.

La quota di stabilità, pari al 14,3%, riguarda esclusivamente i docenti che già nella fase pre si collocavano nel gruppo con i livelli più elevati e che in larga parte mantengono la loro posizione anche dopo il percorso formativo. Questo dato suggerisce che l'intervento non abbia semplicemente spostato i profili più bassi, ma abbia anche consolidato le rappresentazioni professionali dei soggetti inizialmente più forti.

La regressione, infine, interessa una quota minoritaria del campione, pari al 9,5%. In termini interpretativi, tale fenomeno può essere letto non necessariamente come perdita di competenza, ma come possibile ricalibrazione più critica della propria auto-percezione professionale. Nei percorsi di ricerca-formazione, infatti, l'esposizione a modelli metodologici più avanzati e a pratiche riflessive più strutturate può condurre alcuni docenti a valutare in modo meno indulgente le proprie competenze

iniziali. Anche per questo motivo, la lettura delle traiettorie non può essere separata dall'analisi qualitativa dei processi di trasformazione.

Nel loro insieme, i risultati dell'analisi inferenziale, della cluster analysis e dell'analisi di transizione consentono di descrivere il cambiamento nel fattore ASK non soltanto come incremento medio dei punteggi, ma come trasformazione della configurazione interna dei profili professionali dei docenti. Il percorso di ricerca-formazione sembra aver inciso sia sulla distribuzione dei livelli di autoefficacia percepita, sia sulla struttura stessa delle rappresentazioni professionali relative alla capacità di attivare l'*inquiry* attraverso la problematizzazione e il questioning.

6.8.3 Analisi cluster del fattore Investigate & Creation

FASE PRE-FORMAZIONE

Dopo aver analizzato il primo fattore latente, l'attenzione viene ora rivolta alla dimensione Investigate & Creation (I&C), che rappresenta una componente centrale dei processi di *inquiry* nelle discipline STEM. Questa dimensione riguarda in particolare la capacità del docente di guidare gli studenti nelle fasi centrali dell'indagine scientifica, ovvero nell'organizzazione dei dati raccolti e nell'analisi dei risultati ottenuti. Nel questionario somministrato ai docenti tale dimensione è stata indagata attraverso due item:

1. *So guidare gli alunni nell'organizzare i dati raccolti durante un'indagine.*
2. *So aiutare gli alunni ad analizzare i risultati delle loro ricerche.*

Come per il fattore ASK, anche in questo caso i dati raccolti nella fase pre-formazione sono stati analizzati mediante cluster analysis k-means, utilizzando il software XLSTAT e la distanza euclidea come misura di dissimilarità. L'obiettivo dell'analisi è individuare eventuali configurazioni ricorrenti nei livelli di auto-percezione dei docenti rispetto alle competenze relative alla gestione dei dati nelle attività di *inquiry*.

Determinazione del numero ottimale di cluster

La scelta del numero ottimale di cluster è stata effettuata considerando congiuntamente tre criteri metodologici: l'andamento della varianza intra-cluster (logica dell'*elbow*), la parsimonia del modello e la numerosità dei gruppi ottenuti, evitando soluzioni che generino cluster troppo piccoli rispetto alla dimensione del campione ($N = 21$).

La Tabella 6.6 riporta i valori della Final within-cluster variance per i diversi numeri di cluster testati.

Tabella 6.6 – Final within-cluster variance per diversi valori di k (I&C pre)

k	Final within-cluster variance
2	0.6462
3	0.5469
4	0.2697
5	0.2271
6	0.1867
7	0.1048
8	0.1128

L'andamento della varianza mostra una riduzione progressiva all'aumentare del numero di cluster. Tuttavia, tale riduzione è fisiologica nei modelli k-means, poiché l'aumento del numero di gruppi tende automaticamente a ridurre la dispersione interna. Per questo motivo è necessario integrare questa informazione con il criterio della numerosità dei cluster.

La Tabella 6.7 mostra la distribuzione dei docenti nei cluster per i principali valori di k.

Tabella 6.7 – Numero di docenti per cluster in funzione di k (I&C pre)

k	Numerosità dei cluster
2	12, 9
3	10, 6, 5
4	7, 10, 3, 1
5	9, 2, 4, 5, 1
6	4, 5, 2, 4, 5, 1

Come si osserva, a partire da $k = 4$ compaiono cluster estremamente piccoli, in alcuni casi composti da un solo docente. In campioni di dimensioni ridotte, cluster di dimensione uno o due risultano metodologicamente instabili e difficilmente interpretabili sul piano pedagogico, poiché tendono a rappresentare casi isolati piuttosto che configurazioni ricorrenti.

Alla luce dei tre criteri considerati - andamento della varianza, parsimonia del modello e adeguata numerosità dei gruppi - la soluzione $k = 3$ risulta la più equilibrata e metodologicamente sostenibile.

Caratterizzazione dei cluster

Una volta determinato il numero ottimale di cluster, l'analisi si è concentrata sull'interpretazione dei centroidi, che rappresentano il valore medio delle variabili considerate all'interno di ciascun gruppo.

Tabella 6.8 – Centroidi dei cluster (I&C pre, k = 3)

Cluster	N	X1 Organizzare i dati	X2 Analizzare i risultati
C1	10	2.50	2.90
C2	6	2.67	4.00
C3	5	4.00	4.80

L'interpretazione dei centroidi consente di identificare tre distinti profili di auto-percezione della competenza docente nella gestione delle fasi di investigazione e analisi dei dati.

Il cluster C1 (N = 10) presenta valori relativamente bassi su entrambe le dimensioni considerate. Questo profilo indica docenti che percepiscono una minore sicurezza sia nell'organizzazione dei dati raccolti durante un'indagine sia nell'accompagnare gli studenti nell'analisi dei risultati. Dal punto di vista didattico, questo gruppo appare caratterizzato da una maggiore difficoltà nella gestione delle fasi centrali del processo *inquiry*.

Il cluster C2 (N = 6) mostra invece una configurazione asimmetrica: mentre il valore relativo alla capacità di organizzare i dati rimane su livelli contenuti, l'item relativo all'analisi dei risultati presenta valori significativamente più elevati. Questo profilo suggerisce docenti che si percepiscono più competenti nella discussione e interpretazione dei risultati dell'indagine, ma meno sicuri nelle fasi preliminari di strutturazione e sistematizzazione dei dati.

Il cluster C3 (N = 5) presenta valori elevati su entrambe le variabili considerate. Questo gruppo rappresenta il profilo con il livello più alto di autoefficacia percepita nella dimensione Investigate & Creation, indicando docenti che dichiarano una maggiore sicurezza sia nel guidare gli studenti nell'organizzazione dei dati sia nel supportare l'analisi dei risultati delle indagini.

Nel complesso, la cluster analysis evidenzia una segmentazione chiara dei profili professionali rispetto alla gestione delle fasi di investigazione e analisi nei processi *inquiry*. Questa configurazione iniziale risulta particolarmente significativa per le analisi successive, poiché permette di osservare, nella fase post-formazione, eventuali spostamenti dei docenti tra i diversi profili di competenza percepita.

FASE POST-FORMAZIONE

Dopo aver analizzato la configurazione dei cluster relativa alla fase pre formazione, l'attenzione viene ora rivolta alla distribuzione dei profili di auto-percezione dei docenti nella dimensione Investigate & Creation (I&C) nella fase post-formazione. Come già chiarito nel paragrafo precedente, tale dimensione riguarda la capacità del docente di sostenere gli alunni nelle fasi centrali dell'indagine scientifica, in particolare nell'organizzazione dei dati raccolti e nell'analisi dei risultati ottenuti. Si tratta, dunque, di una dimensione cruciale all'interno della didattica *inquiry-based*, poiché intercetta il momento in cui l'esperienza di esplorazione e osservazione viene trasformata in conoscenza strutturata attraverso operazioni di sistematizzazione, interpretazione e attribuzione di significato ai dati.

Nel questionario utilizzato nella ricerca, la dimensione Investigate & Creation è stata indagata attraverso i seguenti due item: “So guidare gli alunni nell'organizzare i dati raccolti durante un'indagine” e “So aiutare gli alunni ad analizzare i risultati delle loro ricerche”. Anche per la fase post i dati sono stati sottoposti a cluster analysis k-means, utilizzando il software XLSTAT e assumendo la distanza euclidea come misura di dissimilarità tra le osservazioni. L'obiettivo dell'analisi è quello di verificare se, a conclusione del percorso formativo, la distribuzione dei docenti rispetto alla percezione della propria competenza nella gestione dei processi di investigazione e analisi si presenti più articolata, più omogenea o, al contrario, ristrutturata secondo nuove configurazioni.

Determinazione del numero ottimale di cluster

La scelta del numero ottimale di cluster è stata effettuata adottando gli stessi criteri metodologici utilizzati nella fase pre, in modo da garantire coerenza interna all'analisi e comparabilità tra i risultati. In particolare, sono stati considerati congiuntamente tre criteri: l'andamento della varianza intra-cluster, la parsimonia del modello e la numerosità dei gruppi ottenuti. Come già osservato per gli altri fattori latenti analizzati nel capitolo, nessuno di questi criteri risulta di per sé sufficiente per determinare il valore ottimale di k; è piuttosto dalla loro integrazione che deriva una scelta metodologicamente fondata.

L'analisi della dispersione interna mostra che la soluzione a tre cluster garantisce una riduzione della varianza sufficientemente marcata rispetto a $k = 2$, producendo una segmentazione più fine del campione senza generare un'eccessiva frammentazione dei gruppi. Nelle soluzioni con un numero maggiore di cluster, la diminuzione della varianza intra-cluster non si traduce infatti in un miglioramento interpretativo proporzionato. Come noto, nei modelli k-means l'aumento del numero di cluster tende fisiologicamente a ridurre la dispersione interna, ma tale riduzione non può essere

assunta come unico criterio di qualità, soprattutto in presenza di campioni di dimensioni contenute. In questi casi, un numero troppo elevato di cluster rischia di produrre gruppi scarsamente rappresentativi sul piano sostantivo, configurando non profili ricorrenti, ma casi isolati o quasi isolati.

Alla luce di tali considerazioni, la soluzione a tre cluster si conferma anche nella fase post come la più equilibrata dal punto di vista metodologico. Essa consente infatti di descrivere la struttura del campione in modo sufficientemente differenziato, evitando al tempo stesso una segmentazione eccessiva che renderebbe i risultati poco stabili e poco leggibili sul piano pedagogico. Inoltre, la scelta di mantenere $k = 3$ permette di conservare un assetto analitico coerente con la fase pre, favorendo così la successiva lettura delle traiettorie di transizione tra cluster.

Caratterizzazione dei cluster

Una volta determinato il numero ottimale di cluster, l'analisi si è concentrata sull'interpretazione dei centroidi, che rappresentano i valori medi assunti dagli item all'interno di ciascun gruppo.

Tabella 6.9 – Centroidi dei cluster (I&C post, $k = 3$)

Cluster	X1	X2	Sum of weights	Within-cluster variance
1	2,750	4,375	8,000	0,482
2	4,167	4,333	6,000	0,433
3	2,857	2,857	7,000	0,286

L'interpretazione dei centroidi consente di individuare tre configurazioni distinte di auto-percezione professionale nella dimensione Investigate & Creation. Tali configurazioni non devono essere lette come livelli assoluti di competenza oggettiva, bensì come profili di autovalutazione che riflettono modi differenti di percepire la propria efficacia nel sostenere gli studenti durante le fasi centrali dell'indagine scientifica.

Il cluster 1 è composto da 8 docenti e presenta una configurazione asimmetrica. Il valore relativo all'item X1, riguardante la capacità di guidare gli alunni nell'organizzazione dei dati raccolti durante un'indagine, si colloca su un livello medio-basso (2,750), mentre il valore relativo all'item X2, concernente il supporto nell'analisi dei risultati delle ricerche, risulta sensibilmente più elevato (4,375). Questo profilo sembra descrivere docenti che, nella fase post-formazione, si percepiscono più sicuri nella fase interpretativa dell'indagine che non in quella di strutturazione e sistematizzazione preliminare dei dati. Dal punto di vista didattico, si tratta di una configurazione particolarmente interessante, poiché suggerisce che il percorso formativo potrebbe aver rafforzato soprattutto la consapevolezza dell'importanza della lettura e della discussione dei risultati, lasciando invece ancora

meno consolidata la sicurezza operativa nelle fasi di ordinamento e organizzazione dell'informazione empirica. Non si tratta, pertanto, di un profilo "debole" in senso generale, ma piuttosto di un profilo selettivo, nel quale la percezione di efficacia si concentra maggiormente su una delle due componenti della dimensione.

Il cluster 2, composto da 6 docenti, presenta i valori più elevati e più bilanciati tra i tre gruppi: 4,167 sull'item X1 e 4,333 sull'item X2. Questo cluster rappresenta il profilo con il più alto livello di autoefficacia percepita nella dimensione Investigate & Creation. I docenti appartenenti a questo gruppo dichiarano una solida sicurezza sia nella capacità di guidare gli studenti nell'organizzazione dei dati sia nel supportarli nell'analisi dei risultati. Dal punto di vista pedagogico, tale configurazione appare come quella più coerente con un approccio *inquiry* pienamente interiorizzato, nel quale la raccolta dei dati, la loro sistematizzazione e la successiva interpretazione vengono percepite come momenti integrati di un unico processo di costruzione della conoscenza. La presenza di questo cluster nella fase post costituisce un elemento significativo, poiché segnala che una parte del campione giunge a esprimere un profilo professionale più maturo e più omogeneo rispetto alla dimensione considerata.

Il cluster 3, costituito da 7 docenti, presenta invece valori coincidenti e più contenuti su entrambi gli item (2,857 per X1 e 2,857 per X2). Esso rappresenta il profilo con il livello più basso di auto-percezione nella dimensione I&C nella fase post. A differenza del cluster 1, in questo caso non emerge una configurazione sbilanciata o selettiva, bensì un profilo uniforme caratterizzato da una percezione moderata o medio-bassa della propria efficacia sia nell'organizzazione dei dati sia nell'analisi dei risultati. Dal punto di vista interpretativo, questo gruppo può essere letto come indicatore di una maggiore cautela valutativa: i docenti che vi appartengono non si collocano su livelli estremamente bassi, ma esprimono una percezione meno sicura e meno consolidata della propria competenza rispetto agli altri due gruppi. In un contesto di ricerca-formazione, un simile risultato non deve essere interpretato necessariamente come esito negativo, poiché potrebbe riflettere una maggiore consapevolezza della complessità delle pratiche didattiche *inquiry-based* e, dunque, una valutazione di sé più realistica e meno idealizzata.

Nel complesso, la cluster analysis relativa alla fase post restituisce una struttura articolata in tre profili distinti: un profilo alto e bilanciato, un profilo intermedio caratterizzato da una più marcata sicurezza nella lettura e interpretazione dei risultati rispetto alla fase di organizzazione dei dati, e un profilo più cauto e uniforme su entrambe le dimensioni. Rispetto alla fase pre, non emerge soltanto una diversa distribuzione quantitativa dei docenti nei gruppi, ma anche una ristrutturazione qualitativa delle configurazioni interne ai cluster, che suggerisce come il percorso formativo abbia inciso non solo

sull'intensità della percezione di competenza, ma anche sul modo in cui tale percezione si articola tra le diverse componenti della dimensione Investigate & Creation.

6.8.4 Analisi di transizione dei cluster Investigate & Creation (pre-post)

Dopo aver identificato e descritto i cluster relativi alla dimensione Investigate & Creation nelle fasi pre e post, è stata effettuata l'analisi di transizione con l'obiettivo di ricostruire le traiettorie di spostamento dei docenti da un profilo all'altro. Questo passaggio risulta metodologicamente rilevante, poiché consente di interpretare il cambiamento non come semplice variazione di punteggi medi, ma come trasformazione della collocazione dei soggetti entro profili di autopercezione qualitativamente differenti.

Nella fase pre i tre cluster erano stati interpretati nel modo seguente: il cluster PRE 1 rappresentava il profilo con livelli più contenuti di autoefficacia percepita su entrambe le dimensioni, il cluster PRE 2 descriveva una configurazione intermedia e asimmetrica, con maggiore sicurezza nell'analisi dei risultati rispetto all'organizzazione dei dati, mentre il cluster PRE 3 rappresentava il profilo con i livelli più elevati di competenza percepita nella dimensione Investigate & Creation. Nella fase post, come appena mostrato, la struttura dei cluster si presenta nuovamente articolata in tre gruppi, ma con una configurazione diversa: il cluster POST 2 rappresenta il livello più elevato e più bilanciato di auto-percezione, il cluster POST 1 descrive un profilo intermedio caratterizzato da valori elevati soprattutto sull'analisi dei risultati, mentre il cluster POST 3 rappresenta il livello più contenuto di autoefficacia percepita.

Sulla base della tabella di transizione da te fornita, è possibile ricostruire la matrice dei passaggi tra cluster pre e post.

Tabella 6.10 – Matrice di transizione tra cluster I&C (pre-post)

PRE \ POST	C1	C2	C3
C1	2	1	7
C2	4	2	0
C3	2	3	0

La matrice mostra anzitutto che i docenti inizialmente collocati nel cluster PRE 1 non seguono una traiettoria univoca di avanzamento lineare. Dei 10 docenti appartenenti a questo gruppo nella fase iniziale, 2 rimangono nel cluster POST 1, 1 migra verso il cluster POST 2 e ben 7 confluiscono nel cluster POST 3. Poiché, nella nuova configurazione post, il cluster 3 corrisponde al profilo con il livello più contenuto di auto-percezione, questa dinamica non può essere interpretata come un

rafforzamento lineare dell'autoefficacia, bensì come un movimento verso profili più cauti e meno elevati sul piano dichiarativo. Tale risultato suggerisce che il percorso formativo potrebbe aver prodotto, per una parte consistente dei docenti inizialmente meno sicuri, un processo di ricalibrazione delle proprie autovalutazioni, portandoli a esprimere giudizi più prudenti e meno ottimistici rispetto alla propria capacità di guidare gli alunni nelle fasi centrali dell'indagine.

I docenti appartenenti al cluster PRE 2 mostrano una dinamica anch'essa non lineare. Dei 6 docenti inizialmente collocati in questo profilo intermedio, 4 confluiscono nel cluster POST 1 e 2 nel cluster POST 2. Nessuno si sposta nel cluster POST 3. Si tratta di una redistribuzione che interessa esclusivamente i due profili superiori della fase post. Tale esito suggerisce che i soggetti che, nella fase iniziale, si percepivano relativamente più forti nell'analisi dei risultati che non nell'organizzazione dei dati, tendono successivamente a differenziarsi tra una collocazione intermedia e una collocazione alta, senza però convergere verso il profilo più basso. Dal punto di vista interpretativo, questo dato può essere letto come segnale di una ristrutturazione interna del gruppo, in cui il percorso formativo contribuisce a rendere più netta la distinzione tra chi consolida entrambe le componenti della dimensione e chi mantiene una percezione di competenza più selettiva o meno uniforme.

Per quanto riguarda infine i docenti inizialmente collocati nel cluster PRE 3, corrispondente nella fase pre al profilo più elevato, la matrice mostra una redistribuzione tra il cluster POST 1 e il cluster POST 2: 2 docenti confluiscono nel primo e 3 nel secondo. Nessuno rimane o si colloca nel cluster POST 3. Questo risultato appare particolarmente significativo, poiché indica che il gruppo con maggiore autoefficacia percepita nella fase iniziale non viene assorbito in profili bassi, ma si riorganizza interamente all'interno dei due cluster superiori della fase post. In altri termini, i docenti che partivano da livelli più elevati di sicurezza mantengono complessivamente una percezione positiva della propria competenza, pur differenziandosi tra un profilo pienamente bilanciato e un profilo più selettivo, maggiormente centrato sulla fase di analisi dei risultati.

Per facilitare la lettura di tali dinamiche, la matrice può essere trasformata anche in valori percentuali riga per riga, così da osservare il peso relativo di ciascuna traiettoria all'interno del cluster di partenza.

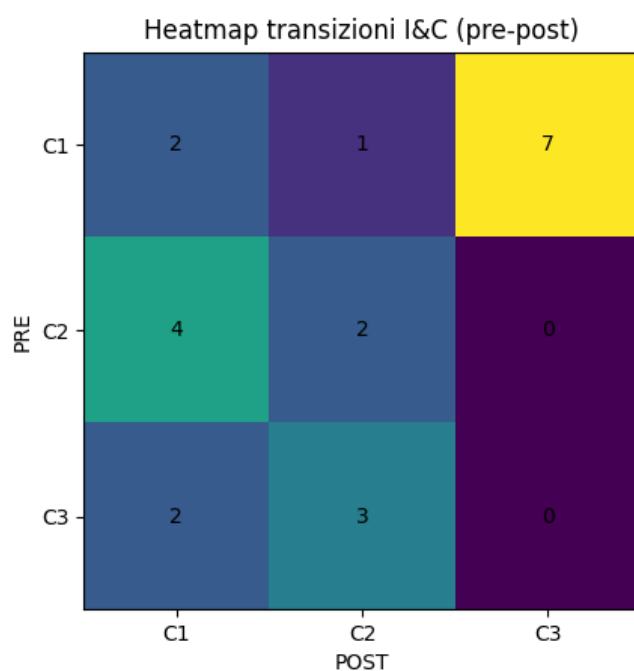
Tabella 6.11 – Matrice percentuale di transizione tra cluster I&C (pre-post)

PRE \ POST	C1	C2	C3
C1	20,0%	10,0%	70,0%
C2	66,7%	33,3%	0,0%

PRE \ POST	C1	C2	C3
C3	40,0%	60,0%	0,0%

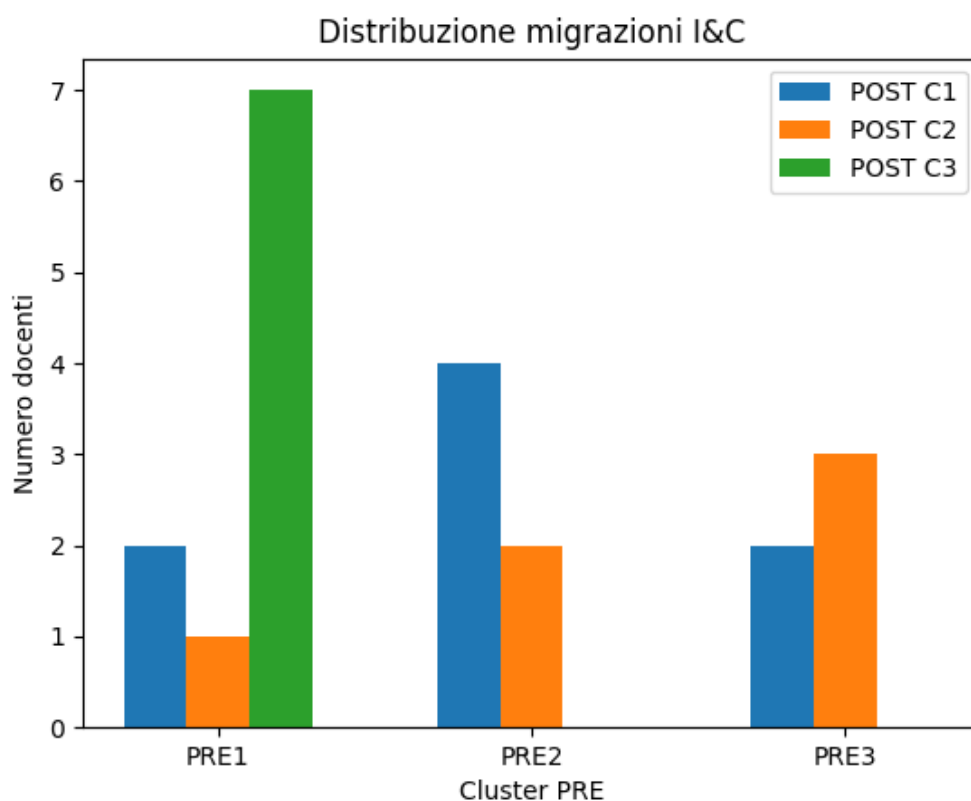
La lettura percentuale conferma che la traiettoria dominante nel campione è quella che conduce dal cluster PRE 1 al cluster POST 3, pari al 70% dei docenti appartenenti al profilo iniziale più basso. Si tratta del movimento più intenso osservato nella matrice, ma, come già precisato, la sua interpretazione richiede cautela: in questo caso non si assiste a una crescita lineare della percezione di competenza, bensì a una possibile ristrutturazione riflessiva dell'autovalutazione. Anche la traiettoria PRE 2 → POST 1 appare rilevante, coinvolgendo i due terzi dei docenti di quel cluster, mentre per il cluster PRE 3 la traiettoria prevalente è PRE 3 → POST 2, che interessa il 60% dei casi e segnala una sostanziale permanenza entro profili alti, seppur riorganizzati.

Figura 6.3 – Heatmap delle transizioni tra cluster Investigate & Creation (pre-post).



L'intensità cromatica della heatmap rappresenta la percentuale di docenti che, da ciascun cluster della fase pre, confluiscono nei cluster della fase post. Le celle a maggiore intensità individuano le traiettorie prevalenti del campione, evidenziando in particolare il passaggio dal cluster PRE 1 al cluster POST 3 e, in misura minore, i passaggi PRE 2 → POST 1 e PRE 3 → POST 2.

Figura 6.4 – Distribuzione numerica delle migrazioni tra cluster I&C (pre-post).



Il grafico a barre rappresenta, per ciascun cluster della fase pre, il numero di docenti che si collocano nei diversi cluster della fase post. La visualizzazione consente di osservare in modo immediato la distribuzione delle traiettorie di permanenza e di spostamento, mettendo in evidenza la diversa direzione dei passaggi tra i gruppi.

Nel complesso, l'analisi di transizione mostra che il cambiamento osservato nella dimensione Investigate & Creation non può essere descritto in termini di semplice avanzamento uniforme. Piuttosto, i dati suggeriscono una ristrutturazione delle percezioni professionali, nella quale alcuni docenti sembrano consolidare la propria autoefficacia, mentre altri riformulano in modo più prudente e selettivo il giudizio su di sé. Tale dinamica appare perfettamente compatibile con i processi di ricerca-formazione, nei quali l'esposizione a pratiche didattiche più complesse può produrre non solo un incremento della sicurezza, ma anche una maggiore consapevolezza critica delle competenze effettivamente richieste.

Traiettorie di cambiamento (I&C)

Per rendere più chiara l'interpretazione delle dinamiche emerse dall'analisi di transizione, le migrazioni tra cluster sono state riclassificate in tre categorie sintetiche: miglioramento, stabilità e regressione. Tale classificazione è stata effettuata ordinando i cluster della fase pre e della fase post

in base al livello di competenza percepita nella dimensione Investigate & Creation, così come descritto nei paragrafi precedenti.

Nella fase pre, il cluster 1 rappresentava il livello più basso, il cluster 2 un profilo intermedio e il cluster 3 il livello più elevato di autoefficacia percepita. Nella fase post, invece, la nuova configurazione dei centroidi impone una diversa gerarchia interpretativa: il cluster 3 rappresenta il livello più contenuto di percezione della competenza, il cluster 1 un livello intermedio, mentre il cluster 2 rappresenta il profilo con il più alto e più bilanciato livello di sicurezza professionale. È proprio questa diversa organizzazione interna dei cluster post che rende necessaria una rilettura attenta delle traiettorie, evitando automatismi interpretativi fondati esclusivamente sulla numerazione dei gruppi.

Sulla base di questa gerarchia, sono state considerate come traiettorie di miglioramento quelle che conducono verso un livello superiore di competenza percepita; come traiettorie di stabilità quelle che mantengono lo stesso livello gerarchico; e come traiettorie di regressione quelle che conducono verso un livello inferiore.

Applicando tale criterio alla matrice di transizione, si ottiene la seguente distribuzione:

Tabella 6.12 – Sintesi delle traiettorie di cambiamento tra cluster I&C

Tipo di traiettoria	Numero docenti	Percentuale
Miglioramento	7	33,3%
Stabilità	4	19,0%
Regressione	10	47,6%
Totale	21	100%

I dati mostrano che la quota più ampia del campione, pari al 47,6%, segue una traiettoria classificabile come regressione, mentre il 33,3% dei docenti mostra una traiettoria di miglioramento e il 19,0% una situazione di stabilità. Questo risultato, se letto in modo puramente lineare, potrebbe apparire controintuitivo rispetto agli obiettivi del percorso formativo; tuttavia, una simile interpretazione sarebbe riduttiva. In contesti di ricerca-formazione, infatti, la diminuzione dell'autovalutazione dichiarata non coincide necessariamente con una reale riduzione della competenza, ma può indicare un processo di presa di coscienza più critica e più realistica rispetto alla complessità delle pratiche didattiche *inquiry-based*.

In altri termini, il fatto che una parte consistente dei docenti si ricollocchi in profili percepiti come inferiori non implica necessariamente un arretramento sul piano professionale. Al contrario, questo movimento può essere interpretato come esito di una riformulazione più consapevole del proprio posizionamento. Il confronto con nuove metodologie, con attività di progettazione condivisa, con dispositivi di osservazione e con momenti di riflessione collettiva può infatti condurre i docenti a riconoscere come maggiormente complessi processi che, nella fase iniziale, potevano essere percepiti in modo più semplificato. Da questo punto di vista, il passaggio verso cluster meno elevati può rappresentare un indicatore di maggiore realismo professionale e non di minore sviluppo.

Parallelamente, il fatto che un terzo circa del campione mostri una traiettoria di miglioramento resta un dato significativo. Esso segnala che per una parte dei docenti il percorso ha favorito un rafforzamento della sicurezza percepita nella gestione delle fasi di organizzazione e interpretazione dei dati, contribuendo a consolidare profili più solidi e maggiormente coerenti con una didattica centrata sull'indagine. Anche la quota di stabilità, pari al 19,0%, suggerisce che alcuni docenti mantengono nel tempo una collocazione sostanzialmente coerente con il livello di autoefficacia percepita già espresso nella fase iniziale.

Nel loro insieme, le traiettorie emerse evidenziano dunque non un andamento uniforme, ma una ristrutturazione differenziata dei profili professionali. Il cambiamento non si distribuisce in modo omogeneo nel campione, ma assume la forma di percorsi plurali, che riflettono la diversa posizione di partenza dei docenti, il diverso grado di interiorizzazione delle pratiche *inquiry-based* e il diverso modo in cui il percorso formativo ha inciso sulla percezione del proprio agire didattico. Per questa ragione, i risultati della cluster analysis e dell'analisi di transizione devono essere interpretati in integrazione con le evidenze qualitative emerse dalle osservazioni in classe e dalle interviste, al fine di cogliere se la ricalibrazione delle autopercezioni trovi corrispondenza anche in trasformazioni osservabili nelle pratiche.

Nota metodologica finale: perché nella fase post non è stato scelto $k = 4$

È opportuno precisare, in conclusione, per quale ragione nella fase post non sia stata adottata la soluzione a quattro cluster. Sebbene un aumento del numero di cluster possa, sul piano puramente matematico, ridurre ulteriormente la varianza interna ai gruppi, tale riduzione non costituisce di per sé una garanzia di maggiore qualità interpretativa. In campioni di dimensioni contenute, come quello in esame ($N = 21$), la soluzione a quattro cluster tende infatti a produrre una segmentazione più frammentata, con gruppi meno robusti e meno stabili sul piano statistico. Inoltre, una maggiore articolazione numerica non sempre corrisponde a una reale differenziazione pedagogicamente

significativa dei profili, ma può semplicemente riflettere una suddivisione eccessiva di configurazioni che risultano invece più leggibili e più coerenti quando ricondotte a tre gruppi.

Nel caso specifico della dimensione Investigate & Creation nella fase post, la soluzione a tre cluster si è rivelata quella più sostenibile perché consente di coniugare riduzione della varianza, adeguata numerosità dei gruppi, interpretabilità pedagogica dei profili e coerenza comparativa con la fase pre. La scelta di non adottare $k = 4$ risponde dunque a un criterio di equilibrio metodologico e non a una semplificazione arbitraria del dato.

6.8.5 Analisi cluster del fattore Discussion & Reflection

FASE PRE-FORMAZIONE

Dopo aver analizzato i fattori latenti precedenti, l'attenzione viene ora rivolta alla dimensione *Discussion & Reflection* (D&R), che rappresenta una componente strutturale dei processi di apprendimento *inquiry-based*. Tale dimensione intercetta la capacità del docente di promuovere il confronto tra pari e di sostenere processi riflessivi sulle strategie di soluzione, configurandosi come dispositivo fondamentale per la costruzione sociale della conoscenza.

Nel questionario, il fattore è stato operazionalizzato attraverso due item: la promozione del confronto di idee tra alunni e la sollecitazione della discussione su strategie e soluzioni alternative.

I dati della fase pre-formazione sono stati analizzati mediante cluster analysis k-means con distanza euclidea, utilizzando il software XLSTAT. La scelta del numero ottimale di cluster, già discussa nei paragrafi precedenti, ha condotto alla soluzione $k = 3$, risultata la più equilibrata in termini di varianza interna, leggibilità pedagogica e numerosità dei gruppi.

Tabella 6.13 – Centroidi dei cluster (D&R pre, $k = 3$)

Cluster	X1 Confronto di idee	X2 Discussione strategie	Numerosità	Varianza interna
C1	3.000	3.444	9	0.278
C2	2.000	2.500	6	0.300
C3	4.167	4.000	6	0.567

L'analisi dei centroidi evidenzia una chiara articolazione gerarchica dei profili.

Il cluster C2 rappresenta il livello più basso di competenza percepita. I valori contenuti su entrambe le variabili indicano docenti che dichiarano una limitata capacità di attivare dinamiche di confronto tra pari e di strutturare momenti di discussione sulle strategie. Questo profilo è riconducibile a pratiche didattiche meno orientate alla negoziazione collettiva dei significati.

Il cluster C1 si colloca su un livello intermedio, con valori medi e una leggera asimmetria a favore della dimensione relativa alla discussione delle strategie. Tale configurazione suggerisce docenti che promuovono momenti di riflessione sulle soluzioni, ma con una minore sistematicità nella costruzione del confronto tra pari.

Il cluster C3 rappresenta il livello più elevato di competenza percepita. I valori alti e sostanzialmente bilanciati tra le due variabili descrivono docenti che integrano in modo sistematico confronto e riflessione, configurando pratiche pienamente coerenti con modelli *inquiry-based*.

Nel complesso, la fase pre evidenzia una segmentazione tripartita (basso–intermedio–alto), che costituisce il riferimento per l’analisi evolutiva successiva.

FASE POST-FORMAZIONE

L’analisi della fase post-formazione è stata condotta mantenendo la stessa configurazione metodologica e la soluzione $k = 3$, al fine di garantire la piena confrontabilità tra le due rilevazioni.

Tabella 6.14 – Centroidi dei cluster (D&R post, $k = 3$)

Cluster	X1 Confronto di idee	X2 Discussione strategie	Numerosità	Varianza interna
C1	3.000	4.200	5	0.200
C2	2.286	2.857	7	0.381
C3	4.222	4.111	9	0.556

La configurazione dei cluster mantiene una struttura gerarchica, ma evidenzia una riorganizzazione interna dei profili.

Il cluster C2 continua a rappresentare il livello più basso di competenza percepita, con valori contenuti su entrambe le dimensioni, indicando una persistenza di difficoltà nella gestione delle dinamiche dialogiche.

Il cluster C1 assume una configurazione intermedia caratterizzata da una marcata asimmetria: la dimensione relativa alla discussione delle strategie risulta elevata, mentre il confronto tra pari rimane su livelli medi. Questo suggerisce uno sviluppo selettivo della competenza, maggiormente orientato alla riflessione sulle soluzioni.

Il cluster C3 rappresenta il livello più elevato e diventa il gruppo più numeroso. I valori alti e bilanciati indicano una consolidata capacità di integrare confronto e riflessione nei processi didattici.

Nel complesso, la fase post evidenza non tanto un incremento uniforme delle competenze, quanto una redistribuzione dei docenti verso il livello più elevato e una ridefinizione qualitativa del livello intermedio.

6.8.6 Analisi di transizione dei cluster Discussion & Reflection (pre-post)

L'analisi di transizione è stata condotta considerando le 21 osservazioni individuali.

Tabella 6.15 – Matrice di transizione D&R (pre-post)

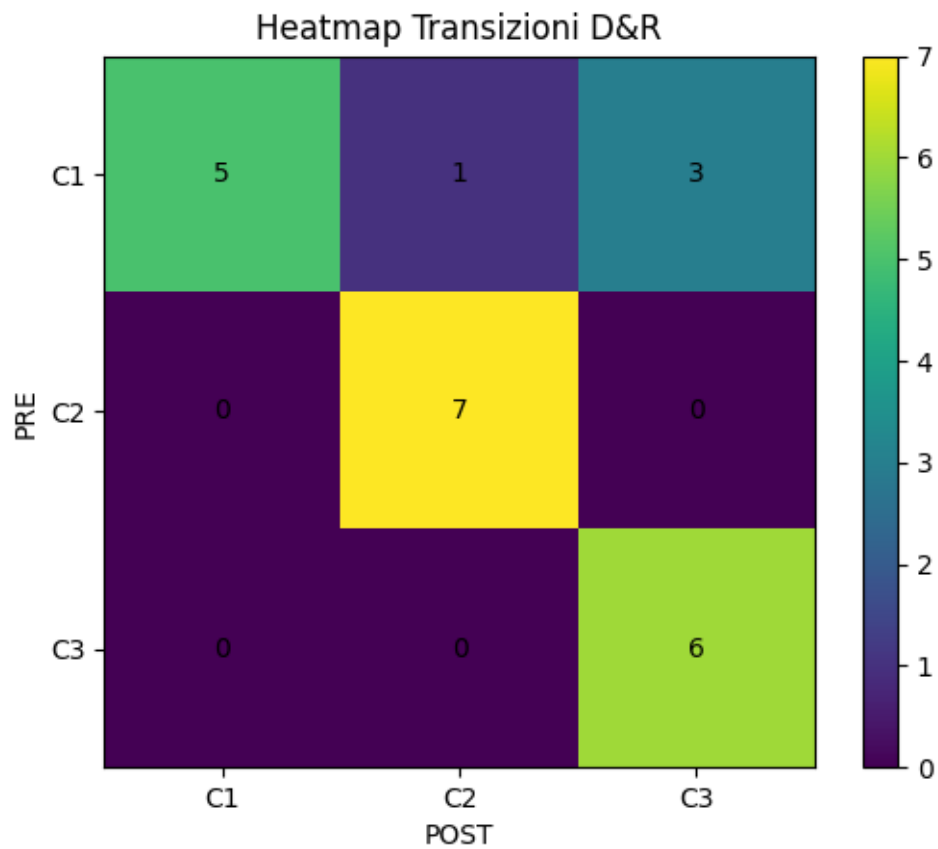
PRE \ POST	C1	C2	C3
C1	5	1	3
C2	0	7	0
C3	0	0	6

La matrice evidenzia una forte concentrazione lungo la diagonale principale, indicativa di stabilità dei profili.

Il cluster PRE2 (livello basso) mostra una stabilità totale, con tutti i docenti che permangono nel cluster C2. Analogamente, il cluster PRE3 (livello alto) evidenzia una stabilità completa nel cluster C3, indicando la consolidazione delle competenze già elevate.

La dinamica più significativa riguarda il cluster PRE1 (livello intermedio), che si redistribuisce tra i tre livelli: il 55.6% dei docenti rimane nello stesso cluster, il 33.3% migra verso il livello più elevato e l'11.1% si colloca nel livello più basso. Questo dato evidenzia come il cambiamento si concentri prevalentemente nei profili intermedi.

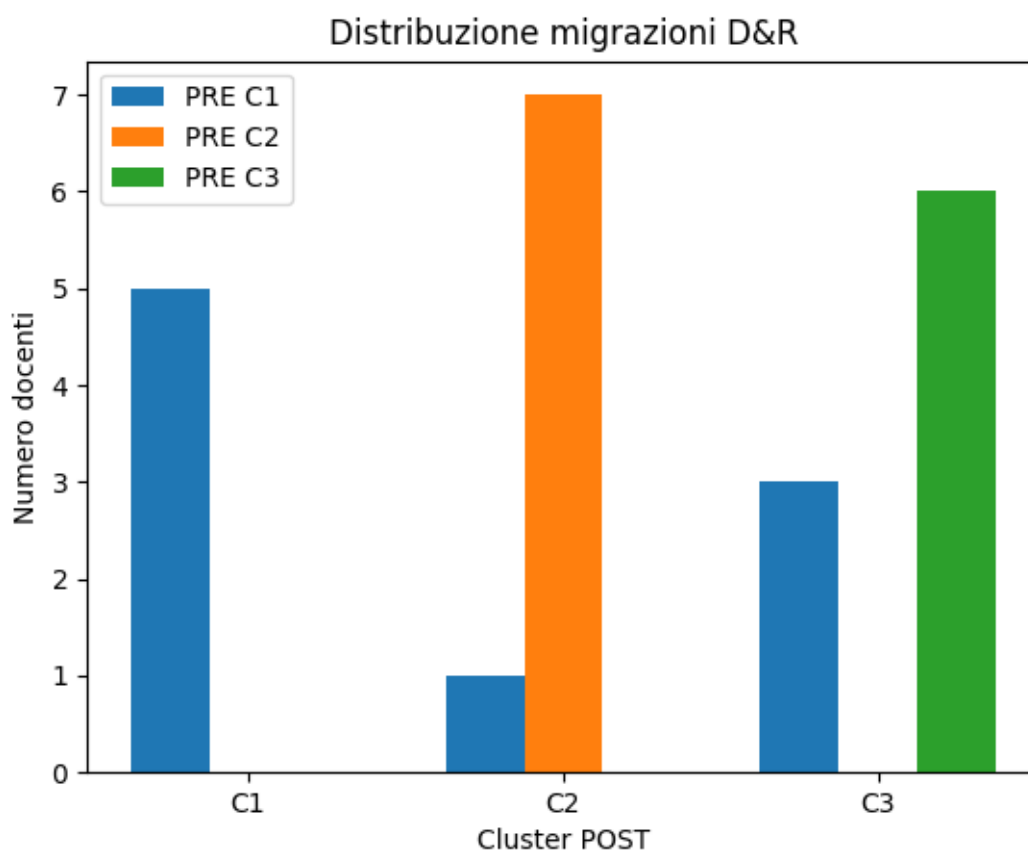
Figura 6.5 – Heatmap delle transizioni tra cluster D&R (pre-post)



La rappresentazione evidenzia visivamente la predominanza delle traiettorie di stabilità e la rilevanza delle transizioni dal livello intermedio al livello alto.

Figura 6.6 – Distribuzione delle migrazioni tra cluster D&R

Il grafico a barre, costruito nello stesso formato adottato per gli altri fattori, consente di osservare la distribuzione delle migrazioni distinguendo i cluster di provenienza.



Il grafico a barre, costruito nello stesso formato adottato per gli altri fattori, consente di osservare la distribuzione delle migrazioni distinguendo i cluster di provenienza.

Traiettorie di cambiamento del fattore discussion & reflection

Le traiettorie sono state classificate sulla base della gerarchia dei cluster (C2 basso, C1 intermedio, C3 alto).

Tabella 6.16 – Traiettorie di cambiamento D&R

Tipo di traiettoria	Numero docenti	Percentuale
Miglioramento	3	14.3%
Stabilità	17	81.0%
Regressione	1	4.7%
Totale	21	100%

I risultati evidenziano una marcata stabilità dei profili professionali, con oltre l'80% dei docenti che mantiene lo stesso livello di competenza percepita tra le due rilevazioni. Le traiettorie di cambiamento risultano limitate e concentrate nel cluster intermedio.

Dal punto di vista interpretativo, questo dato è coerente con la natura della dimensione Discussion & Reflection, che rappresenta un insieme di pratiche didattiche spesso già integrate nel repertorio professionale degli insegnanti. Tuttavia, la presenza di transizioni verso il livello più elevato suggerisce che il percorso di ricerca-formazione ha prodotto un rafforzamento selettivo delle competenze, in particolare nei docenti con livelli iniziali intermedi.

Nel complesso, il cambiamento osservato assume la forma di una riorganizzazione interna dei profili piuttosto che di un incremento lineare, confermando la natura differenziata dei processi di sviluppo professionale.

6.8.7 Analisi cluster del fattore Relation with Daily Life

FASE PRE-FORMAZIONE

Dopo aver analizzato i fattori latenti precedenti, l'attenzione viene ora rivolta alla dimensione *Relation with Daily Life* (RDL), che rappresenta un costrutto cruciale nella didattica *inquiry-based* e nelle discipline STEM. Tale dimensione riguarda la capacità del docente di costruire connessioni significative tra i contenuti disciplinari e i contesti di vita reale degli studenti, favorendo processi di trasferimento, applicazione e rielaborazione delle conoscenze.

Nel questionario, la dimensione è stata operazionalizzata attraverso due item: la stimolazione della riflessione sull'uso degli apprendimenti nella vita quotidiana (X1) e la capacità di collegare i contenuti disciplinari a situazioni reali (X2).

I dati della fase pre formazione sono stati analizzati mediante cluster analysis k-means, utilizzando XLSTAT e la distanza euclidea come misura di dissimilarità. La determinazione del numero ottimale di cluster, condotta secondo i criteri già discussi (varianza interna, parsimonia e numerosità), ha condotto alla scelta della soluzione $k = 3$.

Tabella 6.17– Centroidi dei cluster (RDL pre, $k = 3$)

Cluster	X1 Uso nella vita quotidiana	X2 Collegamento alla realtà	Numerosità	Varianza
C1	3.000	2.900	10	0.100
C2	4.167	3.667	6	0.833
C3	2.600	3.800	5	0.500

L'analisi dei centroidi non restituisce una semplice progressione lineare dei livelli di competenza, ma evidenzia tre configurazioni differenziate che riflettono modalità distinte di integrazione tra riflessione e contestualizzazione.

Il cluster C1 (N = 10) si configura come un profilo di competenza moderata e relativamente uniforme, caratterizzato da valori prossimi al livello medio su entrambe le dimensioni. Tuttavia, la lieve flessione nella variabile X2 suggerisce una minore sistematicità nel collegamento dei contenuti disciplinari a contesti reali. Questo profilo appare riconducibile a pratiche didattiche in cui la contestualizzazione è presente ma non strutturata come dispositivo intenzionale, configurandosi piuttosto come elemento accessorio o episodico.

Il cluster C2 (N = 6) rappresenta il profilo a più elevata integrazione della dimensione RDL. I valori elevati su entrambe le variabili indicano docenti che non solo collegano i contenuti disciplinari alla realtà, ma attivano anche processi riflessivi sull'uso delle conoscenze nella quotidianità. Tuttavia, la varianza interna più elevata segnala una certa eterogeneità interna al cluster, suggerendo che, pur in presenza di livelli alti, le modalità operative possono essere differenziate tra i docenti.

Il cluster C3 (N = 5) presenta una configurazione fortemente asimmetrica, con valori relativamente contenuti nella dimensione riflessiva (X1) e più elevati nella capacità di collegare i contenuti alla realtà (X2). Questo profilo indica docenti che utilizzano con una certa frequenza esempi concreti e riferimenti alla vita reale, ma che attivano in misura minore processi espliciti di riflessione metacognitiva sull'uso delle conoscenze. Dal punto di vista pedagogico, questo cluster rappresenta una forma di contestualizzazione prevalentemente applicativa, non ancora pienamente integrata con la dimensione riflessiva.

Nel complesso, la fase pre evidenzia una struttura articolata in tre profili: uno moderato e poco strutturato, uno elevato e integrato, e uno orientato prevalentemente alla contestualizzazione applicativa. Questa configurazione costituisce la base interpretativa per l'analisi evolutiva della fase post.

FASE POST-FORMAZIONE

L'analisi della fase post-formazione è stata condotta mantenendo la soluzione $k = 3$, al fine di garantire la confrontabilità tra le due rilevazioni e consentire un'analisi coerente delle traiettorie di cambiamento.

Tabella 6.18 – Centroidi dei cluster (RDL post, $k = 3$)

Cluster	X1 Uso nella vita quotidiana	X2 Collegamento alla realtà	Numerosità	Varianza
C1	3.429	3.000	7	0.286
C2	4.200	4.100	10	0.278

Cluster	X1 Uso nella vita quotidiana	X2 Collegamento alla realtà	Numerosità	Varianza
C3	2.500	3.750	4	0.583

La configurazione dei cluster nella fase post evidenzia una riorganizzazione significativa dei profili, pur mantenendo una struttura triadica.

Il cluster C2 (N = 10) rappresenta il livello più elevato e risulta il gruppo più numeroso. I valori alti e bilanciati tra X1 e X2 indicano una piena integrazione tra dimensione riflessiva e contestualizzazione. Rispetto alla fase pre, questo cluster appare più compatto (varianza inferiore) e suggerisce un consolidamento delle pratiche didattiche orientate al trasferimento e alla costruzione di significato.

Il cluster C1 (N = 7) si configura come un livello intermedio, ma con una ridefinizione interna rispetto alla fase pre. L'incremento della variabile X1 indica un rafforzamento della dimensione riflessiva, mentre la variabile X2 rimane su livelli moderati. Questo profilo suggerisce un'evoluzione verso una maggiore consapevolezza nell'attivazione di processi riflessivi, anche se la contestualizzazione non risulta ancora pienamente sistematizzata.

Il cluster C3 (N = 4) mantiene una configurazione simile alla fase pre, caratterizzata da una marcata asimmetria tra le due dimensioni. I docenti appartenenti a questo gruppo continuano a privilegiare il collegamento alla realtà rispetto alla riflessione sull'uso delle conoscenze, configurando un profilo orientato alla contestualizzazione applicativa ma non ancora integrata.

Nel complesso, la fase post evidenzia un rafforzamento del cluster ad alta competenza e una trasformazione qualitativa del livello intermedio, suggerendo un effetto del percorso formativo principalmente sulla dimensione riflessiva.

6.8.8 Analisi di transizione dei cluster Relation with Daily Life (pre–post)

La matrice di transizione è stata costruita a partire dalle 21 osservazioni individuali.

Tabella 6.19 – Matrice di transizione RDL (pre–post)

PRE \ POST	C1	C2	C3
C1	5	5	0
C2	2	4	0
C3	0	1	4

L'analisi delle transizioni evidenzia una struttura meno rigida rispetto a quella osservata nel fattore D&R, con una maggiore mobilità tra i cluster.

Il cluster PRE1 mostra una distribuzione equamente divisa tra permanenza nel livello intermedio e migrazione verso il livello più elevato, indicando una significativa capacità di evoluzione verso forme più integrate di competenza.

Il cluster PRE2 evidenzia una dinamica articolata: pur mantenendo una quota rilevante nel livello alto, una parte dei docenti si redistribuisce verso il livello intermedio. Questo suggerisce una ricalibrazione delle percezioni di competenza, più che una regressione in senso stretto.

Il cluster PRE3 mostra una forte stabilità, con una permanenza prevalente nel cluster C3 e una migrazione marginale verso il cluster più elevato.

Figura 6.7 – Heatmap delle transizioni RDL (pre-post)

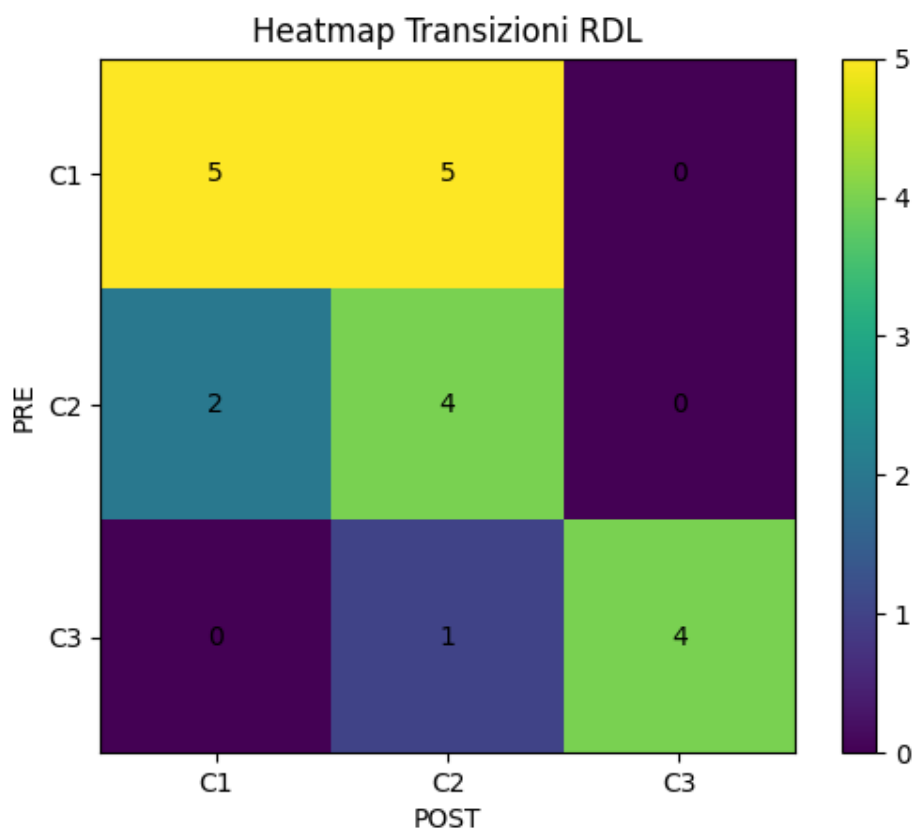
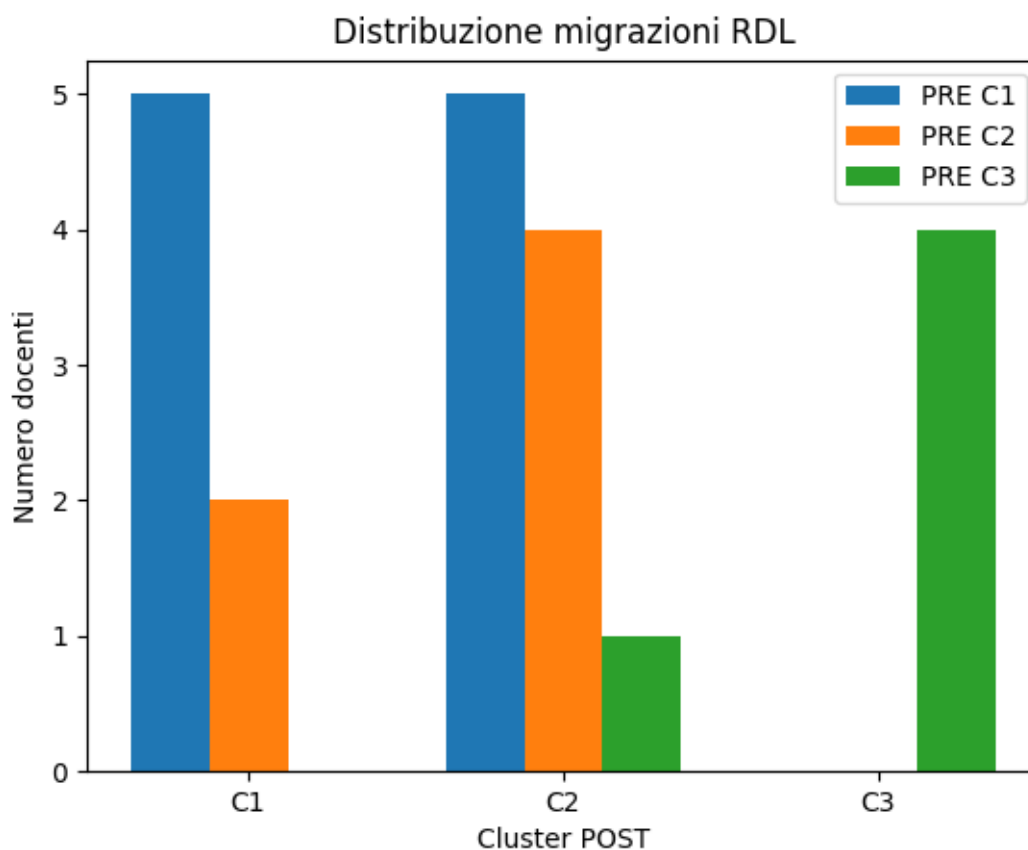


Figura 6.8 – Distribuzione delle migrazioni tra cluster RDL



Traiettorie di cambiamento del fattore Relation with Daily Life

Per facilitare l'interpretazione delle dinamiche emerse dalla matrice di transizione tra cluster, anche per il fattore *Relation with Daily Life* (RDL) le migrazioni osservate sono state riclassificate nelle tre categorie interpretative già adottate per gli altri fattori latenti analizzati: miglioramento, stabilità e regressione. Tale classificazione non è stata costruita in termini meramente quantitativi, ma è stata definita alla luce della caratterizzazione pedagogica dei cluster individuati nelle due rilevazioni, considerando il livello complessivo di integrazione tra le due dimensioni che compongono il fattore: da un lato la capacità di stimolare negli alunni una riflessione sull'uso di quanto appreso nella vita quotidiana, dall'altro la capacità di collegare i contenuti disciplinari a situazioni della vita reale.

Come discusso nei paragrafi precedenti, nella fase pre formazione i tre cluster individuati non si disponevano secondo una semplice scala lineare, ma configuravano profili distinti per struttura interna. Il cluster PRE1 rappresentava un profilo di competenza moderata e relativamente bilanciata, con livelli medi su entrambe le variabili e una contestualizzazione presente ma non ancora pienamente sistematizzata. Il cluster PRE2 rappresentava invece il profilo più elevato e maggiormente integrato,

caratterizzato da valori alti sia nella dimensione riflessiva sia nella capacità di collegare i contenuti disciplinari alla realtà. Il cluster PRE3 delineava infine un profilo peculiare, nel quale la contestualizzazione appariva più marcata rispetto alla riflessione esplicita sull'uso delle conoscenze, configurando una forma di collegamento al reale di tipo più applicativo che metacognitivo.

Nella fase post-formazione, la cluster analysis ha restituito una configurazione parzialmente riorganizzata. Il cluster POST3 ha continuato a rappresentare il profilo più sbilanciato verso la contestualizzazione applicativa, con livelli relativamente più contenuti nella dimensione riflessiva. Il cluster POST1 si è configurato come un profilo intermedio, caratterizzato da un rafforzamento della riflessione sull'uso delle conoscenze ma da un livello ancora moderato nella piena sistematizzazione del collegamento con la realtà. Il cluster POST2 ha rappresentato infine il profilo più elevato e più completo, con valori alti e bilanciati su entrambe le variabili, esprimendo una forma più matura di integrazione tra contestualizzazione e riflessività didattica.

Sulla base di questa gerarchia interpretativa, le traiettorie di cambiamento sono state classificate secondo i seguenti criteri metodologici: miglioramento, quando il docente transita verso un cluster che esprime un livello più elevato di integrazione tra riflessione e collegamento alla realtà; stabilità, quando permane in un cluster dello stesso livello interpretativo; regressione, quando si colloca in un cluster caratterizzato da una minore integrazione complessiva della dimensione RDL. Questa procedura consente di leggere le transizioni non come semplici spostamenti tra etichette numeriche, ma come traiettorie di trasformazione professionale nella percezione della propria capacità di rendere gli apprendimenti più contestualizzati e significativi.

La Tabella 6.20 riassume la distribuzione delle traiettorie di cambiamento osservate nel campione.

Tabella 6.20 – Sintesi delle traiettorie di cambiamento tra cluster Relation with Daily Life

Tipo di traiettoria	Numero docenti	Percentuale
Miglioramento	7	33.3%
Stabilità	13	61.9%
Regressione	1	4.8%
Totale	21	100%

I risultati evidenziano una prevalenza di traiettorie di stabilità, con 13 docenti su 21 che mantengono lo stesso livello complessivo di competenza percepita nella dimensione *Relation with Daily Life* tra la rilevazione pre e quella post. Questo dato indica che, per una parte consistente del campione, il rapporto tra insegnamento disciplinare e riferimenti alla vita reale costituiva già una componente

relativamente consolidata del proprio repertorio professionale. La stabilità osservata, tuttavia, non deve essere letta come assenza di trasformazione, ma piuttosto come continuità di un assetto professionale che in molti casi risulta già strutturato prima dell'intervento.

Accanto a questa componente di continuità, emerge però una quota particolarmente significativa di traiettorie di miglioramento, che interessa 7 docenti, pari al 33.3% del campione. Si tratta di un dato rilevante, soprattutto se confrontato con quanto emerso in altri fattori latenti del questionario, perché segnala che la dimensione RDL appare relativamente permeabile all'azione formativa. In altri termini, il percorso di ricerca-formazione sembra avere inciso in modo non trascurabile sulla capacità dei docenti di ripensare la relazione tra sapere scolastico e quotidianità degli studenti, favorendo un'evoluzione verso forme più intenzionali e più strutturate di contestualizzazione degli apprendimenti.

L'analisi qualitativa delle transizioni mostra inoltre che il miglioramento non riguarda esclusivamente il passaggio da livelli inizialmente bassi a livelli alti in senso lineare, ma assume la forma di una riorganizzazione della competenza. In particolare, una parte dei docenti che nella fase pre apparteneva a profili caratterizzati da una contestualizzazione ancora parziale o non pienamente integrata sembra collocarsi, nella fase post, in cluster che esprimono una più stretta convergenza tra collegamento al reale e attivazione di riflessione sull'uso delle conoscenze. Questo elemento è pedagogicamente significativo, poiché indica che il cambiamento non investe soltanto la frequenza con cui si richiamano esempi concreti o situazioni della vita quotidiana, ma anche il modo in cui tali riferimenti vengono trasformati in occasioni per produrre significato, trasferimento e rielaborazione.

La presenza di una sola traiettoria di regressione, pari al 4.8% del campione, suggerisce che i casi di arretramento sono molto limitati. Anche questo dato deve essere interpretato con cautela: in analisi di questo tipo, infatti, la regressione non indica necessariamente una diminuzione reale della competenza professionale, ma può riflettere una ricalibrazione dell'autopercezione successiva al percorso formativo. In altre parole, l'esposizione a nuove pratiche, linguaggi e modelli metodologici può aver reso alcuni docenti più consapevoli della complessità della dimensione indagata, inducendoli a valutare in modo più realistico il proprio livello di competenza.

Nel complesso, la distribuzione delle traiettorie di cambiamento suggerisce che il fattore *Relation with Daily Life* presenta una doppia dinamica: da un lato una forte componente di stabilità, che conferma la presenza di pratiche già in parte consolidate nel campione; dall'altro una quota consistente di miglioramento, che segnala la capacità del percorso di ricerca-formazione di rafforzare la dimensione della contestualizzazione didattica e di renderla più intenzionale, più riflessiva e più strettamente connessa alla costruzione di significato. La relazione tra contenuti disciplinari e vita

quotidiana, quindi, non appare come semplice strategia accessoria di motivazione, ma come elemento strutturale di una didattica attiva capace di rendere gli apprendimenti più trasferibili, più rilevanti e più autenticamente situati.

6.8.9 Analisi cluster del fattore Teachers' Professional Digital Competence

FASE PRE-FORMAZIONE

Dopo l'analisi dei fattori latenti legati all'*inquiry*, l'attenzione viene ora rivolta alla dimensione *Teachers' Professional Digital Competence* (TPDC), che nel questionario è operazionalizzata attraverso sei item relativi alla pianificazione didattica con tecnologie digitali, all'integrazione di strumenti digitali nelle attività di insegnamento, all'uso del digitale per sostenere la motivazione e la comunicazione con gli studenti, alla collaborazione professionale con i colleghi tramite piattaforme digitali e alla disponibilità a sperimentare nuove tecnologie nella pratica didattica. Come per i fattori precedenti, anche in questo caso i dati raccolti nella fase pre-formazione sono stati analizzati mediante cluster analysis k-means con distanza euclidea, utilizzando il software XLSTAT, al fine di individuare profili ricorrenti di auto-percezione della competenza digitale professionale nel campione di 21 docenti.

Le considerazioni metodologiche relative alla determinazione del numero ottimale di cluster restano confermate. Alla luce dei criteri già discussi — andamento della within-cluster variance, parsimonia del modello e adeguata numerosità dei gruppi — la soluzione metodologicamente più sostenibile per il fattore TPDC nella fase pre è dunque **k = 4**.

Determinato il numero ottimale di cluster, l'interpretazione si fonda sui centroidi, cioè sui valori medi dei sei item TPDC all'interno di ciascun gruppo. Per chiarezza, le variabili sono indicate come X1–X6 in corrispondenza degli item 9–14 del questionario.

Tabella 6.21 – Centroidi dei cluster (TPDC pre, k = 4)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6
C1	3.000	3.000	4.000	4.200	3.800	3.800
C2	4.250	4.000	4.250	3.500	4.500	4.500
C3	3.111	3.000	2.667	2.778	3.000	3.000
C4	3.667	4.000	3.667	4.000	3.333	3.667

L'analisi dei centroidi consente di identificare quattro profili distinti di auto-percezione della competenza digitale professionale, che non si dispongono secondo una semplice progressione lineare,

ma riflettono combinazioni differenti tra dimensione tecnico-organizzativa, dimensione didattico-comunicativa e apertura professionale all'innovazione.

Il cluster C3 rappresenta il profilo con i livelli complessivamente più contenuti. I valori più bassi si concentrano soprattutto nelle variabili X3 e X4, cioè nelle dimensioni più strettamente connesse all'uso pedagogico del digitale per sostenere la motivazione degli studenti e per gestire la comunicazione didattica. Anche X1, X2, X5 e X6 si collocano su livelli moderati, senza particolari punte di forza. Questo profilo appare coerente con docenti che riconoscono una competenza digitale professionale presente ma ancora poco strutturata, in particolare nelle componenti più direttamente connesse all'interazione educativa e all'impiego del digitale come leva didattica.

Il cluster C4 presenta un profilo più robusto sul versante tecnico-organizzativo e comunicativo. I valori relativamente elevati su X1 e X2 indicano una buona sicurezza nella pianificazione e nell'integrazione del digitale nelle attività di insegnamento, mentre i punteggi su X3 e soprattutto X4 suggeriscono una discreta capacità di utilizzare gli strumenti digitali anche nella relazione didattica. Più contenuti risultano invece X5 e, in misura minore, X6, segnalando che la collaborazione professionale mediata da piattaforme e l'apertura alla sperimentazione, pur presenti, non costituiscono la componente più caratterizzante del profilo. Nel complesso, si tratta di un gruppo che sembra padroneggiare il digitale soprattutto come risorsa di organizzazione e di gestione della pratica didattica.

Il cluster C1 mostra una configurazione diversa e pedagogicamente significativa. Pur presentando valori più moderati in X1 e X2, questo gruppo evidenzia punteggi elevati nelle dimensioni X3 e X4 e livelli medio-alti anche in X5 e X6. Il profilo risulta quindi meno centrato sulla componente tecnico-progettuale in senso stretto e più orientato all'impiego del digitale nella motivazione, nella comunicazione con gli studenti, nella collaborazione professionale e nella disponibilità a innovare. Si tratta di una configurazione che suggerisce una competenza digitale professionale di taglio più relazionale e trasformativo, nella quale il digitale viene percepito soprattutto come strumento per sostenere processi didattici e dinamiche professionali.

Il cluster C2 rappresenta infine il profilo più elevato e maggiormente integrato. I valori alti e diffusi su quasi tutte le variabili, con punte particolarmente marcate in X1, X3, X5 e X6, descrivono docenti che si percepiscono competenti sia nella pianificazione e integrazione del digitale sia nelle dimensioni collaborative e nell'apertura alla sperimentazione. L'unico valore relativamente meno elevato, pur restando alto in termini assoluti, è quello relativo a X4, ma senza alterare il quadro complessivo di forte padronanza. Questo cluster appare quindi come il profilo più completo di competenza digitale professionale nella fase pre.

Nel complesso, la cluster analysis nella fase pre individua quattro profili interpretabili: un profilo a competenza più contenuta, un profilo centrato sul versante tecnico-organizzativo, un profilo maggiormente orientato alle dimensioni didattico-relazionali e collaborative e un profilo elevato e integrato. Questa articolazione costituisce la base per l'analisi della fase post-formazione e per la successiva lettura delle traiettorie di cambiamento.

FASE POST-FORMAZIONE

Dopo aver analizzato la configurazione dei cluster relativi alla dimensione *Teachers' Professional Digital Competence* nella fase pre formazione, l'attenzione viene ora rivolta alla distribuzione dei profili di auto-percezione dei docenti nella fase post-formazione. Anche in questo caso, le considerazioni metodologiche relative alla determinazione del numero ottimale di cluster restano confermate. Alla luce dei criteri già discussi, la soluzione $k = 4$ è stata considerata la più appropriata anche nella fase post.

Una volta determinato il numero ottimale di cluster, l'interpretazione si concentra sui centroidi, che rappresentano il valore medio dei sei item relativi alla competenza digitale professionale all'interno di ciascun gruppo.

Tabella 6.22 – Centroidi dei cluster (TPDC post, $k = 4$)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6
C1	3.727	3.636	4.091	4.000	4.091	4.000
C2	3.250	3.750	2.500	2.500	3.250	3.250
C3	4.667	4.000	3.333	4.333	4.667	4.000
C4	3.000	3.000	3.000	3.000	3.333	3.667

L'interpretazione dei centroidi consente di individuare quattro profili distinti, nei quali la competenza digitale professionale si riorganizza in modo non perfettamente sovrapponibile alla struttura osservata nella fase pre.

Il cluster C2 rappresenta il profilo più fragile sul piano pedagogico-didattico. Pur mostrando valori non bassi in assoluto su X1 e soprattutto X2, il gruppo presenta punteggi nettamente più contenuti su X3 e X4, cioè proprio nelle dimensioni relative all'uso del digitale per sostenere motivazione e comunicazione didattica. Anche X5 e X6 si collocano su livelli medi. Questo profilo suggerisce docenti che si percepiscono discretamente sicuri nell'impiego del digitale come supporto organizzativo o strumentale, ma molto meno nelle funzioni più direttamente connesse alla mediazione pedagogica.

Il cluster C4 si colloca su un livello moderato e piuttosto omogeneo. Tutti i valori risultano allineati attorno alla soglia media, con una lieve maggiore apertura nelle dimensioni X5 e X6. Si tratta di un profilo non particolarmente specializzato, nel quale la competenza digitale professionale appare presente ma non ancora marcata né sul versante tecnico-operativo né su quello didattico-relazionale. La relativa uniformità del cluster suggerisce una percezione di competenza sobria ma stabile.

Il cluster C1 rappresenta un profilo medio-alto e ben bilanciato, con valori consistenti in tutte le variabili e punte particolarmente significative in X3, X4 e X5. In questo gruppo il digitale appare pienamente riconosciuto come risorsa per motivare gli studenti, sostenere la comunicazione e rafforzare la collaborazione professionale. Pur senza raggiungere i livelli massimi di C3 nelle dimensioni più tecnico-strategiche, il cluster C1 esprime una competenza professionale ampia e pedagogicamente integrata.

Il cluster C3 rappresenta il profilo più elevato. I valori molto alti in X1, X4 e X5, unitamente ai livelli alti di X2 e X6, descrivono docenti che si percepiscono particolarmente competenti nella pianificazione con il digitale, nell'uso del digitale per gestire la comunicazione didattica e nella collaborazione professionale mediata da piattaforme. La variabile X3 risulta relativamente meno elevata rispetto alle altre, ma rimane comunque su un livello positivo. Nel complesso, questo cluster rappresenta il profilo di più alta competenza digitale professionale percepita nella fase post.

Nel complesso, la cluster analysis nella fase post evidenzia una struttura articolata in quattro profili: un profilo moderato e omogeneo, un profilo più debole nelle componenti didattico-pedagogiche, un profilo medio-alto e bilanciato e un profilo elevato con forte integrazione delle dimensioni professionali del digitale. Questa configurazione costituisce la base per la successiva analisi di transizione tra pre e post.

6.8.10 Analisi di transizione dei cluster del fattore Teachers' Professional Digital Competence (pre-post)

Dopo aver identificato e caratterizzato i cluster relativi al fattore latente *Teachers' Professional Digital Competence* nelle fasi pre e post formazione, è stata condotta un'analisi di transizione con l'obiettivo di osservare le traiettorie di cambiamento dei docenti tra i diversi profili individuati. Questa analisi consente di interpretare l'evoluzione delle percezioni professionali non soltanto come variazioni nei punteggi medi dei singoli item, ma come trasformazioni nei profili complessivi di competenza digitale professionale.

Sulla base dei dati individuali forniti, la matrice di transizione corretta è la seguente.

Tabella 6.23 – Matrice di transizione TPDC (pre-post)

PRE \ POST	C1	C2	C3	C4
C1	5	0	1	0
C2	2	0	2	0
C3	1	4	0	3
C4	3	0	0	0

Il campione complessivo è costituito da 21 docenti.

Tabella 6.24 – Percentuali di migrazione TPDC (pre-post)

PRE \ POST	C1	C2	C3	C4
C1	83.3%	0.0%	16.7%	0.0%
C2	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%
C3	12.5%	50.0%	0.0%	37.5%
C4	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%

L'analisi della matrice evidenzia alcune dinamiche rilevanti.

Il cluster PRE1, che nella fase pre rappresentava un profilo orientato in modo particolare alle dimensioni didattico-relazionali e collaborative del digitale, mostra una forte convergenza verso il cluster POST1. L'83,3% dei docenti appartenenti a questo gruppo confluisce infatti in un profilo post medio-alto e ben bilanciato, mentre una quota più limitata migra verso il cluster POST3, cioè il profilo più elevato. Questo andamento suggerisce una sostanziale stabilizzazione in forma più integrata della competenza iniziale.

Il cluster PRE2, che nella fase pre rappresentava il profilo più elevato e completo, si redistribuisce equamente tra il cluster POST1 e il cluster POST3. Tale risultato non segnala una perdita di competenza, ma piuttosto una riorganizzazione interna di un profilo inizialmente molto alto in due configurazioni post entrambe positive: una più bilanciata e una più marcatamente alta nelle dimensioni professionali del digitale.

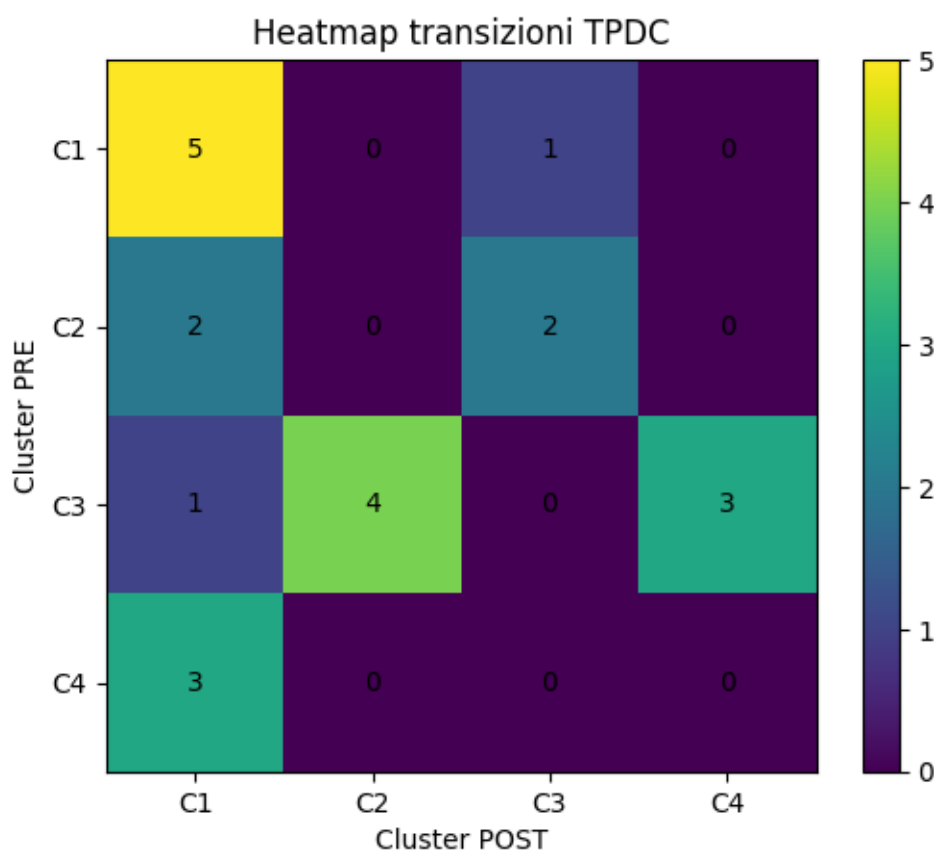
Il cluster PRE3, che nella fase pre costituiva il profilo con i livelli più contenuti, mostra la dinamica di transizione più articolata. La metà dei docenti confluisce nel cluster POST2, che mantiene alcune fragilità soprattutto nelle dimensioni pedagogico-comunicative; il 37,5% si colloca nel cluster POST4, profilo moderato e uniforme; solo una quota più ridotta raggiunge il cluster POST1. Questo

andamento suggerisce che i docenti con livelli inizialmente più bassi evolvono in direzioni differenziate, senza una convergenza univoca verso i profili più elevati.

Il cluster PRE4, che nella fase pre rappresentava un profilo forte sul versante tecnico-organizzativo e comunicativo, converge integralmente verso il cluster POST1. Questa migrazione segnala una ricomposizione dei profili iniziali entro una configurazione post più equilibrata e più ampia sul piano delle funzioni professionali del digitale.

Per facilitare la lettura delle dinamiche di transizione, la figura seguente rappresenta la heatmap delle migrazioni tra cluster.

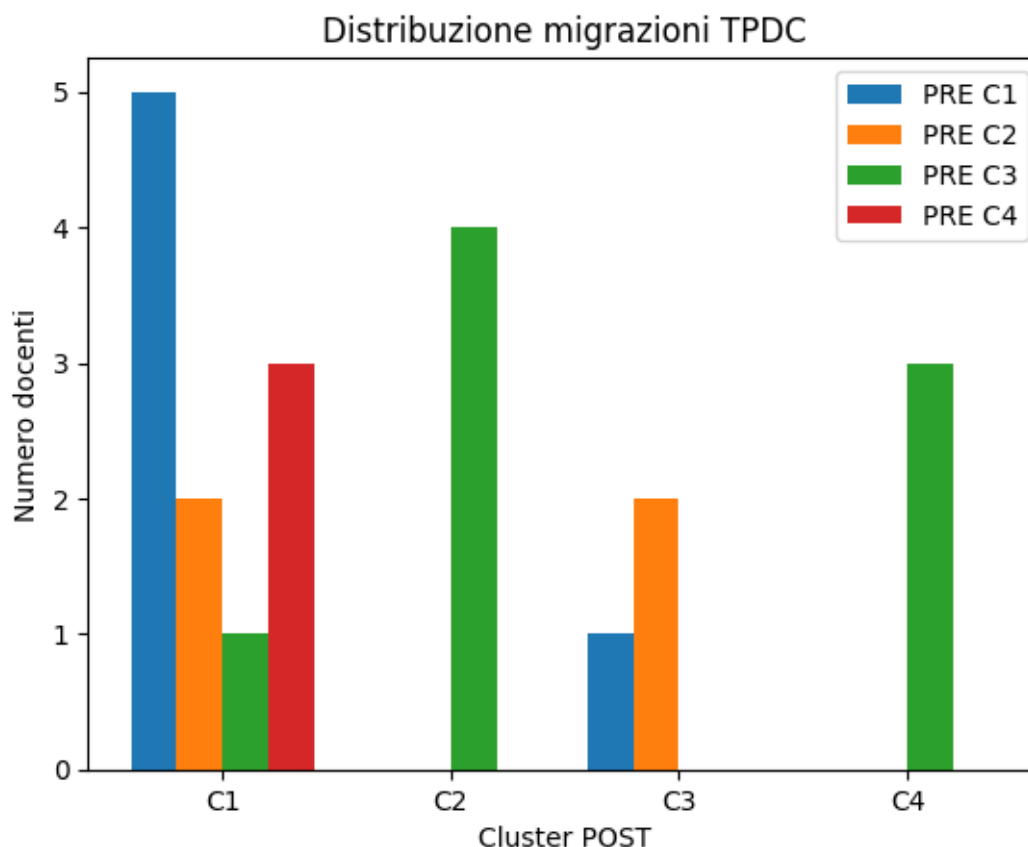
Figura 6.9 – Heatmap delle transizioni tra cluster del fattore Teachers' Professional Digital Competence (pre-post).



L'intensità cromatica rappresenta il numero di docenti che migrano da ciascun cluster della fase pre verso i cluster della fase post.

La seconda rappresentazione grafica riporta invece la distribuzione delle migrazioni attraverso un grafico a barre, che consente di osservare visivamente le traiettorie di stabilità e cambiamento tra i diversi profili professionali.

Figura 6.10 – Distribuzione delle migrazioni tra cluster nella dimensione Teachers' Professional Digital Competence.



Il grafico mostra il numero di docenti che, per ciascun cluster della fase pre, si collocano nei diversi cluster della fase post.

Traiettorie di cambiamento del fattore TPDC

Per facilitare l'interpretazione complessiva delle dinamiche osservate, le transizioni tra cluster sono state riclassificate nelle tre categorie interpretative già adottate per gli altri fattori latenti analizzati: miglioramento, stabilità e regressione. In questo caso, tuttavia, la classificazione richiede una particolare cautela, poiché i cluster TPDC non si dispongono lungo una gerarchia perfettamente lineare, ma esprimono combinazioni differenti tra componenti tecnico-organizzative, dimensioni didattico-relazionali e apertura professionale all'innovazione.

Alla luce della caratterizzazione dei centroidi, nella fase pre il cluster C3 può essere considerato il profilo con il livello più contenuto di competenza digitale professionale percepita; il cluster C4 rappresenta un livello intermedio più orientato agli usi tecnico-organizzativi e comunicativi; il cluster C1 si colloca su un livello medio-alto, maggiormente centrato sulle dimensioni pedagogico-relazionali e collaborative; il cluster C2 rappresenta invece il profilo più elevato e integrato. Nella fase post, il cluster C2 costituisce il profilo più fragile sul piano pedagogico-didattico; il cluster C4 rappresenta un livello moderato e uniforme; il cluster C1 un profilo medio-alto e bilanciato; il cluster C3 il profilo complessivamente più elevato.

Sulla base di questa gerarchia interpretativa, le traiettorie sono state classificate come segue: miglioramento, quando il docente passa a un cluster che esprime un livello più elevato di competenza professionale digitale; stabilità, quando permane in un livello equivalente; regressione, quando si colloca in un cluster di livello inferiore.

Tabella 6.25 – Sintesi delle traiettorie di cambiamento del fattore TPDC

Tipo di traiettoria	Numero docenti	Percentuale
Miglioramento	8	38.1%
Stabilità	11	52.4%
Regressione	2	9.5%
Totale	21	100%

I risultati evidenziano una prevalenza di traiettorie di stabilità, che interessano poco più della metà del campione. Questo dato suggerisce che, per una quota consistente di docenti, il percorso formativo ha operato più come consolidamento o riorganizzazione di competenze già presenti che come trasformazione radicale del profilo percepito.

Accanto a questa componente di stabilità, emerge comunque una quota rilevante di miglioramento, pari al 38,1% del campione. Si tratta di un dato significativo, poiché indica che una parte consistente dei docenti si colloca, nella fase post, in profili che esprimono una maggiore integrazione tra funzioni didattiche, comunicative, collaborative e innovative del digitale. In particolare, le traiettorie migliorative sembrano interessare soprattutto quei profili che nella fase pre risultavano parziali o meno equilibrati, e che nella fase post convergono verso configurazioni più ampie e coerenti di competenza digitale professionale.

Le regressioni risultano limitate e quantitativamente contenute. Anche in questo caso, come già osservato per altri fattori, tali passaggi non devono essere necessariamente letti come effettiva perdita di competenza. In percorsi di ricerca-formazione centrati sulla riflessività professionale, una parziale regressione può infatti riflettere una ricalibrazione dell'autovalutazione: l'esposizione a nuove pratiche, modelli e criteri professionali può indurre alcuni docenti a rivedere in modo più realistico e più critico la percezione iniziale delle proprie competenze digitali.

Nel complesso, l'analisi delle traiettorie di cambiamento suggerisce che il percorso di ricerca-formazione ha contribuito a rafforzare, per una parte significativa dei docenti coinvolti, la percezione della propria competenza digitale professionale, pur evidenziando una marcata eterogeneità nelle forme di sviluppo. Più che una semplice crescita lineare dei punteggi, la dinamica osservata sembra

assumere la forma di una riorganizzazione dei profili, nella quale il digitale viene progressivamente percepito non solo come insieme di strumenti, ma come componente strutturale della professionalità docente contemporanea.

6.8.11 Analisi cluster del fattore Teachers' Digital Content Development

FASE PRE-FORMAZIONE

Dopo l'analisi dei fattori legati all'*inquiry* e alla competenza digitale professionale, l'attenzione viene ora rivolta alla dimensione *Teachers' Digital Content Development* (TDCD), che nel questionario è indagata attraverso quattro item relativi alla capacità di creare materiali digitali, adattarli alle esigenze degli studenti, integrare elementi multimediali e condividere contenuti tramite piattaforme. Come nei fattori precedenti, anche in questo caso i dati raccolti nella fase pre-formazione sono stati analizzati mediante cluster analysis k-means (XLSTAT), con distanza euclidea, al fine di individuare profili ricorrenti di auto-percezione della competenza dei docenti nello sviluppo di contenuti digitali (N = 21).

Le considerazioni relative alla determinazione del numero ottimale di cluster restano confermate. Alla luce dei criteri metodologici già discussi — andamento della within-cluster variance, parsimonia del modello e numerosità dei gruppi — per il fattore TDCD nella fase pre il numero ottimale di cluster è stato fissato a $k = 3$.

Definito k , la caratterizzazione dei cluster è stata effettuata tramite l'analisi dei centroidi, cioè dei valori medi dei quattro item TDCD all'interno di ciascun cluster. Per chiarezza, le variabili sono indicate come X1–X4 in corrispondenza degli item 15–18 del questionario.

Tabella 6.26 – Centroidi dei cluster (TDCD pre, $k = 3$)

Cluster	X1	X2	X3	X4
C1	3.000	3.000	2.600	3.000
C2	4.000	3.000	3.000	4.000
C3	3.857	4.000	3.000	3.857

L'analisi dei centroidi evidenzia tre profili distinti di auto-percezione della competenza nello sviluppo di contenuti digitali, che non si distinguono soltanto per intensità complessiva, ma anche per la diversa struttura interna delle quattro dimensioni considerate.

Il cluster C1 rappresenta il profilo con i livelli complessivamente più contenuti. Tutte le variabili si collocano attorno al valore 3, con una flessione più marcata in X3, relativa all'integrazione di elementi multimediali nei materiali didattici. Questo dato suggerisce che il gruppo percepisce una competenza

digitale di base presente ma ancora poco consolidata, soprattutto nella capacità di arricchire i contenuti con componenti multimediali. Dal punto di vista interpretativo, si tratta di un profilo in cui la produzione di contenuti digitali appare ancora essenzialmente lineare e poco articolata sul piano dell'elaborazione multimediale.

Il cluster C2 presenta una configurazione più selettiva. I valori elevati in X1 e X4 indicano una buona percezione della propria capacità sia di creare contenuti digitali sia di condividerli tramite piattaforme, mentre X2 e X3 si mantengono su livelli più moderati. Questo profilo appare coerente con docenti che mostrano una maggiore sicurezza nella produzione e diffusione dei materiali, ma meno nella loro personalizzazione o nel loro arricchimento multimediale. In altri termini, il cluster C2 sembra esprimere una competenza digitale orientata soprattutto alla dimensione operativa della costruzione e della circolazione dei contenuti.

Il cluster C3 rappresenta il profilo più elevato e maggiormente equilibrato nella fase pre. I valori alti in X1, X2 e X4 indicano docenti che si percepiscono competenti non solo nella creazione e condivisione dei materiali digitali, ma anche nella loro adattabilità alle esigenze degli studenti. Pur rimanendo anche qui X3 su un livello inferiore rispetto alle altre dimensioni, il cluster mostra nel complesso una struttura più integrata. Questo profilo suggerisce una competenza TDCD più matura, nella quale la progettazione di contenuti non si limita alla produzione tecnica del materiale, ma include anche la sua flessibilità pedagogica.

Nel complesso, la cluster analysis nella fase pre identifica tre profili interpretabili di sviluppo di contenuti digitali: un profilo di base con particolare fragilità nell'integrazione multimediale, un profilo più orientato alla produzione e condivisione operativa dei materiali e un profilo più avanzato e pedagogicamente integrato. Tale configurazione costituisce la base per l'analisi della fase post-formazione e per la successiva analisi di transizione.

FASE POST-FORMAZIONE

Dopo aver analizzato la configurazione dei cluster relativi alla dimensione *Teachers' Digital Content Development* (TDCD) nella fase pre-formazione, l'analisi è stata replicata sui dati raccolti nella fase post-formazione, al fine di verificare eventuali modifiche nei profili di auto-percezione dei docenti relativamente alla capacità di creare, adattare e condividere contenuti digitali.

Come per i fattori precedenti, anche in questo caso è stata applicata una cluster analysis k-means mediante il software XLSTAT, utilizzando la distanza euclidea come misura di dissimilarità tra le osservazioni. L'analisi è stata condotta sui quattro item del questionario relativi allo sviluppo di contenuti digitali (item 15–18).

Le considerazioni relative alla scelta del numero ottimale di cluster restano confermate. Alla luce dei criteri già discussi, la soluzione metodologicamente più appropriata per la fase post del fattore TDCD è $k = 4$.

Una volta individuato il numero ottimale di cluster, l'interpretazione è stata effettuata attraverso l'analisi dei centroidi, ovvero dei valori medi dei quattro item relativi alla dimensione TDCD all'interno di ciascun cluster.

Tabella 6.27 – Centroidi dei cluster (TDCD post, $k = 4$)

Cluster	X1	X2	X3	X4
C1	3.000	3.000	3.333	3.333
C2	4.143	4.000	3.714	4.143
C3	4.200	3.000	3.600	4.000
C4	3.333	4.000	3.333	3.667

L'analisi dei centroidi evidenzia una configurazione più articolata rispetto alla fase pre, nella quale i profili non si dispongono unicamente lungo una scala di intensità crescente, ma si differenziano anche per il diverso equilibrio tra produzione, adattamento, multimedialità e condivisione dei contenuti digitali.

Il cluster C1 rappresenta il profilo con i livelli relativamente più contenuti nella fase post. I valori risultano moderati e sostanzialmente uniformi, con una lieve maggiore consistenza in X3 e X4 rispetto a X1 e X2. Questo profilo indica docenti che percepiscono una competenza presente ma non ancora fortemente strutturata nello sviluppo di contenuti digitali, con una padronanza discreta dell'arricchimento multimediale e della condivisione, ma livelli più deboli nella creazione originale e nell'adattamento personalizzato.

Il cluster C4 si colloca su un livello intermedio, ma con una fisionomia interna specifica. Il valore più elevato si registra in X2, relativo alla capacità di adattare i contenuti digitali alle esigenze degli studenti, mentre X4 risulta anch'esso positivo e X1–X3 si mantengono su livelli moderati. Questo profilo suggerisce docenti che fanno della personalizzazione dei materiali il nucleo principale della propria competenza TDCD, pur senza mostrare lo stesso livello di forza nella produzione originale o nell'integrazione multimediale.

Il cluster C3 presenta una configurazione alta ma selettiva. I valori più elevati si concentrano in X1 e X4, indicando una forte percezione di competenza nella creazione di materiali digitali originali e nella

loro condivisione tramite piattaforme, mentre X2 rimane più contenuto rispetto agli altri cluster alti. Questo profilo appare coerente con docenti che padroneggiano bene la dimensione produttiva e distributiva dei contenuti digitali, ma che risultano meno forti nella loro personalizzazione rispetto alle esigenze specifiche degli studenti.

Il cluster C2 rappresenta il profilo complessivamente più elevato e più integrato della fase post. I valori alti e relativamente bilanciati su tutte le variabili, con punte particolarmente marcate in X1 e X4 e livelli molto elevati anche in X2, delineano docenti che si percepiscono competenti in modo ampio nella creazione, adattamento, arricchimento e condivisione dei materiali digitali. Pur non raggiungendo i massimi assoluti in ogni singola variabile, questo cluster appare il più completo sul piano della struttura interna della competenza.

Nel complesso, la cluster analysis nella fase post evidenzia quattro profili distinti: un profilo moderato e relativamente uniforme, un profilo centrato sulla personalizzazione dei contenuti, un profilo alto orientato alla produzione e condivisione e un profilo elevato e integrato. Questa articolazione costituisce la base per la successiva analisi di transizione tra cluster pre e post.

6.8.12 Analisi di transizione dei cluster del fattore Teachers' Digital Content Development (pre-post)

Dopo aver individuato e caratterizzato i cluster relativi alla dimensione *Teachers' Digital Content Development* (TDCD) nelle fasi pre e post formazione, è stata condotta l'analisi di transizione con l'obiettivo di osservare le traiettorie di cambiamento dei docenti tra i diversi profili di sviluppo dei contenuti digitali.

Come discusso nei paragrafi precedenti, nella fase pre-formazione la cluster analysis ha individuato tre profili distinti. Il cluster PRE1 rappresentava il profilo con livelli più contenuti e con una debolezza più marcata nell'integrazione multimediale; il cluster PRE2 descriveva un gruppo più orientato alla produzione e condivisione operativa dei materiali; il cluster PRE3 rappresentava il profilo più elevato e più integrato, con una particolare forza nella personalizzazione dei contenuti.

Nella fase post-formazione, la cluster analysis ha restituito una configurazione più articolata con quattro cluster. Il cluster POST1 rappresenta il profilo moderato e relativamente uniforme; il cluster POST4 è caratterizzato da una maggiore enfasi sulla capacità di adattare i contenuti digitali; il cluster POST3 evidenzia una forte competenza nella creazione e condivisione dei materiali; il cluster POST2 rappresenta infine il profilo più avanzato e bilanciato.

Sulla base di queste caratterizzazioni è stata costruita la matrice di transizione.

Tabella 6.28 – Matrice di transizione TDCD (pre-post)

PRE \ POST	C1	C2	C3	C4
C1	5	2	2	1
C2	1	0	3	0
C3	0	5	0	2

Totale docenti: 21.

Tabella 6.29 – Percentuali di migrazione TDCD (pre-post)

PRE \ POST	C1	C2	C3	C4
C1	50.0%	20.0%	20.0%	10.0%
C2	25.0%	0.0%	75.0%	0.0%
C3	0.0%	71.4%	0.0%	28.6%

L'analisi della matrice evidenzia una dinamica di transizione articolata, che segnala una riorganizzazione non lineare dei profili di competenza TDCD.

Il cluster PRE1 mostra la distribuzione più ampia. La metà dei docenti permane nel cluster POST1, mantenendo dunque un livello moderato di competenza percepita. Una quota del 20% migra verso il cluster POST2, cioè il profilo più elevato e integrato della fase post, mentre un ulteriore 20% confluisce nel cluster POST3, caratterizzato da una forte enfasi sulla creazione e condivisione dei contenuti. Solo una quota minoritaria si colloca nel cluster POST4. Questo andamento suggerisce che, a partire da un profilo iniziale più debole, una parte dei docenti sviluppa traiettorie di rafforzamento differenziate, non convergenti verso un solo modello di competenza.

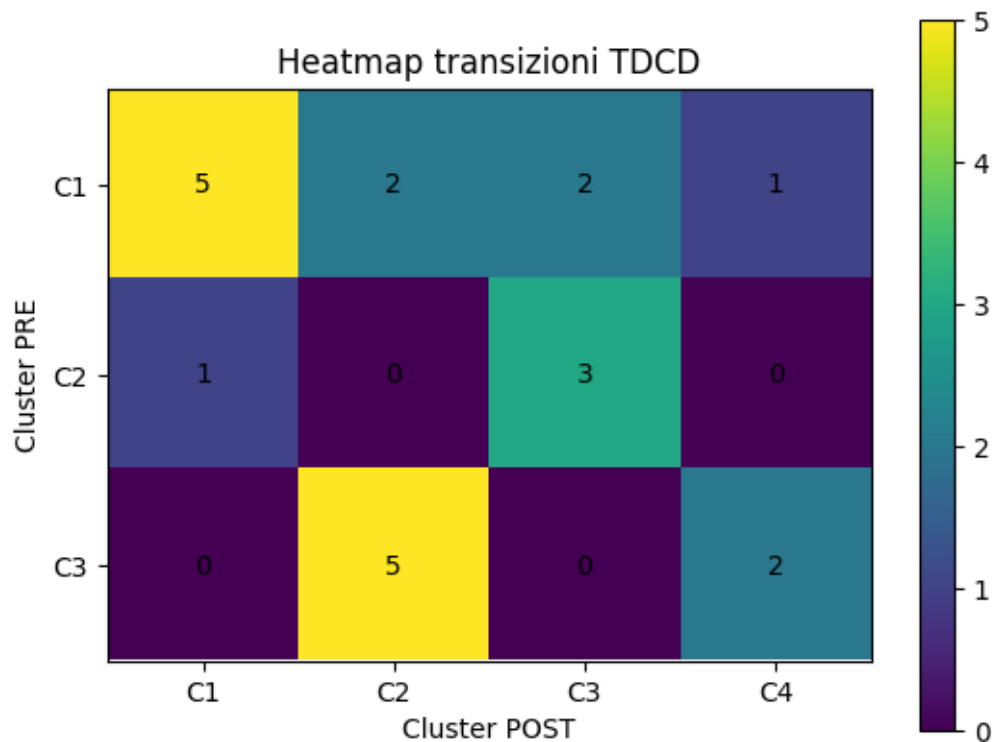
Il cluster PRE2, che nella fase pre rappresentava un profilo orientato soprattutto alla produzione e condivisione operativa dei materiali, mostra una traiettoria piuttosto netta: il 75% dei docenti confluisce nel cluster POST3, che mantiene proprio la centralità delle dimensioni produttive e distributive, mentre il restante 25% si colloca nel cluster POST1. Questo risultato suggerisce che la componente identitaria del profilo iniziale tende a conservarsi, ma in una forma più marcata e meglio definita.

Il cluster PRE3, che nella fase pre rappresentava il profilo più elevato e più integrato, si redistribuisce prevalentemente verso il cluster POST2 (71,4%), ossia il profilo più avanzato e bilanciato della fase post, mentre una quota minore confluisce nel cluster POST4, più centrato sulla personalizzazione dei

contenuti. Questa dinamica indica che il profilo inizialmente più forte non si disperde, ma tende a rideclinarsi in sottoprofilazioni diverse dell'alta competenza TDCD.

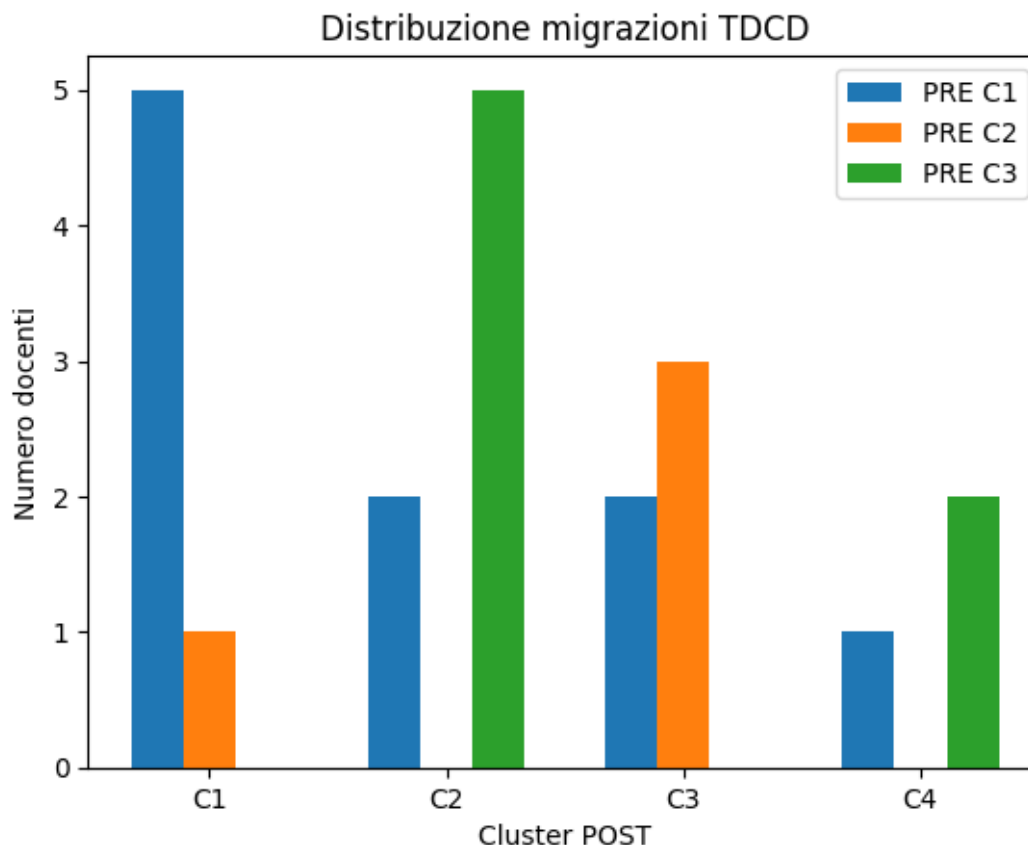
Nel complesso, l'analisi delle transizioni suggerisce che il percorso formativo non ha prodotto un semplice spostamento uniforme verso l'alto, ma una differenziazione più fine dei profili, soprattutto all'interno dei livelli medio-alti e alti di competenza digitale nello sviluppo di contenuti.

Figura 6.11 – Heatmap delle transizioni tra cluster del fattore Teachers' Digital Content Development (pre-post).



L'intensità cromatica rappresenta la percentuale di docenti che migrano da ciascun cluster della fase pre verso i cluster della fase post.

Figura 6.12 – Distribuzione delle migrazioni tra cluster nella dimensione Teachers' Digital Content Development.



Il grafico mostra il numero di docenti che, per ciascun cluster della fase pre, si collocano nei diversi cluster della fase post.

Traiettorie di cambiamento del fattore TDCD

Per facilitare l'interpretazione complessiva delle dinamiche osservate, le transizioni tra cluster sono state riclassificate nelle tre categorie interpretative già adottate per gli altri fattori latenti analizzati: miglioramento, stabilità e regressione. Anche in questo caso, tuttavia, la classificazione non può essere effettuata sulla base di una semplice lettura numerica delle etichette di cluster, ma richiede di considerare la gerarchia interpretativa derivante dalla struttura dei centroidi.

Nella fase pre, il cluster C1 rappresenta il profilo con i livelli complessivamente più contenuti; il cluster C2 si colloca su un livello intermedio, con una forza particolare nella produzione e condivisione dei materiali; il cluster C3 rappresenta il profilo più elevato e più integrato. Nella fase post, il cluster C1 rappresenta il profilo relativamente più contenuto; il cluster C4 si colloca su un livello intermedio, più orientato alla personalizzazione; il cluster C3 rappresenta un profilo alto, centrato sulla creazione e condivisione; il cluster C2 costituisce il profilo più elevato e bilanciato.

Alla luce di questa gerarchia interpretativa, le traiettorie sono state riclassificate come segue: miglioramento quando il docente si colloca in un cluster di livello superiore rispetto a quello di

partenza; stabilità quando permane in un livello equivalente; regressione quando confluisce in un cluster di livello inferiore.

Tabella 6.30 – Sintesi delle traiettorie di cambiamento del fattore TDCD

Traiettoria	Docenti	Percentuale
Miglioramento	8	38.1%
Stabilità	9	42.9%
Regressione	4	19.0%
Totale	21	100%

I risultati evidenziano una distribuzione delle traiettorie relativamente equilibrata tra stabilità e miglioramento, con una quota più contenuta ma non trascurabile di regressione. La stabilità, che interessa il 42,9% del campione, suggerisce che per una parte significativa dei docenti il percorso formativo ha operato soprattutto come consolidamento o ridefinizione interna di competenze già presenti. Il miglioramento, che riguarda il 38,1% dei docenti, indica invece che una quota consistente del campione si sposta verso profili caratterizzati da una maggiore integrazione tra produzione, adattamento, multimedialità e condivisione dei contenuti digitali.

La presenza di regressioni, pari al 19,0%, va interpretata con cautela. Come già osservato per altri fattori, tali transizioni non devono essere lette automaticamente come perdita effettiva di competenza, ma possono riflettere una ricalibrazione dell'autopercezione. In percorsi di ricerca-formazione che sollecitano una riflessione più consapevole sulle pratiche didattiche e digitali, alcuni docenti possono infatti rivedere in modo più critico il proprio posizionamento iniziale, collocandosi successivamente in profili più prudenti ma forse più realistici.

Nel complesso, l'analisi delle traiettorie suggerisce che il percorso di ricerca-formazione ha inciso in modo significativo sulla dimensione TDCD, ma secondo una logica di differenziazione qualitativa più che di semplice crescita lineare. I dati mostrano infatti che lo sviluppo dei contenuti digitali tende a riorganizzarsi in profili più specifici: alcuni docenti rafforzano soprattutto la produzione e condivisione dei materiali, altri consolidano la personalizzazione dei contenuti, altri ancora raggiungono una configurazione più pienamente integrata. Il cambiamento osservato non consiste soltanto nell'aumento del livello di competenza percepita, ma nella progressiva articolazione di forme diverse di padronanza professionale del digitale.

6.8.13 Analisi cluster del fattore Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies

FASE PRE-FORMAZIONE

Dopo l'analisi dei fattori relativi all'*inquiry* e alle competenze digitali dei docenti, l'attenzione viene ora rivolta alla dimensione *Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies* (KN), che nel questionario è indagata attraverso sei item relativi alla capacità dei docenti di integrare conoscenze scientifiche, matematiche, tecnologiche e ingegneristiche nella progettazione didattica. Tale dimensione rappresenta un elemento centrale dell'approccio STEAM, in quanto riguarda la possibilità di costruire percorsi didattici interdisciplinari coerenti e strutturati.

Le considerazioni relative alla determinazione del numero ottimale di cluster restano confermate. Alla luce dei criteri metodologici già adottati, la soluzione più equilibrata nella fase pre è **k = 3**.

Tabella 6.31 – Centroidi dei cluster (KN pre, k = 3)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6
C1	2.875	3.250	3.000	3.375	3.500	3.000
C2	4.000	3.667	3.333	4.500	4.000	3.167
C3	2.857	3.143	4.000	4.286	4.000	3.286

L'analisi dei centroidi evidenzia tre profili distinti che non si differenziano soltanto per livello complessivo, ma per configurazione interna della competenza interdisciplinare.

Il cluster C1 rappresenta il profilo complessivamente più contenuto. I valori risultano moderati e relativamente uniformi, con una particolare debolezza in X1 e X6. Questo suggerisce docenti che percepiscono una competenza interdisciplinare presente ma poco strutturata, soprattutto nella capacità di formalizzare modelli pedagogici integrati. La dimensione interdisciplinare appare qui più implicita che esplicitamente progettata.

Il cluster C3 presenta una configurazione selettiva ma significativa. I valori più elevati si concentrano in X3, X4 e X5, indicando una buona capacità di mettere in relazione le discipline e di costruire connessioni tra ambiti STEM, mentre X1 e X2 risultano più contenuti. Questo profilo suggerisce docenti che operano efficacemente sul piano dell'integrazione concettuale e didattica, pur con una minore sicurezza nella formalizzazione e nella strutturazione sistematica dei percorsi interdisciplinari.

Il cluster C2 rappresenta il profilo più elevato e più strutturato. I valori alti e relativamente diffusi, con una particolare evidenza in X1 e soprattutto X4, indicano docenti che si percepiscono competenti

nella progettazione di attività interdisciplinari e nella connessione tra esperienze di apprendimento e contenuti STEM. Questo cluster appare come il profilo più completo nella fase pre, caratterizzato da una competenza interdisciplinare esplicita, intenzionale e progettualmente orientata.

Nel complesso, la fase pre evidenzia tre profili: un profilo di base ancora poco strutturato, un profilo intermedio orientato alla connessione tra discipline e un profilo elevato caratterizzato da una progettazione interdisciplinare più consapevole e sistematica.

FASE POST-FORMAZIONE

L'analisi è stata replicata nella fase post mantenendo i medesimi criteri metodologici. Anche in questo caso la soluzione più equilibrata è $k = 3$.

Tabella 6.32 – Centroidi dei cluster (KN post, $k = 3$)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6
C1	3.167	2.833	3.500	3.833	3.833	3.667
C2	3.444	3.778	3.778	5.000	4.222	4.556
C3	4.500	4.333	4.333	4.333	4.333	4.500

L'analisi dei centroidi evidenzia una riorganizzazione più netta e gerarchica dei profili rispetto alla fase pre.

Il cluster C1 rappresenta il profilo relativamente più contenuto. I valori risultano moderati, con una debolezza evidente in X2 e livelli medi nelle altre dimensioni. Tuttavia, rispetto alla fase pre, si osserva un miglioramento in X3, X4 e X6, suggerendo una maggiore consapevolezza delle dinamiche interdisciplinari anche nei profili meno avanzati.

Il cluster C2 si configura come un profilo medio-alto ma con una forte caratterizzazione interna. Il valore massimo in X4 (pari a 5) indica una elevata capacità di connessione tra esperienze e discipline, mentre i valori elevati in X5 e X6 suggeriscono una buona padronanza delle strategie pedagogiche interdisciplinari. Questo cluster rappresenta docenti che sviluppano una competenza significativa, ma con una marcata centralità della dimensione progettuale e applicativa.

Il cluster C3 rappresenta il profilo più elevato e pienamente integrato. I valori alti e bilanciati in tutte le variabili indicano una competenza interdisciplinare solida e diffusa, che coinvolge sia la dimensione concettuale sia quella metodologica. Questo gruppo esprime una piena padronanza delle strategie STEAM, con una capacità di integrazione sistemica tra discipline.

Nel complesso, la fase post mostra un rafforzamento generale della competenza interdisciplinare e una maggiore coerenza interna dei profili, che si dispongono ora lungo una scala più chiaramente definita.

6.8.14 Analisi di transizione KN (pre–post)

Dopo aver identificato e caratterizzato i cluster relativi alla dimensione *Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies* (KN) nelle fasi pre e post formazione, è stata condotta un’analisi di transizione con l’obiettivo di osservare le traiettorie di cambiamento dei docenti tra i diversi profili di integrazione interdisciplinare delle discipline STEM.

Come discusso nei paragrafi precedenti, nella fase pre-formazione erano stati individuati tre profili distinti. Il cluster PRE1 rappresentava un livello relativamente contenuto e poco strutturato di competenza interdisciplinare; il cluster PRE3 un profilo selettivo ma già orientato all’integrazione tra discipline; il cluster PRE2, infine, rappresentava il gruppo con il livello più elevato e più strutturato di competenza interdisciplinare.

Nella fase post-formazione, la cluster analysis ha evidenziato una configurazione più chiaramente gerarchica. Il cluster POST1 rappresenta il livello relativamente più contenuto; il cluster POST2 un livello intermedio caratterizzato da una forte enfasi progettuale; il cluster POST3 il profilo più elevato e pienamente integrato.

Sulla base di queste caratterizzazioni è stata costruita la matrice di transizione.

Tabella 6.33 – Matrice di transizione KN (pre–post)

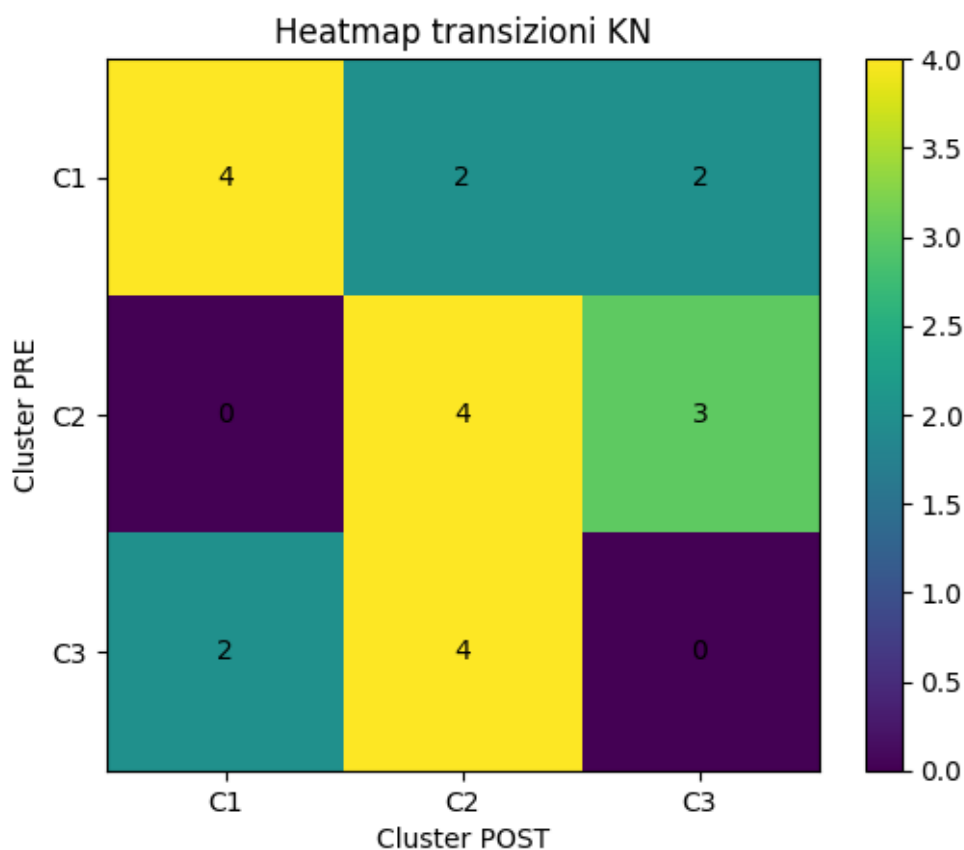
PRE \ POST	C1	C2	C3
C1	4	2	2
C2	0	4	3
C3	2	4	0

Totale docenti: 21.

Visualizzazione delle transizioni

Heatmap delle transizioni

Figura 6.13 – Heatmap delle transizioni tra cluster del fattore KN (pre–post). L’intensità cromatica rappresenta il numero di docenti che migrano da ciascun cluster della fase pre verso i cluster della fase post.

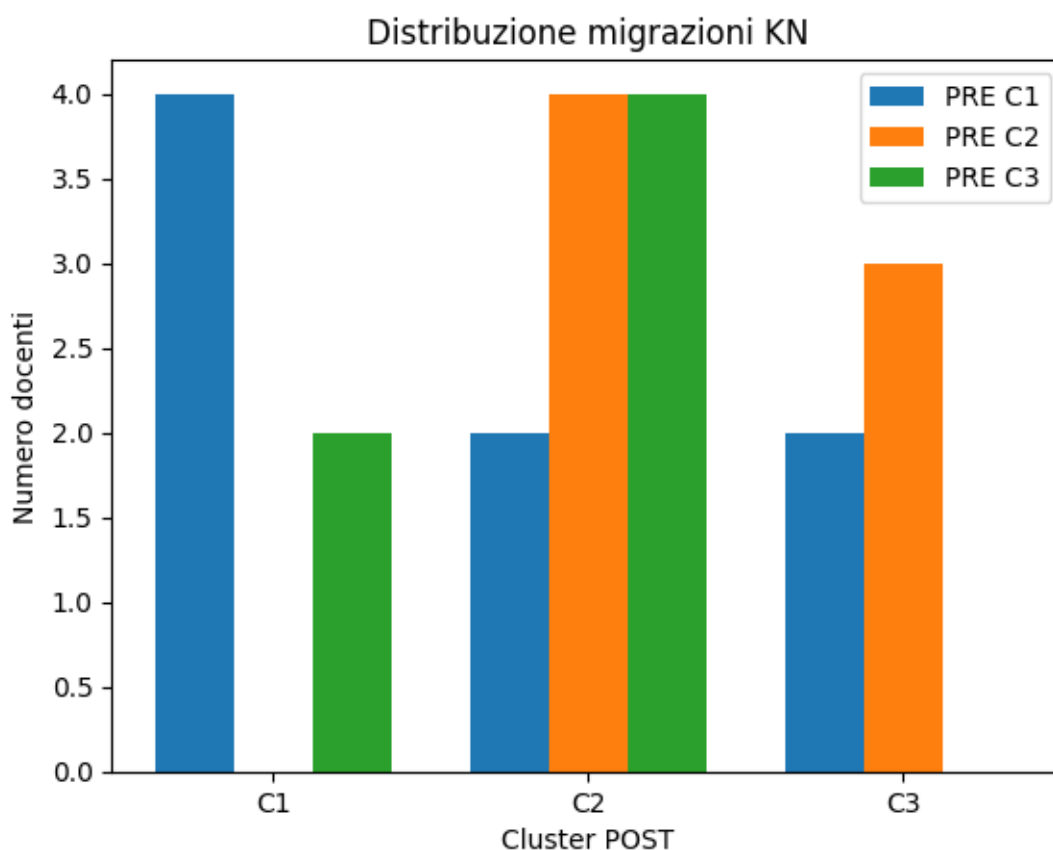


La lettura della heatmap consente di individuare immediatamente le traiettorie prevalenti. Le celle a maggiore intensità evidenziano le concentrazioni principali dei flussi di transizione.

In particolare, emerge con chiarezza la forte concentrazione di passaggi verso il cluster POST2, che raccoglie quote consistenti di docenti provenienti da tutti i cluster della fase pre. Questo dato suggerisce che il livello intermedio della fase post rappresenta una configurazione di arrivo frequente, probabilmente associata a una riorganizzazione delle competenze interdisciplinari in chiave più strutturata ma non ancora pienamente avanzata.

Un secondo elemento rilevante è rappresentato dalla presenza di flussi verso il cluster POST3, sebbene più contenuti, che indicano traiettorie di pieno rafforzamento della competenza interdisciplinare.

Figura 6.14 Distribuzione delle migrazioni tra cluster nella dimensione Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies.



Il grafico mostra, per ciascun cluster della fase pre, il numero di docenti che si collocano nei diversi cluster della fase post. Il grafico a barre consente una lettura più analitica delle traiettorie, evidenziando la distribuzione delle migrazioni per ciascun cluster di partenza.

Il cluster PRE1 mostra una distribuzione tripartita: metà dei docenti rimane nello stesso livello (C1), mentre il restante si distribuisce equamente tra i livelli superiori (C2 e C3). Questo andamento suggerisce una dinamica di sviluppo differenziata, nella quale alcuni docenti consolidano la posizione iniziale mentre altri evolvono verso livelli più elevati.

Il cluster PRE2 evidenzia una traiettoria orientata verso l'alto: nessun docente si colloca nel livello più basso della fase post, mentre tutti si distribuiscono tra il cluster intermedio e quello più elevato. Questo dato conferma che il gruppo inizialmente più competente mantiene o rafforza il proprio livello di competenza interdisciplinare.

Il cluster PRE3 presenta invece una dinamica più complessa: la maggioranza dei docenti confluisce nel cluster intermedio (C2), mentre una quota significativa si colloca nel cluster più basso (C1) e nessuno raggiunge il cluster più elevato (C3). Questo andamento suggerisce una riorganizzazione

critica della percezione di competenza, con una possibile revisione al ribasso per una parte dei docenti.

Nel complesso, l'analisi integrata della matrice, della heatmap e del grafico a barre evidenzia tre elementi chiave:

La centralità del cluster intermedio (POST2) come punto di convergenza delle traiettorie, che indica una riorganizzazione delle competenze verso un livello strutturato ma non ancora pienamente avanzato.

La presenza di traiettorie di miglioramento, soprattutto a partire dai cluster PRE1 e PRE2, che segnalano un rafforzamento della competenza interdisciplinare per una parte del campione.

La presenza di traiettorie di redistribuzione e ricalibrazione, in particolare per il cluster PRE3, che suggeriscono una revisione critica dell'autopercezione delle competenze dopo il percorso formativo.

Questa lettura integrata delle rappresentazioni grafiche consente di superare una interpretazione puramente tabellare delle transizioni, restituendo una visione più dinamica e strutturata dei processi di cambiamento professionale.

Traiettorie di cambiamento del fattore KN

Per facilitare l'interpretazione complessiva delle dinamiche emerse dalla matrice di transizione, anche per il fattore *Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies* (KN) le migrazioni osservate sono state riclassificate nelle tre categorie interpretative già adottate nei paragrafi precedenti: miglioramento, stabilità e regressione. Tale classificazione non è stata costruita in termini puramente numerici, ma è stata definita alla luce della caratterizzazione pedagogica dei cluster nelle due fasi dell'analisi, considerando il livello complessivo di strutturazione della competenza interdisciplinare e il grado di integrazione tra le diverse dimensioni che compongono il fattore.

Come discusso nei paragrafi precedenti, nella fase pre formazione i tre cluster individuati non si disponevano lungo una gerarchia rigidamente lineare, ma esprimevano configurazioni differenti della competenza interdisciplinare. Il cluster PRE1 rappresentava il profilo complessivamente più contenuto, caratterizzato da livelli moderati e da una integrazione delle discipline ancora poco strutturata. Il cluster PRE3 delineava un profilo selettivo ma già orientato all'integrazione, con valori più elevati nelle dimensioni relative alla connessione tra ambiti disciplinari e alla costruzione di legami concettuali tra le discipline STEM. Il cluster PRE2 rappresentava infine il profilo più elevato e più sistematico, caratterizzato da una maggiore sicurezza nella progettazione interdisciplinare e nell'uso di strategie pedagogiche integrate.

Nella fase post-formazione, la cluster analysis ha restituito una configurazione più chiaramente ordinata. Il cluster POST1 rappresenta il profilo relativamente più contenuto, pur mostrando livelli mediamente più alti rispetto al corrispettivo profilo della fase pre. Il cluster POST2 si configura come un livello intermedio, con una forte caratterizzazione nella dimensione progettuale e nell'uso di strategie interdisciplinari. Il cluster POST3 rappresenta il profilo più elevato e più pienamente integrato, con valori alti e bilanciati in tutte le variabili considerate.

Sulla base di questa gerarchia interpretativa, le traiettorie sono state classificate secondo i criteri già utilizzati negli altri fattori: miglioramento, quando il docente si colloca nella fase post in un cluster espressivo di un livello più elevato di competenza interdisciplinare; stabilità, quando permane in un livello equivalente; regressione, quando confluisce in un cluster di livello inferiore. Questa procedura consente di leggere le transizioni non come semplici passaggi tra etichette numeriche, ma come trasformazioni nella percezione della propria capacità di integrare saperi, linguaggi e strategie pedagogiche nell'ambito della didattica STEAM.

La tabella seguente sintetizza la distribuzione delle traiettorie osservate nel campione.

Tabella 6.34 – Sintesi delle traiettorie di cambiamento del fattore KN

Tipo di traiettoria	Numero docenti	Percentuale
Miglioramento	8	38.1%
Stabilità	7	33.3%
Regressione	6	28.6%
Totale	21	100%

I risultati evidenziano che il 38,1% dei docenti mostra una traiettoria di miglioramento, collocandosi nella fase post in cluster caratterizzati da un livello più elevato di integrazione interdisciplinare. Questo dato segnala che, per una quota consistente del campione, il percorso di ricerca-formazione ha contribuito a rafforzare la percezione della propria capacità di progettare attività che mettano in relazione in modo significativo i diversi ambiti STEM e le corrispondenti strategie pedagogiche.

Una quota pari al 33,3% del campione mantiene invece una posizione relativamente stabile tra le due rilevazioni. Tale stabilità non va interpretata come assenza di trasformazione, ma piuttosto come permanenza in un livello di competenza già coerente con il proprio profilo professionale, eventualmente consolidato o ridefinito internamente nel corso del percorso formativo. In questo

senso, la stabilità può essere letta anche come continuità di una competenza interdisciplinare già presente, che il percorso ha contribuito a rendere più consapevole e più formalizzata.

Il 28,6% dei docenti evidenzia infine una traiettoria di regressione. Anche in questo caso, tuttavia, l'interpretazione richiede cautela. Come già osservato per altri fattori latenti, tali passaggi non devono essere necessariamente letti come effettiva perdita di competenza. In un percorso di ricerca-formazione centrato sulla riflessività professionale, infatti, la maggiore esposizione a modelli teorici e operativi più complessi può indurre alcuni docenti a rivedere in modo più critico la propria autovalutazione iniziale. La regressione può quindi riflettere, almeno in parte, una ricalibrazione più realistica della percezione di sé, soprattutto in una dimensione come quella interdisciplinare, che implica livelli elevati di integrazione epistemologica, metodologica e progettuale.

Nel complesso, l'analisi delle traiettorie suggerisce che il fattore KN è attraversato da una dinamica composita, nella quale coesistono processi di rafforzamento, stabilizzazione e riorganizzazione critica dell'autopercezione. Il percorso di ricerca-formazione sembra avere inciso in modo significativo sulla competenza interdisciplinare percepita, ma non secondo una logica di crescita uniforme. Piuttosto, i dati suggeriscono una trasformazione qualitativa dei profili professionali, in cui la consapevolezza della complessità della progettazione STEAM porta alcuni docenti a consolidare le proprie competenze, altri a rafforzarle e altri ancora a rileggerle in maniera più esigente e meno semplificata. La variazione osservata non riguarda soltanto il livello della competenza percepita, ma anche il modo in cui essa viene compresa, tematizzata e collocata all'interno della professionalità docente.

6.8.15 Analisi cluster del fattore Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching

FASE PRE-FORMAZIONE

Dopo aver analizzato i fattori relativi alle pratiche di *inquiry*, alle competenze digitali e all'integrazione interdisciplinare delle discipline STEM, l'attenzione viene ora rivolta alla dimensione *Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching* (PSE), che rappresenta una componente cruciale nello sviluppo professionale dei docenti nell'ambito della didattica STEAM. Tale dimensione riguarda la percezione che i docenti hanno della propria capacità di progettare, gestire e implementare attività didattiche STEM efficaci, integrando conoscenze disciplinari, strategie metodologiche e pratiche operative.

Nel questionario somministrato, la dimensione PSE è stata indagata attraverso quattro item relativi a: integrazione delle conoscenze STEM nell'insegnamento (X1), progettazione di lezioni STEM efficaci (X2), realizzazione di attività basate su problemi (X3) e progettazione di percorsi didattici integrati (X4).

Come per i fattori precedenti, i dati raccolti nella fase pre-formazione sono stati analizzati mediante cluster analysis k-means (XLSTAT), utilizzando la distanza euclidea come misura di dissimilarità tra le osservazioni, al fine di individuare configurazioni ricorrenti nei livelli di auto-efficacia percepita ($N = 21$). Le considerazioni metodologiche conducono alla scelta di $k = 4$ come soluzione ottimale.

Caratterizzazione dei cluster

Tabella 6.35 – Centroidi dei cluster (PSE pre, $k = 4$)

Cluster	X1	X2	X3	X4
C1	3.500	2.667	3.000	3.000
C2	3.750	2.750	3.000	4.000
C3	3.667	4.000	3.333	4.000
C4	3.600	3.200	4.000	3.000

L'analisi dei centroidi evidenzia una configurazione articolata della self-efficacy STEM, caratterizzata da profili differenziati per struttura interna e per orientamento funzionale delle competenze, più che da una semplice distribuzione lungo un continuum crescente.

Il cluster C1 rappresenta il profilo complessivamente più contenuto e meno strutturato. I valori risultano moderati su tutte le dimensioni e particolarmente bassi nella progettazione di lezioni STEM (X2). Questo gruppo identifica docenti che percepiscono una competenza operativa di base, ma che evidenziano una minore sicurezza nella pianificazione didattica strutturata, suggerendo una difficoltà nella traduzione sistematica delle conoscenze STEM in percorsi progettuali coerenti.

Il cluster C2 evidenzia una configurazione asimmetrica, con valori medio-alti nella capacità di integrare contenuti STEM (X1) e soprattutto nella progettazione di percorsi integrati (X4), ma livelli più contenuti nella progettazione metodologica (X2). Questo profilo suggerisce docenti che possiedono una visione integrativa della didattica STEM, ma che non sempre riescono a tradurla in una progettazione didattica formalmente strutturata.

Il cluster C3 rappresenta il profilo più elevato e più coerente nella fase pre. I valori risultano alti e bilanciati, con particolare enfasi nella dimensione progettuale (X2) e nella costruzione di percorsi

integrati (X4). Questo cluster identifica docenti che percepiscono una competenza solida sia nella progettazione sia nell'integrazione interdisciplinare, configurandosi come il gruppo più avanzato nella fase iniziale.

Il cluster C4 mostra una configurazione specifica, caratterizzata da valori elevati nella realizzazione di attività basate su problemi (X3), ma livelli più contenuti nella progettazione e nell'integrazione (X2 e X4). Questo profilo suggerisce docenti con una buona auto-efficacia operativa e laboratoriale, ma con una minore strutturazione della competenza sul piano progettuale.

Nel complesso, la fase pre evidenzia una disarticolazione interna della self-efficacy, in cui le dimensioni progettuali, operative e integrative risultano distribuite in modo non uniforme tra i profili, indicando una competenza ancora in fase di consolidamento e non pienamente integrata.

FASE POST-FORMAZIONE

L'analisi condotta sui dati della fase post-formazione, mantenendo la soluzione $k = 4$, consente di osservare la riorganizzazione dei profili di auto-efficacia STEM a seguito del percorso di ricerca-formazione.

Caratterizzazione dei cluster

Tabella 6.36 – Centroidi dei cluster (PSE post, $k = 4$)

Cluster	X1	X2	X3	X4
C1	4.167	3.000	4.000	4.667
C2	3.400	3.400	3.000	3.600
C3	4.200	4.400	4.000	4.200
C4	3.800	4.200	5.000	4.800

L'analisi dei centroidi evidenzia una trasformazione significativa dei profili, con un generale incremento dei livelli di auto-efficacia e una maggiore coerenza interna tra le dimensioni.

Il cluster C2 rappresenta il profilo relativamente più contenuto nella fase post. I valori risultano moderati ma equilibrati su tutte le dimensioni, suggerendo docenti con una auto-efficacia diffusa ma non particolarmente elevata.

Il cluster C1 evidenzia un profilo fortemente orientato alla realizzazione di attività e alla costruzione di percorsi integrati (X3 e X4), ma con una minore enfasi sulla progettazione formale (X2). Questo

gruppo rappresenta docenti con una auto-efficacia operativa consolidata, in grado di implementare attività STEM in modo efficace.

Il cluster C3 presenta valori elevati e bilanciati su tutte le dimensioni, con particolare forza nella progettazione (X2). Questo profilo identifica docenti con una competenza strutturata e integrata, in grado di connettere progettazione, implementazione e integrazione interdisciplinare.

Il cluster C4 rappresenta il profilo più avanzato. I valori risultano molto elevati in tutte le dimensioni, con un picco nella realizzazione di attività basate su problemi (X3). Questo cluster identifica docenti con una auto-efficacia altamente sviluppata sia sul piano progettuale sia su quello operativo.

Nel complesso, la fase post evidenzia una ricomposizione della self-efficacy verso profili più integrati e gerarchicamente organizzati, in cui le diverse dimensioni della competenza tendono a convergere.

6.8.16 Analisi di transizione dei cluster del fattore Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching (pre-post)

Dopo aver identificato e caratterizzato i cluster relativi alla dimensione *Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching* (PSE) nelle fasi pre e post formazione, è stata condotta un'analisi di transizione con l'obiettivo di osservare le traiettorie di cambiamento dei docenti tra i diversi profili di auto-efficacia STEM. Questa analisi consente di interpretare le variazioni non soltanto in termini di incremento o decremento dei punteggi medi, ma come riorganizzazione dei profili di percezione della propria competenza professionale.

Come evidenziato nei paragrafi precedenti, nella fase pre-formazione i cluster non si disponevano lungo una gerarchia rigidamente lineare, ma esprimevano configurazioni differenziate della self-efficacy STEM. Alcuni profili risultavano più orientati alla dimensione operativa, altri alla progettazione, altri ancora alla integrazione interdisciplinare. Nella fase post-formazione, invece, la struttura dei cluster appare più chiaramente ordinata, con una progressione più leggibile tra livelli di competenza percepita, dal profilo relativamente più contenuto (POST2) fino al profilo più avanzato e integrato (POST4).

Sulla base di questa riconfigurazione è stata costruita la matrice di transizione, che descrive il passaggio dei docenti tra i cluster delle due fasi.

Tabella 6.37 – Matrice di transizione PSE (pre-post)

PRE \ POST	C1	C2	C3	C4
C1	1	3	0	2

PRE \ POST	C1	C2	C3	C4
C2	1	1	1	1
C3	1	1	2	2
C4	3	0	2	0

Totale docenti: 21.

L'analisi della matrice evidenzia una dinamica complessiva di elevata mobilità tra i cluster, con traiettorie differenziate che non si concentrano su un unico asse di sviluppo.

Il cluster PRE1 mostra una tendenza prevalente al rafforzamento della self-efficacy: la maggioranza dei docenti si colloca nella fase post in cluster di livello intermedio o elevato (C2 e C4), suggerendo un incremento della fiducia nelle proprie capacità di insegnamento STEM.

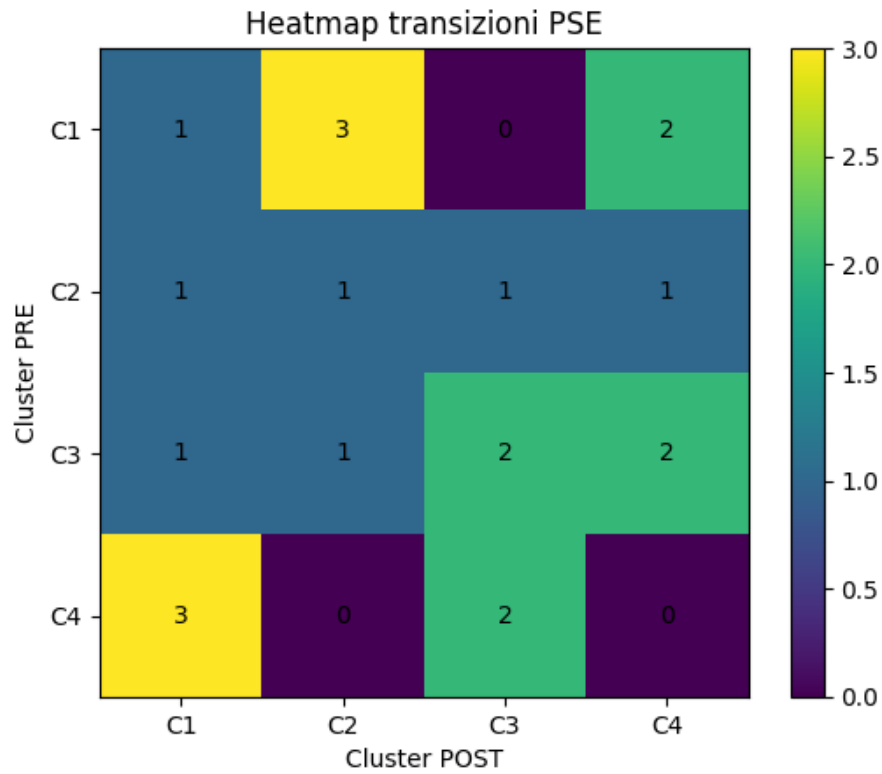
Il cluster PRE2 evidenzia una distribuzione uniforme tra i cluster della fase post, configurandosi come il gruppo con le traiettorie più eterogenee. Questo andamento suggerisce che, a partire da un profilo inizialmente meno strutturato, il percorso formativo ha prodotto effetti differenziati, con sviluppi sia in senso migliorativo sia in termini di riorganizzazione interna.

Il cluster PRE3 mostra una tendenza più marcata verso i livelli più elevati di auto-efficacia: una parte consistente dei docenti confluisce nei cluster POST3 e POST4, indicando un rafforzamento della percezione della propria competenza sia sul piano progettuale sia su quello operativo.

Il cluster PRE4, infine, evidenzia una dinamica più complessa e meno lineare. Una quota significativa dei docenti si colloca nel cluster POST1, mentre un'altra parte migra verso il cluster POST3. Questo andamento suggerisce una ricalibrazione delle percezioni iniziali, con una possibile ridefinizione più critica del proprio livello di auto-efficacia.

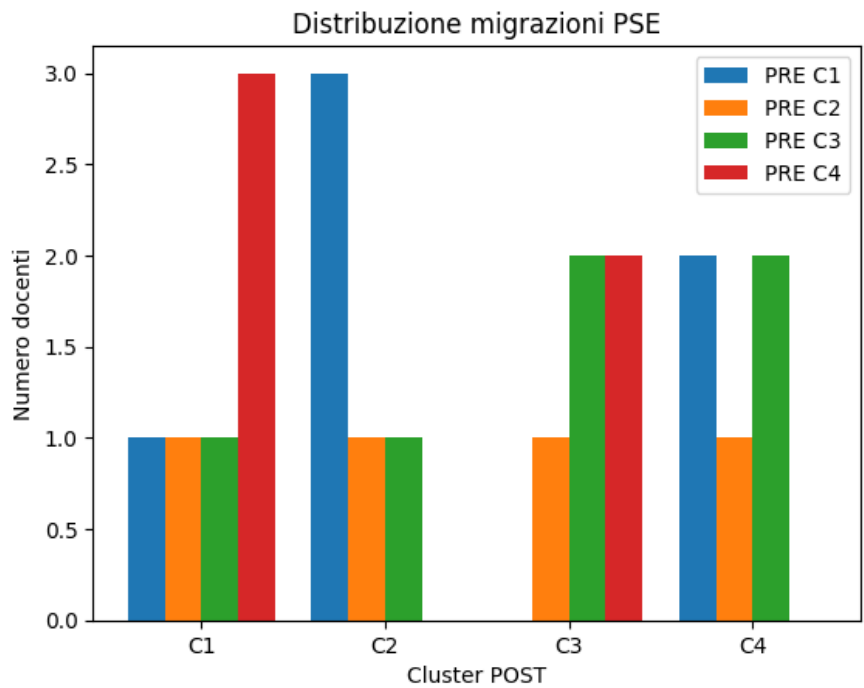
Per facilitare la lettura delle dinamiche di transizione, le figure seguenti rappresentano la distribuzione delle migrazioni tra cluster.

Figura 6.15 – Heatmap delle transizioni tra cluster del fattore PSE (pre-post).



L'intensità cromatica rappresenta il numero di docenti che migrano da ciascun cluster della fase pre verso i cluster della fase post.

Figura 6.16 – Distribuzione delle migrazioni tra cluster nella dimensione PSE.



Il grafico a barre rappresenta, per ciascun cluster della fase pre, il numero di docenti che si collocano nei diversi cluster della fase post.

Nel complesso, l'analisi evidenzia un processo di trasformazione caratterizzato da una forte riorganizzazione interna dei profili di auto-efficacia, piuttosto che da una semplice crescita lineare dei livelli percepiti.

Traiettorie di cambiamento del fattore PSE

Per rendere più chiara l'interpretazione delle dinamiche osservate, le transizioni tra cluster sono state riclassificate nelle tre categorie interpretative già adottate per gli altri fattori latenti analizzati: miglioramento, stabilità e regressione. Tale classificazione è stata effettuata considerando la gerarchia dei cluster nella fase post-formazione, ordinati in base al livello complessivo di auto-efficacia STEM percepita.

Come discusso nei paragrafi precedenti, la fase post evidenzia una struttura più ordinata dei profili: il cluster POST2 rappresenta il livello relativamente più contenuto, i cluster POST1 e POST3 livelli intermedi differenziati e il cluster POST4 il profilo più elevato e pienamente integrato. Sulla base di questa gerarchia, le traiettorie sono state definite come miglioramento quando il docente si colloca in un cluster di livello superiore, stabilità quando permane nello stesso livello e regressione quando si sposta verso un cluster di livello inferiore.

La tabella seguente sintetizza la distribuzione delle traiettorie osservate nel campione.

Tabella 6.38 – Sintesi delle traiettorie di cambiamento del fattore PSE

Tipo di traiettoria	Numero docenti	Percentuale
Miglioramento	9	42.9%
Stabilità	4	19.0%
Regressione	8	38.1%
Totale	21	100%

I risultati evidenziano una dinamica fortemente articolata, nella quale coesistono traiettorie di miglioramento e traiettorie di regressione in proporzioni comparabili, accompagnate da una quota più contenuta di stabilità. Il 42,9% dei docenti mostra un rafforzamento della propria auto-efficacia STEM, collocandosi nella fase post in cluster caratterizzati da livelli più elevati di competenza percepita.

Parallelamente, una quota significativa del campione (38,1%) evidenzia una traiettoria di regressione. Come già osservato per altri fattori latenti, questo dato non deve essere interpretato esclusivamente in termini di perdita di competenza. La dimensione della self-efficacy è strettamente legata alla consapevolezza professionale e può essere profondamente influenzata dai processi riflessivi attivati durante il percorso formativo. L'esposizione a modelli didattici più complessi e a pratiche STEM più strutturate può infatti indurre alcuni docenti a rivedere in modo più critico la propria autovalutazione iniziale.

La quota di stabilità (19%) indica invece la presenza di docenti che mantengono un livello coerente di auto-efficacia tra le due rilevazioni, suggerendo una percezione già consolidata della propria competenza professionale.

Nel complesso, l'analisi delle traiettorie di cambiamento evidenzia che il fattore PSE è caratterizzato da una dinamica trasformativa profonda, in cui il percorso di ricerca-formazione agisce non solo sul livello della competenza percepita, ma anche sulla sua ridefinizione qualitativa. Il cambiamento osservato riguarda quindi tanto il rafforzamento della fiducia nelle proprie capacità quanto la ristrutturazione della consapevolezza rispetto alla complessità dell'insegnamento STEM, configurando un processo di sviluppo professionale non lineare ma evolutivo e riflessivo.

6.9 Analisi comparativa delle traiettorie di cambiamento dei fattori latenti

Dopo aver analizzato separatamente le configurazioni dei cluster e le dinamiche di transizione relative a ciascun fattore latente del questionario, è possibile proporre una lettura comparativa dei risultati emersi dall'intero set di analisi. Questa fase interpretativa consente di valutare in modo più complessivo l'efficacia della prima fase del percorso di formazione all'interno della ricerca-formazione.

Il questionario somministrato ai docenti prima e dopo la formazione iniziale ha indagato otto dimensioni riconducibili alla didattica attiva e all'integrazione delle discipline STEM: Asking (ASK), Investigate & Creation (I&C), Discussion & Reflection (D&R), Relation with Daily Life (RDL), Teachers' Professional Digital Competence (TPDC), Teachers' Digital Content Development (TDCD), Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies (KN) e Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching (PSE).

Per ciascun fattore latente è stata applicata la stessa procedura analitica: verifica preliminare della significatività delle differenze tra fase pre e post mediante paired sample t-test con il software JASP, successiva cluster analysis k-means tramite XLSTAT, caratterizzazione dei cluster e infine analisi di

transizione tra cluster pre e post. Questo approccio ha consentito di osservare non soltanto eventuali variazioni medie nelle risposte dei docenti, ma soprattutto i cambiamenti nei profili di competenza all'interno del gruppo di partecipanti.

Alla luce di questo doppio registro analitico, il quadro complessivo che emerge è quello di una trasformazione ampia ma non omogenea. Sul piano delle medie, il percorso di ricerca-formazione ha prodotto un rafforzamento generalizzato di tutte le dimensioni della didattica attiva, indicando che la formazione ha inciso sia sulle pratiche *inquiry-based*, sia sulle competenze digitali, sia sulla dimensione interdisciplinare, sia sulla self-efficacy professionale. Tuttavia, la lettura configurazionale mostra che questo cambiamento non può essere interpretato come una semplice traslazione uniforme dell'intero campione verso l'alto. Le matrici di transizione vanno infatti lette considerando che i cluster della fase pre e quelli della fase post non coincidono né numericamente né semanticamente: la loro interpretazione dipende dalla caratterizzazione pedagogica dei centroidi nelle due fasi, e solo sulla base di tale caratterizzazione è possibile classificare i passaggi in termini di miglioramento, stabilità o regressione.

Se si considera il blocco dei fattori *inquiry-based*, il cambiamento appare differenziato. ASK è la dimensione in cui il rafforzamento risulta più netto sia sul piano inferenziale sia su quello configurazionale: l'aumento medio è il più alto tra i fattori di inquiry (+0.786), l'effetto è molto grande ($d = 1.349$) e, nella lettura delle traiettorie, oltre tre quarti del campione risultano collocarsi in profili di miglioramento. I risultati evidenziano che la formazione ha inciso non solo innalzando la percezione della propria capacità di attivare la curiosità e il questioning, ma anche ristrutturando i profili professionali: i docenti inizialmente più fragili non restano confinati in un cluster debole e i docenti inizialmente intermedi tendono a convergere verso il cluster più alto della fase post. In questo senso, ASK rappresenta il caso più chiaro di trasformazione formativa coerente tra analisi delle medie e analisi delle configurazioni

Diverso è il caso di Investigate & Creation. Qui JASP evidenzia un miglioramento statisticamente significativo ma più contenuto rispetto agli altri fattori ($\Delta = +0.238$; $d = 0.585$), e la cluster analysis conferma che il cambiamento è più problematico e meno lineare. Nella fase post emerge un profilo alto e bilanciato, ma anche un profilo selettivo, forte nell'analisi dei risultati e meno nell'organizzazione dei dati, e soprattutto un profilo più cauto e uniforme. La matrice di transizione segnala che una parte consistente dei docenti inizialmente meno sicuri confluisce proprio nel cluster post più contenuto; questo esito potrebbe rappresentare una possibile ristrutturazione riflessiva dell'autovalutazione. Perciò il fattore I&C va presentato come il fattore in cui l'effetto medio esiste

ed è significativo, ma il cambiamento appare maggiormente attraversato da processi di ricalibrazione critica della self-perception professionale, probabilmente perché la formazione ha reso più visibile ai docenti la complessità effettiva delle pratiche inquiry-based

Anche D&R mostra un incremento significativo e un effetto grande, ma con una configurazione diversa: qui il file e le ricostruzioni successive indicano una forte stabilità dei profili, con il cluster più basso e quello più alto che tendono a mantenersi e con il cambiamento concentrato soprattutto nel livello intermedio. Questo significa che la formazione ha inciso, ma su una dimensione che appare già relativamente consolidata nel repertorio professionale dei docenti; in altri termini, il confronto tra pari e la discussione delle strategie sembrano costituire pratiche più sedimentate rispetto ad altre componenti dell'inquiry, e quindi meno esposte a ristrutturazioni radicali. Il fattore RDL si colloca in una posizione intermedia ma interessante: sul piano delle medie mostra un incremento significativo e un effetto grande, mentre sul piano dei profili appare più mobile di D&R. La formazione sembra qui aver rafforzato soprattutto la capacità di collegare contenuti e vita reale in forma più riflessiva e meno meramente applicativa. D&R e RDL condividono il segnale positivo del t-test, ma si differenziano sul piano configurazionale: il primo esprime soprattutto stabilità e consolidamento, la seconda maggiore plasticità e riorganizzazione dei profili

Il blocco delle competenze digitali mostra una dinamica a sua volta articolata. TPDC presenta un incremento medio significativo ma relativamente contenuto in termini assoluti (+0.246), cui corrisponde però un effetto molto grande ($d = 0.982$). La cluster analysis e l'analisi delle traiettorie, così come ricostruite nel documento, indicano che il percorso non ha agito semplicemente aumentando il livello generale di competenza digitale professionale, ma ha soprattutto riorganizzato i profili interni: da una configurazione pre differenziata tra profili più tecnico-organizzativi, profili più didattico-relazionali e profili più integrati, si passa nella fase post a una struttura più ordinata, in cui prevale un cluster medio-alto e bilanciato, mentre la quota di regressione è molto contenuta e la stabilità risulta dominante. Questo è un punto importante, perché segnala che la formazione ha inciso non solo sulla sicurezza d'uso del digitale, ma anche sulla sua integrazione come componente della professionalità docente contemporanea, soprattutto nelle funzioni collaborative, organizzative e pedagogiche

TDCD presenta una dinamica in parte analoga ma pedagogicamente più specifica. L'incremento medio è significativo e l'effetto è molto grande ($d = 1.183$), ma va sottolineato che il cambiamento osservato non coincide con una crescita uniforme: la produzione di contenuti digitali tende piuttosto a differenziarsi in forme di padronanza professionale più specifiche. Alcuni docenti rafforzano

soprattutto la creazione e la condivisione dei materiali, altri la personalizzazione, altri ancora approdano a una configurazione più pienamente integrata. Il risultato, confermato dalla sintesi finale delle traiettorie riportata nel file, è una distribuzione relativamente equilibrata tra stabilità e miglioramento, con una regressione contenuta ma non irrilevante, interpretabile come ricalibrazione dell'autopercezione. Nella conclusione comparativa, TDCD va quindi descritto come un fattore in cui la formazione ha avuto un impatto forte, ma soprattutto in termini di articolazione qualitativa della competenza digitale, più che di semplice incremento quantitativo

La dimensione interdisciplinare KN è forse quella che più chiaramente mostra la convergenza tra i due livelli dell'analisi. JASP documenta il maggiore incremento medio tra i fattori strutturali della professionalità docente (+0.532) e soprattutto l'effetto più alto dell'intero studio ($d = 1.794$), segnalando che la formazione ha inciso in modo molto profondo sulla percezione della capacità di integrare le discipline STEM. La cluster analysis, tuttavia, mostra che questo rafforzamento non avviene in forma lineare: nella fase pre i profili non sono pienamente gerarchici e combinano in modo diverso formalizzazione, integrazione concettuale e capacità progettuale; nella fase post la struttura diventa più chiaramente ordinata, ma le transizioni rivelano insieme miglioramento, stabilità e regressione. Anche qui, però, la regressione non va letta meccanicamente come perdita: l'esposizione a modelli interdisciplinari più esigenti, infatti, può aver prodotto una ristrutturazione critica dell'autopercezione. In termini comparativi, KN sembra dunque essere il fattore in cui l'intervento ha prodotto la maggiore espansione della consapevolezza professionale, ma anche il più forte processo di ridefinizione dei criteri con cui i docenti giudicano la propria competenza interdisciplinare

Infine, PSE mostra una dinamica molto significativa e al tempo stesso ambivalente. Sul piano delle medie, l'aumento è forte (+0.583) e l'effetto molto grande ($d = 1.177$), confermando che la formazione ha rafforzato la fiducia professionale dei docenti nell'insegnamento STEM. Tuttavia, la cluster analysis mostra che la self-efficacy non evolve in modo lineare: i profili della fase pre sono differenziati per enfasi sulle componenti progettuali, operative e integrative, mentre nella fase post risultano più ordinati e meglio integrati; allo stesso tempo, le traiettorie di cambiamento mettono in evidenza una forte polarizzazione tra miglioramento e regressione, con una quota limitata di stabilità. Questo risultato, che potrebbe apparire contraddittorio se letto solo numericamente, diventa invece molto coerente se interpretato alla luce della natura stessa della self-efficacy: non una competenza osservabile direttamente, ma una costruzione percettiva che può rafforzarsi oppure ridefinirsi criticamente quando i docenti vengono esposti a modelli didattici più complessi. In questo senso, PSE è il fattore in cui il percorso di ricerca-formazione sembra aver agito più profondamente sul piano della consapevolezza professionale, producendo insieme empowerment e ricalibrazione riflessiva

Nel loro insieme, i risultati consentono quindi di formulare una lettura conclusiva forte. Il percorso di ricerca-formazione ha prodotto cambiamenti statisticamente significativi in tutte le dimensioni analizzate, ma tali cambiamenti non hanno assunto un andamento uniforme. Il confronto tra medie, supportato dai t-test JASP, documenta un miglioramento generalizzato, con impatti particolarmente rilevanti su ASK, KN e PSE e, in termini di ampiezza dell'effetto, su KN, ASK, TDCD e PSE. La cluster analysis e le matrici di transizione precisano però che il cambiamento non coincide con un semplice innalzamento omogeneo dei punteggi: in alcuni fattori, come ASK, prevale un vero e proprio spostamento verso profili più elevati; in altri, come D&R, domina la stabilità con riorganizzazioni circoscritte; in altri ancora, come I&C, KN e PSE, il cambiamento è intrecciato a processi di ricalibrazione critica dell'autopercezione. Ne deriva che l'efficacia del percorso non va misurata soltanto come crescita media delle competenze percepite, ma come trasformazione complessiva delle rappresentazioni professionali dei docenti: maggiore capacità di problematizzare, più forte consapevolezza interdisciplinare, rafforzamento della fiducia nell'insegnamento STEM, articolazione più matura delle competenze digitali e, al tempo stesso, più lucida percezione della complessità metodologica implicata da una didattica attiva, integrata e inquiry-based. Proprio in questo intreccio tra avanzamento, consolidamento e ricalibrazione critica risiede il risultato più significativo del capitolo quantitativo, che prepara in modo coerente la triangolazione con le evidenze qualitative e consente di leggere il cambiamento non solo come effetto medio della formazione, ma come ricomposizione differenziata dei profili professionali dei docenti

SEZIONE II

6.10 Cornice di riferimento dell'R-F sull'IA

Nel quadro della presente ricerca-formazione è stato sviluppato un ulteriore intervento formativo rivolto a un gruppo di 16 docenti, finalizzato all'esplorazione delle potenzialità dell'intelligenza artificiale nei processi di insegnamento e apprendimento. Analogamente a quanto già descritto nel capitolo precedente per il gruppo dei 21 docenti, anche in questo caso il disegno di ricerca ha previsto una rilevazione delle percezioni dei partecipanti in due momenti distinti, prima e dopo il percorso formativo, al fine di osservare eventuali variazioni nelle rappresentazioni e negli atteggiamenti dei docenti nei confronti dell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale nella pratica didattica.

A differenza del questionario utilizzato nella precedente fase della ricerca, costruito ad hoc in funzione delle specificità del contesto formativo, in questo caso si è scelto di ancorare la rilevazione a uno strumento già validato nella letteratura scientifica internazionale (questionario nell'allegato 4 in appendice). In particolare, il riferimento teorico-metodologico è rappresentato dalla *Teachers' Perception Scale Towards the Use of Artificial Intelligence Tools in Education*, sviluppata da Işık,

Çakır e Korkmaz (Işık, S. et al. 2024). La scelta di ricorrere a una scala già validata risponde a una precisa esigenza metodologica: evitare la costruzione ex novo di uno strumento privo di validazione psicometrica e garantire, al contrario, che la rilevazione delle percezioni dei docenti sia fondata su un impianto teorico e statistico già sottoposto a verifica empirica.

Lo studio originario ha infatti previsto un articolato processo di costruzione e validazione della scala. Dopo una fase iniziale di revisione della letteratura e di costruzione di un ampio insieme preliminare di item, lo strumento è stato sottoposto a valutazione esperta e successivamente testato su un ampio campione di docenti. L'analisi dei dati è stata condotta mediante analisi fattoriale esplorativa che ha condotto all'individuazione di tre fattori latenti — *Competence*, *Anxiety* e *Usefulness* — che spiegano complessivamente il 64.295% della varianza totale. Anche sul piano dell'affidabilità interna lo strumento presenta valori molto elevati, con coefficienti di Cronbach's alpha e McDonald's omega pari rispettivamente a .970 e .971 per la scala complessiva [1].

Nel presente studio non è stata utilizzata l'intera scala nella sua configurazione originale, ma è stata adottata una versione selezionata dello strumento. Tale scelta è stata guidata dagli obiettivi specifici dell'intervento formativo sviluppato nell'ambito della ricerca-azione. Il percorso formativo era infatti orientato principalmente allo sviluppo di competenze operative nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale e alla riflessione sul loro potenziale didattico nei processi di insegnamento e apprendimento. In questa ricerca l'attenzione dell'analisi è stata concentrata sui due costrutti ritenuti più pertinenti rispetto alle finalità formative del percorso: la percezione di competenza nell'utilizzo degli strumenti di intelligenza artificiale e la percezione della loro utilità nei contesti educativi.

Coerentemente con questa impostazione, il fattore *Anxiety* presente nella scala originale non è stato considerato nella presente analisi. Tale dimensione, che nella scala originaria indaga timori, resistenze e percezioni di rischio associate all'uso dell'intelligenza artificiale, è stata ritenuta meno centrale rispetto agli obiettivi del percorso formativo progettato nella ricerca. L'interesse analitico era infatti rivolto principalmente alla dimensione della competenza percepita e alla percezione dell'utilità degli strumenti di intelligenza artificiale nella progettazione e gestione delle attività didattiche.

Il questionario somministrato ai docenti è pertanto costituito da una selezione di 22 item derivati dalla scala validata e riconducibili prevalentemente ai fattori *Competence* e *Usefulness*. Tale operazione non configura la costruzione di un nuovo strumento di rilevazione, ma rappresenta l'utilizzo mirato di una selezione di item provenienti da una scala validata, operata in funzione della loro pertinenza rispetto agli obiettivi dell'intervento formativo. In questo modo, pur adottando una versione ridotta dello strumento, l'indagine mantiene il riferimento alla struttura teorica e psicometrica della scala originaria, rafforzando la solidità metodologica della rilevazione.

La versione utilizzata nello studio è composta da 22 affermazioni relative alla percezione di competenza nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale e alla percezione della loro utilità nei contesti educativi. Gli item indagano, in particolare, la capacità dei docenti di utilizzare strumenti di intelligenza artificiale nella progettazione didattica, nella produzione di materiali per l'insegnamento, nella gestione delle attività di classe e nella risoluzione di problemi professionali, nonché la percezione del contributo che tali strumenti possono offrire in termini di produttività, supporto decisionale e miglioramento dei processi di insegnamento e apprendimento.

In particolare, gli item da 1 a 16 risultano prevalentemente riconducibili alla dimensione della competenza percepita, mentre gli item da 17 a 22 si collocano nella dimensione dell'utilità percepita degli strumenti di intelligenza artificiale. Tale aggregazione non costituisce una ridefinizione arbitraria delle dimensioni analitiche, ma rappresenta un adattamento della scala originaria alle finalità del percorso formativo, mantenendo come riferimento i costrutti teorici individuati nello studio di validazione.

Le risposte sono state raccolte mediante una scala Likert a cinque punti e somministrate in due momenti distinti, prima e dopo il percorso formativo. I dati sono stati successivamente analizzati mediante il software JASP, utilizzato per confrontare le medie delle rilevazioni pre e post e per verificare la significatività statistica delle differenze osservate. In continuità con l'impostazione metodologica adottata nel capitolo precedente, è stata inoltre condotta un'analisi di cluster sui due fattori latenti considerati nello studio, con l'obiettivo di individuare eventuali profili differenziati di percezione tra i docenti partecipanti e di osservare possibili trasformazioni nei pattern di risposta a seguito dell'intervento formativo.

Per rafforzare ulteriormente la solidità metodologica della sezione e renderla meno vulnerabile a possibili osservazioni dei revisori, è opportuno esplicitare con maggiore chiarezza la procedura di costruzione dei fattori latenti utilizzati nell'analisi e il modo in cui gli item selezionati sono stati aggregati nelle dimensioni teoriche di riferimento. In questo modo si chiarisce che l'operazione non consiste in una semplice riduzione del questionario originario, ma in una riorganizzazione coerente con il modello teorico della scala validata.

Come già anticipato, lo strumento originario sviluppato da Işık, Çakır e Korkmaz prevede tre fattori latenti – Competence, Anxiety e Usefulness – identificati mediante analisi fattoriale esplorativa e validati attraverso diversi indicatori di affidabilità e coerenza interna. Nel presente studio si è scelto di concentrare l'analisi sui due costrutti ritenuti maggiormente pertinenti rispetto agli obiettivi del percorso formativo: la competenza percepita nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale e l'utilità percepita di tali strumenti nei processi di insegnamento e apprendimento.

Gli item selezionati dal questionario originario sono stati quindi riorganizzati in due fattori latenti coerenti con la struttura concettuale della scala validata. Il primo fattore, denominato Competenza percepita nell'uso degli strumenti di IA, include gli item che indagano le conoscenze operative dei docenti, la capacità di integrare l'intelligenza artificiale nella progettazione didattica, la produzione di materiali educativi e la gestione delle attività di classe. In questa dimensione rientrano in particolare gli item che esplorano la familiarità con gli strumenti di IA, la capacità di scegliere strumenti adeguati in funzione degli obiettivi di apprendimento, l'uso degli strumenti nella progettazione di ambienti di apprendimento e la loro integrazione nelle attività didattiche.

Il secondo fattore latente, definito Utilità percepita degli strumenti di IA, raccoglie invece gli item che riguardano la percezione del contributo che l'intelligenza artificiale può offrire all'attività professionale del docente. Questa dimensione include, ad esempio, la percezione del risparmio di tempo nell'accesso alle informazioni, il supporto al *problem solving*, l'aumento della produttività e la rilevanza degli strumenti di IA nei contesti educativi e nella vita quotidiana.

Dal punto di vista operativo, per ciascun partecipante sono stati quindi calcolati i punteggi medi relativi ai due fattori latenti, ottenuti aggregando le risposte agli item appartenenti a ciascuna dimensione. Questa procedura consente di sintetizzare le percezioni dei docenti in due variabili latenti interpretabili: la competenza percepita nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale e l'utilità percepita degli stessi strumenti nei contesti educativi.

Una volta costruiti i due fattori latenti, l'analisi quantitativa è stata articolata in tre passaggi successivi. In primo luogo, è stata effettuata una comparazione tra le rilevazioni pre e post-intervento al fine di osservare eventuali variazioni nelle percezioni dei docenti. Tale confronto è stato condotto mediante il software JASP, utilizzando test statistici per il confronto tra medie di campioni appaiati. Questa procedura ha consentito di verificare se le differenze osservate tra la fase precedente e quella successiva alla formazione risultassero statisticamente significative.

In secondo luogo, sono state analizzate le variazioni nei punteggi medi dei due fattori latenti, allo scopo di comprendere se il percorso formativo abbia prodotto cambiamenti nella percezione di competenza e nella percezione di utilità degli strumenti di intelligenza artificiale. Questo passaggio risulta particolarmente rilevante nel contesto di una ricerca-azione, poiché consente di osservare empiricamente gli effetti di un intervento formativo sulle rappresentazioni professionali dei docenti.

Infine, in continuità con l'impostazione metodologica adottata nel capitolo precedente, è stata condotta un'analisi di cluster basata sui due fattori latenti considerati nello studio. L'obiettivo di questa analisi era individuare eventuali profili differenziati di percezione tra i docenti partecipanti e

osservare possibili migrazioni tra cluster a seguito dell'intervento formativo. L'analisi dei cluster consente infatti di identificare gruppi di docenti caratterizzati da configurazioni simili di percezione rispetto all'intelligenza artificiale, permettendo di interpretare in modo più articolato le trasformazioni generate dal percorso formativo.

In questo modo l'analisi quantitativa non si limita a verificare variazioni nelle medie complessive, ma consente di esplorare la presenza di pattern differenziati di risposta tra i docenti, offrendo una lettura più fine dei processi di cambiamento attivati dalla formazione.

6.11 Analisi quantitativa dei dati mediante JASP

6.11.1 Struttura dell'analisi statistica

Dopo la fase di raccolta dei dati attraverso la somministrazione del questionario pre e post intervento, le risposte dei docenti sono state sottoposte a un processo di analisi quantitativa finalizzato a osservare eventuali variazioni nelle percezioni relative all'uso degli strumenti di intelligenza artificiale nei contesti educativi. L'analisi è stata condotta mediante il software JASP, ambiente statistico open source ampiamente utilizzato nella ricerca educativa per l'esecuzione di analisi descrittive e inferenziali.

L'impostazione metodologica dell'analisi è stata sviluppata in continuità con quanto già realizzato nel capitolo precedente della ricerca, nel quale è stato analizzato un gruppo di 21 docenti coinvolti in un percorso di formazione su metodologie didattiche innovative. Anche nel presente caso, l'obiettivo principale dell'analisi era verificare se il percorso formativo dedicato all'intelligenza artificiale avesse prodotto cambiamenti significativi nelle percezioni dei docenti relativamente a due dimensioni fondamentali: la competenza percepita nell'utilizzo degli strumenti di intelligenza artificiale e l'utilità percepita degli stessi strumenti nei contesti educativi.

A tal fine, le risposte fornite dai partecipanti agli item del questionario sono state inizialmente trasformate in punteggi numerici sulla base della scala Likert a cinque livelli utilizzata nella somministrazione. Successivamente, per ciascun docente sono stati calcolati i punteggi medi relativi ai due fattori latenti considerati nello studio, ottenuti aggregando gli item appartenenti alle rispettive dimensioni concettuali.

6.11.2 Confronto tra rilevazioni pre e post intervento

Una volta calcolati i punteggi medi per i due fattori latenti, è stato effettuato un confronto tra le rilevazioni pre e post intervento al fine di verificare l'eventuale presenza di variazioni nelle percezioni

dei docenti a seguito del percorso formativo. Poiché i dati derivano da misurazioni effettuate sugli stessi partecipanti in due momenti temporali distinti, l'analisi è stata condotta mediante t test per campioni appaiati, utilizzando il software JASP. Tale procedura consente di confrontare due misurazioni effettuate sugli stessi soggetti in momenti temporali differenti, verificando se le variazioni osservate possano essere attribuite al caso oppure se riflettano un cambiamento statisticamente significativo. I risultati evidenziano differenze altamente significative tra la rilevazione pre e quella post per entrambi i fattori latenti analizzati. Per quanto riguarda la competenza percepita nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale, il test t mostra una differenza statisticamente significativa tra le due rilevazioni ($t(15) = -15.563$, $p < .001$). L'ampiezza dell'effetto, stimata attraverso il coefficiente Cohen's $d = -3.891$, indica un effetto di dimensione estremamente elevata. Questo risultato suggerisce che il percorso formativo ha prodotto un cambiamento molto marcato nella percezione dei docenti rispetto alla propria capacità di utilizzare strumenti di intelligenza artificiale nella pratica didattica.

Anche per il fattore utilità percepita degli strumenti di intelligenza artificiale emerge una differenza statisticamente significativa tra la rilevazione pre e quella post ($t(15) = -6.879$, $p < .001$). In questo caso la dimensione dell'effetto risulta anch'essa molto elevata (Cohen's $d = -1.720$), indicando un cambiamento sostanziale nella percezione del contributo che gli strumenti di intelligenza artificiale possono offrire all'attività professionale dei docenti.

6.11.3 Interpretazione dei risultati

Nel complesso, i risultati dell'analisi inferenziale indicano che il percorso formativo dedicato all'intelligenza artificiale ha prodotto un miglioramento statisticamente significativo nelle percezioni dei docenti, sia in termini di competenza percepita nell'utilizzo degli strumenti di IA sia in termini di utilità percepita degli stessi strumenti nei contesti educativi.

L'incremento delle medie osservato tra la rilevazione pre e quella post, accompagnato da valori di significatività molto elevati e da dimensioni dell'effetto particolarmente ampie, suggerisce che l'esperienza formativa ha contribuito a rafforzare non soltanto la familiarità dei docenti con gli strumenti di intelligenza artificiale, ma anche la consapevolezza del loro potenziale educativo.

Questi risultati appaiono coerenti con gli obiettivi del percorso formativo, che mirava a sviluppare competenze operative nell'uso dell'intelligenza artificiale e a favorire una riflessione critica sul suo impiego nella progettazione didattica. L'aumento significativo dei punteggi relativi ai due fattori latenti può essere interpretato come un indicatore della trasformazione delle rappresentazioni professionali dei docenti rispetto all'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi di insegnamento e apprendimento.

6.12 Analisi dei fattori latenti mediante cluster analysis

Dopo aver verificato la presenza di differenze statisticamente significative tra le rilevazioni pre e post intervento attraverso il test t per campioni appaiati, l'analisi quantitativa è stata ulteriormente approfondita mediante una procedura di cluster analysis. L'obiettivo di questa fase dell'analisi è individuare eventuali configurazioni differenziate di percezione tra i docenti partecipanti, andando oltre il semplice confronto tra medie e osservando la presenza di profili distinti rispetto alle due dimensioni considerate: la competenza percepita nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale e l'utilità percepita degli stessi strumenti nei contesti educativi.

In continuità con l'impostazione metodologica adottata nel Capitolo 6 della presente ricerca, l'analisi dei cluster è stata condotta utilizzando il software XLSTAT, strumento statistico ampiamente utilizzato per l'analisi multivariata in ambito educativo e sociale. La scelta di ricorrere alla cluster analysis risponde alla necessità di esplorare la presenza di gruppi di docenti caratterizzati da pattern simili di risposta rispetto ai fattori latenti analizzati, permettendo di osservare eventuali differenze nei livelli di percezione della competenza e dell'utilità degli strumenti di intelligenza artificiale.

L'analisi è stata effettuata separatamente per le rilevazioni pre-formazione e post-formazione, utilizzando come variabili di input i due fattori latenti costruiti nella fase precedente dell'analisi: la competenza percepita nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale e l'utilità percepita degli stessi strumenti. In questo modo è stato possibile confrontare la configurazione dei cluster prima e dopo l'intervento formativo, osservando eventuali cambiamenti nei profili dei docenti partecipanti.

Dal punto di vista metodologico, la clusterizzazione è stata effettuata mediante l'algoritmo k-means, procedura iterativa che consente di suddividere le osservazioni in gruppi omogenei sulla base della distanza tra i valori delle variabili considerate. L'algoritmo assegna progressivamente ciascun caso al cluster il cui centroide risulta più vicino nello spazio multidimensionale definito dai fattori latenti, aggiornando iterativamente la posizione dei centroidi fino al raggiungimento di una configurazione stabile.

La determinazione del numero ottimale di cluster è stata effettuata attraverso l'analisi dell'andamento dell'indice di silhouette e del metodo dell'"elbow", al fine di individuare la soluzione che garantisca il miglior equilibrio tra coesione interna dei cluster e separazione tra gruppi differenti. Questo passaggio metodologico risulta particolarmente importante per evitare una suddivisione arbitraria del campione e garantire che i cluster individuati riflettano effettivamente configurazioni differenziate di percezione tra i docenti.

L'analisi dei cluster consente quindi di integrare la lettura fornita dal confronto tra medie con una prospettiva più articolata, che tiene conto della presenza di possibili profili differenziati tra i partecipanti. In particolare, questa procedura permette di osservare se il percorso formativo abbia contribuito a modificare la distribuzione dei docenti tra i diversi cluster, favorendo ad esempio il passaggio da profili caratterizzati da livelli più bassi di competenza e utilità percepita verso configurazioni caratterizzate da percezioni più elevate rispetto all'uso degli strumenti di intelligenza artificiale nei contesti educativi.

L'analisi comparativa tra la configurazione dei cluster nelle rilevazioni pre e post formazione rappresenta pertanto uno strumento interpretativo particolarmente utile per comprendere in che modo l'intervento formativo abbia inciso sulle rappresentazioni professionali dei docenti rispetto all'integrazione dell'intelligenza artificiale nella didattica. I risultati di questa analisi verranno presentati e discussi nei paragrafi successivi.

6.12.1 Cluster analysis del fattore Competence

FASE PRE- FORMAZIONE

Per analizzare la distribuzione delle percezioni dei docenti rispetto alla propria competenza nell'utilizzo degli strumenti di intelligenza artificiale prima dell'intervento formativo, è stata condotta un'analisi di cluster mediante algoritmo *k-means* utilizzando il software XLSTAT. L'analisi è stata effettuata sul campione complessivo di 16 docenti, considerando come variabile di input il fattore latente *Competence*, costruito aggregando gli item della scala riconducibili alla dimensione della competenza percepita nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale.

Come già spiegato nei paragrafi dedicati alla ricerca formazione sulle STEAM, la determinazione del numero ottimale di cluster è stata effettuata considerando congiuntamente tre criteri metodologici: l'andamento degli indici di qualità della clusterizzazione, la numerosità dei singoli gruppi e la loro interpretabilità teorica. Nel caso specifico del fattore *Competence* in fase pre-formazione, l'indice di silhouette assume il valore più elevato per la soluzione a due cluster (0,212), mentre le soluzioni successive mostrano valori più contenuti. Tuttavia, una soluzione a due cluster, pur statisticamente più coesa, risulta eccessivamente aggregata e poco informativa dal punto di vista pedagogico, poiché tende a comprimere in due soli gruppi una variabilità professionale che, alla luce dei dati, appare più articolata. Anche le soluzioni con un numero maggiore di cluster, pur consentendo una maggiore differenziazione interna, generano in alcuni casi gruppi troppo piccoli o scarsamente leggibili. Per questa ragione, in coerenza con i criteri adottati nella tesi, è stata selezionata la soluzione a $k = 4$, che consente di mantenere una buona articolazione dei profili senza compromettere la consistenza numerica dei cluster, distribuiti in gruppi di 4, 3, 5 e 4 docenti.

Tabella 6.39 – Indice di silhouette per la determinazione del numero ottimale di cluster (fase pre, fattore Competence)

Numero di cluster (k)	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette scores	0,212	0,121	0,096	0,107	0,003	0,127	0,066

Una volta individuata la soluzione a quattro cluster, l'analisi dei centroidi ha consentito di ricostruire la configurazione interna dei profili di competenza percepita. In questa fase è importante sottolineare che la numerazione automatica prodotta dall'algoritmo non coincide con un ordinamento gerarchico dei livelli di competenza: i cluster vanno dunque letti alla luce della struttura complessiva dei valori medi e non soltanto sulla base dell'etichetta numerica assegnata da XLSTAT.

Tabella 6.40 – Coordinate dei centroidi e numerosità dei cluster nella fase pre formazione (fattore Competence)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	Sum of weights	Within-cluster variance
1	2,750	2,500	2,250	1,750	1,750	2,250	2,500	2,500	1,750	4,000	2,250	3,000	2,750	2,500	2,000	3,250	4,000	3,500	4,000	5,250
2	3,333	3,667	3,000	3,000	2,667	2,667	3,667	2,667	3,000	3,333	2,667	2,333	3,000	3,000	3,000	3,667	2,667	3,000	3,000	3,667
3	2,000	2,200	1,800	1,600	1,400	2,000	2,800	2,200	1,600	3,400	3,000	2,600	2,000	2,200	2,400	2,800	3,400	3,400	5,000	5,100
4	2,500	1,750	2,500	1,750	1,500	2,500	3,000	1,250	1,500	3,750	2,750	2,750	2,750	2,750	3,000	4,250	3,000	3,000	4,000	6,583

L'analisi dei centroidi evidenzia che il gruppo dei docenti, nella fase precedente alla formazione, non si distribuisce lungo una semplice gradazione lineare di competenza, ma presenta profili distinti anche nella struttura interna delle percezioni. Il Cluster 3 emerge come il profilo più fragile. I valori risultano generalmente bassi su quasi tutti gli item, con particolare debolezza nelle prime dimensioni del fattore, suggerendo una percezione della competenza ancora poco sviluppata e scarsamente integrata. Si tratta di un gruppo nel quale la familiarità con gli strumenti di intelligenza artificiale appare limitata e la sicurezza professionale nell'uso didattico risulta ancora debole.

Il Cluster 4 presenta una configurazione più discontinua. Pur mostrando alcuni punteggi relativamente più elevati su item specifici, come quelli relativi alle dimensioni finali del fattore, mantiene valori bassi in più punti della scala. Questo profilo può essere interpretato come una competenza percepita

selettiva e non ancora stabilizzata: i docenti sembrano riconoscere alcune abilità o possibilità di utilizzo, ma tale riconoscimento non si traduce ancora in una rappresentazione complessiva solida e coerente della propria competenza.

Il Cluster 1 si colloca in una posizione intermedia. Rispetto ai gruppi precedenti, presenta valori leggermente più elevati e una struttura più equilibrata, pur mantenendo alcuni elementi di fragilità nelle dimensioni iniziali del fattore. La presenza di punteggi alti su alcuni item, come X10, X17 e X18, suggerisce che questi docenti possiedano già alcune forme di familiarità o sicurezza operativa, ma non ancora una percezione pienamente consolidata della competenza complessiva.

Infine, il Cluster 2 rappresenta il profilo relativamente più strutturato nella fase pre-formazione. I valori risultano mediamente più elevati e, soprattutto, più omogenei tra gli item, indicando una percezione della competenza più stabile e coerente. Pur non configurandosi come un profilo di elevata padronanza, questo gruppo mostra una maggiore continuità interna e una più solida fiducia nell'utilizzo degli strumenti di IA in contesto didattico.

Nel complesso, la fase pre-formazione restituisce l'immagine di un gruppo docente fortemente eterogeneo, nel quale coesistono profili di fragilità diffusa, competenze parziali e percezioni più strutturate. Questa eterogeneità rappresenta un dato importante, perché mostra come il punto di partenza del percorso formativo non fosse uniforme, ma caratterizzato da differenti configurazioni professionali rispetto all'uso dell'intelligenza artificiale.

FASE POST-FORMAZIONE

Per analizzare la configurazione delle percezioni dei docenti dopo l'intervento formativo, è stata condotta una seconda analisi di cluster sul fattore latente *Competence*, sempre utilizzando l'algoritmo *k-means* implementato nel software XLSTAT e considerando lo stesso campione di 16 docenti. Anche in questo caso, in coerenza con la scelta effettuata nella fase pre, è stata mantenuta la soluzione a $k = 4$, al fine di rendere comparabili le due configurazioni e di osservare le traiettorie di redistribuzione dei docenti tra profili differenziati.

Tabella 6.41 – Coordinate dei centroidi e numerosità dei cluster nella fase post-formazione (fattore Competence)

Cluster	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	Sum of weights	Within-cluster variance
1	4,00 0	3,40 0	3,00 0	3,40 0	3,60 0	4,60 0	3,80 0	2,80 0	3,20 0	3,80 0	4,20 0	3,00 0	3,00 0	3,00 0	3,00 0	4,00 0	3,60 0	3,80 0	5,000	4,700
2	3,00 0	3,00 0	2,83 3	2,50 0	2,66 7	2,83 3	3,00 0	2,66 7	2,83 3	3,83 3	3,66 7	3,16 7	2,66 7	2,66 7	3,00 0	3,83 3	3,83 3	4,16 7	6,000	4,967
3	3,00 0	3,00 0	2,66 7	2,33 3	3,33 3	3,00 0	3,33 3	3,33 3	3,00 0	4,00 0	3,33 3	4,00 0	3,66 7	2,66 7	3,00 0	4,00 0	3,33 3	3,33 3	3,000	6,333
4	4,00 0	3,50 0	3,50 0	2,50 0	3,50 0	3,50 0	3,00 0	2,50 0	2,50 0	3,50 0	4,50 0	3,00 0	3,00 0	3,00 0	3,00 0	4,50 0	3,00 0	4,50 0	2,000	7,500

Rispetto alla fase precedente, la configurazione post-formazione evidenzia un innalzamento generale dei punteggi e una maggiore prossimità tra i profili, segno di una ricomposizione del gruppo docente attorno a livelli più alti di competenza percepita. Anche in questo caso, tuttavia, i cluster non sono interpretabili come semplici livelli ordinati, ma come profili differenziati nella struttura interna delle percezioni.

Il Cluster 2 rappresenta il profilo relativamente meno elevato della fase post, ma risulta comunque caratterizzato da valori complessivamente superiori rispetto ai cluster più deboli della fase pre-formazione. I punteggi mediamente uniformi suggeriscono una competenza percepita più stabile rispetto alla situazione iniziale, anche se ancora non pienamente consolidata.

Il Cluster 3 evidenzia un profilo intermedio, nel quale i punteggi risultano più alti e meglio distribuiti tra gli item. Particolarmente rilevanti sono i valori nelle dimensioni centrali e finali del fattore, che suggeriscono una maggiore consapevolezza delle possibilità di utilizzo dell'IA e una più strutturata fiducia nelle proprie capacità.

Il Cluster 4 si configura come un profilo medio-alto ma selettivo. Alcuni item raggiungono valori particolarmente elevati, mentre altre dimensioni rimangono su livelli più moderati. Questo andamento suggerisce una competenza percepita forte in alcune aree specifiche, ma non ancora del tutto equilibrata lungo l'intera struttura del fattore.

Il Cluster 1, infine, rappresenta il profilo più elevato e più integrato della fase post-formazione. I valori risultano alti e relativamente omogenei, segnalando una percezione della competenza più consolidata e coerente. In questo gruppo, la competenza percepita non appare più parziale o frammentaria, ma assume una configurazione maggiormente strutturata, indicativa di una più solida appropriazione professionale degli strumenti di intelligenza artificiale.

Nel complesso, la fase post-formazione mostra una netta riorganizzazione dei profili. Pur permanendo una differenziazione interna al gruppo, i cluster si collocano su livelli generalmente più elevati rispetto alla fase iniziale, suggerendo che il percorso formativo abbia contribuito a rafforzare la percezione di competenza dei docenti e, soprattutto, a renderla più coerente e meno frammentata.

6.12.2 Analisi delle transizioni tra cluster del fattore latente Competence

Per analizzare in modo dinamico i cambiamenti intervenuti nelle percezioni dei docenti rispetto alla propria competenza nell'utilizzo degli strumenti di intelligenza artificiale, è stata condotta un'analisi delle transizioni tra cluster, confrontando l'assegnazione dei partecipanti ai gruppi individuati nella fase pre-formazione con quella osservata nella fase post-formazione. Poiché la numerazione dei cluster prodotta dall'algoritmo k-means non corrisponde automaticamente a uno stesso livello di competenza nelle due rilevazioni, l'interpretazione delle traiettorie è stata effettuata tenendo conto della caratterizzazione sostantiva dei cluster, ricostruita sulla base dei centroidi.

Ai fini della lettura comparativa, i cluster sono stati ordinati in termini relativi di competenza percepita. Nella fase pre-formazione, il profilo più basso è rappresentato dal Cluster 3, seguito dal Cluster 4, dal Cluster 1 e infine dal Cluster 2, che costituisce il gruppo relativamente più strutturato. Nella fase post-formazione, il livello relativamente più basso è rappresentato dal Cluster 2, seguito dal Cluster 3, dal Cluster 4 e dal Cluster 1, che rappresenta il profilo più elevato.

Tabella 6.42 – Transizione dei docenti tra cluster (fattore Competence)

Cluster Pre \ Cluster Post	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Totale
Cluster 1	2	2	0	0	4
Cluster 2	2	0	0	1	3
Cluster 3	0	4	1	0	5
Cluster 4	1	0	2	1	4
Totale	5	6	3	2	16

La matrice di transizione evidenzia una redistribuzione articolata dei docenti tra i diversi profili. I docenti appartenenti al Cluster 3 della fase pre, ossia il gruppo più fragile in termini di competenza percepita, si concentrano prevalentemente nel Cluster 2 della fase post (4 docenti su 5), mentre un solo docente migra nel Cluster 3 post. Questa traiettoria suggerisce che il gruppo inizialmente più debole abbia beneficiato del percorso formativo in termini di rafforzamento della percezione di competenza, pur senza transitare direttamente nei profili più elevati.

Il Cluster 4 della fase pre mostra una dinamica più differenziata: due docenti confluiscono nel Cluster 3 post, uno nel Cluster 4 post e uno nel Cluster 1 post. Si tratta quindi di un gruppo nel quale le traiettorie risultano meno lineari, ma nel complesso orientate verso profili di competenza medio-alta o alta.

Il Cluster 1 della fase pre si distribuisce tra Cluster 1 e Cluster 2 post in modo perfettamente equilibrato: due docenti restano nel profilo più elevato e due confluiscono nel profilo relativamente più basso della fase post. Questo dato suggerisce che un gruppo inizialmente intermedio con elementi di forza non evolva necessariamente in modo uniforme, ma possa anche ridefinire in modo critico la propria autopercezione.

Il Cluster 2 della fase pre, che rappresentava il profilo relativamente più strutturato, mostra anch'esso traiettorie differenziate: due docenti confluiscono nel Cluster 1 post e uno nel Cluster 4 post. In questo caso, la tendenza complessiva appare orientata verso il mantenimento di livelli elevati di competenza percepita.

Nel loro insieme, le transizioni mostrano che il percorso formativo non ha prodotto un semplice spostamento lineare verso l'alto, ma una ricomposizione dei profili, all'interno della quale le percezioni di competenza vengono riorganizzate in modi differenti a seconda dei punti di partenza.

La rappresentazione grafica delle transizioni attraverso heatmap in figura 7.1 consente di cogliere in modo immediato le principali direttrici di migrazione tra i cluster. In particolare, emerge una concentrazione significativa di flussi verso specifici profili della fase post-formazione, suggerendo un processo di ricomposizione delle percezioni di competenza attorno a configurazioni più strutturate. La distribuzione non uniforme delle intensità conferma inoltre la presenza di traiettorie differenziate, coerenti con quanto emerso nell'analisi quantitativa e nella successiva interpretazione pedagogica.

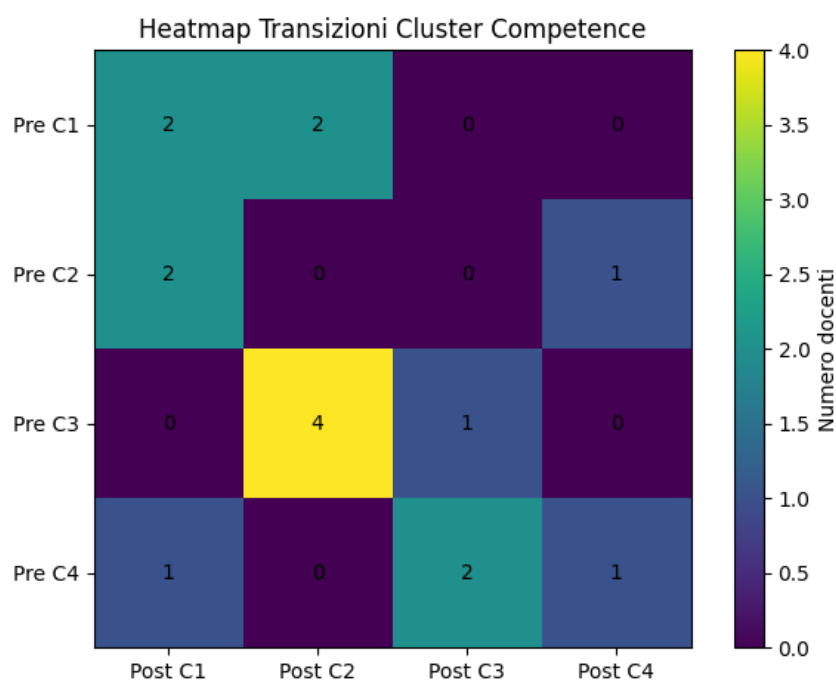


Fig.7.2 Heatmap delle transizioni nel fattore Competence

6.12.3 Traiettorie di cambiamento della Competence

Per rendere più leggibile la dinamica delle migrazioni tra cluster, le transizioni sono state riclassificate in tre tipologie: miglioramento, stabilità e ricalibrazione verso livelli inferiori. Questa classificazione è stata effettuata tenendo conto dell'ordinamento relativo dei cluster nelle due rilevazioni.

Tabella 6.43 – Sintesi delle traiettorie di cambiamento (fattore Competence)

Tipologia di traiettoria	Frequenza	Percentuale
Miglioramento	5	31,25%
Stabilità	8	50,00%
Ricalibrazione verso livelli inferiori	3	18,75%
Totale	16	100,00%

Nel complesso, 5 docenti (31,25%) mostrano una traiettoria di miglioramento, migrando verso profili relativamente più elevati di competenza percepita. 8 docenti (50,00%) mantengono una posizione sostanzialmente stabile, rimanendo nello stesso livello relativo di competenza percepita tra le due rilevazioni. Infine, 3 docenti (18,75%) si collocano in traiettorie di ricalibrazione verso livelli inferiori.

Quest'ultimo dato non deve essere interpretato in modo semplicistico come peggioramento delle competenze effettive. In contesti di formazione su tecnologie emergenti, l'acquisizione di nuove

conoscenze può generare un effetto di maggiore consapevolezza della complessità degli strumenti e delle competenze richieste per il loro utilizzo didattico. Di conseguenza, alcuni docenti possono rivedere in modo più realistico la propria autovalutazione, esprimendo nel post una percezione meno ingenua ma epistemologicamente più matura della propria competenza.

Alla luce di queste considerazioni, l'analisi delle traiettorie di cambiamento evidenzia non tanto un miglioramento lineare e uniforme, quanto una ricomposizione strutturata delle percezioni di competenza all'interno del gruppo dei docenti. Questo risultato è coerente con quanto emerso nell'analisi inferenziale del fattore latente *Competence*, che ha mostrato un incremento statisticamente significativo della media tra la rilevazione pre e quella post. La cluster analysis consente tuttavia di aggiungere un livello interpretativo più fine, mostrando come tale incremento medio si distribuisca in traiettorie individuali differenziate.

Nel complesso, i risultati suggeriscono che il percorso formativo abbia agito non solo sul piano del rafforzamento della competenza percepita, ma anche su quello della ristrutturazione delle rappresentazioni professionali dei docenti rispetto all'uso dell'intelligenza artificiale. Il cambiamento osservato appare quindi coerente con un processo di sviluppo professionale nel quale la formazione non produce soltanto acquisizione di strumenti, ma anche maggiore consapevolezza critica delle condizioni e dei limiti del loro impiego didattico.

6.12.4 Cluster analysis del fattore Usefulness

FASE PRE-FORMAZIONE

Per analizzare la distribuzione delle percezioni dei docenti rispetto all'utilità degli strumenti di intelligenza artificiale prima dell'intervento formativo, è stata condotta un'analisi di cluster mediante algoritmo *k-means* utilizzando il software XLSTAT. L'analisi è stata effettuata sul campione complessivo di 16 docenti, considerando come variabili di input gli item che compongono il fattore latente *Usefulness*, relativi alla percezione dell'utilità dell'intelligenza artificiale nella vita quotidiana, nel supporto alla guida degli studenti, nella risoluzione dei problemi e nell'incremento della produttività professionale.

La determinazione del numero ottimale di cluster è stata effettuata integrando tre criteri metodologici: l'indice di silhouette, la numerosità dei gruppi e la interpretabilità teorica della soluzione. L'analisi dell'indice di silhouette evidenzia un incremento progressivo fino alla soluzione a cinque cluster (0,448), mentre la configurazione a quattro cluster presenta un valore pari a 0,360, comunque elevato e indicativo di una buona separazione tra gruppi. Tuttavia, la soluzione a cinque cluster comporta una frammentazione eccessiva e la presenza di gruppi con numerosità ridotta, rendendo più complessa l'interpretazione pedagogica dei risultati. In questa prospettiva, la soluzione a $k = 4$ è stata selezionata

come configurazione ottimale, in quanto consente di mantenere una adeguata articolazione dei profili garantendo al contempo una sufficiente consistenza numerica dei cluster.

Tabella 6.44 – Indice di silhouette (fase pre, Usefulness)

k	2	3	4	5	6	7	8
Silhouette	0,123	0,326	0,360	0,448	0,383	0,256	0,283

Tabella 6.45 – Centroidi (fase pre, Usefulness)

Cluster	X1	X2	X3	X4	N
C1	4,000	2,000	3,500	2,500	2
C2	3,400	3,800	3,000	1,600	5
C3	2,571	2,000	1,571	2,429	7
C4	1,000	1,000	1,000	3,000	2

Caratterizzazione dei cluster – fase pre

L'analisi dei centroidi evidenzia una configurazione articolata delle percezioni di utilità dell'intelligenza artificiale, nella quale i docenti si distribuiscono in quattro profili distinti non solo per livello, ma anche per struttura interna delle risposte.

Il Cluster 3, numericamente più consistente, rappresenta il profilo a più bassa utilità percepita. I valori risultano contenuti su tutte le dimensioni considerate, indicando una percezione limitata del contributo dell'intelligenza artificiale sia nella vita quotidiana sia nel contesto didattico. In questo gruppo, l'IA non è ancora riconosciuta come risorsa significativa per l'attività professionale.

Il Cluster 4 si caratterizza per valori molto bassi su tre dimensioni, ma presenta un valore relativamente più elevato sull'indicatore relativo alla produttività. Questo profilo suggerisce una percezione estremamente selettiva dell'utilità dell'intelligenza artificiale, riconosciuta solo in termini strumentali e non come supporto ai processi di insegnamento e apprendimento.

Il Cluster 1 presenta una configurazione intermedia ma non uniforme. I docenti appartenenti a questo gruppo riconoscono in misura significativa l'utilità dell'IA nella vita quotidiana e nella risoluzione dei problemi, ma mostrano una minore convinzione rispetto al suo utilizzo nella guida degli studenti

e nell'incremento della produttività. Si tratta quindi di un profilo parziale, nel quale l'utilità è riconosciuta ma non ancora pienamente trasferita nel contesto educativo.

Il Cluster 2, infine, rappresenta il profilo più strutturato della fase pre-formazione. I valori risultano mediamente più elevati e distribuiti in modo più equilibrato tra le dimensioni, indicando una percezione più ampia e articolata dell'utilità dell'intelligenza artificiale. Tuttavia, anche in questo caso non si raggiungono livelli pienamente elevati, segno che la competenza percepita rimane ancora in fase di sviluppo.

Nel complesso, la fase pre evidenzia una forte eterogeneità nelle rappresentazioni dei docenti, con la presenza di profili che vanno da una percezione molto limitata dell'utilità dell'IA a forme più strutturate ma non ancora pienamente consolidate.

FASE POST-FORMAZIONE

Per analizzare la configurazione delle percezioni dei docenti dopo l'intervento formativo, è stata condotta una seconda analisi di cluster sul fattore latente *Usefulness*. L'analisi dell'indice di silhouette evidenzia il valore più elevato in corrispondenza della soluzione a due cluster (0,182). Tuttavia, una configurazione binaria risulta eccessivamente semplificata e non consente di cogliere la complessità dei processi di cambiamento. In coerenza con i criteri metodologici adottati nella ricerca, è stata pertanto selezionata la soluzione a $k = 3$, che permette una rappresentazione più articolata e pedagogicamente significativa dei profili.

Tabella 6.46 – Centroidi (fase post, Usefulness)

Cluster	X1	X2	X3	X4	N
C1	4,000	3,000	3,667	3,667	3
C2	3,333	4,000	3,167	3,167	6
C3	3,429	2,857	2,286	3,571	7

Caratterizzazione dei cluster – fase post

La fase post-formazione evidenzia una riconfigurazione significativa delle percezioni dei docenti, caratterizzata da un generale innalzamento dei livelli e da una maggiore coerenza tra le dimensioni considerate.

Il Cluster 1 rappresenta il profilo più elevato, con valori alti e relativamente omogenei su tutte le dimensioni. In questo gruppo, l'intelligenza artificiale è riconosciuta come strumento utile sia nella vita quotidiana sia nel contesto didattico.

Il Cluster 2 si configura come un profilo medio-alto, con particolare enfasi sull'utilità per guidare gli studenti. Questo suggerisce una maggiore integrazione dell'IA nelle pratiche educative.

Il Cluster 3 presenta valori leggermente inferiori ma comunque elevati rispetto alla fase pre, indicando una percezione positiva dell'utilità dell'IA, sebbene meno uniforme.

Nel complesso, la fase post evidenzia una riduzione della dispersione e una maggiore concentrazione dei docenti verso livelli medio-alti di utilità percepita.

6.12.5 Analisi delle transizioni tra cluster del fattore latente Usefulness

Per approfondire le dinamiche di cambiamento nelle percezioni dei docenti rispetto all'utilità degli strumenti di intelligenza artificiale, è stata condotta un'analisi delle transizioni tra cluster, confrontando l'assegnazione dei partecipanti nella fase pre-formazione con quella osservata nella fase post-formazione. Poiché la numerazione dei cluster generata automaticamente dall'algoritmo *k-means* non corrisponde necessariamente agli stessi livelli di utilità percepita nelle due rilevazioni, l'interpretazione delle traiettorie è stata effettuata tenendo conto della caratterizzazione sostantiva dei cluster sulla base dei centroidi, distinguendo livelli relativamente più bassi, intermedi e più elevati di utilità percepita.

Tabella 6.47 – Matrice di transizione tra cluster (Usefulness)

Cluster Pre → Cluster Post	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Totale
Cluster 1	2	0	0	2
Cluster 2	0	5	0	5
Cluster 3	0	1	6	7
Cluster 4	1	0	1	2
Totale	3	6	7	16

L'analisi della matrice di transizione restituisce un quadro articolato delle traiettorie di cambiamento, nel quale emergono contemporaneamente elementi di stabilità, progressione e ricalibrazione delle percezioni.

In primo luogo, si osserva una forte stabilità nei cluster caratterizzati da livelli medio-alti di utilità percepita. In particolare, i docenti appartenenti al Cluster 2 della fase pre (profilo intermedio con buona apertura verso l'IA) rimangono integralmente nello stesso livello nella fase post (5 su 5), suggerendo una percezione già strutturata che il percorso formativo ha consolidato senza modificarne significativamente il posizionamento relativo. Analogamente, il Cluster 3 della fase pre (profilo più elevato nella fase iniziale) mostra un'elevata stabilità: 6 docenti su 7 rimangono nel cluster più alto della fase post, indicando una continuità nella percezione dell'utilità dell'IA e una conferma della solidità delle rappresentazioni iniziali.

Accanto a queste dinamiche di stabilità, si evidenziano traiettorie di progressione. Il caso più significativo riguarda il Cluster 4 della fase pre, che rappresentava un profilo estremamente selettivo e fragile: un docente su due migra verso il cluster più elevato della fase post, mentre l'altro si colloca nel cluster intermedio. Questo dato suggerisce che i profili più deboli o discontinui siano particolarmente sensibili all'intervento formativo, mostrando una maggiore possibilità di riorganizzazione verso configurazioni più strutturate. Anche all'interno del Cluster 3 pre si osserva una dinamica di miglioramento per una parte minoritaria dei docenti (1 su 7), che si spostano verso un cluster differente ma comunque caratterizzato da livelli medio-alti.

Sono inoltre presenti alcune traiettorie che possono essere lette come ricalibrazione verso livelli inferiori, come nel caso del passaggio dal Cluster 4 pre al Cluster 1 post. Tuttavia, tali movimenti non devono essere interpretati in modo riduttivo come regressione. In contesti di formazione su tecnologie emergenti, l'acquisizione di nuove conoscenze e la maggiore familiarità con gli strumenti possono portare a una revisione critica delle proprie convinzioni iniziali, producendo una valutazione più realistica e meno ingenua dell'utilità percepita. La diminuzione relativa del punteggio può rappresentare un segnale di maturazione professionale piuttosto che di arretramento.

Come evidenziato anche dalla rappresentazione tramite heatmap Fig. 7.2 , le transizioni si concentrano prevalentemente lungo la diagonale principale, indicando una significativa stabilità dei profili di utilità percepita. Le migrazioni verso cluster di livello superiore risultano invece più circoscritte, ma pedagogicamente rilevanti, in quanto coinvolgono i profili inizialmente più fragili.

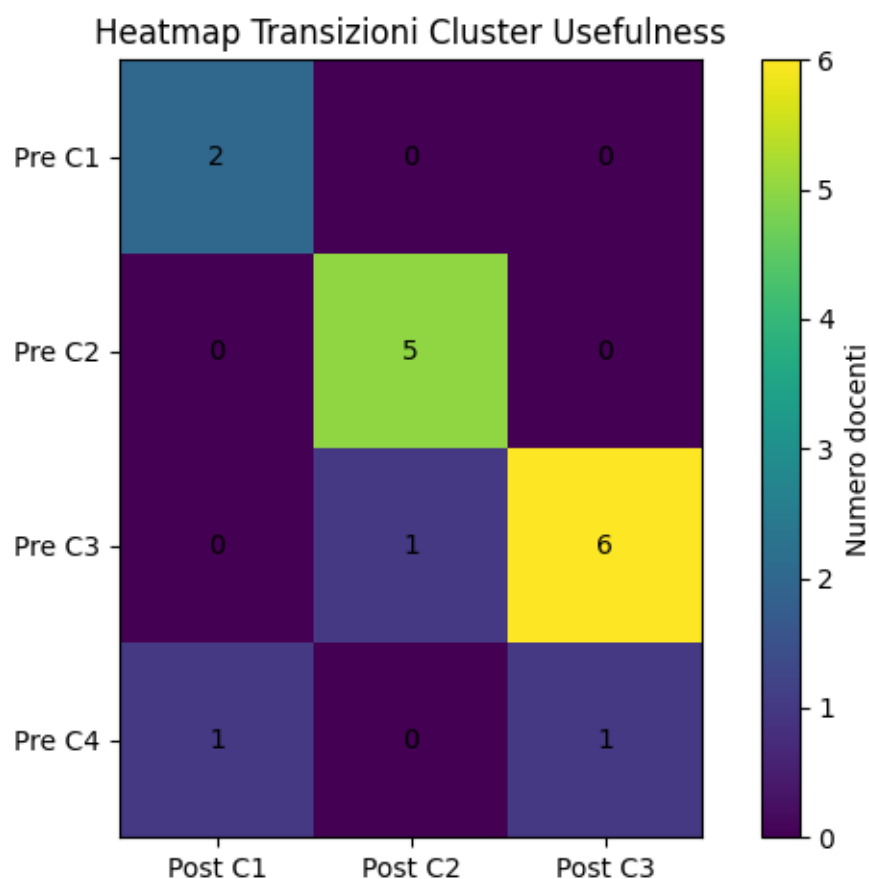


Fig.7.2 Heatmap delle transizioni nel fattore Usefulness

Nel complesso, la distribuzione finale dei docenti nella fase post evidenzia una maggiore concentrazione nei cluster caratterizzati da livelli medio-alti e alti di utilità percepita, confermando una tendenza generale verso una valutazione più positiva e consapevole del ruolo dell'intelligenza artificiale nei contesti educativi.

6.12.6 Traiettorie di cambiamento del fattore Usefulness

Per rendere più leggibile l'insieme delle dinamiche osservate, le transizioni sono state riclassificate in tre categorie interpretative: progressione verso livelli superiori, stabilità nello stesso livello e ricalibrazione verso livelli inferiori, considerando l'ordinamento relativo dei cluster nelle due rilevazioni.

Tabella 6.48 – Sintesi delle traiettorie di cambiamento (Usefulness)

Tipologia di traiettoria	Numero docenti	Percentuale
Progressione	2	12,5%
Stabilità	13	81,25%

Tipologia di traiettoria	Numero docenti	Percentuale
Ricalibrazione verso livelli inferiori	1	6,25%
Totale	16	100%

L'analisi evidenzia che la dinamica dominante è quella della stabilità: ben 13 docenti su 16 (81,25%) rimangono nello stesso livello relativo di utilità percepita tra le due rilevazioni. Questo dato suggerisce che una parte consistente del gruppo possedeva già nella fase iniziale una rappresentazione relativamente consolidata dell'utilità dell'intelligenza artificiale, che il percorso formativo ha contribuito a rafforzare e rendere più coerente, piuttosto che trasformare radicalmente.

Le traiettorie di progressione riguardano una quota più limitata del campione (2 docenti, pari al 12,5%), ma assumono un significato particolarmente rilevante dal punto di vista pedagogico, poiché coinvolgono profili inizialmente più deboli o discontinui che, attraverso il percorso formativo, hanno sviluppato una percezione più articolata e positiva dell'utilità dell'IA.

Le traiettorie di ricalibrazione verso livelli inferiori sono marginali (1 docente, pari al 6,25%) e, come già evidenziato, possono essere interpretate come esito di un processo di maggiore consapevolezza critica. In questo senso, la diminuzione relativa dell'utilità percepita non segnala necessariamente una perdita di fiducia negli strumenti, ma piuttosto una ridefinizione più realistica delle loro potenzialità e dei limiti del loro impiego didattico.

Nel complesso, i risultati mostrano che il percorso formativo ha agito soprattutto come dispositivo di consolidamento e riorganizzazione delle rappresentazioni professionali, piuttosto che come fattore di trasformazione radicale. Questo esito risulta coerente con quanto emerso dall'analisi inferenziale del fattore latente *Usefulness*, che ha evidenziato un incremento statisticamente significativo dei valori medi, e suggerisce che il cambiamento si sia manifestato principalmente come rafforzamento e stabilizzazione delle percezioni, accompagnato da traiettorie selettive di sviluppo e da limitati processi di ricalibrazione critica.

6.13 Conclusioni

I risultati complessivamente emersi dall'analisi del fattore latente *Competence* e del fattore *Usefulness* consentono di formulare una valutazione articolata dell'efficacia del dispositivo di ricerca-formazione adottato. L'analisi inferenziale condotta mediante test t per campioni appaiati con il software JASP evidenzia, in primo luogo, un cambiamento statisticamente altamente significativo per entrambi i fattori considerati. In particolare, per il fattore *Competence* si registra un incremento molto marcato della percezione di competenza nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale ($t(15) =$

-15.563, $p < .001$), accompagnato da una dimensione dell'effetto estremamente elevata (Cohen's $d = -3.891$). Analogamente, per il fattore *Usefulness* si osserva un incremento significativo ($t(15) = -6.879$, $p < .001$), con una dimensione dell'effetto anch'essa ampia ($d = -1.720$). Questi risultati indicano in modo chiaro che il percorso formativo ha inciso in maniera sostanziale sulle percezioni dei docenti, determinando non soltanto variazioni statisticamente significative, ma cambiamenti di grande intensità.

Tuttavia, la lettura congiunta delle analisi di cluster e delle transizioni tra profili consente di andare oltre l'interpretazione puramente media dei dati, restituendo un quadro più complesso e pedagogicamente significativo dei processi di cambiamento. Per quanto riguarda il fattore *Competence*, la distribuzione dei docenti nei cluster pre e post e le relative migrazioni evidenziano una dinamica fortemente differenziata, nella quale il miglioramento si accompagna a processi di ricalibrazione e a traiettorie non lineari. In questo caso, il cambiamento appare come una vera e propria ricostruzione delle rappresentazioni professionali, nella quale l'aumento della competenza percepita si intreccia con una maggiore consapevolezza della complessità degli strumenti e delle pratiche didattiche ad essi connesse.

Diversamente, l'analisi del fattore *Usefulness* mostra una configurazione più stabile, caratterizzata da una marcata permanenza dei docenti nei livelli già occupati nella fase pre-formazione e da una progressione più contenuta ma comunque significativa. Questa differenza tra i due fattori risulta particolarmente rilevante: mentre la competenza percepita si configura come una dimensione più sensibile all'intervento formativo e soggetta a riorganizzazioni profonde, l'utilità percepita appare maggiormente ancorata a rappresentazioni già strutturate, che il percorso formativo tende prevalentemente a consolidare e rafforzare.

Alla luce di queste evidenze, il dispositivo di ricerca-formazione può essere interpretato come efficace non solo in termini di incremento delle competenze, ma soprattutto come dispositivo trasformativo delle rappresentazioni professionali. Il cambiamento osservato non si limita infatti a uno spostamento quantitativo dei punteggi, ma si configura come un processo qualitativo di rielaborazione del rapporto tra docente, tecnologia e pratica didattica. In questo senso, la formazione ha agito su due livelli complementari: da un lato ha potenziato la percezione di autoefficacia nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale; dall'altro ha contribuito a ridefinire il significato attribuito a tali strumenti all'interno dell'esperienza professionale.

Nel complesso, i risultati del capitolo suggeriscono che la ricerca-formazione, quando progettata come dispositivo riflessivo e situato, è in grado di produrre cambiamenti profondi e differenziati, incidendo non soltanto sulle competenze dichiarate, ma anche sulle strutture cognitive e interpretative

che orientano l'agire didattico. Tale esito appare coerente con l'ipotesi di fondo della ricerca, secondo cui l'innovazione didattica nelle discipline STEM e nell'ambito dell'intelligenza artificiale non può essere ridotta all'introduzione di strumenti, ma richiede una trasformazione più ampia delle pratiche e delle rappresentazioni professionali dei docenti.

CAPITOLO 7

ANALISI TEMATICA DELLE INTERVISTE

7.1 Introduzione

Dopo aver presentato nei capitoli precedenti l'analisi quantitativa dei dati raccolti tramite questionario e l'individuazione dei fattori latenti attraverso l'analisi fattoriale esplorativa, il presente capitolo introduce la componente qualitativa della ricerca. L'obiettivo di questa fase non è semplicemente descrittivo o illustrativo, ma interpretativo e integrativo: le interviste ai docenti sono state utilizzate per comprendere in che modo i fattori latenti emersi dal questionario si manifestano concretamente nelle pratiche didattiche, nelle decisioni pedagogiche e nelle riflessioni professionali dei docenti coinvolti nel percorso formativo.

In particolare, l'analisi qualitativa consente di osservare come le dimensioni teoriche individuate nella fase quantitativa — quali ad esempio Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Teachers' Professional Digital Competence o Teachers' Self-efficacy beliefs — si traducano in azioni didattiche, modalità di interazione con gli studenti, uso delle tecnologie e strategie di progettazione delle attività di apprendimento. Le interviste rappresentano uno strumento di approfondimento capace di restituire la dimensione situata delle pratiche educative, rendendo visibili i processi attraverso cui i docenti interpretano e applicano i principi metodologici discussi durante il percorso formativo. La letteratura sottolinea come l'integrazione tra dati quantitativi e qualitativi permetta di ottenere una comprensione più completa dei fenomeni educativi, poiché ciascun approccio consente di osservare aspetti differenti della realtà studiata. Mentre i dati quantitativi permettono di identificare pattern e relazioni tra variabili, i dati qualitativi consentono di analizzare i significati, le interpretazioni e le dinamiche che caratterizzano l'esperienza dei partecipanti (Creswell & Plano Clark, 2018). L'analisi tematica delle interviste rappresenta uno strumento fondamentale per approfondire l'interpretazione dei risultati emersi dall'analisi statistica e per rafforzare la validità complessiva del disegno di ricerca.

All'interno del dispositivo trasformativo della ricerca-formazione, l'analisi tematica assume inoltre una funzione che va oltre la semplice categorizzazione dei contenuti emersi dalle interviste. Essa consente infatti di individuare elementi di criticità, tensioni pedagogiche e nuclei problematici che attraversano il contesto formativo, rendendo visibili non soltanto i cambiamenti percepiti dai partecipanti, ma anche gli aspetti che necessitano di ulteriore rielaborazione e riprogettazione. In questa prospettiva, il processo interpretativo non si limita alla lettura delle pratiche dei docenti coinvolti, ma si configura come un dispositivo metariflessivo che coinvolge direttamente anche il formatore-ricercatore. Tale prospettiva risulta coerente con gli studi che interpretano la ricerca-

formazione come spazio riflessivo e trasformativo, nel quale l'azione educativa viene continuamente riletta criticamente attraverso pratiche di *inquiry* professionale e riflessività pedagogica (Mortari, 2003; Schön, 1983).

L'analisi qualitativa diventa dunque uno spazio epistemologico di riflessione sulla stessa azione formativa, permettendo al formatore di interrogare criticamente le proprie scelte metodologiche, le modalità di accompagnamento adottate, i dispositivi didattici proposti e le dinamiche relazionali attivate durante il percorso. Tale processo di rilettura delle pratiche formative risulta coerente con la natura trasformativa della ricerca-formazione, nella quale il cambiamento non riguarda esclusivamente i soggetti coinvolti nel percorso, ma investe anche il formatore stesso, chiamato a ridefinire continuamente il proprio agire professionale attraverso un movimento ricorsivo di osservazione, interpretazione e riprogettazione pedagogica (Altet, 2008).

7.2 Il disegno mixed methods della ricerca

Il disegno metodologico della presente ricerca si colloca all'interno dell'approccio mixed methods, che prevede l'integrazione sistematica di dati quantitativi e qualitativi all'interno di uno stesso progetto di ricerca. Questo approccio si basa sull'idea che l'uso combinato di metodologie differenti permetta di affrontare fenomeni complessi in modo più articolato rispetto all'impiego di un singolo metodo di indagine (Creswell & Plano Clark, 2023).

Nel caso specifico di questo studio, la ricerca è stata strutturata secondo un disegno mixed methods a integrazione convergente, in cui i risultati della fase quantitativa e quelli della fase qualitativa vengono successivamente messi in relazione per ottenere una comprensione più ampia del fenomeno studiato. Nella prima fase della ricerca è stato somministrato un questionario ai docenti partecipanti al percorso formativo; le scale impiegate nel presente studio sono state selezionate dalla letteratura scientifica di riferimento e derivano da strumenti precedentemente validati attraverso analisi fattoriali. Ciò ha permesso di assumere come quadro interpretativo una serie di fattori latenti relativi alle competenze pedagogiche e digitali dei docenti nell'ambito dell'insegnamento STEM, utilizzati come costrutti teorici per l'analisi dei dati raccolti.

La seconda fase della ricerca ha previsto la realizzazione di interviste semi-strutturate² con un gruppo di docenti selezionati tra i partecipanti al percorso formativo. Lo scopo di queste interviste era ricostruire, attraverso il racconto delle esperienze didattiche realizzate in classe, in che modo i

²L'intervista semi-strutturata è una tecnica qualitativa caratterizzata da una traccia flessibile (lista di temi o domande guida) che combina il rigore strutturale con la libertà di approfondire argomenti emergenti. A differenza di quella strutturata, permette di adattare l'ordine delle domande e la loro formulazione al contesto della conversazione. (Corbetta, 2003).

costrutti emersi dal questionario si manifestassero nelle pratiche educative quotidiane. In questo modo, la componente qualitativa non si limita a fornire esempi illustrativi dei risultati quantitativi, ma contribuisce a chiarire i processi attraverso cui tali competenze vengono effettivamente mobilitate dai docenti.

Secondo Fetters, Curry e Creswell (Fetters et.al.,2013), uno degli elementi chiave dei disegni mixed methods è rappresentato dall'integrazione dei dati provenienti da fonti diverse. Nel presente studio, tale integrazione è avvenuta su tre livelli principali: primo, a livello di progettazione degli strumenti di ricerca, poiché le interviste sono state costruite facendo riferimento ai fattori latenti individuati nella fase quantitativa; secondo, a livello di analisi, attraverso la codifica tematica delle interviste e la successiva mappatura dei codici sui fattori teorici; terzo, a livello di interpretazione dei risultati, mediante la costruzione di un quadro complessivo che mette in relazione i dati quantitativi con quelli qualitativi.

Questa integrazione metodologica consente di rafforzare la validità interpretativa dello studio, poiché permette di verificare se i costrutti identificati attraverso le analisi statistiche trovano effettivamente riscontro nelle pratiche didattiche descritte dai docenti.

7.3 Costruzione dell'intervista e collegamento con i fattori latenti

Lo strumento utilizzato per la raccolta dei dati qualitativi è stato un protocollo di intervista semi-strutturata, progettato con l'obiettivo di ricostruire in modo approfondito le esperienze didattiche realizzate dai docenti dopo la partecipazione al percorso formativo.

Le domande dell'intervista sono state formulate in modo da favorire la descrizione di episodi concreti di pratica didattica, evitando di chiedere ai docenti valutazioni astratte sulle proprie competenze. In questo modo è stato possibile raccogliere narrazioni situate delle attività svolte in classe, delle strategie metodologiche adottate, degli strumenti utilizzati e delle difficoltà incontrate durante il processo di insegnamento.

La struttura dell'intervista è stata progettata in modo da intercettare indirettamente i fattori latenti emersi dall'analisi fattoriale del questionario. In particolare, alcune domande miravano a ricostruire la progettazione delle attività didattiche e l'uso delle tecnologie educative, permettendo di osservare le dimensioni legate alla Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) e alla Teachers' Digital Content Development (TDCD). Altre domande erano invece orientate a esplorare le modalità con cui i docenti stimolavano l'indagine degli studenti, la formulazione di ipotesi e la discussione delle soluzioni, consentendo di analizzare le dimensioni Investigate and Creation e Discussion and Reflection.

Ulteriori domande erano dedicate alla relazione tra i contenuti disciplinari e le esperienze di vita quotidiana degli studenti, con l'obiettivo di intercettare la dimensione Relation with Daily Life, mentre le domande finali invitavano i docenti a riflettere sull'impatto dell'esperienza formativa sulle proprie pratiche didattiche, permettendo di osservare le dimensioni legate alla self-efficacy professionale.

Questa impostazione metodologica ha permesso di mantenere una forte coerenza tra gli strumenti quantitativi e qualitativi utilizzati nella ricerca. Come sottolineano Braun e Clarke (2006), l'analisi tematica può essere condotta sia in modo puramente induttivo sia in modo teoricamente guidato; nel presente studio è stata adottata una strategia intermedia, in cui la codifica delle interviste è stata inizialmente sviluppata a partire dai dati empirici e successivamente ricondotta ai costrutti teorici individuati nella fase quantitativa.

7.4 Procedura di analisi tematica

L'analisi delle interviste è stata condotta attraverso una procedura di analisi tematica, un metodo qualitativo ampiamente utilizzato nelle scienze sociali per identificare, analizzare e interpretare pattern di significato presenti nei dati testuali. L'analisi tematica consente infatti di individuare temi ricorrenti all'interno di un corpus di dati e di interpretarne il significato alla luce del quadro teorico di riferimento della ricerca (Braun & Clarke, 2006).

Nel presente studio l'analisi tematica è stata condotta seguendo un approccio induttivo-deduttivo. Da un lato, la fase iniziale di codifica ha privilegiato una lettura esplorativa dei dati, con l'obiettivo di individuare unità di significato emergenti direttamente dalle narrazioni dei docenti. Dall'altro lato, le categorie interpretative emerse sono state successivamente messe in relazione con i fattori latenti individuati attraverso l'analisi fattoriale del questionario. Questo approccio ha permesso di mantenere un equilibrio tra l'attenzione ai dati empirici e la coerenza con il quadro teorico che guida la ricerca.

L'intero processo di analisi si è articolato in diverse fasi successive, illustrate nei paragrafi seguenti.

7.4.1 Familiarizzazione con i dati

La prima fase dell'analisi tematica ha riguardato la familiarizzazione con il corpus di dati qualitativi. Le interviste sono state trascritte integralmente e successivamente analizzate attraverso una lettura ripetuta e approfondita. Questa fase ha permesso di individuare le prime unità di significato rilevanti per la ricerca, costituite da segmenti di testo in cui i docenti descrivevano attività didattiche, strategie metodologiche, modalità di interazione con gli studenti, utilizzo delle tecnologie educative e riflessioni professionali.

Secondo Braun e Clarke (2006), la familiarizzazione rappresenta una fase fondamentale dell'analisi tematica, poiché consente al ricercatore di acquisire una comprensione globale del dataset e di iniziare a individuare possibili pattern interpretativi all'interno dei dati.

Nel presente studio questa fase ha consentito di identificare una serie di elementi ricorrenti nelle narrazioni dei docenti, tra cui l'uso di strategie didattiche *inquiry-based*, l'integrazione delle tecnologie digitali nelle attività di apprendimento, il ruolo della discussione tra pari e la riflessione professionale dei docenti sulle proprie pratiche.

7.4.2 Costruzione dei codebook provvisori

Successivamente alla fase di familiarizzazione, è stata avviata la fase di codifica iniziale, finalizzata a individuare le unità di significato presenti nelle interviste. In questa fase è stato adottato un approccio di codifica multiprospettica, ispirato alla letteratura sulla triangolazione analitica nei metodi qualitativi (Saldaña, 2021).

Per ciascuna intervista sono stati elaborati tre codebook provvisori indipendenti, ciascuno dei quali rifletteva una diversa prospettiva interpretativa:

- una prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale, orientata a individuare elementi legati alla collaborazione, alla discussione tra pari, all'uso di materiali e alla costruzione condivisa della conoscenza all'interno di contesti di apprendimento attivo;
- una prospettiva scientifico-tecnologica e rappresentazionale, focalizzata sui processi di modellizzazione, esternalizzazione dei concetti, uso di strumenti e artefatti per supportare la comprensione, nonché sulle dinamiche di apprendimento per variazione e sulla sostenibilità operativa del setting didattico;
- una prospettiva centrata sulle competenze professionali e digitali dei docenti, finalizzata a identificare le modalità di integrazione pedagogica delle tecnologie, la progettazione del compito investigativo, la gestione del dialogo didattico e la trasferibilità dell'esperienza in altri contesti educativi.

Questa procedura ha permesso di esplorare i dati da diverse angolazioni interpretative, favorendo una lettura più articolata del corpus di interviste.

È opportuno precisare che la costruzione dei codebook provvisori da parte dei tre ricercatori non è avvenuta in modo libero o completamente induttivo, ma all'interno di uno spazio interpretativo teoricamente orientato e metodologicamente regolato. In particolare, ciascun ricercatore ha operato a partire da un quadro di riferimento condiviso – costituito dal paradigma socio-costruttivista, dai modelli di competenza professionale docente e dalla struttura dei fattori latenti della ricerca – che ha

definito i confini entro cui interpretare i dati. All'interno di tale spazio, tuttavia, è stata mantenuta una pluralità di sguardi interpretativi, legata ai differenti orientamenti teorici dei ricercatori (socio-costruttivista, cognitivo, tecnologico-professionale), consentendo l'emersione di letture complementari dello stesso materiale empirico. In tal senso, i codebook provvisori non rappresentano classificazioni arbitrarie, ma interpretazioni situate e teoricamente informate, successivamente sottoposte a confronto e integrazione attraverso la triangolazione.

7.4.3 Triangolazione e costruzione dei codebook definitivi

I codebook provvisori sono stati successivamente confrontati attraverso una procedura di triangolazione analitica, finalizzata a individuare convergenze e divergenze tra le categorie interpretative emerse nelle diverse prospettive di analisi.

Attraverso questo confronto è stato possibile identificare nuclei concettuali comuni presenti nelle narrazioni dei docenti. Tali nuclei hanno costituito la base per la costruzione del codebook definitivo di ciascuna intervista.

Ogni codebook definitivo è stato organizzato in una tabella composta da cinque elementi principali: codice identificativo del tema; etichetta concettuale; definizione operativa del codice; indicatori osservabili nel testo; evidenze testuali tratte dalle interviste.

Questa procedura ha consentito di mantenere la trasparenza metodologica, permettendo di ricostruire il percorso interpretativo che ha condotto dalla codifica iniziale alla definizione delle categorie analitiche finali.

7.4.4 Quantizzazione delle evidenze

Una volta definiti i codebook finali delle singole interviste, è stata introdotta una fase di quantizzazione delle evidenze, con l'obiettivo di integrare l'analisi qualitativa con una lettura comparativa dei dati.

La quantizzazione è stata realizzata attraverso una procedura di conteggio basata sulla presenza dei codici nel testo. In particolare, per ciascun codice è stata registrata la presenza di almeno un indicatore osservabile all'interno dell'intervista. In questo modo è stato possibile costruire una tabella di sintesi delle evidenze presenti in ciascun caso analizzato.

Questo passaggio metodologico non sostituisce l'interpretazione qualitativa dei dati, ma consente di rendere confrontabili i diversi casi analizzati e di individuare la distribuzione dei temi all'interno dell'intero corpus di interviste. La trasformazione di dati qualitativi in informazioni quantitative

rappresenta una pratica consolidata nei disegni mixed methods e permette di rafforzare l'integrazione tra le diverse componenti della ricerca (Creswell & Plano Clark, 2023).

7.4.5 Costruzione del codebook globale

Dopo aver completato l'analisi delle singole interviste, i codebook definitivi sono stati messi a confronto con l'obiettivo di costruire un codebook globale comune all'intero corpus di dati.

Questa fase ha previsto una procedura di normalizzazione semantica dei codici, attraverso la quale le categorie interpretative emerse nelle singole interviste sono state ricondotte ai fattori latenti individuati nella fase quantitativa della ricerca.

Il codebook globale è stato quindi organizzato in relazione agli otto fattori teorici identificati attraverso l'analisi fattoriale del questionario:

- Discussion and Reflection
- Investigate and Creation
- Asking
- Relation with Daily Life
- Teachers' Professional Digital Competence
- Teachers' Digital Content Development
- Knowledge of interdisciplinary pedagogical strategies
- Teachers' Self-efficacy beliefs.

Per ciascun fattore sono stati definiti uno o più codici operativi utilizzati per classificare le evidenze presenti nelle interviste. Questa procedura ha permesso di costruire un quadro interpretativo comune che rende confrontabili le diverse esperienze didattiche descritte dai docenti.

7.4.6 Convergenza quantitativa del corpus

L'ultima fase dell'analisi ha previsto la costruzione di una matrice che mette in relazione le interviste analizzate con i fattori latenti del modello teorico.

Attraverso la somma delle evidenze individuate nelle singole interviste è stato possibile ottenere una distribuzione complessiva dei fattori all'interno del corpus qualitativo. Questa distribuzione è stata successivamente rappresentata attraverso un istogramma globale, che consente di visualizzare in modo sintetico la presenza relativa dei diversi fattori nelle pratiche didattiche narrate dai docenti.

In questo modo, l'analisi tematica non si limita a descrivere i contenuti delle interviste, ma contribuisce a rafforzare l'interpretazione dei risultati quantitativi, mostrando in che modo i fattori

latenti individuati attraverso il questionario trovano riscontro nelle esperienze didattiche realizzate in classe.

7.5 Analisi e traccia delle interviste

La presente sezione raccoglie e discute l'analisi delle undici interviste realizzate con i docenti che hanno partecipato al percorso formativo e che hanno successivamente sperimentato in classe attività coerenti con i contenuti metodologici affrontati durante la formazione. L'obiettivo di questa parte del lavoro è duplice. Da un lato, essa consente di ricostruire in modo analitico le pratiche didattiche effettivamente messe in atto dai docenti, mettendo in evidenza scelte metodologiche, strategie di mediazione, forme di utilizzo del digitale, dinamiche di partecipazione degli studenti e riflessioni professionali maturate a partire dall'esperienza. Dall'altro lato, essa permette di verificare in che misura i fattori latenti emersi nella fase quantitativa trovino riscontro nelle narrazioni dei docenti e nelle pratiche da essi descritte.

Ciascuna intervista è stata analizzata seguendo una procedura uniforme, già descritta nei paragrafi metodologici precedenti. In particolare, per ogni caso si è proceduto attraverso una prima lettura narrativa dell'esperienza didattica, seguita dalla costruzione di tre codebook provvisori indipendenti, riferiti a differenti prospettive interpretative. Il confronto tra tali letture ha consentito di individuare nuclei concettuali convergenti e di costruire, tramite triangolazione, un codebook definitivo per ciascuna intervista. Successivamente, i codici definitivi sono stati messi in relazione con i fattori latenti del questionario, così da rendere possibile una quantizzazione delle evidenze e una successiva convergenza quantitativa del corpus complessivo.

La scelta di mantenere una struttura analitica costante per tutte le interviste risponde a un'esigenza di coerenza metodologica e comparabilità tra i casi. Ogni sottosezione presenta quindi: una sintesi del contesto e dell'attività descritta dal docente; i codebook provvisori derivati dalle tre letture indipendenti; il processo di triangolazione; il codebook definitivo; la mappatura dei codici sui fattori latenti; la quantizzazione delle evidenze; una breve sintesi interpretativa del caso. Questa organizzazione consente di preservare la specificità di ciascuna esperienza didattica senza rinunciare a una lettura trasversale dell'intero corpus.

Nel loro insieme, le undici interviste non vengono dunque considerate come semplici testimonianze isolate, ma come casi analitici che contribuiscono alla costruzione di un quadro interpretativo più ampio. Attraverso questa sezione, l'analisi tematica mostra come le dimensioni teoriche individuate dal questionario si traducano in pratiche reali, quali aspetti risultino più frequentemente osservabili nei racconti dei docenti e quali, invece, emergano in modo più debole o discontinuo.

Traccia dell'intervista

L'intervista è stata condotta attraverso una traccia semi-strutturata (allegato 5 in appendice) costruita per sollecitare una descrizione dettagliata dell'esperienza, delle scelte progettuali e delle riflessioni professionali successive. Le domande formulate alla docente sono riportate di seguito, poiché costituiscono il quadro di riferimento entro cui si colloca l'analisi del testo.

La prima domanda chiedeva di descrivere l'attività realizzata dopo la formazione, specificando obiettivi, contenuti, fasi di lavoro e modalità di organizzazione, nonché le strategie metodologiche adottate.

La seconda domanda era focalizzata sui materiali concreti, sugli strumenti digitali e sulle risorse tecnologiche utilizzate, chiedendo di esplicitare perché fossero stati scelti, come fossero stati integrati nella didattica e in che misura tale gestione differisse dalle pratiche abituali della docente.

La terza domanda riguardava il modo in cui gli studenti avevano esplorato, sperimentato, formulato ipotesi o risolto problemi, chiedendo esempi concreti di attività investigative o di costruzione della conoscenza.

La quarta domanda invitava a descrivere eventuali momenti di lavoro tra pari, confronto di idee o discussione collettiva, oltre alle modalità con cui la docente aveva stimolato curiosità, domande e riflessione sui processi seguiti.

La quinta domanda era centrata sulle reazioni osservate negli studenti, in termini di partecipazione, interesse, sicurezza e inclusione, e si concludeva chiedendo se l'attività avesse previsto collegamenti con esperienze quotidiane o situazioni reali.

La sesta domanda chiedeva di riflettere su eventuali difficoltà incontrate nella gestione di tempi, materiali, spazi o gruppi e su possibili strategie migliorative.

La settima e ultima domanda sollecitava una rilettura complessiva dell'esperienza, chiedendo in che modo la formazione avesse inciso sul modo di progettare e gestire la didattica, se la docente si sentisse più competente o più sicura in qualche ambito e che cosa intendesse mantenere o modificare in futuro.

7.5.1 Intervista 1

La prima intervista (allegato 6 in appendice) analizzata nel presente capitolo riguarda un'attività didattica realizzata in una classe quinta della scuola primaria, nell'ambito di un percorso di geometria dedicato ai poligoni. L'attività è stata progettata con l'obiettivo di lavorare sui concetti di lato, vertice e angolo ed è organizzata in più fasi operative.

In una prima fase la docente introduce i contenuti oggetto di lavoro. Successivamente, gli studenti sono coinvolti in attività di costruzione delle figure geometriche mediante l'utilizzo di materiali quali das e stuzzicadenti. A questa fase segue un momento di esplorazione attraverso l'impiego della simulazione digitale PHET Colorado, utilizzata per osservare le caratteristiche dei poligoni. L'attività si conclude con una fase di rielaborazione, durante la quale gli alunni utilizzano listelle di carta con elementi mobili per modificare le figure costruite.

Dal punto di vista organizzativo, l'attività viene svolta in piccoli gruppi. Gli studenti lavorano alla costruzione e alla trasformazione delle figure, alternando momenti di lavoro con materiali concreti e momenti di interazione con lo strumento digitale.

L'ambiente di lavoro è quindi caratterizzato dalla presenza di materiali manipolativi (come das, stuzzicadenti, listelle di carta etc.), strumenti digitali e organizzazione in gruppi, distribuiti nelle diverse fasi dell'attività.

Procedura di analisi tematica

L'analisi dell'intervista è stata sviluppata attraverso una procedura di analisi tematica a tre letture indipendenti. La scelta di costruire tre codebook provvisori non ha avuto una funzione meramente confermativa, ma ha mirato a rendere visibile la pluralità dei possibili accessi interpretativi al testo. Un medesimo segmento dell'intervista, infatti, può essere letto come indice di mediazione laboratoriale, come evidenza di strutturazione cognitiva del compito o come manifestazione di competenza professionale del docente. La triangolazione nasce precisamente da questa possibilità di confronto tra sguardi diversi.

Il primo ricercatore ha adottato un orientamento socio-costruttivista e laboratoriale, focalizzandosi soprattutto sulla progettazione per fasi, sulla funzione dei materiali concreti, sulla collaborazione tra pari, sull'emergere della curiosità e sulla trasformazione della postura didattica. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico-tecnologico e in qualità di docente di tecnologia, ha privilegiato una lettura maggiormente centrata sui processi di rappresentazione, esternalizzazione dei costrutti, apprendimento per variazione, supporto metarappresentazionale della simulazione e sostenibilità operativa del setting. Il terzo ricercatore ha costruito il proprio codebook guardando soprattutto alle competenze professionali della docente, all'integrazione consapevole del digitale, alla progettazione del compito investigativo, alla gestione del dialogo e alla trasferibilità dell'esperienza.

Questa triplice lettura ha prodotto tre codebook provvisori distinti, ma ampiamente convergenti sul piano sostanziale. La fase successiva è consistita nella comparazione sistematica dei tre insiemi di

codici, per individuare nuclei concettuali condivisi, differenze di etichettatura e divergenze dovute alla diversa granularità analitica. La triangolazione, pertanto, non è stata concepita come semplice verifica di accordo lessicale, ma come processo di interpretazione congiunta. In concreto, essa si è articolata in quattro passaggi. In un primo momento ciascun ricercatore ha costruito il proprio codebook in autonomia, definendo per ogni codice un'etichetta, una definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In un secondo momento i tre codebook sono stati messi a confronto per verificare se categorie denominate in modo differente rinviassero in realtà allo stesso nucleo di significato. In un terzo momento, laddove il nucleo risultava convergente, esso è stato stabilizzato nel codebook definitivo; laddove invece emergevano differenze, si è discusso se esse dipendessero da un reale disaccordo interpretativo o da un diverso livello di specificazione del medesimo fenomeno. In un quarto e ultimo passaggio, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa.

Un punto metodologico particolarmente rilevante riguarda proprio quest'ultimo passaggio. L'associazione ai fattori latenti non è stata effettuata in modo impressionistico o per somiglianza generica, ma seguendo una lettura verticale rigorosa. Ciò significa che, per ogni fattore, si è verificato se il testo contenesse evidenze chiare e argomentabili relative a quel costrutto del docente. Se il legame fosse risultato forte, il codice sarebbe stato associato al fattore. Se invece risultava solo indiretto, ambiguo o non sufficientemente verbalizzato, esso non veniva conteggiato nella quantizzazione finale. Questo criterio è fondamentale, perché impedisce di sovrainterpretare il materiale empirico e rende più robusto il legame tra componente qualitativa e componente quantitativa della ricerca.

Codebook provvisori

Tabella 7.1 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (orientamento socio-costruttivista e didattica laboratoriale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa	Inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-C1	Scaffolding multimodale progressivo	Sequenza progettata che alterna introduzione teorica, attività concrete, esplorazione digitale e rielaborazione finale, al fine di sostenere progressivamente la comprensione	Include sequenze esplicite in più fasi; esclude attività non scandite progressivamente	“in più fasi”, “introduzione teorica... poi... infine...”	“Ho progettato il lavoro in più fasi: una prima fase di introduzione teorica, seguita da attività... poi un'esplorazione digitale e infine una rielaborazione concreta”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa	Inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-C2	Mediazione concreta del concetto	Uso di materiali concreti per rendere osservabili e trasformabili le proprietà geometriche	Include costruzione e trasformazione materiale delle figure; esclude mera osservazione passiva	“das e stuzzicadenti”, “toccare e trasformare”	“Ho utilizzato materiali... come das e stuzzicadenti per costruire le figure”; “La possibilità di toccare e trasformare le figure...”
R1-C3	Mediazione digitale come supporto cognitivo	Uso della simulazione per esplorare, confrontare e sostenere la verifica delle proprietà geometriche	Include funzione cognitiva dichiarata del digitale; esclude uso generico dello strumento	“PHET... confrontare visivamente”, “verificare ipotesi”	“la simulazione PHET Colorado per esplorare e confrontare visivamente”; “verificare le loro ipotesi”
R1-C4	Cooperazione orientata al confronto	Organizzazione del lavoro in piccoli gruppi per favorire collaborazione, confronto e discussione	Include interazione tra pari esplicitamente descritta; esclude semplice divisione in gruppi	“piccoli gruppi”, “collaborazione e confronto”, “discusso”	“Gli studenti hanno lavorato in piccoli gruppi”; “hanno discusso sulle differenze tra le figure”
R1-C5	Curiosità epistemica e domanda spontanea	Emergere di curiosità e domande nel corso dell’attività	Include domande spontanee e interventi della docente per stimolare curiosità; esclude solo interesse generico	“posto domande spontanee”, “stimolando la curiosità”	“Gli studenti hanno... posto domande spontanee”; “stimolando la curiosità”
R1-C6	Inclusione come accessibilità situata	Partecipazione più sicura degli alunni in difficoltà grazie alla struttura del compito	Include riferimento esplicito ad alunni fragili e a maggiore sicurezza; esclude inclusione generica	“maggiore sicurezza”, “accesso a tutti”	“anche alcuni alunni... hanno partecipato con maggiore sicurezza”; “facilitando l’accesso a tutti”
R1-C7	Verifica di ipotesi attraverso l’azione	Possibilità offerta agli alunni di sperimentare, confrontare e verificare	Include esplicita menzione della verifica di ipotesi;	“verificare le loro ipotesi”, “sperimentare direttamente”	“Con PHET hanno potuto... verificare le loro ipotesi”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa	Inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		ipotesi attraverso l'attività	esclude semplice osservazione		
R1-C8	Regolazione organizzativa del setting	Riflessione su tempi, materiali, spazi e ruoli come condizioni di efficacia della lezione	Include criticità organizzative e strategie migliorative; esclude difficoltà concettuali	“tempo necessario”, “ruoli più definiti”	“La principale difficoltà ha riguardato il tempo necessario...”; “ruoli più definiti”
R1-C9	Trasformazione della postura didattica	Esplicitazione di un cambiamento nel modo di intendere la didattica verso pratiche più esplorative e meno trasmissive	Include verbalizzazioni di cambiamento professionale; esclude semplice soddisfazione	“più incline a progettare”, “piuttosto che sulla trasmissione diretta”	“Mi sento più incline a progettare lezioni basate sull'esplorazione e sul confronto...”

Tabella 7.2 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (orientamento scientifico-tecnologico)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa	Inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-C1	Eternalizzazione concreta dei costrutti	Traduzione di concetti geometrici astratti in configurazioni materiali osservabili e modificabili	Include passaggi in cui la concretezza è funzionale alla comprensione; esclude uso ornamentale dei materiali	“concreti e visibili”, “toccare e trasformare”	“Ho scelto questi strumenti per rendere i concetti più concreti e visibili”; “toccare e trasformare”
R2-C2	Comprensione per variazione delle proprietà	Costruzione del concetto attraverso il cambiamento controllato di lati e angoli e il confronto tra figure	Include trasformazione delle proprietà come leva cognitiva; esclude costruzione senza confronto	“cambiamento di lati e angoli”, “poligoni diversi”	“osservando come il cambiamento di lati e angoli producesse poligoni diversi”
R2-C3	Simulazione come supporto rappresentazionale	Uso del digitale per confrontare visivamente proprietà	Include funzioni di visualizzazione e verifica; esclude uso digitale non analitico	“confrontare visivamente”, “verificare le loro ipotesi”	“Con PHET hanno potuto confrontare visivamente le proprietà

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa	Inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		geometriche e controllare ipotesi			geometriche e verificare le loro ipotesi”
R2-C4	Interazione per la concettualizzazione	Costruzione del significato attraverso confronto, discussione e verbalizzazione tra pari	Include collaborazione con contenuto cognitivo esplicito; esclude semplice lavoro di gruppo	“collaborazione e confronto”, “discusso”	“Il lavoro in piccoli gruppi ha favorito la collaborazione e il confronto”; “Gli studenti hanno discusso...”
R2-C5	Attivazione cognitiva e motivazionale	Coinvolgimento attivo degli alunni nel compito, visibile in partecipazione, interesse e curiosità	Include segnali di engagement; esclude mera esecuzione	“alto livello di partecipazione”, “curiosi e attivi”	“Ho osservato un alto livello di partecipazione e interesse. Gli studenti si sono mostrati curiosi e attivi”
R2-C6	Riduzione delle barriere di accesso	La struttura del compito permette anche agli alunni in difficoltà di partecipare con maggiore sicurezza	Include esplicito riferimento ad alunni fragili e accessibilità cognitiva	“maggiore sicurezza”	“anche alcuni alunni che solitamente incontrano difficoltà hanno partecipato con maggiore sicurezza”
R2-C7	Sostenibilità operativa del setting	Capacità di leggere criticità legate a tempi, materiali, ruoli e spazi	Include gestione organizzativa; esclude riflessione puramente metodologica	“tempo necessario”, “ruoli più definiti”	“La principale difficoltà ha riguardato il tempo necessario...”; “ruoli più definiti”
R2-C8	Riflessione metodologica della docente	Rilettura dell’esperienza come occasione di revisione del proprio modo di insegnare	Include verbalizzazioni di apprendimento professionale	“valorizzare maggiormente...”, “più incline...”	“L’esperienza mi ha portato a valorizzare maggiormente la didattica laboratoriale...”

Tabella 7.3 – Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (orientamento competenze professionali, digitale e strategie STEAM)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa	Inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-C1	Progettazione intenzionale di ambiente multimodale	Pianificazione di un percorso didattico che integra teoria, attività concrete, digitale e rielaborazione	Include integrazione intenzionale di più modalità; esclude semplice giustapposizione di attività	“in più fasi”, “integrare l’esperienza manuale con quella digitale”	“Ho progettato il lavoro in più fasi...”
R3-C2	Compito investigativo sulle proprietà geometriche	Attività progettata per fare osservare relazioni, trasformazioni e differenze tra figure	Include compiti di confronto e indagine; esclude esercizi puramente procedurali	“osservando come il cambiamento...”, “riconoscere le caratteristiche”	“Gli studenti hanno costruito e trasformato le figure, osservando come...”
R3-C3	Uso giustificato della simulazione didattica	Scelta e integrazione della simulazione con finalità didattica esplicita	Include motivazione dell’uso del digitale; esclude semplice citazione dello strumento	“per esplorare e confrontare visivamente”, “integrare... manuale con digitale”	“Ho scelto questi strumenti per rendere i concetti più concreti e visibili e per integrare l’esperienza manuale con quella digitale”
R3-C4	Sviluppo e adattamento di materiali didattici	Tempo e lavoro dedicati alla predisposizione di materiali e risorse in funzione del compito	Include preparazione intenzionale di materiali e setting; esclude uso non progettato	“più tempo alla progettazione dei materiali”	“ho dedicato più tempo alla progettazione dei materiali e all’integrazione del digitale”
R3-C5	Conduzione del dialogo e del confronto	Azione della docente volta a promuovere verbalizzazione, dialogo e confronto durante l’attività	Include interventi del docente, non solo interazioni spontanee degli alunni	“Ho incoraggiato il dialogo”	“Ho incoraggiato il dialogo durante le attività e l’esplorazione guidata”
R3-C6	Partecipazione attiva e inclusione come esito della progettazione	Engagement e maggiore sicurezza come esiti della struttura didattica predisposta dalla docente	Include partecipazione attiva e sicurezza, ma letti come effetto di una regia didattica	“alto livello di partecipazione”, “maggiore sicurezza”	“Ho osservato un alto livello di partecipazione...”; “hanno partecipato con maggiore sicurezza”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa	Inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-C7	Gestione dei vincoli organizzativi	Capacità di rilevare criticità organizzative e formulare ipotesi di miglioramento	Include tempi, spazi, gruppi e ruoli	“organizzazione degli spazi”, “ruoli più definiti”	“In futuro prevederei una migliore organizzazione degli spazi e ruoli più definiti”
R3-C8	Crescita professionale e trasferibilità	Consapevolezza del cambiamento professionale e intenzione di estendere l’approccio ad altri contenuti	Include riuso, adattamento, estensione futura	“Riproporrei...”, “estendendo l’approccio...”	“Riproporrei l’uso dei materiali... estendendo eventualmente l’approccio ad altri contenuti geometrici”

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Il confronto tra i tre codebook provvisori evidenzia un’elevata convergenza interpretativa. Tale convergenza non si manifesta sempre attraverso identiche denominazioni, ma attraverso il riconoscimento di nuclei concettuali sostanzialmente coincidenti. In altri termini, i tre ricercatori non hanno necessariamente usato le stesse etichette, ma hanno individuato strutture di significato molto simili. Questo aspetto è particolarmente rilevante, perché consente di affermare che il testo presenta una forte coerenza interna e che la pluralità degli sguardi non ha prodotto letture contraddittorie, bensì livelli differenti di focalizzazione.

I nuclei concettuali che emergono con maggiore stabilità sono nove: la progettazione sequenziale e multimodale dell’attività; la funzione della mediazione concreta nella costruzione del concetto; l’integrazione intenzionale della simulazione digitale; la presenza di un compito investigativo basato su trasformazioni e verifica di ipotesi; la promozione della collaborazione e della discussione tra pari; l’attivazione della curiosità e delle domande; l’attenzione all’accessibilità del compito; la riflessione sulla regolazione organizzativa del setting; la trasformazione professionale della docente con prospettive di trasferibilità futura.

La divergenza più significativa tra i tre ricercatori riguarda il trattamento della curiosità e delle domande spontanee. Nel primo codebook questo nucleo è tematizzato in modo autonomo e distinto. Nelle seconde tende a essere assorbito entro una categoria più ampia di attivazione cognitiva e motivazionale. Nel terzo viene in parte intercettato attraverso il codice relativo alla conduzione del dialogo. Dopo discussione, si è deciso di mantenerlo come codice autonomo, perché il testo contiene

un riferimento esplicito sia alle “domande spontanee” sia all’azione della docente volta a “stimolare la curiosità”. Tale presenza testuale giustifica la stabilizzazione del nucleo come categoria distinta nel codebook definitivo.

La triangolazione, dunque, non ha funzionato come una semplice operazione di fusione dei codici, ma come un processo di rielaborazione teorico-empirica. Essa ha permesso di passare da categorie più vicine alle diverse sensibilità dei ricercatori a un insieme di codici più robusto, teoricamente fondato e coerente con gli obiettivi del capitolo.

Tabella 7.4 – Convergenze tra i tre codebook provvisori

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Progettazione in fasi e integrazione multimodale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Mediazione concreta del concetto	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Uso della simulazione digitale con funzione cognitiva	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Compito investigativo basato su trasformazioni e verifica	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Collaborazione e confronto tra pari	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Curiosità e domande spontanee	Presente in forma esplicita	Presente ma inglobata nell’engagement	Presente indirettamente nella conduzione del dialogo	Convergenza sostanziale con diversa granularità
Inclusione/accessibilità del compito	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Regolazione organizzativa di tempi, ruoli e spazi	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Trasformazione professionale e trasferibilità	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

Sulla base di questa analisi, l’accordo a tre risulta molto elevato e riguarda otto nuclei su nove in modo pienamente convergente; il nono, relativo a curiosità e domande spontanee, presenta comunque

una convergenza sostanziale, sebbene con una diversa granularità interpretativa. In termini argomentativi, questo consente di affermare che il codebook definitivo poggia su una triangolazione solida e trasparente.

Codebook definitivo

Tabella 7.5– Codebook definitivo dell’Intervista 1

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
CD1	Progettazione sequenziale e integrazione multimodale	La docente organizza l’attività come sequenza intenzionale di fasi che integrano spiegazione iniziale, attività concrete, esplorazione digitale e rielaborazione finale	Include descrizioni in cui le diverse modalità sono inserite entro una progressione didattica coerente; esclude semplice successione non motivata di attività	“Ho progettato il lavoro in più fasi...”
CD2	Mediazione concreta per la concettualizzazione	La docente utilizza materiali concreti per rendere osservabili, trasformabili e comprensibili proprietà geometriche astratte	Include costruzione e trasformazione delle figure con funzione concettuale; esclude uso esecutivo dei materiali	“das e stuzzicadenti per costruire le figure”; “toccare e trasformare le figure”
CD3	Integrazione intenzionale della simulazione digitale	La docente usa la simulazione per esplorare, confrontare e controllare proprietà geometriche, integrando il digitale nella costruzione del concetto	Include uso motivato e pedagogicamente fondato del digitale; esclude impiego accessorio dello strumento	“PHET Colorado per esplorare e confrontare visivamente”; “verificare le loro ipotesi”
CD4	Guida a un compito investigativo	La docente struttura il compito in modo che gli alunni osservino trasformazioni, confrontino configurazioni e verifichino ipotesi	Include presenza di variazione, osservazione e controllo; esclude esercizi ripetitivi o puramente applicativi	“osservando come il cambiamento di lati e angoli producesse poligoni diversi”
CD5	Promozione di collaborazione e discussione tra pari	La docente organizza il lavoro e il setting in modo da favorire confronto, verbalizzazione e discussione	Include lavoro di gruppo con interazione cognitiva esplicita; esclude gruppi senza confronto significativo	“piccoli gruppi”; “hanno discusso sulle differenze tra le figure”

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
CD6	Attivazione della curiosità e della domanda	La docente favorisce l'emergere di curiosità e domande come leva dell'apprendimento	Include domande spontanee e interventi intenzionali della docente per stimolare curiosità; esclude semplice interesse	“posto domande spontanee”; “stimolando la curiosità”
CD7	Accessibilità del compito e partecipazione sicura	La docente rileva che la struttura dell'attività consente anche agli alunni con più difficoltà di partecipare con maggiore sicurezza	Include riferimenti espliciti a difficoltà e maggiore sicurezza; esclude inclusione non documentata	“anche alcuni alunni... hanno partecipato con maggiore sicurezza”
CD8	Regolazione organizzativa del setting didattico	La docente riconosce criticità nella gestione di tempi, materiali, spazi e gruppi e formula strategie di miglioramento	Include problemi logistici e relative ipotesi correttive; esclude difficoltà puramente disciplinari	“tempo necessario per distribuire e raccogliere i materiali”; “ruoli più definiti”
CD9	Trasformazione professionale e trasferibilità	La docente rilegge l'esperienza come occasione di cambiamento nella progettazione e nella concezione della didattica, ipotizzandone il riuso in altri contesti	Include auto-riflessione professionale, maggiore propensione all'esplorazione, intenzione di riutilizzo e adattamento	“Mi sento più incline...”; “Riproporrei...”; “estendendo l'approccio...”

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

Il passaggio successivo consiste nell'associare i codici definitivi ai fattori latenti. Questo non può essere ridotto a un'operazione di mera corrispondenza nominale. Ogni associazione deve essere giustificata teoricamente e ancorata a evidenze testuali. Inoltre, come già chiarito, la lettura deve essere riferita al docente e non agli studenti. Di conseguenza, un codice viene collegato a un fattore solo se esprime una dimensione della competenza, della conoscenza, della riflessività o dell'autoefficacia docente.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, discussione di soluzioni alternative, riflessione sui processi e responsabilizzazione nel percorso di

indagine. In questa intervista esso è sostenuto in modo pieno dal codice CD5, perché la docente organizza piccoli gruppi e osserva esplicitamente collaborazione, confronto e discussione sulle differenze tra le figure. Anche CD9 contribuisce a questo fattore, ma su un piano diverso: non tanto per la discussione tra gli alunni, quanto per la riflessività professionale della docente, che rilegge la propria esperienza e dichiara di orientarsi verso pratiche più esplorative e dialogiche. Il codice CD1, pur creando le condizioni per l'attivazione di momenti riflessivi, non è stato considerato centrale in questo fattore nella quantizzazione finale, per evitare un allargamento eccessivo del costrutto.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare gli studenti nei processi di ricerca, organizzazione dell'esperienza, osservazione, analisi dei risultati e progettazione di compiti investigativi. In questa intervista il fattore emerge con particolare forza. Vi rientra innanzitutto CD4, poiché il compito è esplicitamente strutturato attorno alla trasformazione delle figure, all'osservazione delle proprietà e alla verifica di ipotesi. Vi contribuisce anche CD3, dato che la simulazione digitale è utilizzata come supporto all'esplorazione e al confronto, quindi come mediazione funzionale alla ricerca. Anche CD2 è associato a questo fattore, nella misura in cui la mediazione concreta permette di rendere il compito investigabile. Infine, CD1, inteso come progettazione sequenziale e multimodale, viene ricondotto a Investigate and Creation perché la progressione delle fasi sostiene lo sviluppo dell'indagine e non una mera successione di esercizi.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, attivare domande profonde, mantenere vivo l'interesse e progettare situazioni problematiche che sostengano la ricerca. In questa intervista esso trova la sua espressione più netta nel codice CD6, poiché il testo verbalizza sia l'emergere di domande spontanee, sia l'azione della docente volta a stimolare la curiosità attraverso compiti pratici e osservazioni dirette. Non sono stati associati altri codici in modo forte a questo fattore, proprio per mantenere rigorosa la lettura verticale.

Il fattore Relation with Daily Life si riferisce alla competenza del docente nel collegare i contenuti disciplinari alla vita quotidiana, integrare nuovi argomenti con conoscenze pregresse e favorire il trasferimento in contesti reali. In questa intervista tale dimensione non emerge in modo esplicito. La docente afferma che i concetti sono diventati più concreti e accessibili, ma non verbalizza alcun collegamento con situazioni quotidiane o con esperienze extrascolastiche. Per questa ragione il fattore non viene considerato presente e non viene quantificato.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, includendo aspetti legati allo sviluppo professionale continuo, all'uso riflessivo delle tecnologie, alla gestione didattica e organizzativa del setting, alla collaborazione e alla capacità di impiegare il digitale in modo pedagogicamente fondato. In questa

intervista il fattore è chiaramente sostenuto dal codice CD3, poiché la simulazione non viene utilizzata in modo accessorio ma con una funzione cognitiva precisa. A esso si aggiunge CD8, che documenta la riflessione della docente sulle condizioni organizzative di efficacia dell'attività, e CD9, che mostra una rilettura professionale dell'esperienza e un cambiamento nel modo di progettare. Anche CD1 è associato a TPDC, poiché la progettazione integrata delle diverse modalità, compreso il digitale, è indice di una competenza professionale che va oltre il semplice uso tecnico dello strumento.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda invece la capacità del docente di creare, adattare e sviluppare contenuti digitali per la didattica, come materiali multimediali, risorse digitali personalizzate, presentazioni interattive o contenuti per ambienti di apprendimento online. In questa intervista la presenza di TDCD è più limitata. Essa può essere ricondotta soprattutto a CD3, nella misura in cui la docente integra intenzionalmente una risorsa digitale dentro il percorso didattico, e a CD4 solo in forma indiretta non quantificata. Si è scelto tuttavia un criterio prudente: poiché il testo documenta soprattutto l'uso integrato di una simulazione e non la produzione esplicita di contenuti digitali originali, il fattore viene considerato presente ma con peso ridotto.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza dei docenti in merito a strategie pedagogiche interdisciplinari e correlate allo STEM, come *inquiry-based learning*, *problem based learning*, *project based learning* e *design thinking*. In questa intervista esso emerge non tanto attraverso una nominazione teorica delle strategie, quanto nel modo in cui l'attività è progettata. Vi sono pertanto associati CD4, poiché il compito ha un chiaro impianto investigativo; CD1, perché la sequenza multimodale e progressiva richiama una logica *inquiry-oriented*; e CD9, perché la docente mostra di avere interiorizzato il valore di un approccio esplorativo e intende trasferirlo ad altri contenuti.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare efficacemente attività di insegnamento STEM integrato, influenzare positivamente l'apprendimento degli studenti e continuare a migliorare le proprie competenze professionali in ambito STEM. In questa intervista il nucleo più forte è rappresentato da CD9, perché la docente dichiara di sentirsi più incline a progettare lezioni esplorative e manifesta intenzione di riuso e trasferibilità dell'approccio. Anche CD4 viene ricondotto a questo fattore, dal momento che la strutturazione di un compito investigativo implica una certa fiducia operativa nelle proprie capacità di progettazione. Si è invece scelto di non associare CD7 a questo fattore nella quantizzazione finale, poiché la maggiore sicurezza riguarda gli studenti e non una verbalizzazione diretta dell'autoefficacia della docente.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.6 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell’Intervista 1

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
CD1		✓			✓		✓	
CD2		✓						
CD3		✓			✓	✓		
CD4		✓					✓	✓
CD5	✓							
CD6			✓					
CD7								
CD8					✓			
CD9	✓				✓		✓	✓

In questa tabella la lettura è stata effettuata in verticale e sono state considerate soltanto le associazioni pienamente giustificate dal testo. La dimensione Relation with Daily Life risulta assente e, coerentemente con il criterio metodologico adottato, non viene quindi inclusa nella quantizzazione finale.

Quantizzazione delle evidenze

Per consentire il passaggio dall’analisi qualitativa del singolo caso a una successiva comparazione tra interviste, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti. L’unità di conteggio è stata definita come la presenza di un codice in una risposta dell’intervista.

Anche in questa fase è stato mantenuto il criterio di rigore interpretativo già esplicitato: sono state conteggiate soltanto le associazioni forti e non quelle deboli o indirette. La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell'intervista è la seguente: nella risposta 1 compaiono CD1 e CD5, nella risposta 2 compaiono CD2 e CD3, nella risposta 3 compaiono CD3 e CD4, nella risposta 4 compaiono CD5 e CD6, nella risposta 5 compaiono CD2 e CD7, nella risposta 6 compare CD8, nella risposta 7 compare CD9.

La quantizzazione finale dei fattori latenti risulta la seguente.

Tabella 7.7 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell'Intervista 1

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	2	13,3%
Investigate and Creation	4	26,7%
Asking	1	6,7%
TPDC	4	26,7%
TDCD	1	6,7%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	2	13,3%
Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	2	13,3%

Il fattore Relation with Daily Life non compare nella tabella perché non risulta esplicitamente presente nell'intervista. Tale assenza non costituisce una lacuna dell'analisi, ma il risultato coerente dell'applicazione del criterio metodologico adottato: se un fattore non emerge chiaramente dal testo, non deve essere forzato né quantificato.

Interpretazione della distribuzione dei fattori latenti

La distribuzione quantitativa evidenzia con particolare chiarezza la predominanza di due fattori: Investigate and Creation e Teachers' Professional Digital Competence (TPDC), entrambi pari al 26,7% delle evidenze complessive. Questo dato è altamente significativo, poiché suggerisce che la pratica descritta dalla docente si caratterizza innanzitutto per la costruzione di un compito investigativo e per una progettazione professionale consapevole dell'uso del digitale.

La centralità di Investigate and Creation conferma che l'attività non è stata organizzata come semplice applicazione di conoscenze già date, ma come esperienza di ricerca guidata, in cui gli studenti sono stati posti nelle condizioni di osservare trasformazioni, confrontare proprietà e verificare ipotesi. Sul

piano interpretativo, tuttavia, tale risultato non deve essere letto come una caratteristica degli alunni, bensì come indice della competenza della docente nel progettare un ambiente investigativo. È infatti la docente a predisporre il compito, a selezionare i materiali, a integrare la simulazione e a costruire la sequenza didattica in modo da rendere possibile l'indagine.

La presenza altrettanto forte di TPDC indica che l'uso del digitale non è stato né episodico né marginale. Al contrario, la docente mostra una competenza digitale professionale in senso ampio, che si manifesta nella scelta motivata degli strumenti, nella loro integrazione all'interno di un percorso multimodale e nella riflessione organizzativa sul setting. Il riferimento al maggiore tempo dedicato alla progettazione dei materiali e all'integrazione del digitale, insieme alla consapevolezza delle criticità logistiche, conferma che il fattore non riguarda il solo uso tecnico della tecnologia, ma una più ampia capacità di regia professionale.

I fattori Discussion and Reflection, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching, ciascuno con il 13,3%, delineano ulteriori aspetti qualificanti del profilo docente emergente. La dimensione della discussione e della riflessione appare nella promozione del confronto tra pari e nella rielaborazione professionale dell'esperienza. La conoscenza di strategie pedagogiche interdisciplinari si manifesta nella struttura *inquiry-oriented* del compito e nella progressiva adesione della docente a una logica esplorativa. L'autoefficacia professionale, infine, emerge nel momento in cui la docente dichiara di sentirsi più incline a progettare attività di questo tipo e di volerne estendere l'approccio ad altri contenuti geometrici.

Più marginali risultano i fattori Asking e TDCD, entrambi al 6,7%. Nel primo caso il dato suggerisce che la curiosità e la domanda siano presenti, ma non costituiscano ancora il nucleo dominante della pratica descritta. Nel secondo caso, la limitata presenza di TDCD è coerente con il fatto che l'intervista documenta soprattutto l'integrazione di una risorsa digitale già disponibile, più che la produzione autonoma di contenuti digitali complessi da parte della docente.

L'assenza di Relation with Daily Life conferma invece che, in questa esperienza, la concretezza del compito non è stata accompagnata da una verbalizzazione esplicita del collegamento con situazioni quotidiane o contesti reali. Questo è un punto importante anche sul piano teorico: concretezza e quotidianità non coincidono automaticamente. Un'attività può essere concreta, accessibile e fortemente laboratoriale senza per questo attivare un trasferimento esplicito verso la vita quotidiana. Riconoscere questa distinzione evita interpretazioni improprie e rafforza la precisione dell'analisi.

Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

Per rendere maggiormente leggibile la distribuzione dei fattori latenti emersi nell'Intervista 1, i dati riportati nella Tabella 8.19 possono essere tradotti in una rappresentazione grafica. La visualizzazione assume, in questa sede, una funzione non meramente illustrativa, ma interpretativa, poiché consente di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni professionali del docente che emergono dal testo.

L'impiego di una rappresentazione grafica è particolarmente utile nel quadro del presente capitolo, poiché costituisce un passaggio intermedio tra l'analisi qualitativa del singolo caso e la successiva comparazione trasversale delle interviste. In altri termini, il grafico non sostituisce la lettura analitica, ma la rafforza, offrendo una sintesi visuale delle evidenze già emerse attraverso il processo di codifica e la mappatura ai fattori latenti.

Nel caso specifico dell'Intervista 1, la distribuzione quantitativa mostra con evidenza la centralità di due fattori, Investigate and Creation e Teachers' Professional Digital Competence, entrambi con il 26,7% delle evidenze complessive. Questo dato conferma che il profilo professionale emergente dal testo è fortemente caratterizzato, da un lato, dalla capacità della docente di strutturare compiti investigativi fondati su osservazione, trasformazione e verifica e, dall'altro, da una competenza digitale professionale intesa come integrazione consapevole e pedagogicamente fondata degli strumenti all'interno della sequenza didattica.

Accanto a questi due fattori predominanti, il grafico rende visibile la presenza, con valori intermedi, di Discussion and Reflection, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching, ciascuno pari al 13,3%. Tali dati mostrano che l'intervista non restituisce soltanto una docente capace di predisporre attività operative, ma anche una professionista che promuove confronto e verbalizzazione, che agisce secondo logiche riconducibili a strategie pedagogiche attive e che manifesta una crescente fiducia nella propria capacità di progettare e trasferire questo tipo di esperienza.

Più contenuta risulta invece la presenza dei fattori Asking e Teachers' Digital Content Development, entrambi al 6,7%. Nel primo caso la dimensione interrogativa compare nel testo, ma non costituisce il fulcro dominante della narrazione della docente; nel secondo, la limitata incidenza di TD CD conferma che il racconto insiste maggiormente sull'integrazione intenzionale di una risorsa digitale all'interno della pratica didattica che non sulla produzione autonoma di contenuti digitali originali.

Resta assente, come già evidenziato, la dimensione Relation with Daily Life. Anche sul piano grafico questa assenza riveste un significato interpretativo preciso. Essa segnala che la concretezza e l'accessibilità del compito non si traducono automaticamente in un collegamento esplicito con situazioni di vita quotidiana. Il grafico, pertanto, non documenta una mancanza della pratica, ma un dato importante della sua configurazione: l'esperienza è fortemente laboratoriale e multimodale, ma non verbalizza in maniera esplicita il trasferimento verso contesti extrascolastici.

Istogramma dei fattori latenti

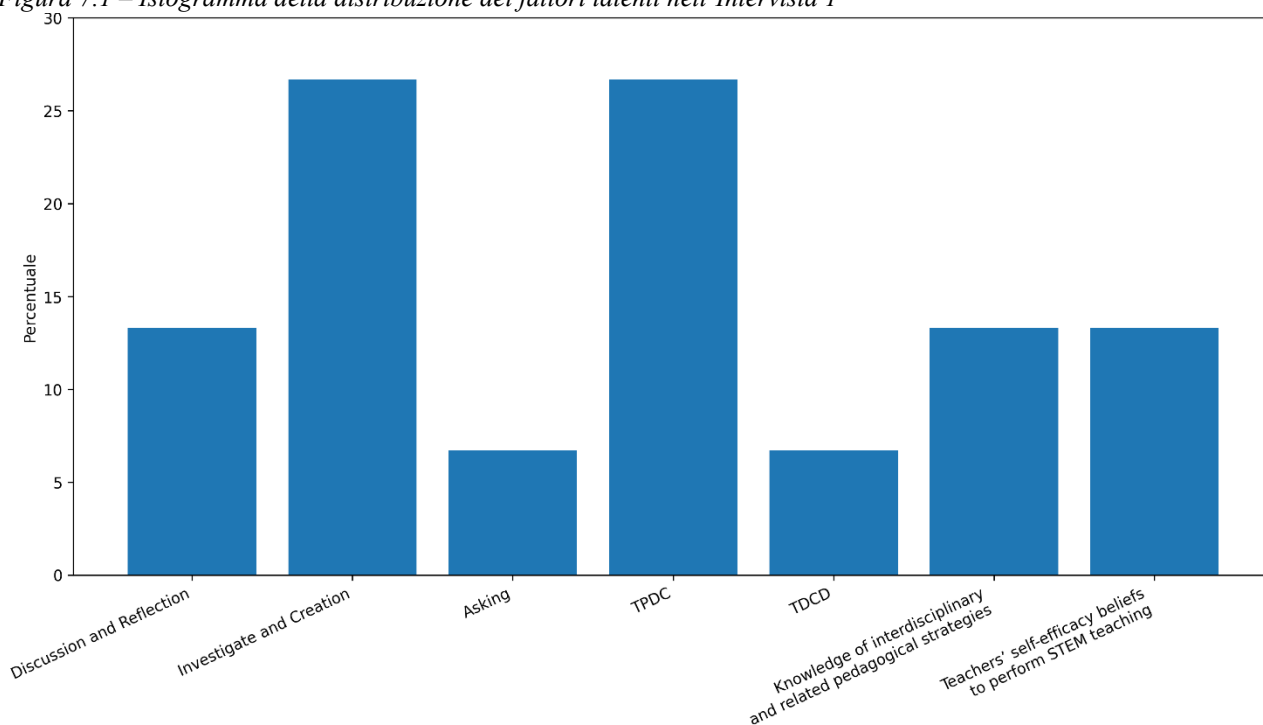
La distribuzione dei fattori latenti può essere efficacemente rappresentata attraverso un istogramma, poiché tale forma di visualizzazione permette di confrontare con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni rilevate nell'intervista. Nel presente caso, l'istogramma mette in evidenza due barre nettamente prevalenti, corrispondenti ai fattori Investigate and Creation e TPDC. La loro altezza uguale conferma la co-dominanza di queste due dimensioni nel profilo professionale della docente.

Dal punto di vista interpretativo, il grafico mostra come la pratica descritta sia sostenuta da una doppia ossatura. La prima riguarda la strutturazione di compiti investigativi, nei quali la docente guida gli alunni a costruire, trasformare, osservare e verificare. La seconda riguarda la competenza digitale professionale, che non si esaurisce nell'uso dello strumento, ma include la sua integrazione didattica, la riflessione organizzativa e la consapevolezza progettuale. La convergenza di questi due fattori suggerisce che l'attività osservata si colloca in una zona di intersezione fra didattica attiva e professionalità digitale docente.

L'istogramma evidenzia inoltre un secondo gruppo di fattori, caratterizzati da una presenza intermedia, costituito da Discussion and Reflection, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. La loro collocazione su un livello inferiore rispetto ai due fattori dominanti, ma comunque significativo, mostra che il caso possiede una struttura complessa: non si tratta solo di un'attività ben progettata sul piano operativo, ma di un'esperienza che si accompagna a confronto tra pari, riflessione professionale, appropriazione di strategie attive e consolidamento della fiducia progettuale del docente. Le barre più basse, riferite ad Asking e TDCD, non indicano irrilevanza, bensì una minore centralità all'interno di questa specifica narrazione. La curiosità e le domande emergono, ma in modo circoscritto; analogamente, la dimensione della produzione o adattamento di contenuti digitali è presente ma non particolarmente sviluppata. In tal senso, l'istogramma consente una lettura graduata delle dimensioni professionali, evitando sia una lettura appiattita sia una gerarchizzazione semplificata.

L'assenza della barra corrispondente a Relation with Daily Life, infine, svolge una funzione interpretativa rilevante. Essa ricorda visivamente che la pratica, pur essendo concreta e accessibile, non verbalizza un'esplicita connessione con situazioni quotidiane. Anche sotto questo profilo, la rappresentazione grafica si dimostra utile perché rende immediatamente percepibile non solo ciò che emerge, ma anche ciò che non compare nel testo.

Figura 7.1 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 1



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 1. I dati evidenziano la predominanza di Investigate and Creation e Teachers' Professional Digital Competence, entrambe pari al 26,7%, seguite da Discussion and Reflection, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching, ciascuna pari al 13,3%. Asking e Teachers' Digital Content Development risultano presenti in misura più contenuta, mentre Relation with Daily Life non emerge in forma esplicita nel testo.

Accanto all'istogramma, anche il grafico radar risulta particolarmente utile per rappresentare la configurazione complessiva del caso. A differenza dell'istogramma, che mette l'accento sul confronto lineare tra quantità, il radar consente di visualizzare il profilo d'insieme dell'intervista come una struttura multidimensionale. Nel caso dell'Intervista 1, la figura che ne deriva non assume una forma circolare o equilibrata, ma presenta due punte più marcate in corrispondenza di Investigate and Creation e TPDC, accompagnate da una serie di estensioni intermedie e da un'assenza netta sul versante di Relation with Daily Life.

Questa configurazione restituisce l'immagine di una docente che ha sviluppato soprattutto la capacità di progettare esperienze di indagine e di integrare il digitale in modo professionale e riflessivo. Le altre dimensioni presenti, pur meno estese, completano il profilo mostrando che tale competenza non opera in modo isolato, ma si accompagna a promozione del confronto, interiorizzazione di strategie attive e crescita dell'autoefficacia. La forma complessiva del radar suggerisce quindi un'identità professionale in trasformazione, nella quale alcune componenti sono già fortemente consolidate, mentre altre risultano ancora in fase di sviluppo.

In particolare, la presenza intermedia di Discussion and Reflection, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e self-efficacy mostra che la docente non si limita a realizzare un'attività ben riuscita, ma sta progressivamente riorientando la propria razionalità didattica. La pratica non appare più organizzata secondo una logica esclusivamente trasmissiva, ma si sposta verso una struttura che valorizza l'esplorazione, il dialogo, la progettazione intenzionale e il riutilizzo riflessivo dell'esperienza.

Le punte più ridotte di Asking e TDCD contribuiscono a definire ulteriormente il profilo. Nel primo caso, la dimensione della domanda è presente ma ancora periferica rispetto alla centralità del compito investigativo; nel secondo, la docente mostra di saper integrare una risorsa digitale in modo didatticamente significativo, ma non verbalizza una vera e propria attività di sviluppo articolato di contenuti digitali personalizzati. Anche queste minori estensioni, dunque, non devono essere lette come assenze, bensì come indicatori di un profilo professionale selettivo, con punti di forza già chiari e aree di ulteriore consolidamento.

L'assenza della dimensione Relation with Daily Life produce nel radar un'interruzione del profilo che ha una precisa utilità interpretativa. Essa rende visibile che la pratica, pur caratterizzata da concretezza, partecipazione e accessibilità, non viene narrata in termini di connessione con la quotidianità extrascolastica. Il radar, dunque, consente di cogliere con particolare efficacia sia la densità delle dimensioni presenti, sia il significato pedagogico delle dimensioni assenti.

Figura 7.2 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 1



Tabella finale dell'intervista

Per agevolare l'inserimento dell'Intervista 1 all'interno della successiva comparazione tra casi, è stata predisposta anche una tabella finale di sintesi, che raccoglie in forma compatta i nuclei essenziali dell'analisi.

Tabella 7.8– Sintesi dell'Intervista 1

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Classe quinta della scuola primaria, attività di geometria sui poligoni
Obiettivo dichiarato	Consolidare i concetti di lato, vertice e angolo attraverso un approccio laboratoriale
Struttura dell'attività	Sequenza in più fasi: introduzione teorica, attività concrete, esplorazione digitale, rielaborazione finale

Dimensione	Esito
Mediazioni utilizzate	Materiali concreti, simulazione digitale PHET, materiali mobili per trasformare le figure
Logica del compito	Compito investigativo fondato su costruzione, trasformazione, confronto e verifica di ipotesi
Organizzazione sociale	Lavoro in piccoli gruppi, confronto tra pari, discussione sulle differenze tra le figure
Ruolo della docente	Progettazione intenzionale del setting, promozione del dialogo, integrazione dei materiali e riflessione organizzativa
Fattori latenti prevalenti	Investigate and Creation; Teachers' Professional Digital Competence
Fattori latenti presenti con intensità intermedia	Discussion and Reflection; Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti presenti con intensità ridotta	Asking; Teachers' Digital Content Development
Fattori latenti assenti	Relation with Daily Life
Trasformazione professionale emergente	Passaggio verso una didattica più esplorativa, laboratoriale, multimodale e meno trasmissiva
Elemento qualificante del caso	Integrazione coerente tra mediazione concreta, esplorazione digitale e costruzione investigativa del concetto geometrico
Limite interpretativo principale	Assenza di un collegamento esplicito con contesti di vita quotidiana
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di trasformazione della postura didattica del docente attraverso un dispositivo di ricerca-formazione orientato alla didattica attiva

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 1 restituisce il profilo di una pratica didattica fortemente orientata alla costruzione attiva del concetto geometrico attraverso una regia docente che integra in modo coerente mediazione concreta, simulazione digitale, confronto tra pari e riflessione professionale. L'elemento più significativo non risiede semplicemente nella varietà degli strumenti utilizzati, ma nel fatto che tali strumenti sono inseriti in una sequenza intenzionale che sostiene progressivamente l'accesso al concetto.

La presenza dominante dei fattori Investigate and Creation e TPDC mostra che il caso si colloca all'incrocio tra due dimensioni decisive della professionalità docente contemporanea: da un lato la capacità di progettare compiti investigativi, dall'altro la competenza digitale professionale intesa come integrazione consapevole e pedagogicamente fondata degli strumenti. La docente non usa il digitale in modo accessorio, ma lo inserisce come parte di un processo di costruzione della

conoscenza; allo stesso tempo, non si limita a predisporre materiali concreti, ma li orienta verso un'attività di esplorazione, confronto e verifica.

La presenza di Discussion and Reflection segnala che la docente riconosce valore alla dimensione dialogica dell'apprendimento e organizza il setting in modo da promuovere verbalizzazione e confronto. La presenza di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies indica che, pur senza un'esplicitazione teorica formalizzata, la docente mostra di avere interiorizzato principi riconducibili a strategie attive e *inquiry-based*. La dimensione della self-efficacy suggerisce inoltre che l'esperienza non è stata percepita come episodio isolato, ma come occasione di consolidamento della fiducia professionale e di rilancio della propria capacità progettuale.

La limitata presenza di Asking non va letta come assenza della dimensione interrogativa, ma come indice del fatto che, in questa specifica intervista, il racconto della docente insiste maggiormente sulla strutturazione del compito che non sull'elaborazione sistematica della domanda come asse del processo. Analogamente, la presenza ridotta di TDCD conferma che l'integrazione del digitale è più forte sul versante dell'uso professionale e riflessivo che non su quello della produzione di contenuti digitali originali.

Infine, l'assenza di Relation with Daily Life costituisce un dato interpretativo importante. Essa mostra che la didattica attiva, laboratoriale e multimodale non coincide necessariamente con una contestualizzazione esplicita nel quotidiano. In questo caso, la docente rende i concetti più accessibili e comprensibili attraverso l'azione, la trasformazione e la visualizzazione, ma non esplicita collegamenti con l'esperienza extrascolastica degli alunni. Sul piano metodologico, mantenere distinta questa assenza è essenziale per non sovraccaricare il testo di significati non verbalizzati.

In conclusione, l'Intervista 1 si configura come un caso esemplare di trasformazione della postura didattica del docente a seguito del percorso di ricerca-formazione. La docente mostra di essersi spostata da una logica prevalentemente trasmissiva verso una progettazione maggiormente centrata su esplorazione, confronto, costruzione del concetto e integrazione multimodale. In tal senso, il caso rappresenta un esempio particolarmente significativo di come il dispositivo formativo possa incidere non soltanto sulle tecniche adottate in aula, ma sulla razionalità pedagogica complessiva con cui il docente interpreta la propria azione.

7.5.2 Intervista 2

La seconda intervista (allegato 7 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata in una classe quarta della scuola primaria, nell'ambito di un'unità di matematica dedicata ai poligoni, con particolare riferimento alla distinzione tra area e perimetro. L'attività è organizzata in diverse fasi

e si apre con un'introduzione informale dei concetti, seguita da situazioni operative finalizzate al lavoro sui significati.

Successivamente, la classe viene suddivisa in piccoli gruppi e gli studenti sono coinvolti in attività di esplorazione e confronto. Il lavoro prosegue attraverso una sequenza di consegne che prevedono l'utilizzo di materiali concreti e si conclude con un compito finale.

Dal punto di vista degli strumenti, l'attività prevede l'impiego di cartoncini con forme geometriche, carta quadrettata, righelli e spago. Gli studenti utilizzano questi materiali per misurare i lati delle figure, calcolare il contorno e determinare lo spazio interno attraverso il conteggio dei quadretti. Le attività comprendono anche il confronto tra figure con lo stesso perimetro e area diversa e tra figure con la stessa area e perimetro differente.

Nel corso dell'attività, gli studenti sono impegnati in operazioni di misurazione, conteggio e confronto tra configurazioni diverse. Il percorso include inoltre una fase applicativa finale, nella quale viene richiesto di progettare una abitazione su carta quadrettata utilizzando i concetti affrontati.

L'organizzazione del lavoro in piccoli gruppi è accompagnata da momenti di confronto tra pari e da una domanda iniziale proposta dalla docente, riferita a una situazione concreta legata alla misurazione di uno spazio e di un contorno. Durante le diverse fasi, gli studenti alternano attività pratiche, momenti di discussione e fasi di rielaborazione.

L'attività si sviluppa quindi attraverso l'uso combinato di materiali manipolativi, strumenti per la misurazione e rappresentazioni su carta quadrettata, distribuiti nelle diverse fasi operative e inseriti all'interno di un'organizzazione basata sul lavoro di gruppo.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 2 è stata sviluppata attraverso una procedura a tre letture indipendenti, costruita con la finalità di rendere espliciti i diversi livelli di accesso interpretativo al testo. La scelta metodologica risponde all'esigenza di evitare una codifica univoca e lineare, permettendo invece che il testo venga interrogato da prospettive differenti ma complementari. In tal modo, la triangolazione finale non si riduce a un controllo formale di accordo, ma si configura come un processo di rielaborazione interpretativa che rende più robusta la lettura del caso.

Come per la prima intervista il primo ricercatore ha adottato un orientamento socio-costruttivista e laboratoriale, focalizzando l'attenzione soprattutto sulla sequenza dell'attività, sulla funzione dei materiali concreti, sulla cooperazione tra pari, sulla domanda-problema iniziale, sull'accessibilità dell'esperienza e sul cambiamento di approccio dichiarato dalla docente. Il secondo ricercatore, con

orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha concentrato la lettura sui processi di costruzione del significato matematico, sulle misurazioni, sulla verifica di ipotesi, sul conflitto cognitivo generato dal confronto tra area e perimetro e sul rapporto tra esperienza concreta e formalizzazione concettuale. Il terzo ricercatore ha privilegiato invece una prospettiva centrata sulle competenze professionali del docente, leggendo il testo in termini di progettazione intenzionale del setting, costruzione di un task autentico, conduzione del dialogo disciplinare, inclusione partecipativa, sostenibilità organizzativa e trasferibilità futura dell'esperienza.

La triangolazione si è sviluppata in quattro passaggi. In un primo momento, ciascun ricercatore ha costruito in autonomia un proprio codebook provvisorio, definendo etichette concettuali, definizioni operative, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In un secondo momento, i tre codebook sono stati messi a confronto per verificare se categorie diversamente denominate rimandassero in realtà a nuclei concettuali equivalenti. In un terzo passaggio, tali nuclei sono stati stabilizzati nel codebook definitivo, distinguendo le convergenze piene dai casi in cui la differenza dipendeva soltanto da una diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti del questionario, applicando una lettura verticale rigorosa.

Questa lettura verticale ha comportato che ciascun fattore latente venisse considerato presente soltanto quando il testo fornisse evidenze chiare e teoricamente giustificabili del costrutto riferito al docente. Di conseguenza, non tutti i codici del codebook definitivo sono stati automaticamente trasformati in evidenze quantitative, e non tutti i fattori latenti sono stati ritenuti osservabili. Tale scelta è particolarmente rilevante in questa intervista, nella quale il testo documenta in modo molto forte la dimensione investigativa, la discussione, il collegamento con la vita reale, la conoscenza di strategie attive e l'autoefficacia professionale, ma non offre basi sufficienti per attribuire evidenze alla competenza digitale professionale del docente o allo sviluppo di contenuti digitali.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.9 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (orientamento socio-costruttivista e laboratoriale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Scaffolding laboratoriale sequenziale	Attività progettata come percorso in fasi progressive, nel quale introduzione iniziale, esplorazione, confronto	Include presenza di una sequenza esplicitamente articolata in fasi e orientata alla	“sequenza laboratoriale articolata in diverse fasi”, “introduzione”,	“Ho progettato una sequenza laboratoriale articolata in diverse fasi. Dopo una prima

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		e consegna finale sono organizzati in modo intenzionale per sostenere gradualmente la comprensione	costruzione progressiva del concetto; esclude descrizioni episodiche di attività non integrate	“esplorazione e confronto”, “consegna finale”	introduzione informale dei concetti, ho organizzato situazioni concrete... fino a una consegna finale”
R1-B	Mediazione concreta del concetto matematico	Uso di materiali fisici e strumenti di misura per rendere visibili area e perimetro e favorire la costruzione del significato matematico	Include impiego di cartoncini, carta quadrettata, righelli, spago e attività di misurazione o conteggio; esclude semplice presenza di oggetti senza funzione cognitiva esplicita	“cartoncini”, “carta quadrettata”, “righelli e spago”, “misurare concretamente”, “contare lo spazio interno”	“Ho utilizzato cartoncini con diverse forme geometriche, carta quadrettata, righelli e spago”; “misurare concretamente i lati, calcolare il contorno e contare lo spazio interno delle figure”
R1-C	Indagine comparativa	Attività di confronto tra figure per mettere in evidenza la non coincidenza fra area e perimetro e promuovere ristrutturazione concettuale	Include confronto fra figure con stesso perimetro e area diversa, o viceversa; esclude semplici esercizi di misura senza comparazione	“stesso perimetro ma area diversa e viceversa”	“hanno confrontato figure con lo stesso perimetro ma area diversa e viceversa”
R1-D	Apprendimento cooperativo	Organizzazione in piccoli gruppi finalizzata al confronto tra pari, alla verbalizzazione e all’argomentazione reciproca	Include lavoro in gruppo con confronto esplicito e verbalizzazione; esclude divisione in gruppi senza interazione significativa	“piccoli gruppi”, “confronto continuo”, “dialogo”, “espliciti i propri pensieri”	“La classe è stata divisa in piccoli gruppi”; “Il lavoro in piccoli gruppi ha favorito il confronto continuo”; “rendendo espliciti i propri pensieri”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-E	Domanda-problema generativa	Introduzione di un quesito aperto, contestualizzato e problematico, finalizzato ad attivare ipotesi e curiosità	Include presenza di una domanda iniziale situata in un contesto reale; esclude richieste puramente nozionistiche	“Se devo comprare un tappeto...”, “sto misurando la stessa cosa o due cose diverse?”	“La domanda che ho posto a loro è: ‘Se devo comprare un tappeto per coprire il pavimento e costruire una recinzione intorno al giardino, sto misurando la stessa cosa o due cose diverse? Che cosa cambia?’”
R1-F	Inclusione tramite accessibilità concettuale	Maggiore partecipazione e uso più preciso del linguaggio matematico da parte di alunni che solitamente incontrano difficoltà, grazie alla struttura dell’esperienza	Include esplicito riferimento a studenti che normalmente confondono area e perimetro o partecipano meno; esclude inclusione genericamente dichiarata	“maggiore partecipazione attiva”, “uso più preciso del linguaggio”, “studenti che solitamente confondono area e perimetro”	“Ho osservato una maggiore partecipazione attiva e un uso più preciso del linguaggio matematico, anche da parte di studenti che solitamente confondono area e perimetro”
R1-G	Regolazione organizzativa dell’attività	Riflessione sulle difficoltà di gestione dei gruppi e dei tempi, con individuazione di strategie per migliorare la fluidità dell’esperienza	Include problemi legati a organizzazione del lavoro, tempi di conteggio, distribuzione del compito e ipotesi correttive; esclude difficoltà puramente concettuali	“faticato a organizzare il lavoro”, “tempi più lunghi”, “tempi più distesi”	“Alcuni gruppi hanno faticato a organizzare il lavoro e il conteggio dei quadretti ha richiesto tempi più lunghi del previsto”; “In futuro prevederei tempi più distesi”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-H	Riflessione professionale trasformativa	Esplicitazione di un cambiamento nel modo di concepire l'insegnamento della matematica, con valorizzazione di ipotesi, discussione e verbalizzazione rispetto alla mera applicazione di procedure	Include dichiarazioni di cambiamento metodologico e intenzione di mantenere la struttura adottata; esclude semplice soddisfazione per l'attività	“ho dato spazio alle ipotesi, alla discussione e alla verbalizzazione”, “non alla sola applicazione di procedure”, “manterrei la struttura cooperativa”	“In questa attività ho dato spazio alle ipotesi, alla discussione e alla verbalizzazione e non alla sola applicazione di procedure. Manterrei la struttura cooperativa...”

Tabella 7.10 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (orientamento scientifico)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Costruzione esperienziale del significato	I concetti matematici astratti vengono costruiti a partire dall'esperienza concreta e dalla rielaborazione progressiva, prima dell'introduzione delle formule	Include tutti i passaggi in cui la docente esplicita che il significato precede la formalizzazione; esclude applicazione diretta di regole senza costruzione preliminare	“costruzione del significato prima dell'uso delle formule”	“Ho scelto questi materiali... così da permettere loro la costruzione del significato prima dell'uso delle formule”
R2-B	Esplorazione metrica operativa	Attività fondate su misurazioni reali di lati, contorni e superfici, orientate a distinguere proprietà diverse delle figure	Include misurazione dei lati, calcolo del perimetro, conteggio dei quadretti interni; esclude riferimenti generici alla concretezza non legati a un'azione misurativa	“misurare”, “calcolare il contorno”, “contare lo spazio interno”	“permettere agli studenti di misurare concretamente i lati, calcolare il contorno e contare lo spazio interno delle figure”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-C	Verifica empirica delle ipotesi	Gli alunni controllano le proprie congetture mediante confronto diretto con i dati raccolti nell'esperienza	Include verifica concreta delle ipotesi e controllo delle differenze tra area e perimetro; esclude semplice formulazione di ipotesi senza verifica	"verificare concretamente le loro ipotesi"	"Attraverso queste attività hanno potuto verificare concretamente le loro ipotesi e arrivare gradualmente a distinguere i due concetti"
R2-D	Conflitto cognitivo produttivo	La sorpresa derivante dal confronto tra figure con stesso perimetro e area diversa diventa leva per la ristrutturazione del concetto	Include sorpresa e scoperta intesa come segnali di revisione concettuale; esclude stupore generico non legato al compito matematico	"molto coinvolti e sorpresi", "stesso perimetro... aree diverse"	"Gli alunni si sono mostrati molto coinvolti e sorpresi nello scoprire che figure con lo stesso perimetro potevano avere aree diverse"
R2-E	Discussione argomentativa	Gli studenti mettono a confronto ipotesi e ragionamenti, esplicitando i propri pensieri attraverso il linguaggio matematico	Include verbalizzazione, confronto e uso più preciso del linguaggio; esclude semplice conversazione organizzativa	"messo a confronto le proprie ipotesi", "rendendo espliciti i propri pensieri"	"Gli studenti hanno messo a confronto le proprie ipotesi, rendendo espliciti i propri pensieri"
R2-F	Connessione al quotidiano	Il significato matematico viene collegato a situazioni reali e contesti d'uso concreti	Include esempi di tappeto, recinzione, abitazione o altri contesti reali; esclude concretezza interna al compito se non riferita alla vita quotidiana	"tappeto", "recinzione", "abitazione", "contesto reale"	"L'attività è partita da esempi quotidiani, come misurare lo spazio di un tappeto o la lunghezza di una recinzione"; "progettazione di una abitazione"
R2-G	Gestione adattiva della classe	La docente interviene in modo flessibile per regolare tempi e difficoltà organizzative	Include interventi mirati e ridefinizione dei tempi; esclude	"interventi mirati", "tempi più distesi"	"Ho gestito queste difficoltà attraverso il confronto tra pari e interventi mirati. In

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		durante lo svolgimento dell'attività	dichiarazioni astratte non riferite al caso		futuro prevederei tempi più distesi"
R2-H	Evoluzione del ruolo docente	La docente si sposta da una didattica centrata sulle procedure a una didattica centrata su indagine, confronto e verbalizzazione	Include passaggi in cui viene esplicitata la distanza dalla sola applicazione di formule o procedure	"non alla sola applicazione di procedure"	"In questa attività ho dato spazio alle ipotesi, alla discussione e alla verbalizzazione e non alla sola applicazione di procedure"

Tabella 7.11 – Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (orientamento competenze professionali, strategie pedagogiche e STEM)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	Progettazione intenzionale dell'ambiente di apprendimento	La docente pianifica in modo strutturato fasi, materiali e setting, sostenendo il compito con un lavoro preparatorio significativo	Include preparazione dei materiali, organizzazione della sequenza e intenzionalità progettuale; esclude semplice esecuzione dell'attività	"lavoro preparatorio più impegnativo", "sequenza", "piccoli gruppi"	"Questa attività ha richiesto un lavoro preparatorio più impegnativo rispetto a una lezione tradizionale"
R3-B	Task autentico a valenza STEM	Proposta finale che richiede di applicare i concetti geometrici in una situazione progettuale concreta	Include compito di progettazione dell'abitazione o altri compiti autentici; esclude esercizi	"progettazione di una abitazione su carta quadrettata"	"Successivamente hanno applicato quanto appreso nella progettazione di una"

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
			scolastici decontestualizzati		abitazione su carta quadrettata”
R3-C	Facilitazione del dialogo disciplinare	La docente interviene intenzionalmente per promuovere dialogo e confronto durante l’esplorazione	Include incoraggiamento esplicito al dialogo, domande di rilancio, verbalizzazione guidata; esclude dialogo spontaneo non sostenuto dal docente	“Ho poi incoraggiato il dialogo”	“Ho poi incoraggiato il dialogo durante le fasi di esplorazione”
R3-D	Attivazione motivazionale del compito	Il dispositivo didattico genera coinvolgimento e sorpresa come effetto della struttura del compito	Include coinvolgimento e sorpresa letti come esiti della progettazione; esclude entusiasmo generico non contestualizzato	“molto coinvolti e sorpresi”	“Gli alunni si sono mostrati molto coinvolti e sorpresi...”
R3-E	Inclusione partecipativa	La progettazione sostiene una maggiore partecipazione e un uso più preciso del linguaggio matematico anche da parte degli studenti più fragili	Include partecipazione attiva e precisione lessicale legate alla struttura del compito; esclude miglioramenti non attribuibili all’intervento docente	“maggiore partecipazione attiva”, “uso più preciso del linguaggio”	“Ho osservato una maggiore partecipazione attiva e un uso più preciso del linguaggio matematico...”
R3-F	Sostenibilità organizzativa del setting	Capacità della docente di rilevare criticità gestionali e di formulare strategie per rendere l’attività più fluida	Include organizzazione dei gruppi, tempi, ritmo di lavoro e soluzioni migliorative	“organizzare il lavoro”, “tempi più lunghi”, “tempi più distesi”	“Alcuni gruppi hanno faticato a organizzare il lavoro...”; “In futuro prevederei tempi più distesi”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-G	Crescita professionale e trasferibilità	La docente riconosce il valore metodologico dell'esperienza e ne ipotizza il mantenimento e l'adattamento futuro	Include intenzione di riuso, adattamento per età diverse e consolidamento di convinzioni professionali	“rafforzato la mia convinzione”, “manterrei la struttura cooperativa”	“L'esperienza ha rafforzato la mia convinzione...”; “Manterrei la struttura cooperativa, adattando materiali e consegne...”

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Il confronto tra i tre codebook provvisori mette in evidenza una convergenza interpretativa molto elevata. I tre ricercatori, pur utilizzando lessici e focalizzazioni differenti, individuano nuclei concettuali sostanzialmente coincidenti.

I nuclei concettuali stabilmente riconoscibili nei tre codebook sono nove. Il primo riguarda la progettazione laboratoriale sequenziale, vale a dire la costruzione di un percorso in più fasi. Il secondo concerne la mediazione concreta del concetto matematico tramite materiali e strumenti di misura. Il terzo riguarda l'indagine metrica e la verifica di ipotesi, cioè la struttura investigativa del compito. Il quarto nucleo è costituito dalla discussione cooperativa e dalla verbalizzazione tra pari. Il quinto riguarda la domanda-problema generativa, che funge da avvio epistemico dell'attività. Il sesto concerne la connessione con la vita reale, resa esplicita dagli esempi quotidiani e dal compito autentico finale. Il settimo riguarda l'inclusione e la precisione concettuale, lette come effetti della struttura del compito. L'ottavo nucleo è la regolazione organizzativa e la sostenibilità del setting. Il nono, infine, è rappresentato dalla riflessione professionale trasformativa della docente.

In questa intervista la convergenza è particolarmente netta anche perché le eventuali differenze tra i ricercatori non riguardano l'esistenza dei nuclei, ma soltanto il livello di specificazione. Il primo ricercatore legge il caso soprattutto come esperienza laboratoriale e cooperativa; il secondo mette a fuoco la costruzione esperienziale del significato matematico e il ruolo del conflitto cognitivo; il terzo enfatizza la progettazione intenzionale e il valore professionale della trasferibilità. Tuttavia, questi accenti differenti non producono divergenze sostanziali, bensì arricchiscono la comprensione del testo.

La triangolazione ha pertanto consentito di trasformare i nuclei emersi dai tre codebook provvisori in un codebook definitivo più compatto, semanticamente stabile e più direttamente utilizzabile per la mappatura sui fattori latenti del questionario.

Tabella 7.12 – Convergenze tra i tre codebook provvisori dell’Intervista 2

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Progettazione per fasi del percorso	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Mediazione concreta del concetto matematico	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Indagine metrica e verifica di ipotesi	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Discussione tra pari e verbalizzazione	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Domanda-problema iniziale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Collegamento a situazioni di vita reale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Inclusione e partecipazione degli studenti in difficoltà	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Gestione organizzativa di tempi e gruppi	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Riflessione professionale e trasferibilità	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

Il quadro restituisce dunque un accordo interpretativo sostanzialmente pieno. Tale accordo non deve essere letto come un effetto di semplificazione del testo, bensì come indice della sua elevata trasparenza pedagogica: la docente esplicita, infatti, con chiarezza sia le proprie scelte didattiche sia il senso attribuito all’esperienza.

Codebook definitivo

Tabella 7.13 – Codebook definitivo dell’Intervista 2

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
F1	Progettazione laboratoriale sequenziale	La docente struttura l’attività come una sequenza intenzionale di fasi progressive, dall’introduzione	Include presenza esplicita di una sequenza in diverse fasi e di una progressione didattica coerente; esclude	“Ho progettato una sequenza laboratoriale articolata in diverse fasi”; “introduzione informale...

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
		iniziale all'esplorazione, fino alla consegna finale, per sostenere la costruzione del concetto matematico	attività non articolate o semplicemente giustapposte	esplorazione e confronto fino a una consegna finale"
F2	Mediazione concreta per la concettualizzazione matematica	La docente utilizza materiali fisici e strumenti di misura per rendere osservabili e comprensibili area e perimetro, favorendo la costruzione del significato prima della formalizzazione	Include cartoncini, carta quadrettata, righelli, spago, misurazione dei lati, conteggio dello spazio interno; esclude uso di materiali privi di funzione concettuale	"cartoncini... carta quadrettata, righelli e spago"; "misurare concretamente i lati"; "contare lo spazio interno"
F3	Indagine metrica e verifica di ipotesi	La docente costruisce un compito investigativo fondato su misurazioni, confronti tra figure e controllo empirico delle ipotesi, al fine di distinguere area e perimetro	Include confronto fra figure con stesso perimetro e area diversa, verifica di ipotesi, progressiva distinzione dei concetti; esclude esercizi meramente applicativi	"confrontato figure con lo stesso perimetro ma area diversa e viceversa"; "verificare concretamente le loro ipotesi"
F4	Discussione cooperativa e verbalizzazione	La docente organizza il lavoro in piccoli gruppi e promuove confronto, argomentazione e verbalizzazione dei processi di pensiero	Include lavoro cooperativo con verbalizzazione esplicita, confronto di ipotesi e incoraggiamento del dialogo; esclude semplice collaborazione organizzativa	"lavoro in piccoli gruppi"; "confronto continuo"; "rendendo espliciti i propri pensieri"; "Ho poi incoraggiato il dialogo"
F5	Domanda-problema generativa	La docente apre l'attività con un quesito autentico, situato e problematico, capace di attivare curiosità, differenziazione concettuale e formulazione di ipotesi	Include domanda iniziale aperta e contestualizzata; esclude domande di richiamo nozionistico	"Se devo comprare un tappeto... sto misurando la stessa cosa o due cose diverse? Che cosa cambia?"
F6	Connessione con la vita reale	La docente collega esplicitamente i contenuti disciplinari a situazioni quotidiane e a un compito	Include riferimenti a tappeto, recinzione, progettazione di abitazione e altri contesti reali; esclude	"misurare lo spazio di un tappeto o la lunghezza di una recinzione"; "progettazione di una

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
		autentico, favorendo il trasferimento del significato in contesti reali	semplice concretezza interna al compito se non contestualizzata nel quotidiano	abitazione”; “contesto reale”
F7	Inclusione e precisione concettuale	La docente osserva che la struttura dell’esperienza favorisce una partecipazione più attiva e un uso più preciso del linguaggio matematico anche da parte di studenti che normalmente incontrano difficoltà	Include riferimenti espliciti a studenti che confondono area e perimetro o che migliorano nella partecipazione e nella precisione lessicale; esclude inclusione genericamente dichiarata	“maggiore partecipazione attiva”; “uso più preciso del linguaggio”; “studenti che solitamente confondono area e perimetro”
F8	Regolazione organizzativa e sostenibilità	La docente riconosce criticità nella gestione dei gruppi e dei tempi e formula strategie migliorative per rendere il lavoro più fluido	Include difficoltà organizzative, interventi mirati e previsione di tempi più distesi; esclude difficoltà puramente concettuali	“faticato a organizzare il lavoro”; “tempi più lunghi del previsto”; “prevedere i tempi più distesi”
F9	Riflessione professionale trasformativa	La docente rilegge l’esperienza come occasione di rafforzamento del proprio orientamento verso una didattica centrata su ipotesi, discussione e verbalizzazione, dichiarando di voler mantenere e adattare in futuro tale struttura	Include auto-riflessione professionale, convinzione rafforzata, intenzione di mantenere la struttura cooperativa e di adattarla ad altri contesti; esclude semplice gradimento dell’attività	“L’esperienza ha rafforzato la mia convinzione...”; “ho dato spazio alle ipotesi, alla discussione e alla verbalizzazione”; “Manterrei la struttura cooperativa...”

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

Il passaggio successivo consiste nell’associare i codici definitivi ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa. Anche in questa intervista l’operazione non può essere ridotta a una corrispondenza intuitiva o terminologica, ma richiede una giustificazione teorica puntuale. Ogni associazione è stata quindi costruita verificando se il contenuto del codice esprimesse in modo effettivo una dimensione della professionalità docente.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi, discussione di alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di indagine. In questa intervista il fattore è sostenuto in modo pieno dal codice F4, poiché la docente organizza il lavoro in piccoli gruppi, rileva confronto continuo, esplicitazione dei pensieri e incoraggiamento del dialogo. A esso si può associare anche F9, perché nella riflessione conclusiva la docente dichiara di avere dato spazio a ipotesi, discussione e verbalizzazione. In questo caso, il codice F9 non documenta soltanto un mutamento interno della docente, ma anche una consapevole valorizzazione della dimensione dialogico-riflessiva del lavoro matematico.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, organizzazione dell'esperienza, confronto di dati, analisi e costruzione di compiti investigativi. In questa intervista esso è particolarmente forte. Vi rientra F3, poiché il compito è strutturato attorno a misurazioni, confronti e verifica di ipotesi. Vi contribuisce F2, perché la scelta dei materiali e degli strumenti di misura è funzionale alla costruzione del significato matematico attraverso l'azione. Anche F1 è associabile a questo fattore, dato che la progettazione sequenziale sostiene lo sviluppo progressivo dell'indagine e non una semplice successione di esercizi.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di attivare curiosità, formulare domande significative e costruire problemi che sostengano la ricerca. In questa intervista la sua espressione più netta è il codice F5, che contiene una domanda-problema autentica, contestualizzata e aperta, finalizzata a mettere in tensione area e perimetro sin dall'inizio dell'esperienza.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la competenza del docente nel collegare i contenuti disciplinari alla vita quotidiana e nel favorire il trasferimento degli apprendimenti in contesti reali. Questo fattore emerge in modo pieno attraverso F6, poiché la docente ricorre a esempi come il tappeto, la recinzione e la progettazione di un'abitazione, tutti chiaramente collocati in situazioni di vita reale. A differenza dell'Intervista 1, qui il collegamento con il quotidiano è esplicito e verbalizzato.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, includendo uso riflessivo delle tecnologie, gestione pedagogica del digitale, collaborazione digitale, sicurezza ed etica nell'uso degli strumenti. In questa intervista il fattore non risulta empiricamente osservabile. La docente descrive infatti un'attività fortemente laboratoriale e concreta, ma priva di riferimenti a strumenti digitali, ambienti online o integrazione di tecnologie.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità del docente di creare, adattare o sviluppare contenuti digitali per la didattica. Anche questa dimensione risulta assente, poiché nell'intervista non compaiono né produzione né adattamento di materiali digitali.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate, come *inquiry-based learning*, *problem based learning*, *project based learning* e *design thinking*. In questa intervista esso emerge in modo convincente attraverso F1, poiché la progettazione sequenziale e laboratoriale riflette una conoscenza operativa di strategie attive, e attraverso F9, perché la docente esplicita consapevolmente il valore di un approccio fondato su ipotesi, discussione e verbalizzazione anziché sulla sola applicazione procedurale.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla capacità di progettare e realizzare attività di insegnamento STEM integrato e di continuare a migliorare le proprie competenze professionali. In questa intervista il fattore è sostenuto soprattutto da F9. La docente afferma infatti che l'esperienza ha rafforzato la sua convinzione rispetto al valore del metodo adottato e dichiara di voler mantenere la struttura cooperativa, adattando materiali e consegne in base all'età degli studenti. Questa formulazione indica una crescente fiducia nella propria capacità di progettazione e trasferimento didattico.

È importante precisare che i codici F7 e F8, pur essendo rilevanti nella ricostruzione qualitativa del caso, non sono stati associati in modo forte ad alcun fattore latente. F7 documenta un effetto importante dell'esperienza in termini di partecipazione e precisione concettuale degli studenti, ma non verbalizza direttamente un costrutto del docente riconducibile ai fattori del questionario. F8, analogamente, documenta la regolazione organizzativa del setting, ma in assenza di una dimensione digitale o di riferimenti più espliciti a specifiche strategie pedagogiche non viene trasformato in evidenza fattoriale. Questa esclusione non riduce il valore dei due codici, ma riflette la necessità di mantenere rigorosa la corrispondenza tra analisi qualitativa e costrutti quantitativi.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.14 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell'Intervista 2

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
F1		✓					✓	
F2		✓						
F3		✓						
F4	✓							
F5			✓					
F6				✓				
F7								
F8								
F9	✓						✓	✓

Risultano osservabili sei fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Asking, Relation with Daily Life, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non emergono invece TPDC e TDCD.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere l'analisi qualitativa comparabile con gli altri casi del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti. Anche in questa fase è stato mantenuto il criterio di rigore già esplicitato: sono state conteggiate soltanto le associazioni forti e non quelle indirette o deboli. La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell'intervista è la seguente. Nella risposta 1 compare F1. Nella risposta 2 compare F2. Nella risposta 3 compaiono F3 e F6, poiché la progettazione dell'abitazione costituisce già un collegamento con un contesto autentico. Nella

risposta 4 compaiono F4 e F5. Nella risposta 5 compaiono F6 e F7. Nella risposta 6 compare F8. Nella risposta 7 compare F9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale risulta la seguente.

Tabella 7.15 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell’Intervista 2

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	2	22,2%
Investigate and Creation	3	33,3%
Asking	1	11,1%
Relation with Daily Life	1	11,1%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	1	11,1%
Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	11,1%

Il totale delle assegnazioni è pari a 9. La distribuzione percentuale mostra una netta predominanza di Investigate and Creation, seguita da Discussion and Reflection. Asking, Relation with Daily Life, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con un’incidenza più contenuta ma comunque significativa. Come già chiarito, TPDC e TDCD non risultano osservabili nel caso specifico.

Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

Per rendere maggiormente leggibile il profilo del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, secondo lo stesso modello adottato per l’Intervista 1. Anche qui la funzione del grafico non è meramente illustrativa, ma interpretativa: esso permette infatti di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

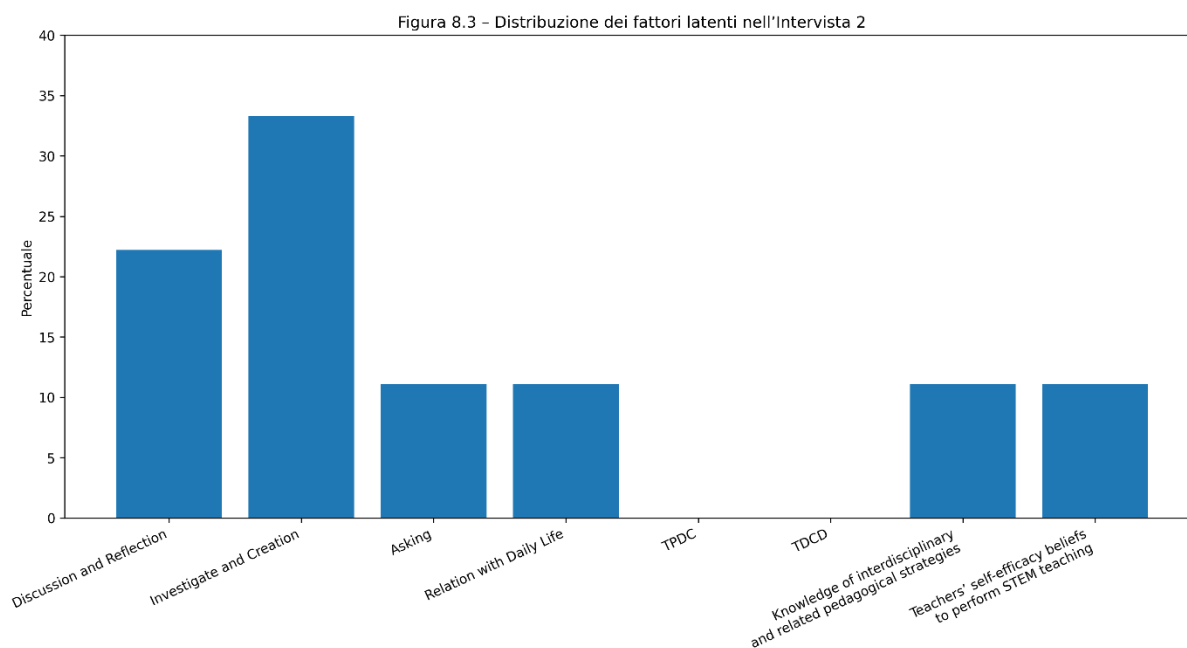
Nel caso dell’Intervista 2, le figure rendono visibile un profilo nettamente orientato alla costruzione investigativa del significato matematico. La predominanza di Investigate and Creation conferma che la docente ha organizzato l’attività come esperienza di ricerca concreta, fondata su misurazioni, confronti, verifica di ipotesi e progressiva distinzione tra area e perimetro. Tale risultato non va letto come tratto degli studenti, ma come indice della competenza della docente nel progettare un compito matematico investigativo.

La presenza di Discussion and Reflection al secondo posto segnala che il caso non è caratterizzato soltanto da operatività e misurazione, ma anche da un forte investimento sulla verbalizzazione, sul confronto tra pari e sulla discussione dei ragionamenti. In tal modo, il laboratorio non si riduce a un fare tecnico, ma si configura come spazio di costruzione condivisa del significato.

La presenza di Relation with Daily Life, pur con peso più contenuto, distingue questa intervista dalla prima. In questo caso, infatti, il riferimento a tappeto, recinzione e progettazione dell'abitazione introduce un collegamento esplicito tra contenuto disciplinare e vita reale. Si tratta di un dato pedagogicamente importante, perché mostra che la docente non si limita a rendere i concetti accessibili mediante attività concrete, ma li colloca anche entro scenari d'uso quotidiano e autentico.

Al contrario, l'assenza di TPDC e TDCD non costituisce un limite dell'analisi, ma un risultato coerente con il contenuto dell'intervista. Il caso è fortemente laboratoriale, cooperativo e investigativo, ma non digitale. La scelta di non attribuire tali fattori risponde quindi a un criterio di correttezza metodologica e rafforza la tenuta dell'intera analisi.

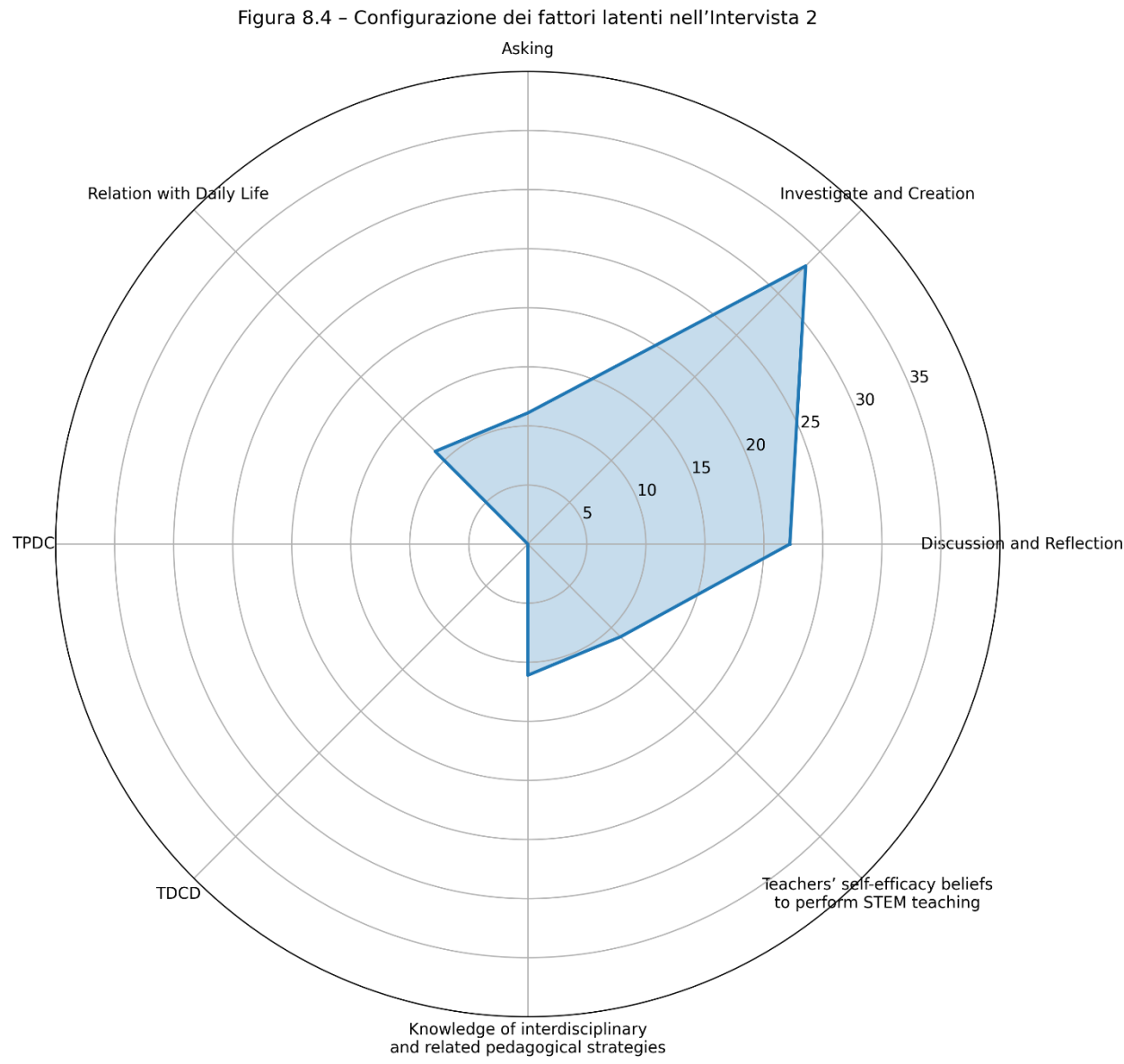
Figura 7.3 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 2



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 2. I dati evidenziano la predominanza di Investigate and Creation, pari al 33,3%, seguita da Discussion and Reflection, pari al 22,2%. Asking, Relation with Daily Life, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano

presenti ciascuno con l'11,1%. TPDC e TDCD non emergono nel testo e pertanto non risultano osservabili.

Figura 7.4 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 2



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 2. Il profilo evidenzia una forte estensione della dimensione Investigate and Creation e una presenza significativa di Discussion and Reflection, mostrando una pratica docente centrata sulla costruzione investigativa del significato matematico e sulla verbalizzazione condivisa dei processi. Relation with Daily Life compare in modo esplicito, a differenza dell'Intervista 1, mentre TPDC e TDCD risultano assenti.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.16 – Sintesi dell'Intervista 2

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Classe quarta della scuola primaria, attività di matematica sui poligoni con focus su area e perimetro
Obiettivo dichiarato	Distinguere area e perimetro attraverso una sequenza laboratoriale fondata su misurazione, confronto e applicazione
Struttura dell'attività	Introduzione informale, esplorazione in piccoli gruppi, confronto di ipotesi, compito finale autentico
Mediazioni utilizzate	Cartoncini con figure geometriche, carta quadrettata, righelli, spago, misurazioni e conteggio dei quadretti
Logica del compito	Compito investigativo fondato su misure reali, confronto tra figure e verifica di ipotesi
Organizzazione sociale	Lavoro in piccoli gruppi, confronto continuo, verbalizzazione dei pensieri, dialogo guidato
Ruolo della docente	Progettazione intenzionale del percorso, proposta di una domanda-problema, promozione del confronto, regolazione dei tempi
Fattore latente prevalente	Investigate and Creation
Fattori latenti presenti con rilievo secondario	Discussion and Reflection
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Asking, Relation with Daily Life, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	TPDC, TDCD
Trasformazione professionale emergente	Passaggio da una didattica centrata sulla procedura a una didattica centrata su ipotesi, confronto, verbalizzazione e significato
Elemento qualificante del caso	Costruzione esperienziale del significato matematico attraverso misurazioni concrete e confronto tra area e perimetro
Limite interpretativo principale	Assenza di componenti digitali, che rende non osservabili TPDC e TDCD
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di didattica matematica attiva, concreta e investigativa, con forte connessione ai contesti reali

Conclusione

Nel complesso, l'Intervista 2 restituisce il profilo di una pratica didattica fortemente centrata sulla costruzione esperienziale del significato matematico. La distinzione tra area e perimetro non viene introdotta in modo formale e procedurale, ma viene costruita progressivamente attraverso misurazioni concrete, confronto tra casi, verifica di ipotesi e verbalizzazione condivisa. L'attività si configura quindi come un laboratorio di matematica nel quale il sapere non è semplicemente trasmesso, ma emerge dall'azione, dal dialogo e dalla ristrutturazione concettuale.

Il tratto più rilevante del caso è la centralità del fattore Investigate and Creation. La docente non si limita a fornire esempi o materiali, ma costruisce un compito nel quale gli alunni sono messi nelle condizioni di osservare, misurare, confrontare e distinguere. Il significato di area e perimetro viene così elaborato non a partire dalle formule, ma da un lavoro progressivo di esplorazione che precede la formalizzazione. Sul piano pedagogico, questo dato indica una competenza docente nel progettare ambienti investigativi capaci di sostenere la comprensione dei concetti matematici astratti.

Accanto a questo elemento emerge con chiarezza anche il fattore Discussion and Reflection. Il laboratorio descritto non è riducibile a un'attività pratica individuale, ma è organizzato come spazio cooperativo in cui il confronto continuo e la verbalizzazione dei pensieri diventano strumenti essenziali per la costruzione del concetto. La docente incoraggia il dialogo, raccoglie ipotesi, valorizza la discussione e rilegge in termini professionali il passaggio da una didattica centrata sulle procedure a una didattica centrata sull'indagine.

A differenza dell'Intervista 1, qui compare in modo esplicito anche Relation with Daily Life. Gli esempi del tappeto e della recinzione, insieme al compito finale di progettazione di un'abitazione, mostrano che la docente collega i concetti matematici a situazioni reali. Questo aspetto è particolarmente significativo, perché consente al concetto disciplinare di uscire dalla sua dimensione scolastica astratta e di essere riconosciuto in pratiche quotidiane di misurazione e progettazione.

La presenza del fattore Asking è concentrata nella domanda-problema iniziale, che svolge una funzione epistemica importante. La domanda posta dalla docente non ha infatti una funzione meramente introduttiva, ma attiva la distinzione concettuale fra due grandezze che spesso vengono confuse. Anche la presenza di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies appare rilevante: pur senza esplicitare nominalmente modelli teorici come *inquiry-based learning* o *problem-based learning*, la docente mostra di agire secondo una logica coerente con tali strategie, progettando una sequenza di esplorazione, confronto e applicazione autentica. La dimensione della self-efficacy emerge infine nella parte conclusiva dell'intervista, quando la docente afferma che

l'esperienza ha rafforzato la propria convinzione metodologica e manifesta intenzione di mantenere e adattare il metodo in futuro.

Al contrario, risultano assenti TPDC e TDCD. Tale assenza va interpretata correttamente. Non significa che la docente non possieda competenze professionali rilevanti, ma semplicemente che questa specifica esperienza non documenta competenze digitali. La scelta di non attribuire questi fattori è quindi coerente con la richiesta di rigore metodologico e con il criterio della lettura verticale: un fattore non va quantificato se il testo non lo rende esplicitamente osservabile.

Rispetto all'Intervista 1, il secondo caso si caratterizza quindi per una minore presenza della dimensione tecnologica e per una più marcata connessione con la vita reale. Il tratto distintivo del profilo didattico è la costruzione di un ambiente matematico nel quale il concetto emerge dalla misurazione, dal confronto e dal compito autentico. La pratica descritta dalla docente si configura come un esempio particolarmente chiaro di didattica matematica attiva, orientata a rendere visibili i concetti astratti e a favorire il trasferimento degli apprendimenti in situazioni significative.

7.5.3 Intervista 3

La terza intervista (allegato 8 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata nell'ambito di un percorso di scienze dedicato allo studio dei pianeti e delle forze che ne regolano il movimento. L'attività è finalizzata all'introduzione del concetto di forza legata al movimento orbitale ed è organizzata in più momenti distinti. In una prima fase viene proposta una situazione iniziale basata su un'esperienza concreta, realizzata mediante l'utilizzo di una pallina legata a una corda. A questa fase segue un momento di discussione collettiva, nel quale gli studenti sono chiamati a confrontarsi su quanto osservato. Successivamente, l'attività prosegue con una fase di esplorazione guidata attraverso l'impiego di una simulazione digitale PhET, utilizzata alla LIM, accompagnata da una scheda di osservazione. Dal punto di vista degli strumenti, l'attività prevede l'uso combinato di un modello analogico concreto (pallina e corda), della simulazione digitale relativa al sistema Terra-Sole e di una scheda strutturata per la registrazione delle osservazioni. Durante l'esplorazione con il simulatore, gli studenti intervengono su diversi parametri, tra cui massa, distanza e velocità, osservando le variazioni prodotte sul movimento del pianeta. Nel corso dell'attività, gli studenti sono impegnati in operazioni di osservazione, formulazione di ipotesi, verifica attraverso l'esperienza concreta e successiva esplorazione di scenari simulati. La simulazione consente di analizzare configurazioni differenti attraverso la modifica dei parametri indicati, mentre la scheda di osservazione supporta la registrazione delle condizioni e delle variazioni rilevate. L'organizzazione dell'attività alterna momenti di lavoro collettivo, come la discussione iniziale e i momenti di

confronto guidato, a fasi di esplorazione supportate dallo strumento digitale. Il percorso include inoltre continui richiami tra l'esperienza concreta iniziale e quanto osservato nella simulazione.

L'attività si sviluppa quindi attraverso l'integrazione di un'esperienza pratica, una simulazione digitale e strumenti di supporto alla registrazione delle osservazioni, distribuiti nelle diverse fasi operative e inseriti all'interno di un'organizzazione che prevede momenti di discussione e di esplorazione guidata.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 3 è stata costruita, analogamente ai casi precedenti, attraverso una procedura a tre letture indipendenti. Tale scelta metodologica è stata adottata per rendere esplicita la pluralità degli accessi interpretativi al testo e per rafforzare la robustezza del successivo processo di triangolazione. In un'intervista come questa, infatti, uno stesso segmento discorsivo può essere letto come indizio di progettazione *inquiry-based*, come evidenza di modellizzazione cognitiva o come manifestazione di competenza professionale digitale del docente. La moltiplicazione degli sguardi non ha dunque una funzione ridondante, ma consente di far emergere i diversi livelli di significato implicati nella pratica descritta.

Il primo ricercatore ha adottato una prospettiva socio-costruttivista e *inquiry-oriented*, soffermandosi in particolare sulla sequenza dell'attività, sul ruolo dell'analogia concreta, sulla formulazione di ipotesi, sulla discussione collettiva, sull'effetto di curiosità e sorpresa e sulla trasformazione delle difficoltà in occasione di confronto. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha privilegiato una lettura centrata sui processi di predizione, osservazione e spiegazione, sulla modellizzazione analogica, sul ruolo della simulazione come laboratorio virtuale, sulla regolazione metacognitiva e sull'esplicitazione degli ostacoli concettuali. Il terzo ricercatore ha invece focalizzato l'attenzione sulle competenze professionali del docente, leggendo il testo in termini di progettazione intenzionale del setting, integrazione pedagogica della LIM e del simulatore, uso della scheda di osservazione, facilitazione del dialogo disciplinare e trasferibilità della struttura metodologica.

La triangolazione si è sviluppata in quattro passaggi. In un primo momento, ciascun ricercatore ha elaborato in autonomia un proprio codebook provvisorio, corredando ogni codice di etichetta concettuale, definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In un secondo momento, i tre codebook sono stati comparati per verificare se categorie diversamente denominate corrispondessero in realtà allo stesso nucleo di significato. In un terzo passaggio, i nuclei convergenti sono stati stabilizzati nel codebook definitivo, distinguendo tra convergenze piene e

divergenze dovute soltanto a una diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti, applicando una lettura verticale rigorosa.

Questa lettura verticale ha comportato che un fattore venisse considerato presente soltanto in presenza di evidenze chiare e teoricamente sostenibili del costrutto riferito al docente. Tale criterio è particolarmente importante nell'Intervista 3, perché il digitale è certamente presente e pedagogicamente significativo, ma non tutte le dimensioni connesse al digitale risultano automaticamente osservabili. La competenza digitale professionale del docente, per esempio, è chiaramente sostenuta dal testo, mentre la dimensione TDCD, che riguarda la creazione o l'adattamento di contenuti digitali, non trova una base testuale sufficiente. Allo stesso modo, l'analogia concreta con pallina e corda non è stata considerata prova di Relation with Daily Life, poiché non configura un collegamento esplicito con situazioni di esperienza quotidiana, bensì una modellizzazione analogica di un fenomeno scientifico.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.17 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (prospettiva socio-costruttivista e inquiry)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Sequenza inquiry progressiva	Attività organizzata come percorso in fasi successive, nel quale una situazione-problema iniziale, un'esperienza concreta, la simulazione digitale e la riflessione collettiva si succedono in modo intenzionale per costruire gradualmente il significato del fenomeno	Include presenza di una progressione esplicita problema-osservazione-simulazione-riflessione; esclude semplice sequenza cronologica di attività non integrate	“sequenza in più momenti”, “situazione-problema iniziale”, “discussione collettiva”, “fase di esplorazione guidata”, “costruendo gradualmente”	“Ho progettato l'esperienza come una sequenza in più momenti: una situazione-problema iniziale... una discussione collettiva... e poi una fase di esplorazione guidata con simulazione...”
R1-B	Analogia concreta come ponte concettuale	Uso di un oggetto fisico e di una situazione osservabile per modellizzare un fenomeno scientifico astratto, non direttamente accessibile in classe	Include tutti i riferimenti a pallina e corda come modello analogico esplicativo; esclude materiali concreti non utilizzati come analogia concettuale	“pallina e corda”, “modello analogico”, “ponte verso un fenomeno non direttamente esperibile”	“Ho utilizzato un materiale semplice (una pallina legata a una corda) come modello analogico...”; “l'analogia concreta e osservabile... usata come ponte verso un

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
					fenomeno non direttamente esperibile in classe”
R1-C	Esplorazione del fenomeno	Variazione sistematica di grandezze nel simulatore per osservare effetti, relazioni e trasformazioni dell’orbita	Include modifiche di massa, distanza e velocità finalizzate all’osservazione di effetti; esclude uso della simulazione senza controllo di variabili	“variando parametri”, “massa della Terra, massa del Sole, distanza, velocità”	“Nel simulatore gli studenti hanno esplorato scenari variando parametri indicati nella scheda di osservazione...”
R1-D	Discussione collettiva guidata	Confronto e argomentazione tra pari sostenuti dalla mediazione del docente, finalizzati a rivedere le spiegazioni iniziali	Include discussione collettiva, confronto tra pari e collegamento guidato tra osservazioni ed evidenze; esclude interazioni spontanee non mediate	“discussione collettiva”, “confronti tra pari”, “ho guidato”, “ho aiutato a riflettere”	“Dopo l’esperienza con la pallina ho guidato una discussione collettiva...”; “Le variazioni dei parametri hanno generato confronti tra pari”
R1-E	Curiosità ed effetto sorpresa	Attivazione dell’interesse attraverso la sospensione della spiegazione immediata e l’emergere di risultati inattesi	Include riferimenti all’assenza di spiegazioni iniziali, all’incuriosire e all’effetto sorpresa; esclude semplice interesse non connesso al dispositivo didattico	“senza spiegazioni immediate”, “incuriosirli”, “effetto sorpresa”	“L’attività è partita senza spiegazioni immediate, proprio per incuriosirli...”; “L’effetto sorpresa è stato particolarmente forte...”
R1-F	Linguaggio scientifico emergente	Progressiva appropriazione di termini disciplinari più pertinenti da parte degli studenti nel corso dell’indagine	Include uso di espressioni come “attrazione” e “forza”; esclude lessico generico non disciplinare	“attrazione”, “forza”	“In questo processo... hanno iniziato a utilizzare termini come ‘attrazione’ e ‘forza’”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-G	Difficoltà come risorsa dialogica	Trasformazione di errori e semplificazioni iniziali in occasioni di confronto e chiarificazione collettiva	Include riferimenti a misconcezioni o confusioni che diventano oggetto di discussione; esclude semplice presenza di difficoltà senza lavoro riflessivo	“trasformate in occasioni di confronto”, “alimentato discussioni utili”	“Queste difficoltà... sono state trasformate in occasioni di confronto con la classe e hanno alimentato discussioni utili...”
R1-H	Riflessione professionale della docente	Esplicitazione di un cambiamento di consapevolezza professionale rispetto all’uso del digitale e al valore della riflessione guidata	Include rafforzamento della fiducia, intenzione di mantenere la struttura, valorizzazione dell’osservazione e della discussione; esclude semplice gradimento	“rafforzato la mia fiducia”, “più consapevole”, “terrei la stessa struttura”	“L’esperienza ha rafforzato la mia fiducia nell’uso di piattaforme digitali...”; “In futuro terrei la stessa struttura...”

Tabella 7.18 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (prospettiva scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Ciclo predizione–osservazione–spiegazione	Struttura del compito in cui le ipotesi iniziali vengono messe alla prova dall’osservazione e successivamente rielaborate in spiegazioni più coerenti	Include formulazione di ipotesi, confronto tra previsioni e risultati e revisione interpretativa; esclude semplice osservazione non preceduta da previsioni	“formulato ipotesi”, “confrontare previsioni e risultati”, “spiegazioni progressivamente più coerenti”	“Nella fase iniziale gli studenti hanno formulato ipotesi...”; “L’osservazione dell’esperimento ha permesso di confrontare previsioni e risultati”
R2-B	Modellizzazione analogica	Trasferimento interpretativo tra un modello fisico osservabile e un fenomeno astronomico non	Include collegamento esplicito tra pallina e corda e orbita; esclude uso di oggetti	“modello analogico”, “collegare... l’analogia concreta iniziale”	“La progressione è stata pensata per collegare continuamente ciò che gli studenti osservavano nel

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		direttamente osservabile	senza funzione di modellizzazione		digitale con l'analogia concreta iniziale"
R2-C	Simulazione come laboratorio virtuale	Uso del simulatore per esplorare fenomeni non riproducibili in classe e osservare relazioni tra variabili	Include esplicito riferimento a scenari non riproducibili, variazione di parametri e osservazione di effetti; esclude uso dimostrativo del simulatore	"non riproducibili in classe", "osservare effetti e relazioni"	"così da osservare effetti e relazioni non riproducibili in classe con esperimenti reali"
R2-D	Conflitto cognitivo e revisione concettuale	Situazioni inattese che costringono gli studenti a rivedere spiegazioni troppo semplici e a considerare più variabili in gioco	Include sorpresa epistemica, caduta della Terra verso il Sole e revisione di spiegazioni semplicistiche; esclude stupore generico	"costringeva... a rivedere spiegazioni troppo semplici", "cadere verso il Sole"	"Questo costringeva gli studenti a rivedere spiegazioni troppo semplici e a considerare più grandezze in gioco"
R2-E	Regolazione metacognitiva dell'osservazione	Uso di strumenti e verbalizzazioni per sostenere il monitoraggio di ciò che viene osservato e la riflessione sui processi	Include scheda di osservazione, registrazione su carta e verbalizzazione guidata; esclude semplice presa di appunti non strutturata	"scheda di osservazione", "registrate su carta", "verbalizzazione"	"La scheda di osservazione è stata integrata per un confronto tra condizioni registrate su carta e verbalizzazione di ciò che veniva osservato"
R2-F	Engagement attivo	Coinvolgimento e curiosità sostenuti dalla possibilità di verificare gli effetti delle variabili	Include interesse, curiosità e verifica diretta; esclude partecipazione generica	"interessati e curiosi", "potevano verificare cosa accadeva modificando i parametri"	"Gli studenti si sono mostrati interessati e curiosi, soprattutto perché potevano verificare cosa accadeva"

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
					modificando i parametri...”
R2-G	Ostacoli concettuali esplicitati	Presenza di misconcezioni relative al ruolo di massa, velocità e equilibrio tra grandezze, portate a livello esplicito	Include confusione tra massa e velocità o spiegazioni monocausali; esclude difficoltà vaghe	“confondere massa e velocità”, “attribuivano gli effetti a un solo fattore”	“alcuni studenti tendevano inizialmente a confondere massa e velocità...”
R2-H	Sviluppo professionale digitale	Rafforzamento della fiducia della docente nell’uso di piattaforme digitali per l’esplorazione di concetti astratti	Include fiducia nell’uso del digitale e consapevolezza del suo valore cognitivo; esclude semplice impiego tecnico della tecnologia	“rafforzato la mia fiducia nell’uso di piattaforme digitali”	“L’esperienza ha rafforzato la mia fiducia nell’uso di piattaforme digitali per esplorare concetti astratti...”

Tabella 7.19 – Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (prospettiva competenze professionali, digitale e STEM)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	Progettazione didattica intenzionale	Pianificazione strutturata della progressione tra esperienza concreta, simulazione e riflessione, con chiara regia pedagogica del setting	Include tutti i riferimenti a una progressione pensata e collegata intenzionalmente; esclude sequenze non motivate	“progressione pensata per collegare”, “sequenza in più momenti”	“La progressione è stata pensata per collegare continuamente ciò che gli studenti osservavano nel digitale con l’analogia concreta iniziale”
R3-B	Uso pedagogico del simulatore e della LIM	Integrazione del digitale come strumento epistemico per esplorare fenomeni scientifici complessi	Include uso del simulatore PhET alla LIM con scopi cognitivi e non illustrativi; esclude	“simulatore PhET alla LIM”, “esplorazione guidata”	“una fase di esplorazione guidata con simulazione alla LIM”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
			semplice proiezione dello strumento		
R3-C	Strumentazione di supporto all'osservazione	Uso della scheda di osservazione come supporto strutturato per collegare dati, condizioni e verbalizzazioni	Include scheda, registrazione su carta, confronto tra condizioni e verbalizzazione; esclude strumenti non funzionali all'analisi	“scheda di osservazione”, “registrate su carta”	“La scheda di osservazione è stata integrata per un confronto tra condizioni registrate su carta e verbalizzazione...”
R3-D	Facilitazione docente dell'interpretazione	Azione del docente nel guidare il collegamento tra esperienza concreta, simulazione e significato scientifico	Include guidare la discussione, aiutare a collegare, sostenere la riflessione; esclude osservazione lasciata interamente agli studenti	“ho guidato”, “ho aiutato a riflettere e a collegare”	“Dopo l'esperimento con la pallina ho guidato una discussione collettiva...”; “ho aiutato i ragazzi a riflettere e a collegare...”
R3-E	Partecipazione scientifica attiva	Il setting consente agli studenti di modificare parametri, testare scenari e osservare relazioni causali	Include esplorazione attiva dei parametri; esclude visione passiva del simulatore	“modificando i parametri”, “osservando cambiamenti immediati nell'orbita”	“potevano verificare cosa accadeva modificando i parametri e osservando cambiamenti immediati nell'orbita”
R3-F	Discussione tra pari a contenuto scientifico	Confronto collaborativo fra studenti intorno alle spiegazioni del fenomeno e alle variazioni delle grandezze	Include confronti tra pari con contenuto disciplinare esplicito; esclude semplice interazione sociale	“confronti tra pari”, “soprattutto quando la velocità veniva ridotta”	“Le variazioni dei parametri hanno generato confronti tra pari...”
R3-G	Crescita professionale e trasferibilità	La docente riconosce il valore del metodo adottato e ne ipotizza il	Include fiducia, intenzione di mantenere la struttura e consapevolezza del valore	“più consapevole”, “terrei la stessa struttura”	“mi ha reso più consapevole del valore del tempo dedicato all'osservazione e alla discussione guidata...”;

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		mantenimento futuro	dell'osservazione guidata		"In futuro terrei la stessa struttura..."

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Il confronto tra i tre codebook provvisori mostra una convergenza interpretativa molto elevata. Tale convergenza non dipende da una banalizzazione del testo, ma dalla sua particolare ricchezza esplicativa: la docente verbalizza con chiarezza sia le fasi dell'attività sia le intenzioni pedagogiche che ne sostengono la progettazione. I tre ricercatori, pur muovendosi da prospettive differenti, individuano nuclei concettuali sostanzialmente condivisi.

I nuclei comuni che emergono dal confronto sono nove. Il primo riguarda la progettazione *inquiry* sequenziale dell'attività. Il secondo è rappresentato dalla modellizzazione analogica concreta. Il terzo concerne l'investigazione parametrica e la verifica di ipotesi. Il quarto riguarda la discussione cooperativa e la riflessione guidata. Il quinto nucleo coincide con la curiosità e la domanda generativa. Il sesto concerne la mediazione digitale significativa, intesa come uso epistemico della simulazione. Il settimo riguarda la costruzione progressiva del linguaggio scientifico. L'ottavo è costituito dalla trasformazione delle difficoltà concettuali in occasione di confronto. Il nono riguarda la riflessione professionale della docente e il rafforzamento della sua autoefficacia.

Le differenze tra i tre ricercatori riguardano soprattutto il livello di specificazione di alcuni nuclei. Il primo pone maggiore enfasi sulla dimensione *inquiry* e sulla funzione dialogica degli errori; il secondo mette a fuoco il ciclo predizione–osservazione–spiegazione e la regolazione metacognitiva; il terzo enfatizza la regia professionale del docente e il ruolo pedagogico del digitale. Tuttavia, queste divergenze non producono codifiche incompatibili, ma si ricompongono agevolmente nella costruzione del codebook definitivo.

Tabella 7.20 – Convergenze tra i tre codebook provvisori dell'Intervista 3

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Progettazione per fasi <i>inquiry</i> -oriented	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Modellizzazione analogica concreta	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Indagine attraverso variazione di parametri	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Discussione e argomentazione guidata	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Curiosità e attivazione della domanda	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Uso significativo del digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Costruzione progressiva del linguaggio scientifico	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Difficoltà come opportunità di apprendimento	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Riflessione professionale e trasferibilità	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

Il quadro restituisce un accordo interpretativo molto alto e rende il caso particolarmente stabile dal punto di vista analitico. La triangolazione ha dunque permesso di costruire un codebook definitivo semanticamente compatto e coerente con i costrutti teorici del capitolo.

Codebook definitivo

Tabella 7.21 – Codebook definitivo dell’Intervista 3

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
F1	Progettazione inquiry sequenziale	La docente struttura l’attività come una sequenza intenzionale di fasi successive – situazione-problema, esperienza concreta, simulazione e riflessione – finalizzata alla costruzione progressiva del significato fisico del fenomeno	Include presenza di una progressione esplicitamente progettata e collegata; esclude successione non motivata di attività	“sequenza in più momenti”; “situazione-problema iniziale”; “discussione collettiva”; “fase di esplorazione guidata con simulazione”
F2	Modellizzazione analogica concreta	La docente utilizza un oggetto e una situazione osservabile come modello interpretativo per un fenomeno scientifico non direttamente accessibile in classe	Include pallina e corda come ponte concettuale verso il moto orbitale; esclude materiali concreti non usati come modello	“pallina legata a una corda”; “modello analogico”; “ponte verso un fenomeno non direttamente esperibile in classe”

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
F3	Investigazione parametrica e verifica di ipotesi	La docente organizza un compito investigativo nel quale la variazione sistematica di parametri permette di osservare effetti, confrontare scenari e verificare ipotesi	Include variazione di massa, distanza e velocità, osservazione delle orbite e verifica di spiegazioni; esclude uso della simulazione senza controllo di variabili	“variando parametri”; “verificato come l’aumento della massa del Sole...”; “riduzione della velocità”
F4	Discussione cooperativa e riflessione guidata	La docente promuove discussione collettiva, confronto tra pari e collegamento guidato tra osservazioni, analogia concreta e simulazione	Include discussione collettiva, confronti tra pari, mediazione del docente e riflessione sui processi; esclude semplice interazione spontanea non guidata	“ho guidato una discussione collettiva”; “ho aiutato i ragazzi a riflettere e a collegare”; “confronti tra pari”
F5	Curiosità e domanda generativa	La docente attiva l’interesse attraverso l’assenza di spiegazioni immediate e la presentazione di situazioni che sollecitano osservazione, ipotesi e sorpresa	Include incuriosire, sospensione della spiegazione, effetto sorpresa e attivazione della domanda; esclude semplice partecipazione senza tensione epistemica	“senza spiegazioni immediate”; “incuriosirli”; “effetto sorpresa”
F6	Mediazione digitale significativa	La docente integra il simulatore PhET e la scheda di osservazione come strumenti epistemici per esplorare relazioni non osservabili direttamente in classe	Include uso della LIM, del simulatore e della scheda di osservazione con funzione cognitiva e riflessiva; esclude uso tecnico o illustrativo del digitale	“simulatore PhET alla LIM”; “scheda di osservazione”; “osservare effetti e relazioni non riproducibili in classe”
F7	Costruzione del linguaggio scientifico	La docente osserva un progressivo uso di termini disciplinari più appropriati come esito del lavoro di osservazione, confronto e spiegazione	Include emergere di espressioni come “attrazione” e “forza”; esclude lessico generico non specialistico	“hanno iniziato a utilizzare termini come ‘attrazione’ e ‘forza’”
F8	Difficoltà come risorsa dialogica	Le misconcezioni iniziali vengono trasformate dalla docente in occasioni di confronto e chiarificazione collettiva	Include confusione tra massa e velocità, spiegazioni monocausali e loro uso come leva per la discussione; esclude semplice elenco di difficoltà	“trasformate in occasioni di confronto”; “alimentato discussioni utili”

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
F9	Autoefficacia e sviluppo professionale	La docente riconosce di avere rafforzato la propria fiducia nell'uso del digitale e nella struttura metodologica adottata, dichiarando di volerla mantenere in futuro	Include fiducia nell'uso delle piattaforme, consapevolezza del valore dell'osservazione guidata e intenzione di mantenere la stessa struttura; esclude semplice soddisfazione per l'attività	“ha rafforzato la mia fiducia nell'uso di piattaforme digitali”; “terrei la stessa struttura”

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

L'associazione dei codici ai fattori latenti è stata costruita, anche in questo caso, sulla base di un criterio teoricamente argomentato e non di una semplice somiglianza lessicale. Ogni codice è stato ricondotto a un fattore solo quando il testo forniva evidenze chiare e sufficienti del costrutto riferito al docente.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi, discussione di alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di indagine. In questa intervista il fattore è sostenuto in modo pieno da F4, poiché la docente guida una discussione collettiva, favorisce confronti tra pari e aiuta a collegare quanto accade nella simulazione con l'analogia iniziale. Anche F8 contribuisce in modo significativo a questa dimensione, perché le difficoltà concettuali vengono trasformate in occasioni di confronto e discussione utile per chiarire progressivamente le relazioni tra variabili. Il codice F7, pur documentando un esito importante sul piano del linguaggio scientifico, non viene invece conteggiato in questo fattore, poiché registra soprattutto un effetto osservato sugli studenti e non una dimensione direttamente riconducibile al costrutto del docente.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, organizzazione dell'osservazione, analisi di relazioni e progettazione di compiti investigativi. In questa intervista esso emerge con particolare evidenza. Vi rientra F3, poiché la variazione sistematica dei parametri nel simulatore struttura un'autentica indagine scientifica scolastica. Vi contribuisce F1, dato che la progettazione sequenziale dell'attività sostiene lo sviluppo progressivo della ricerca. Si è scelto inoltre di associare a questo fattore F2 in forma piena, perché la modellizzazione analogica concreta non funge da semplice supporto introduttivo, ma costituisce una componente centrale del compito investigativo, rendendo osservabile il problema e preparando la successiva esplorazione delle variabili nel simulatore.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, porre domande profonde, mantenere vivo l'interesse e costruire situazioni problematiche che sostengano l'indagine. In questa intervista il fattore è sostenuto da F5, in quanto la docente avvia l'attività senza spiegazioni immediate, proprio per incuriosire gli studenti e attivare osservazioni, domande e sorpresa. Anche se il testo non riporta una domanda formulata in modo esplicito come nell'Intervista 2, il dispositivo didattico descritto possiede chiaramente una funzione generativa della domanda.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la competenza del docente nel collegare il contenuto disciplinare a situazioni di vita quotidiana o a contesti reali di esperienza. In questa intervista il fattore non è stato considerato osservabile. L'analogia tra pallina e corda e il moto dei pianeti rappresenta infatti una modellizzazione analogica di un fenomeno scientifico, ma non un riferimento esplicito alla quotidianità extrascolastica. Per questa ragione non è metodologicamente corretto attribuire al testo una dimensione che esso non verbalizza.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, comprendendo uso riflessivo delle tecnologie, progettazione pedagogica del setting digitale, integrazione di strumenti e consapevolezza del loro valore nella costruzione del sapere. In questa intervista il fattore è chiaramente sostenuto da F6, poiché la docente usa PhET e la scheda di osservazione come strumenti epistemici per esplorare fenomeni non direttamente riproducibili in classe. Vi contribuisce anche F9, dato che la docente esplicita un rafforzamento della propria fiducia nell'uso di piattaforme digitali e una maggiore consapevolezza del valore del tempo dedicato all'osservazione e alla discussione guidata. Si è scelto inoltre di associare a TPDC anche F1, perché la progettazione complessiva dell'attività integra il digitale in modo intenzionale dentro la sequenza didattica e non lo utilizza come supporto episodico.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità del docente di creare, adattare e sviluppare contenuti digitali per la didattica. In questa intervista tale dimensione non risulta osservabile. La docente utilizza in modo competente un simulatore e una scheda di osservazione, ma il testo non documenta la creazione o l'adattamento di contenuti digitali in senso stretto. La scheda di osservazione, pur essendo uno strumento importante, non basta da sola a fondare l'attribuzione di TDCD, poiché non costituisce un contenuto digitale.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate, come *inquiry based learning*, *problem based learning*, *project based learning* e *design thinking*. In questa intervista il fattore emerge attraverso F1, poiché la progettazione inquiry sequenziale riflette una conoscenza operativa di strategie investigative; e attraverso F2, dal momento che la modellizzazione analogica costituisce una

scelta pedagogica consapevole e coerente con una didattica scientifica orientata alla costruzione del concetto. Si è scelto di non conteggiare F3 in questo fattore per evitare una duplicazione eccessiva con Investigate and Creation.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare attività di insegnamento STEM integrate e di continuare a migliorare le proprie competenze professionali. In questa intervista il fattore è sostenuto da F9, poiché la docente afferma esplicitamente che l'esperienza ha rafforzato la sua fiducia nell'uso di piattaforme digitali per esplorare concetti astratti e dichiara di voler mantenere la stessa struttura in futuro.

È opportuno precisare che F7 e F8, pur essendo codici importanti nella ricostruzione qualitativa del caso, non sono stati entrambi automaticamente trasformati in evidenze fattoriali multiple. F7 documenta un esito molto significativo sul piano linguistico e concettuale, ma non è stato ricondotto a un fattore specifico per evitare di spostare l'analisi dagli indicatori del docente a quelli degli studenti. F8, invece, viene mantenuto dentro Discussion and Reflection perché il testo attribuisce esplicitamente alla docente la scelta di trasformare l'errore in confronto utile.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.22 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell'Intervista 3

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
F1		✓			✓		✓	
F2		✓					✓	
F3		✓						
F4	✓							
F5			✓					
F6					✓			
F7								

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
F8	✓							
F9					✓			✓

Dalla tabella risultano osservabili sei fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Asking, TPDC, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non risultano invece osservabili Relation with Daily Life e TDCD.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere la lettura del caso comparabile con le altre interviste del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti, contando soltanto le associazioni forti e teoricamente giustificate. Tutti e nove i codici risultano presenti nel testo, ma non tutti vengono convertiti in evidenze fattoriali. La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell'intervista è la seguente. Nella risposta 1 compaiono F1 e F4. Nella risposta 2 compaiono F2 e F6. Nella risposta 3 compaiono F3 e F7. Nella risposta 4 compaiono F4, F5 e F8. Nella risposta 5 compaiono F5 e F7. Nella risposta 6 compare F8. Nella risposta 7 compare F9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale è la seguente.

Tabella 7.23 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell'Intervista 3

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	2	22,2%
Investigate and Creation	3	33,3%
Asking	1	11,1%
TPDC	3	33,3%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	2	22,2%
Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	11,1%

Il totale delle assegnazioni è pari a 12. La distribuzione percentuale evidenzia un profilo in cui due fattori risultano predominanti: Investigate and Creation e TPDC, entrambi al 33,3%. Seguono

Discussion and Reflection e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, entrambe al 22,2%, mentre Asking e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con un peso più contenuto, pari all'11,1%. Come già chiarito, Relation with Daily Life e TDCD non sono stati considerati osservabili.

Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

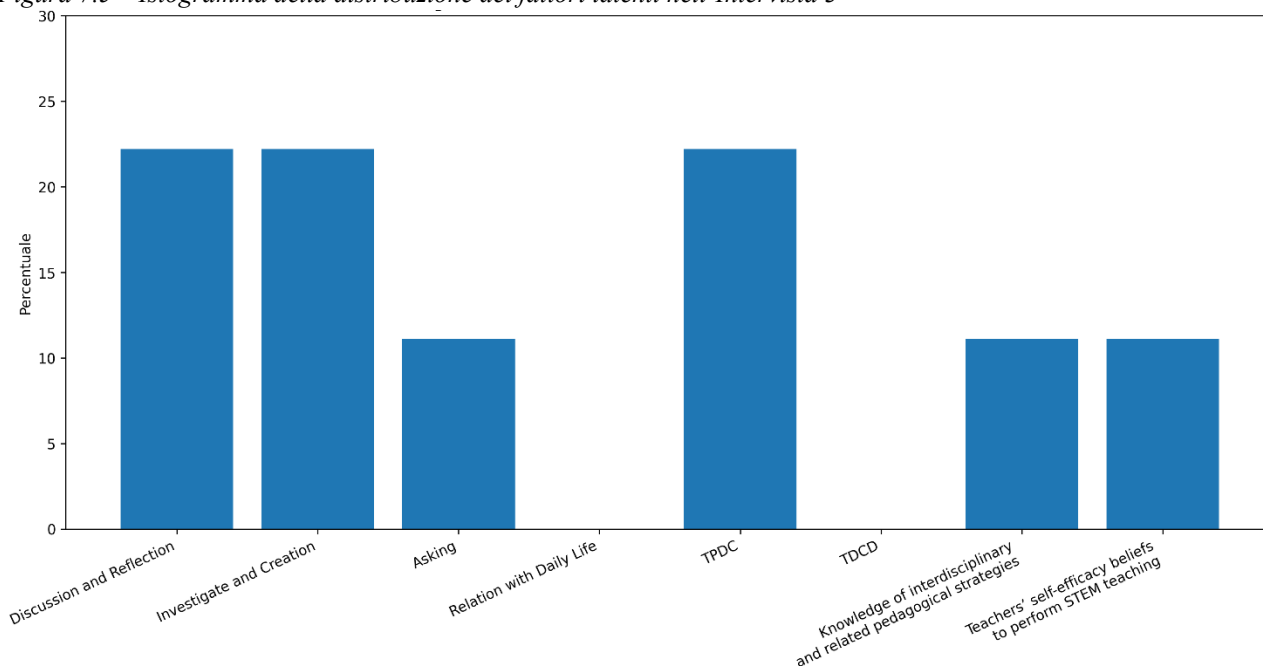
Per rendere più immediatamente leggibile la configurazione del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, analoghe a quelle predisposte per le interviste precedenti. Anche in questo caso, il grafico non ha una funzione meramente illustrativa, ma interpretativa, poiché permette di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

Nel caso dell'Intervista 3, le figure evidenziano un profilo fortemente sostenuto da due assi principali: la dimensione investigativa e la competenza digitale professionale del docente. La centralità di Investigate and Creation conferma che la pratica è costruita come autentica esperienza di *inquiry* scientifica, nella quale la docente guida gli studenti a formulare ipotesi, osservare effetti, confrontare parametri e rivedere progressivamente le proprie spiegazioni. La centralità di TPDC mostra invece che il digitale non viene utilizzato come semplice supporto espositivo, ma come ambiente epistemico progettato in modo riflessivo e integrato all'interno della sequenza didattica.

La presenza consistente di Discussion and Reflection e di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies segnala che la pratica non si esaurisce né nel fare esperimenti né nel mostrare simulazioni. Essa si fonda anche sulla discussione guidata, sul confronto tra pari, sul collegamento tra osservazione e spiegazione e su una chiara conoscenza da parte della docente di strategie pedagogiche *inquiry based* e di modellizzazione.

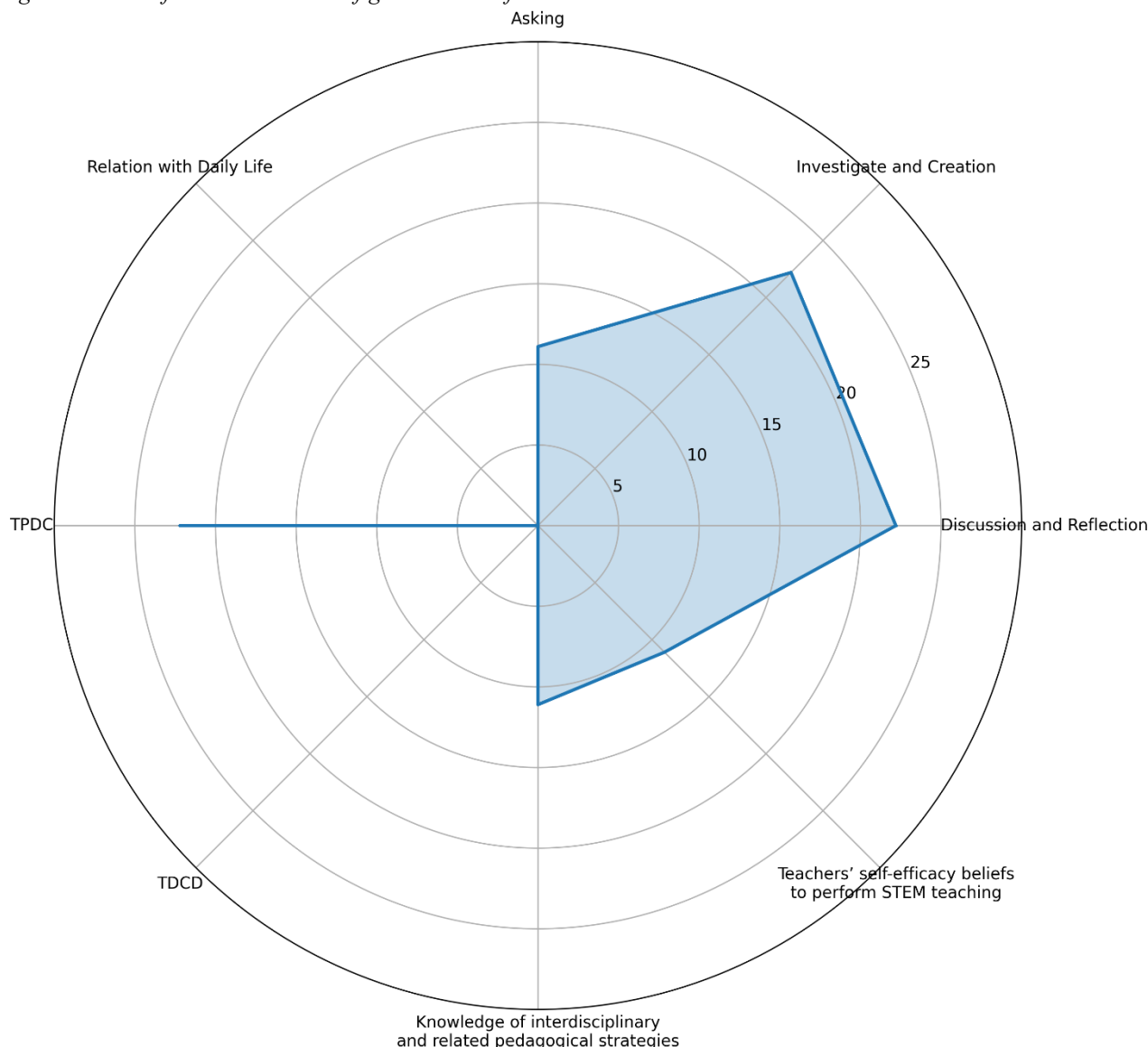
Più contenuta, ma comunque significativa, è la presenza di Asking, affidata alla scelta di avviare l'attività senza spiegazioni immediate per generare curiosità, e di self-efficacy, che compare nella riflessione finale della docente. Al contrario, l'assenza di Relation with Daily Life e di TDCD non costituisce un limite dell'analisi, ma un esito coerente con il testo: l'analogia concreta funge da modello scientifico e non da riferimento alla vita quotidiana, mentre il digitale viene integrato in modo pedagogicamente maturo senza però implicare produzione di contenuti digitali originali.

Figura 7.5 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 3



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 3. I dati evidenziano la predominanza di Investigate and Creation e Teachers' Professional Digital Competence, entrambe pari al 33,3%, seguite da Discussion and Reflection e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, entrambe pari al 22,2%. Asking e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con l'11,1%. Relation with Daily Life e TDCD non emergono in forma esplicita nel testo e pertanto non risultano osservabili.

Figura 7.6 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 3



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 3. Il profilo evidenzia una forte estensione delle dimensioni Investigate and Creation e TPDC, che costituiscono gli assi portanti della pratica descritta, mostrando una didattica scientifica in cui *inquiry* e uso epistemico del digitale risultano strettamente integrati. Discussion and Reflection e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies risultano presenti con intensità significativa, mentre Asking e self-efficacy assumono un peso più contenuto. Relation with Daily Life e TDCD non contribuiscono al profilo poiché non risultano osservabili nel testo.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.24 – Sintesi dell'Intervista 3

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Percorso di scienze sullo studio dei pianeti e delle forze che ne regolano il movimento

Dimensione	Esito
Obiettivo dichiarato	Introdurre e far comprendere la forza che mantiene i pianeti in orbita
Struttura dell'attività	Situazione-problema iniziale, esperienza concreta con pallina e corda, discussione collettiva, simulazione guidata con PhET, riflessione finale
Mediazioni utilizzate	Modellizzazione analogica concreta, simulatore PhET alla LIM, scheda di osservazione
Logica del compito	Inquiry scientifica fondata su ipotesi, variazione di parametri, osservazione degli effetti e revisione delle spiegazioni
Organizzazione sociale	Discussione collettiva, confronto tra pari, riflessione guidata dal docente
Ruolo della docente	Progettazione intenzionale del setting, guida interpretativa, integrazione epistemica del digitale, trasformazione delle difficoltà in confronto utile
Fattori latenti prevalenti	Investigate and Creation; TPDC
Fattori latenti presenti con rilievo secondario	Discussion and Reflection; Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Asking; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	Relation with Daily Life; TDCD
Trasformazione professionale emergente	Rafforzamento della fiducia nell'uso delle piattaforme digitali e maggiore consapevolezza del valore di osservazione e discussione guidata
Elemento qualificante del caso	Integrazione coerente tra modellizzazione analogica, simulazione digitale e inquiry scientifica
Limite interpretativo principale	Assenza di un collegamento esplicito con contesti di vita quotidiana e assenza di sviluppo di contenuti digitali originali
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di didattica scientifica inquiry-based mediata dal digitale, con forte integrazione tra esperienza concreta e simulazione

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 3 restituisce il profilo di una pratica didattica scientifica fortemente integrata, nella quale modellizzazione analogica, simulazione digitale e riflessione guidata concorrono in modo coerente alla costruzione del significato. La docente non si limita a mostrare un

fenomeno o a proporre una simulazione, ma progetta un contesto di apprendimento in cui gli studenti sono messi nelle condizioni di formulare ipotesi, osservare effetti, confrontare variabili, rivedere spiegazioni iniziali e appropriarsi progressivamente di un linguaggio scientifico più adeguato.

Il tratto più rilevante del caso è la co-dominanza dei fattori Investigate and Creation e TPDC. Il primo mostra che l'attività è costruita come una vera esperienza di *inquiry* scientifica scolastica, nella quale la docente organizza l'indagine in modo progressivo e guidato. Il secondo mostra che il digitale è integrato in modo riflessivo, epistemicamente fondato e coerente con la costruzione del concetto. Il simulatore PhET non sostituisce l'esperienza concreta, ma la amplia e la rende cognitivamente più potente, consentendo di esplorare relazioni fra variabili che non potrebbero essere osservate in classe.

Accanto a questi due assi principali emergono con chiarezza anche Discussion and Reflection e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies. La pratica descritta non è solo investigativa e digitale, ma anche dialogica e metodologicamente consapevole. La docente guida il confronto, favorisce il collegamento tra analogia concreta e simulazione, utilizza la discussione per rivedere spiegazioni troppo semplici e trasforma gli errori in occasioni di chiarificazione. Tutto ciò indica non soltanto una buona gestione del gruppo classe, ma una conoscenza pedagogica solida delle strategie *inquiry-based* e della modellizzazione scientifica.

La presenza più contenuta di Asking è coerente con il fatto che la domanda non viene formulata in modo testuale ed esplicito come nel caso dell'Intervista 2, ma è incorporata nel dispositivo didattico stesso: l'assenza di spiegazioni immediate, la rotazione della pallina e gli esiti inattesi della simulazione generano curiosità e domanda. La presenza di self-efficacy emerge invece nella parte finale dell'intervista, quando la docente dichiara che l'esperienza ha rafforzato la propria fiducia nell'uso delle piattaforme digitali e afferma di voler mantenere la stessa struttura in futuro. Questo passaggio segnala che l'attività non viene percepita come episodio occasionale, ma come esperienza capace di consolidare la fiducia professionale e di orientare scelte didattiche successive.

Al contrario, non risultano osservabili Relation with Daily Life e TDCD. L'analogia concreta tra pallina e corda e il fenomeno orbitale costituisce una modellizzazione scientifica, non un riferimento esplicito a situazioni di vita quotidiana. Analogamente, l'uso del simulatore e della scheda di osservazione testimonia una competenza digitale professionale solida, ma non la produzione o l'adattamento di contenuti digitali in senso stretto. La scelta di non attribuire tali fattori rafforza la precisione metodologica dell'analisi e impedisce sovrainterpretazioni.

Rispetto ai casi precedenti, l'Intervista 3 si distingue per il livello di integrazione tra *inquiry*, discussione e digitale. Se l'Intervista 2 mostrava una didattica fortemente centrata sulla costruzione

concreta del significato matematico, qui emerge una forma più marcatamente scientifica di didattica *inquiry-based*, nella quale la simulazione svolge una funzione epistemica centrale. Il caso può essere considerato un esempio particolarmente maturo di pratica STEM, perché mostra come la docente sia in grado di far dialogare esperienza concreta, modello analogico, laboratorio virtuale e riflessione condivisa dentro un'unica architettura didattica.

7.5.4 Intervista 4

La quarta intervista (allegato 9 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata nell'ambito di un percorso di scienze centrato sulla crescita delle piante. L'attività è organizzata a partire da una domanda iniziale relativa alle condizioni necessarie allo sviluppo di una pianta ed è strutturata in una sequenza di fasi operative.

In una prima fase gli studenti sono chiamati a formulare previsioni iniziali. Successivamente viene avviata una fase di sperimentazione, nella quale i gruppi lavorano su condizioni differenti. Il lavoro prosegue con momenti di osservazione periodica e si conclude con una fase di discussione finale e sintesi.

Dal punto di vista organizzativo, la classe è suddivisa in piccoli gruppi, ciascuno associato a una specifica condizione di lavoro. Gli studenti utilizzano materiali quali fagioli, cotone, acqua e vaschette per piante, insieme a strutture predisposte per simulare diverse condizioni di luce. L'illuminazione è garantita sia da fonte naturale sia da fonte artificiale.

Nel corso dell'attività, gli studenti sono impegnati nella semina, nella gestione delle condizioni assegnate e nella registrazione sistematica delle osservazioni. I dati vengono annotati con cadenza regolare all'interno di un quaderno dedicato. Le osservazioni riguardano elementi quali crescita, colore e tempi di sviluppo.

Le diverse fasi sono accompagnate da momenti di confronto tra gruppi, durante i quali vengono condivise osservazioni e differenze tra le condizioni sperimentate. Al termine del percorso viene costruita una sintesi attraverso la realizzazione di una tabella riassuntiva delle osservazioni raccolte.

L'attività si sviluppa quindi attraverso una sequenza che comprende previsione iniziale, sperimentazione in condizioni differenziate, osservazioni periodiche e momenti di confronto, utilizzando materiali concreti e strumenti di registrazione dei dati all'interno di un'organizzazione basata sul lavoro di gruppo.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 4 è stata sviluppata attraverso tre letture indipendenti del testo, adottando la stessa procedura metodologica già utilizzata per le interviste precedenti. Tale scelta ha consentito di interrogare il caso da tre prospettive differenti ma complementari, al fine di rendere più robusta la successiva triangolazione e di evitare una codifica riduttiva del materiale empirico.

Il primo ricercatore ha adottato una prospettiva socio-costruttivista e *inquiry-oriented*, concentrando l'attenzione soprattutto sulla struttura IBSE dell'attività, sulla funzione delle domande generative, sulla costruzione collettiva del significato, sul confronto tra gruppi, sull'effetto dei risultati inattesi e sulla partecipazione inclusiva. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha focalizzato la lettura sui processi di predizione, verifica, confronto tra variabili, concettualizzazione progressiva, metacognizione, autonomia investigativa e valutazione continua. Il terzo ricercatore ha infine privilegiato una prospettiva centrata sulle competenze professionali del docente e sulla didattica scientifica, leggendo il testo in termini di progettazione intenzionale, organizzazione del setting, documentazione scientifica, mediazione della discussione e crescita professionale.

La triangolazione si è articolata in quattro passaggi. In una prima fase ciascun ricercatore ha elaborato in autonomia un proprio codebook provvisorio, definendo per ogni codice un'etichetta concettuale, una definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In una seconda fase i tre codebook sono stati comparati per verificare se categorie diversamente denominate rimandassero in realtà agli stessi nuclei di significato. In un terzo passaggio, tali nuclei sono stati stabilizzati in un codebook definitivo, distinguendo tra convergenze piene e differenze dovute soltanto alla diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa, applicando una lettura verticale rigorosa.

Quest'ultimo passaggio è particolarmente importante in questa intervista. Il testo documenta infatti con molta chiarezza la presenza di una competenza del docente nell'organizzare un ambiente *inquiry-based*, nel sostenere la discussione scientifica, nel collegare il contenuto all'esperienza reale e nel maturare maggiore sicurezza professionale. Non offre invece basi sufficienti per attribuire evidenze alla competenza digitale professionale o allo sviluppo di contenuti digitali, dal momento che la docente dichiara di avere scelto intenzionalmente di non usare strumenti digitali complessi. La mappatura ai fattori latenti è stata quindi effettuata soltanto dove il testo fornisce una base solida e argomentabile.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.25 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (prospettiva socio-costruttivista e inquiry)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Sequenza IBSE strutturata	Attività organizzata secondo una progressione inquiry esplicita, articolata in previsione iniziale, sperimentazione controllata, osservazioni periodiche e discussione finale	Include presenza di una sequenza didattica dichiarata e intenzionalmente strutturata; esclude attività pratiche non organizzate come percorso di indagine	“previsione iniziale”, “sperimentazione controllata”, “osservazioni periodiche”, “discussione finale”	“Ho organizzato il lavoro in gruppi... e ho costruito una sequenza: previsione iniziale, sperimentazione controllata, osservazioni periodiche e discussione finale”
R1-B	Domande generative della docente	La docente guida l'indagine evitando spiegazioni frontali e rilanciando il ragionamento attraverso domande aperte	Include domande di rilancio, sospensione della risposta corretta e sollecitazione del confronto; esclude spiegazioni dirette o correzioni immediate	“ho evitato di anticipare le risposte”, “domande di rilancio”	“Ho evitato di anticipare le risposte, limitandomi a porre domande di rilancio”
R1-C	Costruzione collettiva del significato	La spiegazione scientifica viene costruita progressivamente attraverso il confronto tra gruppi e la sintesi condivisa finale	Include riferimenti a spiegazione condivisa, tabella finale o sintesi collettiva; esclude semplice restituzione individuale	“spiegazione condivisa”, “insieme una tabella riassuntiva”	“Alla fine abbiamo costruito insieme una tabella riassuntiva e una spiegazione condivisa”
R1-D	Apprendimento tra pari	L'indagine è sostenuta dal confronto ricorrente tra gruppi, che permette di discutere differenze e interpretazioni	Include discussione tra gruppi e confronto collettivo; esclude lavoro in gruppo privo di scambio significativo	“discussione tra gruppi”, “cosa notate di diverso rispetto agli altri?”	“Ogni osservazione si concludeva con una breve discussione tra gruppi”
R1-E	Curiosità attivata dal	I risultati non previsti alimentano sorpresa,	Include riferimenti a risultati opposti alle	“risultati opposti alle aspettative”, “le	“Le domande dei bambini nascevano

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
	risultato inatteso	domande e rielaborazione delle ipotesi iniziali	aspettative e a domande spontanee; esclude semplice interesse generico	domande dei bambini nascevano spontaneamente”	spontaneamente, soprattutto quando vedevano risultati opposti alle aspettative”
R1-F	Inclusione partecipativa	La struttura dell’attività consente anche agli alunni più passivi di partecipare perché ciascuno dispone di un compito osservativo significativo	Include esplicito riferimento a partecipazione di alunni solitamente passivi e possibilità per tutti di contribuire	“anche gli alunni solitamente passivi hanno partecipato”, “ogni bambino poteva contribuire”	“Il coinvolgimento è stato molto alto e anche gli alunni solitamente passivi hanno partecipato...”; “ogni bambino poteva contribuire...”
R1-G	Collegamento con l’esperienza reale	Il contenuto scientifico viene ricollegato a contesti di vita quotidiana attraverso riferimenti spontanei all’orto dei nonni o alle piante di casa	Include richiami espliciti ad esperienze extrascolastiche concrete; esclude simple concretezza dell’esperimento in classe	“orto dei nonni”, “piante in casa”	“Alcuni hanno raccontato esperienze dell’orto dei nonni o delle piante in casa”
R1-H	Sviluppo professionale della docente	La docente riconosce un cambiamento nel proprio modo di insegnare, dichiarando maggiore sicurezza nel lasciare tempo all’esplorazione e nel gestire la discussione scientifica	Include maggiore sicurezza, maggiore competenza e intenzione di mantenere la struttura metodologica; esclude gradimento non professionalizzato	“più sicura nel lasciare tempo all’esplorazione”, “più competente nella gestione della discussione scientifica”	“La formazione mi ha reso più sicura nel lasciare tempo all’esplorazione...”; “Mi sento più competente nella gestione della discussione scientifica...”

Tabella 7.26 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (prospettiva scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Ciclo predizione-verifica	La struttura del compito consente di formulare ipotesi iniziali, controllarle sperimentalmente e rivederle sulla base dei risultati osservati	Include formulazione di ipotesi, controllo empirico e revisione delle previsioni; esclude osservazione senza previsione iniziale	“formulato ipotesi”, “quale pianta sarebbe cresciuta meglio”, “modificato spontaneamente”	“Prima di iniziare hanno formulato ipotesi su quale pianta sarebbe cresciuta meglio”; “hanno modificato spontaneamente il modo di annaffiare”
R2-B	Apprendimento attraverso il confronto di variabili	La comprensione del fenomeno si costruisce mettendo a confronto condizioni diverse e osservando altezze, colore delle foglie, tempi di germinazione e quantità d’acqua	Include confronto sistematico tra condizioni sperimentali e variabili osservabili; esclude osservazioni casuali non comparative	“altezza”, “colore delle foglie”, “tempi di germinazione”	“Durante l’esperimento hanno confrontato altezze, colore delle foglie e tempi di germinazione”
R2-C	Concettualizzazione progressiva	I bambini iniziano a costruire il concetto scientifico prima ancora di possederne il termine tecnico, attraverso un processo di progressiva rielaborazione	Include emergere del concetto prima del linguaggio specialistico; esclude semplice acquisizione di definizioni	“collegare luce e fotosintesi anche senza conoscere ancora il termine scientifico”	“Dopo due settimane hanno iniziato a collegare luce e fotosintesi anche senza conoscere ancora il termine scientifico”
R2-D	Conflitto cognitivo produttivo	La scoperta di esiti inattesi, come l’effetto eccessivo dell’acqua, produce revisione del comportamento sperimentale e ristrutturazione del ragionamento	Include risultati inattesi che costringono a modificare il modo di agire o di spiegare; esclude errore non rielaborato	“troppa acqua faceva marcire il seme”, “modificato spontaneamente il modo di annaffiare”	“Alcuni gruppi hanno scoperto che troppa acqua faceva marcire il seme e hanno modificato spontaneamente il modo di annaffiare”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-E	Riflessione metacognitiva sul processo	L'uso di tabella riassuntiva, quaderno scientifico e confronto periodico sostiene la riflessione sul processo di osservazione e sulla costruzione del ragionamento	Include strumenti di sintesi e documentazione usati per riflettere sul processo; esclude mera registrazione senza rielaborazione	“tabella riassuntiva”, “quaderno scientifico”, “registravano i dati ogni tre giorni”	“I bambini registravano i dati sul quaderno scientifico ogni tre giorni”; “Alla fine abbiamo costruito insieme una tabella riassuntiva...”
R2-F	Motivazione intrinseca e engagement	La partecipazione elevata deriva dall'essere direttamente coinvolti in un compito di osservazione continuativa e significativo	Include coinvolgimento alto e partecipazione attiva sostenuti dal dispositivo; esclude entusiasmo generico	“coinvolgimento molto alto”, “avevano un compito concreto”	“Il coinvolgimento è stato molto alto e anche gli alunni solitamente passivi hanno partecipato perché avevano un compito concreto”
R2-G	Valutazione formativa continua	La docente osserva progressivamente l'evoluzione delle ipotesi e delle comprensioni lungo il percorso, utilizzando le osservazioni periodiche come base valutativa	Include osservazioni periodiche e valutazione formativa; esclude verifica finale unica	“osservazioni periodiche”, “valutazione formativa”	“Mi sento più competente... nella valutazione formativa”
R2-H	Autonomia investigativa	Gli studenti intervengono spontaneamente sulle procedure sperimentali in risposta ai dati raccolti	Include modifiche spontanee del modo di annaffiare o altri aggiustamenti autonomi; esclude esecuzione solo guidata	“modificato spontaneamente”	“hanno modificato spontaneamente il modo di annaffiare”

Tabella 7.27 – Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (prospettiva competenze professionali e didattica scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	Progettazione intenzionale in logica IBSE	La docente pianifica l'intero percorso secondo una logica inquiry, con gruppi, condizioni differenziate, tempi osservativi e discussione finale	Include esplicita dichiarazione del metodo IBSE e organizzazione intenzionale della sequenza; esclude attività sperimentali non progettate in modo riflessivo	“metodo IBSE”, “ho organizzato il lavoro in gruppi”, “sequenza”	“Ho scelto il metodo IBSE...”; “Ho organizzato il lavoro in gruppi...”
R3-B	Uso significativo di materiali concreti	La docente seleziona materiali semplici ma funzionali alla costruzione di condizioni sperimentali differenziate e all'osservazione diretta del fenomeno	Include fagioli, cotone, acqua, vaschette, casette colorate, luce naturale e artificiale; esclude materiali privi di funzione sperimentale	“fagioli, cotone, acqua, vaschette per piante e piccole casette colorate”	“Abbiamo usato fagioli, cotone, acqua, vaschette per piante e piccole casette colorate...”
R3-C	Scaffolding organizzativo del setting	La docente organizza ruoli, cartellone riepilogativo e spazi per sostenere la costanza delle osservazioni e la tenuta dell'esperimento	Include ruoli, cartellone, gestione degli spazi; esclude semplice descrizione logistica non connessa al compito	“cartellone riepilogativo”, “assegnato ruoli”, “preparerei meglio gli spazi”	“Ho creato un cartellone riepilogativo visibile in aula e assegnato ruoli nel gruppo”
R3-D	Mediazione docente della discussione scientifica	La docente guida il confronto attraverso domande interpretative e rilanci, sostenendo la costruzione condivisa di spiegazioni	Include domande come “cosa notate di diverso?” e “perché secondo voi è successo?”; esclude semplice moderazione organizzativa	“cosa notate di diverso?”, “perché secondo voi è successo?”	“Io chiedevo cosa notate di diverso rispetto agli altri? oppure perché secondo voi è successo?”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-E	Documentazione scientifica del percorso	La docente fa usare strumenti di registrazione e sintesi per rendere visibile il percorso osservativo nel tempo	Include quaderno scientifico, registrazione dei dati e tabella finale; esclude annotazioni occasionali	“registravano i dati sul quaderno scientifico”, “tabella riassuntiva”	“I bambini registravano i dati sul quaderno scientifico ogni tre giorni”; “Alla fine abbiamo costruito insieme una tabella riassuntiva...”
R3-F	Inclusione didattica	Il setting consente la partecipazione differenziata e significativa di tutti gli alunni, anche di quelli abitualmente meno attivi	Include compiti osservativi accessibili e partecipazione di alunni passivi; esclude inclusione genericamente dichiarata	“alunni solitamente passivi”, “ogni bambino poteva contribuire”	“anche gli alunni solitamente passivi hanno partecipato...”; “ogni bambino poteva contribuire...”
R3-G	Valutazione e sintesi scientifica	La docente valorizza la fase finale di sintesi e la valutazione del percorso come parte integrante della costruzione del significato	Include spiegazione condivisa, tabella riassuntiva e riferimento alla valutazione formativa	“spiegazione condivisa”, “valutazione formativa”	“Alla fine abbiamo costruito insieme... una spiegazione condivisa”; “Mi sento più competente... nella valutazione formativa”
R3-H	Sviluppo professionale e sicurezza metodologica	La docente riconosce di essere diventata più sicura nel lasciare spazio all’esplorazione e più competente nella gestione della discussione scientifica	Include maggiore sicurezza, maggiore competenza e intenzione di mantenere la struttura IBSE; esclude semplice conferma dell’attività	“più sicura”, “più competente”, “Mantengo la struttura IBSE”	“La formazione mi ha reso più sicura...”; “Mi sento più competente...”; “Mantengo la struttura IBSE...”

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Il confronto tra i tre codebook provvisori evidenzia una convergenza interpretativa molto elevata. I ricercatori, pur partendo da prospettive diverse, individuano nuclei concettuali sostanzialmente coincidenti. Questa convergenza è favorita dall’elevata chiarezza del testo: la docente descrive in

modo esplicito non solo le fasi dell'attività, ma anche le scelte metodologiche che la orientano, la logica IBSE, il ruolo dell'osservazione periodica, la funzione delle domande di rilancio e il senso attribuito allo sviluppo professionale maturato attraverso l'esperienza.

I nuclei concettuali condivisi che emergono dal confronto sono nove. Il primo riguarda la progettazione *inquiry* in logica IBSE. Il secondo è rappresentato dall'investigazione sperimentale costruita sul confronto tra condizioni variabili. Il terzo riguarda la concettualizzazione progressiva del sapere scientifico. Il quarto coincide con la discussione cooperativa e la riflessione guidata. Il quinto concerne la curiosità e la sorpresa generate da esiti inattesi. Il sesto è costituito dall'uso significativo di materiali concreti e dalla documentazione sistematica del percorso. Il settimo riguarda il collegamento con la vita reale, reso visibile dai richiami all'orto dei nonni e alle piante di casa. L'ottavo nucleo riguarda l'inclusione partecipativa. Il nono, infine, coincide con l'autoefficacia e lo sviluppo professionale della docente.

Le differenze tra i tre ricercatori non sono sostanziali, ma riguardano prevalentemente il livello di specificazione. Il primo enfatizza l'impianto socio-costruttivista e il ruolo delle domande; il secondo mette a fuoco il ciclo predizione-verifica, l'apprendimento per variabili e la concettualizzazione progressiva; il terzo sottolinea la regia professionale del docente, la documentazione scientifica e l'organizzazione del setting. Tali accenti differenti non generano divergenze interpretative, ma arricchiscono la ricostruzione del caso.

Tabella 7.28 – Convergenze tra i tre codebook provvisori dell'Intervista 4

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Progettazione inquiry in logica IBSE	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Investigazione sperimentale e confronto tra condizioni	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Concettualizzazione progressiva del fenomeno	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Discussione cooperativa e riflessione guidata	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Curiosità generata da risultati inattesi	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Documentazione e uso significativo di materiali concreti	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Collegamento con la vita reale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Inclusione partecipativa	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Sviluppo professionale e autoefficacia docente	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

La triangolazione ha quindi consentito di costruire un codebook definitivo semanticamente stabile, più compatto e direttamente utilizzabile per la successiva mappatura ai fattori latenti del questionario.

Codebook definitivo

Tabella 7.29 – Codebook definitivo dell’Intervista 4

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
F1	Progettazione inquiry in logica IBSE	La docente struttura il percorso come una sequenza inquiry esplicita, articolata in previsione iniziale, sperimentazione controllata, osservazioni periodiche e discussione finale, evitando la spiegazione frontale anticipata	Include dichiarazione del metodo IBSE, presenza di una sequenza strutturata e sospensione delle risposte immediate; esclude attività pratiche prive di logica investigativa esplicita	“Ho scelto il metodo IBSE...”; “previsione iniziale, sperimentazione controllata, osservazioni periodiche e discussione finale”; “Ho evitato di anticipare le risposte”
F2	Investigazione sperimentale e confronto di variabili	La docente organizza un’indagine basata sul confronto fra condizioni differenziate e sull’osservazione di altezze, colore delle foglie, tempi di germinazione e quantità d’acqua	Include confronto sistematico tra condizioni, osservazione di variabili e regolazione delle pratiche sperimentali; esclude osservazioni isolate non comparative	“hanno confrontato altezze, colore delle foglie e tempi di germinazione”; “troppa acqua faceva marcire il seme”
F3	Costruzione progressiva del concetto scientifico	Il concetto emerge gradualmente dall’esperienza, prima dell’introduzione del termine scientifico specialistico, grazie all’osservazione e alla discussione	Include riferimenti all’emergere del concetto prima della terminologia e alla sintesi condivisa finale; esclude definizioni fornite in modo diretto	“hanno iniziato a collegare luce e fotosintesi anche senza conoscere ancora il termine scientifico”; “spiegazione condivisa”
F4	Discussione cooperativa e riflessione guidata	La docente promuove confronto tra gruppi, rilanci interpretativi e	Include domande come “cosa notate di diverso?” e “perché secondo voi è	“Ogni osservazione si concludeva con una breve discussione tra gruppi”; “Io

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
		costruzione condivisa della spiegazione scientifica	successo?”, discussione tra gruppi e spiegazione condivisa; esclude semplice dialogo organizzativo	chiedevo cosa notate di diverso...”
F5	Curiosità e domanda generativa	La docente attiva curiosità e ragionamento attraverso domande di rilancio e risultati opposti alle aspettative, evitando di anticipare le conclusioni	Include domande spontanee nate da esiti inattesi e uso di domande di rilancio; esclude mera partecipazione senza tensione epistemica	“domande di rilancio”; “Le domande dei bambini nascevano spontaneamente, soprattutto quando vedevano risultati opposti alle aspettative”
F6	Osservazione diretta e documentazione scientifica	La docente privilegia osservazione diretta, uso di materiali concreti e registrazione sistematica dei dati nel tempo, rifiutando volutamente strumenti digitali complessi	Include uso di fagioli, cotone, vaschette, cassette colorate, quaderno scientifico e registrazione dei dati; esclude riferimento al digitale	“Non ho utilizzato strumenti digitali complessi”; “I bambini registravano i dati sul quaderno scientifico ogni tre giorni”
F7	Connessione con la vita reale	Il percorso scientifico viene esplicitamente collegato a contesti quotidiani, come l’orto dei nonni e le piante in casa, favorendo il trasferimento del significato	Include riferimenti espliciti a esperienze extrascolastiche concrete; esclude semplice concretezza dell’esperimento scolastico	“orto dei nonni”; “piante in casa”
F8	Inclusione partecipativa	La struttura dell’attività consente a tutti gli alunni di contribuire in modo significativo, anche a chi solitamente partecipa meno	Include alunni passivi coinvolti e possibilità per ogni bambino di contribuire con osservazioni significative; esclude inclusione genericamente dichiarata	“anche gli alunni solitamente passivi hanno partecipato”; “ogni bambino poteva contribuire con osservazioni semplici ma significative”
F9	Autoefficacia e sviluppo professionale	La docente riconosce di essere diventata più sicura nel lasciare tempo all’esplorazione, più competente nella gestione della	Include maggiore sicurezza, competenza nella discussione scientifica, valutazione formativa e	“La formazione mi ha reso più sicura...”; “Mi sento più competente...”;

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
		discussione scientifica e intenzionata a mantenere la struttura IBSE	intenzione di mantenere la struttura; esclude semplice soddisfazione per l'attività	"Mantengo la struttura IBSE..."

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

L'associazione dei codici ai fattori latenti è stata costruita, anche in questo caso, secondo un criterio interpretativo rigoroso e non impressionistico. Ogni codice è stato ricondotto a un fattore solo quando il testo offriva una base chiara e teoricamente coerente per attribuire al docente quella specifica dimensione professionale.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi di apprendimento, discussione di alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di indagine. In questa intervista il fattore è sostenuto in modo pieno da F4, poiché la docente guida sistematicamente la discussione tra gruppi, rilancia con domande interpretative e costruisce con la classe una spiegazione condivisa. Si è scelto inoltre di associare a questa dimensione anche F3, in quanto la costruzione progressiva del concetto scientifico, culminante nella sintesi finale condivisa, non è qui separabile dalla riflessione sul processo osservativo e interpretativo promossa dalla docente.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, confronto di variabili, organizzazione dei dati e progettazione di compiti investigativi. In questa intervista esso emerge con particolare evidenza. Vi rientra F1, perché la progettazione *inquiry* in logica IBSE struttura l'intero percorso come indagine progressiva. Vi contribuisce F2, dato che la docente organizza un vero confronto tra condizioni sperimentali e variabili osservabili. Si è scelto inoltre di associare a questo fattore F6, poiché l'osservazione diretta e la documentazione sistematica dei dati costituiscono qui una componente fondamentale della pratica investigativa docente.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, porre domande profonde, mantenere vivo l'interesse e progettare problemi che sostengano l'indagine. In questa intervista esso è sostenuto da F5. La docente dichiara infatti di avere evitato di anticipare le risposte e di avere usato domande di rilancio; inoltre i risultati inattesi generano domande spontanee negli alunni, segno che il dispositivo è stato costruito in modo da attivare una tensione epistemica autentica.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la capacità del docente di collegare i contenuti disciplinari alla vita quotidiana e favorire il trasferimento del significato in contesti reali. In questa intervista il

fattore è chiaramente osservabile attraverso F7. I riferimenti all'orto dei nonni e alle piante in casa non sono meri dettagli narrativi, ma veri indizi di un collegamento esplicito fra il contenuto scientifico e l'esperienza vissuta degli alunni. A differenza dell'Intervista 3, in cui avevamo un'analogia scientifica e non un riferimento alla quotidianità, qui il collegamento con la vita reale è testualmente esplicito.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio. In questa intervista il fattore non risulta osservabile. La docente dichiara infatti di avere scelto intenzionalmente di non utilizzare strumenti digitali complessi, privilegiando l'osservazione diretta e la documentazione cartacea. Non è quindi metodologicamente corretto attribuire a TPDC evidenze che il testo non supporta.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità di creare, adattare o sviluppare contenuti digitali per la didattica. Anche questa dimensione risulta assente, poiché l'intervista non contiene alcun riferimento alla produzione o adattamento di contenuti digitali.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate, come *inquiry based learning*, *problem based learning*, *project based learning* e *design thinking*. In questa intervista il fattore emerge in modo molto chiaro. Vi rientra F1, poiché la docente esplicita di avere scelto consapevolmente il metodo IBSE e di aver costruito il percorso secondo una logica *inquiry*. Vi contribuisce anche F3, poiché la costruzione progressiva del concetto prima del termine scientifico rivela una conoscenza pedagogica solida delle modalità con cui il sapere scientifico può essere costruito gradualmente. Si è scelto di non associare F2 a questo fattore, per evitare di duplicare eccessivamente la componente investigativa già catturata da Investigate and Creation.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare efficacemente attività di insegnamento STEM integrate e di continuare a migliorare le proprie competenze professionali. In questa intervista il fattore è sostenuto da F9, poiché la docente afferma esplicitamente di sentirsi più sicura nel lasciare tempo all'esplorazione e più competente nella gestione della discussione scientifica e della valutazione formativa.

È importante precisare che F8, pur essendo un codice molto rilevante per la ricostruzione qualitativa del caso, non viene ricondotto a un fattore latente specifico. Esso documenta un effetto importante della struttura didattica in termini di partecipazione inclusiva, ma non corrisponde in modo diretto a uno dei costrutti del questionario. La sua esclusione dalla quantizzazione finale non ne riduce il valore

interpretativo, ma riflette la necessità di mantenere coerenza tra codifica qualitativa e costrutti quantitativi.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.30 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell’Intervista 4

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
F1		✓					✓	
F2		✓						
F3	✓						✓	
F4	✓							
F5			✓					
F6		✓						
F7				✓				
F8								
F9								✓

Risultano osservabili sei fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Asking, Relation with Daily Life, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non risultano invece osservabili TPDC e TDCD.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere il profilo dell’Intervista 4 comparabile con gli altri casi del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti, contando soltanto le associazioni forti e teoricamente giustificate. Tutti e nove i codici risultano presenti nel testo, ma non tutti vengono trasformati in evidenze fattoriali. La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell’intervista è la seguente. Nella risposta 1 compaiono F1 e F5. Nella risposta 2 compaiono F6 e, sul piano del setting, elementi riconducibili a F1. Nella risposta 3 compaiono F2 e F3. Nella risposta

4 compaiono F4 e F5. Nella risposta 5 compaiono F7 e F8. Nella risposta 6 compare F6 per il versante organizzativo-documentativo del setting. Nella risposta 7 compare F9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale è la seguente.

Tabella 7.31 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell’Intervista 4

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	2	22,2%
Investigate and Creation	3	33,3%
Asking	1	11,1%
Relation with Daily Life	1	11,1%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	2	22,2%
Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	11,1%

Il totale delle assegnazioni è pari a 9. La distribuzione percentuale evidenzia una predominanza di Investigate and Creation, che conferma il carattere fortemente sperimentale e *inquiry-based* del caso. Seguono Discussion and Reflection e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, entrambe al 22,2%, a indicare che l’attività non si esaurisce nell’osservazione empirica, ma si fonda su una progettazione intenzionale e su una riflessione condivisa finalizzata alla costruzione graduale del concetto scientifico. Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy risultano presenti con incidenza più contenuta ma significativa. Come già chiarito, TPDC e TDCD non sono stati considerati osservabili.

Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

Per rendere più immediatamente leggibile il profilo del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, analoghe a quelle predisposte per le interviste precedenti. Anche in questo caso, il grafico non assolve una funzione puramente illustrativa, ma interpretativa, poiché consente di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

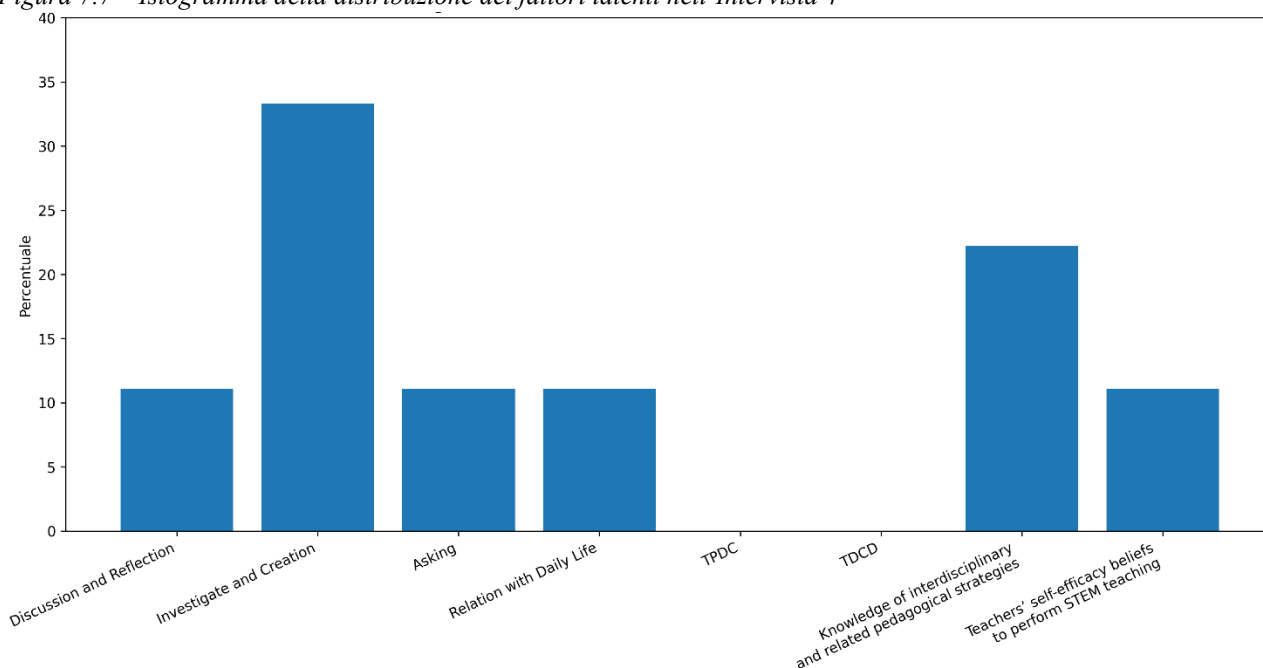
Nel caso dell’Intervista 4, l’istogramma evidenzia la centralità di Investigate and Creation, che assume il peso relativo maggiore. Tale risultato conferma che la docente ha progettato l’attività come autentico percorso di *inquiry* scientifica fondato su ipotesi, confronto tra condizioni sperimentali,

osservazioni periodiche e documentazione progressiva dei dati. Non si tratta quindi di una semplice attività pratica, ma di un laboratorio scientifico organizzato secondo una logica di indagine.

Un secondo gruppo di fattori, costituito da Discussion and Reflection e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, mostra come l'attività sia sostenuta anche da una progettazione pedagogica consapevole e da una costante valorizzazione della discussione scientifica. La docente non si limita infatti a predisporre materiali e condizioni, ma guida il confronto, costruisce con la classe una spiegazione condivisa e dimostra di conoscere in modo operativo le logiche dell'IBSE.

I fattori Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy risultano presenti con incidenza minore, ma non per questo marginale. Asking è affidato alle domande di rilancio e alla scelta di non anticipare le risposte; Relation with Daily Life emerge attraverso i riferimenti all'orto dei nonni e alle piante in casa; self-efficacy compare nella riflessione finale della docente sul proprio sviluppo professionale. L'assenza di TPDC e TDCD va letta come esito coerente con il testo, non come limite dell'analisi. In questo caso, infatti, la scelta metodologica della docente è proprio quella di privilegiare osservazione diretta e documentazione non digitale.

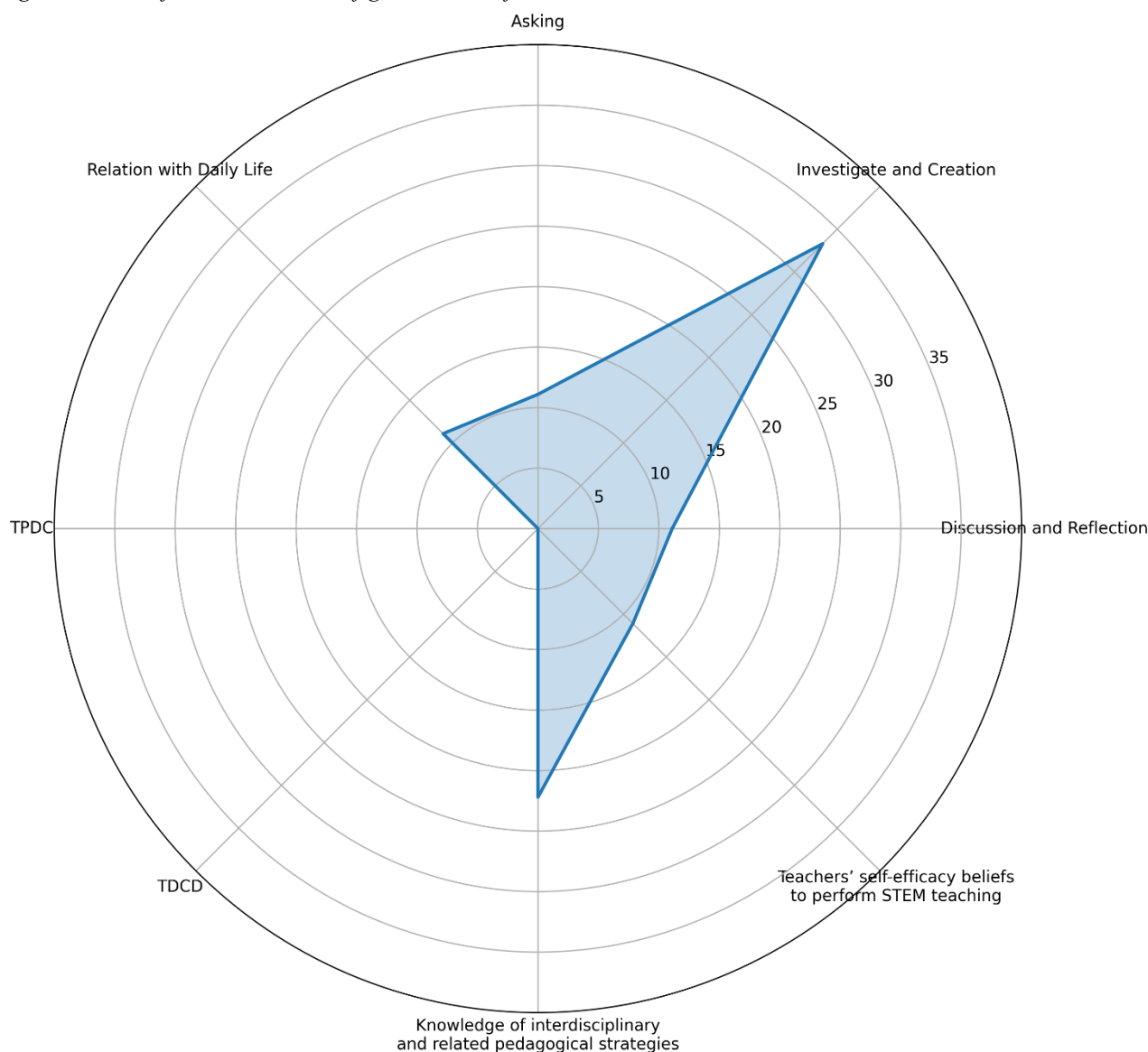
Figura 7.7 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 4



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 4. I dati evidenziano la predominanza di Investigate and Creation, pari al 33,3%, seguita da Discussion and Reflection e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, entrambe pari al 22,2%. Asking, Relation with Daily Life e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching

risultano presenti con l'11,1%. TPDC e TDCD non emergono nel testo e pertanto non risultano osservabili.

Figura 7.8 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 4



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 4. Il profilo evidenzia una forte estensione della dimensione Investigate and Creation, sostenuta da una presenza significativa di Discussion and Reflection e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies. Relation with Daily Life compare in modo esplicito, mentre TPDC e TDCD risultano assenti, confermando il profilo di una pratica scientifica *inquiry-based* fortemente ancorata all'osservazione diretta, alla documentazione e alla riflessione condivisa.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.32 – Sintesi interpretativa dell'Intervista 4

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Percorso di scienze sulla crescita delle piante
Obiettivo dichiarato	Comprendere i bisogni vitali delle piante attraverso un'attività strutturata secondo la logica IBSE
Struttura dell'attività	Previsione iniziale, sperimentazione controllata, osservazioni periodiche, discussione finale e spiegazione condivisa
Mediazioni utilizzate	Fagioli, cotone, acqua, vaschette, cassette colorate, luce naturale e artificiale, quaderno scientifico, tabella riassuntiva
Logica del compito	Inquiry scientifica fondata su confronto di variabili, raccolta sistematica di dati e revisione progressiva delle ipotesi
Organizzazione sociale	Lavoro in gruppi, ruoli assegnati, discussione tra gruppi, domande di rilancio del docente
Ruolo della docente	Progettazione intenzionale in logica IBSE, guida della discussione, gestione del setting e della documentazione, sostegno alla costruzione condivisa del significato
Fattore latente prevalente	Investigate and Creation
Fattori latenti presenti con rilievo secondario	Discussion and Reflection; Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Asking; Relation with Daily Life; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	TPDC; TDCD
Trasformazione professionale emergente	Maggiore sicurezza nel lasciare tempo all'esplorazione e maggiore competenza nella gestione della discussione scientifica e della valutazione formativa
Elemento qualificante del caso	Forte integrazione tra logica IBSE, osservazione diretta, documentazione sistematica e collegamento con esperienze reali
Limite interpretativo principale	Assenza di componenti digitali, che rende non osservabili TPDC e TDCD
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di didattica scientifica inquiry

Dimensione	Esito
	-based, concreta e inclusiva, fortemente ancorata all'osservazione e al contesto reale

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 4 restituisce il profilo di una pratica didattica fortemente orientata all'IBSE concreto-sperimentale. L'attività mette al centro osservazione, documentazione sistematica dei dati, confronto tra condizioni sperimentali e costruzione graduale di spiegazioni condivise. La conoscenza scientifica non viene presentata come insieme di contenuti già formati da trasmettere, ma come esito di un percorso di indagine progressiva nel quale gli alunni formulano ipotesi, controllano variabili, interpretano risultati e rivedono le proprie spiegazioni.

Il tratto più rilevante del caso è la centralità del fattore Investigate and Creation. La docente non si limita a far coltivare semi o a osservare la crescita delle piante, ma organizza un contesto di indagine nel quale il confronto tra condizioni, la registrazione periodica dei dati e gli aggiustamenti spontanei delle procedure rendono possibile un'autentica costruzione del ragionamento scientifico. L'indagine assume quindi una forma continuativa e distribuita nel tempo, nella quale la raccolta di dati non è accessoria ma costitutiva del percorso.

Accanto a questo elemento emergono in modo chiaro anche Discussion and Reflection e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies. Il caso non è caratterizzato solo da operatività sperimentale, ma da una solida regia pedagogica della docente, che sceglie il metodo IBSE in modo consapevole, evita spiegazioni frontali anticipate, guida il confronto tra gruppi e costruisce insieme alla classe una spiegazione finale condivisa. L'attività mostra non solo capacità organizzativa, ma anche una conoscenza professionale matura delle strategie *inquiry-based* e dei processi di costruzione graduale del concetto scientifico.

La presenza di Asking è affidata alla scelta di non anticipare le risposte e di rilanciare il ragionamento con domande interpretative. La tensione epistemica del compito è alimentata sia dalle domande della docente sia dai risultati inattesi, che rendono necessario rivedere le previsioni iniziali. La presenza di Relation with Daily Life costituisce un tratto distintivo importante del caso. I richiami all'orto dei nonni e alle piante in casa mostrano infatti che il contenuto scientifico non rimane confinato allo spazio scolastico, ma si collega a esperienze reali e vissute, favorendo il trasferimento del significato.

La dimensione della self-efficacy emerge con chiarezza nella parte finale dell'intervista. La docente dichiara di sentirsi più sicura nel lasciare spazio all'esplorazione e più competente nella gestione della

discussione scientifica e della valutazione formativa. Questo passaggio mostra che l'esperienza non è stata percepita come episodio isolato, ma come occasione di crescita professionale e di consolidamento della fiducia nella propria capacità di progettare attività *inquiry-based*.

Al contrario, non risultano osservabili TPDC e TDCD. Tale assenza non va interpretata come debolezza del caso, ma come tratto definitorio del suo profilo. In questa intervista la docente compie infatti una scelta intenzionale di non ricorrere a strumenti digitali complessi, privilegiando l'osservazione diretta, la continuità dell'esperimento e la documentazione su quaderno. La pratica descritta mostra quindi una didattica scientifica *inquiry-based* pienamente solida pur in assenza di mediazioni digitali avanzate.

Rispetto all'Intervista 3, il quarto caso appare meno mediato dal digitale e più fortemente ancorato all'esperienza diretta, alla vita quotidiana e alla documentazione concreta. Il tratto distintivo del profilo didattico è la combinazione tra indagine empirica, inclusione partecipativa e connessione con contesti reali. L'attività descritta dalla docente si configura come un esempio particolarmente efficace di didattica scientifica attiva, capace di far emergere il sapere attraverso osservazione, confronto, discussione e reinterpretazione progressiva dei dati raccolti

7.5.5 Intervista 5

La quinta intervista (allegato 10 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata in una classe terza della scuola primaria, durante l'ora di religione, centrata sulla narrazione della creazione del mondo in sette giorni. L'attività è strutturata in una sequenza articolata in tre fasi operative.

In una prima fase viene proposta una familiarizzazione con lo strumento utilizzato. Successivamente si sviluppa una fase di costruzione collettiva della narrazione, nella quale gli studenti partecipano alla rappresentazione dei diversi momenti del racconto. L'attività si conclude con una fase finale di verifica.

Dal punto di vista degli strumenti, l'attività prevede l'utilizzo dell'ambiente di coding Scratch Junior. Gli studenti utilizzano i blocchi di base per rappresentare le azioni e i passaggi temporali relativi ai diversi giorni della creazione. L'ambiente digitale viene impiegato per costruire sequenze di azioni e visualizzarne l'esito attraverso animazioni.

Nel corso dell'attività, gli studenti selezionano personaggi e azioni, organizzano le sequenze operative e osservano il risultato prodotto. In caso di esiti non corrispondenti alle sequenze previste, intervengono modificando i blocchi utilizzati. Le attività prevedono quindi momenti di costruzione, osservazione e modifica delle sequenze.

La costruzione della narrazione avviene in forma collettiva. Gli studenti propongono modalità di rappresentazione dei diversi momenti del racconto e partecipano alla definizione della sequenza complessiva. Il lavoro è accompagnato da momenti di confronto e da interventi della docente orientati alla gestione delle sequenze e all'organizzazione delle attività.

L'organizzazione dell'attività include momenti di lavoro condiviso e gestione dei turni di partecipazione. Nel corso delle diverse fasi vengono utilizzati esempi operativi e osservazione del lavoro dei compagni come supporto allo svolgimento delle attività.

L'attività si sviluppa quindi attraverso l'uso di un ambiente digitale per la costruzione di sequenze narrative, inserito in una struttura che prevede familiarizzazione con lo strumento, costruzione collettiva e verifica finale, all'interno di un'organizzazione basata sul lavoro condiviso.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 5 è stata costruita, analogamente ai casi precedenti, attraverso tre letture indipendenti del testo. Tale procedura è stata adottata per far emergere la pluralità degli accessi interpretativi possibili in un caso che, pur non essendo scientifico in senso stretto, presenta un forte investimento sulla costruzione attiva del sapere, sulla collaborazione e sul digitale come ambiente di espressione disciplinare.

Il primo ricercatore ha adottato una prospettiva socio-costruttivista e *inquiry-oriented*, concentrandosi soprattutto sulla sequenza di apprendimento attivo, sulle domande generative, sulla narrazione collettiva, sulla decisione condivisa della sequenza, sull'effetto del feedback immediato e sulla dimensione inclusiva e partecipativa dell'attività. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha privilegiato una lettura centrata sui processi di predizione, verifica, debugging cognitivo, ragionamento causale e temporale, comprensione progressiva del contenuto e riflessione sul processo. Il terzo ricercatore ha infine adottato una prospettiva focalizzata sulle competenze professionali del docente e sull'integrazione del digitale, leggendo il testo in termini di uso didattico del coding, mediazione docente, scaffolding organizzativo, collaborazione, sviluppo di competenze digitali professionali e trasferibilità futura dell'esperienza.

La triangolazione si è articolata in quattro passaggi. In una prima fase ciascun ricercatore ha elaborato in autonomia un proprio codebook provvisorio, corredando ogni codice di etichetta concettuale, definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In una seconda fase i tre codebook sono stati messi a confronto per verificare se categorie denominate in modo diverso corrispondessero in realtà agli stessi nuclei di significato. In un terzo passaggio i nuclei convergenti sono stati stabilizzati nel codebook definitivo, distinguendo tra convergenze piene e differenze dovute

soltanto a diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa, applicando una lettura verticale rigorosa.

Quest'ultimo passaggio è particolarmente importante in questa intervista, perché il digitale è presente in maniera forte ma non nella forma della simulazione scientifica o della sperimentazione empirica. Per questo motivo è stato necessario distinguere con precisione tra TPDC, cioè la competenza digitale professionale del docente nell'integrare il coding in modo riflessivo e pedagogicamente fondato, e TDCD, cioè la capacità di utilizzare l'ambiente di coding come spazio di costruzione e rielaborazione di contenuti digitali disciplinari. Allo stesso tempo, si è scelto di non attribuire Relation with Daily Life, poiché il testo non esplicita alcun collegamento con situazioni quotidiane extrascolastiche.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.33 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (prospettiva socio-costruttivista e inquiry)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Sequenza di apprendimento attivo	Attività organizzata come percorso strutturato in diverse fasi, orientato a costruire il contenuto attraverso guida, partecipazione e verifica finale	Include esplicita sequenza in fasi e strategia di apprendimento attivo; esclude attività digitali senza articolazione didattica dichiarata	“sequenza in tre fasi”, “familiarizzazione”, “costruzione collettiva”, “verifica finale”	“Ho progettato una sequenza in tre fasi: familiarizzazione con lo strumento, costruzione collettiva della narrazione e verifica finale”
R1-B	Domande generative della docente	La docente guida l'attività attraverso domande di stimolo, riducendo la spiegazione frontale continua e rilanciando il ragionamento della classe	Include domande di stimolo, riduzione della spiegazione frontale e domande sull'ordine delle azioni; esclude semplice consegna procedurale	“domande di stimolo”, “evitando la spiegazione frontale continua”	“Ho scelto una strategia di apprendimento attivo basata su guida e domande di stimolo, evitando la spiegazione frontale continua”
R1-C	Narrazione collettiva	La storia viene costruita come oggetto condiviso di rappresentazione, negoziazione e	Include costruzione collettiva della narrazione e scelta comune della sequenza; esclude produzione	“costruzione collettiva della narrazione”	“Ho progettato una sequenza in tre fasi... costruzione collettiva della narrazione...”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		rielaborazione da parte dell'intera classe	individuale non condivisa		
R1-D	Discussione tra pari e decisione comune	La classe negozia insieme come rappresentare i diversi giorni della creazione e quale sequenza risulti più coerente	Include scelta collettiva, confronto di proposte e decisione condivisa; esclude semplice partecipazione senza negoziazione	“la classe decideva insieme”, “sequenza più coerente”	“Ogni bambino proponeva come rappresentare un giorno della creazione e la classe decideva insieme la sequenza più coerente”
R1-E	Curiosità operativa da feedback immediato	Il risultato immediatamente visibile dell'animazione attiva curiosità, controllo e desiderio di modifica	Include riferimenti a visibilità immediata del risultato e coinvolgimento generato dal feedback; esclude semplice uso tecnico dello strumento	“risultato immediatamente visibile”	“Ho osservato molto coinvolgimento e partecipazione... perché il risultato era immediatamente visibile”
R1-F	Inclusione partecipativa	Anche i bambini più timidi partecipano perché ciascuno può contribuire alla costruzione della storia tramite una scelta operativa riconoscibile	Include esplicito riferimento ai bambini più timidi e al contributo di ciascuno; esclude inclusione genericamente dichiarata	“anche nei bambini più timidi”, “ciascuno contribuiva”	“Ho osservato molto coinvolgimento e partecipazione anche nei bambini più timidi...”; “ciascuno contribuiva alla costruzione della storia con una scelta operativa”
R1-G	Supporto reciproco tra pari	L'osservazione del lavoro dei compagni viene valorizzata come risorsa di apprendimento reciproco	Include riferimenti all'osservazione dei compagni come supporto; esclude semplice lavoro collettivo non riflesso	“osservazione del lavoro dei compagni come supporto reciproco”	“Ho rallentato il ritmo, mostrato esempi e valorizzato l'osservazione del lavoro dei compagni come supporto reciproco”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-H	Sviluppo professionale del docente	La docente rilegge l'esperienza come occasione di crescita, riconoscendo maggiore sicurezza nella gestione di attività attive e collaborative	Include maggiore sicurezza, nuova considerazione del coding e trasferibilità futura; esclude gradimento non professionalizzato	“Mi sento più sicuro”, “considerare il coding come linguaggio espressivo”	“L'esperienza mi ha fatto considerare il coding come linguaggio espressivo...”; “Mi sento più sicuro nella gestione di attività attive e collaborative”

Tabella 7.34 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (prospettiva scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Predizione e verifica del risultato	Gli alunni anticipano l'esito dell'animazione e confrontano la previsione con il risultato effettivamente osservato	Include previsione dell'esito prima dell'avvio e verifica sullo schermo; esclude semplice visione passiva del risultato	“prevedere cosa sarebbe successo”, “osservavano immediatamente il risultato”	“Hanno iniziato a prevedere cosa sarebbe successo prima di avviare l'animazione”
R2-B	Debugging cognitivo	Quando la sequenza non funziona come previsto, gli alunni propongono modifiche ai blocchi e ristrutturano il percorso	Include modifica di blocchi in risposta a un esito non atteso; esclude errore non rielaborato	“proponevano modifiche ai blocchi”	“Quando la sequenza non funzionava come previsto proponevano modifiche ai blocchi”
R2-C	Ragionamento causale e temporale	Il coding sostiene la riflessione sull'ordine degli eventi e sui nessi causa-effetto che strutturano la storia	Include riferimenti all'ordine temporale, al perché un'azione viene prima di un'altra e al nesso causa-effetto; esclude semplice ordine	“ordine temporale”, “causa-effetto”, “perché un'azione dovesse venire prima di un'altra”	“Hanno iniziato... a ragionare in termini di ordine temporale e causa-effetto”; “perché un'azione dovesse

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
			lineare non argomentato		venire prima di un'altra"
R2-D	Feedback immediato come leva cognitiva	La risposta immediata dell'ambiente di coding consente apprendimento dal risultato e correzione del percorso	Include visibilità immediata dell'esito e apprendimento attraverso il confronto azione-risultato; esclude mero effetto di motivazione	"osservavano immediatamente il risultato", "risultato immediatamente visibile"	"Gli studenti sceglievano personaggi e azioni e osservavano immediatamente il risultato"
R2-E	Comprensione progressiva attraverso costruzione operativa	La comprensione del contenuto disciplinare si sviluppa non per spiegazione frontale, ma attraverso la costruzione attiva della sequenza narrativa	Include esplicito riferimento alla riduzione della spiegazione orale e all'affidamento della comprensione alla costruzione operativa; esclude semplice uso dello strumento	"comprensione alla costruzione operativa"	"Rispetto alle mie pratiche abituali ho ridotto la spiegazione orale e ho affidato maggiormente la comprensione alla costruzione operativa"
R2-F	Motivazione e engagement	Il coinvolgimento elevato è sostenuto dalla natura immediata, visibile e operativa del compito	Include alto coinvolgimento e partecipazione; esclude entusiasmo generico privo di legame con il dispositivo	"molto coinvolgimento", "partecipazione"	"Ho osservato molto coinvolgimento e partecipazione..."
R2-G	Metacognizione sul processo narrativo	La docente stimola riflessione non solo sul risultato, ma sul processo di costruzione della sequenza e sulle ragioni delle scelte operate	Include domande sul perché delle azioni e sulle conseguenze della modifica dei blocchi; esclude semplice controllo dell'ordine corretto	"perché un'azione dovesse venire prima", "cosa sarebbe successo modificando i blocchi"	"Ho stimolato la riflessione chiedendo perché un'azione dovesse venire prima di un'altra e cosa sarebbe successo modificando i blocchi"

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-H	Apprendimento collaborativo	Le decisioni condivise della classe sostengono costruzione comune del contenuto e controllo reciproco delle scelte	Include decisione comune della sequenza e lavoro collettivo; esclude partecipazione individuale senza negoziazione	“la classe decideva insieme”	“la classe decideva insieme la sequenza più coerente”

Tabella 7.35– Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (prospettiva competenze professionali e digitale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	Uso didattico del coding come linguaggio	Scratch Junior viene utilizzato non come attività tecnica fine a sé stessa, ma come linguaggio espressivo per rappresentare e rielaborare contenuti disciplinari	Include uso di Scratch per esprimere la narrazione della creazione; esclude coding usato come puro esercizio tecnico	“Scratch Junior come ambiente di coding”, “linguaggio per esprimere i contenuti disciplinari”	“Ho utilizzato Scratch Junior come ambiente di coding”; “Lo strumento è stato usato come linguaggio per esprimere i contenuti disciplinari e non solo come attività tecnica”
R3-B	Mediazione docente e modellamento iniziale	La docente introduce i blocchi di base, mostra esempi e regola il ritmo per rendere accessibile l’ambiente digitale	Include presentazione dei blocchi, esempi, rallentamento del ritmo; esclude uso autonomo non mediato del software	“Ho mostrato i blocchi di base”, “mostrato esempi”, “rallentato il ritmo”	“Ho mostrato i blocchi di base...”; “Ho rallentato il ritmo, mostrato esempi...”
R3-C	Scaffolding organizzativo	La docente sostiene la comprensione iniziale del linguaggio di coding e la gestione dei turni attraverso una regia	Include gestione dei turni, supporto graduale, osservazione dei compagni; esclude semplice controllo disciplinare	“gestione dei turni”, “comprensione iniziale dei blocchi”	“Le difficoltà principali riguardavano la gestione dei turni e la comprensione iniziale dei blocchi”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		organizzativa intenzionale			
R3-D	Collaborazione nella costruzione della storia	L'intera classe partecipa alla definizione della sequenza narrativa, trasformando la storia in un prodotto condiviso	Include costruzione collettiva della storia e decisioni comuni; esclude semplice presenza simultanea di più alunni	“costruzione della storia è stata collettiva”	“La costruzione della storia è stata collettiva”
R3-E	Inclusione attraverso la scelta operativa	Il dispositivo digitale consente a ciascun bambino di contribuire con una scelta operativa visibile e significativa	Include contributo individuale all'interno della costruzione collettiva; esclude inclusione non connessa alla struttura dell'attività	“ciascuno contribuiva alla costruzione della storia con una scelta operativa”	“L'attività ha favorito l'inclusione: ciascuno contribuiva alla costruzione della storia con una scelta operativa”
R3-F	Sviluppo di competenze digitali professionali	La docente rilegge il coding come linguaggio espressivo e come opportunità per riorganizzare il proprio insegnamento	Include nuova considerazione del coding, sicurezza nella gestione di attività attive e collaborative; esclude semplice soddisfazione per lo strumento	“considerare il coding come linguaggio espressivo”, “più sicuro”	“L'esperienza mi ha fatto considerare il coding come linguaggio espressivo...”; “Mi sento più sicuro...”
R3-G	Riorganizzazione didattica della spiegazione	La docente riduce la spiegazione orale e affida maggiormente la comprensione alla costruzione operativa e narrativa	Include riduzione della spiegazione orale e cambiamento di equilibrio tra spiegazione e costruzione attiva; esclude variazioni di	“ridotto la spiegazione orale”	“Rispetto alle mie pratiche abituali ho ridotto la spiegazione orale...”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
			ritmo non metodologiche		
R3-H	Trasferibilità futura del metodo	La docente riconosce il valore del metodo e ipotizza di riorganizzare in futuro il lavoro in piccoli gruppi per aumentare autonomia e collaborazione	Include prospettiva futura, piccoli gruppi, aumento di autonomia e collaborazione	“organizzerei il lavoro in piccoli gruppi”	“In futuro manterrei la costruzione narrativa ma organizzerei il lavoro in piccoli gruppi per aumentare autonomia e collaborazione”

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Il confronto tra i tre codebook provvisori evidenzia una convergenza interpretativa elevata. Pur in presenza di un contenuto disciplinare non scientifico in senso stretto, i tre sguardi riconoscono una comune struttura pedagogica fondata sulla costruzione attiva del significato, sulla riflessione condivisa e sull'uso del digitale come ambiente di espressione e organizzazione cognitiva. Questa convergenza è particolarmente significativa, perché mostra che i costrutti rilevati dalla ricerca non dipendono esclusivamente dal contenuto disciplinare, ma possono emergere anche in contesti differenti, quando il docente adotta una postura didattica attiva, collaborativa e riflessiva.

I nuclei comuni individuati dal confronto sono nove. Il primo riguarda la progettazione di un apprendimento attivo guidato. Il secondo coincide con l'uso del coding come linguaggio disciplinare. Il terzo concerne la predizione, la modifica e il debugging delle sequenze. Il quarto riguarda la discussione cooperativa e la decisione condivisa. Il quinto coincide con la curiosità attivata dal feedback immediato. Il sesto riguarda l'inclusione partecipativa. Il settimo concerne il supporto reciproco tra pari. L'ottavo riguarda il ragionamento causale e temporale costruito attraverso la sequenza narrativa. Il nono coincide con lo sviluppo professionale e l'autoefficacia della docente.

Le differenze tra i tre ricercatori riguardano soprattutto il livello di specificazione. Il primo enfatizza la narrazione collettiva e la dimensione socio-costruttiva; il secondo mette a fuoco il debugging cognitivo, la predizione e la metacognizione; il terzo insiste sulla natura professionale dell'uso del coding e sulla riorganizzazione didattica della spiegazione. Tali differenze non producono

interpretazioni incompatibili, ma arricchiscono la lettura del caso e confluiscono senza difficoltà nella costruzione del codebook definitivo.

Tabella 7.36 – Convergenze tra i tre codebook provvisori dell’Intervista 5

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Progettazione di apprendimento attivo guidato	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Uso del coding come linguaggio disciplinare	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Predizione, modifica e correzione delle sequenze	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Discussione cooperativa e decisione condivisa	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Curiosità attivata dal feedback immediato	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Inclusione partecipativa	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Supporto reciproco tra pari	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Ragionamento causale e temporale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Sviluppo professionale e autoefficacia docente	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

La triangolazione ha quindi consentito di condensare questi nuclei in un codebook definitivo semanticamente stabile e coerente, capace di collegare il racconto della docente ai fattori latenti del questionario senza forzare il significato del caso entro una lettura esclusivamente tecnologica.

Codebook definitivo

Tabella 7.37 – Codebook definitivo dell’Intervista 5

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
F1	Progettazione attiva guidata	La docente organizza l’attività come sequenza in tre fasi, sostenuta da guida, domande di stimolo e riduzione della spiegazione frontale continua	Include sequenza esplicita, strategia di apprendimento attivo e uso di domande di stimolo; esclude semplice uso del digitale senza architettura didattica	“sequenza in tre fasi”; “strategia di apprendimento attivo basata su guida e domande di stimolo”

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
F2	Coding come linguaggio disciplinare	Scratch Junior viene utilizzato come ambiente di rappresentazione e rielaborazione del contenuto religioso, non come attività tecnica separata dal sapere disciplinare	Include uso di blocchi per rappresentare i giorni della creazione e uso del coding come linguaggio espressivo; esclude coding come puro addestramento tecnico	“Scratch Junior come ambiente di coding”; “linguaggio per esprimere i contenuti disciplinari”
F3	Predizione e debugging delle sequenze	La docente costruisce un compito nel quale gli alunni prevedono il risultato, osservano l’esito e modificano i blocchi quando la sequenza non funziona come atteso	Include previsione prima dell’animazione, modifica di blocchi, controllo del risultato; esclude semplice esecuzione lineare senza revisione	“prevedere cosa sarebbe successo”; “proponevano modifiche ai blocchi”
F4	Discussione cooperativa e negoziazione narrativa	La classe costruisce la storia collettivamente, discutendo la coerenza della sequenza e decidendo insieme l’ordine più appropriato degli eventi	Include decisione condivisa della sequenza, costruzione collettiva della narrazione e confronto sulle rappresentazioni; esclude semplice partecipazione simultanea	“costruzione della storia è stata collettiva”; “la classe decideva insieme la sequenza più coerente”
F5	Curiosità da feedback immediato	Il risultato visibile e immediato dell’animazione attiva curiosità, controllo e desiderio di modificare la sequenza	Include feedback immediato, coinvolgimento e stimolazione del ragionamento attraverso il risultato; esclude mero entusiasmo senza funzione cognitiva	“osservavano immediatamente il risultato”; “il risultato era immediatamente visibile”
F6	Inclusione partecipativa	La struttura dell’attività permette anche ai bambini più timidi di contribuire in modo visibile e significativo alla costruzione della storia	Include riferimento ai bambini più timidi e al contributo di ciascuno con una scelta operativa; esclude inclusione genericamente dichiarata	“anche nei bambini più timidi”; “ciascuno contribuiva... con una scelta operativa”
F7	Ragionamento causale-temporale	Il coding sostiene la riflessione sull’ordine temporale e sui nessi	Include domande sul prima/dopo, riflessione sulle conseguenze della modifica dei	“ordine temporale e causa-effetto”; “perché

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
		causa-effetto che strutturano la narrazione	blocchi e nessi di causa-effetto; esclude semplice ordine cronologico non argomentato	un'azione dovesse venire prima di un'altra"
F8	Supporto reciproco tra pari	L'osservazione del lavoro dei compagni viene valorizzata come risorsa di apprendimento reciproco e di sostegno alla comprensione dei blocchi	Include supporto reciproco, osservazione del lavoro dei compagni e apprendimento fra pari; esclude sola turnazione	"osservazione del lavoro dei compagni come supporto reciproco"
F9	Autoefficacia e sviluppo professionale	La docente riconosce di avere maturato maggiore sicurezza nella gestione di attività attive e collaborative e di considerare il coding come linguaggio espressivo per la rielaborazione disciplinare	Include nuova considerazione del coding, maggiore sicurezza e intenzione di riorganizzare in futuro il lavoro in piccoli gruppi	"considerare il coding come linguaggio espressivo"; "Mi sento più sicuro"; "organizzerei il lavoro in piccoli gruppi"

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

L'associazione dei codici ai fattori latenti è stata costruita, anche in questo caso, secondo un criterio interpretativo rigoroso e non intuitivo. Ogni codice è stato ricondotto a un fattore soltanto quando il testo offriva una base teoricamente solida e sufficientemente esplicita per attribuire al docente quella specifica dimensione professionale.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi, discussione di soluzioni alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di costruzione del sapere. In questa intervista il fattore emerge con chiarezza attraverso F4, poiché la docente organizza la costruzione della storia come oggetto di negoziazione collettiva e decisione condivisa. Vi contribuisce anche F8, dato che l'osservazione del lavoro dei compagni viene esplicitamente valorizzata come supporto reciproco. Si è scelto inoltre di associare a questa dimensione F7, poiché la riflessione sull'ordine delle azioni e sui nessi causa-effetto viene attivata dalla docente attraverso domande che obbligano la classe a discutere la logica interna della sequenza narrativa.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, organizzazione del compito, analisi dei risultati e progettazione di attività in cui si prevedono esiti, si verificano risultati e si rivedono soluzioni. Pur non trattandosi di un'investigazione scientifica

sperimentale, in questa intervista il fattore è comunque osservabile. Vi rientra F1, in quanto la docente progetta una sequenza attiva guidata che non si limita alla fruizione del contenuto, ma costruisce un compito di esplorazione e controllo. Vi rientra anche F3, poiché la pratica di predizione e debugging costituisce una forma di indagine operativa nella quale gli alunni anticipano il risultato, lo confrontano con l'esito e modificano i blocchi.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, porre domande profonde, mantenere vivo l'interesse e strutturare problemi che sostengano il ragionamento. In questa intervista esso è sostenuto da F5, poiché il feedback immediato dell'ambiente di coding genera curiosità e attiva la tensione cognitiva. Vi contribuisce indirettamente anche F1, ma nella quantizzazione finale si è scelto di non duplicare l'evidenza, mantenendo il fattore ancorato soprattutto all'effetto generativo del feedback e delle domande di stimolo.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la capacità del docente di collegare il contenuto disciplinare a esperienze quotidiane o a contesti reali extrascolastici. In questa intervista tale dimensione non risulta osservabile. La narrazione della creazione del mondo viene resa più comprensibile e concreta attraverso il coding, ma il testo non verbalizza collegamenti con la quotidianità degli alunni o con esperienze di vita reale al di fuori del contesto scolastico.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, includendo uso riflessivo delle tecnologie, progettazione pedagogica dell'ambiente digitale, integrazione dello strumento nella didattica e sviluppo professionale connesso al digitale. In questa intervista il fattore emerge con chiarezza. Vi rientra F1, poiché la docente progetta l'attività in modo da integrare il coding dentro una sequenza didattica coerente. Vi rientra F2, dal momento che Scratch Junior è utilizzato come linguaggio disciplinare e non come semplice tecnica. Vi rientra infine F9, perché la docente dichiara di avere riletto il coding come linguaggio espressivo e di sentirsi più sicura nella gestione di attività attive e collaborative.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità del docente di creare, adattare e sviluppare contenuti digitali per la didattica. In questa intervista il fattore è sostenuto in modo convincente. Vi rientra F2, poiché la docente usa Scratch Junior per costruire e rappresentare ogni giorno della creazione attraverso sequenze digitali, trasformando il contenuto disciplinare in un prodotto digitale narrativo. Vi rientra anche F3, in quanto la modifica dei blocchi e il debugging non costituiscono solo interazione con un software preesistente, ma un vero lavoro di costruzione e revisione di contenuto digitale.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate, come *inquiry based learning*, *problem based learning*, *project based learning* e *design thinking*. In questa intervista esso emerge attraverso F7, poiché la docente costruisce il compito in modo da attivare ragionamento causale e temporale, mostrando una consapevolezza metodologica del valore cognitivo della sequenza e della riflessione logica. Si è scelto inoltre di associare a questo fattore anche F1, poiché la progettazione attiva guidata e la riduzione della spiegazione frontale mostrano una chiara conoscenza di strategie didattiche attive e collaborative.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare attività integrate e di continuare a migliorare la propria pratica professionale. In questa intervista il fattore è sostenuto da F9. La docente dichiara infatti di sentirsi più sicura nella gestione di attività attive e collaborative e di voler riorganizzare in futuro il lavoro in piccoli gruppi per aumentare autonomia e collaborazione.

È importante precisare che F6, pur essendo un codice interpretativamente rilevante sul piano dell'inclusione, non è stato ricondotto a un fattore latente specifico, poiché non coincide in modo diretto con uno dei costrutti del questionario. La sua esclusione dalla quantizzazione finale non ne riduce il valore qualitativo, ma riflette la necessità di mantenere coerenza tra codifica tematica e fattori quantitativi.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.38 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell'Intervista 5

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
F1		✓			✓		✓	
F2					✓	✓		
F3		✓				✓		
F4	✓							
F5			✓					
F6								

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
F7	✓						✓	
F8	✓							
F9					✓			✓

Risultano osservabili sette fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Asking, TPDC, TDCD, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non risulta invece osservabile Relation with Daily Life.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere il profilo dell'Intervista 5 comparabile con gli altri casi del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti, contando soltanto le associazioni forti e teoricamente giustificate. Tutti e nove i codici risultano presenti nel testo, ma non tutti vengono convertiti in evidenze fattoriali. La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell'intervista è la seguente. Nella risposta 1 compaiono F1 e F4. Nella risposta 2 compaiono F2 e, sul piano del cambiamento didattico, elementi riconducibili anche a F1. Nella risposta 3 compaiono F3 e F7. Nella risposta 4 compaiono F4 e F7. Nella risposta 5 compaiono F5 e F6. Nella risposta 6 compare F8. Nella risposta 7 compare F9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale è la seguente.

Tabella 7.39 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell'Intervista 5

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	3	21,4%
Investigate and Creation	2	14,3%
Asking	1	7,1%
TPDC	3	21,4%
TDCD	2	14,3%

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	2	14,3%
Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	7,1%

Il totale delle assegnazioni è pari a 14. La distribuzione percentuale mostra un profilo fortemente caratterizzato da due dimensioni principali: Discussion and Reflection e TPDC, entrambe pari al 21,4%. Questo dato indica che il valore dell'attività non risiede tanto nell'investigazione empirica o nel collegamento con la vita quotidiana, quanto nella capacità della docente di progettare un uso pedagogicamente significativo del coding e di sostenere una costruzione collettiva, riflessiva e negoziata del contenuto disciplinare. A queste dimensioni si affiancano Investigate and Creation, TDCD e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, tutte pari al 14,3%, che testimoniano rispettivamente la presenza di una logica di predizione e correzione, di una rielaborazione digitale del contenuto e di una chiara consapevolezza metodologica delle strategie attive adottate. Asking e self-efficacy risultano presenti con incidenza più contenuta. Relation with Daily Life non è osservabile.

Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

Per rendere più immediatamente leggibile il profilo del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, analoghe a quelle predisposte per le interviste precedenti. Anche in questo caso, i grafici non svolgono una funzione meramente illustrativa, ma interpretativa, poiché consentono di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

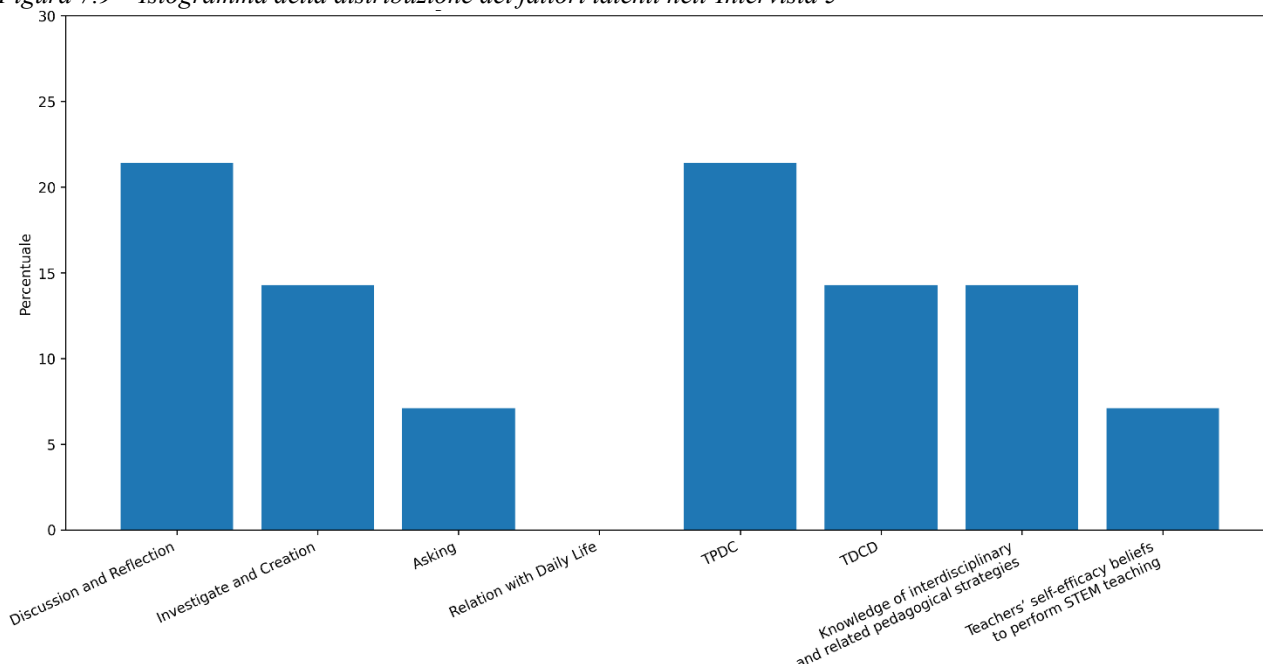
Nel caso dell'Intervista 5, l'istogramma mette in evidenza due assi portanti: Discussion and Reflection e TPDC. Ciò indica che il cuore dell'attività non risiede in primo luogo nella sperimentazione concreta o nel collegamento con contesti reali, ma nella capacità del docente di progettare un uso pedagogicamente maturo del coding e di sostenere una costruzione collettiva del contenuto attraverso confronto, decisione comune e riflessione sulla sequenza narrativa.

La presenza di TDCD con un peso significativo conferma che il digitale non si limita a supportare l'attività, ma entra direttamente nella costruzione e nella rappresentazione del sapere disciplinare. La classe non usa semplicemente un'applicazione pronta, ma costruisce, modifica e riorganizza contenuti digitali in Scratch Junior. Investigate and Creation risulta presente in misura intermedia, nella forma di predizione e debugging della sequenza. Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical

strategies segnala invece che la docente possiede una chiara consapevolezza metodologica delle strategie attive utilizzate, anche in un ambito disciplinare non riconducibile direttamente alle scienze.

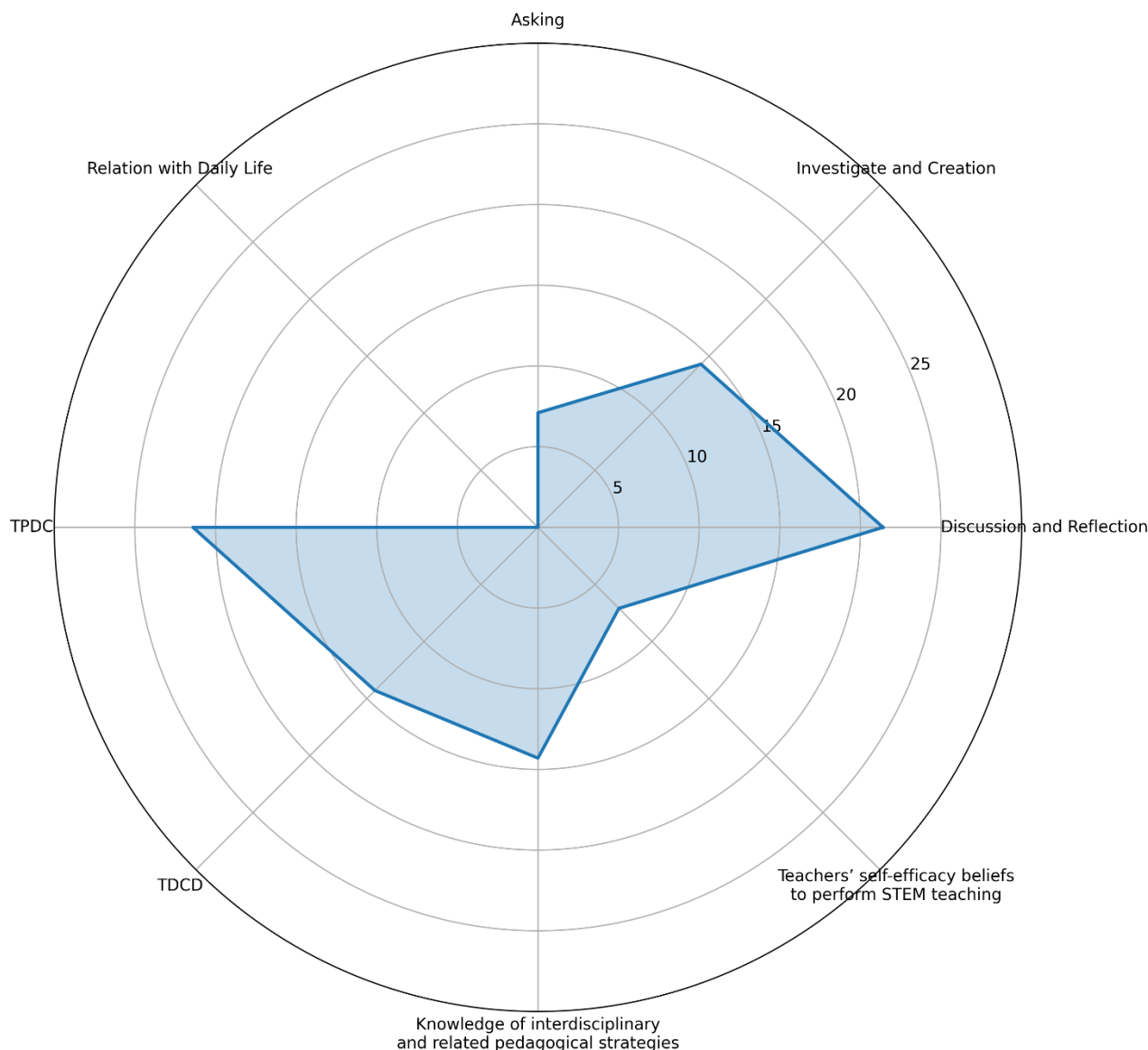
L'assenza di Relation with Daily Life mostra che la narrazione della creazione del mondo, pur resa più concreta e comprensibile attraverso il coding, non viene collegata nel testo a situazioni quotidiane extrascolastiche. Anche questa assenza, come nei casi precedenti, non costituisce un limite dell'analisi, ma un dato metodologicamente coerente con la lettura verticale adottata.

Figura 7.9 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 5



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 5. I dati evidenziano la predominanza di Discussion and Reflection e Teachers' Professional Digital Competence, entrambe pari al 21,4%, seguite da Investigate and Creation, TDCD e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, tutte pari al 14,3%. Asking e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con il 7,1%. Relation with Daily Life non emerge in forma esplicita nel testo e pertanto non risulta osservabile.

Figura 7.10 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 5



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 5. Il profilo evidenzia una forte estensione delle dimensioni Discussion and Reflection e TPDC, mostrando una pratica docente centrata sulla costruzione collettiva del contenuto e sull'uso pedagogicamente significativo del coding. Investigate and Creation, TDCD e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies risultano presenti con intensità intermedia, mentre Asking e self-efficacy assumono un peso più contenuto. Relation with Daily Life non contribuisce al profilo poiché non risulta osservabile nel testo.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.40 – Sintesi dell'Intervista 5

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Classe terza, attività durante l'ora di religione sulla narrazione della creazione del mondo in sette giorni
Obiettivo dichiarato	Rendere il contenuto più comprensibile e partecipato attraverso una costruzione attiva della storia
Struttura dell'attività	Familiarizzazione con Scratch Junior, costruzione collettiva della narrazione, verifica finale
Mediazioni utilizzate	Ambiente di coding Scratch Junior, blocchi di base, animazioni narrative, esempi mostrati dalla docente
Logica del compito	Costruzione narrativa digitale fondata su predizione, osservazione del risultato, modifica dei blocchi e negoziazione della sequenza
Organizzazione sociale	Costruzione collettiva della storia, decisione condivisa della sequenza, supporto reciproco tra pari
Ruolo della docente	Progettazione attiva guidata, riduzione della spiegazione frontale, uso riflessivo del coding, stimolo del ragionamento causale e temporale
Fattori latenti prevalenti	Discussion and Reflection; TPDC
Fattori latenti presenti con rilievo intermedio	Investigate and Creation; TDCD; Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Asking; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	Relation with Daily Life
Trasformazione professionale emergente	Il coding viene riletto dalla docente come linguaggio espressivo disciplinare e come dispositivo per attività attive e collaborative
Elemento qualificante del caso	Uso del coding come linguaggio di rielaborazione narrativa e non come semplice attività tecnica
Limite interpretativo principale	Assenza di un collegamento esplicito con contesti di vita quotidiana extrascolastica

Dimensione	Esito
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di pratica digitale-espressiva, riflessiva e collaborativa, che amplia il campo di osservazione della ricerca oltre i contesti STEM tradizionali

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 5 restituisce il profilo di una pratica didattica fortemente digitale-espressiva, nella quale il coding viene utilizzato come linguaggio per rielaborare contenuti disciplinari e non come semplice attività tecnica. Il tratto distintivo del caso risiede nella trasformazione della sequenza narrativa in oggetto di costruzione, confronto e riflessione, attraverso una logica di predizione, modifica e verifica del risultato. Il contenuto della creazione del mondo non viene semplicemente spiegato o ripetuto, ma ricostruito attivamente entro una forma narrativa digitale che obbliga a discutere l'ordine degli eventi, la coerenza della sequenza e i legami di causa-effetto.

I fattori predominanti, Discussion and Reflection e TPDC, mostrano con chiarezza il baricentro pedagogico dell'attività. Da un lato, la docente organizza la costruzione della storia come processo collettivo, dialogico e negoziale, nel quale le decisioni vengono condivise e discusse. Dall'altro, il coding è integrato in modo pedagogicamente fondato, come ambiente di espressione disciplinare e di costruzione del significato, non come supporto tecnico o addestramento isolato. L'attività testimonia una competenza digitale professionale matura, capace di connettere strumento, contenuto e organizzazione della partecipazione.

La presenza di TDCD è particolarmente interessante, perché segnala che il digitale entra qui non solo nella progettazione del setting, ma anche nella produzione e revisione del contenuto. La narrazione viene infatti tradotta in sequenze, blocchi, animazioni e modifiche, configurandosi come un contenuto digitale costruito e adattato progressivamente. Anche Investigate and Creation compare in misura significativa, sebbene in una forma diversa rispetto ai casi scientifici: non come indagine sperimentale, ma come processo di predizione, osservazione del risultato e debugging della sequenza.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies conferma che la docente possiede una solida consapevolezza metodologica delle strategie attive adottate. Il coding non viene usato in modo casuale, ma integrato dentro una precisa architettura di apprendimento attivo, che riduce la spiegazione frontale e valorizza costruzione, confronto e riflessione logica. Asking emerge in misura più contenuta, ma comunque significativa, attraverso il ruolo delle domande di stimolo e del feedback immediato. Anche la self-efficacy compare chiaramente nella riflessione finale della docente, che dichiara di sentirsi più sicura nella gestione di attività attive e collaborative e di voler riorganizzare in futuro il lavoro in piccoli gruppi.

Al contrario, *Relation with Daily Life* non risulta osservabile. La narrazione della creazione del mondo viene resa più comprensibile e concreta grazie al coding, ma il testo non esplicita alcun collegamento con contesti quotidiani o con esperienze extrascolastiche vissute dagli alunni. L'assenza di questo fattore non costituisce un limite del caso, ma ne definisce con precisione il profilo: una pratica di costruzione simbolica, collaborativa e digitale, più orientata alla riorganizzazione narrativa del sapere che al suo ancoraggio nella vita quotidiana.

Rispetto ai casi precedenti, l'Intervista 5 amplia in modo significativo il quadro della ricerca. L'attività non assume la forma di un laboratorio scientifico o matematico, ma di una costruzione simbolica mediata dal digitale. Ne emergono con forza il pensiero causale, la collaborazione, la riflessione condivisa e la capacità del docente di usare il coding come linguaggio disciplinare. Il caso mostra che i fattori latenti indagati dal questionario non si manifestano soltanto in contesti STEAM tradizionali, ma possono essere osservati anche in pratiche disciplinari differenti, purché strutturate secondo logiche attive, collaborative e riflessive.

7.5.6 Intervista 6

La sesta intervista (allegato 11 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata in una classe prima della scuola primaria, nell'ambito di un percorso dedicato al tema dell'inquinamento marino e all'introduzione del funzionamento dell'intelligenza artificiale. L'attività è strutturata in una sequenza articolata in tre fasi operative.

In una prima fase viene proposta una discussione iniziale sul concetto di apprendimento di una macchina, attraverso esempi tratti dalla vita quotidiana. Successivamente, gli studenti sono coinvolti in un'attività guidata al computer, durante la quale interagiscono con un ambiente digitale. L'attività si conclude con una fase finale di riflessione sui risultati ottenuti.

Dal punto di vista degli strumenti, l'attività prevede l'utilizzo di computer o tablet con accesso alla piattaforma "AI for Oceans" di Code.org. All'interno dell'ambiente digitale, gli studenti sono impegnati nella classificazione di immagini, distinguendo tra elementi appartenenti alla categoria dei pesci e quella dei rifiuti.

Nel corso dell'attività, gli studenti selezionano immagini da fornire al sistema e osservano le classificazioni restituite. In presenza di risultati non corrispondenti alle attese, intervengono modificando gli esempi forniti. Le attività prevedono quindi momenti di selezione, osservazione dei risultati e revisione delle scelte effettuate.

L'organizzazione del lavoro include momenti di confronto tra pari, durante i quali gli studenti discutono le modalità di classificazione delle immagini e motivano le proprie scelte prima

dell'inserimento nel sistema. Il percorso prevede inoltre un collegamento con il tema dell'inquinamento marino, che costituisce il contesto di riferimento delle immagini utilizzate.

Nel corso delle diverse fasi, l'attività è accompagnata da momenti di gestione delle difficoltà operative legate all'uso dello strumento e alla selezione delle immagini. Il lavoro si sviluppa quindi attraverso l'interazione con un ambiente digitale, inserito in una sequenza che comprende discussione iniziale, attività guidata e riflessione finale, all'interno di un'organizzazione che prevede momenti di lavoro individuale e confronto tra pari.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 6 è stata sviluppata, come nei casi precedenti, attraverso tre letture indipendenti del testo. Tale scelta metodologica è stata adottata per rendere esplicita la pluralità degli accessi interpretativi a un caso che combina in modo particolarmente denso dimensione digitale, riflessione epistemologica sull'intelligenza artificiale, educazione ambientale e costruzione condivisa del significato.

Il primo ricercatore ha adottato una prospettiva socio-costruttivista e *inquiry-oriented*, focalizzandosi soprattutto sulla sequenza esplorativa guidata, sulle domande stimolo, sulla discussione tra pari, sulla curiosità attivata dall'errore, sull'inclusione e sul significato sociale del tema dell'inquinamento marino. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha privilegiato una lettura centrata sull'apprendimento per esempi, sull'ipotesi-verifica, sulla concettualizzazione progressiva del funzionamento dell'IA, sul conflitto cognitivo generato dalle classificazioni errate, sulla riflessione metacognitiva e sul ragionamento oggettivo necessario alla costruzione dei criteri. Il terzo ricercatore ha infine adottato una prospettiva focalizzata sulle competenze professionali del docente e sull'integrazione digitale, leggendo il testo in termini di IA come ambiente di apprendimento, produzione di dati, debugging, collaborazione, educazione ambientale, progressione dei livelli e trasferibilità futura del metodo.

La triangolazione si è articolata in quattro passaggi. In una prima fase ciascun ricercatore ha elaborato in autonomia un proprio codebook provvisorio, definendo per ogni codice un'etichetta concettuale, una definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In una seconda fase i tre codebook sono stati comparati per verificare se categorie diversamente nominate corrispondessero in realtà agli stessi nuclei di significato. In un terzo passaggio tali nuclei sono stati stabilizzati in un codebook definitivo, distinguendo tra convergenze piene e differenze dovute alla diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa, applicando una lettura verticale rigorosa.

Questo passaggio è particolarmente importante in questa intervista. Il testo documenta infatti con chiarezza la presenza di una competenza del docente nell'integrare una piattaforma digitale in modo pedagogicamente significativo, ma non offre basi altrettanto solide per attribuire la dimensione TDCD. La piattaforma viene usata come ambiente cognitivo già predisposto, mentre il docente non dichiara né di avere creato né di avere adattato contenuti digitali propri. Per questa ragione è stato necessario distinguere con precisione tra l'uso riflessivo del digitale, riconducibile a TPDC, e lo sviluppo di contenuti digitali, riconducibile a TDCD.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.41 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (prospettiva socio-costruttivista e inquiry)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Sequenza esplorativa guidata	Attività organizzata come percorso in tre fasi – discussione iniziale, attività guidata al computer e riflessione finale – finalizzato a costruire gradualmente il significato dell'IA e dell'inquinamento marino	Include presenza di una sequenza dichiarata e intenzionalmente articolata; esclude uso episodico della piattaforma senza progressione didattica esplicita	“tre fasi”, “discussione iniziale”, “attività guidata al computer”, “riflessione finale”	“Ho progettato il lavoro in tre fasi: discussione iniziale... attività guidata al computer... riflessione finale”
R1-B	Domande stimolo della docente	La docente guida l'attività attraverso esplorazione guidata e domande di stimolo, evitando spiegazioni puramente teoriche	Include domande stimolo, evitamento della spiegazione teorica e guida non trasmissiva; esclude istruzione meramente dimostrativa	“domande stimolo”, “evitando spiegazioni puramente teoriche”	“Ho scelto una strategia attiva basata su esplorazione guidata e domande stimolo, evitando spiegazioni puramente teoriche”
R1-C	Discussione tra pari sulle classificazioni	I bambini confrontano tra loro le scelte classificatorie e motivano le decisioni prima di inserirle nella piattaforma	Include discussione tra pari, motivazione delle scelte e confronto sulla classificazione; esclude semplice uso individuale della piattaforma	“hanno discusso tra loro”, “motivato le scelte”	“I bambini hanno discusso tra loro su come classificare le immagini e hanno motivato le scelte prima di inserirle”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-D	Curiosità attivata dall'errore del sistema	L'errore del robot o la classificazione sbagliata attivano sorpresa, confronto e desiderio di revisione	Include riferimenti al fatto che il robot sbaglia e a correzioni conseguenti; esclude semplice errore tecnico non discusso	"Quando il robot sbagliava", "classificava male"	"Quando il robot sbagliava, modificavano gli esempi..."; "il robot classificava male"
R1-E	Inclusione partecipativa	Anche gli alunni più insicuri partecipano attivamente, poiché possono contribuire con la proposta di esempi e con il confronto sulle classificazioni	Include esplicito riferimento agli alunni più insicuri e alla possibilità di contribuire; esclude inclusione genericamente dichiarata	"anche gli alunni più insicuri partecipavano", "potevano contribuire proponendo esempi"	"Anche gli alunni più insicuri partecipavano perché potevano contribuire proponendo esempi"
R1-F	Significato sociale e ambientale	Il contenuto viene collegato al tema reale dell'inquinamento marino e ai comportamenti quotidiani legati ai rifiuti	Include riferimenti al mare, ai rifiuti e a comportamenti quotidiani; esclude semplice tema ambientale non contestualizzato	"inquinamento del mare", "comportamenti quotidiani legati ai rifiuti"	"Il collegamento con l'inquinamento del mare ha reso l'attività significativa e ha stimolato riflessioni su comportamenti quotidiani legati ai rifiuti"
R1-G	Costruzione collettiva di criteri oggettivi	La docente porta la classe a comprendere la necessità di criteri condivisi e non soggettivi per l'addestramento del sistema	Include accordo condiviso e riflessione sul carattere oggettivo del dato; esclude semplice consenso sociale non epistemico	"bisognava essere tutti d'accordo", "dato soggettivo non è contemplato"	"Ho spiegato loro... che bisognava essere tutti d'accordo nella classificazione... Solo una informazione oggettiva era possibile fornire al robot"
R1-H	Crescita professionale del docente	La docente rilegge l'esperienza come metodologicamente valida e dichiara di voler mantenere l'impostazione	Include intenzione di mantenere il metodo e valorizzazione della progressione dei livelli; esclude semplice	"In futuro manterrei l'impostazione esplorativa e riflessiva", "livelli"	"In futuro manterrei l'impostazione esplorativa e riflessiva..."

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		esplorativa e riflessiva in futuro	apprezzamento dell'attività	di difficoltà via via crescenti"	

Tabella 7.42 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (prospettiva scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Apprendimento per esempi	Il sistema viene addestrato attraverso esempi forniti dagli studenti, che comprendono progressivamente come la macchina apprenda dai dati	Include fornitura di immagini, training del robot e comprensione del legame tra dati e apprendimento; esclude semplice classificazione senza riflessione sull'IA	“fornivano esempi al sistema”, “far comprendere come una macchina apprenda dai dati”	“L’obiettivo era far comprendere come una macchina apprende dai dati forniti dalle persone”; “i bambini fornivano esempi al sistema”
R2-B	Ipotesi e verifica iterativa	Gli studenti avanzano ipotesi sulle caratteristiche degli oggetti e le controllano attraverso prove successive e osservazione delle classificazioni	Include ipotesi sulle caratteristiche di un rifiuto e verifiche successive; esclude mera risposta immediata senza iterazione	“hanno iniziato a ipotizzare”, “a verificare le proprie idee attraverso prove successive”	“Hanno iniziato a ipotizzare quali caratteristiche rendessero un oggetto un rifiuto e a verificare le proprie idee attraverso prove successive”
R2-C	Concettualizzazione del funzionamento dell'IA	Il docente guida la comprensione elementare del fatto che una macchina apprende dai dati e non da criteri soggettivi	Include esplicita comprensione del funzionamento dell'IA e del ruolo dei dati; esclude uso strumentale della piattaforma senza concettualizzazione	“una macchina apprende dai dati”, “un dato soggettivo non è contemplato dall'IA”	“L’obiettivo era far comprendere come una macchina apprende dai dati...”; “un dato soggettivo non è contemplato dall'IA”
R2-D	Conflitto cognitivo generato dall'errore	Le classificazioni errate del robot producono rielaborazione dei	Include robot che sbaglia, classificazioni errate e modifiche agli esempi; esclude errore non rielaborato	“robot sbagliava”, “classificava male”,	“Quando il robot sbagliava, modificavano gli esempi cercando di

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		criteri e revisione delle scelte iniziali		“modificavano gli esempi”	migliorarne il comportamento”
R2-E	Metacognizione delle scelte classificatorie	Gli studenti sono chiamati a motivare le proprie scelte e a riflettere sul processo di classificazione prima di agire	Include motivazione delle scelte, confronto e spiegazione del criterio; esclude semplice esecuzione meccanica	“motivato le scelte”, “motivare le scelte prima di inserirle”	“I bambini hanno discusso tra loro... e hanno motivato le scelte prima di inserirle”
R2-F	Motivazione e interesse	L'esperienza suscita gradimento e partecipazione attiva grazie alla natura interattiva e significativa del compito	Include piacere per l'esperienza e partecipazione; esclude motivazione genericamente dichiarata	“Ai bambini è piaciuta molto questa esperienza”	“Ai bambini è piaciuta molto questa esperienza”
R2-G	Ragionamento oggettivo e criterioale	Il docente guida il passaggio da criteri soggettivi a criteri condivisi e oggettivi per la classificazione	Include accordo nella classificazione, esclusione della soggettività e uso di informazioni oggettive; esclude semplice accordo sociale	“bisognava essere tutti d'accordo”, “informazione oggettiva”	“bisognava essere tutti d'accordo nella classificazione... Solo una informazione oggettiva era possibile fornire al robot”
R2-H	Pensiero classificatorio e scientifico	La piattaforma viene usata per costruire un pensiero di classificazione fondato su attributi e criteri, distinguendo rifiuti e non rifiuti	Include distinzione pesci/rifiuti e ricerca delle caratteristiche rilevanti; esclude semplice riconoscimento visivo non argomentato	“distinguere pesci e rifiuti”, “quali caratteristiche rendessero un oggetto un rifiuto”	“I bambini classificavano immagini per insegnare al robot a distinguere pesci e rifiuti”

Tabella 7.43 – Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (prospettiva digitale, STEM e competenze professionali)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	IA come ambiente di apprendimento	La piattaforma AI for Oceans non è usata come semplice strumento, ma come ambiente cognitivo nel quale prende forma il processo di apprendimento	Include uso della piattaforma come ambiente di costruzione della conoscenza; esclude uso accessorio o dimostrativo	“AI for Oceans”, “ambiente di costruzione della conoscenza”	“Ho utilizzato computer o tablet con la piattaforma AI for Oceans”; “Lo strumento digitale è stato integrato come ambiente di costruzione della conoscenza”
R3-B	Produzione di dati per l’addestramento	Gli studenti non eseguono semplicemente consegne, ma producono dati e osservano gli effetti delle proprie scelte sul comportamento del robot	Include produzione di esempi, insegnamento alla macchina e osservazione degli effetti; esclude uso di dati già predisposti senza intervento attivo	“producevano dati osservandone gli effetti immediati”	“gli alunni non eseguivano consegne ma producevano dati osservandone gli effetti immediati”
R3-C	Correzione iterativa del modello	Il comportamento del sistema viene migliorato attraverso correzione degli esempi e aggiustamenti successivi	Include modifica degli esempi e tentativo di migliorare il comportamento del robot; esclude semplice errore occasionale	“modificavano gli esempi cercando di migliorarne il comportamento”	“Quando il robot sbagliava, modificavano gli esempi cercando di migliorarne il comportamento”
R3-D	Collaborazione nella costruzione dei criteri	La classificazione non è affidata al singolo, ma alla discussione e al confronto collettivo sui criteri corretti	Include discussione, motivazione delle scelte e accordo condiviso; esclude uso individuale non negoziato della piattaforma	“discusso tra loro”, “motivato le scelte”, “tutti d’accordo”	“I bambini hanno discusso tra loro...”; “bisognava essere tutti d’accordo nella classificazione”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-E	Inclusione digitale	Anche gli alunni più insicuri trovano spazio di partecipazione grazie alla struttura interattiva della piattaforma e alla possibilità di proporre esempi	Include partecipazione diffusa e possibilità di contribuire proponendo esempi; esclude inclusione non connessa al dispositivo	“alunni più insicuri”, “potevano contribuire proponendo esempi”	“Anche gli alunni più insicuri partecipavano perché potevano contribuire proponendo esempi”
R3-F	Educazione ambientale integrata	Il contenuto digitale viene messo in relazione con il tema dell'inquinamento marino e con la riflessione sui comportamenti quotidiani	Include mare, rifiuti e comportamenti quotidiani; esclude tema ambientale nominale non discusso	“inquinamento del mare”, “comportamenti quotidiani legati ai rifiuti”	“Il collegamento con l'inquinamento del mare... ha stimolato riflessioni su comportamenti quotidiani legati ai rifiuti”
R3-G	Progressione dei livelli e scaffolding	La docente valorizza la struttura sequenziale della piattaforma e la difficoltà crescente come elemento di sostegno all'apprendimento	Include riferimenti a livelli via via crescenti e stimolanti; esclude semplice passaggio di livello non commentato	“livelli di difficoltà via via crescenti”	“è stata un'attività proposta in forma sequenziale, con livelli di difficoltà via via crescenti”
R3-H	Trasferibilità futura del metodo	La docente riconosce il valore della metodologia e dichiara di voler mantenere l'impostazione esplorativa e riflessiva in futuro	Include mantenimento del metodo e riflessione futura; esclude giudizio positivo non trasferibile	“In futuro manterrei l'impostazione esplorativa e riflessiva”	“In futuro manterrei l'impostazione esplorativa e riflessiva...”

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Il confronto tra i tre codebook provvisori evidenzia una convergenza interpretativa elevata. I nuclei comuni emersi dal confronto sono nove. Il primo riguarda la progettazione di una sequenza esplorativa guidata. Il secondo coincide con l'apprendimento del funzionamento dell'IA attraverso i

dati. Il terzo concerne l'ipotesi, la verifica e la correzione iterativa delle classificazioni. Il quarto riguarda la discussione cooperativa e la motivazione delle scelte. Il quinto coincide con la curiosità attivata dall'errore del sistema. Il sesto riguarda la mediazione digitale significativa. Il settimo concerne il collegamento con il tema reale dell'inquinamento marino e dei comportamenti quotidiani legati ai rifiuti. L'ottavo riguarda l'inclusione partecipativa. Il nono coincide con l'autoefficacia e la riflessione professionale della docente.

Le differenze tra i tre ricercatori non sono sostanziali, ma riguardano soprattutto il livello di specificazione. Il primo enfatizza la dimensione socio-costruttiva, la costruzione condivisa dei criteri e il significato sociale dell'attività; il secondo mette a fuoco la logica di apprendimento per esempi, il ragionamento oggettivo e il pensiero classificatorio; il terzo insiste sulla natura della piattaforma come ambiente di apprendimento e sulla produzione di dati come tratto qualificante del caso. Tali differenze non generano interpretazioni incompatibili, ma arricchiscono la ricostruzione del caso e confluiscono senza difficoltà nella costruzione del codebook definitivo.

Tabella 7.44– Convergenze tra i tre codebook provvisori dell'Intervista 6

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Sequenza esplorativa guidata	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Apprendimento dell'IA tramite dati	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Verifica iterativa e correzione del sistema	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Discussione collaborativa e motivazione delle scelte	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Curiosità ed errore come risorsa	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Mediazione digitale significativa	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Connessione con la realtà ambientale e quotidiana	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Inclusione partecipativa	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Autoefficacia e riflessione professionale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

La triangolazione ha quindi consentito di trasformare questi nuclei in un codebook definitivo semanticamente stabile e coerente con i fattori latenti del questionario. Il caso risulta particolarmente

rilevante perché combina in modo organico produzione di dati, riflessione epistemologica sul funzionamento dell'IA, educazione ambientale e costruzione condivisa di criteri di classificazione.

Codebook definitivo

Tabella 7.45 – Codebook definitivo dell'Intervista 6

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
F1	Sequenza inquiry guidata	La docente organizza l'attività come una sequenza in tre fasi – discussione iniziale, attività guidata al computer e riflessione finale – sostenuta da esplorazione guidata e domande stimolo	Include presenza di una sequenza esplicita e di una strategia attiva non puramente teorica; esclude uso episodico della piattaforma senza architettura didattica dichiarata	“Ho progettato il lavoro in tre fasi...”; “strategia attiva basata su esplorazione guidata e domande stimolo”
F2	Apprendimento della macchina attraverso i dati	La docente costruisce un'attività in cui i bambini comprendono che il robot apprende a partire dai dati e dagli esempi forniti dalle persone	Include classificazione di immagini, insegnamento al robot e comprensione del rapporto tra dati e comportamento del sistema; esclude semplice classificazione priva di riflessione sull'IA	“far comprendere come una macchina apprende dai dati”; “classificavano immagini per insegnare al robot...”
F3	Ipotesi, verifica e correzione iterativa	La docente organizza un compito nel quale gli alunni ipotizzano caratteristiche, osservano le classificazioni e modificano gli esempi per migliorare il comportamento del robot	Include ipotesi sulle caratteristiche del rifiuto, prove successive e modifica degli esempi; esclude errore non rielaborato	“Hanno iniziato a ipotizzare...”; “modificavano gli esempi cercando di migliorarne il comportamento”
F4	Discussione cooperativa e costruzione condivisa dei criteri	La docente promuove confronto tra pari, motivazione delle scelte e costruzione condivisa di criteri di classificazione oggettivi	Include discussione tra bambini, motivazione delle scelte e accordo condiviso; esclude semplice consenso non legato a criteri	“hanno discusso tra loro”; “motivato le scelte”; “bisognava essere tutti d'accordo”

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
F5	Curiosità da errore e da feedback del sistema	L'errore del robot e le classificazioni sbagliate attivano curiosità, confronto e desiderio di correzione	Include classificazioni errate, robot che sbaglia e conseguente revisione delle scelte; esclude errore casuale non discusso	“Quando il robot sbagliava...”; “il robot classificava male”
F6	Mediazione digitale significativa	La piattaforma AI for Oceans è integrata dal docente come ambiente cognitivo nel quale gli alunni producono dati e ne osservano gli effetti immediati	Include uso di computer o tablet, piattaforma AI for Oceans, produzione di dati e osservazione degli effetti; esclude uso digitale puramente illustrativo	“Lo strumento digitale è stato integrato come ambiente di costruzione della conoscenza”; “producevano dati osservandone gli effetti immediati”
F7	Connessione con la vita reale e il tema ambientale	L'attività collega l'apprendimento dell'IA al problema reale dell'inquinamento del mare e ai comportamenti quotidiani legati ai rifiuti	Include mare, rifiuti e riferimenti ai comportamenti quotidiani; esclude semplice presenza di immagini ambientali non tematizzate	“Il collegamento con l'inquinamento del mare...”; “comportamenti quotidiani legati ai rifiuti”
F8	Inclusione partecipativa	Anche gli alunni più insicuri partecipano all'attività perché possono contribuire proponendo esempi e prendendo parte al confronto	Include esplicito riferimento agli alunni più insicuri e alla possibilità di contribuire; esclude inclusione genericamente dichiarata	“Anche gli alunni più insicuri partecipavano perché potevano contribuire proponendo esempi”
F9	Autoefficacia e riflessione professionale	La docente riconosce il valore dell'impostazione esplorativa e riflessiva, dichiarando di volerla mantenere in futuro	Include mantenimento dell'impostazione, valorizzazione della progressione dei livelli e riflessione futura; esclude semplice gradimento dell'attività	“In futuro manterrei l'impostazione esplorativa e riflessiva...”; “livelli di difficoltà via via crescenti”

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

L'associazione dei codici ai fattori latenti è stata costruita, anche in questo caso, secondo un criterio interpretativo rigoroso e non intuitivo. Ogni codice è stato ricondotto a un fattore soltanto quando il testo offriva una base chiara e teoricamente sostenibile per attribuire al docente quella specifica dimensione professionale.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi, discussione di soluzioni alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di indagine. In questa intervista il fattore emerge soprattutto attraverso F4, poiché la docente chiede ai bambini di confrontarsi, motivare le scelte e costruire criteri condivisi di classificazione. Si è scelto di non moltiplicare ulteriormente le evidenze di questo fattore, perché il nucleo dialogico e riflessivo risulta già chiaramente rappresentato da F4.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, organizzazione di prove, analisi dei risultati e progettazione di compiti investigativi. In questa intervista esso è particolarmente forte. Vi rientra F1, poiché la sequenza in tre fasi è progettata come un percorso *inquiry* guidato e non come semplice esecuzione. Vi rientra F2, perché la docente fa comprendere il funzionamento dell'IA attraverso la produzione di dati e l'addestramento del robot. Vi rientra anche F3, in quanto il compito richiede ipotesi, verifiche successive e correzione iterativa degli esempi.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, porre domande profonde, mantenere vivo l'interesse e strutturare problemi che sostengano il ragionamento. In questa intervista esso è sostenuto da F5, dal momento che l'errore del robot e il feedback del sistema attivano curiosità, domande e desiderio di revisione. Il fattore è inoltre coerente con l'uso di domande stimolo dichiarato dalla docente nella risposta iniziale, ma nella quantizzazione finale si è preferito ancorarlo soprattutto alla funzione generativa dell'errore.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la capacità del docente di collegare il contenuto disciplinare a contesti reali extrascolastici e a comportamenti quotidiani. In questa intervista tale dimensione è chiaramente osservabile attraverso F7. Il tema dell'inquinamento marino non resta infatti un semplice sfondo contenutistico, ma viene collegato a riflessioni sui comportamenti quotidiani legati ai rifiuti. A differenza di altri casi in cui il collegamento alla realtà poteva risultare indiretto o debole, qui esso è testualmente esplicito.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, includendo uso riflessivo delle tecnologie, progettazione pedagogica dell'ambiente digitale e integrazione dello strumento nella didattica. In questa intervista il fattore emerge con chiarezza. Vi rientra F1, perché la docente progetta l'intera attività integrando la piattaforma all'interno di una sequenza attiva guidata. Vi rientra F6, poiché AI for Oceans viene usata come ambiente di costruzione della conoscenza e non come strumento accessorio. Si è scelto inoltre di associare a TPDC anche F9, poiché la docente riflette sul valore della metodologia

esplorativa e dichiara di volerla mantenere in futuro, mostrando consapevolezza professionale nell'uso del digitale.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità del docente di creare, adattare e sviluppare contenuti digitali per la didattica. In questa intervista tale dimensione non è stata considerata osservabile. Sebbene gli alunni producano esempi e influenzino il comportamento del robot, il testo non documenta la creazione o l'adattamento di contenuti digitali da parte della docente. La piattaforma viene utilizzata come ambiente già predisposto, e la produzione di dati da parte degli alunni non è sufficiente, in una lettura rigorosa dei fattori riferiti al docente, per attribuire TDCD.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate. In questa intervista il fattore emerge attraverso F1, poiché la docente progetta l'attività secondo una logica esplorativa, sequenziale e riflessiva. Vi contribuisce anche F3, in quanto la logica di prove successive, revisione degli esempi e miglioramento del comportamento del robot mostra una chiara consapevolezza del valore di strategie *inquiry-based* e iterative. Si è scelto inoltre di associare al fattore F2, poiché l'idea di far comprendere il funzionamento dell'IA attraverso dati ed esempi implica una consapevole mediazione metodologica interdisciplinare tra alfabetizzazione digitale, pensiero classificatorio e contenuto ambientale.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare attività integrate e di continuare a migliorare la propria pratica professionale. In questa intervista il fattore è sostenuto da F9. La docente afferma infatti di voler mantenere l'impostazione esplorativa e riflessiva, riconoscendo il valore della progressione dei livelli di difficoltà e della struttura metodologica adottata.

È importante precisare che F8, pur essendo un codice molto rilevante sul piano interpretativo, non viene ricondotto a un fattore latente specifico. Esso documenta un effetto importante della struttura didattica in termini di partecipazione inclusiva, ma non coincide direttamente con uno dei costrutti del questionario. La sua esclusione dalla quantizzazione finale non ne riduce il valore qualitativo, ma riflette la necessità di mantenere coerenza tra codifica tematica e costrutti quantitativi.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.46 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell’Intervista 6

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
F1		✓			✓		✓	
F2		✓					✓	
F3		✓					✓	
F4	✓							
F5			✓					
F6					✓			
F7				✓				
F8								
F9					✓			✓

Risultano osservabili sette fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Asking, Relation with Daily Life, TPDC, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non risulta invece osservabile TDCD.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere il profilo dell’Intervista 6 comparabile con gli altri casi del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti, contando soltanto le associazioni forti e teoricamente giustificate. Tutti e nove i codici risultano presenti nel testo, ma non tutti vengono convertiti in evidenze fattoriali.

La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell’intervista è la seguente. Nella risposta 1 compaiono F1 e F7, per il riferimento esplicito al tema dell’inquinamento marino e all’esempio di vita quotidiana dell’addestramento del cane come analogia didattica. Nella risposta 2 compaiono F2 e F6. Nella risposta 3 compaiono F3 e F5. Nella risposta 4 compare F4. Nella risposta 5 compaiono F7 e F8. Nella risposta 6 compaiono F4 e F5 per il versante di confronto e di chiarificazione dei criteri. Nella risposta 7 compare F9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale è la seguente.

Tabella 7.47 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell'Intervista 6

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	1	9,1%
Investigate and Creation	3	27,3%
Asking	1	9,1%
Relation with Daily Life	1	9,1%
TPDC	2	18,2%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	3	27,3%
Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	9,1%

Il totale delle assegnazioni è pari a 11. La distribuzione percentuale mostra la centralità di Investigate and Creation e di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, entrambe pari al 27,3%, seguite da TPDC, pari al 18,2%. Questo profilo evidenzia come l'attività non si limiti a un uso strumentale della tecnologia, ma combini produzione di dati, comprensione epistemologica del funzionamento dell'IA, riflessione sui criteri di classificazione e consapevolezza metodologica del docente rispetto alle strategie attive adottate. Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy risultano presenti con un peso più contenuto ma significativo. TDCD non è osservabile.

Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

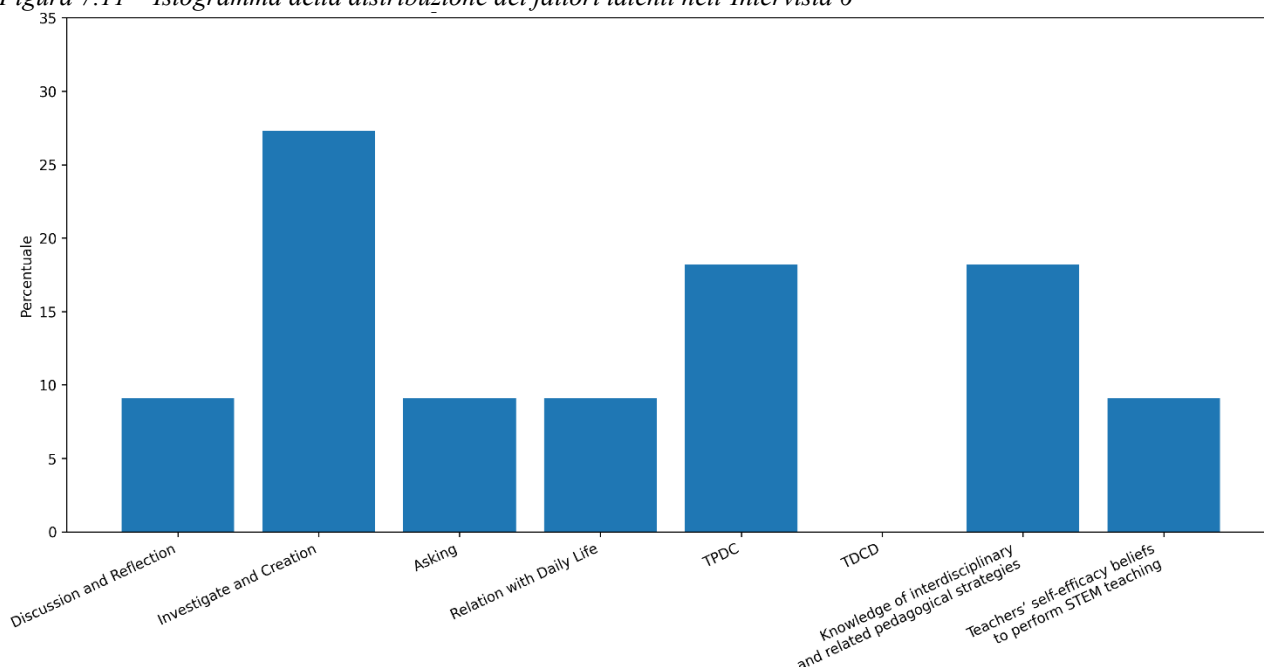
Per rendere più immediatamente leggibile il profilo del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, analoghe a quelle predisposte per le interviste precedenti. Anche in questo caso, i grafici non svolgono una funzione puramente illustrativa, ma interpretativa, poiché consentono di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

Nel caso dell'Intervista 6, l'istogramma mette in evidenza due dimensioni portanti: Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies. Questo dato indica che il valore dell'attività non risiede soltanto nell'uso della piattaforma, ma nella capacità della docente di costruire un autentico compito investigativo nel quale i bambini producono dati, osservano gli effetti delle proprie scelte, correggono le classificazioni e comprendono progressivamente il funzionamento di un sistema di IA. Allo stesso tempo, la distribuzione mostra che tale attività è

sostenuta da una solida consapevolezza metodologica del docente rispetto a strategie attive, sequenziali e interdisciplinari.

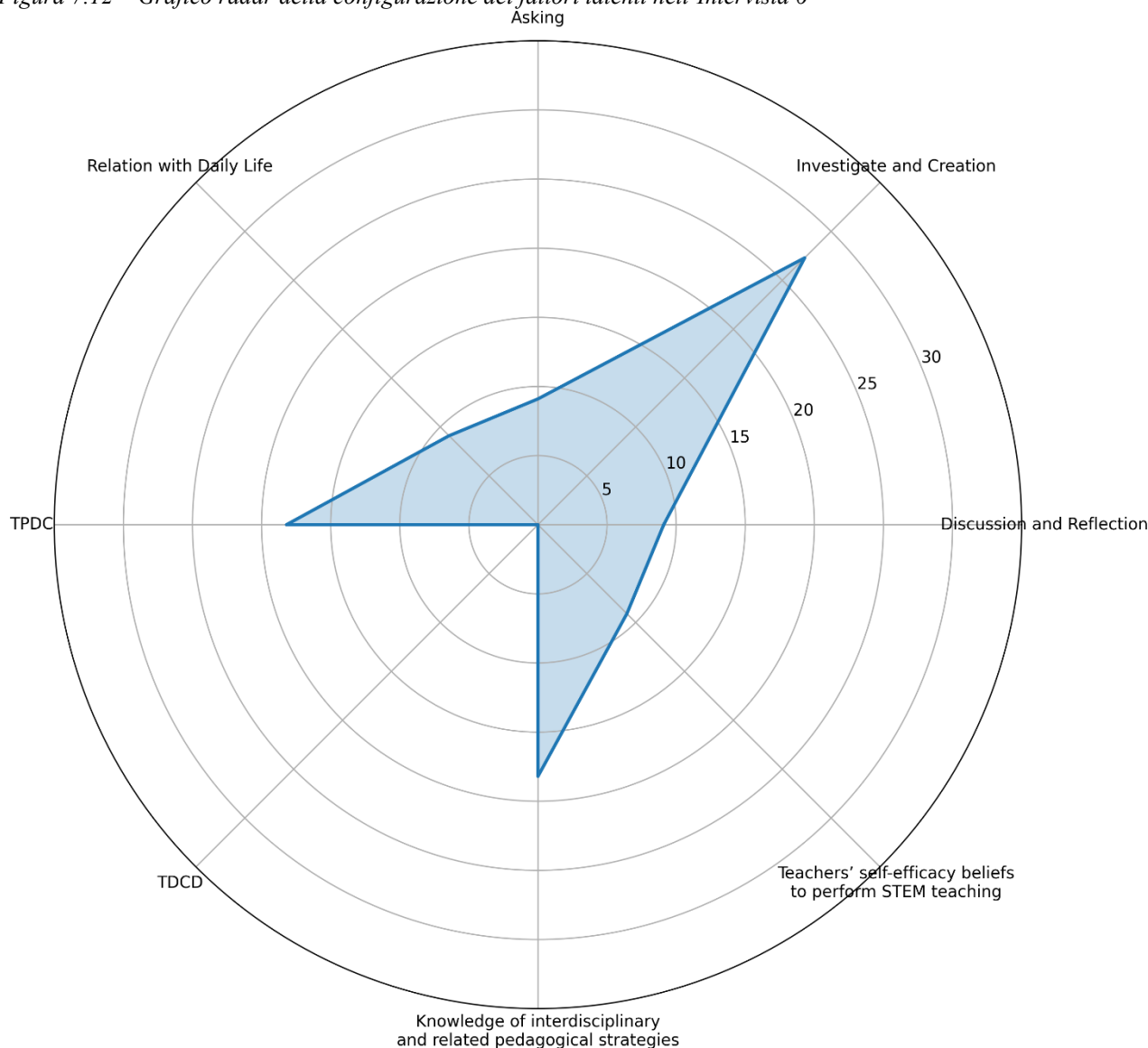
La presenza significativa di TPDC conferma che il digitale è integrato in modo pedagogicamente fondato e non accessorio. La piattaforma AI for Oceans viene infatti usata come ambiente cognitivo di costruzione della conoscenza. Più contenuta, ma comunque rilevante, è la presenza di Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy. Il fattore Relation with Daily Life ha qui una funzione importante, poiché collega l'esperienza digitale a una questione ambientale concreta e a comportamenti quotidiani legati ai rifiuti. L'assenza di TDCD, invece, segnala che il docente utilizza in modo maturo un ambiente digitale già predisposto, ma non sviluppa in prima persona contenuti digitali originali.

Figura 7.11 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 6



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 6. I dati evidenziano la predominanza di Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, entrambe pari al 27,3%, seguite da Teachers' Professional Digital Competence, pari al 18,2%. Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con il 9,1%. TDCD non emerge in forma esplicita nel testo e pertanto non risulta osservabile.

Figura 7.12 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 6



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 6. Il profilo evidenzia una forte estensione delle dimensioni Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, mostrando un'attività in cui la comprensione dell'IA viene costruita attraverso dati, prove successive e riflessione sui criteri di classificazione. TPDC risulta presente con intensità significativa, mentre Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy assumono un peso più contenuto. TDCD non contribuisce al profilo poiché non risulta osservabile nel testo.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.48 – Sintesi interpretativa dell'Intervista 6

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Classe prima, attività "AI for Oceans" di Code.org su intelligenza artificiale e inquinamento marino
Obiettivo dichiarato	Far comprendere come una macchina apprende dai dati forniti dalle persone e riflettere sui rifiuti marini
Struttura dell'attività	Discussione iniziale, attività guidata al computer, riflessione finale
Mediazioni utilizzate	Computer o tablet, piattaforma AI for Oceans, classificazione di immagini, esempi di vita quotidiana, confronto collettivo
Logica del compito	Produzione di dati, classificazione, osservazione degli effetti, correzione iterativa degli esempi, costruzione condivisa di criteri
Organizzazione sociale	Discussione tra pari, motivazione delle scelte, accordo condiviso sui criteri oggettivi
Ruolo della docente	Progettazione sequenziale, integrazione significativa della piattaforma, guida della riflessione epistemologica e collegamento con il tema ambientale
Fattori latenti prevalenti	Investigate and Creation; Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies
Fattore latente presente con rilievo secondario	TPDC
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Discussion and Reflection; Asking; Relation with Daily Life; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	TDCD
Trasformazione professionale emergente	La docente riconosce il valore dell'impostazione esplorativa e riflessiva e dichiara di volerla mantenere in futuro
Elemento qualificante del caso	Uso della piattaforma come ambiente epistemico per comprendere l'IA attraverso dati, criteri ed errori
Limite interpretativo principale	Assenza di creazione o adattamento di contenuti digitali da parte del docente, che rende non osservabile TDCD

Dimensione	Esito
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di laboratorio educativo sull'intelligenza artificiale, integrato con educazione ambientale e riflessione sui criteri di classificazione

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 6 restituisce il profilo di una pratica di intelligenza artificiale educativa fortemente fondata sui dati, sulla riflessione metacognitiva e sulla costruzione condivisa di criteri. Gli studenti non apprendono passivamente un contenuto già formalizzato, ma comprendono come funziona una macchina intelligente proprio attraverso l'esperienza di addestrarla, osservarne gli errori e migliorare progressivamente la qualità degli esempi forniti. Il caso mette quindi in evidenza una forma di apprendimento attivo in cui il digitale diventa insieme oggetto di comprensione e ambiente di apprendimento.

Il tratto più rilevante del caso è la co-dominanza di Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies. Da un lato, la docente costruisce un compito autenticamente investigativo, nel quale i bambini formulano ipotesi sui criteri di classificazione, osservano gli effetti dei dati inseriti e correggono progressivamente il comportamento del robot. Dall'altro, la struttura stessa dell'attività rivela una consapevolezza metodologica molto chiara: la sequenza è progettata in modo graduale, interdisciplinare e riflessivo, integrando alfabetizzazione digitale, educazione ambientale e ragionamento classificatorio.

La presenza significativa di TPDC conferma che il digitale non funge da supporto esterno, ma da vero ambiente cognitivo nel quale prende forma l'apprendimento. La docente usa la piattaforma in modo pedagogicamente fondato, affidando alla produzione di dati e all'osservazione degli effetti un ruolo centrale nella costruzione del significato. La presenza più contenuta di Discussion and Reflection è legata al confronto sulle classificazioni e alla costruzione condivisa dei criteri. Asking emerge nella funzione generativa dell'errore del robot e delle domande stimolo. Relation with Daily Life compare in modo chiaro grazie al collegamento esplicito con l'inquinamento del mare e con i comportamenti quotidiani relativi ai rifiuti. Self-efficacy emerge nella riflessione finale della docente, che dichiara di voler mantenere l'impostazione esplorativa e riflessiva.

Al contrario, TDCD non risulta osservabile. Il caso documenta un uso forte, maturo e riflessivo di una piattaforma digitale, ma non la creazione o l'adattamento di contenuti digitali da parte del docente. Questa assenza non rappresenta un limite del caso, bensì ne definisce con maggiore

precisione il profilo: una pratica di intelligenza artificiale educativa basata su ambienti digitali già predisposti, ma didatticamente integrati in modo significativo.

Rispetto ai casi precedenti, l'Intervista 6 si distingue per la forte integrazione tra alfabetizzazione all'IA, educazione ambientale e riflessione epistemologica sul rapporto tra dato, criterio e classificazione. Il tratto distintivo del caso è la capacità del docente di trasformare una piattaforma digitale in un contesto di ragionamento condiviso, in cui l'errore non viene eliminato, ma valorizzato come occasione per comprendere la logica del sistema e il ruolo umano nella costruzione dei dati. L'attività si configura come un esempio particolarmente significativo di laboratorio educativo sull'intelligenza artificiale.

7.5.7 Intervista 7

La settima intervista (allegato 12 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata in una classe prima della scuola primaria, nell'ambito di un percorso di consolidamento relativo agli insiemi e al conteggio entro il 10. L'attività è organizzata in più fasi e si sviluppa a partire da situazioni legate all'esperienza quotidiana degli studenti.

In una prima fase vengono proposte attività di conteggio riferite a oggetti presenti nel contesto scolastico, come materiali sul banco o elementi della vita di classe. Successivamente viene introdotta una simulazione digitale utilizzata inizialmente alla LIM per mostrare le modalità di interazione. In una fase successiva, gli studenti partecipano all'attività a turno, interagendo direttamente con la simulazione sotto la guida della docente. Il percorso si conclude con una discussione collettiva.

Dal punto di vista degli strumenti, l'attività prevede l'utilizzo di materiali concreti, come tappi colorati e matite, e della simulazione digitale PhET. All'interno della simulazione, gli studenti operano attraverso il trascinamento di oggetti, la creazione di gruppi e la modifica delle quantità rappresentate. Nel corso dell'attività, gli studenti sono impegnati in operazioni di conteggio, costruzione di insiemi e confronto tra quantità. Le consegne includono sia attività libere di esplorazione sia richieste specifiche, come la costruzione di insiemi con un numero definito di elementi o la realizzazione di gruppi con la stessa quantità. L'organizzazione del lavoro prevede momenti di interazione individuale con lo strumento digitale, alternati a fasi di osservazione collettiva e discussione. Durante l'attività, gli studenti confrontano modalità diverse di conteggio e partecipano a momenti di verbalizzazione guidata. Il lavoro include inoltre collegamenti con situazioni della vita quotidiana, utilizzate come contesto per le attività proposte.

Nel corso delle diverse fasi vengono gestiti aspetti organizzativi legati ai turni di utilizzo dello strumento e alla regolazione dei tempi di lavoro. L'attività si sviluppa quindi attraverso l'integrazione di materiali concreti e strumenti digitali, inseriti in una sequenza che comprende attività iniziali

contestualizzate, esplorazione guidata e discussione finale, all'interno di un'organizzazione che alterna momenti individuali e collettivi.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 7 è stata costruita, analogamente ai casi precedenti, attraverso tre letture indipendenti del testo. Tale scelta metodologica risponde all'esigenza di rendere esplicita la pluralità degli accessi interpretativi a un caso che coniuga in modo particolarmente significativo esperienza concreta, quotidianità, simulazione digitale e costruzione del significato matematico.

Il primo ricercatore ha adottato una prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale, focalizzandosi soprattutto sulla progettazione sequenziale dell'attività, sulla mediazione tra esperienze quotidiane e rappresentazione digitale, sulla costruzione del significato di insieme e numero, sull'interazione cooperativa e sulla verbalizzazione delle strategie. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha privilegiato una lettura centrata sui processi di anticipazione, previsione, verifica, confronto di strategie, comprensione del numero come quantità e progressiva costruzione del significato matematico. Il terzo ricercatore ha infine adottato una prospettiva focalizzata sulle competenze professionali del docente, leggendo il testo in termini di integrazione consapevole del digitale, regolazione del setting, uso guidato della piattaforma, inclusione e trasformazione professionale.

La triangolazione si è articolata in quattro passaggi. In una prima fase ciascun ricercatore ha elaborato in autonomia un proprio codebook provvisorio, definendo per ogni codice un'etichetta concettuale, una definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In una seconda fase i tre codebook sono stati comparati per verificare se categorie diversamente denominate corrispondessero in realtà agli stessi nuclei di significato. In un terzo passaggio, tali nuclei sono stati stabilizzati in un codebook definitivo, distinguendo tra convergenze piene e differenze dovute soltanto alla diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa, applicando una lettura verticale rigorosa.

Quest'ultimo passaggio è particolarmente rilevante in questa intervista, perché il testo documenta con chiarezza la presenza di una competenza del docente nell'integrare il digitale in modo pedagogicamente significativo, ma non offre basi altrettanto solide per attribuire TDCD. La docente utilizza PhET come ambiente di apprendimento e ne regola l'uso in modo intenzionale, ma non dichiara di avere creato o adattato contenuti digitali propri. Per questa ragione, è stato necessario distinguere con precisione tra TPDC, chiaramente osservabile, e TDCD, che non risulta sufficientemente supportato dal testo.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.49 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Progettazione sequenziale dell'apprendimento	Attività organizzata come percorso in più fasi, nel quale situazioni quotidiane, uso della LIM, intervento guidato dei bambini e discussione finale si susseguono in modo intenzionale	Include presenza di una sequenza esplicita e di una progressione didattica guidata; esclude attività episodiche non articolate	“Ho progettato il lavoro in più fasi”, “poi ho presentato la simulazione PhET”, “Infine abbiamo concluso con una discussione collettiva”	“Ho progettato il lavoro in più fasi. All’inizio siamo partiti da situazioni molto vicine alla loro esperienza...”
R1-B	Mediazione concreta-digitale	Integrazione intenzionale di oggetti familiari e simulazione digitale per rendere visibile il numero come quantità e il gruppo come insieme di elementi	Include passaggio da tappi e matite a PhET; esclude uso del digitale non connesso a esperienze concrete	“tappi colorati e matite”, “collegare l’esperienza digitale a qualcosa di familiare”	“Ho utilizzato la simulazione PhET ma prima ho fatto anche un breve richiamo con materiali concreti, come tappi colorati e matite...”
R1-C	Costruzione del significato di numero e insieme	Attività orientata a superare il conteggio meccanico e a far costruire ai bambini il concetto di numero come quantità e di insieme come raggruppamento	Include mettere insieme, separare, costruire gruppi, confrontare quantità; esclude mera enumerazione	“non solo in modo meccanico”, “comprendendo il significato di azioni come mettere insieme o separare”	“L’obiettivo era aiutare i bambini a riconoscere piccole quantità... non solo in modo meccanico...”
R1-D	Verbalizzazione e confronto tra strategie	Discussione collettiva sui modi di contare e sulle strategie usate dai bambini, con confronto esplicito delle procedure	Include spiegazioni alla classe, confronto di strategie, domande tra compagni; esclude esecuzione	“ogni bambino spiegava come aveva contato”, “dicevano che avevano trovato un modo più veloce”	“Infine abbiamo concluso con una discussione collettiva, in cui ogni bambino spiegava come aveva contato...”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
			individuale non discussa		
R1-E	Curiosità attivata dall'effetto sullo schermo	L'effetto immediato delle azioni nella simulazione stimola curiosità e desiderio di verificare il proprio ragionamento	Include riferimenti all'effetto visibile sullo schermo e alla curiosità da controllo del ragionamento	“vedevano subito l'effetto delle loro azioni sullo schermo”	“La curiosità nasceva proprio dal fatto che vedevano subito l'effetto delle loro azioni sullo schermo...”
R1-F	Inclusione come incremento di sicurezza	Gli alunni più fragili o esitanti partecipano con maggiore sicurezza grazie alla visibilità degli oggetti e al carattere concreto dell'attività	Include esitazione nel contare, maggiore sicurezza e accessibilità; esclude inclusione genericamente dichiarata	“crescita nella sicurezza”, “alcuni bambini che di solito esitano”	“Ho osservato anche una crescita nella sicurezza, soprattutto in alcuni bambini che di solito esitano...”
R1-G	Collegamento con la vita quotidiana	Il concetto di numero viene ancorato a situazioni della vita scolastica e domestica riconoscibili dai bambini	Include pennarelli, merende, presenti/assenti, biscotti, costruzioni, figurine, frutti; esclude richiami generici alla realtà	“pennarelli sul banco”, “merende”, “biscotti da distribuire”, “figurine”	“Abbiamo fatto molti collegamenti con la vita quotidiana...”
R1-H	Sviluppo professionale della docente	La docente riconosce il valore del digitale come strumento serio di apprendimento anche in prima e valorizza maggiormente l'emersione delle strategie dei bambini	Include riflessione professionale e intenzione di mantenere elementi dell'esperienza; esclude semplice gradimento dello strumento	“il digitale può essere uno strumento serio di apprendimento”, “In futuro manterrei...”	“Questa esperienza mi ha fatto capire che anche con bambini molto piccoli il digitale può essere uno strumento serio di apprendimento...”

Tabella 7.50– Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (prospettiva scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Anticipazione e verifica della quantità	La docente sollecita previsioni quantitative e verifica delle trasformazioni quando si aggiungono o riorganizzano elementi	Include domande del tipo “più o meno di cinque?” o “se aggiungo un oggetto cosa succede?”; esclude semplice conteggio senza previsione	“Secondo te sono più o meno di cinque?”, “Se aggiungo un oggetto cosa succede?”	“Prima di contare, spesso chiedevo loro di fare una previsione...”
R2-B	Costruzione del numero come quantità	La comprensione del numero emerge come riconoscimento di quantità e non come semplice procedura di enumerazione	Include riconoscimento immediato di piccole quantità, costruzione di gruppi e confronto tra insiemi; esclude mera scansione uno a uno	“riconoscevano subito piccole quantità”, “costruire il significato di numero”	“Alcuni bambini iniziavano a contare uno a uno, altri invece riconoscevano subito piccole quantità”
R2-C	Compito di equivalenza e trasformazione	Le richieste operative sulla costruzione di insiemi e sull’equivalenza quantitativa sostengono il ragionamento matematico	Include “costruisci un insieme con 7 elementi”, “fai due gruppi diversi che abbiano la stessa quantità”; esclude consegne puramente esecutive senza confronto	“due gruppi diversi che abbiano la stessa quantità”	“In alcuni momenti abbiamo lavorato anche su richieste precise...”
R2-D	Invarianza della quantità	La docente guida i bambini a comprendere che la quantità non cambia al mutare della disposizione spaziale degli elementi	Include domande sull’invarianza e sul cambiamento di disposizione; esclude semplice riordino senza riflessione	“Se li metti vicini cambia il numero?”	“Io intervenivo con domande molto semplici... ‘Se li metti vicini cambia il numero?’”
R2-E	Costruzione progressiva del significato matematico	Il numero e l’insieme vengono compresi attraverso l’azione, la previsione e il confronto, prima della formalizzazione astratta	Include tutti i passaggi in cui il significato precede la procedura meccanica; esclude memorizzazione di regole	“non si sono limitati a contare, ma hanno cominciato a costruire il significato di numero e di insieme”	“Non si sono limitati a contare, ma hanno cominciato a costruire il significato...”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-F	Motivazione e partecipazione attiva	L'esperienza genera entusiasmo e coinvolgimento grazie alla visibilità delle quantità e alla possibilità di agire su di esse	Include entusiasmo e partecipazione attiva; esclude semplice gradimento non connesso al dispositivo	"I bambini hanno partecipato con entusiasmo"	"I bambini hanno partecipato con entusiasmo..."
R2-G	Riflessione sulle strategie di conteggio	La docente sollecita i bambini a rendere esplicite le procedure usate, favorendo consapevolezza del processo	Include spiegazione del modo di contare, confronto su modi diversi e ricerca di modi più veloci; esclude esecuzione silenziosa	"Come hai fatto a sapere che erano otto?", "modo più veloce"	"Io intervenivo con domande molto semplici, ad esempio: 'Come hai fatto a sapere che erano otto?'"
R2-H	Regolazione dell'attenzione e del compito	La docente interviene per rallentare il ritmo e reindirizzare l'attenzione dal trascinarsi degli oggetti al significato quantitativo dell'azione	Include rallentamento, stop collettivi e gestione della dispersione; esclude semplice controllo comportamentale	"rallentato il ritmo", "momenti di stop"	"Ho anche rallentato il ritmo dell'attività e inserito momenti di stop..."

Tabella 7.51– Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (prospettiva competenze professionali e digitale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	Progettazione intenzionale del setting digitale	La docente integra la simulazione PhET dentro una sequenza didattica calibrata sull'età, con modellamento alla LIM e turnazione guidata	Include progettazione in fasi, uso della LIM e turnazione; esclude uso libero del software non mediato	"ho presentato la simulazione PhET, usando prima la LIM", "i bambini hanno lavorato a turno"	"Poi ho presentato la simulazione PhET, usando prima la LIM..."

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-B	Integrazione concreto-digitale	Il digitale viene collegato intenzionalmente a materiali e situazioni familiari per costruire continuità cognitiva	Include richiamo con tappi, matite e oggetti familiari prima della simulazione; esclude uso digitale sganciato dall'esperienza	“prima ho fatto anche un breve richiamo con materiali concreti”	“Ho utilizzato la simulazione PhET ma prima ho fatto anche un breve richiamo con materiali concreti...”
R3-C	Regolazione pedagogica del dispositivo	La docente definisce regole semplici, organizza i tempi e controlla il rischio che l'aspetto ludico prevalga sul significato matematico	Include regole d'uso, gestione dei tablet, controllo del gioco e organizzazione dei turni; esclude gestione tecnica neutra	“dare regole semplici”, “rischio che si concentrino solo sul movimento degli oggetti”	“Ho dovuto organizzare bene i tempi e dare regole semplici per l'uso del tablet...”
R3-D	Mediazione docente delle strategie	La docente guida la verbalizzazione delle procedure e valorizza la discussione finale come strumento di apprendimento	Include domande sul come si è contato, difficoltà incontrate e discussione finale; esclude semplice restituzione del risultato corretto	“ogni bambino spiegava come aveva contato”	“Infine abbiamo concluso con una discussione collettiva, in cui ogni bambino spiegava come aveva contato...”
R3-E	Inclusione didattica	Il setting costruito dalla docente consente anche agli alunni più fragili di partecipare grazie alla visibilità degli oggetti e alla riduzione dell'astrazione iniziale	Include sicurezza operativa e partecipazione di chi ha maggiori difficoltà; esclude inclusione generica	“anche gli alunni con maggiori difficoltà riuscivano a partecipare”	“Anche gli alunni con maggiori difficoltà riuscivano a partecipare...”
R3-F	Valorizzazione del digitale come apprendimento serio	La docente rilegge l'esperienza come prova del valore formativo del digitale	Include riconoscimento del digitale come strumento serio di	“il digitale può essere uno strumento serio di apprendimento”	“Questa esperienza mi ha fatto capire che anche con bambini molto piccoli il digitale

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		anche con bambini molto piccoli	apprendimento; esclude motivazione superficiale		può essere uno strumento serio di apprendimento...”
R3-G	Riorganizzazione delle pratiche abituali	La docente riconosce che, rispetto alle pratiche abituali, la piattaforma ha reso più semplice ripetere prove, correggersi e far emergere strategie	Include confronto con pratiche tradizionali basate su schede o materiali fisici; esclude semplice descrizione del passato	“Rispetto alle mie pratiche abituali...”	“Rispetto alle mie pratiche abituali... qui ho notato che la piattaforma rendeva più facile ripetere le prove e correggersi subito”
R3-H	Trasferibilità futura del metodo	La docente intende mantenere il collegamento con la vita quotidiana e la discussione finale come elementi centrali del percorso	Include intenzione futura di mantenere aspetti dell’esperienza; esclude semplice gradimento	“In futuro manterrei il collegamento con la vita quotidiana e la discussione finale”	“In futuro manterrei il collegamento con la vita quotidiana e la discussione finale”

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Il confronto tra i tre codebook provvisori evidenzia una convergenza elevata attorno ad alcuni nuclei semantici centrali: la progettazione sequenziale dell’attività, il collegamento con l’esperienza quotidiana, la mediazione tra concreto e digitale, la costruzione del significato di insieme e numero, l’uso di domande generative, la verbalizzazione delle strategie, l’inclusione degli alunni più fragili, la regolazione organizzativa del setting e la trasformazione professionale della docente. Le differenze residue tra i ricercatori riguardano soprattutto il livello di granularità della codifica e non l’identificazione sostanziale dei temi emersi.

In questa intervista la triangolazione conferma quindi una struttura interpretativa stabile, nella quale il digitale è trattato non come semplice supporto motivazionale ma come ambiente didattico intenzionalmente regolato. Il primo ricercatore mette in luce soprattutto la costruzione del significato matematico attraverso situazioni vicine all’esperienza dei bambini; il secondo enfatizza la logica di previsione, confronto e invarianza; il terzo si concentra maggiormente sulla regia professionale del

docente e sulla regolazione pedagogica dell'uso di PhET. Tali accenti differenti non generano interpretazioni incompatibili, ma arricchiscono la comprensione del caso.

Tabella 7.52 – Convergenze tra i tre codebook provvisori dell'Intervista 7

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Progettazione sequenziale dell'attività	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Mediazione tra concreto e digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Costruzione del significato di numero e insieme	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Compiti di previsione, verifica ed equivalenza	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Verbalizzazione e confronto tra strategie	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Collegamento con la vita quotidiana	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Inclusione e incremento di sicurezza	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Regolazione organizzativa del setting	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Trasformazione professionale della docente	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

La triangolazione ha quindi consentito di costruire un codebook definitivo semanticamente stabile e coerente con i fattori latenti del questionario. In questo caso, il passaggio dal qualitativo al quantitativo risulta particolarmente rilevante, perché consente di mostrare come l'uso del digitale sia pedagogicamente significativo non tanto per la quantità di tecnologia impiegata, quanto per la qualità della regia didattica esercitata dall'insegnante.

Codebook definitivo

Tabella 7.53– Codebook definitivo dell'Intervista 7

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
CD1	Progettazione sequenziale e scaffolding guidato	Attività progettata in fasi progressive, con richiamo iniziale a situazioni note, modellamento collettivo alla	Include sequenze esplicite e forte guida del docente; esclude attività non articolate o lasciate all'autonomia piena	“Ho progettato il lavoro in più fasi”; “Poi ho presentato la simulazione PhET, usando prima la LIM...”; “Infine

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
		LIM, azione guidata dei bambini e discussione finale		abbiamo concluso con una discussione collettiva”
CD2	Mediazione concreta-digitale della quantità	Integrazione di materiali concreti e simulazione digitale per rendere visibile il numero come quantità reale e rappresentabile	Include il passaggio intenzionale da oggetti fisici a PhET; esclude uso del digitale non collegato a esperienze concrete	“tappi colorati e matite”; “collegare l’esperienza digitale a qualcosa di familiare”; “PhET... li aiuta a vedere il numero come qualcosa che rappresenta una quantità reale”
CD3	Costruzione del significato di insieme e numero	Attività di raggruppamento, confronto e costruzione di quantità finalizzate a superare il conteggio meccanico	Include costruire gruppi, confrontare quantità, mettere insieme o separare; esclude mera enumerazione uno a uno non problematizzata	“non solo in modo meccanico”; “costruire il significato di numero e di insieme”; “fai due gruppi diversi che abbiano la stessa quantità”
CD4	Compito investigativo con previsione e verifica	Uso di domande previsionali e richieste operative che spingono gli alunni a formulare anticipazioni, osservare cambiamenti e verificare relazioni quantitative	Include domande del tipo “più o meno di cinque?” o “se aggiungo un oggetto cosa succede?”; esclude richieste esecutive prive di riflessione	“Secondo te sono più o meno di cinque?”; “Se aggiungo un oggetto cosa succede?”
CD5	Interazione cooperativa e verbalizzazione delle strategie	Confronto tra pari e discussione collettiva sui modi di contare, con esplicitazione delle procedure usate	Include spiegazioni alla classe, domande tra compagni e confronto di strategie; esclude lavoro individuale senza verbalizzazione	“ogni bambino spiegava come aveva contato”; “dicevano che avevano trovato un modo più veloce”
CD6	Connessione con la vita quotidiana	Collegamento tra contenuti matematici e situazioni reali di conteggio tratte dall’esperienza infantile scolastica e domestica	Include pennarelli, merende, presenti/assenti, biscotti, costruzioni, figurine, frutti nel cesto; esclude richiami generici alla realtà	“contare i pennarelli sul banco, le merende o i bambini presenti e assenti”; “biscotti da distribuire... figurine... frutti in un cesto”

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
CD7	Inclusione come incremento di sicurezza operativa	Partecipazione più sicura degli alunni fragili grazie alla visibilità degli oggetti, all'azione concreta e alla riduzione iniziale dell'astrazione	Include riferimenti a esitazione, maggiore sicurezza e accessibilità; esclude enunciazioni non supportate	“crescita nella sicurezza”; “alcuni bambini che di solito esitano”; “Anche gli alunni con maggiori difficoltà riuscivano a partecipare”
CD8	Regolazione organizzativa e sostenibilità del setting	Gestione di turni, tempi, regole, rallentamenti e momenti di stop per orientare l'uso del digitale e contenere la dispersione attentiva	Include criticità logistiche e strategie di miglioramento; esclude difficoltà non connesse alla conduzione dell'attività	“dare regole semplici”; “rallentato il ritmo”; “momenti di stop”; “organizzerei meglio i turni”
CD9	Trasformazione professionale e riconoscimento del valore del digitale	Consapevolezza che il digitale, anche con bambini molto piccoli, possa costituire uno strumento serio di apprendimento e occasione per far emergere strategie	Include riflessione metodologica e intenzione di mantenere elementi dell'esperienza; esclude semplice apprezzamento motivazionale	“il digitale può essere uno strumento serio di apprendimento”; “In futuro manterrei il collegamento con la vita quotidiana e la discussione finale”

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

L'associazione dei codici ai fattori latenti è stata costruita, anche in questo caso, secondo un criterio interpretativo rigoroso e non impressionistico. Ogni codice è stato ricondotto a un fattore soltanto quando il testo offriva una base teoricamente solida e sufficientemente esplicita per attribuire al docente quella specifica dimensione professionale.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi di apprendimento, discussione di soluzioni alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di costruzione del sapere. In questa intervista esso emerge con chiarezza attraverso CD5, poiché la docente organizza una discussione collettiva finale in cui i bambini spiegano come hanno contato, mettono a confronto i loro procedimenti e rendono esplicite le difficoltà incontrate. La dimensione riflessiva si colloca quindi nella valorizzazione delle strategie e nella loro verbalizzazione pubblica.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, anticipazione, confronto di dati o configurazioni e verifica di relazioni. In questa intervista il fattore è osservabile attraverso CD3, poiché la docente costruisce compiti volti a far comprendere insieme e

numero come quantità, e attraverso CD4, poiché le domande previsionali e le richieste di costruzione di insiemi equivalenti attivano autentici micro-compiti investigativi, nei quali gli alunni formulano ipotesi e verificano conseguenze.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, porre domande profonde, mantenere vivo l'interesse e strutturare problemi che sostengano il ragionamento. In questa intervista esso è sostenuto da CD4. Le domande "Secondo te sono più o meno di cinque?" e "Se aggiungo un oggetto cosa succede?" non hanno una funzione meramente esecutiva, ma attivano anticipazione, previsione e controllo del ragionamento. La componente interrogativa del docente è dunque chiaramente rilevabile e direttamente riconducibile al costruito.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la capacità del docente di collegare il contenuto disciplinare a situazioni di vita quotidiana e a contesti reali riconoscibili. In questa intervista la dimensione è fortemente sostenuta da CD6. I riferimenti a pennarelli sul banco, merende, bambini presenti e assenti, biscotti da distribuire, costruzioni, figurine e frutti in un cesto mostrano un ancoraggio esplicito e sistematico del conteggio e della costruzione di insiemi a esperienze quotidiane infantili.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, comprendendo progettazione pedagogica del setting digitale, uso riflessivo degli strumenti, integrazione intenzionale del digitale nella didattica e consapevolezza del suo valore formativo. In questa intervista il fattore emerge con particolare evidenza. Vi rientra CD1, perché la docente progetta l'uso di PhET dentro una sequenza didattica progressiva e fortemente guidata. Vi contribuisce CD2, poiché la simulazione viene integrata con materiali concreti in una chiara logica di continuità cognitiva. Vi rientra anche CD8, dato che la docente regola tempi, turni, regole e momenti di stop per governare il rischio che l'aspetto ludico prevalga sul significato matematico. Infine, vi contribuisce CD9, poiché la docente esplicita una rinnovata consapevolezza del valore serio del digitale come strumento di apprendimento anche con bambini molto piccoli.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità del docente di creare, adattare o sviluppare contenuti digitali per la didattica. In questa intervista tale dimensione non è stata considerata osservabile. La docente utilizza in modo pedagogicamente maturo una simulazione già pronta, ma il testo non documenta la creazione o l'adattamento di contenuti digitali propri. L'uso competente della piattaforma rientra dunque in TPDC, ma non è sufficiente per attribuire TDCD.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate. In questa intervista esso emerge attraverso CD3, poiché la costruzione del significato di insieme e numero oltre il conteggio meccanico rivela una consapevolezza metodologica forte dei processi di concettualizzazione matematica. Vi contribuisce inoltre CD9, nella misura in cui la riflessione finale della docente mostra un'esplicita rielaborazione professionale del metodo adottato e del valore della combinazione fra vita quotidiana, discussione e digitale.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare attività efficaci e di migliorare la propria pratica professionale. In questa intervista il fattore è sostenuto da CD9. La docente dichiara infatti di avere compreso che il digitale può essere uno strumento serio di apprendimento anche con bambini molto piccoli e di voler mantenere in futuro il collegamento con la vita quotidiana e la discussione finale. Tale passaggio segnala una crescita di fiducia nella propria capacità di progettazione e gestione dell'attività.

È importante precisare che CD7, pur essendo un codice qualitativamente rilevante, non viene ricondotto a un fattore latente specifico. Esso documenta un importante effetto della struttura didattica in termini di sicurezza operativa e accessibilità, ma non coincide in modo diretto con uno dei costrutti del questionario. La sua esclusione dalla quantizzazione finale non ne riduce il valore interpretativo, ma riflette la necessità di mantenere coerenza tra analisi tematica e fattori quantitativi.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.54 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell'Intervista 7

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
CD1					✓			
CD2					✓			
CD3		✓					✓	
CD4		✓	✓					
CD5	✓							

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
CD6				✓				
CD7								
CD8					✓			
CD9					✓		✓	✓

Risultano osservabili sette fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Asking, Relation with Daily Life, TPDC, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non risulta invece osservabile TDCD.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere il profilo dell'Intervista 7 comparabile con gli altri casi del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti, contando soltanto le associazioni forti e teoricamente giustificate. Tutti e nove i codici risultano presenti nel testo, ma non tutti vengono convertiti in evidenze fattoriali.

La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell'intervista è la seguente. Nella risposta 1 compaiono CD1, CD3 e CD6. Nella risposta 2 compaiono CD2 e CD8. Nella risposta 3 compaiono CD3 e CD4. Nella risposta 4 compaiono CD4 e CD5. Nella risposta 5 compaiono CD6 e CD7. Nella risposta 6 compare CD8. Nella risposta 7 compare CD9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale è la seguente.

Tabella 7.55 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell'Intervista 7

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	1	8,3%
Investigate and Creation	2	16,7%
Asking	1	8,3%
Relation with Daily Life	1	8,3%

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
TPDC	4	33,3%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	2	16,7%
Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	8,3%

Il totale delle evidenze è pari a 12. La distribuzione percentuale mostra una netta prevalenza di Teachers' Professional Digital Competence, che rappresenta un terzo del profilo emerso. Questo dato è coerente con l'impostazione dell'intervista, in cui l'elemento più forte non è semplicemente l'uso del digitale, ma la capacità della docente di progettare, guidare e regolare pedagogicamente il setting di apprendimento con PhET. Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies seguono con pari peso relativo, segnalando la presenza di un lavoro didattico che non si limita all'esecuzione, ma promuove costruzione di significato, anticipazione e confronto tra quantità. Le restanti dimensioni risultano comunque presenti, anche se con intensità minore, a testimonianza di una pratica didattica articolata e non monodimensionale. TDCD non è osservabile.

Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

Per rendere più immediatamente leggibile il profilo del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, analoghe a quelle predisposte per le interviste precedenti. Anche in questo caso, i grafici non svolgono una funzione puramente illustrativa, ma interpretativa, poiché consentono di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

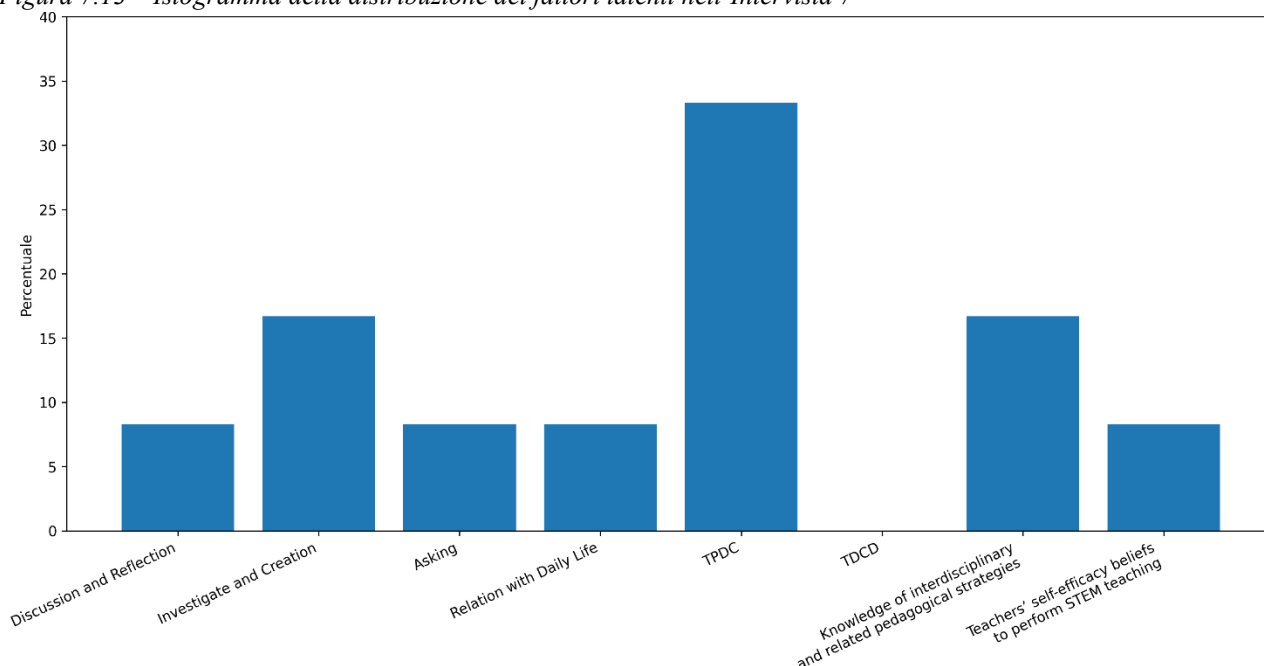
Nel caso dell'Intervista 7, l'istogramma rende evidente la forte centralità di TPDC. Tale risultato conferma che il cuore dell'attività non risiede tanto nella quantità di tecnologia impiegata, quanto nella qualità della regia didattica con cui il digitale viene introdotto, regolato e reso funzionale alla costruzione del significato matematico. La docente non si limita infatti a far usare una simulazione, ma ne progetta tempi, regole, turni e modalità di integrazione con materiali concreti e con la discussione finale.

La presenza intermedia di Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies mostra che l'attività non è riducibile a semplice esercitazione sul conteggio. La docente struttura invece veri compiti di anticipazione, equivalenza e verifica, mentre sul piano metodologico dimostra una chiara consapevolezza del valore delle strategie attive per la costruzione del concetto di numero e insieme. Più contenute, ma comunque presenti, risultano Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy. In particolare, Relation with Daily Life

assume un ruolo importante perché ancora la matematica a situazioni quotidiane riconoscibili dai bambini, contribuendo a trasformare il conteggio in esperienza di senso.

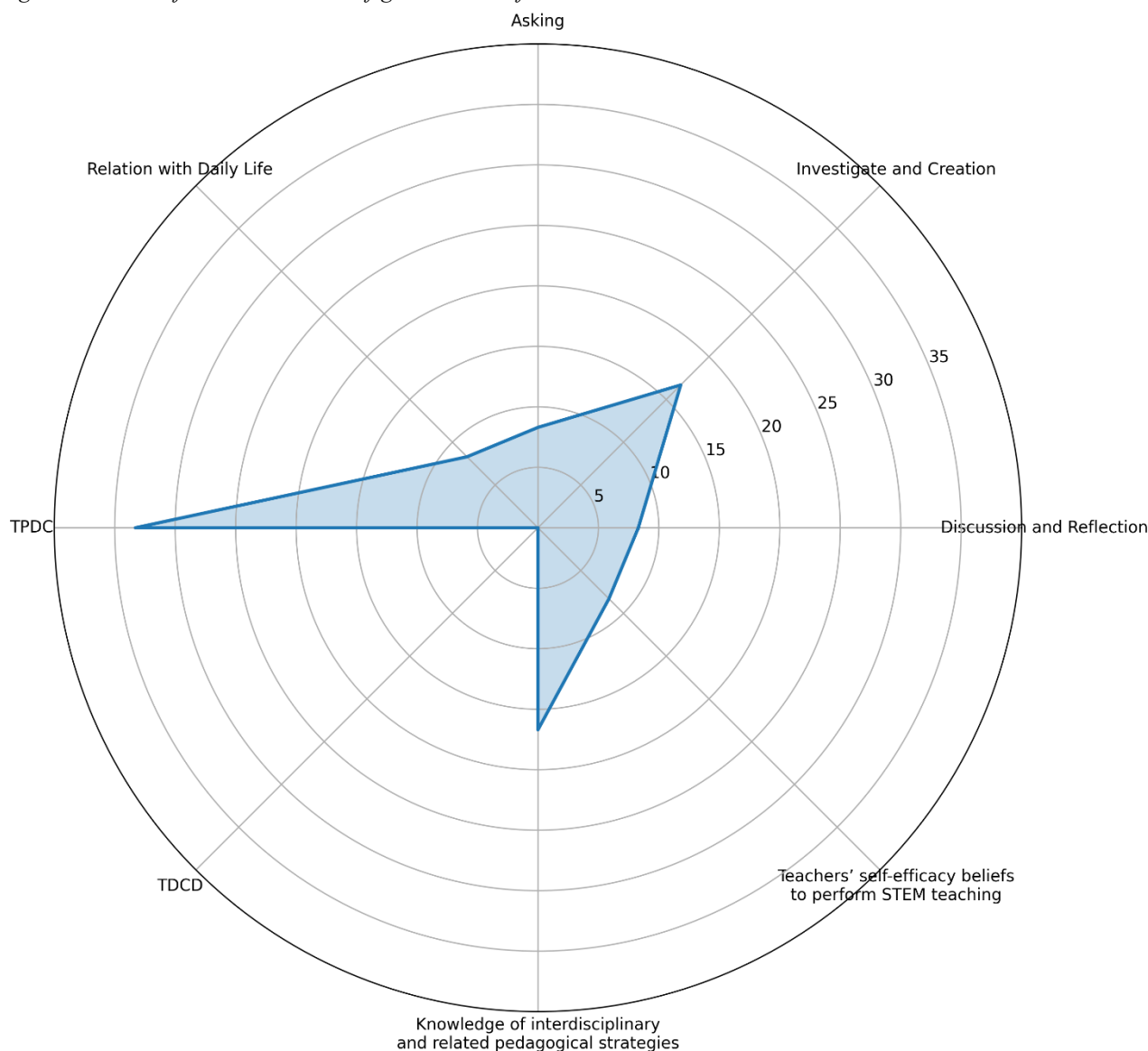
L'assenza di TDCD va letta come un dato metodologicamente coerente e non come un limite del caso. In questa intervista la docente utilizza in modo molto competente un ambiente digitale già predisposto, ma non sviluppa né adatta contenuti digitali propri. La distinzione tra uso riflessivo del digitale e sviluppo di contenuti digitali consente quindi di restituire il profilo dell'attività con maggiore precisione.

Figura 7.13 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 7



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 7. I dati evidenziano la predominanza di Teachers' Professional Digital Competence, pari al 33,3%, seguita da Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, entrambe pari al 16,7%. Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con l'8,3%. TDCD non emerge in forma esplicita nel testo e pertanto non risulta osservabile.

Figura 7.14 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 7



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 7. Il profilo evidenzia una forte estensione della dimensione Teachers' Professional Digital Competence, che costituisce l'asse portante della pratica descritta, mostrando una didattica matematica in cui il digitale è integrato in modo intenzionale, regolato e pedagogicamente fondato. Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies risultano presenti con intensità intermedia, mentre Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy assumono un peso più contenuto. TDCD non contribuisce al profilo poiché non risulta osservabile nel testo.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.56 – Sintesi dell'Intervista 7

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Classe prima della scuola primaria, percorso di consolidamento sugli insiemi e sul conteggio entro il 10
Obiettivo dichiarato	Costruire il significato di numero come quantità e di insieme come raggruppamento, oltre il conteggio meccanico
Struttura dell'attività	Situazioni quotidiane iniziali, richiamo con materiali concreti, modellamento alla LIM con PhET, turnazione guidata, discussione finale
Mediazioni utilizzate	Pennarelli, merende, tappi colorati, matite, simulazione PhET, LIM, tablet, discussione collettiva
Logica del compito	Previsione, costruzione di insiemi, confronto di quantità, verifica di equivalenze, verbalizzazione delle strategie
Organizzazione sociale	Turnazione guidata, confronto tra strategie, domande tra pari, discussione collettiva finale
Ruolo della docente	Forte regia pedagogica del setting digitale, integrazione con il concreto, guida alla verbalizzazione e regolazione dell'attenzione
Fattore latente prevalente	Teachers' Professional Digital Competence
Fattori latenti presenti con rilievo intermedio	Investigate and Creation; Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Discussion and Reflection; Asking; Relation with Daily Life; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	TDCD
Trasformazione professionale emergente	La docente riconosce il valore serio del digitale come strumento di apprendimento anche in prima
Elemento qualificante del caso	Integrazione tra esperienza quotidiana, materiali concreti, simulazione digitale e verbalizzazione delle strategie
Limite interpretativo principale	Assenza di creazione o adattamento di contenuti digitali da parte della docente, che rende non osservabile TDCCD

Dimensione	Esito
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di didattica matematica fondata sulla mediazione concreta-digitale, sulla regolazione pedagogica del setting e sulla valorizzazione delle strategie infantili

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 7 restituisce il profilo di una pratica didattica fortemente orientata alla costruzione del concetto di numero e di insieme attraverso l'integrazione tra esperienza quotidiana, materiali concreti, simulazione digitale e verbalizzazione delle strategie. L'elemento più rilevante non è tanto la quantità di tecnologia impiegata, quanto la qualità della regia didattica esercitata dall'insegnante. La prevalenza del fattore TPDC indica infatti che la docente utilizza il digitale come ambiente strutturato di apprendimento, calibrato sull'età degli alunni, organizzato in fasi progressive e sostenuto da regole, turni, rallentamenti e momenti di riflessione condivisa.

Accanto a questa dimensione, risultano significative le evidenze relative a Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies. I bambini non sono chiamati soltanto a contare, ma a prevedere, confrontare, costruire quantità, verificare equivalenze e dare senso alle proprie azioni. L'attività mostra quindi una chiara volontà della docente di superare una visione meccanica del conteggio per promuovere la comprensione del numero come quantità e dell'insieme come struttura di raggruppamento. Sul piano metodologico, questo dato rimanda a una consapevolezza forte del valore delle strategie attive e guidate nei primi apprendimenti matematici.

Il fattore Discussion and Reflection emerge nella discussione collettiva finale e nella verbalizzazione delle strategie di conteggio, mentre Asking si manifesta nelle domande previsionali e nelle richieste di anticipazione. Relation with Daily Life assume un ruolo particolarmente importante, poiché ancora il conteggio a situazioni reali e riconoscibili per i bambini, come la distribuzione di biscotti, il conteggio dei presenti e assenti o degli oggetti nel contesto scolastico e domestico. La self-efficacy compare nella riflessione finale della docente, che riconosce il valore serio del digitale anche con bambini molto piccoli e dichiara di voler mantenere in futuro il collegamento con la vita quotidiana e la discussione finale.

Al contrario, TDCD non risulta osservabile. La docente utilizza in modo molto competente una piattaforma già disponibile, ma il testo non documenta alcuna attività di creazione o adattamento di contenuti digitali propri. Questa assenza non costituisce un limite del caso, ma ne definisce con maggiore precisione il profilo: una pratica di integrazione didattica del digitale fondata sulla mediazione, sulla regolazione e sulla riflessione, più che sulla produzione di contenuti digitali.

Sul piano complessivo, il caso si configura come un esempio particolarmente significativo di didattica matematica nella prima scolarità, capace di integrare esperienza concreta, vita quotidiana e ambiente digitale entro un'unica architettura pedagogica. Il tratto distintivo dell'Intervista 7 è infatti la capacità della docente di trasformare una simulazione in un ambiente serio di apprendimento, orientato non all'intrattenimento ma alla comprensione del concetto di numero attraverso strategie, confronto e costruzione progressiva di significato.

7.5.8 Intervista 8

L'ottava intervista (allegato 13 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata in una classe seconda della scuola primaria, nell'ambito di un percorso di consolidamento delle addizioni e sottrazioni entro il 20. L'attività è strutturata in più momenti e si sviluppa a partire da situazioni legate all'esperienza quotidiana degli studenti. In una prima fase vengono proposte situazioni concrete, come la distribuzione o la sottrazione di oggetti, accompagnate da una breve conversazione iniziale. Successivamente viene introdotta una simulazione digitale utilizzata alla LIM, attraverso la quale è possibile aggiungere o togliere elementi e osservare la variazione della quantità. L'attività prosegue con un lavoro a piccoli gruppi e si conclude con una discussione finale. Dal punto di vista degli strumenti, l'attività prevede l'utilizzo della simulazione PhET, affiancata inizialmente da materiali concreti come bottoni colorati e carte con situazioni-problema. All'interno della simulazione, gli studenti operano attraverso l'aggiunta e la rimozione di oggetti, osservando il cambiamento del totale.

Nel corso dell'attività, agli studenti vengono proposte consegne brevi che prevedono la modifica di una quantità iniziale attraverso operazioni di aggiunta o sottrazione. Le attività includono momenti di previsione del risultato, esplorazione tramite la simulazione e successiva spiegazione delle azioni svolte. L'organizzazione del lavoro prevede momenti di interazione collettiva alla LIM, seguiti da attività in piccoli gruppi. Durante queste fasi, gli studenti confrontano le proprie risposte, discutono le operazioni proposte e partecipano alla presentazione delle strategie utilizzate. La gestione del lavoro include anche la distribuzione di ruoli all'interno dei gruppi e momenti di verbalizzazione delle procedure adottate.

L'attività si sviluppa quindi attraverso l'integrazione di situazioni concrete, materiali manipolativi e simulazione digitale, inseriti in una sequenza che comprende introduzione contestualizzata, esplorazione guidata, lavoro collaborativo e discussione finale.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 8 è stata costruita, analogamente ai casi precedenti, attraverso tre letture indipendenti del testo. Tale scelta metodologica risponde all'esigenza di rendere esplicita la pluralità degli accessi interpretativi a un caso in cui la costruzione del significato matematico si

realizza attraverso un intreccio particolarmente fitto tra problemi quotidiani, supporti concreti, simulazione digitale, confronto tra pari e verbalizzazione delle strategie.

Il primo ricercatore ha adottato una prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale, concentrandosi soprattutto sulla progettazione sequenziale dell'attività, sul legame con l'esperienza quotidiana, sulla mediazione tra concreto e digitale, sulla costruzione del significato delle operazioni come trasformazioni, sulle domande generative e sulla verbalizzazione delle strategie. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha privilegiato una lettura focalizzata sui processi di previsione, verifica, confronto di esiti, costruzione del significato dell'operazione, ragionamento trasformativo e regolazione del processo di apprendimento. Il terzo ricercatore ha infine adottato una prospettiva professionale, leggendo il testo in termini di progettazione e regolazione del setting digitale, organizzazione dei gruppi, osservazione delle strategie, inclusione e trasformazione del ruolo didattico del digitale.

La triangolazione si è articolata in quattro passaggi. In una prima fase ciascun ricercatore ha elaborato in autonomia un proprio codebook provvisorio, definendo per ogni codice un'etichetta concettuale, una definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In una seconda fase i tre codebook sono stati comparati per verificare se categorie diversamente denominate corrispondessero in realtà agli stessi nuclei di significato. In un terzo passaggio, tali nuclei sono stati stabilizzati in un codebook definitivo, distinguendo tra convergenze piene e differenze dovute soltanto alla diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa, applicando una lettura verticale rigorosa.

Questo ultimo passaggio è particolarmente importante in questa intervista. Il testo documenta infatti con chiarezza la presenza di una competenza professionale della docente nell'integrare e regolare l'uso di PhET in modo pedagogicamente fondato, ma non fornisce basi altrettanto solide per attribuire la dimensione TDCD. La piattaforma viene usata come ambiente centrale di lavoro, ma la docente non dichiara né di avere creato né di avere adattato contenuti digitali propri. È stato quindi necessario distinguere con precisione tra TPDC, chiaramente osservabile, e TDCD, che non risulta sufficientemente sostenuto dal testo.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.57 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Progettazione sequenziale dell'attività	Attività organizzata come percorso in più momenti, nel quale problemi quotidiani, esplorazione guidata alla LIM, lavoro a piccoli gruppi e discussione finale si succedono in modo intenzionale	Include presenza di una sequenza esplicita e di passaggi distinti; esclude uso sporadico della simulazione senza progressione didattica	“quattro momenti”, “richiamo di una situazione concreta”, “esplorazione guidata alla LIM”, “lavoro a piccoli gruppi”, “discussione finale”	“Ho organizzato l'attività in quattro momenti: richiamo di una situazione concreta, esplorazione guidata alla LIM, lavoro a piccoli gruppi e discussione finale”
R1-B	Mediazione concreta-digitale delle operazioni	Integrazione intenzionale di situazioni-problema concrete, bottoni colorati e simulazione digitale per rendere visibile l'aggiungere e il togliere come cambiamenti di quantità	Include passaggio da bottoni e carte-problema a PhET; esclude uso del digitale non collegato a esperienze reali	“bottoni colorati”, “piccole situazioni-problema”, “collegare il digitale a un'esperienza reale”	“In un primo momento ho affiancato anche materiali concreti, come bottoni colorati e carte con piccole situazioni-problema...”
R1-C	Costruzione del significato delle operazioni	L'attività mira a far comprendere addizione e sottrazione come trasformazioni di quantità e non come semplice calcolo scritto	Include riferimenti ad aumento, diminuzione e trasformazione; esclude mera esecuzione procedurale	“cosa succede quando una quantità aumenta o diminuisce”, “operazione come trasformazione”	“L'obiettivo era far capire meglio ai bambini cosa succede quando una quantità aumenta o diminuisce...”
R1-D	Domande generative e previsione	La docente usa domande semplici ma frequenti per attivare anticipazione, confronto di ipotesi e	Include “Secondo te quanti ne rimangono?” o domande simili; esclude domande	“Secondo te quanti ne rimangono?”, “Cosa succede se...”	“Chiedevo spesso: ‘Secondo te quanti ne rimangono?’ oppure ‘Cosa succede se invece di aggiungerne due ne

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		ragionamento sugli effetti dell'azione	puramente di controllo del risultato		aggiungiamo quattro?"
R1-E	Verbalizzazione e confronto tra strategie	I bambini discutono tra loro e con la classe i modi diversi per arrivare a un risultato, motivando i procedimenti adottati	Include strategie diverse, opinioni differenti e presentazione alla classe; esclude semplice comunicazione del risultato	"strategie diverse per arrivare allo stesso risultato", "spiegazione"	"Nella discussione finale alcuni gruppi hanno mostrato alla classe strategie diverse per arrivare allo stesso risultato"
R1-F	Inclusione come incremento di sicurezza	Gli alunni più fragili o insicuri riescono a partecipare grazie alla visibilità degli oggetti e alla concretezza delle situazioni proposte	Include riferimenti a bambini che si bloccano nel calcolo scritto e si sentono più sicuri nell'attività; esclude inclusione genericamente dichiarata	"si sono sentiti più sicuri", "supporto visivo"	"Alcuni alunni che normalmente si bloccano davanti al calcolo scritto si sono sentiti più sicuri..."
R1-G	Collegamento con la vita quotidiana	I contenuti matematici vengono ancorati a situazioni familiari, come distribuire caramelle, togliere figurine o aggiungere matite	Include problemi tratti dalla quotidianità scolastica e domestica; esclude richiami generici al reale	"distribuire caramelle", "togliere figurine", "aggiungere matite"	"Ho progettato la lezione partendo da problemi vicini alla loro esperienza, ad esempio distribuire caramelle..."
R1-H	Trasformazione professionale della docente	La docente rilegge il digitale come spazio di esplorazione e ragionamento, distinguendolo dall'uso precedente come semplice rinforzo	Include riflessione metodologica e intenzione di mantenere collegamento con problemi reali, previsione e discussione finale; esclude	"vedo il digitale come uno strumento per far ragionare", "lo penso di più come spazio di esplorazione"	"La formazione mi ha aiutato a vedere il digitale come uno strumento per far ragionare i bambini..."

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
			apprezzamento generico		

Tabella 7.58 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (prospettiva scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Anticipazione e verifica del risultato	Gli alunni formulano una previsione sul risultato di un'operazione e la verificano poi attraverso l'azione nella simulazione o il confronto mentale	Include previsione del risultato prima dell'azione e verifica successiva; esclude semplice calcolo diretto senza anticipazione	“Secondo te quante ne rimangono?”, “poi verificavano con la simulazione”	“Gli studenti non si limitavano a fare il calcolo, ma prima facevano una previsione”
R2-B	Costruzione dell'operazione come trasformazione	La comprensione di addizione e sottrazione viene costruita come osservazione di un cambiamento di quantità e non come sola risposta numerica	Include riferimenti al numero che aumenta o diminuisce e all'operazione come trasformazione; esclude mera scrittura del risultato	“vedere l'operazione come trasformazione”, “cambiamento reale”	“In questo modo hanno cominciato a vedere l'operazione come trasformazione e non solo come risposta da scrivere”
R2-C	Percorsi multipli per lo stesso risultato	La docente propone compiti che mostrano come si possa arrivare allo stesso totale partendo da numeri diversi o seguendo strategie differenti	Include ottenimento dello stesso totale da numeri diversi; esclude semplici esercizi a risposta univoca	“ottenere lo stesso totale partendo da numeri diversi”	“Un esempio interessante è stato quando ho chiesto di ottenere lo stesso totale partendo da numeri diversi”
R2-D	Ragionamento sulle variazioni quantitative	Le domande della docente orientano l'attenzione ai cambiamenti quantitativi, ad esempio quando si	Include domande sull'aggiungere, togliere e diventare più piccolo o più grande; esclude	“Perché pensi che il numero diventi più piccolo?”, “Se togliamo ancora un oggetto cosa succede?”	“Ho usato domande semplici ma frequenti, come: ‘Perché pensi che il numero diventi più piccolo?’”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		aggiunge o si toglie un oggetto	domande puramente mnemoniche		
R2-E	Comprensione progressiva del significato matematico	Il significato dell'operazione emerge dalla previsione, dalla verifica e dalla spiegazione dei procedimenti, prima della fissazione astratta del calcolo scritto	Include tutti i passaggi in cui il significato precede la procedura; esclude esercitazione puramente algoritmica	“non solo il risultato ma motivassero le loro risposte”	“Ho scelto una strategia basata su previsione, verifica e spiegazione, perché volevo che i bambini non dessero solo il risultato...”
R2-F	Motivazione e coinvolgimento cognitivo	L'esperienza genera partecipazione elevata perché i bambini possono osservare il cambiamento quantitativo in modo immediato e significativo	Include partecipazione alta e interesse; esclude semplice gradimento non connesso al compito	“livello di partecipazione molto alto”	“Ho osservato un livello di partecipazione molto alto”
R2-G	Riflessione sulle strategie e sui procedimenti	La docente chiede di spiegare “cosa hai fatto”, favorendo consapevolezza delle procedure usate	Include verbalizzazione dei procedimenti, motivazione e spiegazione; esclude risposta numerica senza giustificazione	“spiega cosa hai fatto”	“Parti da 13, togli 5 e spiega cosa hai fatto”
R2-H	Regolazione del ritmo cognitivo	La docente interviene per fermare l'azione impulsiva e reindirizzare l'attenzione verso la verbalizzazione prima dell'azione	Include stop prima del clic, rallentamento e verbalizzazione preventiva; esclude semplice richiamo disciplinare	“fermarsi e verbalizzare prima dell'azione”	“In questi casi ho chiesto di fermarsi e verbalizzare prima dell'azione”

Tabella 7.59 – Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (prospettiva competenze professionali e digitale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	Progettazione del setting digitale come ambiente centrale	La docente colloca PhET non come esercizio conclusivo, ma come ambiente centrale di lavoro, inserito in una sequenza intenzionale	Include esplicita collocazione centrale del digitale; esclude uso marginale o di rinforzo	“non come esercizio finale ma come ambiente centrale di lavoro”	“L’ho integrata nella didattica non come esercizio finale ma come ambiente centrale di lavoro”
R3-B	Integrazione tra concreto e simulazione	La docente costruisce continuità tra materiali concreti, situazioni-problema e simulazione digitale per sostenere la comprensione delle operazioni	Include bottoni, carte-problema e PhET; esclude uso isolato della simulazione	“bottoni colorati e carte con piccole situazioni-problema”	“Ho affiancato anche materiali concreti... per aiutare i bambini a collegare il digitale a un’esperienza reale”
R3-C	Regolazione pedagogica dei gruppi e dei tempi	La docente organizza ruoli, tempi e ritmi per sostenere partecipazione equilibrata e contenere l’azione impulsiva	Include assegnazione di ruoli, stop, verbalizzazione prima dell’azione, consegne brevi; esclude semplice gestione disciplinare	“assegnando ruoli”, “tempi più brevi ma con consegne più frequenti”	“Ho cercato di risolvere assegnando ruoli...”; “In futuro preparerei ruoli ancora più chiari...”
R3-D	Osservazione delle strategie degli alunni	La docente utilizza il digitale per osservare le strategie dei bambini e non soltanto per far svolgere esercizi	Include confronto con pratiche abituali fondate su schede; esclude semplice monitoraggio del risultato corretto	“ho lavorato meno con la scheda e più con l’osservazione delle strategie dei bambini”	“Rispetto alle mie pratiche abituali, qui ho lavorato meno con la scheda e più con l’osservazione delle strategie dei bambini”
R3-E	Inclusione didattica	Il supporto visivo e la concretezza del compito consentono l’accesso anche agli alunni con maggiori difficoltà	Include esplicito riferimento agli alunni con difficoltà e al supporto visivo; esclude inclusione genericamente dichiarata	“anche gli alunni con più difficoltà riuscivano a entrare nell’attività”	“Anche gli alunni con più difficoltà riuscivano a entrare nell’attività...”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-F	Valorizzazione del digitale come spazio di ragionamento	La docente rilegge il digitale come strumento per far ragionare, prevedere, provare, sbagliare e spiegare	Include nuova concezione del digitale oltre il rinforzo; esclude motivazione generica	“spazio di esplorazione”, “strumento per far ragionare”	“Prima usavo il digitale soprattutto per rinforzo o esercizio, mentre ora lo penso di più come spazio di esplorazione”
R3-G	Ridefinizione delle pratiche abituali	La docente modifica il proprio modo abituale di usare il digitale, spostandolo da rinforzo a ambiente di apprendimento	Include confronto esplicito col passato; esclude semplice descrizione attuale	“Prima usavo il digitale soprattutto per rinforzo...”	“Prima usavo il digitale soprattutto per rinforzo o esercizio...”
R3-H	Trasferibilità futura del metodo	La docente intende mantenere in futuro il collegamento con problemi reali, la previsione prima dell'azione e la discussione finale	Include esplicita intenzione di mantenere gli elementi strutturali dell'esperienza; esclude semplice gradimento	“In futuro manterrei...”	“In futuro manterrei il collegamento con problemi reali, la previsione prima dell'azione e la discussione finale”

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Dal confronto tra i tre codebook provvisori emergono nove nuclei principali: la progettazione sequenziale dell'attività, il collegamento con l'esperienza quotidiana, la mediazione concreta-digitale, la costruzione del significato delle operazioni come trasformazioni, le domande generative e la previsione, il confronto e la verbalizzazione delle strategie, l'inclusione degli alunni con difficoltà, la regolazione organizzativa dei gruppi e la trasformazione professionale della docente. Otto di questi nuclei compaiono in modo pienamente convergente nelle tre letture; il nucleo relativo ai percorsi multipli per ottenere lo stesso risultato appare invece esplicitato con maggiore nettezza soprattutto nella lettura scientifica e tende a essere ricompreso, nelle altre due, all'interno di categorie più ampie legate alla discussione delle strategie e alla costruzione del significato delle operazioni.

Ne deriva una convergenza elevata, con un disaccordo residuo che riguarda soprattutto la granularità della codifica e non il contenuto sostanziale dei temi individuati. In questa intervista la triangolazione conferma quindi una struttura interpretativa stabile, nella quale il digitale è trattato non come semplice supporto motivazionale ma come ambiente didattico intenzionalmente regolato. Il primo ricercatore

mette in luce soprattutto l'ancoraggio al concreto e alla quotidianità; il secondo enfatizza la previsione, la trasformazione quantitativa e la pluralità dei percorsi risolutivi; il terzo evidenzia la regia professionale del setting digitale e la trasformazione del ruolo del digitale nella pratica della docente.

Tabella 7.60– Convergenze tra i tre codebook provvisori dell'Intervista 8

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Progettazione sequenziale dell'attività	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Collegamento con l'esperienza quotidiana	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Mediazione concreta-digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Costruzione del significato delle operazioni come trasformazioni	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Domande generative, previsione e verifica	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Confronto e verbalizzazione delle strategie	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Inclusione degli alunni con difficoltà	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Regolazione organizzativa dei gruppi	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Trasformazione professionale e ridefinizione del ruolo del digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

La triangolazione ha quindi consentito di costruire un codebook definitivo semanticamente stabile e coerente con i fattori latenti del questionario. Il caso mostra con particolare nettezza come l'uso del digitale diventi pedagogicamente significativo quando viene integrato con problemi reali, materiali concreti, verbalizzazione delle strategie e regolazione attenta dei gruppi.

Codebook definitivo

Tabella 7.61 – Codebook definitivo dell'Intervista 8

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
CD1	Progettazione sequenziale	Attività articolata in fasi progressive di introduzione concreta, esplorazione guidata alla LIM, lavoro a	Include sequenza esplicita delle fasi e strategia basata su previsione, verifica e spiegazione; esclude attività	“Ho organizzato l'attività in quattro momenti...”; “Ho scelto una strategia basata su

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
	scaffolding esplorativo	piccoli gruppi e discussione finale	non organizzate in passaggi distinti	previsione, verifica e spiegazione...”
CD2	Mediazione concreta-digittale delle operazioni	Integrazione di materiali concreti e simulazione digitale per rendere visibili l’aggiungere e il togliere come cambiamenti di quantità	Include passaggio da bottoni e carte-problema a PhET; esclude uso del digitale non collegato a esperienze concrete	“bottoni colorati e carte con piccole situazioni-problema”; “visualizzare in modo chiaro l’azione di aggiungere e togliere”
CD3	Costruzione del significato di addizione e sottrazione	Comprensione delle operazioni come trasformazioni di quantità e non solo come calcolo scritto o risposta numerica	Include riferimenti ad aumento, diminuzione e trasformazione; esclude mera esecuzione procedurale	“far capire meglio ai bambini cosa succede quando una quantità aumenta o diminuisce”; “vedere l’operazione come trasformazione”
CD4	Compito investigativo con previsione e verifica	Attività che richiedono agli alunni di prevedere il risultato, verificarlo e ragionare sui cambiamenti quantitativi attraverso prove e confronti	Include domande previsionali, verifica con simulazione e confronto di esiti; esclude richieste puramente esecutive	“Secondo te quanti ne rimangono?”; “Cosa succede se...”; “poi verificavano con la simulazione”
CD5	Interazione cooperativa e verbalizzazione delle strategie	Lavoro in piccoli gruppi e discussione collettiva finalizzati al confronto delle procedure e alla motivazione delle risposte	Include opinioni diverse, spiegazioni e presentazione di strategie; esclude lavoro individuale senza verbalizzazione	“i bambini hanno lavorato in piccoli gruppi”; “alcuni gruppi hanno mostrato alla classe strategie diverse per arrivare allo stesso risultato”
CD6	Connessione con la vita quotidiana	Collegamento dei contenuti matematici a situazioni reali e familiari per i bambini	Include problemi tratti dall’esperienza quotidiana; esclude richiami generici al reale	“distribuire caramelle, togliere figurine da un mucchietto o aggiungere matite in un astuccio”; “I collegamenti con la quotidianità sono stati continui”
CD7	Inclusione come incremento di	Partecipazione più sicura degli alunni con difficoltà	Include riferimenti a bambini che si bloccano nel	“si sono sentiti più sicuri”; “Anche gli alunni con più

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
	sicurezza nel ragionamento	grazie al supporto visivo e alla concretezza delle situazioni proposte	calcolo scritto e che accedono meglio al compito; esclude inclusione genericamente dichiarata	difficoltà riuscivano a entrare nell'attività"
CD8	Regolazione organizzativa e partecipazione nei gruppi	Gestione dei tempi, dei ritmi e dei ruoli per sostenere riflessione e partecipazione equilibrata nel lavoro di gruppo	Include stop riflessivi, verbalizzazione prima dell'azione e assegnazione di ruoli; esclude difficoltà non legate al setting	"fermarsi e verbalizzare prima dell'azione"; "assegnando ruoli, per esempio chi manovrava, chi osservava e chi spiegava"
CD9	Trasformazione professionale e valorizzazione del digitale come spazio di esplorazione	Riconoscimento del digitale come strumento per far ragionare i bambini e non solo per rinforzare o motivare	Include riflessione sul cambiamento metodologico e intenzione di mantenere gli elementi più significativi dell'esperienza; esclude apprezzamento generico	"vedo il digitale come uno strumento per far ragionare i bambini"; "ora lo penso di più come spazio di esplorazione"

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

L'associazione dei codici ai fattori latenti è stata costruita, anche in questo caso, secondo un criterio interpretativo rigoroso e non impressionistico. Ogni codice è stato ricondotto a un fattore soltanto quando il testo offriva una base teoricamente solida e sufficientemente esplicita per attribuire al docente quella specifica dimensione professionale.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi di apprendimento, discussione di soluzioni alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di indagine. In questa intervista esso emerge con chiarezza attraverso CD5, poiché la docente organizza il lavoro in piccoli gruppi e valorizza la discussione finale come spazio in cui i diversi procedimenti vengono spiegati, confrontati e motivati davanti alla classe.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, confronto di risultati, previsione di esiti e costruzione di compiti che permettono di esplorare relazioni. In questa intervista il fattore è osservabile attraverso CD3, poiché la docente costruisce l'addizione e la sottrazione come trasformazioni di quantità e non come semplice calcolo scritto. Vi contribuisce inoltre CD4, dal momento che le domande previsionali e le prove con la simulazione attivano compiti in cui il risultato viene anticipato, verificato e rielaborato.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, porre domande profonde, mantenere vivo l'interesse e strutturare problemi che sostengano il ragionamento. In questa intervista esso è sostenuto da CD4. Le domande “Secondo te quanti ne rimangono?” e “Cosa succede se...” non svolgono infatti una funzione puramente esecutiva, ma attivano anticipazione, controllo e riflessione sul cambiamento quantitativo.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la capacità del docente di collegare il contenuto disciplinare a situazioni di vita quotidiana e a contesti reali riconoscibili. In questa intervista la dimensione è fortemente sostenuta da CD6. I riferimenti a caramelle, figurine, matite nell'astuccio e altri scenari quotidiani non sono episodici, ma costituiscono il quadro di partenza e di radicamento dell'intero lavoro sulle operazioni.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, comprendendo progettazione pedagogica del setting digitale, uso riflessivo degli strumenti, integrazione intenzionale del digitale nella didattica e consapevolezza del suo valore formativo. In questa intervista il fattore emerge con particolare evidenza. Vi rientra CD1, poiché la docente progetta l'uso della simulazione dentro una sequenza didattica progressiva e fortemente guidata. Vi contribuisce CD2, dal momento che il digitale è integrato con materiali concreti in una logica di continuità cognitiva. Vi rientra anche CD8, dato che la docente regola tempi, turni, ruoli e momenti di stop per governare il rapporto tra azione e riflessione. Infine, vi contribuisce CD9, poiché la docente esplicita una rinnovata consapevolezza del valore del digitale come spazio di esplorazione e non come semplice rinforzo.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità del docente di creare, adattare o sviluppare contenuti digitali per la didattica. In questa intervista tale dimensione non è stata considerata osservabile. La docente utilizza in modo pedagogicamente maturo una simulazione già pronta, ma il testo non documenta alcuna attività di creazione o adattamento di contenuti digitali propri. L'uso competente di PhET rientra quindi in TPDC, ma non basta a fondare TDCD.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate. In questa intervista il fattore emerge attraverso CD3, poiché la costruzione dell'addizione e della sottrazione come trasformazioni quantitative rivela una consapevolezza metodologica forte dei processi di concettualizzazione matematica. Vi contribuisce inoltre CD9, nella misura in cui la riflessione finale della docente mostra una rielaborazione professionale del metodo adottato e del valore della previsione, della discussione e dell'esplorazione.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare attività efficaci e di migliorare la propria pratica professionale. In questa intervista il fattore è sostenuto da CD9. La docente dichiara infatti di sentirsi più sicura nel costruire attività in cui i bambini prevedono, provano, sbagliano e spiegano, mostrando una crescita di fiducia nella propria capacità di progettazione e gestione.

È importante precisare che CD7, pur essendo un codice qualitativamente rilevante, non viene ricondotto a un fattore latente specifico. Esso documenta un importante effetto della struttura didattica in termini di sicurezza e accessibilità per gli alunni con difficoltà, ma non coincide in modo diretto con uno dei costrutti del questionario. La sua esclusione dalla quantizzazione finale non ne riduce il valore interpretativo, ma riflette la necessità di mantenere coerenza tra analisi tematica e fattori quantitativi.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.62 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell'Intervista 8

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
CD1					✓			
CD2					✓			
CD3		✓					✓	
CD4		✓	✓					
CD5	✓							
CD6				✓				
CD7								
CD8					✓			
CD9					✓		✓	✓

La tabella deve essere letta verticalmente, secondo il criterio metodologico già adottato per le interviste precedenti. Risultano osservabili sette fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate

and Creation, Asking, Relation with Daily Life, TPDC, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non risulta invece osservabile TDCD.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere il profilo dell'Intervista 8 comparabile con gli altri casi del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti, contando soltanto le associazioni forti e teoricamente giustificate. Tutti e nove i codici risultano presenti nel testo, ma non tutti vengono convertiti in evidenze fattoriali.

La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell'intervista è la seguente. Nella risposta 1 compaiono CD1 e CD6. Nella risposta 2 compaiono CD2 e, sul piano del setting, elementi riconducibili anche a CD1. Nella risposta 3 compaiono CD3 e CD4. Nella risposta 4 compaiono CD4 e CD5. Nella risposta 5 compaiono CD6 e CD7. Nella risposta 6 compare CD8. Nella risposta 7 compare CD9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale è la seguente.

Tabella 7.63 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell'Intervista 8

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	1	8,3%
Investigate and Creation	2	16,7%
Asking	1	8,3%
Relation with Daily Life	1	8,3%
TPDC	4	33,3%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	2	16,7%
Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	8,3%

Il totale delle evidenze è pari a 12. La distribuzione percentuale mostra una chiara prevalenza della dimensione TPDC, che rappresenta un terzo del profilo complessivo. Questo dato è pienamente coerente con la narrazione della docente, nella quale il digitale viene progettato, regolato e interpretato come ambiente intenzionale di apprendimento. Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies seguono con uguale peso relativo, segnalando che l'attività non si esaurisce nella correttezza esecutiva, ma promuove previsione, trasformazione del significato operativo e costruzione di strategie. Le altre dimensioni risultano presenti in misura

minore, ma contribuiscono comunque a definire un quadro didattico articolato, in cui sono riconoscibili riflessione condivisa, interrogazione del problema, ancoraggio alla quotidianità e crescita di sicurezza professionale del docente. TDCD non è osservabile.

Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

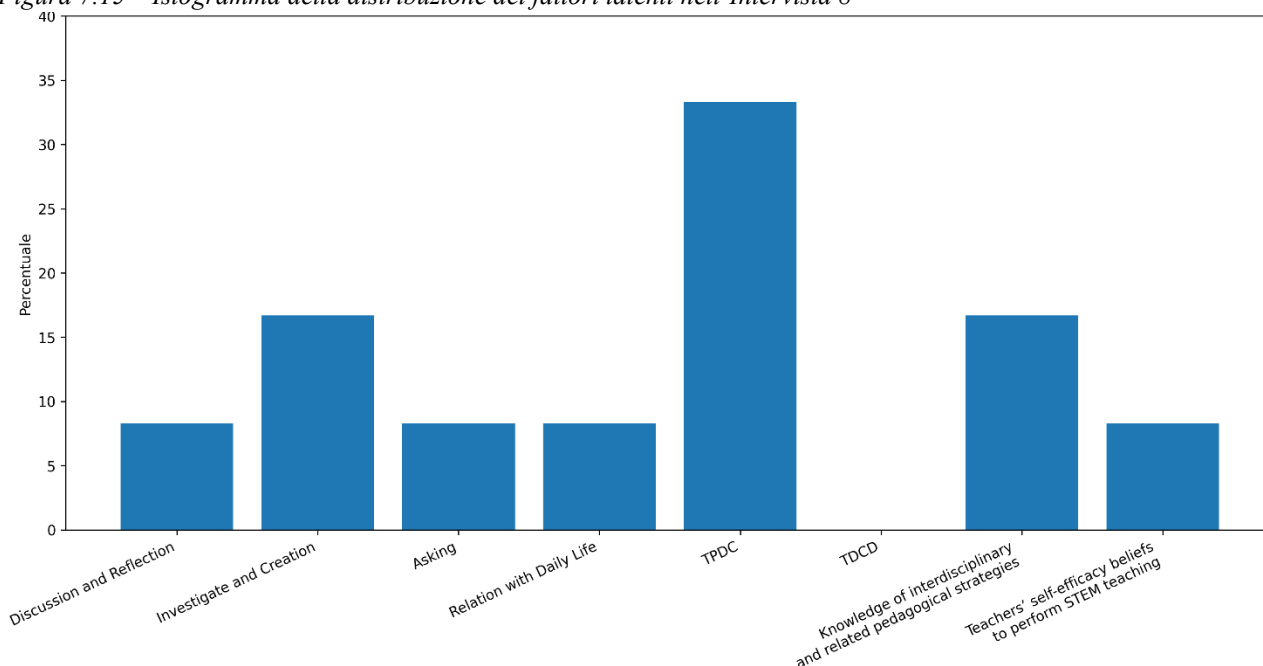
Per rendere più immediatamente leggibile il profilo del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, analoghe a quelle predisposte per le interviste precedenti. Anche in questo caso, i grafici non svolgono una funzione puramente illustrativa, ma interpretativa, poiché consentono di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

Nel caso dell'Intervista 8, l'istogramma rende evidente la forte centralità di TPDC. Tale risultato conferma che il cuore dell'attività non risiede tanto nella presenza di PhET in sé, quanto nella qualità della regia didattica con cui la simulazione viene introdotta, regolata e resa funzionale alla comprensione delle operazioni come trasformazioni quantitative. La docente non si limita infatti a far usare una simulazione, ma ne regola tempi, consegne, gruppi e ritmi, integrandola con problemi quotidiani e con il confronto finale delle strategie.

La presenza intermedia di Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies mostra che l'attività non è riducibile a semplice esercitazione sulle addizioni e sottrazioni. La docente costruisce veri compiti di previsione, prova, verifica e confronto fra percorsi diversi, mostrando una chiara consapevolezza del valore delle strategie attive per la costruzione del significato matematico. Più contenute, ma comunque presenti, risultano Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy. In particolare, Relation with Daily Life assume qui un ruolo importante perché ancora il ragionamento matematico a situazioni quotidiane familiari per i bambini.

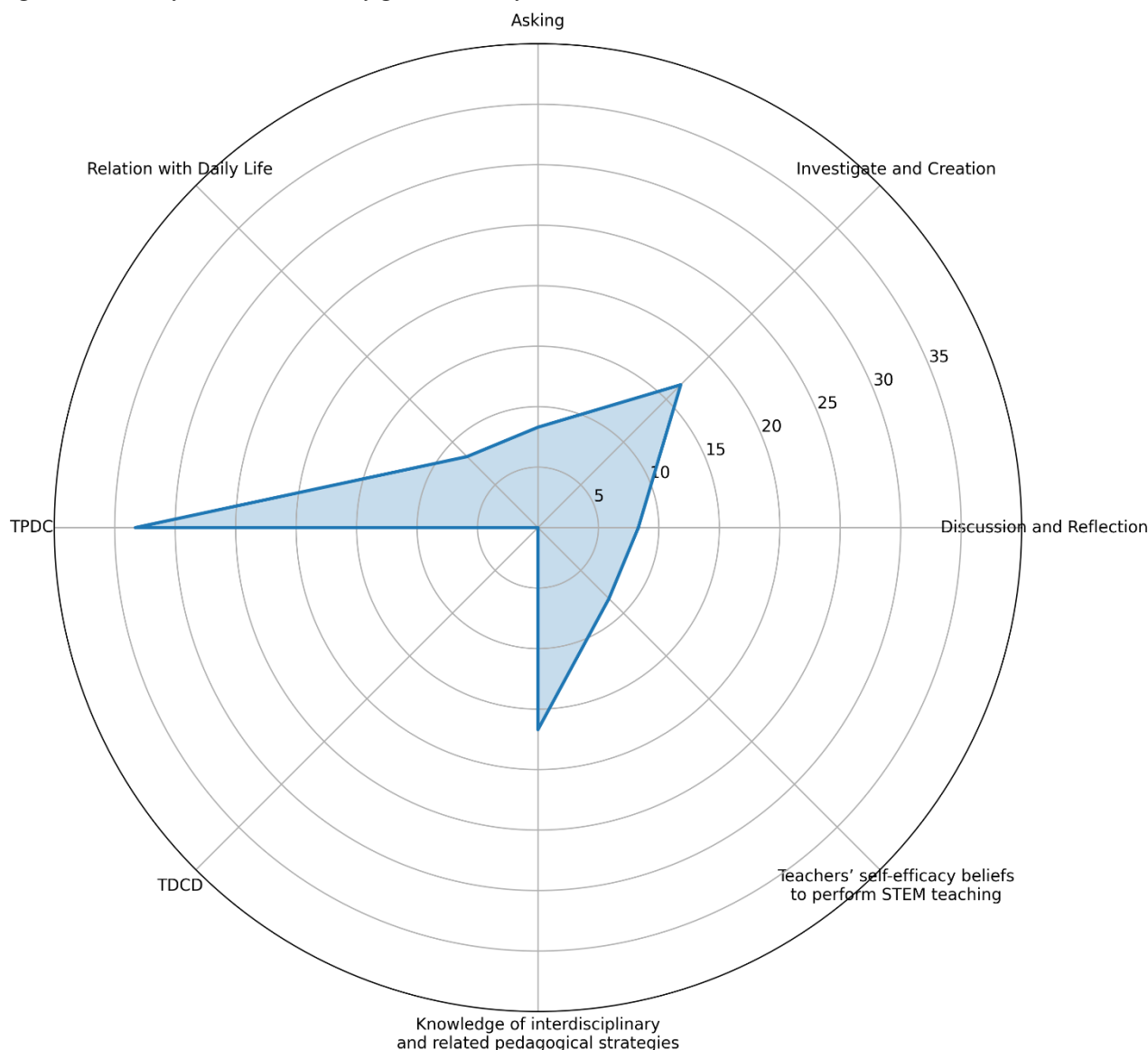
L'assenza di TDCD va letta come un dato metodologicamente coerente e non come un limite del caso. La docente usa in modo maturo un ambiente digitale già predisposto, ma il testo non documenta né creazione né adattamento di contenuti digitali propri. La distinzione tra uso riflessivo del digitale e sviluppo di contenuti digitali consente dunque di restituire il profilo dell'attività con maggiore precisione.

Figura 7.15 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 8



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 8. I dati evidenziano la predominanza di Teachers' Professional Digital Competence, pari al 33,3%, seguita da Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, entrambe pari al 16,7%. Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con l'8,3%. TDCD non emerge in forma esplicita nel testo e pertanto non risulta osservabile.

Figura 7.16 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 8



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 8. Il profilo evidenzia una forte estensione della dimensione Teachers' Professional Digital Competence, che costituisce l'asse portante della pratica descritta, mostrando una didattica matematica in cui il digitale è integrato in modo intenzionale, regolato e pedagogicamente fondato. Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies risultano presenti con intensità intermedia, mentre Discussion and Reflection, Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy assumono un peso più contenuto. TDCD non contribuisce al profilo poiché non risulta osservabile nel testo.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.64 – Sintesi dell'Intervista 8

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Classe seconda della scuola primaria, percorso di consolidamento di addizioni e sottrazioni entro il 20
Obiettivo dichiarato	Comprendere le operazioni come trasformazioni reali di quantità e non solo come calcolo scritto
Struttura dell'attività	Problemi quotidiani iniziali, richiamo con materiali concreti, esplorazione guidata con PhET alla LIM, lavoro a piccoli gruppi, discussione finale
Mediazioni utilizzate	Caramelle, figurine, matite nell'astuccio, bottoni colorati, carte-problema, simulazione PhET, LIM, gruppi di lavoro
Logica del compito	Previsione, prova, verifica, confronto di esiti e spiegazione dei procedimenti adottati
Organizzazione sociale	Lavoro a piccoli gruppi, opinioni divergenti, motivazione delle risposte, ruoli assegnati, discussione finale
Ruolo della docente	Forte regia pedagogica del setting digitale, integrazione con il concreto, guida alla previsione, regolazione dei gruppi e valorizzazione delle strategie
Fattore latente prevalente	Teachers' Professional Digital Competence
Fattori latenti presenti con rilievo intermedio	Investigate and Creation; Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Discussion and Reflection; Asking; Relation with Daily Life; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	TDCD
Trasformazione professionale emergente	La docente rilegge il digitale come spazio di esplorazione disciplinare e non come semplice rinforzo o motivazione
Elemento qualificante del caso	Integrazione tra problemi quotidiani, supporti concreti, simulazione digitale e verbalizzazione delle strategie
Limite interpretativo principale	Assenza di creazione o adattamento di contenuti digitali da parte della docente, che rende non osservabile TDCD

Dimensione	Esito
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di didattica delle operazioni centrata sulla trasformazione quantitativa, sulla regolazione pedagogica del digitale e sulla valorizzazione dei processi di ragionamento infantile

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 8 restituisce il profilo di una pratica didattica fortemente orientata alla comprensione del significato di addizione e sottrazione attraverso l'integrazione tra problemi quotidiani, supporti concreti, simulazione digitale e verbalizzazione delle strategie. L'elemento più rilevante è la centralità della competenza professionale digitale del docente, che emerge non tanto dalla semplice presenza della tecnologia, quanto dalla capacità di collocarla dentro un setting pedagogicamente strutturato. La prevalenza del fattore TPDC indica infatti una regia didattica consapevole, che organizza le fasi dell'attività, sostiene la previsione, rallenta l'azione impulsiva, distribuisce ruoli nei gruppi e valorizza la spiegazione dei processi.

Risultano poi significative le dimensioni Investigate and Creation e Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, che mostrano come l'attività abbia favorito una lettura delle operazioni come trasformazioni osservabili di quantità e non come mera risposta numerica da produrre. La docente propone compiti che invitano a prevedere, verificare, correggere e confrontare esiti differenti, sostenendo così una comprensione più profonda del significato matematico. Sul piano metodologico, il caso mostra quindi una solida consapevolezza del valore delle strategie attive, della gradualità e dell'ancoraggio del sapere a situazioni riconoscibili.

Le dimensioni Discussion and Reflection e Asking risultano presenti, sebbene con intensità minore, nella misura in cui la docente costruisce uno spazio di confronto sulle strategie e utilizza domande generative per attivare anticipazione e controllo del ragionamento. Relation with Daily Life assume un ruolo importante perché i problemi proposti attingono costantemente a scenari vicini all'esperienza dei bambini, come distribuire caramelle, togliere figurine o aggiungere matite in un astuccio. La self-efficacy compare infine nella riflessione professionale della docente, che riconosce di sentirsi più sicura nel costruire attività in cui i bambini prevedono, provano, sbagliano e spiegano.

Al contrario, TDCD non risulta osservabile. La docente utilizza in modo molto competente una simulazione già disponibile, ma il testo non documenta alcuna attività di creazione o adattamento di contenuti digitali propri. Questa assenza non costituisce un limite del caso, ma ne definisce con maggiore precisione il profilo: una pratica di integrazione didattica del digitale fondata sulla mediazione, sulla regolazione e sulla riflessione, più che sulla produzione di contenuti digitali.

Sul piano complessivo, il caso si configura come un esempio particolarmente significativo di didattica delle operazioni nella scuola primaria, capace di integrare problemi reali, oggetti visibili, ambiente digitale e confronto fra strategie entro un'unica architettura pedagogica. Il tratto distintivo dell'Intervista 8 è la capacità della docente di trasformare una simulazione in un ambiente serio di apprendimento matematico, orientato non all'intrattenimento ma alla comprensione dell'operazione come trasformazione di quantità, alla regolazione del setting e alla valorizzazione dei processi di ragionamento infantile.

7.5.9 Intervista 9

La nona intervista (allegato 14 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata in una classe terza della scuola primaria, nell'ambito di un percorso di consolidamento della moltiplicazione intesa come costruzione di gruppi uguali. L'attività si sviluppa a partire da situazioni legate all'esperienza quotidiana degli studenti ed è organizzata in più momenti.

In una prima fase vengono proposti esempi concreti, come la distribuzione di oggetti in gruppi con la stessa quantità o la disposizione di elementi in file regolari. Successivamente viene introdotta una simulazione digitale utilizzata alla LIM, attraverso la quale è possibile creare gruppi di oggetti e visualizzare il totale corrispondente. L'attività prosegue con la realizzazione di configurazioni a partire da consegne specifiche e si conclude con una discussione finale. Dal punto di vista degli strumenti, l'attività prevede l'utilizzo della simulazione PhET, affiancata inizialmente da materiali concreti come tappi e cubetti. All'interno della simulazione, gli studenti operano costruendo gruppi di oggetti e modificando le configurazioni proposte, osservando il totale risultante. Nel corso dell'attività vengono proposte consegne che richiedono la costruzione di gruppi con un numero definito di elementi o la realizzazione di configurazioni diverse che conducono allo stesso totale. Le attività includono momenti di costruzione, osservazione e confronto tra configurazioni differenti. L'organizzazione del lavoro prevede momenti di interazione collettiva alla LIM e fasi di confronto tra pari, durante le quali gli studenti discutono le modalità utilizzate per costruire i gruppi e per determinare il totale. Il lavoro include momenti di verbalizzazione delle procedure adottate e presentazione delle soluzioni emerse durante l'attività.

L'attività si sviluppa quindi attraverso l'integrazione di situazioni concrete, materiali manipolativi e simulazione digitale, inseriti in una sequenza che comprende introduzione contestualizzata, dimostrazione, attività operativa e discussione finale, all'interno di un'organizzazione che alterna momenti collettivi e di confronto tra pari.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 9 è stata costruita, analogamente ai casi precedenti, attraverso tre letture indipendenti del testo. Tale procedura metodologica è stata adottata per rendere esplicita la pluralità degli accessi interpretativi a un caso che intreccia in modo significativo esperienza quotidiana, supporti concreti, visualizzazione digitale e costruzione del significato della moltiplicazione.

Il primo ricercatore ha adottato una prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale, concentrandosi soprattutto sulla progettazione sequenziale dell'attività, sul collegamento con l'esperienza quotidiana, sulla mediazione tra oggetti reali e simulazione digitale, sulla costruzione del concetto di gruppi uguali, sulla discussione tra pari e sulla verbalizzazione delle strategie. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha privilegiato una lettura focalizzata sui processi di esplorazione di configurazioni equivalenti, previsione, confronto di esiti, comprensione del significato dell'operazione e gestione delle difficoltà concettuali relative alla distinzione tra numero dei gruppi ed elementi per gruppo. Il terzo ricercatore ha infine adottato una prospettiva professionale, leggendo il testo in termini di progettazione del setting digitale, uso regolato della simulazione, integrazione fra concreto e digitale, scaffolding del ragionamento e trasformazione del ruolo del digitale nella pratica della docente.

La triangolazione si è articolata in quattro passaggi. In una prima fase ciascun ricercatore ha elaborato in autonomia un proprio codebook provvisorio, corredando ogni codice di etichetta concettuale, definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In una seconda fase i tre codebook sono stati messi a confronto per verificare se categorie diversamente denominate corrispondessero in realtà agli stessi nuclei di significato. In un terzo passaggio, tali nuclei sono stati stabilizzati in un codebook definitivo, distinguendo tra convergenze piene e differenze dovute soltanto alla diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa, applicando una lettura verticale rigorosa.

Quest'ultimo passaggio è particolarmente importante in questa intervista, perché il testo documenta con chiarezza una competenza della docente nell'integrare e regolare l'uso di PhET in modo pedagogicamente fondato, ma non offre basi sufficientemente solide per attribuire TDCD. La docente utilizza la simulazione come ambiente centrale di visualizzazione e ragionamento, ma non dichiara né di avere creato né di avere adattato contenuti digitali propri. Per questa ragione, è stato necessario distinguere con precisione tra TPDC, chiaramente osservabile, e TDCD, che non risulta sufficientemente sostenuto dal testo.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.65 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Contestualizzazione concreta della moltiplicazione	La docente introduce il concetto di moltiplicazione a partire da situazioni quotidiane nelle quali una stessa quantità si ripete in gruppi uguali	Include esempi di caramelle, sedie in file, biscotti, bottiglie e altri contesti organizzati in gruppi equivalenti; esclude richiami generici alla realtà	“preparare sacchetti con lo stesso numero di caramelle”, “sistemare sedie in file uguali”	“Ho progettato l’esperienza partendo da esempi molto semplici, come preparare sacchetti con lo stesso numero di caramelle oppure sistemare sedie in file uguali”
R1-B	Progettazione sequenziale dell’attività	L’attività è costruita in momenti progressivi, dal richiamo al concreto alla dimostrazione alla LIM fino alla discussione finale	Include scansione esplicita in momenti distinti e progressivi; esclude uso episodico della simulazione	“più momenti”, “richiamo alla situazione concreta”, “breve dimostrazione alla LIM”, “discussione finale”	“L’attività è stata organizzata in più momenti: prima il richiamo alla situazione concreta, poi una breve dimostrazione alla LIM, e infine una discussione finale...”
R1-C	Costruzione del concetto di gruppi uguali	La docente orienta il lavoro alla comprensione della moltiplicazione come ripetizione di una stessa quantità e non come semplice tabellina	Include riferimenti a gruppi uguali, quantità ripetute e superamento della sola memorizzazione; esclude ripetizione meccanica delle tabelline	“moltiplicare non significa solo ricordare una tabellina”, “una stessa quantità si ripete più volte”	“L’obiettivo era far capire ai bambini che moltiplicare non significa solo ricordare una tabellina, ma anche pensare a una situazione in cui una stessa quantità si ripete più volte”
R1-D	Esplorazione di configurazioni equivalenti	L’attività porta i bambini a confrontare raggruppamenti diversi che producono lo stesso totale	Include esempi come 3 gruppi da 4 e 4 gruppi da 3 o più modi per ottenere 12; esclude costruzione di un solo gruppo da 12	“3 gruppi da 4 e 4 gruppi da 3 danno lo stesso totale”, “arrivare a 12 con 2 gruppi da 6, 3 gruppi da 4 o 4 gruppi da 3”	“Alcuni bambini hanno iniziato a capire che 3 gruppi da 4 e 4 gruppi da 3 danno lo stesso totale...”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
			raggruppamento senza confronto		
R1-E	Verbalizzazione e confronto delle strategie	I bambini spiegano i procedimenti adottati e discutono diversi modi per arrivare allo stesso totale	Include confronto tra pari, spiegazione alla classe e riflessione sui processi; esclude comunicazione del solo risultato	“spiegavano come avevano trovato il totale”, “discussione finale”, “strategie diverse”	“Infine una discussione finale in cui i bambini spiegavano come avevano trovato il totale”
R1-F	Inclusione come accesso concreto al concetto	Gli alunni che vivono la matematica con maggiore fatica partecipano con maggiore sicurezza grazie a gruppi visibili e a situazioni concrete	Include sicurezza, accessibilità e riduzione dell’astrazione iniziale; esclude inclusione genericamente dichiarata	“partecipato con maggiore sicurezza”, “gruppi visibili”	“Anche alcuni alunni che di solito vivono la matematica con più fatica hanno partecipato con maggiore sicurezza...”
R1-G	Difficoltà concettuale nel rapporto gruppi/elementi	La docente rileva e affronta la confusione tra numero dei gruppi e numero degli oggetti contenuti in ciascun gruppo	Include errori del tipo “3 gruppi da 4” costruiti come “4 gruppi da 3”; esclude difficoltà organizzative	“dicevano 3 gruppi da 4 ma poi costruivano 4 gruppi da 3”	“Per esempio dicevano ‘3 gruppi da 4’ ma poi costruivano 4 gruppi da 3”
R1-H	Trasformazione professionale della docente	La docente rilegge la moltiplicazione come concetto da costruire e non come contenuto da esercitare, riconoscendo il valore del digitale nel far emergere strategie	Include maggiore sicurezza nell’uso del digitale, valorizzazione delle strategie e minore centralità della spiegazione iniziale	“mi ha aiutato a vedere la moltiplicazione non solo come contenuto da esercitare”, “mi sento più sicura con l’uso del digitale”	“Questa esperienza mi ha aiutato a vedere la moltiplicazione non solo come contenuto da esercitare, ma come concetto da far costruire ai bambini”

Tabella 7.79 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (prospettiva scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Comprensione della moltiplicazione come struttura moltiplicativa	La docente guida la comprensione della moltiplicazione come organizzazione di quantità in gruppi uguali e non come sola procedura mnemonica	Include superamento della tabellina, concetto di quantità ripetuta e organizzazione di gruppi equivalenti; esclude memorizzazione priva di significato	“gruppi uguali”, “ripetizione di una stessa quantità”	“L’obiettivo era far capire ai bambini... una stessa quantità si ripete più volte”
R2-B	Riconoscimento di configurazioni equivalenti	I bambini esplorano il fatto che disposizioni diverse possono generare lo stesso totale e che esistono più rappresentazioni dello stesso numero	Include 3×4 e 4×3 , più modi per ottenere 12; esclude costruzioni uniche non confrontate	“3 gruppi da 4 e 4 gruppi da 3”, “più rappresentazioni dello stesso numero”	“Questo ha aiutato i bambini a capire che ci possono essere più rappresentazioni dello stesso numero”
R2-C	Prove e confronti per costruire il concetto	Il concetto matematico emerge attraverso prove successive, confronti fra configurazioni e riflessione sul risultato	Include ottenere lo stesso numero con gruppi diversi; esclude esercizi ripetitivi a risposta univoca	“hanno costruito il concetto attraverso prove e confronti”	“In questo modo i bambini hanno costruito il concetto attraverso prove e confronti”
R2-D	Domande generative sul ragionamento matematico	Le domande della docente stimolano riflessione su procedimenti, relazioni e trasformazioni delle configurazioni	Include “Come hai fatto a sapere che fanno 15?” o “Secondo te cambia qualcosa se giri i gruppi?”; esclude domande di puro controllo mnemonico	“Come hai fatto a sapere che fanno 15?”, “cambia qualcosa se giri i gruppi?”	“Io intervenivo con domande come: ‘Come hai fatto a sapere che fanno 15?’ oppure ‘Secondo te cambia qualcosa se giri i gruppi?’”
R2-E	Verbalizzazione del processo risolutivo	La docente sollecita spiegazione non solo del risultato ma del processo con cui esso è stato ottenuto	Include spiegazione del percorso e riflessione finale sul processo; esclude semplice comunicazione del totale	“riflessione non solo sul risultato, ma anche sul processo usato per arrivarci”	“Questo ha favorito una riflessione non solo sul risultato, ma anche sul processo usato per arrivarci”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-F	Motivazione e coinvolgimento cognitivo	L'attività suscita coinvolgimento perché rende visibile e comprensibile la moltiplicazione come struttura concreta	Include coinvolgimento alto e significatività cognitiva; esclude gradimento generico	“molto coinvolti”, “vedere la moltiplicazione in modo concreto”	“I bambini si sono mostrati molto coinvolti, soprattutto perché l'attività li aiutava a vedere la moltiplicazione in modo concreto”
R2-G	Chiarificazione della confusione gruppi/elementi	La docente interviene sulla difficoltà concettuale relativa alla distinzione tra numero dei gruppi e numero di elementi per gruppo	Include verbalizzazione correttiva e chiarimento della struttura del raggruppamento; esclude difficoltà organizzative	“fermarsi e spiegare a voce quello che stavano facendo”	“In questi casi ho chiesto loro di fermarsi e spiegare a voce quello che stavano facendo”
R2-H	Riflessione sul valore concettuale del digitale	La docente riconosce che il digitale sostiene la visualizzazione di idee matematiche e non solo l'esercizio	Include uso del digitale per visualizzare idee matematiche e non solo per allenare; esclude uso di rinforzo meccanico	“uso del digitale in classe per visualizzare idee matematiche”	“Mi sento più sicura con l'uso del digitale in classe per visualizzare idee matematiche”

Tabella 7.66– Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (prospettiva competenze professionali e digitale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	Progettazione del setting digitale	La docente colloca la simulazione PhET dentro un percorso intenzionale, con dimostrazione alla LIM e successiva verbalizzazione	Include simulazione come ambiente guidato e non come esercizio finale; esclude uso libero del software	“una simulazione PhET”, “breve dimostrazione alla LIM”, “discussione finale”	“Dopo questa introduzione, ho usato una simulazione PhET...”
R3-B	Integrazione tra concreto e digitale	La docente costruisce continuità fra oggetti reali, esempi quotidiani e ambiente digitale per	Include tappi, cubetti, PhET e situazioni concrete; esclude uso del digitale sganciato dall'esperienza	“tappi e cubetti”, “prima di passare al digitale”	“Prima di passare al digitale ho anche mostrato alcuni esempi con oggetti reali, come tappi e cubetti...”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		sostenere la comprensione			
R3-C	Uso del digitale per esplorare rappresentazioni multiple	La simulazione è usata come strumento per costruire rapidamente molti raggruppamenti e confrontare configurazioni diverse	Include costruzione di gruppi multipli e confronto di modi diversi per ottenere lo stesso totale; esclude uso monotono della piattaforma	“costruire rapidamente molti raggruppamenti”, “trova due modi diversi per ottenere 12”	“Ho scelto la simulazione perché permette di costruire rapidamente molti raggruppamenti...”
R3-D	Regolazione delle difficoltà e scaffolding didattico	La docente interviene sulle difficoltà concettuali chiedendo di fermarsi e verbalizzare, sostenendo così la chiarificazione del compito	Include stop riflessivi e spiegazione a voce; esclude difficoltà solo logistiche	“fermarsi e spiegare a voce”	“In questi casi ho chiesto loro di fermarsi e spiegare a voce quello che stavano facendo”
R3-E	Inclusione didattica	Il supporto visivo e i gruppi concreti consentono l'accesso al compito anche agli alunni che vivono la matematica con maggiore fatica	Include sicurezza, accessibilità e didattica inclusiva; esclude inclusione genericamente dichiarata	“hanno partecipato con maggiore sicurezza”, “didattica inclusiva”	“In futuro manterrei... il sostegno di piattaforme come PhET per una didattica inclusiva”
R3-F	Valorizzazione del digitale come costruzione di concetti	La docente rilegge il digitale come strumento per visualizzare idee matematiche e costruire concetti, non solo per esercitarsi	Include passaggio da esercizio a costruzione concettuale; esclude motivazione generica	“valorizzazione del digitale per costruire concetti”	“Mi sento più sicura con l'uso del digitale in classe per visualizzare idee matematiche...”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-G	Ridefinizione delle pratiche abituali	La docente modifica l'equilibrio tra esercizio delle tabelline e costruzione del concetto attraverso esplorazione e confronto	Include minore spazio alla ripetizione e maggiore spazio all'esplorazione; esclude semplice descrizione dell'attività	"meno spazio alla ripetizione delle tabelline e più spazio all'esplorazione visiva"	"Rispetto alle mie pratiche abituali, qui ho dato meno spazio alla ripetizione delle tabelline..."
R3-H	Trasferibilità futura del metodo	La docente intende mantenere in futuro contesti reali, supporto di PhET e spazio alle strategie degli alunni	Include intenzione esplicita di mantenere gli elementi centrali dell'esperienza; esclude semplice gradimento	"In futuro manterrei sicuramente..."	"In futuro manterrei sicuramente il collegamento con i contesti reali di vita quotidiana e il sostegno di piattaforme come PhET..."

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Dal confronto tra le tre letture indipendenti emergono dieci nuclei principali: contestualizzazione concreta, progettazione sequenziale dell'attività, mediazione concreta-digitale, costruzione del concetto di moltiplicazione come gruppi uguali, esplorazione di configurazioni equivalenti, confronto e verbalizzazione delle strategie, domande generative, inclusione degli alunni con difficoltà, gestione delle difficoltà concettuali, trasformazione professionale e ridefinizione del ruolo del digitale. Nove di questi nuclei compaiono in forma pienamente convergente nelle tre letture; il nucleo relativo alla difficoltà specifica nel distinguere il numero dei gruppi dal numero degli elementi in ogni gruppo risulta invece tematizzato in modo più esplicito nella lettura socio-costruttivista e in quella scientifica, mentre nella terza lettura viene assorbito entro una categoria più ampia di scaffolding e accompagnamento didattico.

Ne deriva una convergenza molto elevata, con un disaccordo residuo che riguarda soprattutto il livello di granularità della codifica e non la sostanza interpretativa delle categorie emerse. Questa struttura conferma una lettura stabile del caso: il concetto matematico non viene proposto come contenuto da memorizzare, ma come schema di relazioni da costruire progressivamente attraverso gruppi equivalenti, prove, confronto di configurazioni e verbalizzazione dei procedimenti. Al tempo stesso,

il digitale appare integrato dentro un impianto didattico consapevole e non come semplice supporto tecnico.

Tabella 7.67 – Convergenze tra i tre codebook provvisori dell’Intervista 9

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Contestualizzazione concreta della moltiplicazione	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Progettazione sequenziale dell’attività	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Mediazione concreta-digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Costruzione del concetto di gruppi uguali	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Esplorazione di configurazioni equivalenti	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Confronto e verbalizzazione delle strategie	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Domande generative e riflessione sul processo	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Inclusione degli alunni con difficoltà	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Gestione delle difficoltà concettuali	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Trasformazione professionale e ridefinizione del ruolo del digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

La triangolazione ha quindi consentito di costruire un codebook definitivo semanticamente stabile e coerente con i fattori latenti del questionario. Il caso mostra con particolare nettezza come la costruzione del concetto di moltiplicazione sia sostenuta dall’intreccio tra contesti quotidiani, visualizzazione digitale, configurazioni multiple e riflessione condivisa.

Codebook definitivo

Tabella 7.68 – Codebook definitivo dell’Intervista 9

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
CD1	Progettazione sequenziale e mediazione concreta-digitale	Attività organizzata in momenti progressivi che partono da esempi quotidiani, passano per la simulazione digitale e si concludono con discussione e verbalizzazione	Include richiamo concreto, dimostrazione alla LIM e discussione finale; esclude attività prive di scansione didattica esplicita	“prima il richiamo alla situazione concreta, poi una breve dimostrazione alla LIM, e infine una discussione finale”; “Ho scelto un approccio attivo...”
CD2	Costruzione del concetto di	Comprensione della moltiplicazione come	Include gruppi uguali, quantità ripetute e	“moltiplicare non significa solo ricordare una

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
	moltiplicazione come gruppi uguali	ripetizione di una stessa quantità in gruppi equivalenti e non come sola memorizzazione della tabellina	superamento della sola ripetizione procedurale; esclude mera memorizzazione delle tabelline	tabellina”; “una stessa quantità si ripete più volte”
CD3	Esplorazione di configurazioni equivalenti e rappresentazioni multiple	Attività che portano gli alunni a riconoscere che configurazioni diverse possono produrre lo stesso totale e che uno stesso numero può essere rappresentato in più modi	Include esempi come 3 gruppi da 4 e 4 gruppi da 3 o più modi per ottenere 12; esclude costruzione di un solo raggruppamento senza confronto	“3 gruppi da 4 e 4 gruppi da 3 danno lo stesso totale”; “trova due modi diversi per ottenere 12”
CD4	Compito investigativo con confronto e verbalizzazione	Costruzione del concetto attraverso prove, confronti, domande e spiegazione dei procedimenti adottati	Include prove, confronto tra combinazioni, domande del docente e verbalizzazione del processo; esclude esecuzione senza riflessione	“Come hai fatto a sapere che fanno 15?”; “Secondo te cambia qualcosa se giri i gruppi?”; “riflessione non solo sul risultato, ma anche sul processo”
CD5	Interazione cooperativa e discussione delle strategie	Confronto tra pari e discussione finale centrati sulle strategie adottate per ottenere il totale	Include discussione tra studenti, spiegazione alla classe e confronto sui processi; esclude lavoro individuale senza condivisione	“i bambini discutevano su quale fosse il modo più semplice per arrivare a un certo totale”; “alcuni hanno spiegato alla classe...”
CD6	Connessione con la vita quotidiana	Collegamento della moltiplicazione a situazioni reali organizzate in gruppi o file uguali	Include caramelle, sedie, biscotti, bottiglie o altri contesti reali; esclude riferimenti generici alla realtà	“preparare sacchetti con lo stesso numero di caramelle”; “mettere bottiglie in cassette uguali”
CD7	Inclusione come accesso visivo e concreto al concetto	Partecipazione più sicura degli alunni con difficoltà grazie alla possibilità di partire da gruppi visibili e non da simboli astratti	Include riferimenti a sicurezza, accessibilità e didattica inclusiva; esclude inclusione genericamente dichiarata	“hanno partecipato con maggiore sicurezza”; “non dovevano partire subito da un simbolo astratto, ma da gruppi visibili”
CD8	Regolazione delle difficoltà concettuali nel raggruppamento	Interventi del docente per chiarire la distinzione tra numero dei gruppi e numero	Include confusione strutturale e verbalizzazione correttiva; esclude difficoltà puramente organizzative	“dicevano ‘3 gruppi da 4’ ma poi costruivano 4 gruppi da 3”; “ho chiesto

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
		degli elementi in ciascun gruppo		loro di fermarsi e spiegare a voce”
CD9	Trasformazione professionale e valorizzazione del digitale per costruire concetti	Riflessione della docente sul passaggio da una didattica centrata sull’esercizio a una didattica che favorisce osservazione, confronto e costruzione del concetto	Include maggiore sicurezza nell’uso del digitale, valorizzazione delle strategie degli alunni e minore centralità della spiegazione iniziale; esclude semplice gradimento dello strumento	“mi ha aiutato a vedere la moltiplicazione non solo come contenuto da esercitare, ma come concetto da far costruire”; “Mi sento più sicura con l’uso del digitale...”

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

L’associazione dei codici ai fattori latenti è stata costruita, anche in questo caso, secondo un criterio interpretativo rigoroso e non impressionistico. Ogni codice è stato ricondotto a un fattore soltanto quando il testo offriva una base teoricamente solida e sufficientemente esplicita per attribuire al docente quella specifica dimensione professionale.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi di apprendimento, discussione di strategie alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di indagine. In questa intervista il fattore emerge in modo chiaro attraverso CD4 e CD5. CD4 documenta la presenza di domande che orientano la riflessione non solo sul risultato ma sul processo usato per ottenerlo; CD5 mostra invece che il confronto tra pari e la discussione finale non sono elementi accessori, ma strutturali nella costruzione del significato della moltiplicazione.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, confronto di esiti, prova di configurazioni e costruzione di compiti che permettono di esplorare relazioni. In questa intervista esso è osservabile attraverso CD2 e CD3. CD2 mostra la costruzione della moltiplicazione come schema di gruppi uguali; CD3 documenta la richiesta di esplorare configurazioni equivalenti e rappresentazioni multiple dello stesso totale. In entrambi i casi il docente costruisce un ambiente in cui il concetto emerge da prove, confronti e relazioni.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, porre domande profonde, mantenere vivo l’interesse e strutturare problemi che sostengano il ragionamento. In questa intervista esso è sostenuto da CD4. Le domande “Come hai fatto a sapere che fanno 15?” e “Secondo te cambia

qualcosa se giri i gruppi?” non sono domande di controllo, ma atti di mediazione che attivano previsione, confronto e riflessione sulla struttura dell’operazione.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la capacità del docente di collegare il contenuto disciplinare a situazioni di vita quotidiana e a contesti reali riconoscibili. In questa intervista la dimensione è fortemente sostenuta da CD6. I riferimenti a sacchetti di caramelle, sedie in file, biscotti, bottiglie e cassette uguali non hanno funzione ornamentale, ma costruiscono l’ancoraggio concreto e quotidiano del significato della moltiplicazione.

Il fattore Teachers’ Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, comprendendo progettazione pedagogica del setting digitale, uso riflessivo degli strumenti, integrazione intenzionale del digitale nella didattica e consapevolezza del suo valore formativo. In questa intervista il fattore emerge con chiarezza attraverso CD1 e CD8. CD1 documenta la progettazione della simulazione dentro una sequenza didattica progressiva e intenzionale; CD8 mostra la regolazione delle difficoltà concettuali attraverso un uso pedagogicamente guidato del setting digitale. Si è scelto di non caricare ulteriormente CD9 su TPDC, per evitare di gonfiare artificialmente il peso del fattore e per mantenere distinta la riflessione professionale generale dal costrutto specifico della competenza digitale professionale.

Il fattore Teachers’ Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità del docente di creare, adattare o sviluppare contenuti digitali per la didattica. In questa intervista tale dimensione non è stata considerata osservabile. La docente utilizza in modo competente una simulazione già predisposta, ma il testo non documenta alcuna attività di creazione o adattamento di contenuti digitali propri. L’uso maturo di PhET rientra dunque in TPDC, ma non è sufficiente a fondare TDCD.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate. In questa intervista il fattore emerge in modo robusto attraverso CD2, CD3 e CD4. CD2 documenta la costruzione della moltiplicazione come struttura concettuale; CD3 evidenzia la consapevolezza del valore delle rappresentazioni multiple e delle configurazioni equivalenti; CD4 mostra una strategia didattica fondata su prove, confronti, domande e verbalizzazione. Nel loro insieme, questi codici restituiscono una solida conoscenza del docente rispetto a modalità attive di costruzione del significato matematico.

Il fattore Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare attività efficaci e di migliorare la propria pratica professionale. In questa intervista il fattore è sostenuto da CD9. La

docente dichiara infatti di sentirsi più sicura nell'uso del digitale per visualizzare idee matematiche e nel lasciare più spazio alle strategie degli alunni, mostrando una crescita di fiducia nella propria capacità di progettazione.

È importante precisare che CD7, pur essendo un codice qualitativamente rilevante, non viene ricondotto a un fattore latente specifico. Esso documenta un effetto importante della struttura didattica in termini di accessibilità e sicurezza per gli alunni che vivono la matematica con più fatica, ma non coincide direttamente con uno dei costrutti del questionario. La sua esclusione dalla quantizzazione finale non ne riduce il valore interpretativo, ma riflette la necessità di mantenere coerenza tra analisi tematica e fattori quantitativi.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.69 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell'Intervista 9

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
CD1					✓			
CD2		✓					✓	
CD3		✓					✓	
CD4	✓		✓				✓	
CD5	✓							
CD6				✓				
CD7								
CD8					✓			
CD9								✓

Risultano osservabili sette fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Asking, Relation with Daily Life, TPDC, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non risulta invece osservabile TDCD.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere il profilo dell'Intervista 9 comparabile con gli altri casi del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti, contando soltanto le associazioni forti e teoricamente giustificate. Tutti e nove i codici risultano presenti nel testo, ma non tutti vengono convertiti in evidenze fattoriali.

La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell'intervista è la seguente. Nella risposta 1 compaiono CD1, CD2 e CD6. Nella risposta 2 compaiono CD2 e CD3. Nella risposta 3 compaiono CD3 e CD4. Nella risposta 4 compaiono CD4 e CD5. Nella risposta 5 compaiono CD6 e CD7. Nella risposta 6 compare CD8. Nella risposta 7 compare CD9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale è la seguente.

Tabella 7.70 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell'Intervista 9

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	2	16,7%
Investigate and Creation	2	16,7%
Asking	1	8,3%
Relation with Daily Life	1	8,3%
TPDC	2	16,7%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	3	25,0%
Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	8,3%

Il totale delle evidenze è pari a 12. La distribuzione percentuale mostra una configurazione equilibrata, ma con una prevalenza della dimensione Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, che raggiunge il 25,0% delle evidenze complessive. Questo dato è pienamente coerente con la struttura dell'attività, fondata sulla costruzione del concetto di moltiplicazione come schema di gruppi uguali, sul confronto tra configurazioni equivalenti e sulla comprensione di rappresentazioni diverse dello stesso totale. TPDC, Investigate and Creation e Discussion and Reflection seguono con uguale peso relativo, confermando che la pratica descritta integra progettazione intenzionale del digitale, esplorazione di raggruppamenti e riflessione condivisa sui procedimenti. Le restanti dimensioni risultano presenti in misura minore, ma contribuiscono comunque a definire un quadro didattico articolato, in cui sono riconoscibili domande generative, ancoraggio alla quotidianità e crescita della sicurezza professionale della docente. TDCD non è osservabile.

Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

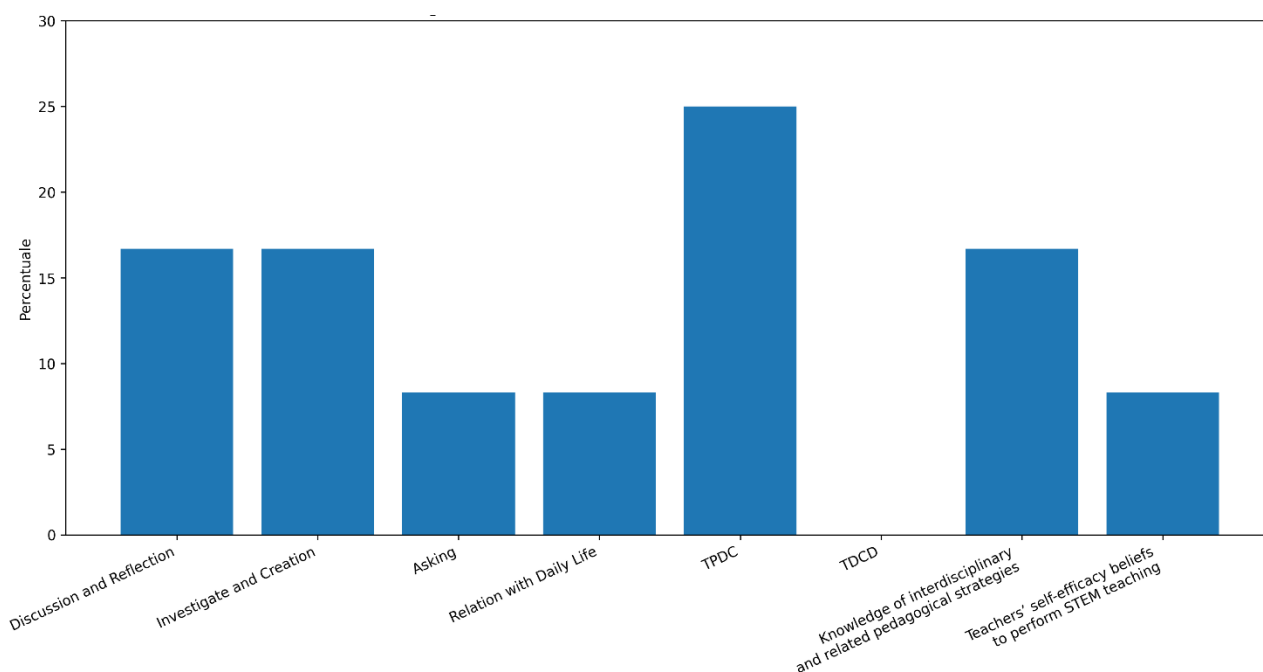
Per rendere più immediatamente leggibile il profilo del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, analoghe a quelle predisposte per le interviste precedenti. Anche in questo caso, i grafici non svolgono una funzione puramente illustrativa, ma interpretativa, poiché consentono di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

Nel caso dell'Intervista 9, l'istogramma rende evidente la prevalenza di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies. Tale risultato conferma che il cuore dell'attività non risiede primariamente nella semplice presenza della tecnologia, ma nella costruzione concettuale della moltiplicazione come struttura di gruppi uguali e nel confronto tra configurazioni equivalenti. La docente non propone infatti la moltiplicazione come sequenza da memorizzare, ma come concetto da costruire progressivamente attraverso configurazioni, prove, osservazione e verbalizzazione.

La presenza significativa e bilanciata di TPDC, Investigate and Creation e Discussion and Reflection mostra che l'attività è sostenuta da una progettazione digitale consapevole, da un impianto di esplorazione attiva e da uno spazio strutturato di confronto delle strategie. In particolare, il digitale assume qui un ruolo importante come ambiente di visualizzazione di idee matematiche, ma resta integrato entro un impianto metodologico più ampio, che comprende supporti concreti, esempi quotidiani e verbalizzazione finale.

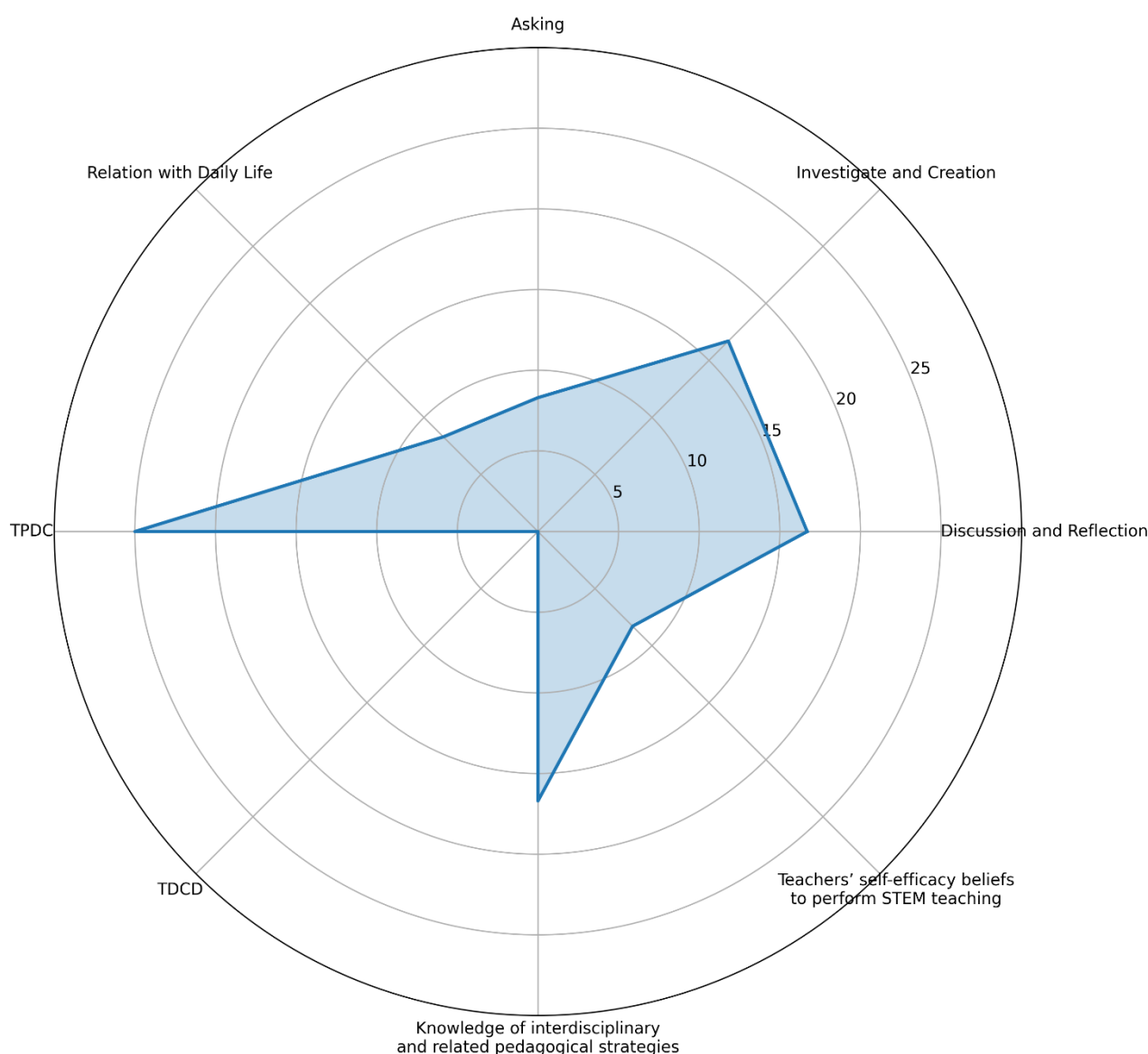
Più contenute, ma comunque presenti, risultano Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy. Asking compare nelle domande generative che accompagnano il confronto fra configurazioni; Relation with Daily Life ancora la moltiplicazione a situazioni reali riconoscibili dai bambini; self-efficacy emerge nella riflessione professionale finale della docente. L'assenza di TDCE va letta come un dato metodologicamente coerente, poiché la docente utilizza una piattaforma predisposta senza sviluppare contenuti digitali propri.

Figura 7.17 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 9



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 9. I dati evidenziano la predominanza di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, pari al 25,0%, seguita da Discussion and Reflection, Investigate and Creation e Teachers' Professional Digital Competence, tutte pari al 16,7%. Asking, Relation with Daily Life e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con l'8,3%. TDCD non emerge in forma esplicita nel testo e pertanto non risulta osservabile.

Figura 7.18 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 9



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 9. Il profilo evidenzia una prevalenza della dimensione Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, che costituisce il baricentro del caso, mostrando una didattica della moltiplicazione centrata sulla costruzione del concetto di gruppi uguali e sul confronto tra rappresentazioni equivalenti. Discussion and Reflection, Investigate and Creation e TPDC risultano presenti con intensità intermedia, mentre Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy assumono un peso più contenuto. TDCD non contribuisce al profilo poiché non risulta osservabile nel testo.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.71 Sintesi dell'Intervista 9

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Classe terza della scuola primaria, percorso di consolidamento della moltiplicazione come gruppi uguali
Obiettivo dichiarato	Comprendere la moltiplicazione come ripetizione di una stessa quantità in gruppi equivalenti, oltre la sola memorizzazione delle tabelline
Struttura dell'attività	Esempi quotidiani iniziali, supporti concreti, simulazione PhET alla LIM, esplorazione di configurazioni, discussione finale
Mediazioni utilizzate	Caramelle, sedie in file, tappi, cubetti, biscotti, bottiglie, cassette, simulazione PhET
Logica del compito	Costruzione di raggruppamenti, confronto tra configurazioni equivalenti, verbalizzazione dei processi, riflessione sulle strategie
Organizzazione sociale	Discussione tra pari, confronto di procedure, verbalizzazione alla classe, interventi del docente di chiarificazione concettuale
Ruolo della docente	Progettazione intenzionale del setting, mediazione tra concreto e digitale, guida alla riflessione concettuale, chiarificazione di difficoltà strutturali
Fattore latente prevalente	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies
Fattori latenti presenti con rilievo intermedio	Discussion and Reflection; Investigate and Creation; TPDC
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Asking; Relation with Daily Life; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	TD CD
Trasformazione professionale emergente	La docente rilegge il digitale come strumento per visualizzare idee matematiche e costruire concetti, non solo per esercitarsi
Elemento qualificante del caso	Costruzione del significato della moltiplicazione attraverso gruppi uguali, configurazioni equivalenti e confronto di strategie
Limite interpretativo principale	Assenza di creazione o adattamento di contenuti digitali da parte della docente, che rende non osservabile TD CD
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di didattica della moltiplicazione centrata sulla costruzione del concetto, sulla riflessione condivisa e sulla mediazione concreta-digitale

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 9 restituisce il profilo di una pratica didattica fortemente orientata alla costruzione del significato della moltiplicazione attraverso l'integrazione tra esempi quotidiani, supporti concreti, simulazione digitale e verbalizzazione delle strategie. L'elemento più rilevante, in questo caso, non è tanto la sola progettazione del setting digitale quanto la centralità della costruzione concettuale. La prevalenza del fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies segnala infatti che il cuore dell'esperienza consiste nel far emergere il significato matematico della moltiplicazione come organizzazione di quantità in gruppi uguali e nel sostenere il riconoscimento di configurazioni equivalenti.

Allo stesso tempo, risultano solide anche le dimensioni TPDC, Investigate and Creation e Discussion and Reflection. La docente usa il digitale per visualizzare idee matematiche, guidare l'osservazione e accompagnare il chiarimento di difficoltà concettuali specifiche. I bambini sono chiamati a esplorare, confrontare, spiegare e ristrutturare il proprio ragionamento, e non semplicemente a produrre una risposta corretta. La presenza del fattore Discussion and Reflection conferma inoltre che la verbalizzazione dei processi e il confronto tra pari svolgono una funzione strutturale, non accessoria, nella costruzione del concetto.

L'attività mostra anche una buona capacità inclusiva. Gli alunni che vivono la matematica con maggiore fatica accedono più facilmente al compito perché possono partire da gruppi visibili, da contesti quotidiani e da rappresentazioni concrete, invece che da simboli astratti o dalla memorizzazione immediata delle tabelline. Il collegamento con la vita quotidiana non costituisce un semplice sfondo motivazionale, ma una vera leva di comprensione.

Sul piano professionale, la docente esplicita un cambiamento significativo nel proprio modo di pensare la moltiplicazione e il ruolo del digitale. Il contenuto non è più visto soltanto come esercizio da consolidare, ma come concetto da costruire. Il digitale, a sua volta, non è più considerato solo strumento di rinforzo, ma spazio di esplorazione disciplinare e di visualizzazione di idee matematiche. Per queste ragioni, il caso si configura come un esempio particolarmente significativo di didattica della moltiplicazione centrata sulla costruzione del concetto, sulla riflessione condivisa e sulla mediazione concreta-digitale.

7.5.10 Intervista 10

La decima intervista (allegato 15 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata in una classe quarta della scuola primaria, nell'ambito di un percorso di consolidamento del concetto di

frazione, con riferimento alla suddivisione del tutto in parti uguali e al confronto tra frazioni. L'attività si sviluppa a partire da situazioni legate all'esperienza quotidiana degli studenti ed è organizzata in più momenti.

In una prima fase viene avviata una conversazione iniziale relativa a situazioni di divisione di oggetti in parti uguali, come nel caso di alimenti condivisi. Successivamente viene introdotta una simulazione digitale utilizzata alla LIM e su tablet, attraverso la quale è possibile suddividere figure e osservare le parti ottenute. L'attività prosegue con lo svolgimento di consegne operative e si conclude con una discussione collettiva. Dal punto di vista degli strumenti, l'attività prevede l'utilizzo della simulazione PhET, affiancata inizialmente da materiali concreti e rappresentazioni grafiche, come disegni su cartoncino. All'interno della simulazione, gli studenti operano dividendo figure in parti uguali, selezionando porzioni e osservando la rappresentazione delle frazioni corrispondenti. Nel corso dell'attività vengono proposte consegne che richiedono la suddivisione di un intero in parti uguali, la rappresentazione di frazioni specifiche e il confronto tra diverse frazioni. Le attività includono momenti di osservazione, costruzione di rappresentazioni e verifica attraverso l'interazione con lo strumento digitale. L'organizzazione del lavoro prevede momenti di interazione collettiva e fasi di confronto tra pari, durante le quali gli studenti discutono le rappresentazioni ottenute e partecipano alla presentazione delle soluzioni. Il lavoro include momenti di verbalizzazione delle procedure adottate e di confronto tra diverse modalità di rappresentazione della stessa quantità.

L'attività si sviluppa quindi attraverso l'integrazione di situazioni concrete, rappresentazioni grafiche e simulazione digitale, inseriti in una sequenza che comprende introduzione contestualizzata, dimostrazione, attività operativa e discussione finale, all'interno di un'organizzazione che alterna momenti collettivi e di confronto tra pari.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 10 è stata costruita, analogamente ai casi precedenti, attraverso tre letture indipendenti del testo. Tale scelta metodologica è stata adottata per rendere esplicita la pluralità degli accessi interpretativi a un caso che intreccia in modo particolarmente significativo contesti quotidiani, supporti iconici, simulazione digitale e costruzione del significato della frazione.

Il primo ricercatore ha adottato una prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale, concentrandosi soprattutto sulla contestualizzazione concreta dell'esperienza, sulla progettazione sequenziale dell'attività, sulla mediazione concreta-digitale, sulla costruzione del concetto di frazione come relazione parte-tutto, sul confronto tra rappresentazioni e sulla verbalizzazione collettiva dei processi. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha

privilegiato una lettura focalizzata sui processi di previsione, verifica, confronto di equivalenze, superamento della lettura meccanica della scrittura frazionaria e chiarificazione del rapporto tra rappresentazione visiva e notazione simbolica. Il terzo ricercatore ha infine adottato una prospettiva professionale, leggendo il testo in termini di progettazione del setting digitale, integrazione pedagogica di PhET, regolazione dei ritmi di apprendimento, differenziazione delle consegne e ridefinizione del ruolo del digitale nella pratica della docente.

La triangolazione si è articolata in quattro passaggi. In una prima fase ciascun ricercatore ha elaborato in autonomia un proprio codebook provvisorio, corredando ogni codice di etichetta concettuale, definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In una seconda fase i tre codebook sono stati messi a confronto per verificare se categorie diversamente denominate corrispondessero in realtà agli stessi nuclei di significato. In un terzo passaggio, tali nuclei sono stati stabilizzati in un codebook definitivo, distinguendo tra convergenze piene e differenze dovute soltanto alla diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa, applicando una lettura verticale rigorosa.

Quest'ultimo passaggio è particolarmente importante in questa intervista, perché il testo documenta con chiarezza una competenza della docente nell'integrare e regolare l'uso di PhET in modo pedagogicamente fondato, ma non offre basi sufficientemente solide per attribuire TDCD. La docente utilizza la simulazione come ambiente di visualizzazione e confronto concettuale, ma non dichiara né di avere creato né di avere adattato contenuti digitali propri.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.72 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Contestualizzazione concreta della frazione	La docente introduce il concetto di frazione a partire da situazioni quotidiane nelle quali un intero viene suddiviso in parti uguali	Include pizza, torta, cioccolato e altre situazioni di divisione dell'intero; esclude richiami generici alla realtà	“divisione di una pizza, di una torta o di una tavoletta di cioccolato tra amici”	“Ho progettato l'esperienza partendo da un contesto molto vicino ai bambini, cioè la divisione di una pizza, di una torta o di una tavoletta di cioccolato tra amici”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-B	Progettazione sequenziale dell'attività	L'attività è organizzata in momenti progressivi, dalla conversazione iniziale alla dimostrazione alla LIM fino alla riflessione collettiva	Include scansione esplicita in fasi e forte guida della docente; esclude uso episodico della simulazione non integrato in una sequenza didattica	“quattro momenti”, “conversazione iniziale”, “fase dimostrativa alla LIM”, “riflessione collettiva”	“Ho organizzato l'attività in quattro momenti: una conversazione iniziale... una fase dimostrativa alla LIM... e infine una riflessione collettiva”
R1-C	Costruzione del concetto di frazione come relazione parte-tutto	La docente orienta il lavoro alla comprensione della frazione come relazione tra intero e parti uguali, oltre la sola scrittura simbolica	Include metà, terzi, quarti, relazione tra tutto e parti; esclude memorizzazione meccanica della notazione	“la frazione non è solo un numero scritto in un certo modo, ma una relazione tra il tutto e le sue parti”	“L'obiettivo era far capire che la frazione non è solo un numero scritto in un certo modo, ma una relazione tra il tutto e le sue parti”
R1-D	Confronto tra rappresentazioni ed equivalenze	L'attività porta i bambini a confrontare frazioni differenti e a riconoscere quantità equivalenti rappresentate in modi diversi	Include $\frac{1}{2}$ e $\frac{2}{4}$, richieste di mostrare la stessa quantità in modi differenti; esclude confronto isolato non approfondito	“un mezzo e due quarti”, “mostra la stessa quantità in modi diversi”	“Alcuni bambini hanno scoperto da soli che frazioni apparentemente diverse potevano rappresentare la stessa quantità, per esempio un mezzo e due quarti”
R1-E	Verbalizzazione e confronto delle strategie	I bambini discutono tra loro e con la classe i procedimenti usati per confrontare e interpretare frazioni diverse	Include disaccordo tra alunni, verifica, spiegazione alla classe e riflessione sui processi; esclude comunicazione del solo esito corretto	“erano costretti a verificare e spiegare”, “ha reso visibili i processi e i dubbi”	“Questo momento è stato molto utile per la riflessione, perché ha reso visibili i processi e i dubbi emersi durante il lavoro”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-F	Inclusione come accesso visivo e concreto al concetto	Gli alunni che incontrano difficoltà con numeratore e denominatore riescono a comprendere meglio grazie alla rappresentazione grafica e dinamica	Include riferimenti a bambini che confondono numeratore e denominatore e migliorano grazie all'immagine; esclude inclusione genericamente dichiarata	“sono riusciti a spiegare la differenza partendo dall'immagine”	“Alcuni bambini che di solito confondono numeratore e denominatore sono riusciti a spiegare la differenza partendo dall'immagine”
R1-G	Difficoltà di lettura meccanica della frazione	La docente rileva la tendenza di alcuni alunni a concentrarsi sulla forma scritta e non sull'immagine, intervenendo per riorientare il ragionamento	Include risposte meccaniche basate sui numeri scritti e richiamo all'osservazione; esclude difficoltà organizzative	“guardare soprattutto i numeri scritti e non l'immagine”	“La difficoltà principale è stata che alcuni bambini continuavano a guardare soprattutto i numeri scritti e non l'immagine...”
R1-H	Trasformazione professionale della docente	La docente rilegge la frazione come concetto da far emergere dall'osservazione e non come contenuto da spiegare e poi applicare	Include cambiamento metodologico e valorizzazione del digitale per visualizzare concetti astratti; esclude semplice gradimento dello strumento	“Prima tendevo a spiegare la frazione e poi a farla applicare; adesso cerco di farla emergere dall'osservazione”	“La formazione mi ha aiutato a capire che il digitale può essere molto utile per visualizzare concetti che sul quaderno restano troppo astratti”

Tabella 7.73 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (prospettiva scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Comprensione della frazione come struttura parte-tutto	La docente guida la comprensione della frazione come relazione tra intero e parti uguali,	Include relazione parte-tutto, metà, terzi, quarti; esclude memorizzazione meccanica di	“relazione tra il tutto e le sue parti”	“L'obiettivo era far capire che la frazione non è solo un numero scritto in un certo modo, ma una

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		superando la lettura puramente simbolica	numeratore e denominatore		relazione tra il tutto e le sue parti”
R2-B	Confronto ed equivalenza frazionaria	I bambini esplorano il fatto che frazioni apparentemente diverse possono rappresentare la stessa quantità e che il confronto richiede osservazione e ragionamento	Include $1/2$ e $2/4$, rappresentazioni diverse della stessa quantità; esclude confronto puramente verbale non verificato	“un mezzo e due quarti”, “stessa quantità in modi diversi”	“Questo è stato un passaggio importante, perché non è nato da una regola spiegata da me, ma dall’osservazione e dal confronto tra rappresentazioni”
R2-C	Previsione e verifica visiva	La docente chiede agli alunni di formulare un’ipotesi prima dell’azione e poi di verificarla nella simulazione	Include domande previsionali e controllo visivo nella simulazione; esclude sola osservazione finale senza ipotesi iniziale	“Secondo te è più grande un mezzo o due quarti?”, “Poi verificavano nella simulazione”	“In alcuni casi chiedevo di fare una previsione prima... Poi verificavano nella simulazione”
R2-D	Domande generative sul significato della scrittura frazionaria	Le domande della docente orientano l’attenzione al senso di numeratore e denominatore, evitando una lettura puramente formale	Include domande sul numero sopra e sul numero sotto, sul confronto e sul significato; esclude domande di controllo mnemonico	“Conta di più il numero sopra o il numero sotto?”	“Io facevo domande come... ‘Conta di più il numero sopra o il numero sotto?’”
R2-E	Verbalizzazione del processo di confronto	La docente sollecita spiegazione non solo del risultato ma del modo in cui la conclusione viene raggiunta	Include spiegazione del processo, dei dubbi e delle verifiche; esclude comunicazione della sola risposta corretta	“ha reso visibili i processi e i dubbi”	“Questo momento è stato molto utile per la riflessione, perché ha reso visibili i processi e i dubbi emersi durante il lavoro”
R2-F	Motivazione e coinvolgimento cognitivo	L’esperienza suscita partecipazione elevata perché le frazioni	Include interesse e significatività	“I bambini hanno	“I bambini hanno partecipato con molto interesse perché il

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		vengono ancorate a oggetti e situazioni comprensibili	cognitiva; esclude gradimento generico	partecipato con molto interesse”	collegamento con la pizza, la torta e il cioccolato era immediato”
R2-G	Chiarificazione della lettura meccanica dei simboli	La docente interviene per spostare l'attenzione dai numeri scritti all'immagine, contrastando risposte automatiche	Include fermarsi e spiegare cosa si vede, non solo cosa si legge; esclude difficoltà organizzative	“spiegare cosa vedevano, non solo cosa leggevano”	“In questi casi li ho invitati a fermarsi e a spiegare cosa vedevano, non solo cosa leggevano”
R2-H	Costruzione graduale del concetto di equivalenza	La docente fa emergere l'equivalenza frazionaria come scoperta progressiva, non come regola trasmessa in anticipo	Include equivalenza costruita attraverso osservazione e confronto; esclude presentazione frontale della regola	“non è nato da una regola spiegata da me”	“Questo è stato un passaggio importante, perché non è nato da una regola spiegata da me, ma dall'osservazione...”

Tabella 7.74 – Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (prospettiva competenze professionali e digitale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	Progettazione del setting digitale	La docente colloca PhET dentro una sequenza intenzionale, articolata fra richiamo concreto, dimostrazione, consegne e riflessione	Include simulazione alla LIM e su tablet come ambiente guidato; esclude uso marginale o finale del digitale	“simulazione PhET su tablet e alla LIM”, “fase dimostrativa”	“Ho utilizzato la simulazione PhET su tablet e alla LIM”
R3-B	Integrazione tra iconico, concreto e digitale	La docente costruisce continuità fra cartoncini,	Include pizze e torte su cartoncino, immagini familiari e PhET; esclude uso del digitale	“disegni di pizze e torte su cartoncino”	“In un primo momento ho fatto un richiamo con materiali semplici, per esempio disegni di

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		immagini familiari e ambiente digitale per sostenere la comprensione delle frazioni	sganciato dall'esperienza		pizze e torte su cartoncino..."
R3-C	Uso del digitale per visualizzare concetti astratti	La simulazione è usata come ambiente per rendere visibile la relazione parte-tutto, il confronto e l'equivalenza frazionaria	Include divisione in parti uguali, confronto di frazioni e rappresentazione dinamica; esclude uso del digitale come rinforzo meccanico	"dividere figure in parti uguali", "vedere subito la frazione corrispondente"	"Ho scelto PhET perché consente di dividere figure in parti uguali, modificare la rappresentazione e vedere subito la frazione corrispondente"
R3-D	Regolazione dei ritmi e differenziazione delle consegne	La docente organizza consegne aggiuntive e regola i tempi in base ai diversi ritmi di apprendimento	Include compiti aggiuntivi per chi procede più velocemente e riflessione su tempi e scheda di accompagnamento; esclude difficoltà solo concettuali	"preparando consegne aggiuntive", "organizzerei meglio i tempi"	"Ho gestito la situazione preparando consegne aggiuntive per chi procedeva più velocemente..."
R3-E	Inclusione didattica	Il supporto visivo e dinamico consente un accesso più efficace al compito anche agli alunni in difficoltà	Include chiarimento di numeratore e denominatore attraverso l'immagine; esclude inclusione genericamente dichiarata	"supporto visivo della simulazione aiutava a capire meglio"	"Il supporto visivo della simulazione aiutava a capire meglio"
R3-F	Valorizzazione del digitale come mediazione concettuale	La docente rilegge il digitale come strumento per visualizzare idee astratte e far	Include ridefinizione del ruolo del digitale; esclude semplice motivazione	"il digitale può essere molto utile per visualizzare concetti che sul quaderno	"La formazione mi ha aiutato a capire che il digitale può essere molto utile per visualizzare concetti

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		emergere il concetto, non solo per applicare regole		restano troppo astratti”	che sul quaderno restano troppo astratti”
R3-G	Ridefinizione delle pratiche abituali	La docente modifica il proprio modo abituale di insegnare le frazioni, spostandosi da spiegazione-applicazione a osservazione-emersione del concetto	Include confronto esplicito col passato; esclude semplice descrizione dell'attività attuale	“Prima tendevo a spiegare la frazione e poi a farla applicare; adesso cerco di farla emergere dall'osservazione”	“Prima tendevo a spiegare la frazione e poi a farla applicare...”
R3-H	Trasferibilità futura del metodo	La docente riconosce la spendibilità futura dell'approccio basato su osservazione, confronto e visualizzazione	Include intenzione implicita di mantenere l'approccio; esclude gradimento generico non trasferibile	“adesso cerco di farla emergere dall'osservazione”	“Adesso cerco di farla emergere dall'osservazione”

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Dal confronto tra le tre letture indipendenti emergono dieci nuclei principali: contestualizzazione concreta, progettazione sequenziale dell'attività, mediazione concreta-digitale, costruzione del concetto di frazione come relazione parte-tutto, confronto tra frazioni ed equivalenze, confronto e verbalizzazione delle strategie, domande generative, inclusione degli alunni con difficoltà, regolazione delle difficoltà di apprendimento, trasformazione professionale e ridefinizione del ruolo del digitale. Nove di questi nuclei compaiono in modo pienamente convergente nelle tre letture; il nucleo relativo alla tendenza di alcuni alunni a leggere la frazione in modo meccanico, concentrandosi sui numeri scritti più che sull'immagine, risulta esplicitato in modo più netto nella lettura socio-costruttivista e in quella scientifica, mentre nella terza lettura tende a essere assorbito nella più ampia esigenza di scaffolding e mediazione visiva.

Ne deriva una convergenza elevata, con un disaccordo residuo che riguarda soprattutto la granularità della codifica e non il contenuto sostanziale delle categorie. Questa configurazione conferma una lettura stabile del caso: il concetto matematico non viene proposto come nozione da memorizzare, ma come relazione da costruire progressivamente attraverso osservazione, confronto di rappresentazioni, verifica di equivalenze e verbalizzazione collettiva dei processi. Il digitale, nello stesso tempo, appare pienamente integrato dentro un impianto didattico consapevole e non accessorio.

Tabella 7.75 – Convergenze tra i tre codebook provvisori dell’Intervista 10

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Contestualizzazione concreta della frazione	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Progettazione sequenziale dell’attività	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Mediazione concreta-digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Costruzione del concetto di frazione come relazione parte-tutto	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Confronto tra frazioni ed equivalenze	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Confronto e verbalizzazione delle strategie	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Domande generative e previsione	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Inclusione degli alunni con difficoltà	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Regolazione delle difficoltà di apprendimento	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Trasformazione professionale e ridefinizione del ruolo del digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

La triangolazione ha quindi consentito di costruire un codebook definitivo semanticamente stabile e coerente con i fattori latenti del questionario. Il caso mostra con particolare nettezza come la comprensione delle frazioni sia sostenuta dall’intreccio tra contesti quotidiani, visualizzazione digitale, confronto di equivalenze e riflessione condivisa.

Codebook definitivo

Tabella 7.76 – Codebook definitivo dell’Intervista 10

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
CD1	Progettazione sequenziale e mediazione concreta-digitale	Attività organizzata in momenti progressivi che partono da contesti quotidiani, passano per materiali iconici e simulazione digitale e si concludono con riflessione collettiva	Include conversazione iniziale, dimostrazione alla LIM, uso di cartoncini e discussione finale; esclude attività prive di scansione didattica esplicita	“Ho organizzato l’attività in quattro momenti: una conversazione iniziale... una fase dimostrativa alla LIM... e infine una riflessione collettiva”; “Ho utilizzato la simulazione PhET su tablet e alla LIM”
CD2	Costruzione del concetto di frazione come relazione parte-tutto	Comprensione della frazione come relazione tra l’intero e le sue parti uguali, oltre la sola notazione simbolica	Include riferimenti a metà, terzi, quarti e relazione tra tutto e parti; esclude memorizzazione meccanica della scrittura frazionaria	“la frazione non è solo un numero scritto in un certo modo, ma una relazione tra il tutto e le sue parti”
CD3	Esplorazione di confronti ed equivalenze frazionarie	Attività che portano gli alunni a confrontare frazioni diverse e a riconoscere quantità equivalenti rappresentate in modi differenti	Include esempi come un mezzo e due quarti e richieste di mostrare lo stesso valore in modi diversi; esclude confronto isolato non approfondito	“mostra tre quarti”, “confronta un mezzo e due quarti”, “trova un modo diverso di rappresentare la stessa quantità”
CD4	Compito investigativo con previsione, verifica e verbalizzazione	Costruzione del concetto attraverso ipotesi, verifica nella simulazione e spiegazione dei processi seguiti	Include domande previsionali, controllo nella simulazione e verbalizzazione del ragionamento; esclude esecuzione senza riflessione	“Secondo te è più grande un mezzo o due quarti?”; “Poi verificavano nella simulazione”; “Questo è stato un passaggio importante...”
CD5	Interazione cooperativa e discussione delle strategie	Confronto tra pari e discussione collettiva finalizzati a rendere visibili processi, dubbi e strategie di soluzione	Include disaccordo tra alunni, verifica e spiegazione alla classe; esclude lavoro individuale senza condivisione	“Spesso uno sosteneva che una frazione fosse più grande e l’altro non era d’accordo, quindi erano costretti a verificare e spiegare”; “Questo momento è

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
				stato molto utile per la riflessione...”
CD6	Connessione con la vita quotidiana	Collegamento delle frazioni a situazioni reali e familiari di divisione dell’intero	Include pizza, torta, cioccolato e altri contesti concreti; esclude richiami generici alla realtà	“divisione di una pizza, di una torta o di una tavoletta di cioccolato tra amici”; “spartire una torta in famiglia”
CD7	Inclusione come accesso visivo e concreto al concetto	Partecipazione più efficace degli alunni con difficoltà grazie alla rappresentazione grafica e dinamica della frazione	Include riferimenti a bambini che confondono numeratore e denominatore e migliorano attraverso l’immagine; esclude inclusione genericamente dichiarata	“Alcuni bambini che di solito confondono numeratore e denominatore sono riusciti a spiegare la differenza partendo dall’immagine”
CD8	Regolazione delle difficoltà di lettura simbolica e dei ritmi di apprendimento	Interventi del docente per contrastare risposte meccaniche e differenziare le consegne in base ai ritmi di lavoro	Include richiamo all’osservazione dell’immagine, consegne aggiuntive e organizzazione dei tempi; esclude difficoltà non connesse al processo cognitivo	“li ho invitati a fermarsi e a spiegare cosa vedevano, non solo cosa leggevano”; “preparando consegne aggiuntive per chi procedeva più velocemente”
CD9	Trasformazione professionale e valorizzazione del digitale per far emergere concetti	Riflessione della docente sul passaggio da una didattica centrata su spiegazione e applicazione a una didattica fondata su osservazione, visualizzazione ed emersione del concetto	Include ridefinizione metodologica e riconoscimento del valore del digitale per visualizzare idee astratte; esclude semplice gradimento dello strumento	“La formazione mi ha aiutato a capire che il digitale può essere molto utile per visualizzare concetti che sul quaderno restano troppo astratti”; “adesso cerco di farla emergere dall’osservazione”

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

L’associazione dei codici ai fattori latenti è stata costruita, anche in questo caso, secondo un criterio interpretativo rigoroso e non impressionistico. Ogni codice è stato ricondotto a un fattore soltanto

quando il testo offriva una base teoricamente solida e sufficientemente esplicita per attribuire al docente quella specifica dimensione professionale.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi, discussione di soluzioni alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di indagine. In questa intervista il fattore emerge in modo chiaro attraverso CD4 e CD5. CD4 documenta la presenza di previsioni, verifiche e verbalizzazioni che spostano l'attenzione dal risultato al processo. CD5 mostra invece che il confronto tra pari, il disaccordo argomentato e la discussione finale hanno una funzione strutturale nella costruzione del significato della frazione.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, confronto di rappresentazioni, prova di equivalenze e costruzione di compiti che permettono di esplorare relazioni. In questa intervista esso è osservabile attraverso CD3 e CD4. CD3 documenta il lavoro su confronti frazionari ed equivalenze; CD4 mostra la costruzione di un compito nel quale gli alunni formulano ipotesi, verificano visivamente e spiegano i procedimenti.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, porre domande profonde, mantenere vivo l'interesse e strutturare problemi che sostengano il ragionamento. In questa intervista esso è sostenuto da CD4. Le domande "Secondo te è più grande un mezzo o due quarti?" e "Se divido la pizza in otto parti e ne prendo quattro, cosa succede?" non svolgono una funzione di controllo, ma attivano anticipazione, confronto e riflessione sul significato della frazione.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la capacità del docente di collegare il contenuto disciplinare a situazioni di vita quotidiana e a contesti reali riconoscibili. In questa intervista la dimensione è fortemente sostenuta da CD6. I riferimenti a pizza, torta e cioccolato sono espliciti, ricorrenti e strutturali; essi funzionano come contesti di ancoraggio per rendere il concetto di parte-tutto più vicino all'esperienza infantile.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, comprendendo progettazione pedagogica del setting digitale, uso riflessivo degli strumenti, integrazione intenzionale del digitale nella didattica e consapevolezza del suo valore formativo. In questa intervista il fattore emerge con particolare evidenza attraverso CD1, CD8 e CD9. CD1 documenta la progettazione della simulazione dentro una sequenza didattica progressiva e consapevole; CD8 mostra la regolazione delle difficoltà di lettura simbolica e dei diversi ritmi di apprendimento attraverso l'uso guidato del supporto visivo; CD9 testimonia la rielaborazione professionale del ruolo del digitale come strumento per far emergere concetti astratti.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità del docente di creare, adattare o sviluppare contenuti digitali per la didattica. In questa intervista tale dimensione non è stata considerata osservabile. La docente utilizza in modo competente una simulazione già predisposta, ma il testo non documenta alcuna attività di creazione o adattamento di contenuti digitali propri. L'uso maturo di PhET rientra dunque in TPDC, ma non è sufficiente a fondare TDCD.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate. In questa intervista il fattore emerge in modo robusto attraverso CD2, CD3 e CD4. CD2 documenta la costruzione della frazione come relazione parte-tutto; CD3 evidenzia la consapevolezza del valore del confronto tra rappresentazioni e delle equivalenze; CD4 mostra una strategia didattica fondata su previsione, verifica e verbalizzazione. Nel loro insieme, questi codici restituiscono una solida conoscenza del docente rispetto a modalità attive di costruzione del significato frazionario.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare attività efficaci e di migliorare la propria pratica professionale. In questa intervista il fattore è sostenuto da CD9. La docente dichiara infatti di avere modificato il proprio modo di insegnare le frazioni e di usare il digitale con maggiore consapevolezza, mostrando una crescita di fiducia nella propria capacità di progettazione.

È importante precisare che CD7, pur essendo un codice qualitativamente rilevante, non viene ricondotto a un fattore latente specifico. Esso documenta un effetto importante della struttura didattica in termini di accessibilità e chiarificazione per gli alunni che incontrano difficoltà nella lettura simbolica della frazione, ma non coincide direttamente con uno dei costrutti del questionario. La sua esclusione dalla quantizzazione finale non ne riduce il valore interpretativo, ma riflette la necessità di mantenere coerenza tra analisi tematica e fattori quantitativi.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.77 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell’Intervista 10

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
CD1					✓			
CD2							✓	
CD3		✓					✓	
CD4	✓	✓	✓				✓	
CD5	✓							
CD6				✓				
CD7								
CD8					✓			
CD9					✓			✓

Risultano osservabili sette fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Asking, Relation with Daily Life, TPDC, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non risulta invece osservabile TDCD.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere il profilo dell’Intervista 10 comparabile con gli altri casi del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti, contando soltanto le associazioni forti e teoricamente giustificate. Tutti e nove i codici risultano presenti nel testo, ma non tutti vengono convertiti in evidenze fattoriali.

La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell’intervista è la seguente. Nella risposta 1 compaiono CD1, CD2 e CD6. Nella risposta 2 compaiono CD1 e CD3. Nella risposta 3 compaiono CD3 e CD4. Nella risposta 4 compaiono CD4 e CD5. Nella risposta 5 compaiono CD6 e CD7. Nella risposta 6 compare CD8. Nella risposta 7 compare CD9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale è la seguente.

Tabella 7.78 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell’Intervista 10

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	2	15,4%
Investigate and Creation	2	15,4%
Asking	1	7,7%
Relation with Daily Life	1	7,7%
TPDC	3	23,1%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	3	23,1%
Teachers’ self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	7,7%

Il totale delle evidenze è pari a 13. La distribuzione percentuale mostra una configurazione equilibrata, con due fattori prevalenti, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e TPDC, entrambi al 23,1%, seguiti da Investigate and Creation e Discussion and Reflection, entrambe al 15,4%. Questo profilo è coerente con la natura dell’attività: da un lato una forte attenzione alla costruzione concettuale della frazione e delle equivalenze; dall’altro una regia didattica digitale intenzionale, orientata a visualizzare concetti astratti, sostenere il confronto e rendere più accessibile il ragionamento frazionario.

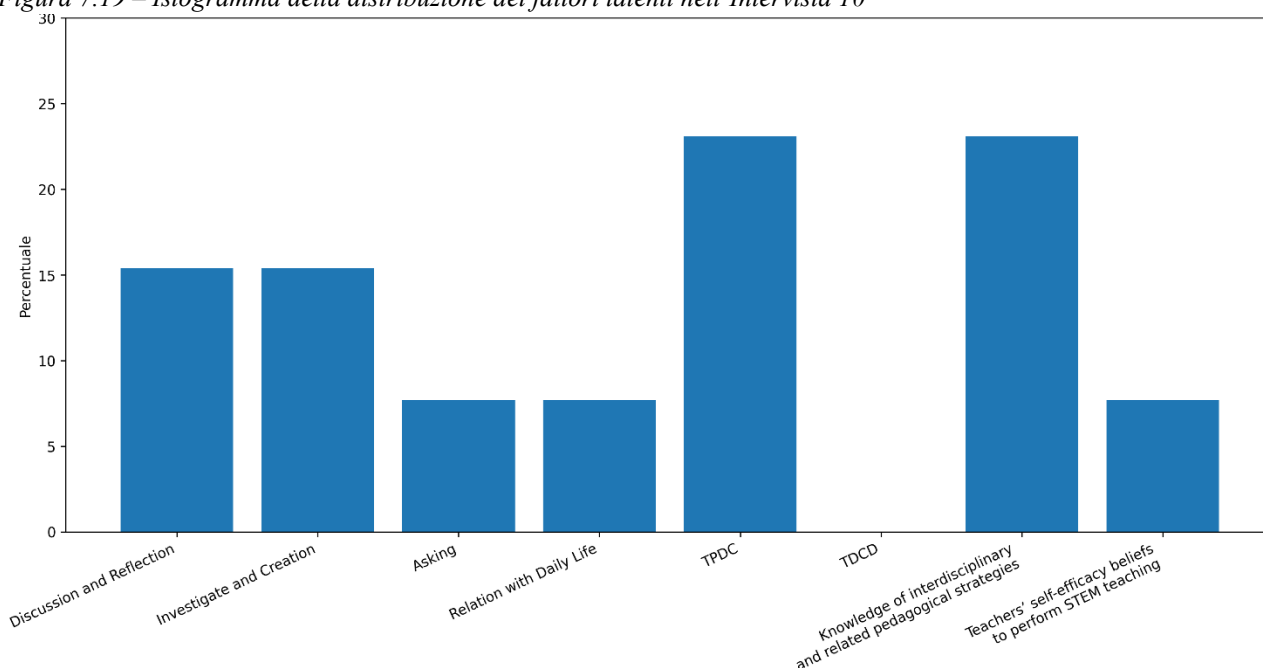
Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

Per rendere più immediatamente leggibile il profilo del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, analoghe a quelle predisposte per le interviste precedenti. Anche in questo caso, i grafici non svolgono una funzione puramente illustrativa, ma interpretativa, poiché consentono di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

Nel caso dell’Intervista 10, l’istogramma evidenzia una configurazione a doppio asse. Da un lato emerge la centralità di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, che segnala il lavoro della docente sulla costruzione del concetto di frazione come relazione parte-tutto, sul confronto tra rappresentazioni e sulla progressiva emersione dell’equivalenza frazionaria. Dall’altro appare con uguale intensità TPDC, che documenta la capacità della docente di usare il digitale come ambiente di visualizzazione concettuale, di regolazione delle difficoltà e di mediazione pedagogica.

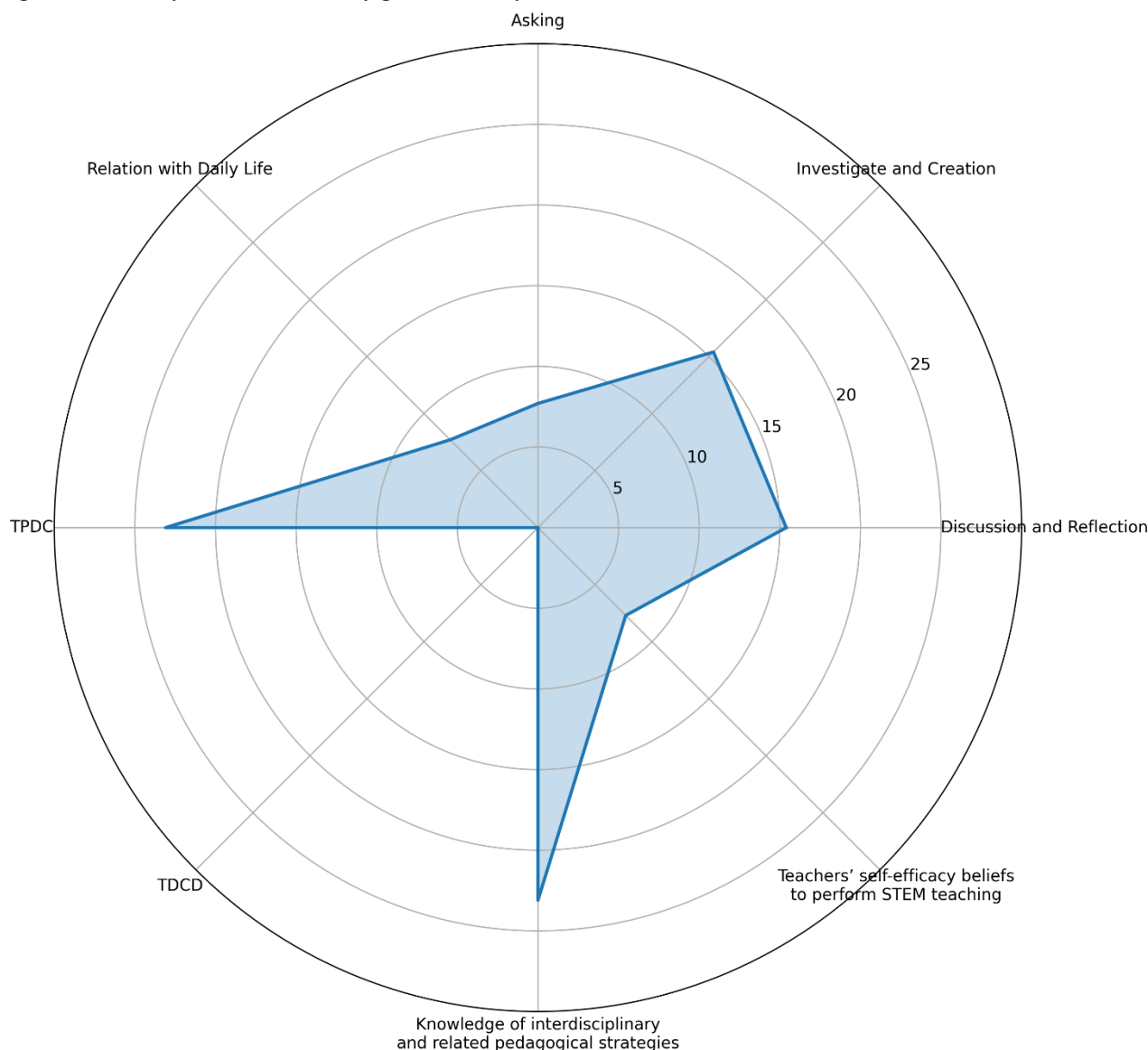
La presenza significativa di Investigate and Creation e Discussion and Reflection mostra che l'attività non è riducibile né a semplice visualizzazione né a puro esercizio. Gli alunni vengono coinvolti in compiti di previsione, verifica e confronto, mentre la discussione tra pari e la riflessione collettiva sui dubbi e sui procedimenti svolgono una funzione strutturale nella costruzione del significato. Più contenute, ma comunque presenti, risultano Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy. Asking compare nelle domande generative che accompagnano il confronto tra frazioni; Relation with Daily Life ancora il concetto a contesti quotidiani immediatamente riconoscibili; self-efficacy emerge nella riflessione professionale finale della docente. L'assenza di TDCD va letta come un dato metodologicamente coerente, poiché la docente utilizza una simulazione predisposta senza sviluppare contenuti digitali propri.

Figura 7.19 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 10



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 10. I dati evidenziano la predominanza di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' Professional Digital Competence, entrambe pari al 23,1%, seguite da Discussion and Reflection e Investigate and Creation, entrambe pari al 15,4%. Asking, Relation with Daily Life e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con il 7,7%. TDCD non emerge in forma esplicita nel testo e pertanto non risulta osservabile.

Figura 7.20 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 10



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 10. Il profilo evidenzia una doppia prevalenza delle dimensioni Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' Professional Digital Competence, mostrando una didattica delle frazioni centrata sia sulla costruzione del concetto sia sulla mediazione digitale intenzionale. Discussion and Reflection e Investigate and Creation risultano presenti con intensità intermedia, mentre Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy assumono un peso più contenuto. TDCD non contribuisce al profilo poiché non risulta osservabile nel testo.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.79– Sintesi dell'Intervista 10

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Classe quarta della scuola primaria, percorso di consolidamento del concetto di frazione
Obiettivo dichiarato	Comprendere la frazione come relazione tra il tutto e le sue parti, oltre la sola scrittura simbolica
Struttura dell'attività	Contesti quotidiani iniziali, supporti iconici, dimostrazione alla LIM, uso di PhET, confronto e riflessione collettiva
Mediazioni utilizzate	Pizza, torta, cioccolato, cartoncini con figure, simulazione PhET su LIM e tablet
Logica del compito	Previsione, confronto tra frazioni, verifica visiva, ricerca di equivalenze, verbalizzazione dei processi
Organizzazione sociale	Confronto tra pari, disaccordo argomentato, verifica nella simulazione, discussione finale
Ruolo della docente	Forte regia pedagogica del setting digitale, ancoraggio al concreto, guida alla visualizzazione concettuale e regolazione delle difficoltà
Fattori latenti prevalenti	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies; TPDC
Fattori latenti presenti con rilievo intermedio	Discussion and Reflection; Investigate and Creation
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Asking; Relation with Daily Life; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	TD CD
Trasformazione professionale emergente	La docente rilegge il digitale come strumento per far emergere il concetto e non solo per applicare regole
Elemento qualificante del caso	Costruzione del significato della frazione attraverso equivalenze, visualizzazione e confronto di rappresentazioni
Limite interpretativo principale	Assenza di creazione o adattamento di contenuti digitali da parte della docente, che rende non osservabile TD CD
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di didattica delle frazioni centrata sulla costruzione del concetto, sulla visualizzazione e sulla regolazione delle difficoltà di apprendimento

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 10 restituisce il profilo di una pratica didattica fortemente orientata alla costruzione del significato della frazione attraverso l'integrazione tra contesti quotidiani, supporti iconici, simulazione digitale e verbalizzazione delle strategie. L'elemento più rilevante è la compresenza di due assi portanti. Il primo è rappresentato da Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, che segnala la centralità della costruzione del concetto di frazione come relazione tra intero e parti uguali, nonché il lavoro sul confronto tra rappresentazioni ed equivalenze. Il secondo è costituito da TPDC, che evidenzia la capacità della docente di usare il digitale come ambiente intenzionale di mediazione concettuale, e non come semplice supporto accessorio.

Accanto a queste due dimensioni, risultano ben rappresentate anche Investigate and Creation e Discussion and Reflection. Gli alunni non si limitano a osservare passivamente, ma sono chiamati a formulare ipotesi, confrontare rappresentazioni, verificare visivamente e spiegare i processi seguiti. Il peso della discussione condivisa mostra inoltre che il significato matematico emerge attraverso confronto, negoziazione del senso e verbalizzazione dei dubbi.

L'attività presenta anche una chiara valenza inclusiva. Gli alunni che normalmente incontrano difficoltà nella lettura simbolica di numeratore e denominatore riescono a comprendere meglio il concetto grazie al supporto iconico e dinamico della rappresentazione. Il collegamento con situazioni quotidiane, come la divisione di una pizza, di una torta o di una tavoletta di cioccolato, contribuisce a rendere il contenuto meno astratto e più verbalizzabile. Il riferimento alla vita quotidiana non costituisce un semplice espediente motivazionale, ma una vera leva di comprensione.

Sul piano professionale, la docente esplicita un cambiamento significativo nella propria concezione della didattica delle frazioni e del ruolo del digitale. Il contenuto non è più visto soltanto come nozione da spiegare e poi applicare, ma come concetto da far emergere progressivamente attraverso osservazione, confronto e visualizzazione. Il digitale, a sua volta, non è più considerato solo strumento di supporto, ma spazio di mediazione concettuale. Per queste ragioni, il caso si configura come un esempio particolarmente significativo di didattica delle frazioni centrata sulla costruzione del concetto, sulla visualizzazione, sulla riflessione condivisa e sulla regolazione delle difficoltà di apprendimento.

7.5.11 Intervista 11

L'undicesima intervista (allegato 16 in appendice) analizzata riguarda un'attività didattica realizzata in una classe quinta della scuola primaria, nell'ambito di un percorso di consolidamento relativo alla distinzione tra area e perimetro. L'attività si sviluppa a partire da situazioni legate all'esperienza

quotidiana degli studenti ed è organizzata in più momenti. In una prima fase viene proposta una conversazione iniziale basata su esempi concreti di misurazione, come la delimitazione di uno spazio o la copertura di una superficie. Successivamente viene introdotta una simulazione digitale utilizzata alla LIM e su tablet, attraverso la quale è possibile modificare figure geometriche e osservare le variazioni dei valori associati. L'attività prosegue con un lavoro a piccoli gruppi e si conclude con una discussione collettiva. Dal punto di vista degli strumenti, l'attività prevede l'utilizzo della simulazione PhET, affiancata inizialmente da rappresentazioni grafiche su carta quadrettata e da esempi concreti. All'interno della simulazione, gli studenti operano modificando la forma e le dimensioni delle figure e osservando i cambiamenti relativi alle misure considerate. Nel corso dell'attività vengono proposte consegne che richiedono la costruzione e il confronto tra figure con caratteristiche differenti, come nel caso di figure con lo stesso perimetro e area diversa o con la stessa area e perimetro differente. Le attività includono momenti di osservazione, modifica delle configurazioni e confronto tra i risultati ottenuti. L'organizzazione del lavoro prevede momenti di interazione collettiva e fasi di lavoro in piccoli gruppi, durante le quali gli studenti discutono le modifiche apportate alle figure e partecipano alla presentazione delle soluzioni. Il lavoro include momenti di verbalizzazione delle procedure adottate e di confronto tra le diverse configurazioni realizzate. L'attività si sviluppa quindi attraverso l'integrazione di situazioni concrete, rappresentazioni grafiche e simulazione digitale, inseriti in una sequenza che comprende introduzione contestualizzata, dimostrazione, attività operativa e discussione finale, all'interno di un'organizzazione che alterna momenti collettivi e di lavoro collaborativo.

Procedura di analisi tematica

L'analisi tematica dell'Intervista 11 è stata costruita, analogamente ai casi precedenti, attraverso tre letture indipendenti del testo. Tale scelta metodologica è stata adottata per rendere esplicita la pluralità degli accessi interpretativi a un caso nel quale la costruzione del significato geometrico si realizza attraverso l'intreccio tra situazioni concrete, immagini, simulazione digitale, formulazione di ipotesi e verbalizzazione dei procedimenti.

Il primo ricercatore ha adottato una prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale, concentrandosi soprattutto sulla contestualizzazione concreta dell'esperienza, sulla progettazione sequenziale dell'attività, sulla mediazione tra reale e digitale, sulla costruzione della distinzione tra area e perimetro, sul confronto tra strategie e sulla discussione collettiva finale. Il secondo ricercatore, con orientamento scientifico e in qualità di docente di tecnologia, ha privilegiato una lettura focalizzata sui processi di ipotesi, verifica, confronto tra figure con invarianti e varianti, ricerca di controesempi e chiarificazione delle relazioni tra bordo e superficie. Il terzo ricercatore ha infine adottato una

prospettiva professionale, leggendo il testo in termini di progettazione del setting digitale, integrazione di PhET nel percorso didattico, regolazione dei gruppi e delle verbalizzazioni, differenziazione del compito e ridefinizione del ruolo del digitale nella pratica della docente.

La triangolazione si è articolata in quattro passaggi. In una prima fase ciascun ricercatore ha elaborato in autonomia un proprio codebook provvisorio, corredando ogni codice di etichetta concettuale, definizione operativa, criteri di inclusione ed esclusione ed evidenze testuali. In una seconda fase i tre codebook sono stati messi a confronto per verificare se categorie diversamente denominate corrispondessero in realtà agli stessi nuclei di significato. In un terzo passaggio, tali nuclei sono stati stabilizzati in un codebook definitivo, distinguendo tra convergenze piene e differenze dovute soltanto alla diversa granularità della codifica. Infine, i codici definitivi sono stati ricondotti ai fattori latenti emersi nella fase quantitativa, applicando una lettura verticale rigorosa.

Quest'ultimo passaggio è particolarmente importante in questa intervista, perché il testo documenta con chiarezza una competenza della docente nell'integrare e regolare l'uso di PhET in modo pedagogicamente fondato, ma non offre basi sufficientemente solide per attribuire TDCD.

Codebook provvisori dei tre ricercatori

Tabella 7.80 – Codebook provvisorio del Ricercatore 1 (prospettiva socio-costruttivista e laboratoriale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-A	Contestualizzazione concreta della distinzione area/perimetro	La docente introduce i due concetti a partire da situazioni quotidiane che rendono evidente la differenza tra contorno e superficie	Include recinzione, giardino, tappeto, stanza e altri contesti reali; esclude richiami generici alla realtà	“costruire una recinzione intorno a un giardino”, “coprire il pavimento di una stanza con un tappeto”	“L’obiettivo era far capire in modo più chiaro che il perimetro riguarda il contorno di una figura, mentre l’area riguarda lo spazio occupato”
R1-B	Progettazione sequenziale dell’attività	L’attività è organizzata in fasi progressive, dalla conversazione iniziale alla dimostrazione alla LIM fino al lavoro di	Include scansione esplicita in momenti distinti; esclude uso episodico della simulazione non integrato nella lezione	“più fasi”, “una conversazione iniziale”, “una dimostrazione alla LIM”, “lavoro a piccoli gruppi”, “discussione finale”	“L’attività è stata organizzata in più fasi: una conversazione iniziale su esperienze reali, una dimostrazione alla LIM, il lavoro a piccoli gruppi sui

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		gruppo e alla discussione finale			tablet e una discussione finale”
R1-C	Costruzione della distinzione concettuale tra area e perimetro	La docente orienta il lavoro a differenziare il bordo della figura dallo spazio interno, oltre la semplice applicazione di formule	Include riferimenti espliciti a contorno e spazio occupato; esclude trattamento puramente procedurale	“il perimetro riguarda il contorno”, “l’area riguarda lo spazio occupato”	“L’obiettivo era far capire... che il perimetro riguarda il contorno di una figura, mentre l’area riguarda lo spazio da essa occupato”
R1-D	Esplorazione di invarianti e varianti geometriche	L’attività porta gli alunni a confrontare figure con stessa area e perimetro diverso o stesso perimetro e area diversa	Include confronti tra figure equivalenti su una misura e differenti sull’altra; esclude costruzione di una sola figura senza confronto	“stesso perimetro ma area diversa”, “stessa area ma perimetro diverso”	“Volevo che gli studenti vedessero con i propri occhi che due figure possono avere lo stesso perimetro ma area diversa, oppure la stessa area ma perimetro diverso”
R1-E	Verbalizzazione e confronto delle strategie	I bambini spiegano il ragionamento seguito e discutono con i compagni i procedimenti usati per costruire le figure	Include disaccordo nei gruppi, spiegazione alla classe e verbalizzazione finale; esclude comunicazione del solo esito	“ogni gruppo mostrava alla classe una figura costruita e spiegava il ragionamento seguito”	“I bambini dovevano raccontare non solo il risultato trovato ma anche come ci erano arrivati”
R1-F	Inclusione come accesso visivo alle relazioni geometriche	Gli alunni che confondono area e perimetro partecipano con maggiore sicurezza grazie alla visibilità dinamica delle trasformazioni	Include riferimenti a sicurezza e comprensione sostenuta dalla simulazione; esclude inclusione genericamente dichiarata	“hanno mostrato più sicurezza”, “la simulazione rendeva i cambiamenti molto visibili”	“Anche gli alunni che di solito fanno confusione tra area e perimetro hanno mostrato più sicurezza, perché la simulazione rendeva i cambiamenti molto visibili”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R1-G	Difficoltà di trasformazione non riflessiva	La docente rileva che alcuni gruppi modificano le figure senza esplicitare il significato delle trasformazioni	Include attenzione alla modifica della figura senza verbalizzazione del processo; esclude difficoltà puramente organizzative	“si concentravano più sulla modifica della figura che sulla spiegazione di ciò che stava succedendo”	“La difficoltà principale è stata che alcuni gruppi si concentravano più sulla modifica della figura che sulla spiegazione di ciò che stava succedendo”
R1-H	Trasformazione professionale della docente	La docente rilegge l'insegnamento della geometria come costruzione di concetti mediante esplorazione e non come sola applicazione di formule	Include valorizzazione del digitale, delle ipotesi degli alunni e della discussione finale; esclude semplice gradimento dello strumento	“i concetti geometrici diventano più chiari quando i bambini possono esplorarli e non solo applicare formule”	“La formazione mi ha spinto a dare più valore alle ipotesi degli studenti e alla discussione finale”

Tabella 7.81 – Codebook provvisorio del Ricercatore 2 (prospettiva scientifica)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R2-A	Comprensione della distinzione area/perimetro	La docente guida la comprensione della differenza tra misura del bordo e misura dello spazio interno, superando l'uso puramente algoritmico delle formule	Include contorno, spazio occupato e differenza concettuale esplicita; esclude memorizzazione procedurale	“contorno della figura”, “spazio occupato”	“L'obiettivo era far capire in modo più chiaro che il perimetro riguarda il contorno di una figura, mentre l'area riguarda lo spazio occupato”
R2-B	Ricerca di configurazioni con invarianti e varianti	I bambini esplorano casi in cui una misura resta costante mentre l'altra cambia,	Include stessa area/perimetro diverso e stesso perimetro/area diversa; esclude	“costruisci due figure con lo stesso perimetro ma area diversa”; “trova due figure con la stessa	“Ho preparato consegne come ‘costruisci due figure con lo stesso

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		costruendo relazioni tra figure	costruzione non comparativa	area ma contorni diversi”	perimetro ma area diversa’...”
R2-C	Ipotesi e controesempi	La docente costruisce compiti in cui gli alunni formulano ipotesi iniziali e poi le mettono alla prova fino a incontrare casi inattesi	Include credenze iniziali smentite dall’esplorazione, tentativi, errori e verifiche; esclude esecuzione diretta senza anticipazione	“alcuni bambini all’inizio erano convinti che fosse impossibile, poi facendo prove hanno visto che era possibile”	“Non si sono limitati a calcolare, ma hanno costruito il significato dei due concetti attraverso tentativi, errori e verifiche”
R2-D	Domande generative sulle trasformazioni geometriche	Le domande della docente orientano l’attenzione agli effetti delle modifiche sulle due misure e al significato di ciò che si osserva	Include “se allungo un lato che cosa cambia davvero?” e domande simili; esclude domande di semplice controllo del risultato	“Se allungo un lato che cosa cambia davvero?”, “State misurando il bordo o lo spazio dentro?”	“Io facevo domande come: ‘Secondo voi, se allungo un lato che cosa cambia davvero?’”
R2-E	Verbalizzazione del processo di costruzione	La docente richiede che i gruppi esplicitino non solo il risultato ma il ragionamento e il percorso seguito	Include spiegazione del procedimento, dei dubbi e delle verifiche; esclude comunicazione del solo risultato finale	“spiegava il ragionamento seguito”, “non solo il risultato trovato ma anche come ci erano arrivati”	“Nella discussione collettiva finale ogni gruppo mostrava alla classe una figura costruita e spiegava il ragionamento seguito”
R2-F	Motivazione e coinvolgimento cognitivo	L’attività suscita interesse perché rende visibili e comprensibili differenze concettuali altrimenti spesso confuse	Include partecipazione alta e significatività cognitiva; esclude gradimento generico	“molta partecipazione e interesse”	“Ho osservato molta partecipazione e interesse, soprattutto perché il legame con situazioni reali era forte”
R2-G	Chiarificazione dell’attenzione al significato	La docente interviene per spostare l’attenzione dal cambiare la figura al	Include verbalizzazione prima di continuare e attenzione al significato della trasformazione;	“li fermavo e chiedevo di verbalizzare prima di continuare”	“In questi casi li fermavo e chiedevo di verbalizzare prima di continuare”

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		comprendere cosa cambia nelle misure	esclude difficoltà solo organizzative		
R2-H	Costruzione del concetto attraverso relazioni geometriche	La docente fa emergere il significato di area e perimetro attraverso relazioni e confronti, non tramite definizioni trasmesse in anticipo	Include emergere del concetto tramite esplorazione; esclude spiegazione frontale iniziale	“volevo che gli studenti vedessero con i propri occhi...”	“Ho scelto una metodologia esplorativa...”

Tabella 7.82 – Codebook provvisorio del Ricercatore 3 (prospettiva competenze professionali e digitale)

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
R3-A	Progettazione del setting digitale	La docente colloca PhET dentro una sequenza intenzionale, articolata fra richiamo concreto, dimostrazione, lavoro a gruppi e confronto finale	Include simulazione alla LIM e sui tablet come ambiente guidato; esclude uso marginale del digitale	“una simulazione PhET”, “dimostrazione alla LIM”, “lavoro a piccoli gruppi sui tablet”	“Dopo questa introduzione ho usato una simulazione PhET...”
R3-B	Integrazione tra iconico, concreto e digitale	La docente costruisce continuità fra quadretti, piantine, disegni di stanza o giardino e simulazione digitale	Include figure su quadretti, piantina di una stanza, disegno di un giardino e PhET; esclude uso del digitale sganciato dall’esperienza	“figure disegnate su quadretti”, “piantina di una stanza”, “disegno di un giardino”	“Prima del lavoro digitale ho fatto un richiamo con figure disegnate su quadretti e con esempi concreti...”
R3-C	Uso del digitale per far emergere relazioni geometriche	La simulazione è usata come ambiente per visualizzare in tempo reale l’effetto delle	Include modifica delle figure e osservazione simultanea dei valori; esclude uso del digitale	“osservare in tempo reale come cambiano i valori di area e perimetro”	“Ho scelto PhET perché consente di modificare facilmente le figure e di osservare in tempo reale come

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		trasformazioni su area e perimetro	come rinforzo meccanico		cambiano i valori di area e perimetro”
R3-D	Regolazione della verbalizzazione e strutturazione del compito	La docente interviene per fermare la modifica non riflessiva e ipotizza strumenti strutturati per ordinare il lavoro	Include richiesta di verbalizzare, eventuale scheda con ipotesi, osservazioni e conclusioni; esclude difficoltà non connesse al processo cognitivo	“li fermavo e chiedevo di verbalizzare”, “una scheda più strutturata”	“In futuro forse darei una scheda più strutturata, con spazi precisi per annotare ipotesi, osservazioni e conclusioni”
R3-E	Inclusione didattica	Il supporto visivo e dinamico consente un accesso più efficace al compito anche agli alunni in difficoltà	Include bambini che confondono area e perimetro e migliorano grazie alla visualizzazione; esclude inclusione genericamente dichiarata	“hanno mostrato più sicurezza”	“Anche gli alunni che di solito fanno confusione tra area e perimetro hanno mostrato più sicurezza...”
R3-F	Valorizzazione del digitale come mediazione di relazioni	La docente rilegge il digitale come strumento per visualizzare relazioni geometriche altrimenti meno evidenti sulla carta	Include digital come ambiente per far emergere differenze e relazioni; esclude semplice motivazione	“far emergere differenze e relazioni che sulla carta si vedono meno”	“Mi sento più sicura nell’usare il digitale per far emergere differenze e relazioni che sulla carta si vedono meno”
R3-G	Ridefinizione delle pratiche abituali	La docente modifica il proprio modo di insegnare la geometria, attribuendo più valore alle ipotesi e alla discussione finale	Include confronto col passato e riprogettazione della fase finale; esclude semplice descrizione dell’attività attuale	“prima tendevo a fare in modo più veloce”, “prevedendo una fase finale ancora più lunga”	“La formazione mi ha spinto a dare più valore alle ipotesi degli studenti e alla discussione finale...”
R3-H	Trasferibilità futura del metodo	La docente riconosce la spendibilità futura dell’approccio esplorativo, del	Include intenzione di mantenere o ampliare elementi strutturali del	“cambiarei solo la gestione dei tempi”	“Cambiarei solo la gestione dei tempi, prevedendo una fase finale ancora più

Codice	Etichetta concettuale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Indicatori testuali	Estratti testuali
		confronto e della visualizzazione digitale	percorso; esclude gradimento generico		lunga di confronto tra gruppi”

Triangolazione e costruzione del codebook definitivo

Dal confronto tra le tre letture indipendenti emergono dieci nuclei principali: contestualizzazione concreta, progettazione sequenziale dell’attività, mediazione concreta-digitale, costruzione della distinzione concettuale tra area e perimetro, esplorazione di relazioni invarianti e varianti tra figure, confronto e verbalizzazione delle strategie, domande generative, inclusione degli alunni con difficoltà, regolazione della verbalizzazione durante l’esplorazione, trasformazione professionale e ridefinizione del ruolo del digitale. Nove di questi nuclei compaiono in modo pienamente convergente nelle tre letture; il nucleo relativo alla tendenza di alcuni gruppi a modificare le figure senza esplicitare adeguatamente il significato delle trasformazioni risulta invece tematizzato in modo più netto nella lettura socio-costruttivista e in quella scientifica, mentre nella terza lettura viene assorbito nella categoria più ampia del bisogno di scaffolding e di strutturazione del compito.

Ne deriva una convergenza molto elevata, con un disaccordo residuo che riguarda soprattutto la granularità della codifica e non il contenuto sostanziale delle categorie individuate. Questa configurazione conferma una lettura stabile del caso: la distinzione tra area e perimetro non viene affrontata come semplice applicazione di formule, ma come rete di relazioni da costruire progressivamente attraverso ipotesi, verifica di casi, esplorazione di controesempi e confronto tra configurazioni. Al tempo stesso, il digitale appare pienamente integrato dentro un impianto didattico consapevole e non accessorio.

Tabella 7.83 – Convergenze tra i tre codebook provvisori dell’Intervista 11

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Contestualizzazione concreta della distinzione area/perimetro	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Progettazione sequenziale dell’attività	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Mediazione concreta-digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

Nucleo concettuale convergente	Ricercatore 1	Ricercatore 2	Ricercatore 3	Esito della triangolazione
Costruzione della distinzione concettuale tra area e perimetro	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Esplorazione di relazioni invarianti e varianti tra figure	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Confronto e verbalizzazione delle strategie	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Domande generative e riflessione sul processo	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Inclusione degli alunni con difficoltà	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Regolazione della verbalizzazione durante l'esplorazione	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena
Trasformazione professionale e ridefinizione del ruolo del digitale	Presente	Presente	Presente	Convergenza piena

La triangolazione ha quindi consentito di costruire un codebook definitivo semanticamente stabile e coerente con i fattori latenti del questionario. Il caso mostra con particolare nettezza come la comprensione di area e perimetro sia sostenuta dall'intreccio tra contesti quotidiani, visualizzazione digitale, confronto di figure e verbalizzazione delle relazioni osservate.

Codebook definitivo

Tabella 7.84 – Codebook definitivo dell'Intervista 11

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
CD1	Progettazione sequenziale e mediazione concreta-digitale	Attività organizzata in momenti progressivi che partono da contesti reali e figure iconiche, passano per la simulazione digitale e si concludono con discussione collettiva	Include conversazione iniziale, dimostrazione alla LIM, lavoro a gruppi su tablet e discussione finale; esclude attività prive di scansione didattica esplicita	“una conversazione iniziale su esperienze reali, una dimostrazione alla LIM, il lavoro a piccoli gruppi su tablet e una discussione finale”; “figure disegnate su quadretti e... piantina di una stanza o il disegno di un giardino”

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
CD2	Costruzione della distinzione tra area e perimetro	Comprensione della differenza tra contorno della figura e spazio occupato, oltre la sola applicazione di formule	Include riferimenti espliciti a bordo e superficie interna; esclude trattamento puramente procedurale	“il perimetro riguarda il contorno di una figura, mentre l’area riguarda lo spazio occupato”
CD3	Esplorazione di relazioni tra invarianti e varianti geometriche	Attività che portano gli alunni a riconoscere che figure diverse possono avere stesso perimetro ma area diversa o stessa area ma perimetro diverso	Include confronti tra figure equivalenti su una misura e differenti sull’altra; esclude costruzione di una sola figura senza confronto	“costruisci due figure con lo stesso perimetro ma area diversa”; “trova due figure con la stessa area ma contorni diversi”
CD4	Compito investigativo con ipotesi, verifica e controesempi	Costruzione del concetto attraverso anticipazioni, verifica nella simulazione, tentativi, errori e scoperta di casi inattesi	Include ipotesi iniziali, controllo empirico e scoperta che qualcosa ritenuto impossibile è invece possibile; esclude esecuzione senza riflessione	“alcuni pensavano che... aumentassero sempre sia area sia perimetro nello stesso modo”; “all’inizio erano convinti che fosse impossibile, poi facendo prove hanno visto che era possibile”
CD5	Interazione cooperativa e discussione delle strategie	Confronto tra pari e discussione collettiva finalizzati a rendere visibili ragionamenti, dubbi e procedimenti di soluzione	Include disaccordo nei gruppi, verbalizzazione e presentazione finale; esclude lavoro individuale senza condivisione	“i bambini lavoravano in gruppi e spesso non erano d’accordo”; “ogni gruppo mostrava alla classe una figura costruita e spiegava il ragionamento seguito”
CD6	Connessione con la vita quotidiana	Collegamento di area e perimetro a situazioni reali che rendono evidente la differenza tra le due misure	Include recinzione, tappeto, giardino, stanza e altri contesti concreti; esclude richiami generici alla realtà	“costruire una recinzione intorno a un giardino”; “comprare un tappeto”
CD7	Inclusione come accesso visivo alle relazioni geometriche	Partecipazione più sicura degli alunni con difficoltà grazie alla visualizzazione dinamica delle trasformazioni delle figure	Include riferimenti a bambini che confondono area e perimetro e migliorano attraverso l’osservazione; esclude	“gli alunni che di solito fanno confusione tra area e perimetro hanno mostrato più sicurezza, perché la simulazione rendeva i cambiamenti molto visibili”

Codice	Etichetta definitiva	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Estratti testuali principali
			inclusione genericamente dichiarata	
CD8	Regolazione della verbalizzazione e strutturazione del compito	Interventi del docente per contrastare una trasformazione non riflessiva delle figure e per rendere più ordinato il lavoro mediante supporti strutturati	Include richiesta di verbalizzare prima di continuare e proposta di scheda con ipotesi, osservazioni e conclusioni; esclude difficoltà non legate al processo cognitivo	“li fermavo e chiedevo di verbalizzare prima di continuare”; “una scheda più strutturata, con spazi precisi per annotare ipotesi, osservazioni e conclusioni”
CD9	Trasformazione professionale e valorizzazione del digitale per far emergere relazioni	Riflessione della docente sul passaggio da una didattica centrata sulle formule a una didattica fondata su esplorazione, ipotesi, confronto e discussione finale	Include maggiore sicurezza nell'uso del digitale, valorizzazione delle ipotesi e della fase conclusiva di confronto; esclude semplice gradimento dello strumento	“i concetti geometrici diventano più chiari quando i bambini possono esplorarli e non solo applicare formule”; “Mi sento più sicura nell'usare il digitale per far emergere differenze e relazioni...”

Associazione dei codici ai fattori latenti: criteri interpretativi

L'associazione dei codici ai fattori latenti è stata costruita, anche in questo caso, secondo un criterio interpretativo rigoroso e non impressionistico. Ogni codice è stato ricondotto a un fattore soltanto quando il testo offriva una base teoricamente solida e sufficientemente esplicita per attribuire al docente quella specifica dimensione professionale.

Il fattore Discussion and Reflection riguarda la capacità del docente di promuovere confronto tra pari, riflessione sui processi, discussione di soluzioni alternative e responsabilizzazione degli studenti nel percorso di indagine. In questa intervista il fattore emerge in modo chiaro attraverso CD4 e CD5. CD4 documenta la presenza di ipotesi, verifiche e controesempi che spostano l'attenzione dal risultato alla comprensione del processo; CD5 mostra invece che il confronto tra pari, il disaccordo argomentato e la discussione finale hanno una funzione strutturale nella costruzione del significato di area e perimetro.

Il fattore Investigate and Creation riguarda la competenza del docente nel guidare processi di ricerca, confronto di configurazioni, prova di casi e costruzione di compiti che permettono di esplorare relazioni. In questa intervista esso è osservabile attraverso CD3 e CD4. CD3 documenta il lavoro su

figure con invarianti e varianti; CD4 mostra la costruzione di un compito nel quale gli alunni formulano ipotesi, mettono alla prova convinzioni iniziali e scoprono controesempi.

Il fattore Asking misura la capacità del docente di stimolare curiosità, porre domande profonde, mantenere vivo l'interesse e strutturare problemi che sostengano il ragionamento. In questa intervista esso è sostenuto da CD4. Le domande “Se allungo un lato che cosa cambia davvero?” e “State misurando il bordo o lo spazio dentro?” non svolgono una funzione di controllo, ma attivano riflessione sulle trasformazioni e sulle due misure coinvolte.

Il fattore Relation with Daily Life riguarda la capacità del docente di collegare il contenuto disciplinare a situazioni di vita quotidiana e a contesti reali riconoscibili. In questa intervista la dimensione è fortemente sostenuta da CD6. I riferimenti a recinzione, giardino, tappeto e stanza sono espliciti, ricorrenti e strutturali; essi funzionano come contesti di ancoraggio per rendere la differenza tra area e perimetro più comprensibile.

Il fattore Teachers' Professional Digital Competence (TPDC) rappresenta la competenza digitale professionale del docente in senso ampio, comprendendo progettazione pedagogica del setting digitale, uso riflessivo degli strumenti, integrazione intenzionale del digitale nella didattica e consapevolezza del suo valore formativo. In questa intervista il fattore emerge con particolare evidenza attraverso CD1, CD8 e CD9. CD1 documenta la progettazione della simulazione dentro una sequenza didattica progressiva e consapevole; CD8 mostra la regolazione della verbalizzazione e la strutturazione del compito per rendere l'esplorazione più riflessiva; CD9 testimonia la rielaborazione professionale del ruolo del digitale come ambiente per far emergere relazioni geometriche.

Il fattore Teachers' Digital Content Development (TDCD) riguarda la capacità del docente di creare, adattare o sviluppare contenuti digitali per la didattica. In questa intervista tale dimensione non è stata considerata osservabile. La docente utilizza in modo competente una simulazione già predisposta, ma il testo non documenta alcuna attività di creazione o adattamento di contenuti digitali propri. L'uso maturo di PhET rientra dunque in TPDC, ma non è sufficiente a fondare TDCD.

Il fattore Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies misura la conoscenza del docente rispetto a strategie pedagogiche attive e integrate. In questa intervista il fattore emerge in modo robusto attraverso CD2, CD3 e CD4. CD2 documenta la costruzione della distinzione concettuale tra area e perimetro; CD3 evidenzia la consapevolezza del valore del confronto tra figure con invarianti e varianti; CD4 mostra una strategia didattica fondata su ipotesi, verifica e discussione di controesempi. Nel loro insieme, questi codici restituiscono una solida conoscenza del docente rispetto a modalità attive di costruzione del significato geometrico.

Il fattore Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching riguarda le credenze di autoefficacia del docente rispetto alla propria capacità di progettare e realizzare attività efficaci e di migliorare la propria pratica professionale. In questa intervista il fattore è sostenuto da CD9. La docente dichiara infatti di sentirsi più sicura nell'uso del digitale per far emergere relazioni e differenze geometriche, mostrando una crescita di fiducia nella propria capacità di progettazione.

È importante precisare che CD7, pur essendo un codice qualitativamente rilevante, non viene ricondotto a un fattore latente specifico. Esso documenta un effetto importante della struttura didattica in termini di accessibilità e chiarificazione per gli alunni che confondono area e perimetro, ma non coincide direttamente con uno dei costrutti del questionario. La sua esclusione dalla quantizzazione finale non ne riduce il valore interpretativo, ma riflette la necessità di mantenere coerenza tra analisi tematica e fattori quantitativi.

Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti

Tabella 7.85 – Mappatura dei codici definitivi sui fattori latenti dell'Intervista 11

Codice	Discussion and Reflection	Investigate and Creation	Asking	Relation with Daily Life	TPDC	TDCD	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
CD1					✓			
CD2							✓	
CD3		✓					✓	
CD4	✓	✓	✓				✓	
CD5	✓							
CD6				✓				
CD7								
CD8					✓			
CD9					✓			✓

Risultano osservabili sette fattori su otto: Discussion and Reflection, Investigate and Creation, Asking, Relation with Daily Life, TPDC, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical

strategies e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching. Non risulta invece osservabile TDCD.

Quantizzazione delle evidenze

Per rendere il profilo dell'Intervista 11 comparabile con gli altri casi del capitolo, i codici definitivi sono stati trasformati in una distribuzione quantitativa dei fattori latenti, contando soltanto le associazioni forti e teoricamente giustificate. Tutti e nove i codici risultano presenti nel testo, ma non tutti vengono convertiti in evidenze fattoriali.

La distribuzione dei codici nelle sette risposte dell'intervista è la seguente. Nella risposta 1 compaiono CD1, CD2 e CD6. Nella risposta 2 compaiono CD1 e CD3. Nella risposta 3 compaiono CD3 e CD4. Nella risposta 4 compaiono CD4 e CD5. Nella risposta 5 compaiono CD6 e CD7. Nella risposta 6 compare CD8. Nella risposta 7 compare CD9.

Sulla base della mappatura ai fattori latenti, la quantizzazione finale è la seguente.

Tabella 7.86 – Distribuzione quantitativa dei fattori latenti nell'Intervista 11

Fattore latente	Evidenze	Percentuale
Discussion and Reflection	2	15,4%
Investigate and Creation	2	15,4%
Asking	1	7,7%
Relation with Daily Life	1	7,7%
TPDC	3	23,1%
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	3	23,1%
Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	1	7,7%

Il totale delle evidenze è pari a 13. La distribuzione percentuale mostra una configurazione equilibrata, con due fattori prevalenti, Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e TPDC, entrambi al 23,1%, seguiti da Investigate and Creation e Discussion and Reflection, entrambi al 15,4%. Questo profilo è coerente con la natura dell'attività: da un lato una forte attenzione alla costruzione concettuale della differenza tra area e perimetro e alle relazioni tra figure; dall'altro una regia didattica digitale intenzionale, orientata a rendere visibili trasformazioni e controesempi che sul piano soltanto simbolico risulterebbero meno immediati.

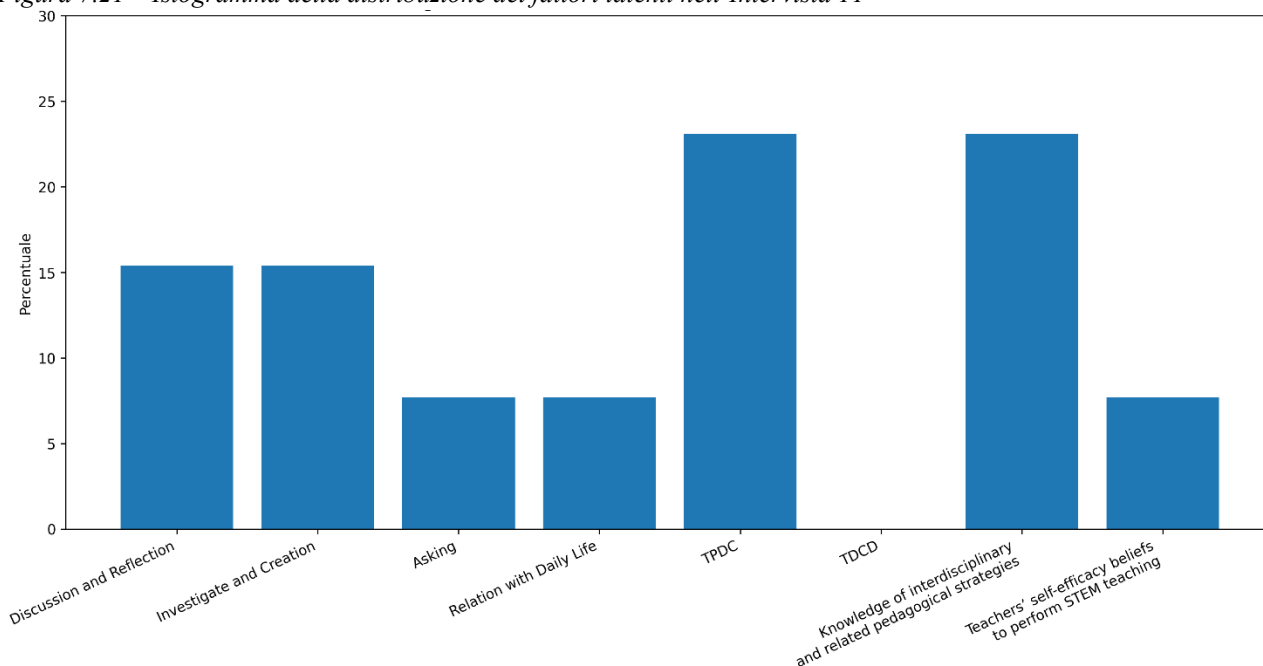
Rappresentazione grafica della distribuzione dei fattori latenti

Per rendere più immediatamente leggibile il profilo del caso, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti è stata tradotta in due rappresentazioni grafiche, analoghe a quelle predisposte per le interviste precedenti. Anche in questo caso, i grafici non svolgono una funzione puramente illustrativa, ma interpretativa, poiché consentono di cogliere con immediatezza il peso relativo delle diverse dimensioni della professionalità docente che emergono dal testo.

Nel caso dell'Intervista 11, l'istogramma evidenzia una configurazione a doppio asse. Da un lato emerge la centralità di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, che segnala il lavoro della docente sulla costruzione della distinzione concettuale tra area e perimetro, sul confronto tra figure con invarianti e varianti e sulla comprensione delle relazioni geometriche oltre la semplice applicazione delle formule. Dall'altro appare con uguale intensità TPDC, che documenta la capacità della docente di usare il digitale come ambiente di esplorazione, di regolazione della verbalizzazione e di mediazione delle difficoltà concettuali.

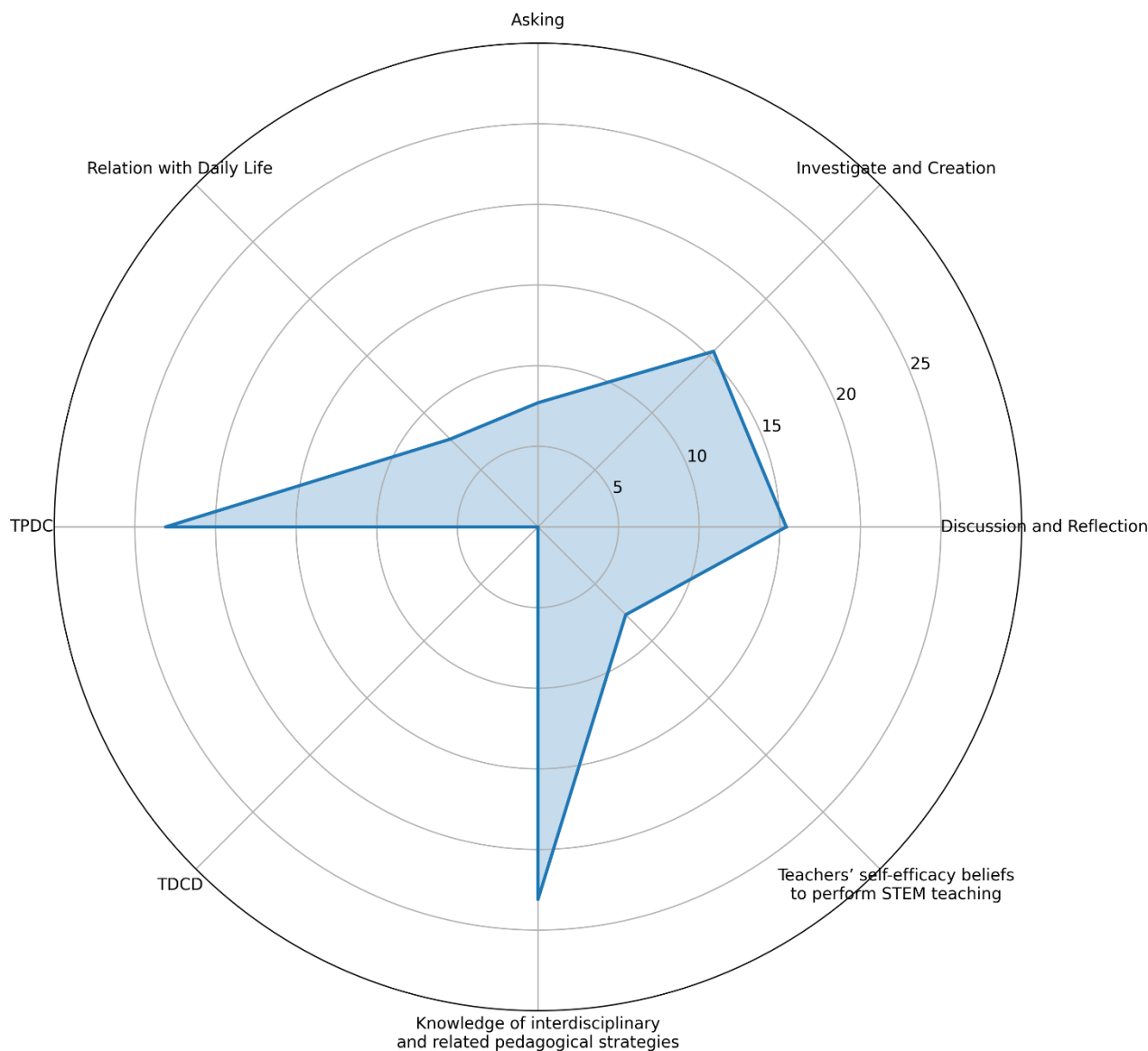
La presenza significativa di Investigate and Creation e Discussion and Reflection mostra che l'attività non è riducibile né a semplice visualizzazione né a puro esercizio. Gli alunni vengono coinvolti in compiti di ipotesi, verifica e scoperta di controesempi, mentre la discussione tra pari e la verbalizzazione dei processi svolgono una funzione strutturale nella costruzione del significato. Più contenute, ma comunque presenti, risultano Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy. Asking compare nelle domande generative che accompagnano il confronto tra figure; Relation with Daily Life ancora il contenuto a contesti concreti immediatamente riconoscibili; self-efficacy emerge nella riflessione professionale finale della docente. L'assenza di TDCD va letta come un dato metodologicamente coerente, poiché la docente utilizza una simulazione predisposta senza sviluppare contenuti digitali propri.

Figura 7.21 – Istogramma della distribuzione dei fattori latenti nell'Intervista 11



L'istogramma rappresenta la distribuzione percentuale dei fattori latenti emersi nell'Intervista 11. I dati evidenziano la predominanza di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' Professional Digital Competence, entrambe pari al 23,1%, seguite da Discussion and Reflection e Investigate and Creation, entrambe pari al 15,4%. Asking, Relation with Daily Life e Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching risultano presenti con il 7,7%. TDCD non emerge in forma esplicita nel testo e pertanto non risulta osservabile.

Figura 7.22 – Grafico radar della configurazione dei fattori latenti nell'Intervista 11



Il grafico radar visualizza la configurazione complessiva dei fattori latenti emersi nell'Intervista 11. Il profilo evidenzia una doppia prevalenza delle dimensioni Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies e Teachers' Professional Digital Competence, mostrando una didattica della geometria centrata sia sulla costruzione del concetto sia sulla mediazione digitale intenzionale. Discussion and Reflection e Investigate and Creation risultano presenti con intensità intermedia, mentre Asking, Relation with Daily Life e self-efficacy assumono un peso più contenuto. TDCD non contribuisce al profilo poiché non risulta osservabile nel testo.

Tabella finale dell'intervista

Tabella 7.87 – Sintesi dell'Intervista 11

Dimensione	Esito
Contesto didattico	Classe quinta della scuola primaria, percorso di consolidamento della distinzione tra area e perimetro
Obiettivo dichiarato	Comprendere la differenza tra contorno e spazio occupato, oltre la sola applicazione delle formule
Struttura dell'attività	Contesti quotidiani iniziali, figure iconiche, dimostrazione alla LIM, uso di PhET, lavoro a gruppi, discussione finale
Mediazioni utilizzate	Recinzione, giardino, tappeto, stanza, figure su quadretti, piantine, simulazione PhET su LIM e tablet
Logica del compito	Ipotesi, verifica, costruzione di figure con invarianti e varianti, ricerca di controesempi, verbalizzazione dei processi
Organizzazione sociale	Lavoro a piccoli gruppi, disaccordo argomentato, spiegazione del ragionamento, discussione finale
Ruolo della docente	Forte regia pedagogica del setting digitale, ancoraggio al concreto, guida alla distinzione concettuale, regolazione della verbalizzazione
Fattori latenti prevalenti	Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies; TPDC
Fattori latenti presenti con rilievo intermedio	Discussion and Reflection; Investigate and Creation
Fattori latenti presenti con incidenza contenuta	Asking; Relation with Daily Life; Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching
Fattori latenti assenti	TD CD
Trasformazione professionale emergente	La docente rilegge il digitale come strumento per far emergere relazioni geometriche e non solo per applicare formule
Elemento qualificante del caso	Costruzione del significato di area e perimetro attraverso confronto tra figure, controesempi e visualizzazione dinamica
Limite interpretativo principale	Assenza di creazione o adattamento di contenuti digitali da parte della docente, che rende non osservabile TD CD

Dimensione	Esito
Profilo complessivo del caso	Caso emblematico di didattica della geometria centrata sulla costruzione del concetto, sulla mediazione concreta-digitale e sulla valorizzazione delle ipotesi degli alunni

Conclusioni

Nel complesso, l'Intervista 11 restituisce il profilo di una pratica didattica fortemente orientata alla costruzione del significato di area e perimetro attraverso l'integrazione tra contesti quotidiani, supporti iconici, simulazione digitale e verbalizzazione delle strategie. L'elemento più rilevante è la compresenza di due assi centrali. Il primo è rappresentato da Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, che segnala la centralità della costruzione concettuale della distinzione tra bordo e superficie, nonché il lavoro sulle relazioni invarianti e varianti tra figure. Il secondo è costituito da TPDC, che evidenzia la capacità della docente di usare il digitale come ambiente intenzionale per far emergere relazioni geometriche, sostenere l'osservazione e accompagnare la riflessione.

Accanto a queste due dimensioni, risultano ben rappresentate anche Investigate and Creation e Discussion and Reflection. Gli alunni non si limitano ad applicare formule, ma sono chiamati a formulare ipotesi, verificare casi, scoprire controesempi e spiegare i procedimenti seguiti. Il peso della discussione condivisa mostra inoltre che il significato matematico emerge attraverso confronto, disaccordo argomentato e verbalizzazione dei processi. Anche la dimensione inclusiva è chiaramente riconoscibile, poiché gli alunni che solitamente confondono area e perimetro riescono a comprendere meglio i due concetti grazie alla visualizzazione dinamica delle trasformazioni delle figure.

Sul piano professionale, la docente esplicita un cambiamento significativo nel proprio modo di pensare l'insegnamento della geometria e il ruolo del digitale. Il contenuto non è più visto soltanto come applicazione di formule, ma come concetto da far emergere progressivamente attraverso osservazione, ipotesi, confronto e verifica. Il digitale, a sua volta, non è più considerato solo supporto accessorio, ma spazio di mediazione delle relazioni geometriche. Per queste ragioni, il caso si configura come un esempio particolarmente significativo di didattica della geometria centrata sulla costruzione del concetto, sulla mediazione concreta-digitale e sulla valorizzazione delle ipotesi degli alunni.

7.6 Codebook globale delle undici interviste

L'analisi comparativa delle undici interviste mostra una notevole stabilità dei nuclei di significato. Pur variando i contenuti disciplinari, i setting e il peso relativo dei fattori latenti, il corpus presenta una matrice pedagogica comune: progettazione intenzionale dell'attività, integrazione tra esperienza

concreta e mediazione simbolico-digitale, costruzione progressiva del concetto, valorizzazione del confronto tra pari, attivazione di ipotesi e verifiche, attenzione all'accessibilità del compito e riflessione professionale del docente. Questa coerenza interna è compatibile con un'impostazione di analisi tematica riflessiva in cui i temi non sono meri contenitori descrittivi, ma pattern interpretativi ricorsivi costruiti attraverso codifica, confronto e definizione concettuale.

Sul piano metodologico, il passaggio dai codebook delle singole interviste a un codebook globale non implica l'appiattimento delle differenze tra i casi, ma la costruzione di categorie sovraordinate capaci di assorbire varianti lessicali e disciplinari mantenendo la coerenza teorica con i fattori latenti del questionario. In altri termini, il codebook globale non sostituisce i codebook delle singole interviste, ma li riorganizza in una struttura comparativa di livello superiore. Questa procedura è coerente con la letteratura sulla thematic analysis, che sottolinea come la fase di definizione e denominazione dei temi richieda una continua oscillazione fra specificità del caso e pattern trasversali del dataset.

Tabella 7.88 – Codebook globale delle undici interviste

Codice globale	Etichetta globale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Interviste in cui compare con evidenza forte	Fattori latenti principalmente associati
CG1	Progettazione sequenziale e regia intenzionale del setting	Il docente struttura l'attività in una sequenza esplicita di fasi coerenti, regolando tempi, passaggi, modalità di lavoro e progressione del compito	Include progettazione in più fasi, scansione intenzionale e regia del setting; esclude successione non motivata di attività	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	TPDC; Knowledge
CG2	Mediazione concreta, iconica e digitale del concetto	Il docente integra materiali concreti, immagini, analogie o simulazioni per rendere osservabile e comprensibile un contenuto astratto	Include uso concettualmente fondato di oggetti, immagini o ambienti digitali; esclude uso accessorio o puramente esecutivo	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11	TPDC; Knowledge; Investigate and Creation
CG3	Costruzione concettuale del contenuto disciplinare	Il docente orienta l'attività alla comprensione profonda del concetto, evitando che	Include esplicito superamento dell'automatismo	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11	Knowledge

Codice globale	Etichetta globale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Interviste in cui compare con evidenza forte	Fattori latenti principalmente associati
		l'apprendimento si riduca a formula, procedura o definizione mnemonica	procedurale; esclude puro allenamento esecutivo		
CG4	Compito investigativo con ipotesi, previsione, verifica e controesempi	Il docente struttura compiti nei quali gli alunni formulano anticipazioni, osservano effetti, confrontano casi e verificano relazioni	Include ipotesi, prove, controllo empirico, parametri, controesempi; esclude esercizi meramente applicativi	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11	Investigate and Creation; Asking; Knowledge
CG5	Discussione cooperativa e verbalizzazione dei processi	Il docente promuove confronto tra pari, argomentazione, spiegazione dei procedimenti e riflessione collettiva sui processi	Include discussione tra gruppi, spiegazione alla classe, verbalizzazione delle strategie; esclude semplice lavoro di gruppo senza confronto cognitivo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	Discussion and Reflection
CG6	Attivazione della curiosità e della domanda generativa	Il docente usa domande autentiche, rilanci, feedback inattesi o sospensione della spiegazione per attivare curiosità epistemica	Include domande aperte, problemi iniziali, sorpresa, errori produttivi; esclude semplice interesse non tematizzato	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	Asking
CG7	Connessione con la vita quotidiana e con contesti autentici	Il docente collega il contenuto a situazioni reali, familiari o socialmente significative, favorendo il trasferimento del significato	Include esempi di vita quotidiana, contesti domestici, ambientali o autentici; esclude semplice concretezza interna al compito non contestualizzata	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11	Relation with Daily Life

Codice globale	Etichetta globale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Interviste in cui compare con evidenza forte	Fattori latenti principalmente associati
CG8	Inclusione e accessibilità del compito	Il docente costruisce compiti che rendono accessibile il contenuto anche agli alunni con maggiori difficoltà, grazie a visibilità, gradualità e riduzione dell'astrazione	Include sicurezza, partecipazione dei fragili, accessibilità del compito; esclude inclusione genericamente dichiarata	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	dato qualitativo trasversale; relazione indiretta con self-efficacy e qualità dell'intervento
CG9	Regolazione organizzativa e cognitiva dell'attività	Il docente interviene su tempi, gruppi, ruoli, verbalizzazione e strutturazione del compito per sostenere la qualità del ragionamento	Include ruoli, rallentamenti, stop riflessivi, schede guida, differenziazione dei tempi; esclude sole difficoltà logistiche non rielaborate	1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11	TPDC
CG10	Trasformazione professionale e autoefficacia docente	Il docente rilegge l'esperienza come occasione di cambiamento della propria didattica, dichiarando maggiore consapevolezza, sicurezza o intenzione di trasferibilità futura	Include auto-riflessione professionale, maggiore sicurezza, intenzione di riuso; esclude semplice soddisfazione per l'attività	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	Self-efficacy; TPDC; Knowledge
CG11	Uso del digitale come mediazione epistemica	Il docente usa il digitale per far emergere relazioni, confronti, trasformazioni, feedback o simulazioni non immediatamente accessibili con altri mezzi	Include PhET, AI for Oceans, Scratch Junior e altri ambienti usati per costruire significato; esclude uso finale di rinforzo	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	TPDC; in casi selezionati TDCD
CG12	Produzione o rielaborazione	Il docente usa il digitale non solo per esplorare ma anche per costruire o	Include coding narrativo o trasformazione del contenuto in artefatto	1, 5	TDCD

Codice globale	Etichetta globale	Definizione operativa completa	Regole di inclusione / esclusione	Interviste in cui compare con evidenza forte	Fattori latenti principalmente associati
	digitale del contenuto	rappresentare il contenuto disciplinare mediante ambienti di produzione	digitale; esclude uso di simulazioni pronte senza modifica del contenuto		

Questo codebook globale mette in evidenza un dato metodologicamente importante: i codici trasversali non descrivono genericamente ciò che avviene in classe, ma la pratica docente come unità interpretativa principale. Le reazioni degli alunni entrano come evidenze degli effetti delle scelte didattiche, ma il baricentro analitico resta la professionalità docente in azione, in coerenza con la struttura dei fattori latenti, che nel tuo impianto di ricerca sono costruiti sul docente e non sul discente.

7.7 Quantizzazione globale dei fattori latenti nelle undici interviste

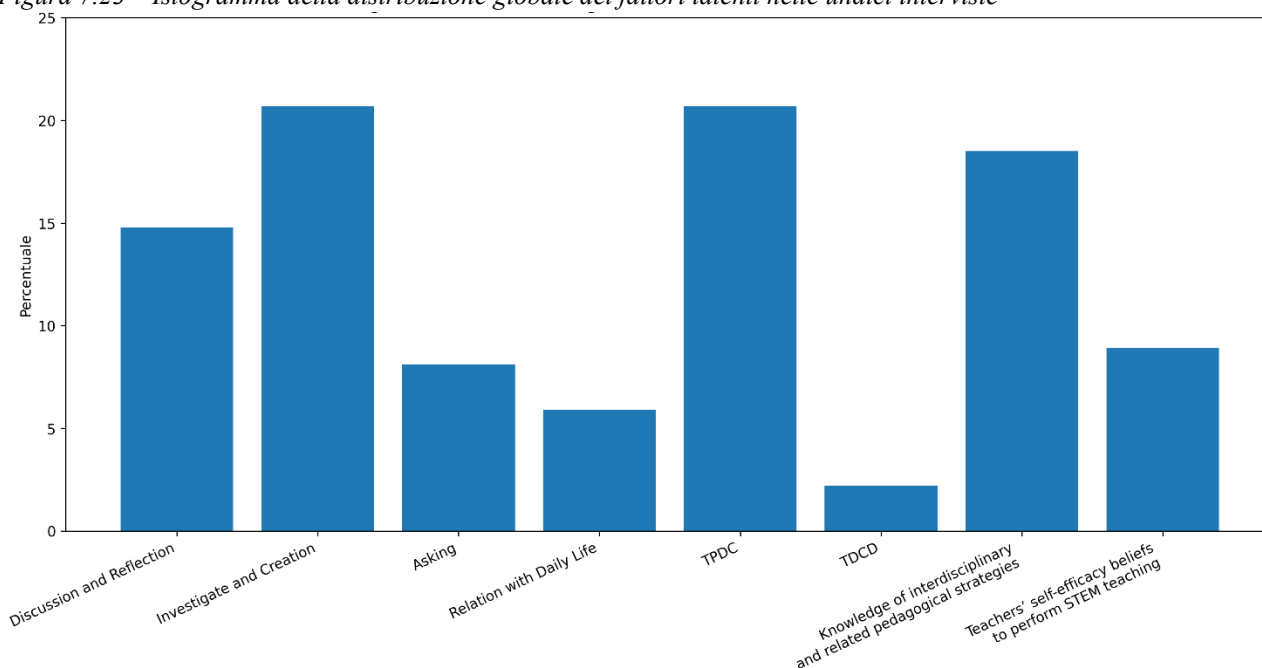
La quantizzazione globale è stata costruita sommando le evidenze già attribuite ai fattori latenti nelle undici interviste del corpus poiché in tutti i casi la lettura è stata correttamente eseguita in verticale, ogni spunta o associazione consolidata in ciascuna distribuzione è stata trattata come un'evidenza unitaria del fattore corrispondente. Il totale complessivo delle evidenze emerse nel corpus è pari a 135. Per rendere più leggibile il profilo complessivo del corpus, la distribuzione quantitativa dei fattori latenti emersa dalle undici interviste è stata rappresentata anche graficamente attraverso un istogramma, riportato nella Figura 7.23.

Tabella 7.89 – Quantizzazione globale dei fattori latenti nelle undici interviste

Fattore latente	Evidenze globali	Percentuale globale
Discussion and Reflection	20	14,8%
Investigate and Creation	28	20,7%
Asking	11	8,1%
Relation with Daily Life	8	5,9%
TPDC	28	20,7%
TDCD	3	2,2%

Fattore latente	Evidenze globali	Percentuale globale
Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies	25	18,5%
Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching	12	8,9%

Figura 7.23 – Istogramma della distribuzione globale dei fattori latenti nelle undici interviste



La distribuzione globale mostra con nettezza che il profilo complessivo del corpus si organizza attorno a tre poli principali. Il primo è Investigate and Creation, che raccoglie 28 evidenze, pari al 20,7% del totale. Il secondo è TPDC, anch'esso con 28 evidenze e la medesima percentuale. Il terzo è Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, con 25 evidenze, pari al 18,5%. Seguono Discussion and Reflection con 20 evidenze, Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching con 12, Asking con 11 e Relation with Daily Life con 8, mentre TDCD rimane residuale con 3 sole evidenze, pari al 2,2%.

Questa distribuzione è coerente con il contenuto stesso delle undici interviste. Le attività descritte dai docenti sono infatti quasi sempre costruite come compiti di esplorazione, confronto, verifica e costruzione del significato, e sono altrettanto spesso caratterizzate da un uso intenzionale del digitale come ambiente di mediazione, visualizzazione o regolazione del compito. Per questo motivo le associazioni a Investigate and Creation e a TPDC risultano le più frequenti. Parallelamente, la forte presenza di Knowledge è coerente con la ricorrenza di codici che mostrano una professionalità docente orientata alla costruzione concettuale e non alla sola applicazione procedurale.

L'associazione tra i codici globali e i fattori latenti può essere spiegata in modo analitico. CG1, CG9 e CG11 confluiscono prevalentemente in TPDC, perché descrivono la progettazione del setting digitale, la regolazione del suo uso e l'integrazione riflessiva delle tecnologie nella pratica didattica; questa attribuzione è coerente con DigCompEdu, che definisce la competenza digitale del docente come capacità di selezionare, orchestrare e integrare strumenti e ambienti digitali per sostenere l'apprendimento.

CG3 e buona parte di CG4 confluiscono in Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies, perché descrivono la capacità del docente di costruire il concetto disciplinare mediante strategie attive, *inquiry*, problematizzazione e confronto di rappresentazioni. Anche CG4 confluisce contemporaneamente in Investigate and Creation, in quanto in molte interviste il compito è strutturato come ricerca guidata, con ipotesi, verifica, prove ed eventuali controesempi. Questa doppia appartenenza è teoricamente corretta, perché la stessa pratica didattica può manifestare contemporaneamente conoscenza strategica e capacità di guidare processi investigativi.

CG5 confluisce in Discussion and Reflection, poiché raccoglie tutte le occorrenze in cui il docente promuove confronto tra pari, spiegazione dei procedimenti e riflessione sui processi. CG6 è invece associato ad Asking, perché riguarda le domande generative che attivano curiosità, anticipazione e orientamento del ragionamento. CG7 confluisce in Relation with Daily Life, dal momento che descrive il collegamento sistematico tra contenuto disciplinare e situazioni autentiche di vita quotidiana. CG10 confluisce in Teachers' self-efficacy beliefs, perché contiene le dichiarazioni con cui i docenti esplicitano maggiore sicurezza, consapevolezza e intenzione di riuso delle pratiche sperimentate. Infine, CG12 confluisce in TDCD, ma compare soltanto in casi molto specifici, nei quali il digitale non viene usato solo come ambiente di esplorazione, bensì come linguaggio o spazio di costruzione del contenuto.

7.8 Interpretazione comparativa dei fattori latenti nelle undici interviste

L'interpretazione comparativa delle undici interviste consente di mettere in evidenza un profilo pedagogico trasversale fortemente coerente con il dispositivo di ricerca-formazione. Il corpus mostra infatti che i docenti, pur lavorando su contenuti molto diversi, tendono a progettare attività nelle quali il sapere non viene presentato come oggetto già compiuto da trasmettere, ma come costruito da far emergere progressivamente attraverso esplorazione, confronto, visualizzazione, verbalizzazione e collegamento a contesti significativi. Questa convergenza è pienamente visibile nella forte presenza congiunta di Investigate and Creation, TPDC e Knowledge, che costituiscono l'asse portante dell'intero corpus.

Il primo dato comparativo rilevante riguarda Investigate and Creation. Questo fattore assume un peso molto elevato nelle interviste di area matematica e scientifica, ma compare anche nei casi in cui il digitale viene usato per strutturare attività di classificazione, previsione o correzione iterativa, come nell'intervista su AI for Oceans. La sua presenza trasversale suggerisce che il percorso formativo ha avuto un effetto rilevante nel promuovere compiti non puramente esecutivi, nei quali il docente costruisce condizioni per osservare, ipotizzare, confrontare e verificare. In termini di sviluppo professionale, ciò è coerente con la letteratura che individua nell'active learning e nel content focus due caratteristiche fondamentali dei percorsi di formazione efficaci.

Il secondo dato riguarda TPDC, che raggiunge lo stesso peso di Investigate and Creation. Questo risultato è particolarmente significativo, perché mostra che nelle undici interviste il digitale non compare in modo decorativo o residuale. Nei casi in cui è presente, esso è quasi sempre associato a una regia didattica intenzionale: la docente progetta l'uso della simulazione o della piattaforma, ne regola i tempi, la integra con materiali concreti o iconici, ne controlla l'effetto sul compito e ne rilegge il valore professionale. Il fattore, quindi, non segnala semplicemente disponibilità tecnica, ma una competenza digitale professionale in senso pieno, coerente con la definizione europea di DigCompEdu.

Il terzo dato rilevante è la forte presenza di Knowledge of interdisciplinary and related pedagogical strategies. Questo fattore mostra che il corpus non documenta soltanto pratiche "attive", ma pratiche professionalmente orientate alla costruzione del significato disciplinare. In altre parole, i docenti non sembrano limitarsi a utilizzare strumenti o ambienti interessanti; essi mostrano, in molti casi, di sapere perché una certa strategia è utile per rendere accessibile un concetto e per mettere in crisi una lettura superficiale o meccanica del contenuto. Nelle interviste su area/perimetro, frazioni, moltiplicazione, numeri e poligoni, questo è particolarmente evidente.

Discussion and Reflection occupa una posizione intermedia ma molto significativa. Nelle undici interviste il confronto tra pari, la verbalizzazione dei processi e la discussione collettiva finale sono quasi onnipresenti. Questo dato suggerisce che il percorso formativo non ha agito soltanto sulle strutture del compito, ma anche sul modo in cui il docente interpreta il ruolo della parola, del confronto e della riflessione nella costruzione del sapere. Si tratta di un risultato importante, perché indica un allontanamento da forme didattiche nelle quali la verbalizzazione è solo restituzione del risultato e non spazio di costruzione e negoziazione del significato.

Asking compare in tutte le interviste, ma con peso relativamente più contenuto. Questo non significa che il fattore sia marginale; indica piuttosto che le domande generative sono una componente costante ma non sempre dominante della pratica. La loro funzione, tuttavia, è strategica: esse aprono il

compito, orientano l'attenzione, aiutano a distinguere concetti vicini, provocano ipotesi o spostano il focus dall'esecuzione alla relazione tra variabili. Nel corpus, Asking svolge spesso un ruolo di attivazione, mentre Investigate and Creation e Discussion and Reflection rappresentano la strutturazione più ampia del processo cognitivo.

Relation with Daily Life risulta meno frequente rispetto agli altri fattori, ma la sua presenza in otto interviste su undici non è affatto trascurabile. Essa segnala che il collegamento con contesti autentici è presente soprattutto quando il contenuto si presta in modo immediato a essere ancorato a situazioni di esperienza comune: area e perimetro, frazioni, operazioni, conteggio, moltiplicazione, crescita delle piante, inquinamento del mare. Nei casi in cui tale ancoraggio è meno evidente, come alcune attività geometriche o di coding narrativo, il fattore tende a non emergere o a rimanere secondario. Comparativamente, questo suggerisce che il dispositivo di ricerca-formazione ha promosso il riferimento alla realtà non come obbligo uniforme, ma come scelta metodologicamente pertinente nei casi in cui esso rafforzava davvero il significato del contenuto.

Teachers' self-efficacy beliefs to perform STEM teaching compare in modo meno frequente dei tre fattori maggiori, ma la sua presenza in dodici evidenze totali è significativa. In quasi tutte le interviste, la docente conclude con una riflessione che esprime maggiore sicurezza nell'uso del digitale, nella costruzione di compiti esplorativi, nel lasciare spazio alle ipotesi o nel valorizzare la discussione finale. Comparativamente, questo suggerisce che il dispositivo formativo non ha agito soltanto sul repertorio di pratiche, ma anche sulla percezione di efficacia professionale dei partecipanti, coerentemente con i modelli di sviluppo professionale che mettono in relazione apprendimento professionale, cambiamento delle pratiche e fiducia docente.

Infine, TDCD occupa una posizione residuale. Questo è un dato metodologicamente molto importante. Il corpus non documenta, se non in casi puntuali, pratiche di creazione o adattamento di contenuti digitali propri. Il digitale viene quasi sempre usato come ambiente di esplorazione, visualizzazione, classificazione o rappresentazione, ma raramente come spazio di authoring vero e proprio. La presenza molto limitata di TDCD non segnala dunque un limite del percorso, bensì una sua specifica fisionomia: il focus formativo sembra essere stato più sulla competenza digitale professionale intesa come orchestrazione pedagogica dell'ambiente digitale che non sulla produzione di contenuti.

7.9 Interpretazione dell'analisi tematica e implicazione per la valutazione dell'intervento formativo

Nel loro insieme, le undici interviste restituiscono il profilo di un dispositivo di ricerca-formazione che ha inciso in modo significativo soprattutto su quattro piani: la progettazione di compiti

investigativi, l'uso pedagogicamente fondato del digitale, la costruzione concettuale del sapere disciplinare e la valorizzazione della discussione come spazio di apprendimento. Il corpus non mostra semplicemente la presenza di attività “più motivate” o “più laboratoriali”, ma documenta una trasformazione più profonda della postura didattica: il docente tende a progettare situazioni nelle quali il concetto emerge da osservazione, confronto, ipotesi, verifica e verbalizzazione, invece di essere presentato come definizione o formula da applicare.

Questa configurazione è particolarmente importante anche ai fini della valutazione dell'intervento formativo. Se si adotta una prospettiva coerente con i modelli di valutazione dello sviluppo professionale, il corpus qualitativo suggerisce che l'intervento ha prodotto effetti almeno a tre livelli. In primo luogo, ha modificato le rappresentazioni professionali dei docenti rispetto al senso delle pratiche attive e del digitale: questo emerge con chiarezza nelle molteplici dichiarazioni di trasformazione professionale e di maggiore sicurezza. In secondo luogo, ha inciso sulla progettazione delle attività, che risultano più strutturate, più *inquiry-oriented* e più centrate sul significato disciplinare. In terzo luogo, ha prodotto evidenze indirette di impatto sugli studenti, soprattutto in termini di accessibilità, partecipazione e chiarificazione concettuale, pur restando l'unità di analisi centrata sul docente. Questa lettura è compatibile sia con il modello di Desimone, che collega caratteristiche del professional development a cambiamenti nelle conoscenze, nelle convinzioni e nelle pratiche, sia con il modello di Guskey, che invita a leggere l'efficacia formativa come processo multilivello e non come effetto immediato e lineare.

L'analisi tematica consente quindi di sostenere che il dispositivo di ricerca-formazione è stato significativo soprattutto perché ha favorito un passaggio da una didattica centrata sulla spiegazione e sull'applicazione a una didattica centrata sulla costruzione del significato. Il cambiamento non riguarda un singolo contenuto o un singolo strumento, ma una riorganizzazione più ampia della pratica: maggiore attenzione ai contesti di esperienza, uso del digitale come mediazione concettuale, valorizzazione dell'errore e dell'ipotesi, centralità della discussione, migliore accessibilità per gli alunni che incontrano difficoltà. La componente qualitativa non si limita a “illustrare” i risultati quantitativi, ma ne chiarisce i meccanismi pedagogici e ne rafforza l'interpretabilità.

Dal punto di vista valutativo, il corpus mostra anche che gli effetti del percorso non sono omogenei in tutte le dimensioni. I dati suggeriscono una crescita molto consistente sul versante della professionalità digitale del docente e della capacità di guidare attività investigative, mentre la dimensione TDCD rimane poco sviluppata. Questo rilievo è metodologicamente utile, perché consente di evitare una lettura celebrativa e indifferenziata dell'intervento. Piuttosto, esso permette di individuare una linea di sviluppo futura: consolidare quanto già emerso su TPDC, Investigate and

Creation e Knowledge, ma prevedere percorsi ulteriori specificamente orientati alla produzione e all'adattamento di contenuti digitali, qualora questo sia coerente con gli obiettivi del progetto.

Un'altra implicazione importante riguarda la relazione tra formazione e trasferibilità. Le undici interviste mostrano che i docenti non si limitano a descrivere un'attività conclusa, ma spesso dichiarano di voler mantenere, estendere o adattare gli elementi più significativi dell'esperienza: il collegamento con la vita quotidiana, la discussione finale, l'uso del digitale per visualizzare concetti, la costruzione di compiti basati su ipotesi e verifiche. Questo dato suggerisce che il dispositivo non ha prodotto soltanto apprendimento situato sul singolo episodio, ma ha attivato processi di rielaborazione professionale potenzialmente trasferibili. In termini di valutazione dell'impatto, si tratta di un elemento particolarmente rilevante.

Nel complesso, la sintesi interpretativa dell'analisi tematica consente dunque di affermare che il percorso di ricerca-formazione ha avuto un impatto qualitativamente significativo sulla pratica didattica dei docenti coinvolti. Le undici interviste non restituiscono casi isolati o eccentrici, ma una configurazione ricorrente: progettazione sequenziale, costruzione concettuale, compiti investigativi, discussione riflessiva, uso intenzionale del digitale e crescita della consapevolezza professionale. Questa convergenza rafforza la plausibilità interpretativa dell'intervento come dispositivo capace di incidere sul modo in cui i docenti pensano, organizzano e conducono l'insegnamento nelle discipline STEAM.

7.10 Limiti e prospettive future della ricerca

L'analisi condotta, pur evidenziando una coerenza interna elevata tra dimensione qualitativa e quantitativa e una significativa convergenza tra i fattori latenti emersi, presenta alcuni limiti che è necessario esplicitare per una corretta interpretazione dei risultati. Un primo limite riguarda l'assenza di una validazione statistica dei costrutti attraverso analisi fattoriale esplorativa o confermativa. Tale scelta non deriva da una lacuna progettuale, ma è direttamente connessa alla numerosità del campione, che non consente di soddisfare i requisiti minimi di stabilità e affidabilità richiesti per l'applicazione di tali tecniche (Costello & Osborne, 2005; Fabrigar et al., 1999). In particolare, la letteratura evidenzia come l'analisi fattoriale richieda campioni significativamente più ampi per garantire la replicabilità delle strutture latenti e la robustezza delle soluzioni estratte. Nel presente studio, il numero limitato di partecipanti non avrebbe consentito di ottenere risultati metodologicamente solidi e generalizzabili. Tuttavia, questa condizione deve essere letta alla luce della natura stessa del dispositivo di ricerca adottato: i percorsi di ricerca-formazione si configurano infatti come contesti situati, caratterizzati da campioni intenzionali, numericamente contenuti e profondamente radicati nella pratica professionale. In tali contesti, l'obiettivo non è la

generalizzazione statistica, ma la comprensione approfondita dei processi di cambiamento e delle trasformazioni delle pratiche didattiche (McKenney & Reeves, 2018; Cochran-Smith & Lytle, 2009).

Un secondo limite riguarda la scelta di sottoporre ad analisi tematica un numero circoscritto di interviste rispetto al totale dei docenti coinvolti nel percorso formativo. Sebbene l'intero gruppo fosse composto da 21 partecipanti, l'analisi qualitativa è stata condotta su un sottoinsieme di casi, selezionati in base alla caratteristica del tipo di ricerca svolto in contesto naturale e quindi condizionato dall'impossibilità di reperire tutte le interviste per via degli impegni professionali, la gestione della classe e le attività istituzionali. La letteratura sulla ricerca-azione e sulla ricerca-formazione sottolinea come questa tensione tra pratica didattica e attività di ricerca rappresenti una criticità ricorrente, legata alla difficoltà di integrare in modo stabile i tempi della riflessione scientifica con quelli dell'azione educativa (Kemmis, McTaggart & Nixon, 2014). In questo senso, la parziale copertura del campione nell'analisi tematica non deve essere interpretata come una debolezza metodologica, ma come una condizione intrinseca alla ricerca condotta in contesti autentici, nei quali la sostenibilità operativa costituisce un vincolo inevitabile.

Accanto a tali limiti, è possibile delineare alcune prospettive di sviluppo future che consentirebbero di rafforzare ulteriormente l'impianto della ricerca. In primo luogo, un ampliamento del campione, anche attraverso la replicazione del dispositivo in contesti scolastici differenti, permetterebbe di integrare l'analisi qualitativa con procedure di validazione fattoriale, contribuendo a consolidare empiricamente la struttura dei fattori latenti individuati. In secondo luogo, l'estensione dell'analisi tematica all'intero gruppo dei docenti coinvolti consentirebbe di aumentare la rappresentatività interna dei risultati e di esplorare con maggiore profondità la variabilità delle pratiche didattiche emergenti. Un'ulteriore linea di sviluppo riguarda la possibilità di adottare disegni longitudinali, finalizzati a indagare la stabilità nel tempo delle trasformazioni osservate, sia in termini di competenze professionali dei docenti sia in relazione agli effetti sugli apprendimenti degli studenti. Infine, l'integrazione con strumenti osservativi standardizzati, in grado di dialogare con i fattori latenti individuati, potrebbe contribuire a rafforzare ulteriormente il processo di triangolazione metodologica, aumentando il grado di affidabilità complessiva dei risultati.

Occorre inoltre sottolineare che la natura trasformativa del dispositivo di ricerca-formazione avrebbe richiesto una temporalità più estesa, capace di sostenere processi progressivi di consolidamento, ridefinizione e regolazione delle pratiche educative. Un percorso sviluppato su un arco temporale più ampio avrebbe probabilmente consentito una calibrazione ancora più accurata delle azioni formative, favorendo una più profonda integrazione tra dimensione riflessiva, sperimentazione didattica e rielaborazione professionale. In prospettiva pedagogica, infatti, i processi di innovazione educativa

necessitano di tempi distesi di accompagnamento e di negoziazione culturale affinché le pratiche possano trasformarsi stabilmente in *habitus* professionali condivisi.

Nel complesso, i limiti individuati definiscono con chiarezza il perimetro epistemologico, collocandolo all'interno di una prospettiva di ricerca che privilegia la comprensione situata, la coerenza tra teoria e pratica e la trasformazione professionale dei docenti come esito principale del processo investigativo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Riferimenti bibliografici Capitolo 1

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). Educational psychology: A cognitive view.
Biggs, J. B. (2011). *Teaching for quality learning at university: what the students does*. Open University Press.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational researcher*, 38(3), 181-199.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), 8410-8415.

Fullan, M. (2016). *The new meaning of educational change*. Teachers college press.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74.

Howland, J. L., Jonassen, D. H., & Marra, R. M. (2013). *Meaningful learning with technology: Pearson new international edition*. Pearson Higher Ed.
Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The action research planner*. Deakin University Press.

Laurillard, D. (2013). *Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge.

Lave, J., & Wenger, E. (2006). *L'apprendimento situato. Dall'osservazione alla partecipazione attiva nei contesti sociali*. Edizioni Erickson.

Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60-70.

National Research Council, Board on Behavioral, Sensory Sciences, Committee on Developments in the Science of Learning with additional material from the Committee on Learning Research, & Educational Practice. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school: Expanded edition* (Vol. 1). National Academies Press.
Piaget, J. (1970). *Psychology and epistemology: Towards a theory of knowledge*. Viking Press.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of engineering education*, 93(3), 223-231.

Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*.

Sawyer, R. K. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge University Press.

Schön, D. A. (2017). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Routledge.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.

Vygotskij, L. S. (1934). *Myšlenie i reč'* [Pensiero e linguaggio]. Moskva-Leningrad: Gosudarstvennoe Social'no-Ekonomiceskoe Izdatel'stvo.

Wenger, E. (2009). Communities of practice: The key to knowledge strategy. In *Knowledge and communities* (pp. 3-20). Routledge.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100.

Riferimenti bibliografici Capitolo 2

Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage publications.

Biesta, G., Priestley, M., & Robinson, S. (2015). The role of beliefs in teacher agency. *Teachers and teaching*, 21(6), 624-640.

Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities.

Conradty, C., & Bogner, F. X. (2020). STEAM teaching professional development works: Effects on students' creativity and motivation. *Smart Learning Environments*, 7(1), 26.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational researcher*, 38(3), 181-199.

European Commission. (2020). *A new European agenda for innovation*. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/new-european-innovation-agenda_en

European Commission. (2021). *She Figures 2021*.

https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/she-figures-2021_en

Fazio, C., Carpineti, M., Faletić, S., Giliberti, M., Jones, G., McLoughlin, E., ... & Battaglia, O. R. (2021). Strategies for active learning to improve student learning and attitudes towards physics. In *Teaching-learning contemporary physics: From research to practice* (pp. 213-233). Cham: Springer International Publishing.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), 8410-8415.

Fullan, M. (2016). *The new meaning of educational change*. Teachers college press.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74.

Henriksen, D. (2013). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *The Transdisciplinary STEAM+ Journal*, 1(2), 15.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3(1), 11.

Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research* (Vol. 200). Singapore: Springer.

Klein, J. T. (2010). A taxonomy of interdisciplinarity. *The Oxford handbook of interdisciplinarity*, 15(6), 15.

Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60-70.

Laurillard, D. (2013). *Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge.

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science*

Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 47(4), 474-496.

Morin, E. (2000). La testa ben fatta. *Riforma dell'insegnamento e riforma del pensiero*, 132.

Morin, E. (2020). *I sette saperi necessari all'educazione del futuro*. Raffaello Cortina Editore.

National Research Council, Board on Behavioral, Sensory Sciences, Committee on Developments in the Science of Learning with additional material from the Committee on Learning Research, & Educational Practice. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school: Expanded edition* (Vol. 1). National Academies Press.

National Research Council, Board on Science Education, & Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. national academies press.

Nicolescu, B. (2002). *Manifesto of transdisciplinarity*. suny Press.

OECD.(2023) www.oecd.org/en/publications/education-at-a-glance-2023_e13bef63-en.html

Papert, S. (1980). *Mindstorms*.

Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking skills and creativity*, 31, 31-43.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of engineering education*, 93(3), 223-231.

Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What is design thinking and why is it important?. *Review of educational research*, 82(3), 330-348.

Root-Bernstein, R. (2015). Arts and crafts as adjuncts to STEM education to foster creativity in gifted and talented students. *Asia Pacific Education Review*, 16(2), 203-212.

Sanders, M. E. (2008). Stem, stem education, stemmania.

Schön, D. A. (2017). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Routledge.

Sheridan, K. M., Veenema, S., Winner, E., & Hetland, L. (Eds.). (2022). *Studio thinking 3: The real benefits of visual arts education*. Teachers College Press.

Spada, E., & Mignosi, E. (2024). L'efficacia formativa dell'e-learning in un CORSO DI PEDAGOGIA DI COMUNITA'. Un nuovo scenario per un apprendimento significativo. *Lifelong Lifewide Learning*, 21(44), 327-338.

Taguma, M., Makowiecki, K., & Gabriel, F. (2023). OECD learning compass 2030: implications for mathematics curricula. In *Mathematics curriculum reforms around the world: The 24th ICMI Study* (pp. 479-509). Cham: Springer International Publishing.

Thomas, J. W. (2000). A review of research on project based learning.

UNESCO. (2017). *Cracking the code*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Vol. 86). Harvard university press.

Wenger, E. (1998). Communities of practice: Learning as a social system. *Systems thinker*, 9(5), 2-3.

World Economic Forum. (2025). *Future of Jobs Report*. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf

Riferimenti bibliografici Capitolo 3

Bocci F., Cellammare S., *Ricerca, formazione, scuola*, Monolite Editrice, Roma, 2003.

Bruner, J. (1990). *Acts of meaning: Four lectures on mind and culture* (Vol. 3). Harvard university press.

Cheng, C. K., Paré, D. E., Collimore, L. M., & Joordens, S. (2011). Assessing the effectiveness of a voluntary online discussion forum on improving students' course performance. *Computers & Education*, 56(1), 253-261.

Cole, J., & Foster, H. (2007). *Using Moodle: Teaching with the popular open source course management system*. " O'Reilly Media, Inc."

Domenici G., *Manuale di valutazione scolastica*, Laterza, Roma-Bari, 2001.

Domenici G., Maragliano R. (a cura di), " *La valutazione nella scuola elementare*", Anicia, Roma 2000.

- Dougiamas, M., & Taylor, P. (2003). Moodle: Using learning communities to create an open source course management system. In *EdMedia* (pp. 171-178). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Ferguson, R. (2012). Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International journal of technology enhanced learning*, 4(5-6), 304-317.
- Galliani L., Costa R., *Criteri di valutazione e indicatori di qualità nell' Open Distance Learning*, in *Pedagogia Sperimentale e ricerca didattica*, n.2, anno 2002 (<http://www.pedagogiasperimentale.it>)
- Galliani L., *La scuola in rete*, Laterza, Bari, 2004.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, 77(1), 81-112.
- Hrastinski, S. (2008). Asynchronous and synchronous e-learning. *Educause quarterly*, 31(4), 51-55.
- Jonassen, D. H., Carr, C., & Hsiu-Ping, Y. (1998). Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. *TECH TRENDS-WASHINGTON DC-*, 43, 24-32.
- Kuhn, D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educational researcher*, 28(2), 16-46.
- Laurillard, D. (2013). *Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge.
- Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., & Baki, M. (2013). The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature. *Teachers college record*, 115(3), 1-47.
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.
- Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in higher education*, 31(2), 199-218.
- Robin, B. R. (2008). Digital storytelling: A powerful technology tool for the 21st century classroom. *Theory into practice*, 47(3), 220-228.
- Salmon, G. (2013). *E-tivities: The key to active online learning*. Routledge.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge building. *The Cambridge*.
- Schön, D. A. (1987). Educating the reflective practitioner.

- Selwyn, N. (2021). *Education and technology: Key issues and debates*. Bloomsbury Publishing.
- Siemens, G., & Baker, R. S. D. (2012, April). Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. In *Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge* (pp. 252-254).
- Stahl, G., Koschmann, T. D., & Suthers, D. D. (2006). *Computer-supported collaborative learning* (pp. 409-426). na.
- Topping, K. J. (2009). Peer assessment. *Theory into practice*, 48(1), 20-27.
- Varisco, B. (2002). *Costruttivismo socio-culturale. Genesi filosofiche, sviluppo psico-pedagogici e applicazioni didattiche* (Vol. 1, pp. 7-221). Carocci.
- Wineburg, S., & McGrew, S. (2016). Evaluating information: The cornerstone of civic online reasoning.

Riferimenti bibliografici Capitolo 4

- Castoldi, M. (2012). *Costruire l'apprendimento: metodologie didattiche a confronto*. Roma: Carocci. <https://www.carocci.it/prodotto/costruire-lapprendimento>
- Frega, R. (2002). Competenza e agire riflessivo: l'emergere di un paradigma. *Professionalità*.
- Gratani, F. (2023). *L'apprendimento nell'era post-digitale*. Milano: FrancoAngeli.
- Mignosi, E. (2007). *Formare in laboratorio. Nuovi percorsi universitari per le professioni educative*. Milano: FrancoAngeli. <https://www.francoangeli.it>
- Mignosi, E. (2017). Riflettere per formare cittadini riflessivi: specificità della formazione dei formatori. *Studi sulla Formazione*, 20(1).
- Mignosi, E. (2019). Il gruppo di lavoro nei servizi educativi. In C. Lichene (a cura di), *Progettare e realizzare percorsi 0-6. Riflessioni ed esperienze* (pp. 103-115). Zeroseiup.
- Mignosi, E. (2023). Formare docenti creativi per costruire una società democratica e inclusiva. In M. Fiorucci, I. Loiodice, M. Ladogana (a cura di), *Scuola, democrazia, partecipazione e cittadinanza in occasione dei 100 anni dalla nascita di Mario Lodi* (pp.118-130). Pensa Multimedia.
- Muscarà, M., Romano, A., Lizio, A., Carnazzo, V. (2024). Le Emotional Technologies nell'educazione: sviluppo, impatto e prospettive per una pedagogia digitale innovativa. *Research Trends in Humanities*, 11. <https://www.rthjournal.org>
- Mortari, L. (2003). *Apprendere dall'esperienza. Il pensare riflessivo nella formazione*. Roma: Carocci.

- Quaglino, G. P., Carozzi, G. P. (1995). *Il processo di formazione*. Milano: FrancoAngeli.
- Schön, D. A. (1983). *Il professionista riflessivo. Per una nuova epistemologia della pratica professionale*. Trad. it. Dedalo.
- Siemens, G. (2005). Connectivism: Learning as Network-Creation. *ASTD Learning News*, 10(1), 1-28. <https://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>
- Vygotskij, L. S. (1933-1935). *Il processo cognitivo*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity*. Cambridge University Press. Trad. it. 2006, Raffaello Cortina.
- Wolf, M. (2007). *Proust and the Squid: The Story and Science of the Reading Brain*. Trad. it. *Proust e il calamaro*. Vita e Pensiero.
- Moodle Project. <https://moodle.org>

Riferimenti bibliografici Capitolo 5

- Giampaolo, M. (2022). Problem-based learning on-line: modelli, strumenti e casi per lo sviluppo professionale.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis.
- Hrastinski, S. (2008). Asynchronous and synchronous e-learning. *Educause quarterly*, 31(4), 51-55.
- Loyens, S. M., Wijnia, L., & Rikers, R. M. (2022). Student-centered instruction: inquiry-, problem-, project-, and case-based learning. In *International encyclopedia of education* (pp. 701-711). Elsevier.
- Lumivero. (2025). *XLSTAT statistical and data analysis solution* (Versione 2025.1) [Software]. Denver, CO: Lumivero. xlstat.com
- Major, T. (2018). Problem-based learning pedagogies in teacher education: The case of Botswana. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(1), 1.
- MacQueen, J. (1967). January 1). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Oakland, CA, USA.

O'Connor, S., Power, J., Blom, N., & Tanner, D. (2026). Problem and project based learning (PBL) within an online engineering module: an examination of student teamwork satisfaction and attitudes. *European Journal of Engineering Education*, 1-30.

Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, 20, 53-65.

Savery, J. R., & Duffy, T. M. (1995). Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational technology*, 35(5), 31-38.

Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows*, 9(2), 5-15.

Stahl, G., Koschmann, T. D., & Suthers, D. D. (2006). *Computer-supported collaborative learning* (pp. 409-426). na.

Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M., & Loyens, S. M. (2024). The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36(1), 29.

Riferimenti bibliografici Capitolo 6

Aydin, M. K., Yildirim, T., & Kus, M. (2024). Teachers' digital competences: a scale construction and validation study. *Frontiers in Psychology*, 15, 1356573.

Creswell, J. W. (2014). *Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*. Sage.

Creswell, J. W., & Clark, V. P. (2007). *Mixed methods research*. Thousand Oaks, CA.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational researcher*, 38(3), 181-199.

Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational researcher*, 33(7), 14-26.

Işık, S., Çakır, R., & Korkmaz, Ö. (2024). Teachers' Perception Scale Towards the Use of Artificial Intelligence Tools in Education. *Participatory Educational Research*, 11(H. Ferhan Odabaşı Gift Issue), 80-94.

Yıldırım, İ., Başaran, M., Cücük, E., Yokuş, E. (2018). Development of Inquiry Based Teaching Self-Efficacy Scale for STEM+S Education: Validity and Reliability Study, *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(3), 42-57.

Nigris, E., Cardarello, R., Losito, B., & Vannini, I. (2020). Ricerca-Formazione e miglioramento della scuola. Il punto di vista del CRESPI. *RicercaAzione*, 12(2), 225-237.

Karpudewan M, Krishnan P, Ali MN, Yoon Fah L (2022) Designing instrument to measure STEM teaching practices of Malaysian teachers. *PLoS ONE* 17(5): e0268509. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268509>

Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2021). *Sage handbook of mixed methods in social & behavioral research*. SAGE publications.

Vannini, I. (2018). Fare ricerca educativa per promuovere la professionalità docente. Il “qui ed ora” del Centro CRESPI. *RICERCA E FORMAZIONE*, 13-26.

Riferimenti bibliografici Capitolo 7

Altet, M. (2008). *La formazione professionale degli insegnanti*. Armando Editore.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101.

Clarke, V., & Braun, V. (2017). Thematic analysis. *The journal of positive psychology*, 12(3), 297-298. Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Freeman.

Corbetta, P. (2003). La ricerca sociale: metodologia e tecniche. III. Le tecniche qualitative. *Il Mulino*.

Cochran-Smith, M., & Lytle, S. L. (2015). *Inquiry as stance: Practitioner research for the next generation*. Teachers College Press.

- Costello, A. B., & Osborne, J. (2005). Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis. *Practical assessment, research, and evaluation, 10*(1).
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2023). Revisiting mixed methods research designs twenty years later. *Handbook of mixed methods research designs, 1*(1), 21-36.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological methods, 4*(3), 272.
- Fetters, M. D., Curry, L. A., & Creswell, J. W. (2013). Achieving integration in mixed methods designs—principles and practices. *Health services research, 48*(6pt2), 2134-2156.
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research* (Vol. 200). Singapore: Springer.
- Mortari, L. (2009). *Ricerchare e riflettere: La formazione del docente professionista*. Carocci.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- McKenney, S., & Reeves, T. (2018). *Conducting educational design research*. Routledge.

APPENDICI

ALLEGATO 1: *Questionario somministrato agli studenti del corso di didattica della fisica del corso di laurea in scienze della formazione primaria. A.A.2024/25*

DIMENSIONI	ITEM
LAVORO COLLABORATIVO	Il PBL contribuisce a sentirsi parte di un gruppo/comunità
	Il lavoro di gruppo nel PBL favorisce la formulazione di ipotesi di vario tipo
	Il lavoro in gruppo nel PBL aiuta a pervenire a soluzioni più creative
	Il PBL migliora le relazioni e la comunicazione tra colleghi
	Lavorare in gruppo durante le attività PBL è stato utile per il mio apprendimento.
	Le discussioni di gruppo nelle attività PBL sono state produttive e ben gestite.
PBL E DISCIPLINA	Il PBL accresce la capacità di sviluppare strategie risolutive (<i>problem solving</i>)
	PBL ha migliorato le mie capacità di risoluzione dei problemi.
	Le attività PBL sono state rilevanti per gli obiettivi del corso
	Mi sento più preparato per affrontare situazioni reali grazie alla metodologia PBL.
	Ho trovato le attività PBL più coinvolgenti rispetto alle lezioni tradizionali.
	I problemi presentati durante le attività PBL erano realistici e ben progettati.
	PBL ha favorito un apprendimento più approfondito rispetto ai metodi tradizionali.
	Ho trovato che il feedback ricevuto durante le attività PBL è stato utile per il mio apprendimento.
	PBL mi ha aiutato a collegare la teoria alla pratica in modo efficace
APPROCCIO PERSONALE	PBL mi ha aiutato a sviluppare migliori capacità di comunicazione
	Mi sento più motivato ad apprendere quando utilizziamo la metodologia PBL.
	PBL mi ha aiutato a comprendere meglio i concetti teorici del corso.
	PBL ha migliorato la mia capacità di lavorare in modo autonomo
	PBL ha migliorato le mie capacità di pensiero critico.
	La metodologia PBL mi ha aiutato a sviluppare capacità di gestione del tempo.
	PBL ha aumentato la mia fiducia nel lavorare su problemi complessi.
	La metodologia PBL ha migliorato la mia capacità di fare ricerca autonoma.
	Le competenze acquisite tramite PBL saranno utili nella mia futura carriera professionale.
RUOLO DEL TUTOR	Il tutor svolge la funzione di incoraggiamento, aiuto e motivazione
	Il tutor guida i partecipanti del gruppo, favorisce momenti di scambio di opinioni ed esperienze sul problema da analizzare
	Il ruolo del tutor/facilitatore è stato fondamentale per il successo delle attività PBL.

ALLEGATO 2: *Questionario somministrato agli studenti per l'analisi esplorativa dei profili di esperienza della piattaforma Moodle. A.A.2024/25*

APPROCCIO PERSONALE	L'utilizzo della piattaforma è facile e immediato
	Sono state adottate tecnologie appropriate per favorire la comunicazione interpersonale
	La piattaforma consente lo svolgimento di attività cooperative tra i corsisti
	Le attività in presenza e quelle a distanza si integrano
	Ritengo l'interazione in piattaforma una modalità di comunicazione efficace e tempestiva
	La mia esperienza complessiva con Moodle è positiva.
STRUTTURA DEL CORSO	I materiali disponibili on line sono navigabili e fruibili facilmente (accesso, download -scaricamento-, stampa)
	[I contenuti in piattaforma risultano significativi rispetto alle finalità esplicite del corso di studi
	I contenuti in piattaforma risultano interessanti rispetto alle finalità del corso di studi
	Trovo facile navigare tra i vari corsi e sezioni su Moodle
	Le attività e le risorse di Moodle aiutano nella risoluzione del problema
	Le attività e le risorse di Moodle aiutano ad esplorare ed analizzare meglio ed il problema
FORUM	Partecipare alle attività di Moodle attraverso i forum è utile per le attività del corso
	L'attività svolta attraverso i forum favorisce un approfondimento circa la conoscenza del problema inerente un argomento specifico
	Il forum aiuta a fornire il proprio apporto personale, alla discussione di uno specifico problema inerente un argomento
	Il forum facilita la partecipazione tra colleghi stimolando ulteriori riflessioni utili alla risoluzione del problema proposto
DIARIO DI BORDO	Il "diario di bordo" [Il diario di bordo arricchisce l'esperienza di apprendimento
	Il "diario di bordo" [Il diario di bordo promuove ulteriori riflessioni utili all'analisi dei problemi proposti

ALLEGATO 3: *Questionario STEAM somministrato ai docenti impegnati nel percorso di ricerca-formazione*

QUESTIONARIO STEAM	FATTORI LATENTI
Sono capace di individuare situazioni-problema che suscitino curiosità negli alunni.	Asking
Riesco a formulare domande che spingono gli alunni a riflettere in profondità sui fenomeni scientifici.	Asking
So guidare gli alunni nell'organizzare i dati raccolti durante un'indagine.	Investigate & Creation
So aiutare gli alunni ad analizzare i risultati delle loro ricerche.	Investigate & Creation
Favorisco il confronto di idee tra alunni per risolvere un problema.	Discussion & Reflection
Promuovo la discussione su strategie e soluzioni alternative.	Discussion & Reflection
Stimolo gli alunni a riflettere su come usare ciò che hanno appreso nella vita quotidiana.	Relation with Daily Life
So collegare i contenuti della lezione a situazioni della vita reale.	Relation with Daily Life
Sono in grado di utilizzare le tecnologie digitali per pianificare le mie lezioni.	Teachers' Professional Digital Competence (TPDC)
Riesco a integrare strumenti digitali nelle mie attività di insegnamento.	Teachers' Professional Digital Competence (TPDC)
So utilizzare strumenti digitali per aumentare la motivazione degli studenti.	Teachers' Professional Digital Competence (TPDC)
So utilizzare strumenti digitali per comunicare con gli studenti.	Teachers' Professional Digital Competence (TPDC)
Riesco a comunicare e collaborare con i colleghi tramite piattaforme digitali.	Teachers' Professional Digital Competence (TPDC)
Sono aperto/a alla sperimentazione di nuove tecnologie nella didattica	Teachers' Professional Digital Competence (TPDC)
Sono in grado di creare materiali didattici digitali originali.	Teachers' Digital Content Development (TDCD)
So modificare e adattare contenuti digitali in base alle esigenze degli studenti.	Teachers' Digital Content Development (TDCD)
Riesco a integrare elementi multimediali (es. video, audio) nei miei materiali digitali.	Teachers' Digital Content Development (TDCD)
So condividere i miei materiali digitali con altri tramite piattaforme online.	Teachers' Digital Content Development (TDCD)
Integro conoscenze di scienze e matematica nella mia pratica didattica.	Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies (KN)
Applico conoscenze di scienze e matematica per spiegare principi tecnologici e ingegneristici.	Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies (KN)
Comprendo le connessioni tra concetti scientifici, tecnologici, ingegneristici e matematici.	Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies (KN)
Metto in relazione le esperienze di apprendimento degli studenti tra discipline scientifiche, tecnologiche e matematiche.	Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies (KN)
Utilizzo strategie didattiche che integrano più discipline STEM.	Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies (KN)
Conosco modelli didattici per l'integrazione delle discipline STEM.	Knowledge of Interdisciplinary and Related Pedagogical Strategies (KN)
Mi sento sicuro di integrare le conoscenze STEM durante l'insegnamento.	PSE (Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching)
Credo di saper progettare lezioni STEM efficaci.	PSE (Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching)
Mi sento sicuro di realizzare attività STEM basate su problemi.	PSE (Teachers' Self-Efficacy Beliefs to Perform STEM Teaching)

ALLEGATO 4: *Questionario IA somministrato ai docenti impegnati nel percorso di ricerca-formazione*

QUESTIONARIO IA	FATTORI LATENTI
So utilizzare facilmente gli strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Possiedo conoscenze e competenze sufficienti nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Riesco a progettare ambienti di apprendimento efficaci utilizzando strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Sono in grado di preparare contenuti didattici utilizzando strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Per ciascun obiettivo formativo, riesco a decidere quale strumento di intelligenza artificiale può essere utilizzato in modo più efficace.	Competence
So come ottenere supporto dagli strumenti di intelligenza artificiale per risolvere eventuali problemi che incontro.	Competence
Presto attenzione a utilizzare strumenti di intelligenza artificiale in modo che garantiscano la partecipazione attiva degli studenti alla lezione.	Competence
Sono pronto/a a produrre materiali didattici utilizzando strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Mi avvalgo degli strumenti di intelligenza artificiale per svolgere attività in classe.	Competence
Seguo da vicino gli sviluppi relativi agli strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Quando scelgo gli strumenti di intelligenza artificiale da utilizzare, considero gli obiettivi di apprendimento pertinenti.	Competence
Riesco ad accedere alle informazioni più rapidamente grazie agli strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Mi affido agli strumenti di intelligenza artificiale per risolvere i problemi che incontro nella vita quotidiana.	Competence
Sono disposto/a a preparare materiali didattici utilizzando strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Partecipo a seminari ed eventi sui nuovi strumenti di intelligenza artificiale per migliorare le mie competenze.	Competence
Ritengo necessario utilizzare strumenti di intelligenza artificiale nei corsi che insegno.	Competence
Penso che gli strumenti di intelligenza artificiale permettano di risparmiare tempo.	Competence
Ritengo che gli strumenti di intelligenza artificiale siano importanti per l'educazione.	Competence
Gli strumenti di intelligenza artificiale sono utili nella vita quotidiana.	Usefulness
Utilizzo strumenti di intelligenza artificiale per guidare gli studenti.	Usefulness
L'uso di strumenti di intelligenza artificiale aumenta le mie possibilità di risolvere i problemi che incontro.	Usefulness
L'uso di strumenti di intelligenza artificiale aumenta la mia produttività.	Usefulness
So utilizzare facilmente gli strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Possiedo conoscenze e competenze sufficienti nell'uso degli strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Riesco a progettare ambienti di apprendimento efficaci utilizzando strumenti di intelligenza artificiale.	Competence
Sono in grado di preparare contenuti didattici utilizzando strumenti di intelligenza artificiale.	Competence

ALLEGATO 5: *Traccia delle domande per le interviste*

DOMANDA 1	Descrivi l'attività che hai realizzato dopo la formazione, specificando obiettivi, contenuti, fasi di lavoro e modalità di organizzazione. Come hai progettato l'esperienza e quali strategie metodologiche hai scelto?
DOMANDA 2	Quali materiali manipolativi, strumenti digitali o risorse tecnologiche hai utilizzato? Perché li hai scelti e come li hai integrati nella didattica (creazione/adattamento di contenuti, gestione, collaborazione, sicurezza)? In cosa questa gestione differisce dalle tue pratiche abituali?
DOMANDA 3	In che modo gli studenti hanno esplorato, sperimentato, formulato ipotesi o risolto problemi? Puoi descrivere esempi concreti di attività investigative o di costruzione della conoscenza?
DOMANDA 4	Ci sono stati momenti di lavoro tra pari, confronto di idee o discussione collettiva? Come hai stimolato la curiosità e le domande degli studenti e come hai favorito la riflessione sui processi seguiti?
DOMANDA 5	Quali reazioni hai osservato negli studenti in termini di partecipazione, interesse e sicurezza? L'attività ha favorito l'inclusione di chi solitamente incontra difficoltà? Hai collegato i contenuti a esperienze quotidiane o situazioni reali?
DOMANDA 6	Hai incontrato difficoltà nella gestione di tempi, materiali, spazi o gruppi? Come le hai affrontate o le affronteresti in futuro?
DOMANDA 7	Ripensando all'esperienza, in che modo la formazione ha inciso sul tuo modo di progettare e gestire la didattica? Ti senti più competente o sicuro/a in qualche ambito (metodologico, digitale, STEM)? Cosa manterresti o cambieresti in futuro?

ALLEGATI 6-16: Interviste

ALLEGATO 6 - Intervista 1

Risposta 1. *“L’attività si è svolta in una classe quinta della scuola primaria all’interno di un’unità di geometria sui poligoni, con l’obiettivo di consolidare i concetti di lato, vertice e angolo attraverso un approccio laboratoriale. Ho progettato il lavoro in più fasi: una prima fase di introduzione teorica, seguita da attività manipolative di costruzione delle figure, poi un’esplorazione digitale e infine una rielaborazione concreta con materiali mobili. Gli studenti hanno lavorato in piccoli gruppi per favorire collaborazione e confronto.”*

Risposta 2. *“Ho utilizzato materiali manipolativi come das e stuzzicadenti per costruire le figure, successivamente la simulazione PHET Colorado per esplorare e confrontare visivamente le caratteristiche dei poligoni, e infine listelle di carta con chiodini mobili per trasformare le forme. Ho scelto questi strumenti per rendere i concetti più concreti e visibili e per integrare l’esperienza manuale con quella digitale. Rispetto alla mia pratica abituale, ho dedicato più tempo alla progettazione dei materiali e all’integrazione del digitale.”*

Risposta 3. *“Gli studenti hanno costruito e trasformato le figure, osservando come il cambiamento di lati e angoli producesse poligoni diversi. Con PHET hanno potuto confrontare visivamente le proprietà geometriche e verificare le loro ipotesi. L’attività li ha portati a sperimentare direttamente, manipolare, confrontare e riconoscere le caratteristiche delle figure.”*

Risposta 4. *“Il lavoro in piccoli gruppi ha favorito la collaborazione e il confronto tra compagni. Gli studenti hanno discusso sulle differenze tra le figure e posto domande spontanee. Ho incoraggiato il dialogo durante le attività e l’esplorazione guidata, stimolando la curiosità attraverso compiti pratici e osservazioni dirette.”*

Risposta 5. *“Ho osservato un alto livello di partecipazione e interesse. Gli studenti si sono mostrati curiosi e attivi, e anche alcuni alunni che solitamente incontrano difficoltà hanno partecipato con maggiore sicurezza. La possibilità di toccare e trasformare le figure ha reso i concetti più comprensibili e concreti, facilitando l’accesso a tutti.”*

Risposta 6. *“La principale difficoltà ha riguardato il tempo necessario per distribuire e raccogliere i materiali e la gestione dei gruppi. In futuro prevederei una migliore organizzazione degli spazi e ruoli più definiti per rendere il lavoro più fluido”*

Risposta 7. *“L’esperienza mi ha portato a valorizzare maggiormente la didattica laboratoriale e la manipolazione come strumenti per costruire concetti astratti. Mi sento più incline a progettare lezioni basate sull’esplorazione e sul confronto piuttosto che sulla trasmissione diretta. Riproporrei l’uso dei materiali manipolativi e delle strutture mobili, adattando eventualmente le fasi all’età degli studenti ed estendendo l’approccio ad altri contenuti geometrici.”*

ALLEGATO 7- Intervista 2

Risposta 1. *L'attività si è svolta in una classe quarta della scuola primaria durante un'unità di matematica dedicata ai poligoni, con particolare attenzione alla distinzione tra area e perimetro. Ho progettato una sequenza laboratoriale articolata in diverse fasi. Dopo una prima introduzione informale dei concetti, ho organizzato situazioni concrete per far emergere e ristrutturare le idee iniziali degli studenti. La classe è stata divisa in piccoli gruppi e il lavoro è proseguito con attività di esplorazione e confronto fino a una consegna finale.*

Risposta 2. *“Ho utilizzato cartoncini con diverse forme geometriche, carta quadrettata, righelli e spago per permettere agli studenti di misurare concretamente i lati, calcolare il contorno e contare lo spazio interno delle figure. Ho scelto questi materiali per rendere i concetti di area e perimetro visibili, così da permettere loro la costruzione del significato prima dell'uso delle formule. Questa attività ha richiesto un lavoro preparatorio più impegnativo rispetto a una lezione tradizionale, però ha favorito una partecipazione più attiva.”*

Risposta 3. *“Gli studenti hanno misurato i lati delle figure, calcolato il perimetro, contato i quadretti interni e confrontato figure con lo stesso perimetro ma area diversa e viceversa. Attraverso queste attività hanno potuto verificare concretamente le loro ipotesi e arrivare gradualmente a distinguere i due concetti. Successivamente hanno applicato quanto appreso nella progettazione di una abitazione su carta quadrettata.”*

Risposta 4. *“Il lavoro in piccoli gruppi ha favorito il confronto continuo. Gli studenti hanno messo a confronto le proprie ipotesi, rendendo espliciti i propri pensieri. Ho avviato l'attività con una domanda-problema legata a situazioni concrete. La domanda che ho posto a loro è: “Se devo comprare un tappeto per coprire il pavimento e costruire una recinzione intorno al giardino, sto misurando la stessa cosa o due cose diverse? Che cosa cambia?”. Ho poi incoraggiato il dialogo durante le fasi di esplorazione.”*

Risposta 5. *“Gli alunni si sono mostrati molto coinvolti e sorpresi nello scoprire che figure con lo stesso perimetro potevano avere aree diverse. Ho osservato una maggiore partecipazione attiva e un uso più preciso del linguaggio matematico, anche da parte di studenti che solitamente confondono area e perimetro. L'attività è partita da esempi quotidiani, come misurare lo spazio di un tappeto o la lunghezza di una recinzione, e il compito finale di progettazione ha permesso di applicare i concetti in un contesto reale.”*

Risposta 6. *“Alcuni gruppi hanno faticato a organizzare il lavoro e il conteggio dei quadretti ha richiesto tempi più lunghi del previsto. Ho gestito queste difficoltà attraverso il confronto tra pari e interventi mirati. In futuro prevederei tempi più distesi per rendere il lavoro più fluido.”*

Risposta 7. *“L’esperienza ha rafforzato la mia convinzione che i concetti matematici astratti diventino più comprensibili se sono costruiti a partire dall’esperienza concreta. In questa attività ho dato spazio alle ipotesi, alla discussione e alla verbalizzazione e non alla sola applicazione di procedure. Manterrei la struttura cooperativa, adattando materiali e consegne in base all’età degli studenti, perché favorisce una comprensione migliore a lungo termine.”*

ALLEGATO 8 - Intervista 3

Risposta 1. *“L’attività si è inserita in un percorso di scienze sullo studio dei pianeti e delle forze che regolano il loro movimento, con l’obiettivo di introdurre e far comprendere il concetto di forza che mantiene i pianeti in orbita. Ho progettato l’esperienza come una sequenza in più momenti: una situazione-problema iniziale con un’esperienza concreta (pallina e corda) per attivare ipotesi e osservazioni, una discussione collettiva sulle evidenze emerse, e poi una fase di esplorazione guidata con simulazione alla LIM, supportata da una scheda di osservazione. La progressione è stata pensata per collegare continuamente ciò che gli studenti osservavano nel digitale con l’analogia concreta iniziale, costruendo gradualmente il significato fisico dei fenomeni.”*

Risposta 2. *“Ho utilizzato un materiale semplice (una pallina legata a una corda) come modello analogico per rendere intuibile l’idea di vincolo e traiettoria, e poi un simulatore PhET alla LIM dedicato al sistema Terra-Sole. Nel simulatore gli studenti hanno esplorato scenari variando parametri indicati nella scheda di osservazione (massa della Terra, massa del Sole, distanza, velocità), così da osservare effetti e relazioni non riproducibili in classe con esperimenti reali. La scheda di osservazione è stata integrata per un confronto tra condizioni registrate su carta e verbalizzazione di ciò che veniva osservato.”*

Risposta 3. *“Nella fase iniziale gli studenti hanno formulato ipotesi su cosa sarebbe accaduto alla pallina durante la rotazione e su cosa sarebbe successo se il vincolo fosse venuto meno. L’osservazione dell’esperimento ha permesso di confrontare previsioni e risultati. Successivamente, nella simulazione, gli studenti hanno investigato cosa accade al variare dei parametri: hanno verificato come l’aumento della massa del Sole rendesse l’orbita più stretta e stabile, mentre la sua diminuzione favorisse l’allontanamento; hanno osservato come la riduzione della velocità potesse portare la Terra a “cadere” verso il Sole. In questo processo hanno costruito spiegazioni progressivamente più coerenti e hanno iniziato a utilizzare termini come “attrazione” e “forza”. ”*

Risposta 4. *“L’attività è partita senza spiegazioni immediate, proprio per incuriosirli e attivare il confronto sulle osservazioni. Dopo l’esperimento con la pallina ho guidato una discussione collettiva su ciò che avevano visto, e durante l’esplorazione con PhET ho aiutato i ragazzi a*

riflettere e a collegare ciò che accadeva sullo schermo con l'analogia iniziale. Le variazioni dei parametri hanno generato confronti tra pari, soprattutto quando la velocità veniva ridotta fino ad annullarsi e il pianeta "cadeva" verso il Sole. Questo costringeva gli studenti a rivedere spiegazioni troppo semplici e a considerare più grandezze in gioco."

Risposta 5. *"Gli studenti si sono mostrati interessati e curiosi, soprattutto perché potevano verificare cosa accadeva modificando i parametri e osservando cambiamenti immediati nell'orbita. L'effetto sorpresa è stato particolarmente forte sia nell'esperimento iniziale in classe sia nella simulazione, ad esempio quando la Terra "cadeva" verso il Sole. Quello che ritengo significativo per i miei studenti è l'analogia concreta e osservabile (pallina e corda) usata come ponte verso un fenomeno non direttamente esperibile in classe (orbite planetarie)."*

Risposta 6. *"Una difficoltà emersa è che alcuni studenti tendevano inizialmente a confondere massa e velocità e attribuivano gli effetti osservati a un solo fattore, senza cogliere che l'orbita dipende dall'equilibrio tra più grandezze. Queste difficoltà, però, sono state trasformate in occasioni di confronto con la classe e hanno alimentato discussioni utili per chiarire gradualmente le relazioni tra variabili."*

Risposta 7. *"L'esperienza ha rafforzato la mia fiducia nell'uso di piattaforme digitali per esplorare concetti astratti come la gravità e mi ha reso più consapevole del valore del tempo dedicato all'osservazione e alla discussione guidata come elementi centrali nella costruzione del significato. In futuro terrei la stessa struttura, alternando esperienza concreta in classe, simulazione e riflessione guidata. Penso che questo tipo di attività favorisca una comprensione più solida dei fenomeni scientifici e renda gli studenti più consapevoli del proprio apprendimento."*

ALLEGATO 9 - Intervista 4

Risposta 1. *"Ho progettato il percorso partendo da una domanda guida: cosa serve davvero a una pianta per crescere? Ho scelto il metodo IBSE perché volevo che i bambini arrivassero alle conclusioni attraverso osservazione e confronto e non tramite spiegazione frontale. Ho organizzato il lavoro in gruppi, ciascuno identificato con una stagione, e ho costruito una sequenza: previsione iniziale, sperimentazione controllata, osservazioni periodiche e discussione finale. Ho evitato di anticipare le risposte, limitandomi a porre domande di rilancio."*

Risposta 2. *"Abbiamo usato fagioli, cotone, acqua, vaschette per piante e piccole cassette colorate per simulare diverse condizioni di luce. La fonte luminosa era naturale e in parte artificiale. Non ho utilizzato strumenti digitali complessi: la scelta era intenzionale per privilegiare osservazione diretta e manualità. I bambini registravano i dati sul quaderno scientifico ogni tre giorni. Rispetto*

alle mie pratiche abituali ho ridotto le spiegazioni iniziali e aumentato il tempo di esplorazione autonoma e di raccolta dati.”

Risposta 3. *“Prima di iniziare hanno formulato ipotesi su quale pianta sarebbe cresciuta meglio. Durante l’esperimento hanno confrontato altezze, colore delle foglie e tempi di germinazione. Alcuni gruppi hanno scoperto che troppa acqua faceva marcire il seme e hanno modificato spontaneamente il modo di annaffiare. La conoscenza è emersa progressivamente: dopo due settimane hanno iniziato a collegare luce e fotosintesi anche senza conoscere ancora il termine scientifico.”*

Risposta 4. *“Ogni osservazione si concludeva con una breve discussione tra gruppi. Io chiedevo cosa notate di diverso rispetto agli altri? oppure perché secondo voi è successo? Le domande dei bambini nascevano spontaneamente, soprattutto quando vedevano risultati opposti alle aspettative. Alla fine, abbiamo costruito insieme una tabella riassuntiva e una spiegazione condivisa.”*

Risposta 5. *“Il coinvolgimento è stato molto alto e anche gli alunni solitamente passivi hanno partecipato perché avevano un compito concreto. Alcuni hanno raccontato esperienze dell’orto dei nonni o delle piante in casa. L’attività ha favorito l’inclusione perché ogni bambino poteva contribuire con osservazioni semplici ma significative.”*

Risposta 6. *“La difficoltà principale è stata mantenere la costanza delle osservazioni e ricordare ai gruppi le condizioni assegnate. Ho creato un cartellone riepilogativo visibile in aula e assegnato ruoli nel gruppo. In futuro preparerei meglio gli spazi per evitare spostamenti delle vaschette.”*

Risposta 7. *“La formazione mi ha reso più sicura nel lasciare tempo all’esplorazione e nel non intervenire subito con spiegazioni. Mi sento più competente nella gestione della discussione scientifica e nella valutazione formativa. Manterrei la struttura IBSE e inserirei una fase finale di rappresentazione grafica dei dati per rendere più chiaro il ragionamento scientifico.”*

ALLEGATO 10 - Intervista 5

Risposta 1. *“L’attività si è svolta in una classe terza durante l’ora di religione e ha riguardato la narrazione della creazione del mondo in sette giorni. L’obiettivo era rendere il contenuto più comprensibile e partecipato attraverso una costruzione attiva della storia. Ho progettato una sequenza in tre fasi: familiarizzazione con lo strumento, costruzione collettiva della narrazione e verifica finale. Ho scelto una strategia di apprendimento attivo basata su guida e domande di stimolo, evitando la spiegazione frontale continua.”*

Risposta 2. *“Ho utilizzato Scratch Junior come ambiente di coding. Ho mostrato i blocchi di base e poi li abbiamo utilizzati per rappresentare ogni giorno della creazione. Lo strumento è stato*

usato come linguaggio per esprimere i contenuti disciplinari e non solo come attività tecnica. Rispetto alle mie pratiche abituali ho ridotto la spiegazione orale e ho affidato maggiormente la comprensione alla costruzione operativa.”

Risposta 3. *“Gli studenti sceglievano personaggi e azioni e osservavano immediatamente il risultato. Quando la sequenza non funzionava come previsto proponevano modifiche ai blocchi. Hanno iniziato a prevedere cosa sarebbe successo prima di avviare l’animazione e a ragionare in termini di ordine temporale e causa-effetto.”*

Risposta 4. *“La costruzione della storia è stata collettiva. Ogni bambino proponeva come rappresentare un giorno della creazione e la classe decideva insieme la sequenza più coerente. Ho stimolato la riflessione chiedendo perché un’azione dovesse venire prima di un’altra e cosa sarebbe successo modificando i blocchi.”*

Risposta 5. *“Ho osservato molto coinvolgimento e partecipazione anche nei bambini più timidi, perché il risultato era immediatamente visibile. L’attività ha favorito l’inclusione: ciascuno contribuiva alla costruzione della storia con una scelta operativa. La narrazione è diventata più concreta e comprensibile.”*

Risposta 6. *“Le difficoltà principali riguardavano la gestione dei turni e la comprensione iniziale dei blocchi. Ho rallentato il ritmo, mostrato esempi e valorizzato l’osservazione del lavoro dei compagni come supporto reciproco.”*

Risposta 7. *“L’esperienza mi ha fatto considerare il coding come linguaggio espressivo per rielaborare contenuti disciplinari. Mi sento più sicuro nella gestione di attività attive e collaborative. In futuro manterrei la costruzione narrativa ma organizzerei il lavoro in piccoli gruppi per aumentare autonomia e collaborazione.”*

ALLEGATO 11 - Intervista 6

Risposta 1. *“Ho realizzato in una classe prima l’attività “AI for Oceans” di Code.org per introdurre il tema dell’inquinamento marino e il funzionamento dell’intelligenza artificiale. L’obiettivo era far comprendere come una macchina apprende dai dati forniti dalle persone. Ho progettato il lavoro in tre fasi: discussione iniziale sul concetto di addestramento dell’intelligenza artificiale con esempi di vita quotidiana (ad esempio l’addestramento di un cane che prima di eseguire delle istruzioni ha bisogno di tempo e addestramento per poterle eseguire correttamente), attività guidata al computer in cui i bambini fornivano esempi al sistema, riflessione finale sui risultati. Ho scelto una strategia attiva basata su esplorazione guidata e domande stimolo, evitando spiegazioni puramente teoriche.”*

Risposta 2. *“Ho utilizzato computer o tablet con la piattaforma AI for Oceans. I bambini classificavano immagini per insegnare al robot a distinguere pesci e rifiuti. Lo strumento digitale è stato integrato come ambiente di costruzione della conoscenza. Rispetto alle mie pratiche abituali, gli alunni non eseguivano consegne ma producevano dati osservandone gli effetti immediati.”*

Risposta 3. *“I bambini decidevano quali immagini fornire al sistema e osservavano come cambiavano le classificazioni. Quando il robot sbagliava, modificavano gli esempi cercando di migliorarne il comportamento. Hanno iniziato a ipotizzare quali caratteristiche rendessero un oggetto un rifiuto e a verificare le proprie idee attraverso prove successive.”*

Risposta 4. *“I bambini hanno discusso tra loro su come classificare le immagini e hanno motivato le scelte prima di inserirle.”*

Risposta 5. *“Ai bambini è piaciuta molto questa esperienza. Anche gli alunni più insicuri partecipavano perché potevano contribuire proponendo esempi. Il collegamento con l'inquinamento del mare ha reso l'attività significativa e ha stimolato riflessioni su comportamenti quotidiani legati ai rifiuti.”*

Risposta 6. *“All'inizio alcuni bambini non riuscivano a fornire i comandi corretti e il robot classificava male. Ho chiesto loro di confrontarsi e motivare le scelte prima di inserirle. Ho spiegato loro, in una fase finale dell'attività, che bisognava essere tutti d'accordo nella classificazione degli oggetti per far comprendere che un dato soggettivo non è contemplato dall'IA. Solo una informazione oggettiva era possibile fornire al robot affinché lui potesse selezionare un rifiuto da un non rifiuto.”*

Risposta 7. *“In futuro manterrei l'impostazione esplorativa e riflessiva perché è stata un'attività proposta in forma sequenziale, con livelli di difficoltà via via crescenti e questo è stato stimolante per i bambini.”*

ALLEGATO 12 - Intervista 7

Risposta 1. *“L'attività si è svolta in una classe prima della scuola primaria all'interno di un percorso di consolidamento sugli insiemi e sul conteggio entro il 10. L'obiettivo era aiutare i bambini a riconoscere piccole quantità, raggruppare oggetti e contare in modo più sicuro, non solo in modo meccanico ma anche comprendendo il significato di azioni come “mettere insieme” o “separare”. Ho progettato il lavoro in più fasi. All'inizio siamo partiti da situazioni molto vicine alla loro esperienza, per esempio contare i pennarelli sul banco, le merende o i bambini presenti e assenti. Poi ho presentato la simulazione PhET, usando prima la LIM per mostrare come spostare gli oggetti e creare gruppi. In un secondo momento i bambini hanno lavorato a turno e uno per*

volta con me alla LIM. Infine, abbiamo concluso con una discussione collettiva, in cui ogni bambino spiegava come aveva contato e quali difficoltà aveva incontrato. Ho scelto una strategia attiva e molto guidata, perché in prima i bambini hanno bisogno di fare, vedere e verbalizzare.”

Risposta 2. “Ho utilizzato la simulazione PhET ma prima ho fatto anche un breve richiamo con materiali concreti, come tappi colorati e matite, per collegare l’esperienza digitale a qualcosa di familiare. Ho scelto PhET perché permette ai bambini di trascinare oggetti, creare gruppi e cambiare rapidamente le quantità, e questo li aiuta a vedere il numero come qualcosa che rappresenta una quantità reale. Ho dovuto organizzare bene i tempi e dare regole semplici per l’uso del tablet, perché a questa età l’aspetto di gioco è molto forte e c’è il rischio che si concentrino solo sul movimento degli oggetti. Rispetto alle mie pratiche abituali, in cui uso più spesso schede o materiali fisici, qui ho notato che la piattaforma rendeva più facile ripetere le prove e correggersi subito.”

Risposta 3. “I bambini esploravano la simulazione creando gruppi di oggetti e cercando di capire quanti elementi c’erano. Prima di contare, spesso chiedevo loro di fare una previsione: “Secondo te sono più o meno di cinque?” oppure “Se aggiungo un oggetto cosa succede?”. Alcuni bambini iniziavano a contare a uno a uno, altri invece riconoscevano subito piccole quantità. In alcuni momenti abbiamo lavorato anche su richieste precise, per esempio “costruisci un insieme con 7 elementi” oppure “fai due gruppi diversi che abbiano la stessa quantità”. In questo senso non si sono limitati a contare, ma hanno cominciato a costruire il significato di numero e di insieme.”

Risposta 4. “I bambini si confrontavano spesso, soprattutto quando uno contava in un modo e l’altro in un modo diverso. Io intervenivo con domande molto semplici, ad esempio: “Come hai fatto a sapere che erano otto?” oppure “Se li metti vicini cambia il numero?”. Questo li aiutava a capire che la quantità non cambia se cambia solo la disposizione. Durante la discussione collettiva, alcuni bambini hanno mostrato alla classe il loro modo di contare. Altri facevano domande ai compagni o dicevano che avevano trovato un modo più veloce. La curiosità nasceva proprio dal fatto che vedevano subito l’effetto delle loro azioni sullo schermo e volevano capire se il loro ragionamento era corretto.”

Risposta 5. “I bambini hanno partecipato con entusiasmo e non solo. Ho osservato anche una crescita nella sicurezza, soprattutto in alcuni bambini che di solito esitano quando devono contare ad alta voce. Il fatto di poter vedere gli oggetti e spostarli li aiutava a sentirsi più sicuri. Anche gli alunni con maggiori difficoltà riuscivano a partecipare, perché l’attività non richiedeva subito scrittura o astrazione, ma partiva da azioni concrete. Abbiamo fatto molti collegamenti con la vita quotidiana: contare i biscotti da distribuire, le costruzioni in una scatola, le figurine o i frutti in

un cesto. Questo ha aiutato i bambini a capire che contare non è solo un esercizio scolastico, ma qualcosa che fanno ogni giorno.”

Risposta 6. *“La difficoltà principale è stata che alcuni bambini volevano toccare continuamente lo schermo senza aspettare il compagno; quindi, all’inizio il lavoro non era semplice. Inoltre, qualcuno si concentrava più sul trascinare gli oggetti che sul contarli. Ho anche rallentato il ritmo dell’attività e inserito momenti di stop in cui tutti guardavano la LIM e verbalizzavano insieme. In futuro organizzerei meglio i turni e forse preparerei piccole schede di supporto con consegne molto brevi e immagini.”*

Risposta 7. *“Questa esperienza mi ha fatto capire che anche con bambini molto piccoli il digitale può essere uno strumento serio di apprendimento e non solo qualcosa di motivante. Ho cercato di farli osservare di più e di far emergere le loro strategie. In futuro manterrei il collegamento con la vita quotidiana e la discussione finale.”*

ALLEGATO 13 - Intervista 8

Risposta 1. *“L’attività si è svolta in una classe seconda della scuola primaria all’interno di un percorso di consolidamento delle addizioni e sottrazioni entro il 20. L’obiettivo era far capire meglio ai bambini cosa succede quando una quantità aumenta o diminuisce, non solo a livello di calcolo scritto ma come cambiamento reale. Ho progettato la lezione partendo da problemi vicini alla loro esperienza, ad esempio distribuire caramelle, togliere figurine da un mucchietto o aggiungere matite in un astuccio. Dopo una breve conversazione iniziale ho utilizzato una simulazione PhET che permetteva di aggiungere e togliere oggetti e vedere subito come cambiava il totale. Ho organizzato l’attività in quattro momenti: richiamo di una situazione concreta, esplorazione guidata alla LIM, lavoro a piccoli gruppi e discussione finale. Ho scelto una strategia basata su previsione, verifica e spiegazione, perché volevo che i bambini non dessero solo il risultato ma motivassero le loro risposte.”*

Risposta 2. *“Ho utilizzato la simulazione PhET alla LIM. In un primo momento ho affiancato anche materiali concreti, come bottoni colorati e carte con piccole situazioni-problema, per aiutare i bambini a collegare il digitale a un’esperienza reale. Ho scelto la simulazione perché permette di visualizzare in modo chiaro l’azione di aggiungere e togliere, e quindi aiuta molto i bambini che ancora hanno bisogno di vedere prima di astrarre. L’ho integrata nella didattica non come esercizio finale ma come ambiente centrale di lavoro, in cui i bambini potevano fare prove, correggersi e discutere. Ho predisposto consegne brevi, ad esempio “Parti da 8, aggiungi 4” oppure “Parti da 13, toglì 5 e spiega cosa hai fatto”. Rispetto alle mie pratiche abituali, qui ho lavorato meno con la scheda e più con l’osservazione delle strategie dei bambini.”*

Risposta 3. *“Gli studenti non si limitavano a fare il calcolo, ma prima facevano una previsione. Chiedevo spesso: “Secondo te quanti ne rimangono?” oppure “Cosa succede se invece di aggiungerne due ne aggiungiamo quattro?”. Alcuni bambini provavano prima mentalmente, poi verificavano con la simulazione. Altri invece partivano dall’azione sullo schermo e poi spiegavano il risultato. Un esempio interessante è stato quando ho chiesto di ottenere lo stesso totale partendo da numeri diversi: alcuni hanno capito che si possono fare percorsi diversi per arrivare allo stesso risultato. In questo modo hanno cominciato a vedere l’operazione come trasformazione e non solo come risposta da scrivere.”*

Risposta 4. *“Sì, i bambini hanno lavorato in piccoli gruppi e il confronto è stato costante. Spesso uno proponeva un’operazione e gli altri dicevano se, secondo loro, il risultato era giusto oppure no. Quando c’erano opinioni diverse, chiedevo di motivare. Ho usato domande semplici ma frequenti, come: “Perché pensi che il numero diventi più piccolo?” oppure “Se togliamo ancora un oggetto cosa succede?”. Questo ha favorito non solo il calcolo ma anche la riflessione sul significato dell’operazione. Nella discussione finale alcuni gruppi hanno mostrato alla classe strategie diverse per arrivare allo stesso risultato.”*

Risposta 5. *“Ho osservato un livello di partecipazione molto alto. Alcuni alunni che normalmente si bloccano davanti al calcolo scritto si sono sentiti più sicuri, perché potevano ragionare partendo da oggetti visibili e da situazioni familiari. Anche gli alunni con più difficoltà riuscivano a entrare nell’attività, perché il supporto visivo li aiutava molto. I collegamenti con la quotidianità sono stati continui. Questo ha reso il contenuto più concreto e meno astratto.”*

Risposta 6. *“La difficoltà principale è stata che alcuni bambini volevano procedere molto velocemente, cliccando senza fermarsi a pensare. In questi casi ho chiesto di fermarsi e verbalizzare prima dell’azione. Un’altra difficoltà è stata la gestione del lavoro di gruppo, perché alcuni bambini tendevano a prendere il controllo del tablet mentre altri restavano in silenzio. Ho cercato di risolvere assegnando ruoli, per esempio chi manovrava, chi osservava e chi spiegava. In futuro preparerei ruoli ancora più chiari e forse tempi più brevi ma con consegne più frequenti.”*

Risposta 7. *“La formazione mi ha aiutato a vedere il digitale come uno strumento per far ragionare i bambini, non solo per renderli più motivati. Mi sento più sicura nel costruire attività in cui i bambini prevedono, provano, sbagliano e spiegano. Prima usavo il digitale soprattutto per rinforzo o esercizio, mentre ora lo penso di più come spazio di esplorazione. In futuro manterrei il collegamento con problemi reali, la previsione prima dell’azione e la discussione finale. Cambierei solo l’organizzazione dei gruppi, per rendere tutti ancora più partecipi.”*

Risposta 1. *“L’attività si è svolta in una classe terza della scuola primaria all’interno di un percorso di consolidamento della moltiplicazione come gruppi uguali. L’obiettivo era far capire ai bambini che moltiplicare non significa solo ricordare una tabellina, ma anche pensare a una situazione in cui una stessa quantità si ripete più volte. Ho progettato l’esperienza partendo da esempi molto semplici, come preparare sacchetti con lo stesso numero di caramelle oppure sistemare sedie in file uguali. Dopo questa introduzione, ho usato una simulazione PhET che permetteva di creare gruppi di oggetti e visualizzare subito il totale. L’attività è stata organizzata in più momenti: prima il richiamo alla situazione concreta, poi una breve dimostrazione alla LIM, e infine una discussione finale in cui i bambini spiegavano come avevano trovato il totale. Ho scelto un approccio attivo, basato sull’osservazione e sul confronto di strategie, perché volevo che il concetto di moltiplicazione emergesse dai raggruppamenti e non da una definizione data subito.”*

Risposta 2. *“Ho utilizzato la simulazione PhET alla LIM. Prima di passare al digitale ho anche mostrato alcuni esempi con oggetti reali, come tappi e cubetti, per aiutare i bambini a riconoscere i gruppi uguali. Ho scelto la simulazione perché permette di costruire rapidamente molti raggruppamenti e di vedere subito il totale, senza dover ogni volta ricominciare da capo. Ho preparato piccole consegne, per esempio “costruisci 4 gruppi da 3” oppure “trova due modi diversi per ottenere 12”. Questo ha aiutato i bambini a capire che ci possono essere più rappresentazioni dello stesso numero. Rispetto alle mie pratiche abituali, qui ho dato meno spazio alla ripetizione delle tabelline e più spazio all’esplorazione visiva e alla spiegazione del ragionamento.”*

Risposta 3. *“Alcuni bambini hanno iniziato a capire che 3 gruppi da 4 e 4 gruppi da 3 danno lo stesso totale, anche se la disposizione cambia. Questo è stato un passaggio importante, perché li ha portati a riflettere in modo più profondo sul significato dell’operazione. Un’altra attività interessante è stata chiedere di ottenere lo stesso numero con gruppi diversi: per esempio arrivare a 12 con 2 gruppi da 6, 3 gruppi da 4 o 4 gruppi da 3. In questo modo i bambini hanno costruito il concetto attraverso prove e confronti.”*

Risposta 4. *“Sì, il confronto tra pari è stato molto presente. I bambini discutevano su quale fosse il modo più semplice per arrivare a un certo totale. Io intervenivo con domande come: “Come hai fatto a sapere che fanno 15?” oppure “Secondo te cambia qualcosa se giri i gruppi?”. Queste domande stimolavano curiosità e spesso portavano i bambini a voler provare altre combinazioni. Durante la discussione finale, alcuni hanno spiegato alla classe che avevano trovato risultati uguali con gruppi disposti in modi diversi. Questo ha favorito una riflessione non solo sul risultato, ma anche sul processo usato per arrivarci.”*

Risposta 5. *“I bambini si sono mostrati molto coinvolti, soprattutto perché l’attività li aiutava a vedere la moltiplicazione in modo concreto. Anche alcuni alunni che di solito vivono la matematica con più fatica hanno partecipato con maggiore sicurezza, perché non dovevano partire subito da un simbolo astratto, ma da gruppi visibili. Ho notato che alcuni bambini hanno spontaneamente collegato l’attività a situazioni reali, come preparare pacchetti con lo stesso numero di biscotti, sistemare sedie in file o mettere bottiglie in cassette uguali. Questo ha reso la moltiplicazione più vicina alla loro esperienza quotidiana.*

Risposta 6. *“La difficoltà principale è stata che alcuni bambini confondevano il numero dei gruppi con il numero degli oggetti in ogni gruppo. Per esempio, dicevano “3 gruppi da 4” ma poi costruivano 4 gruppi da 3. In questi casi ho chiesto loro di fermarsi e spiegare a voce quello che stavano facendo. Un’altra difficoltà è stata che alcuni tendevano a contare tutto da capo ogni volta, anche quando cominciavano a intuire il raggruppamento.”*

Risposta 7. *“Questa esperienza mi ha aiutato a vedere la moltiplicazione non solo come contenuto da esercitare, ma come concetto da far costruire ai bambini. Mi sento più sicura con l’uso del digitale in classe per visualizzare idee matematiche e nel lasciare più spazio alle strategie degli alunni. La formazione mi ha fatto capire che non serve spiegare tutto all’inizio: a volte è più utile far osservare, confrontare e verbalizzare. In futuro manterrei sicuramente il collegamento con i contesti reali di vita quotidiana e il sostegno di piattaforme come PhET per una didattica inclusiva.”*

ALLEGATO 15 - Intervista 10

Risposta 1. *“L’attività si è svolta in una classe quarta della scuola primaria all’interno di un percorso di consolidamento del concetto di frazione, in particolare del significato di metà, terzi, quarti e del confronto tra frazioni diverse. Ho progettato l’esperienza partendo da un contesto molto vicino ai bambini, cioè la divisione di una pizza, di una torta o di una tavoletta di cioccolato tra amici. L’obiettivo era far capire che la frazione non è solo un numero scritto in un certo modo, ma una relazione tra il tutto e le sue parti. Ho organizzato l’attività in quattro momenti: una conversazione iniziale su esperienze reali di divisione, una fase dimostrativa alla LIM con la simulazione PhET e infine una riflessione collettiva. Ho scelto una strategia basata su osservazione, confronto e verbalizzazione, perché le frazioni spesso vengono memorizzate in modo meccanico, mentre io volevo che i bambini ne comprendessero il significato.”*

Risposta 2. *“Ho utilizzato la simulazione PhET su tablet e alla LIM. In un primo momento ho fatto un richiamo con materiali semplici, per esempio disegni di pizze e torte su cartoncino, per aiutare i bambini a collegare il digitale a immagini familiari. Ho scelto PhET perché consente di dividere*

figure in parti uguali, modificare la rappresentazione e vedere subito la frazione corrispondente. L'ho integrata preparando consegne come "dividi il tutto in quattro parti uguali", "mostra tre quarti", "confronta un mezzo e due quarti" oppure "trova un modo diverso di rappresentare la stessa quantità". Rispetto alle mie pratiche abituali, qui ho lavorato meno sul libro e più sulla manipolazione e sul confronto visivo. Ho notato che questo ha aiutato molto i bambini a non vedere numeratore e denominatore come parole astratte."

Risposta 3. *"Gli studenti hanno esplorato la simulazione dividendo figure diverse e osservando come cambiava la frazione. In alcuni casi chiedevo di fare una previsione prima: "Secondo te è più grande un mezzo o due quarti?" oppure "Se divido la pizza in otto parti e ne prendo quattro, cosa succede?". Poi verificavano nella simulazione. Alcuni bambini hanno scoperto da soli che frazioni apparentemente diverse potevano rappresentare la stessa quantità, per esempio un mezzo e due quarti. Questo è stato un passaggio importante, perché non è nato da una regola spiegata da me, ma dall'osservazione e dal confronto tra rappresentazioni. In un'altra fase ho chiesto di mostrare la stessa quantità in modi diversi e questo ha fatto emergere la costruzione graduale del concetto di equivalenza."*

Risposta 4. *"Il confronto è stato continuo. Spesso uno sosteneva che una frazione fosse più grande e l'altro non era d'accordo; quindi, erano costretti a verificare e spiegare. Io facevo domande come: "Perché pensi che tre ottavi sia più grande di un quarto?" oppure "Conta di più il numero sopra o il numero sotto?". Queste domande li aiutavano a non fermarsi alla forma scritta, ma a ragionare sul significato. Durante la discussione collettiva alcuni bambini hanno mostrato alla classe che lo stesso "pezzo di pizza" si poteva descrivere con frazioni diverse. Questo momento è stato molto utile per la riflessione, perché ha reso visibili i processi e i dubbi emersi durante il lavoro."*

Risposta 5. *"I bambini hanno partecipato con molto interesse perché il collegamento con la pizza, la torta e il cioccolato era immediato. Le frazioni, che spesso risultano difficili e astratte, in questo modo sono diventate molto più concrete. Il supporto visivo della simulazione aiutava a capire meglio. Alcuni bambini che di solito confondono numeratore e denominatore sono riusciti a spiegare la differenza partendo dall'immagine. Il collegamento con la vita quotidiana è stato continuo: dividere una pizza tra amici, spartire una torta in famiglia, distribuire una tavoletta di cioccolato in parti uguali. Questo ha reso il concetto più vicino alla loro esperienza e più facile da verbalizzare."*

Risposta 6. *"La difficoltà principale è stata che alcuni bambini continuavano a guardare soprattutto i numeri scritti e non l'immagine, quindi davano risposte meccaniche. In questi casi li ho invitati a fermarsi e a spiegare cosa vedevano, non solo cosa leggevano. Un'altra difficoltà è*

stata il ritmo diverso di apprendimento e ho gestito la situazione preparando consegne aggiuntive per chi procedeva più velocemente, per esempio cercare due frazioni equivalenti o rappresentare lo stesso valore in modi diversi. In futuro organizzerei meglio i tempi e forse preparerei una scheda di accompagnamento con meno esercizi ma più spazio per la spiegazione.”

Risposta 7. *“La formazione mi ha aiutato a capire che il digitale può essere molto utile per visualizzare concetti che sul quaderno restano troppo astratti. Prima tendevo a spiegare la frazione e poi a farla applicare; adesso cerco di farla emergere dall’osservazione.”*

ALLEGATO 16 - Intervista 11

Risposta 1. *“L’attività si è svolta in una classe quinta della scuola primaria all’interno di un percorso di consolidamento della differenza tra area e perimetro, un argomento sul quale i bambini fanno spesso confusione. L’obiettivo era far capire in modo più chiaro che il perimetro riguarda il contorno di una figura, mentre l’area riguarda lo spazio occupato. Ho progettato l’attività partendo da esempi quotidiani: costruire una recinzione intorno a un giardino e coprire il pavimento di una stanza con un tappeto. Dopo questa introduzione ho usato una simulazione PhET che permetteva di modificare la forma e le dimensioni di figure geometriche osservando come cambiavano area e perimetro. L’attività è stata organizzata in più fasi: una conversazione iniziale su esperienze reali, una dimostrazione alla LIM, il lavoro a piccoli gruppi sui tablet e una discussione finale. Ho scelto una metodologia esplorativa, perché volevo che gli studenti vedessero con i propri occhi che due figure possono avere lo stesso perimetro ma area diversa, oppure la stessa area ma perimetro diverso.”*

Risposta 2. *“Ho utilizzato la simulazione PhET su tablet e alla LIM. Prima del lavoro digitale ho fatto un richiamo con figure disegnate su quadretti e con esempi concreti, come la piantina di una stanza o il disegno di un giardino, per far partire i bambini da qualcosa di comprensibile. Ho scelto PhET perché consente di modificare facilmente le figure e di osservare in tempo reale come cambiano i valori di area e perimetro. Ho preparato consegne come “costruisci due figure con lo stesso perimetro ma area diversa” oppure “trova due figure con la stessa area ma contorni diversi”. Rispetto alle mie pratiche abituali, qui il digitale ha sostituito in parte la semplice applicazione di formule, mettendo al centro l’esplorazione e il confronto. I bambini dovevano lavorare insieme, discutere e giustificare le loro scelte, quindi la tecnologia è stata usata come strumento di ragionamento e non solo di visualizzazione.”*

Risposta 3. *“Gli studenti hanno iniziato facendo ipotesi. Per esempio, alcuni pensavano che se una figura diventava più lunga allora aumentassero sempre sia area sia perimetro nello stesso modo. Con la simulazione hanno potuto verificare che non era sempre così. Un’attività che ha*

funzionato molto bene è stata chiedere di costruire due figure con perimetro uguale ma area diversa. Alcuni bambini all'inizio erano convinti che fosse impossibile, poi facendo prove hanno visto che era possibile. Un altro compito era trovare il modo di cambiare una figura mantenendo la stessa area. Questo li ha portati a osservare e a discutere con più attenzione. Non si sono limitati a calcolare, ma hanno costruito il significato dei due concetti attraverso tentativi, errori e verifiche.”

Risposta 4. *“I bambini lavoravano in gruppi e spesso non erano d'accordo su cosa sarebbe successo modificando la figura. Io facevo domande come: “Secondo voi, se allungo un lato che cosa cambia davvero?” oppure “State misurando il bordo o lo spazio dentro?”. Queste domande li aiutavano a riflettere e a non confondere i due concetti. Nella discussione collettiva finale ogni gruppo mostrava alla classe una figura costruita e spiegava il ragionamento seguito, perché i bambini dovevano raccontare non solo il risultato trovato ma anche come ci erano arrivati.”*

Risposta 5. *“Ho osservato molta partecipazione e interesse, soprattutto perché il legame con situazioni reali era forte. Quando parlavamo del tappeto da comprare o della recinzione da costruire, i bambini capivano subito che si tratta di due misure diverse. Anche gli alunni che di solito fanno confusione tra area e perimetro hanno mostrato più sicurezza, perché la simulazione rendeva i cambiamenti molto visibili.”*

Risposta 6. *“La difficoltà principale è stata che alcuni gruppi si concentravano più sulla modifica della figura che sulla spiegazione di ciò che stava succedendo. In questi casi li fermavo e chiedevo di verbalizzare prima di continuare. In futuro forse darei una scheda più strutturata, con spazi precisi per annotare ipotesi, osservazioni e conclusioni, così da rendere il lavoro ancora più ordinato.”*

Risposta 7. *“Questa esperienza mi ha aiutato a capire che i concetti geometrici diventano più chiari quando i bambini possono esplorarli e non solo applicare formule. Mi sento più sicura nell'usare il digitale per far emergere differenze e relazioni che sulla carta si vedono meno. La formazione mi ha spinto a dare più valore alle ipotesi degli studenti e alla discussione finale, che prima tendevo a fare in modo più veloce. Cambierei solo la gestione dei tempi, prevedendo una fase finale ancora più lunga di confronto tra gruppi, perché lì emergono molte idee utili anche per la classe intera.”*

REPORT FOTOGRAFICO DELLE ATTIVITA' OGGETTO DI INTERVISTE

