



**Università
degli Studi
di Palermo**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI CAGLIARI**



**Politecnico
di Torino**

Corso di Dottorato in Tecnologie e metodi per la formazione universitaria
Dipartimento di Fisica e Chimica - Emilio Segrè
Settore Scientifico Disciplinare: ICAR/13 – ICAR/17

**METODOLOGIE DIDATTICHE ATTIVE PER
L'APPRENDIMENTO DELL'ARCHITETTURA
CLASSICA: UN SERIOUS GAME SU “LA REGOLA
DELLI CINQUE ORDINI DI VIGNOLA”**

**DOTTORANDO
GIULIO CELLURA**

**IL COORDINATORE
PROF. CLAUDIO FAZIO**

**TUTOR
PROF. FABRIZIO VALPREDA**

**CO TUTOR
PROF. FABRIZIO AVELLA**

**CICLO XXXVIII
ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2026**

Sommario

La presente tesi di dottorato costituisce un tentativo di ricostruzione dello stato della ricerca nell'ambito dei videogiochi educativi o *Serious Games* per l'apprendimento dell'architettura e del Patrimonio Culturale. L'intento è quello di effettuare una indagine teorica e, successivamente, la progettazione e applicazione di un caso studio in un ambiente di apprendimento formale, allo scopo di dare un contributo empirico al campo dell'innovazione della didattica in architettura. La struttura di questa tesi può essere suddivisa in tre sezioni:

La prima riguarda l'inquadramento teorico-legislativo dell'apprendimento attivo e dei *Serious Games*, nonché, la ricostruzione dello stato dell'arte.

La seconda sezione riguarda la descrizione del caso studio proposto in questa tesi, ovvero il *Serious Game* dal titolo *Architectura Enigma*. Tale proposta è articolata in tre sotto-sezioni: la prima tratta la sintesi degli elementi chiave identificati durante lo studio dello stato dell'arte, ovvero una breve descrizione dei punti di forza, punti di debolezza, criticità e potenzialità emerse durante l'indagine. Tale identificazione ha costituito una base teorico-pratica a partire dalla quale si sono potuti delineare i principi di design del gioco. La seconda sotto-sezione tratta il fondamento teorico su cui si basa il *Serious Game*, ovvero quei principi che hanno dettato le cosiddette meccaniche di gioco nonché i contenuti didattici. La terza, infine, è una descrizione dei processi tecnici atti allo sviluppo del videogame, ovvero: la fase di ridisegno tecnico e modellazione degli artefatti architettonici, il design dei principi e delle meccaniche di gioco e la programmazione delle interazioni.

La terza sezione riguarda l'applicazione sperimentale di *Architectura Enigma* in un ambiente di apprendimento formale tramite fase di osservazione, raccolta ed analisi dei dati. A seguito della sperimentazione è stato possibile formulare delle considerazioni conclusive relative all'impiego dei *serious games* come dispositivi epistemici convenzionalmente applicabili alla didattica in architettura.

Ringraziamenti

Ringrazio, innanzitutto, chi mi ha guidato durante questo stimolante percorso di dottorato, i miei tutor: il Professore Fabrizio Avella e il Professore Fabrizio Valpreda.

I miei amici, fonte di spensieratezza e risate, grazie per avermi dato una seconda casa dove ritirarmi e recuperare le energie.

E la mia famiglia, per avermi dato supporto, sostegno e fiducia.

*“There was once a red prince,
Who sat on a red throne.
He had a red crown made of rubies,
And a red castle made of stone.
The prince had a love,
For all things red.
"It's the only true color"
The prince often said.
He could not stand the sight,
Of a canary or a crow.
He could not stand the white,
Of a swan in the snow.
And he never looked up...
For fear of the view.
He had heard that the sky,
Was not a red hue!
He didn't see the birds,
or the changing of the leaves.
And he never saw the sights,
of life's many symphonies.
He couldn't see beyond,
the red shade he was aware.
He never caught a glimpse,
of the world I had to share.
But one day he saw something new,
and if you look closely...
you might see it too.
The skies parted and the clouds withdrew.
The prince had a new favourite color.
The color. Blue.”*

Finale del videogame *Blue Prince*

Indice

1. Introduzione	1
1.1 Nuovi paradigmi della didattica	1
1.2 Homo Ludens - Homo Cogitans	2
1.3 La didattica in architettura: modalità tradizionali e nuove prospettive. ..	3
1.4 Potenzialità e criticità dei nuovi strumenti digitali: tra spazio architetonico reale e virtuale	4
2. Inquadramento teorico.....	7
2.1 La didattica tra il XIX ed il XXI secolo	7
2.1.1 La svolta costruttivista e l'apprendimento attivo.....	8
2.1.2 Tecnologie e nuove frontiere dell'apprendimento attivo.....	9
2.2 Il Gaming.....	10
2.2.1 Le origini teoriche: dal gioco tradizionale al Gaming	10
2.2.2 Il videogame: una nuova dimensione ludica.....	11
2.2.3 Il Gaming nella società contemporanea.....	12
2.2.4 Il Gaming come fenomeno culturale multifattoriale: la dimensione didattica	13
2.3 I Serious Games.....	13
2.3.1 Definizione e caratteristiche dei Serious Games	14
2.4 Principi di design di un video game	15
2.4.1 Fondamenti teorici del game design	16
2.4.2 Elementi chiave nella progettazione	17
2.4.3 Tecniche di coinvolgimento del giocatore (Engagement)	17
3. Casi studio di Serious Games per il Patrimonio Culturale applicati in ambito didattico	20
3.1 Le origini: I pionieri di “ <i>The Oregon Trail</i> ”	21
3.2 Nuove strategie: i casi di “ <i>Civilization I, II e III</i> ”	22

3.2.1 L'esperienza di Taylor con <i>Civilization I e II</i>	22
3.2.2 L'esperienza di Squire e Barab con <i>Civilization III</i>	25
3.3 Simulare la storia: il caso di “Europa Universalis II”	31
3.3.1 Parte 2° - Studio della letteratura di riferimento sui giochi come strumento didattico	31
3.3.2 Parte 3° - Studio empirico sull'uso di un videogioco come strumento didattico in aula.	35
3.3.3 Parte 4° - Combinazione dello studio empirico con le ricerche esistenti (nell'anno 2005) – Una nuova teoria su come usare i videogiochi a scopo educativo.	46
3.5 Un racconto dell'Antico Egitto: il caso del “Discovery Tour di Assassin's Creed: Ancient Egypt”	50
3.6 Un racconto dell'Antica Roma: il caso di “A Night in the Forum”	53
3.7 Un racconto del Medioevo Sassone: il caso di “Saxon”	61
4. Quadro di riferimento istituzionale: innovazione della didattica e patrimonio culturale digitale	66
4.1 Quadro di riferimento nazionale: Il Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca ed il PNRR.....	66
4.2 Quadro di riferimento internazionale: L'ONU e l'UNESCO.....	67
5. Principi di progettazione e integrazione di un Serious Game all'interno di un percorso didattico.....	70
5.1 Il ruolo dell'insegnante come progettista e promotore di contenuti didattici.....	70
5.2 Un chiaro obiettivo formativo	70
5.3 Integrazione con il curriculum.....	71
5.4 Equilibrio tra sfida e obiettivi formativi individuali.....	71
5.5 Individualizzazione e differenziazione	72
5.6 Sollecitare la riflessione e l'acquisizione di conoscenze.....	72
5.7 Considerazioni etiche	72
5.8 Valutazioni e feedback	73

6. Fondamenti teorici di Architectura Enigma: i trattati di architettura nel percorso di formazione di un allievo architetto	74
6.1 Introduzione agli ordini classici: Il <i>De Architectura</i> come opera principe della trattatistica architettonica	75
6.2 La trattatistica architettonica tra il XIV e il XV secolo	79
6.2.1 La trattatistica architettonica nel XIV e XV secolo	80
6.2.2 Regola delli cinque ordini d'architettura di M. Jacopo Barozzio da Vignola.	82
6.4 Fondamenti logico-teorici per la realizzazione dei modelli di gioco. ...	85
6.5 Decodifica e rappresentazione digitale del trattato “La regola delli cinque ordini d'architettura”	91
6.5.1 L' ordine Toscano	91
6.5.2 L' ordine Dorico	94
6.5.3 L' ordine Ionico	95
6.5.4 L' ordine Corinzio	98
6.5.5 L' ordine Composito	99
7. Sviluppo di Architectura Enigma	105
7.1 Gestione dei modelli 3D: Ottimizzazione ed esportazione su Unity...	105
7.2 Il motore di gioco: Unity	106
7.2 Principi di design	108
7.2.1 Il Concept.....	108
7.2.2 Logiche di Gameplay.....	108
7.2.3 Stile Grafico	109
7.2.4 Sfida	109
7.2.5 Ricompense.....	110
7.3 Logiche di programmazione	110
7.3.1 (<i>PlayerScript</i>) - Logica di controllo del giocatore e gestione dell'interazione con gli elementi architettonici	110
7.3.2 (<i>Piece</i>) - Logica di rappresentazione e comportamento dei “pezzi” del puzzle.....	113

7.3.3 (<i>PlayerCheckPieceConnection</i>) - Logica di connessione e allineamento dei pezzi	116
7.3.3 (<i>OrbitCamera</i>) - Logica di gestione della telecamera orbitale	118
7.3.3 (<i>CameraMovements</i>) - Logica di gestione del movimento delle telecamere	121
7.3.3 (<i>CameraController</i>) - Logica di coordinamento delle due camere	122
7.3.3 (<i>LevelController</i>) - Struttura logica e gestione dei livelli	124
7.3.3 (<i>SettingsScript</i>) - Logica di gestione delle impostazioni	125
7.3.3 (<i>LevelBox</i>) - Logica dei confini dei livelli di gioco	126
7.3.3 (<i>MainMenu</i>) - Logica di gestione del menu principale	127
7.3.3 (<i>Messaggi</i>) - Logica di gestione dei messaggi feedback all'utente durante le fasi di gioco	129
7.5 User Interface (UI)	131
7.6 User Experience (UX)	135
8. Implementazione di Architettura Enigma in aula	141
8.2 Raccolta dei dati	141
8.2.1 Tipologie di dati raccolti	141
8.1 Contesto di apprendimento	141
8.1.1 Partecipanti e contesti didattici	141
8.2.2 Test sulle nozioni fattuali	142
8.2.3 Sondaggio di gradimento	144
8.3 Analisi dei dati	145
9. Conclusioni	147
Bibliografia	156
Sitografia	163
Glossario	150

REGESTO DELLE IMMAGINI

Figura 1: Screenshot di gioco di The Oregon Trail.....	21
Figura 2: Screenshot di gioco di Civilization III.....	22
Figura 3: Screenshot di gioco di Europa Universalis II.	36
Figura 4: Il seguente schema ha come fondamento teorico il ciclo di apprendimento esperienziale di Kolb, mostra come avviene il processo di apprendimento attraverso l'uso educativo di un videogioco (S. Egenfeldt-Nielsen, 2005, pp. 254.).	49
Figura 5: Screenshot di gioco di Assassin's Creed Origins Discovery Tour. .	51
Figura 6: Screenshot di gioco di A Night in the Forum.	54
Figura 7: Screenshot di gioco di Saxon.....	61
Figura 8: "Idea Generale dell'Architettura, Estratta da dieci Libri di M. Vitruvio Pollione. Questo schema rappresenta la sintesi dei dieci libri originariamente scritti da Vitruvio.	79
Figura 9: L'ordine architettonico. Tavola XII e XIII estrapolate dal trattato dei cinque ordini d'architettura, edizione del 1562.	88
Figura 10: Il sistema trilitico. Tavola VIII estrapolata dal trattato dei cinque ordini d'architettura, edizione del 1562.	89
Figura 11: Il sistema con arco. Tavola XI estrapolata dal trattato dei cinque ordini d'architettura, edizione del 1562.	90
Figura 12: Vista frontale e assonometrica del modello 3D dell'ordine Toscano, sovrapposto alle tavole del trattato del 1562. Lo schema modulare evidenzia il rispetto delle proporzioni.	93
Figura 13. Costruzione geometrica della Gola Rovescia.	93
Figura 14. Costruzione geometrica del Toro.....	93
Figura 15. Costruzione geometrica dell'Ovolo.	94
Figura 16: Vista di dettaglio del capitello dorico.	94
Figura 17: Vista frontale e assonometrica del modello 3D dell'ordine Dorico.	95
Figura 18: Vista frontale e assonometrica del modello 3D dell'ordine Ionico.	96

Figura 19: Costruzione geometrica della Scotia.	97
Figura 20. Costruzione geometrica della spirale e modellazione 3D della voluta. In basso vista di dettaglio del capitello Ionico completo di ogni sua parte.	97
Figura 21: Costruzione geometrica dell'abaco e prospetto frontale del modello 3D del capitello Corinzio.....	99
Figura 22: Vista frontale e assonometrica del modello 3D dell'ordine Corinzio e Composito.	100
Figura 23: Vista di dettaglio del capitello Composito.....	100
Figura 24: Macro suddivisione dell'ordine architettonico (dal basso: piedistallo, colonna e trabeazione). La seguente operazione di scomposizione è stata eseguita anche per tutti gli altri ordini.	101
Figura 25: Suddivisione del sistema trilitico (doppia colonna sormontata dalla trabeazione). La seguente operazione di scomposizione è stata eseguita anche per tutti gli altri ordini.....	102
Figura 26: Suddivisione del sistema murario con arco (doppia colonna, arco murario e trabeazione). La seguente operazione di scomposizione è stata eseguita anche per tutti gli altri ordini.	103
Figura 27: Meso suddivisione dell'ordine architettonico (dal basso: basamento, dado, cimasa, base, fusto, capitello, architrave, fregio e cornice). La seguente operazione di scomposizione è stata eseguita anche per tutti gli altri ordini.....	104
Figura 28: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>Player</i>	111
Figura 29: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>Piece</i>	115
Figura 30: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>PlayerCheckPieceConnection</i>	117
Figura 31: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>OrbitCamera</i>	119
Figura 32: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>CameraMovements</i>	121
Figura 33: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>CameraController</i>	123

Figura 34: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>LevelController</i>	124
Figura 35: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>SettingsScript</i>	125
Figura 36: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>LevelBox</i>	126
Figura 37: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>MainMenu</i>	127
Figura 38: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script <i>Messaggi</i>	129
Figura 39: Screenshot del menu iniziale	132
Figura 40: Screenshot del menu di selezione dei livelli degli ordini architettonici di Vignola.	133
Figura 41: Screenshot dei livelli relativi all'ordine dorico. Questa struttura è la medesima per tutti gli altri ordini.	133
Figura 42: Interfaccia grafica di Architectura Enigma durante una sessione di gioco in modalità assonometrica (livello da completare).	135
Figura 43: Interfaccia grafica di Architectura Enigma durante una sessione di gioco in modalità prospettica esplorativa (livello completato).	135
Figura 44: Sequenza di immagini di gioco relative al livello dell'ordine semplice nella macro-suddivisione	137
Figura 45: Sequenza di immagini di gioco relative al livello del sistema trilitico	138
Figura 46: Sequenza di immagini di gioco relative al livello del sistema murario con arco	139
Figura 47: Sequenza di immagini di gioco relative al livello dell'ordine semplice nella meso-suddivisione.	140

REGESTO DEI GRAFICI

Grafico 1: Media test ritenzione nozioni fattuali a breve termine (S. Egenfeldt-Nielsen, 2005, Grafico adattato da Table 14, pp. 230.)	38
---	----

Grafico 2: Comparazione media test breve termine con lungo termine per il gruppo di controllo (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 15, p. 231.).....	39
Grafico 3: Comparazione media test breve termine con lungo termine per il gruppo sperimentale (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 15, p. 231.).....	39
Grafico 4: Comparazione variabili motivazionali dichiarate dai due gruppi (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table. 17, p. 233).....	40
Grafico 5: Valutazione contenuti del corso affrontati dai due gruppi (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 18, p. 234).	41
Grafico 6: Valutazione metodologie di insegnamento affrontate dai due gruppi (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 18, p. 234).....	42
Grafico 7: Valutazione metodologie di insegnamento affrontate dai due gruppi (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 18, p. 234).....	43
Grafico 8: Sondaggio sull'attitudine da parte dei due gruppi nei confronti dello studio della storia, ad inizio corso. (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 19, p. 235).	43
Grafico 9: Sondaggio sull'attitudine da parte dei due gruppi nei confronti dello studio della storia, a fine corso. (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 20, p. 235).	44
Grafico 10: Sondaggio sull'attitudine da parte dei due gruppi nei confronti delle metodologie didattiche affrontate, ad inizio corso. (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 21, p. 236).....	44
Grafico 11: Sondaggio sull'attitudine da parte dei due gruppi nei confronti delle metodologie didattiche affrontate, a fine corso. (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 21, p. 236).....	45
Grafico 12: Risultati test sulle nozioni fattuali (Éthier, Lefrançois, Déry 2022. Dati a p. 27).	52
Grafico 13: Sondaggio interesse suscitato attraverso un Wilcoxon test (Éthier, Lefrançois, Déry 2022, p.25).....	52
Grafico 14: Binary Score Percentage del questionario sulla memorizzazione delle nozioni fattuali, tipologie di media e modalità comunicative (Pescarin, Pandiani 2022, p. 10).	57

Grafico 15: Correctness Score Average del questionario sulla memorizzazione delle nozioni fattuali, tipologie di media e modalità comunicative (Pescarin, Pandiani 2022, p. 10).	58
Grafico 16: Binary Score Percentage del questionario sulla memorizzazione delle nozioni spaziali, tipologie di media e modalità comunicative (Pescarin, Pandiani 2022, pp. 10-11).	58
Grafico 17: Correctness Score Average del questionario sulla memorizzazione delle nozioni spaziali, tipologie di media e modalità comunicative (Pescarin, Pandiani 2022, pp. 10-11).	59

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Nuovi paradigmi della didattica

I metodi di insegnamento tradizionali hanno avuto come elementi portanti libri di testo, centralità dell'insegnante durante le lezioni e memorizzazione delle nozioni. Tuttavia, in un'epoca in cui la tecnologia e la ricerca progrediscono, parallelamente anche l'apprendimento, attraverso nuovi approcci in grado di coinvolgere gli allievi attraverso l'uso dei moderni strumenti (West & Bleiberg, 2013).

Molti studi hanno analizzato l'efficacia delle varie metodologie didattiche (lezione frontale, dimostrazioni pratiche, discussioni guidate e attività in classe) nel contesto scolastico. Ciò che sembra emergere è che ogni approccio didattico presenta benefici specifici ed è efficace per differenti obiettivi formativi. In particolare, è emerso che le metodologie attive creano maggiore interesse nello studente e migliorano effettivamente l'apprendimento (Hackatorn, et al., 2011). È importante sottolineare che ciascuna metodologia offre vantaggi e criticità distintivi per insegnanti e studenti, favorendo diversi livelli di apprendimento.

È possibile affermare che, negli ultimi anni, esiste una crescente consapevolezza nelle metodologie didattiche attive o *active learning*¹ (Felder & Brent, 2007, p. 1), anche attraverso il supporto di strumenti multimediali. Richard E. Mayer, psicologo cognitivista e insegnante statunitense, esplora le suddette metodologie, con particolare attenzione alle tecnologie multimediali, sviluppando un modello il cui obiettivo è quello di creare dei supporti didattici fondati sul funzionamento della mente umana, il *Cognitive Theory of Multimedia Learning*, secondo cui “I contenuti multimediali ideati in base al funzionamento della mente umana promuovono un apprendimento più efficace rispetto a quelli che non

¹ “The idea that students learn more by doing something active than by simply watching and listening has long been known to both cognitive psychologists and effective teachers”.

seguono questo principio.”² (Mayer, 2024, p. 143). Queste metodologie vengono declinate in molteplici approcci, strumenti e supporti didattici, derivanti dalla moltitudine di strumenti digitali a nostra disposizione. Tra queste è possibile menzionare l’impiego del videogioco che prevede interazioni in un ambiente composto da elementi audiovisivi, (suoni, immagini e testi) combinati a regole, sfide e ricompense, con lo scopo di rendere l’apprendimento interattivo.

1.2 Homo Ludens - Homo Cogitans

I videogiochi, da più di mezzo secolo, affascinano persone di tutte le età con la loro capacità di coinvolgere attraverso la narrazione e motivare attraverso la progressione e la risoluzione delle sfide proposte. Il medium videoludico, infatti, è caratterizzato da un ambiente virtuale in cui i giocatori sono agenti attivi, sperimentano e risolvono problemi all’interno di un mondo appositamente progettato per dare un senso intrinseco di autonomia e azione. Questo contesto incoraggia il giocatore ad assumere rischi, imparare dai fallimenti e persistere di fronte alle sfide proposte, favorendo una mentalità di crescita, la capacità di adattamento e il pensiero critico (Raessens, 2012).

Nel campo della didattica, il *Game Based Learning* (GBL) ha dimostrato di essere uno strumento versatile in varie materie e gruppi di età. L’impiego dei Serious Games, strumento afferente alla sfera d’influenza del GBL, oggi si manifesta in tutte le possibili discipline; dalle materie scientifiche (matematica, fisica ecc.), a quelle umanistiche (storia, lingue ecc.), senza dimenticare il loro coinvolgimento nello sviluppo di competenze trasversali come il lavoro di squadra, la comunicazione, la motivazione e l’autoefficacia. L’elemento chiave di questa metodologia didattica è l’interazione, un elemento intrinseco del (video) gioco che costituisce un metodo dinamico attraverso cui gli studenti apprendono e/o rafforzano la conoscenza rispetto ad un argomento (Kapp, 2013).

L’integrazione della tecnologia nel GBL ha ulteriormente ampliato questo campo. Con l’impiego di computer, console e dispositivi mobili, i videogiochi sono diventati sempre più sofisticati, offrendo ambienti visivamente coinvolgenti e simulazioni realistiche in complessi scenari dove l’obiettivo è la risoluzione dei problemi. La realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR) hanno portato nuovi

² “Multimedia messages that are designed in light of how the human mind works are more likely to lead to meaningful learning than those that are not”.

punti di vista, consentendo agli studenti di interagire con mondi e oggetti virtuali, rendendo tangibili esperienze e concetti astratti (Dede, 2010).

Molti studi, negli ultimi anni, hanno ampliato la conoscenza e le prospettive nel campo dei GBL e, dunque, nel campo dei *Serious Games*. In particolare, è sempre più importante rilevare l'impatto sull'apprendimento o *Learning Outcome* (motivazione, acquisizione di conoscenza a breve e lungo termine) (Connolly; et al., 2012), al fine di portare dei contributi empirici al tema scientifico. È importante inoltre evidenziare che queste innovative metodologie non riguardano l'intrattenimento fine a sé stesso e la completa sostituzione dei metodi di insegnamento tradizionali. Un'implementazione efficace richiede una progettazione ponderata, l'allineamento con gli obiettivi curriculari e la considerazione delle esigenze dei singoli studenti quali elementi altrettanto importanti da approfondire. I *Serious Games* dovrebbero essere progettati consapevolmente, con il supporto di educatori, pedagogisti, insegnanti ed esperti nei vari campi del sapere. Quanto detto potrebbe sprigionare il potenziale di uno strumento capace di comunicare con le nuove generazioni, in grado di portare esperienze di apprendimento significative, purché proponga contenuti di qualità e coerenti con gli obiettivi formativi.

1.3 La didattica in architettura: modalità tradizionali e nuove prospettive.

La didattica dell'architettura si configura come un processo di lunga durata, stratificato nel tempo e radicato in forme di trasmissione del sapere che, dalle botteghe rinascimentali, trovano un successivo consolidamento nell'istituzionalizzazione delle accademie. Al centro di tale tradizione si colloca il rapporto maestro-allievo, una modalità didattica diretta e gerarchica, dalla quale discendono le modalità stesse di insegnamento e di apprendimento, tanto teoriche quanto operative. Tra i tratti più significativi di questa eredità vi è la centralità del disegno a mano libera e della rappresentazione tecnica: strumenti che non esauriscono la loro funzione nell'ambito operativo, ma che costituiscono, come sottolinea De Rubertis (1994), una vera e propria grammatica del pensiero progettuale. Il disegno, infatti, non è solo una modalità comunicativa tecnica ma anche un linguaggio estetico, capace di intrecciare rigore e sensibilità, esprimendo così quella natura dell'architettura sospesa tra arte e scienza.

Un secondo asse della formazione tradizionale è il metodo progettuale fondato sull'analisi critica delle opere del passato. Benevolo (2006) osserva come lo studio diretto degli edifici, attraverso il rilievo e la riflessione interpretativa, sia stato a

lungo considerato una tappa obbligata per la formazione dell'architetto: esercizio che fornisce repertori di soluzioni formali e tecniche, ma soprattutto educa lo sguardo a riconoscere principi di composizione e logiche strutturali. Questo modello, tuttavia, non è esente da obiezioni. Saggio (2010) mette in luce come la rigidità di certi schemi didattici, accentuatasi nel XX secolo, abbia rischiato di soffocare l'innovazione, generando un insegnamento ripetitivo, più volto alla riproduzione che alla sperimentazione. La distanza tra teoria e pratica, l'eccessiva formalizzazione della lezione frontale e la standardizzazione delle esercitazioni hanno indotto molti autori a interrogarne l'efficacia di fronte alle sfide contemporanee. Nonostante ciò, l'antico tema del rapporto con il progetto rimane vivo, contaminandosi oggi con pratiche meno canoniche. Esistono, infatti, studi che confermano il valore di strumenti quali i laboratori di progetto, il contatto diretto con i materiali e l'esperienza dei cantieri, testimoniando la difficoltà di sostituire integralmente certe metodologie formative (Choay, 2009).

La questione non è, dunque, quella di recidere i legami con la tradizione, bensì di reinterpretarla alla luce delle condizioni attuali. È in questo orizzonte che le tecnologie digitali assumono un ruolo trasformativo, intrecciando in modo irreversibile spazio reale e spazio virtuale e ridefinendo, di conseguenza, la stessa esperienza dell'architettura.

1.4 Potenzialità e criticità dei nuovi strumenti digitali: tra spazio architettonico reale e virtuale

Con “spazio virtuale” si intende uno spazio concepito con l'obiettivo di replicare o reinterpretare la realtà. Al contempo è interessante e necessario osservare gli spazi virtuali sotto un diverso punto di vista, in grado di identificare i limiti che questo possiede intrinsecamente. È evidente che, proprio perché costruiti artificialmente, i mondi digitali siano inevitabilmente finiti e limitati, e tali limiti si manifestano spesso come barriere spaziali (muri invisibili, precipizi invalicabili, ecc.), ripetitività estetica (texture riciclate, modelli ripetuti), e prevedibilità interattiva (meccaniche di gioco già viste, NPC³ che ripetono frasi, ecc.). Questi fattori generano un senso di ripetitività esperienziale, ovvero la percezione che un mondo digitale diventi via via più banale e meno coinvolgente. In questa ottica, lo spazio digitale non deve essere visto come un surrogato della realtà, ma come uno

³ *Non Playable Character*, acronimo di NPC, indica un personaggio controllato dal computer per mezzo di algoritmi sviluppati dai programmatori.

strumento esperienziale: un ambiente in cui possiamo mettere alla prova le nostre aspettative e confrontarci con i limiti reali e immaginativi. Il concetto di spazio digitale che ne risulta è duplice: da un lato artefatto tecnico con confini progettati, dall'altro palcoscenico esperienziale in cui si gioca e si vive la relazione tra essere umano e mondo. Lo spazio virtuale, dunque, non è una semplice riproduzione o simulazione della realtà architettonica, bensì un ambiente progettuale autonomo, capace di rivelare, e in alcuni casi anticipare possibilità spaziali che nel mondo reale risulterebbero impraticabili, economicamente insostenibili o tecnicamente irrealizzabili. I videogiochi, in questo senso, diventano vere e proprie “macchine concettuali” per l'architettura (Gualeni, 2019). Un esempio significativo di questo concetto è la ricostruzione della Firenze rinascimentale all'interno del videogioco *Assassin's Creed II*. Pur mantenendo una notevole accuratezza visiva, questa versione digitale della città introduce numerose distorsioni rispetto alla struttura urbana storica: edifici rialzati per permettere il parkour, strade curvilinee pensate per la dinamica di movimento del personaggio, e modifiche volumetriche funzionali all'esperienza ludica. Queste alterazioni non sono da intendersi come errori, ma piuttosto come reinterpretazioni consapevoli, adattamenti progettuali che rispondono a logiche di spazio alternative, governate da esigenze di interazione, navigabilità e immersività (Novarro, 2015). È necessario sottolineare che, tali esperienze di ricostruzioni virtuali soggette a legittime alterazioni di game design, sono però veicolo di immagini falsate non corrispondenti alla realtà storica.

Questa dialettica fra reale e virtuale, dunque, lungi dall'essere unidirezionale, implica un processo di scambio continuo. Se da un lato i progettisti di videogiochi si ispirano a forme, codici e archetipi architettonici reali, dall'altro il mondo dell'architettura sta sempre più spesso assimilando strumenti e strategie propri del game design. La realtà virtuale, le simulazioni tridimensionali e i motori di gioco come strumenti di visualizzazione architettonica, sono oggi impiegati non solo per la visualizzazione dei progetti, ma anche per stimolare il coinvolgimento degli utenti e testare scenari spaziali alternativi in fase di progettazione urbana. In questo senso, lo spazio videoludico agisce come un laboratorio sperimentale, un “doppio virtuale” dell'architettura che consente di esplorare forme di abitabilità, di narrazione e di esperienza dello spazio non vincolate dalle leggi fisiche o dalle logiche economiche del mondo costruito. Si delinea così una visione secondo cui il virtuale non rappresenta una fuga dalla realtà, ma piuttosto una sua estensione critica e creativa (Cukurlu, 2019).

È importante, inoltre, riflettere sul rischio che l'architettura contemporanea, sempre più permeata da logiche algoritmiche (BIM, smart cities, ecc.), possa

scivolare verso forme di progettazione eccessivamente standardizzate. In questo contesto, il gioco, in quanto attività fondativa del pensiero creativo, come teorizzato da Huizinga e Caillois, (Huizinga, 1938; Caillois, 1958) viene proposto come antidoto: una modalità di pensiero e di progettazione che reinserisce l'emozione, il desiderio e l'imprevisto all'interno della produzione dello spazio (Gerber & Götz, 2019).

Capitolo 2

Inquadramento teorico

Il campo della didattica, nell'ultimo secolo e mezzo, ha subito uno stravolgimento dei propri paradigmi attraversando una profonda fase di evoluzione. Il paradigma in oggetto è quello che ha visto il modello della trasmissione gerarchica del sapere in un tentativo di trasposizione verso un modello di formulazione attiva del sapere. Ne consegue che anche le modalità comunicative hanno subito una trasformazione, dalle classiche lezioni frontali, memorizzazione e ripetizioni, non ancora del tutto superate, verso metodologie che favoriscono l'apprendimento esperienziale tramite interazione. Di seguito verranno delineati i fondamenti teorici della didattica tradizionale e delle metodologie di apprendimento attivo.

2.1 La didattica tra il XIX ed il XXI secolo

La didattica tradizionale si radica nella pedagogia classica, concetto che la Grecia antica esprime con il termine *paideia*, inteso come formazione e educazione. Nei secoli questo modello conosce trasformazioni profonde, che la letteratura pedagogica contemporanea discute ampiamente, ma che in questa sede non costituiscono oggetto di analisi sistematica. È, tuttavia, utile richiamare alcune linee teoriche che, a partire dal modello scolastico ottocentesco, definiscono la trasmissione del sapere come processo lineare e gerarchico.

Johann Friedrich Herbart, filosofo e pedagogista tedesco, propone una delle prime teorie dell'istruzione sistematizzate, fondate su fasi sequenziali: preparazione, presentazione, associazione, generalizzazione e applicazione (Herbart, 1806). Questo impianto, che presuppone una conoscenza stabile e universalmente valida, mostra però limiti significativi nel promuovere un coinvolgimento critico dello studente. La letteratura successiva sottolinea come approcci simili tendano a concepire l'apprendimento in modo meccanico, riducendo la complessità cognitiva a passaggi predeterminati.

Anche il comportamentismo, con contributi fondamentali come quello di Skinner (1954), consolida un modello didattico centrato sullo schema stimolo-risposta, sul rinforzo positivo e sulla valutazione standardizzata. Queste prospettive hanno il merito di introdurre criteri di misurabilità e replicabilità, ma vengono spesso criticate per la loro rigidità e per l'insufficiente attenzione ai processi cognitivi profondi. Come ricorda Bruner (1960), l'apprendimento non si riduce a un'assimilazione passiva di informazioni, ma implica il coinvolgimento attivo del discente nella costruzione del significato.

All'interno di questo panorama emergono eccezioni che aprono prospettive radicalmente diverse. Maria Montessori, già nei primi decenni del Novecento, elabora un approccio pedagogico centrato sul discente (Montessori, 1909), nel quale l'ambiente preparato, i materiali autocorrettivi e la libertà di scelta assumono un ruolo determinante nello sviluppo autonomo delle potenzialità individuali (Kramer, 1988). La letteratura recente colloca la metodologia montessoriana in un quadro più ampio di riflessione sul costruttivismo, sottolineando come le sue intuizioni anticipino di decenni le teorie sull'apprendimento esperienziale, pur mantenendo una rigorosa attenzione alla scientificità del metodo.

2.1.1 La svolta costruttivista e l'apprendimento attivo

Se si osservano le pratiche educative sviluppate da Maria Montessori senza forzarle entro etichette teoriche successive, emergono diversi elementi che, risultano sorprendentemente vicini alle impostazioni costruttiviste del secondo Novecento. L'idea di un ambiente pensato per sostenere l'esplorazione autonoma, il ricorso sistematico al corpo e alla manipolazione degli oggetti, così come una figura docente meno centrata sulla trasmissione diretta dei contenuti, delineano una concezione dell'apprendimento che prende forma nell'azione e nell'esperienza. Non si tratta, naturalmente, di un costruttivismo in senso pieno, quanto piuttosto di una serie di intuizioni pedagogiche che troveranno in seguito una formalizzazione teorica più esplicita.

È, soprattutto, a partire dalla seconda metà del Novecento che il costruttivismo diventa una cornice di riferimento riconoscibile, contribuendo a rimettere in discussione alcune certezze della didattica tradizionale. L'attenzione si sposta progressivamente dallo schema insegnante–contenuto allo studente e ai processi attraverso cui la conoscenza viene costruita. In questa direzione si collocano le ricerche di Jean Piaget, che già negli anni Cinquanta descrive l'apprendimento come il risultato di un'interazione continua tra soggetto e ambiente, mediata da

meccanismi di adattamento cognitivo (Piaget, 1950). L'individuo non riceve passivamente le informazioni ma le riorganizza, le mette alla prova, talvolta le modifica.

Su un piano diverso, ma non del tutto distante, Lev Vygotskij introduce una lettura più marcatamente sociale del processo di apprendimento. Con il concetto di zona di sviluppo prossimale (Vygotskij, 1978), l'accento viene posto sulle potenzialità che emergono nell'interazione con altri soggetti, siano essi adulti o pari. L'apprendimento, in questo senso, non è solo un fatto individuale, ma un processo situato, sostenuto dal confronto e dalla mediazione.

Queste riflessioni hanno avuto ricadute concrete sul piano metodologico, favorendo la diffusione di pratiche didattiche che valorizzano il lavoro condiviso e l'apprendimento tra pari. Modelli come il cooperative learning (Johnson & Johnson, 1989) o il peer tutoring nascono proprio dall'idea che il dialogo e la collaborazione possano diventare leve per lo sviluppo cognitivo, e non semplici strumenti organizzativi.

All'interno di questa prospettiva, l'apprendimento attivo assume un ruolo centrale. Non si tratta tanto di opporlo meccanicamente alla lezione frontale, quanto di riconoscere che la comprensione profonda difficilmente si realizza senza un coinvolgimento diretto dello studente. Bonwell (1991) sottolinea come attività che richiedono analisi, decisioni e applicazioni concrete favoriscano forme di apprendimento più durature. È in questa direzione che si collocano approcci come il problem-based learning (Barrows, 1996), la flipped classroom (Bergmann & Sams, 2012) o il learning by doing teorizzato da Kolb (1984): pratiche diverse tra loro, ma accomunate dall'idea che imparare significhi, prima di tutto, fare esperienza.

2.1.2 Tecnologie e nuove frontiere dell'apprendimento attivo

Il digitale ha ulteriormente trasformato il panorama didattico, introducendo strumenti che permettono personalizzazione, interattività e accessibilità. Si può fare riferimento alle piattaforme di e-learning, i MOOC (Massive Open Online Courses) e le risorse educative aperte (OER), che hanno ampliato le possibilità di fruizione della conoscenza (Siemens, 2005).

Un'altra tendenza emergente è l'integrazione tra didattica attiva e gamification, dove elementi ludici come punti, livelli e sfide sono utilizzati per aumentare motivazione e coinvolgimento. Se applicata con criterio, questa metodologia può

trasformare l'apprendimento in un'esperienza più coinvolgente. In particolare, uno degli strumenti contemplati dalla gamification è l'impiego dei Serious Games: il loro utilizzo ha dimostrato punti di forza, punti di debolezza, potenzialità e criticità e, per tale motivo, verranno appositamente trattati in maniera più approfondita in questa tesi.

La didattica contemporanea sta, evidentemente, attraversando un periodo di trasformazioni tra tradizione e innovazione, tra le solide basi teoriche e metodologiche del passato e le nuove opportunità offerte dalla tecnologia e dalle scienze cognitive. Da un lato, dunque, è importante preservare i principi pedagogici consolidati, dall'altro è fondamentale esplorare e adottare nuove teorie e metodologie didattiche, capaci di integrare i nuovi strumenti digitali in modo critico e consapevole. Come evidenziato da Mayer (2020), il design didattico dei materiali digitali deve seguire principi cognitivi ben precisi, come la segmentazione dei contenuti, l'integrazione di multimedia significativi e l'interattività calibrata.

Tuttavia, la tecnologia, di per sé, non garantisce un apprendimento efficace. Come ricorda Wiggins (1998), l'obiettivo finale della didattica non è semplicemente trasmettere conoscenze, ma formare individui capaci di pensiero autonomo, creatività e adattamento in un mondo in continua trasformazione.

2.2 Il Gaming

Il Gaming, inteso come pratica ludica mediata dalla tecnologia digitale, rappresenta un fenomeno complesso che affonda le sue radici nelle teorie classiche sul gioco, ma che, allo stesso tempo, si è evoluto in forme del tutto nuove grazie all'avvento dei dispositivi elettronici. Per comprenderne appieno la natura, è necessario esaminare sia le basi teoriche ereditate dagli studi tradizionali sul gioco, sia le caratteristiche uniche emerse con la digitalizzazione dell'esperienza ludica.

2.2.1 Le origini teoriche: dal gioco tradizionale al Gaming

Johan Huizinga, nel suo libro *Homo Ludens* (1938), propone una definizione antropologica del gioco come attività libera e volontaria, delimitata da precisi confini spaziali e temporali, regolata da norme specifiche e caratterizzata da una netta separazione dalla routine della vita quotidiana. La tesi di Huizinga colloca la dinamica del gioco come componente costitutiva e antecedente alla stessa formazione della cultura umana, assegnandogli un ruolo primario nello sviluppo delle istituzioni sociali. Questa concettualizzazione è stata successivamente sistematizzata e ampliata da Roger Caillois in *"I giochi e gli uomini"* (Caillois,

1958). Caillois sviluppa una tassonomia delle manifestazioni ludiche, classificandole in quattro categorie ideali:

- *Agon* (competizione), caratterizzato da giochi regolamentati che richiedono abilità paragonabili e dove il risultato è determinato dalla prestazione (sport, scacchi).

- *Alea* (casualità), in cui l'esito è interamente determinato da fattori aleatori e sfugge al controllo del partecipante (roulette, lotterie).

- *Mimicry* (simulazione), che implica l'interpretazione di un ruolo o l'imitazione di una realtà, con la sospensione temporanea del mondo reale (teatro).

- *Ilinx* (vertigine), basato sul tentativo di alterare volontariamente la percezione sensoriale, cercando una sorta di ebbrezza fisica (parchi divertimenti).

Sebbene il framework teorico di Caillois sia stato sviluppato in riferimento alle forme ludiche pre-digitali, la sua efficacia euristica si dimostra tuttora valida per l'analisi dei videogiochi. La mediazione tecnologica, tuttavia, ne complica e ibrida l'applicazione: un singolo videogioco può integrare in modo sistemico elementi di *Agon* (classifiche, punteggi), *Alea* (bottini casuali), *Mimicry* (personalizzazione del personaggio, narrazione immersiva) e *Ilinx* (effetti di camera e di gameplay che inducono senso di velocità o disorientamento). Pertanto, la prospettiva di Caillois non viene invalidata, bensì richiede un adattamento critico per analizzare la complessità sincretica e ibridata del videogioco contemporaneo, dove le categorie pure si mescolano dinamicamente all'interno di un unico sistema.

2.2.2 Il videogame: una nuova dimensione ludica

Con la nascita e la diffusione dei videogiochi, il concetto di gaming assume connotati del tutto nuovi. Jesper Juul, nel suo *Half-Real* (2005), sottolinea come i videogiochi rappresentino un ibrido unico tra regole reali (le meccaniche di gioco) e mondi fittizi (la narrazione e l'ambientazione). A differenza dei giochi tradizionali, i videogiochi sono "mezzo-reali": le loro regole sono implementate nel codice software, ma l'esperienza del giocatore è profondamente immersiva e narrativa. Katie Salen ed Eric Zimmerman, in *Rules of Play* (2004), definiscono il gaming come un sistema di interazione strutturato, in cui i giocatori agiscono all'interno di un contesto progettato, seguendo regole che definiscono possibilità e vincoli. La loro analisi evidenzia come il game design sia una disciplina che combina creatività, psicologia e ingegneria, finalizzata a creare esperienze

coinvolgenti. Espen Aarseth, in *Cybertext* (1997), introduce il concetto di "testo ergodico" per descrivere i videogiochi come forme narrative che richiedono uno sforzo attivo da parte dell'utente per essere interpretate. A differenza di un libro o di un film, un videogioco non viene semplicemente consumato, ma richiede una partecipazione attiva che ne modella l'esperienza.

2.2.3 Il Gaming nella società contemporanea

Il Gaming ha cessato da tempo di essere un semplice passatempo marginale per trasformarsi in un fenomeno culturale, economico e sociale di prima grandezza. Con oltre 3 miliardi di giocatori nel mondo (Newzoo, 2024), l'impatto dei videogiochi trascende ampiamente la sfera dell'intrattenimento, influenzando modelli di consumo, dinamiche relazionali e persino processi formativi. Ne consegue che il fenomeno culturale del Gaming generi un indotto economico non indifferente che vede l'industria videoludica come uno dei settori più dinamici dell'economia creativa. Questo settore supera per fatturato quello del cinema e della musica combinati (Statista, 2023) con 233,5 miliardi di dollari (Newzoo, 2024) e si prevede che supererà i 300 miliardi nel 2028. Il settore del gaming guida, inoltre, l'innovazione tecnologica in aree come grafica 3D, intelligenza artificiale e realtà virtuale. Secondo le analisi di Dyer-Witheford e de Peuter (2009), i videogiochi costituiscono un perfetto esempio di "capitalismo ludico", dove meccanismi di gioco vengono incorporati in processi produttivi e strategie di marketing. La crescita degli eSports (valutati 1,8 miliardi nel 2024) e del streaming gaming (con piattaforme come Twitch che superano i 30 milioni di utenti giornalieri) dimostrano come il gaming abbia generato interi ecosistemi economici.

La dimensione sociale del gaming ha generato nuove forme di socialità e identità e favorisce la nascita di comunità online di videogiocatori (un esempio sono gli M.M.O.R.P.G. acronimo di *massive multiplayer online role playing game*) che travalicano confini geografici (Taylor, 2018). Un altro esempio sono le piattaforme ibride come Roblox e Fortnite che fungono da spazi sociali virtuali, o le trasversali pratiche di co-creazione e modding dei più variegati videogame, che ridefiniscono i ruoli produttore/consumatore. Come evidenzia Boellstorff (2008) nello studio su *Second Life*⁴, gli spazi ludici digitali diventano veri e propri mondi possibili dove

⁴ Second Life è un mondo virtuale tridimensionale (MUVE acronimo di *Multi-User Virtual Environment*) online, creato nel 2003 da *Linden Lab*, dove gli utenti (chiamati "residenti") possono creare un avatar per interagire tra loro, esplorare l'ambiente, socializzare, costruire e possedere contenuti virtuali. È una piattaforma che va oltre il semplice gioco, includendo attività come socializzazione, commercio di beni virtuali (scambiabili anche con valuta reale tramite i *Linden Dollar*) e partecipazione a eventi come concerti, mostre e conferenze.

gli utenti sperimentano forme alternative di identità e relazioni. La pandemia COVID-19 ha ulteriormente accelerato questo processo, con piattaforme gaming usate per eventi musicali (come il concerto di Travis Scott su Fortnite, seguito da 27 milioni di utenti). Un aspetto fondamentale del gaming è l'enorme impatto culturale che agisce su vari livelli della società e le controversie che ne conseguono. Si potrebbe affermare che oggi il Gaming è una delle più importanti frontiere della narrazione contemporanea (con saghe come *The Last of Us* trasposte in serie TV). Sotto questa ottica è possibile leggere il medium videoludico come un terreno di scontro per questioni di rappresentazione e di identità. Le ricerche di Shaw (2014) sulla rappresentazione di genere e quelle di Nakamura (2012) sulle dinamiche razziali evidenziano come i videogiochi riflettano e al tempo stesso modellino discorsi sociali più ampi. Parallelamente, il fenomeno della gamification dimostra l'espansione dei principi ludici in ambiti come educazione, salute e attivismo politico (Deterding et al., 2011). Stiamo assistendo a una progressiva "ludicizzazione" della società, dove i confini tra gioco e realtà diventano sempre più permeabili (Castronova, 2005). Alla luce di quanto detto è possibile concludere che il gaming rappresenta uno dei principali laboratori culturali del XXI secolo, specchio e motore al tempo stesso dei mutamenti sociali in atto.

2.2.4 Il Gaming come fenomeno culturale multifattoriale: la dimensione didattica

È possibile affermare che i videogiochi sono parte di un più ampio ecosistema mediale, in cui narrazioni trans-mediali e partecipazione attiva del pubblico ridefiniscono i confini tra produttori e consumatori, favorendo nuove chiavi di lettura per l'interpretazione del mondo (Jenkins, 2006).

I principi del game design, ad esempio, possono essere applicati all'educazione, attraverso l'impiego di alcuni elementi propri del gioco. Si tratta della *gamification*, un approccio ormai ben noto, che offre una chiave di lettura diversa in grado di reinterpretare il mondo didattico e lavorativo. Questo avviene attraverso la mutazione dei meccanismi ludici (punti, sfide, livelli) in altri ambiti della realtà (McGonigal, 2011).

2.3 I Serious Games

I Serious Games rappresentano un'evoluzione significativa del medium videoludico, collocandosi all'intersezione tra intrattenimento e utilità didattica. A differenza dei giochi tradizionali, concepiti principalmente per scopi ricreativi,

queste applicazioni digitali perseguono obiettivi specifici in ambito educativo, conservando tuttavia gli elementi strutturali del game design.

L'origine del concetto può essere ricondotta al lavoro pionieristico di Clark Abt (1970), che per primo ne formalizzò il potenziale nel volume "Serious Games". Con l'avvento delle tecnologie digitali, questa categoria si è progressivamente ampliata, arrivando a includere simulazioni per la formazione professionale, strumenti didattici interattivi, piattaforme per la riabilitazione cognitiva e persino esperienze ludiche finalizzate alla sensibilizzazione su tematiche di ogni sorta.

La peculiarità dei Serious Games risiede nella loro duplice natura: devono infatti coniugare efficacia nel trasmettere conoscenze, o sviluppare competenze, con la capacità di coinvolgere attivamente l'utente. Questo delicato equilibrio tra finalità didattica e dimensione ludica costituisce al tempo stesso il principale punto di forza con la più complessa sfida progettuale (Michael e Chen, 2006).

2.3.1 Definizione e caratteristiche dei Serious Games

Definire i Serious Games risulta un esercizio complesso, poiché si tratta di una categoria ibrida che sfida le tradizionali classificazioni. Sawyer e Smith (2008) ne propongono una descrizione come "applicazioni interattive che combinano un serio intento educativo, informativo o addestrativo con elementi ludici". Tale definizione li distingue nettamente dalla gamification, la quale si limita ad applicare meccaniche di gioco a contesti non ludici, mentre i Serious Games costituiscono esperienze ludiche complete, progettate con uno scopo primario che trascende il mero intrattenimento.

Una delle caratteristiche fondamentali di questi strumenti è la loro dualità di intenti. Come sottolineato da Alvarez (2007), un Serious Game deve mantenere un bilanciamento tra dimensioni funzionali, legate al raggiungimento degli obiettivi didattici o professionali, e dimensioni ludiche, necessarie per garantire un'esperienza di gioco gratificante. Questo equilibrio si traduce in scelte progettuali specifiche, che spesso includono l'integrazione degli obiettivi educativi all'interno della narrativa (Rowe et al., 2017), l'implementazione di sistemi di feedback adattivi e la creazione di scenari autentici che facilitino il trasferimento delle competenze nella realtà (Shute et al., 2019).

La classificazione dei Serious Games può essere articolata secondo diverse prospettive. Un approccio comune, proposto da Djaouti et al. (2011), li suddivide in base all'ambito applicativo, distinguendo tra giochi educativi, come DragonBox

per l'apprendimento della matematica, applicazioni mediche, tra cui Re-Mission per pazienti oncologici, simulatori aziendali per la formazione aziendale e giochi per il cambiamento sociale, come PeaceMaker, incentrato sul conflitto israelo-palestinese. Un'altra prospettiva, avanzata da Arnab et al. (2015), considera invece l'approccio pedagogico sottostante, differenziando tra modelli comportamentisti, che si basano su meccanismi di rinforzo positivo e negativo, e approcci costruttivisti, che privilegiano l'apprendimento attraverso l'esplorazione e la scoperta.

L'evoluzione tecnologica ha ampliato ulteriormente le potenzialità dei Serious Games. L'adozione della realtà virtuale e aumentata ha permesso lo sviluppo di applicazioni avanzate in ambito medico, come Touch Surgery per la formazione chirurgica. L'integrazione con l'intelligenza artificiale generativa apre inoltre nuove prospettive per la creazione di contenuti adattivi, come dimostrato dall'impiego di dialoghi dinamici con personaggi non giocanti a fini educativi.

Nonostante questi progressi, il dibattito accademico sul tema rimane vivace. Breuer e Bente (2010) evidenziano come la distinzione tra Serious Games ed edutainment sia spesso sfumata, mentre l'efficacia di questi strumenti dipende in larga misura dalla capacità di integrare organicamente gameplay⁵ (Juul, 2005, p. 37) e obiettivi formativi. Un rischio frequente è rappresentato dalla "ludicizzazione superficiale", ovvero dall'aggiunta di elementi ludici a contenuti didattici senza una reale coerenza progettuale, che può compromettere sia l'efficacia formativa che l'esperienza di gioco.

2.4 Principi di design di un video game

Il game design rappresenta la disciplina progettuale che governa la creazione di esperienze ludiche, combinando elementi tecnici, artistici e psicologici in un sistema interattivo coerente. A differenza di altre forme di design, la peculiarità del game design risiede nella sua natura bifronte: deve simultaneamente strutturare regole oggettive e suscitare esperienze soggettive, mediando tra la precisione sistemica e l'imprevedibilità del comportamento umano.

Questa complessità progettuale ha portato allo sviluppo di framework teorici che tentano di concettualizzare il processo creativo dietro ai videogiochi. Come

⁵ Con gameplay si intende l'insieme delle regole, delle dinamiche e delle possibilità d'azione che definiscono l'esperienza del giocatore all'interno di un videogioco. Non riguarda dunque solo le meccaniche, ma il modo in cui esse vengono percepite e sperimentate dal giocatore."

osservato da Salen e Zimmerman (2004), il game design opera sempre su tre livelli interdipendenti: le regole formali (costituite dal codice), il gameplay emergente (frutto dell'interazione giocatore-sistema) e l'esperienza culturale contestuale. L'evoluzione della disciplina ha visto progressivamente affermarsi approcci sempre più sistematici, pur mantenendo un'irriducibile componente artistica ed empatica che sfugge a una completa formalizzazione.

2.4.1 Fondamenti teorici del game design

La teoria della "*magia del gioco*" proposta da Costikyan (2013) offre una prospettiva originale sul game design, concettualizzando l'esperienza ludica come una forma di incantesimo contemporaneo. Secondo questa visione, il progettista assume il ruolo di "mago" che, attraverso specifici incantesimi (meccaniche di gioco), induce nel giocatore uno stato di sospensione dell'incredulità e di coinvolgimento emotivo. La magia risiede precisamente nella capacità di trasformare operazioni matematiche (il codice) in esperienze significative. Costikyan identifica sei elementi fondamentali per questa alchimia: l'interazione, che differenzia i giochi da altre forme medialità; gli obiettivi, che forniscono la direzione; la struttura, che organizza l'esperienza; il conflitto, generatore di tensione; la sicurezza, che delimita lo spazio magico; e infine la rappresentazione, che dà significato alle azioni.

Parallelamente, il modello MDA (*Mechanics-Dynamics-Aesthetics*) sviluppato da Hunicke et al. (2004) fornisce un framework analitico più strutturato, articolando tre livelli concatenati di progettazione. Le *Mechanics* costituiscono la base oggettiva del sistema: regole, algoritmi e dati che definiscono le possibilità formali. Le *Dynamics* emergono dall'interazione tra queste meccaniche e il comportamento del giocatore, generando pattern ricorrenti e situazioni impreviste. Infine, le *Aesthetics* rappresentano le risposte emotive che il gioco intende evocare, classificate in otto categorie che vanno dalla sensazione (piacere sensoriale) alla narrazione (immedesimazione drammatica).

Questi due approcci teorici, pur nella loro diversità, convergono nel riconoscere la natura sistemica e stratificata del game design. Come dimostrato dalle ricerche di Järvinen (2008), l'efficacia di un videogioco dipende dalla coerenza tra questi diversi livelli e dalla capacità del progettista di anticipare le dinamiche emergenti. La sfida principale risiede nel bilanciare controllo progettuale e libertà interpretativa, tra struttura predeterminata e possibilità combinatorie.

2.4.2 Elementi chiave nella progettazione

Le Game Mechanics, concettualizzate da Sicart (2008) come "metodi invocati dagli agenti per raggiungere specifici obiettivi all'interno del gioco", costituiscono l'ossatura fondamentale di qualsiasi esperienza ludica. Queste meccaniche operano a diversi livelli di astrazione: dalle regole base che definiscono le possibilità di interazione (come il movimento in uno spazio virtuale), ai sistemi più complessi che governano l'economia di gioco o la progressione del personaggio. La progettazione di meccaniche efficaci richiede una profonda comprensione dei principi di sistemica, come dimostrano i lavori di Adams e Dormans (2012) sull'equilibrio nei sistemi ludici.

La dimensione narrativa introduce un ulteriore strato di complessità. Juul (2005) e Frasca (2003) hanno analizzato il rapporto tra meccaniche e narrazione, coniando il concetto di "ludonarrative harmony" per descrivere l'ideale integrazione tra questi due aspetti. Quando le azioni del giocatore (governate dalle meccaniche) e lo sviluppo narrativo (fornito dalla storia) sono in sincronia, si crea un'esperienza coerente e immersiva. Al contrario, la "ludonarrative dissonance" si verifica quando questi elementi entrano in conflitto, come nei casi in cui un personaggio moralmente irreprensibile nella narrazione possa compiere azioni crudeli durante il gameplay.

L'User Experience (UX) rappresenta il terzo pilastro fondamentale, particolarmente enfatizzato da Fullerton (2024) e Schell (2008). La UX nel game design comprende non solo l'usabilità di base (accessibilità dei comandi, chiarezza dell'interfaccia), ma anche la qualità più sottile dell'"esperienza fluida", dove l'interfaccia diventa trasparente permettendo al giocatore di focalizzarsi completamente sull'esperienza ludica. Questo aspetto richiede un'attenzione maniacale al feedback (visivo, uditivo, aptico), alla progressione e alla curva di apprendimento, come dimostrano i principi di "design iterativo" proposti da Rogers et al. (2011).

2.4.3 Tecniche di coinvolgimento del giocatore (Engagement)

La teoria del flow di Csikszentmihalyi (1990) fornisce un framework fondamentale per comprendere come i videogiochi creino coinvolgimento. Secondo questa prospettiva, lo stato di flow è caratterizzato da una completa immersione e focalizzazione sul compito e si verifica quando esiste un perfetto equilibrio tra la difficoltà della sfida e le abilità del giocatore. I game designer

applicano questo principio attraverso un'attenta modulazione della curva di difficoltà e l'implementazione di sistemi di bilanciamento dinamico, come dimostrato dalle ricerche di Chen (2007) sull'adattività nei giochi.

I sistemi di motivazione e reward rappresentano un altro strumento cruciale per mantenere l'engagement. La teoria dell'autodeterminazione di Ryan e Deci (2000), applicata al contesto ludico da Rigby e Ryan (2011), identifica tre bisogni psicologici fondamentali: autonomia (senso di controllo), competenza (senso di padronanza) e relazionalità (connessione sociale). Koster (2004) ha ulteriormente sviluppato questi concetti, descrivendo come i giochi forniscano "piacere cognitivo" attraverso pattern riconoscibili e problemi da risolvere. I moderni sistemi di progressione, achievement e ricompense variabili rappresentano l'applicazione pratica di questi principi psicologici.

Capitolo 3

Casi studio di Serious Games per il Patrimonio Culturale applicati in ambito didattico

Negli ultimi decenni i Serious Games, come accennato, sono diventati un'importante forma di coinvolgimento degli studenti nei confronti della quasi totalità delle materie oggetto di studio negli ambienti di apprendimento. In particolare, alcuni di questi hanno dimostrato, nell'ambito dell'insegnamento di materie storiche, un grande potenziale nel comunicare le forme tangibili e intangibili del patrimonio culturale (McCall, 2016). Nonostante il crescente interesse accademico su come utilizzare al meglio questi strumenti, molte domande rimangono senza unanime risposta per quanto riguarda l'impiego del mezzo e i problemi teorici e pratici coinvolti nella progettazione e nell'impiego negli ambienti di apprendimento.

È evidente che l'ambito in esame vive una fase di continua trasformazione, caratterizzata dalle più svariate sperimentazioni di generi videoludici (strategici, gestionali, azione, avventura puzzle game ecc.), che si strutturano in base ad una scelta di contenuti didattici che va dalla storia alla matematica, dalle materie umanistiche alle materie scientifiche. Ne consegue che il presente ambito di ricerca, essendo piuttosto ampio e multi-tematico, presenta molti quesiti senza unanimi risposte da parte della comunità scientifica. Alla luce di questa premessa, in questo capitolo verranno descritti alcuni casi studio di Serious Games per la didattica del patrimonio culturale, dove l'architettura si colloca tra gli ambiti costitutivi.

3.1 Le origini: I pionieri di “*The Oregon Trail*”

I videogiochi educativi storici fanno la loro comparsa nelle aule scolastiche molto precocemente, quasi in concomitanza alla nascita del videogioco inteso come medium. Uno dei primi esempi di tali esperienze è l'avventura testuale “*The Oregon Trail*” (Fig. 1), creato nel 1974, probabilmente il primo videogioco sviluppato con finalità educative. *The Oregon Trail* è realizzato da tre studenti senior del Carleton College, Don Rawitsch, Bill Heinemann, e Paul Dillenberger, per aiutare, attraverso uno strumento innovativo per l'epoca, i giovani studenti delle scuole elementari ad imparare la storia degli Stati Uniti. *The Oregon Trail* è infatti un videogioco gestionale basato su un'interazione di tipo testuale, genere molto comune in quegli anni. Il giocatore, come capo di una carovana, controlla un gruppo di migranti che viaggia lungo l'Oregon Trail da Independence (Missouri) a Oregon City (Oregon) nel 1847. Il gioco è caratterizzato da una serie di 12 round, nei quali il giocatore prende delle scelte nella gestione e nell'acquisto di rifornimenti e beni di prima necessità. Tale tipologia di gameplay unita alle meccaniche decisionali e di gestione di risorse, offre l'opportunità di riflessione e scelta ai giocatori, i quali diventano agenti all'interno del periodo storico ricreato.



Figura 1: Screenshot di gioco di *The Oregon Trail*.

3.2 Nuove strategie: i casi di “*Civilization I, II e III*”

Alcuni casi esemplificativi, frutto di un rinnovato interesse nei confronti dei videogiochi come strumenti didattici nascono qualche decennio dopo il caso di *The Oregon Trail*, a partire dagli anni 90.

In questo senso, sono significative nell’ambito dell’insegnamento di materie relative al Patrimonio Culturale, le esperienze maturate attraverso l’impiego del videogioco di genere strategico a turni *Civilization*⁶ *I* (pubblicato nel 1991) e *II* (pubblicato nel 1996). Lo studioso Taylor ha implementato i suddetti videogiochi nel suo corso di storia moderna di una scuola superiore (Taylor, 2003). Successivamente, Barab e Squire hanno approfondito l'utilizzo didattico di *Civilization III* (Fig. 2) (Barab & Squire, 2004).



Figura 2: Screenshot di gioco di Civilization III.

3.2.1 L’esperienza di Taylor con *Civilization I e II*.

Il presente caso studio vede la sua genesi nelle linee guida emanate dalla Commissione Bradley (Jackson, 1989). In particolare, lo scopo della commissione

⁶ Civilization mette il giocatore nei panni del sovrano di una civiltà, dalla fondazione delle prime città (6.000 A.C.) fino alla colonizzazione dello spazio. Lo scopo è quello di governare ogni aspetto in grado di plasmare la storia e l'evoluzione di una nazione (ricerca tecnologica e scientifica, forma di governo, politiche militari), il tutto all’interno di un ambiente competitivo dove una delle civiltà prevarrà sulle altre (è possibile sfidare altri giocatori o l’intelligenza artificiale).

è quello di reinventare ed innovare i principi di insegnamento delle materie storiche nel sistema scolastico statunitense. La missione è, infatti, quella di modificare gli “Habits of the Mind”, ovvero di esplorare nuovi paradigmi in grado di enfatizzare l’apprendimento di processi o periodi storici complessi piuttosto che la semplice raccolta e memorizzazione di fatti. Tra gli obiettivi della commissione è rilevante riportare i seguenti:

- Assimilare il concetto di incertezza socio-culturale, rendendosi conto che non tutti i problemi hanno soluzioni.
- Percepire gli eventi e le questioni del passato così come venivano vissuti dalle persone dell'epoca, sviluppando empatia storica.
- Cogliere la complessità della causalità storica, rispettare le peculiarità delle epoche ed evitare generalizzazioni eccessivamente astratte.
- Riconoscere l'importanza degli individui che hanno fatto la differenza nella storia e l'importanza dei fattori caratteriali, sia nel bene che nel male.
- Riconoscere i concetti di razionale, irrazionale e accidentale nella storia e nelle dinamiche sociali.
- Comprendere il rapporto tra geografia e storia come matrice del tempo e del luogo, e come contestualizzare rispetto agli eventi.

Sulla base di questi obiettivi Taylor considera l’impiego di *Civilization* come strumento didattico nelle aule scolastiche, con il fine di proporre un nuovo linguaggio in grado di presentare la complessità, la casualità storica e le interrelazioni tra gli eventi, per interpretare il passato attraverso una nuova chiave. Per Taylor la caratteristica fondamentale del medium videoludico è l’interattività, che rende possibile la rappresentazione di complessi scenari dinamici grazie al connubio audio, testo e video. È possibile in questo modo simulare il passato attraverso una prospettiva che tiene in considerazione più fattori simultaneamente ricercando una simulazione in grado di proiettare lo studente nel periodo storico in esame.

In primo luogo, quando gli studenti di Taylor hanno utilizzato *Civilization* in classe, hanno notato in maniera evidente come "vedere e sperimentare" coinvolge nuovi processi di apprendimento, sicuramente diversi rispetto al passato. Geografia,

stile di leadership, politica, sviluppo economico, guerra, tecnologia, anziché essere concetti statici in un testo, si intrecciano in un'unica rappresentazione complessa ed interconnessa. Taylor, nel suo articolo, riporta alcune citazioni estrapolate dalle interviste poste agli studenti del corso sperimentale: "Tutti i concetti che si trovano sui libri si uniscono in un unico strumento di apprendimento audiovisivo e interattivo che riesce a rappresentare la storia in maniera diversa" (Taylor, 2003, p. 3) e ancora, "Civilization II consente alla storia di diventare interattiva, il che a sua volta rende l'apprendimento divertente. E non solo divertente, mi ha aiutato a memorizzare meglio ciò che stavo imparando. Questo gioco mi ha davvero aiutato a osservare diversamente ciò che è riportato sui libri". (Taylor, 2003, p. 3) Risulta evidente che questi videogiochi simulativi abbiano la capacità di esporre dei concetti in maniera diversa, creando un modello dinamico e responsivo messo a disposizione dell'utente in modo immediato e tangibile. In secondo luogo, il gioco mette il fruitore nella posizione di essere un partecipante attivo di una complessa realtà simulata. Queste simulazioni, poiché progettate per essere provate molteplici volte, forniscono uno strumento per testare la varietà di possibilità decisionali rispetto ad un determinato momento, che potrebbe influenzare un'ampia gamma di possibili risultati futuri, favorendo un pensiero critico derivante da una riflessione dell'azione appena compiuta.

Taylor, infine, conclude affermando che, affinché gli insegnanti di storia possano utilizzare l'attuale tecnologia disponibile col fine di esporre la propria materia in maniera dinamica, non solo è doveroso che accettino la legittimità della tecnologia come strumento di comunicazione, ma anche la necessità di apprendere la stessa per poterla implementare efficacemente. In primo luogo, per valutarne criticamente la sua utilità ed in secondo luogo perché è concretamente possibile usare la tecnologia per ciò che il mondo della scuola ha da dire sul passato, piuttosto che lasciare che il passato venga interpretato dai videogiochi commerciali a scopi primariamente ludici.

3.2.2 L'esperienza di Squire e Barab con *Civilization III*.

Un anno dopo, gli studiosi Squire e Barab (2004) hanno approfondito l'utilizzo didattico di *Civilization III*. Attraverso tre casi studio, questi autori hanno esaminato come il coinvolgimento nel gioco, le interazioni sociali e la comprensione del contesto storico si siano evoluti in classe, traendo conclusioni sul ruolo del videogioco nel processo di comprensione, apprendimento e capacità critica degli studenti. Nello specifico, il suddetto progetto di ricerca esamina quali risultati sono emersi e come avviene l'apprendimento quando *Civilization III* viene utilizzato come strumento per l'apprendimento della storia. È opportuno inoltre definire *Civilization III*: si tratta di un gioco di strategia a turni in cui il giocatore comanda una civiltà nel corso di 6000 anni di storia, gestendo le risorse naturali, le finanze e il commercio, la ricerca scientifica, l'orientamento culturale e religioso, le politiche di governo e militari. Le domande di ricerca alla base dello studio sono state le seguenti:

1. Quali pratiche e contraddizioni emergono quando i videogiochi vengono introdotti in ambienti di apprendimento formali? In particolare, in che modo l'atto del gioco (competizione tra compagni, apprendimento attraverso il fallimento) si relaziona con le pratiche e la cultura della didattica tradizionale?
2. In che modo *Civilization III* stimola i giocatori in contesti di apprendimento formale?
3. In che modo l'apprendimento avviene attraverso il gioco? In particolare, in che modo giocare a *Civilization III* migliora la comprensione della storia da parte degli studenti?
4. Quali sono le potenzialità pedagogiche (anche in una chiave di accessibilità e praticabilità in aula) dell'utilizzo dei videogiochi in un'aula scolastica?
5. Come è possibile progettare le attività e le unità di apprendimento quando si utilizzano i videogiochi in ambienti di apprendimento formali?

Sulla base delle suddette domande di ricerca l'esperimento è stato applicato attraverso tre casi studio in tre contesti diversi. Il primo caso è un'unità didattica

della durata di un mese sulla storia del mondo, come parte di un corso di materie umanistiche del nono grado d'istruzione statunitense (primo anno di scuola superiore). Nel secondo caso, un sottogruppo di questi studenti ha partecipato a un campo scuola informatico, della durata di una settimana, per indagare il potenziale utilizzo di Civilization III in funzione dell'apprendimento di materie storiche. Il terzo caso è un club informatico nel doposcuola.

È, inoltre, interessante riportare il quadro teorico di riferimento dei ricercatori che trova la sua centralità nel proporre una comunità di ricerca del sapere in cui gli studenti pongono domande personalmente significative, guidati e sollecitati da insegnanti ed altri studenti. Inoltre, i modelli pedagogici di riferimento si ispirano a diversi altri approcci e modelli complementari tra loro, tra cui la suddetta *Knowledge Building Community* (Scardamalia & Bereiter, 1994), i *goal-based scenarios* (Schank, 1994). ed infine i *project-based learning* (Barron, et. al. 1998).

Per quanto riguarda la metodologia della raccolta dati questa è stata effettuata attraverso una combinazione di osservazioni naturalistiche e qualitative con l'obiettivo di rispondere alle domande di ricerca sopra elencate. Avendo come punto di riferimento la metodologia applicata da Stake (1995), i ricercatori hanno quindi sviluppato delle descrizioni narrative di ciascun caso studio, col fine di riportare l'evoluzione degli eventi, anche attraverso l'uso di osservazioni, interviste e analisi di documenti.

La raccolta dei dati effettuata attraverso le osservazioni si è concentrata su due obiettivi: Il primo è stato quello di registrare le attività di gioco degli studenti, inclusi dettagli inerenti al gameplay di Civilization III (l'epoca in cui si trovavano gli studenti, con quale civiltà stessero giocando e, soprattutto, attraverso quali meccanismi di gioco gli studenti venissero coinvolti maggiormente). Il secondo obiettivo è stato quello di registrare le interazioni sociali in atto, inclusi i contenuti dei dialoghi tra i partecipanti, la condivisione della conoscenza, i casi in cui i giocatori, astraendosi da Civilization III, hanno discusso la comprensione di altri fenomeni (e casi in cui non lo fanno) ed infine situazioni in cui emergono sfide cooperative o competitive.

Gli studenti sono stati, inoltre, coinvolti in colloqui, con lo scopo di sondare le osservazioni e le ipotesi dei ricercatori comparandoli alle opinioni dei partecipanti. Sono state poste frequenti domande formali e informali agli studenti su è stato fatto ed il perché. Oltre ai colloqui informali, nove partecipanti del campo scuola e quattro studenti del club informatico sono stati coinvolti in colloqui semi-strutturati inclusivi di alcuni compiti da eseguire. Sono stati, quindi, utilizzati un mix di colloqui e compiti su temi riguardanti cronologia degli eventi, mappe e testi, inoltre, tutte le interviste sono state audio-registrate e trascritte. Squire e Barab, consapevoli della possibilità che gli studenti potessero cercare di accontentare gli insegnanti e i ricercatori stessi, hanno strutturato le interviste come una opportunità per gli studenti di esporre in un contesto non giudicante cosa avessero imparato (o non imparato) giocando.

Infine, è stata prevista una raccolta giornaliera degli appunti e note, relativi alle fasi di gioco, elaborati dagli studenti. In particolare, questi hanno riportato in un diario una breve descrizione di ciò che era accaduto nel gioco e delle decisioni che avevano preso quel giorno. In questo modo sono stati generati documenti particolarmente utili per triangolare le osservazioni del ricercatore/insegnante con gli obiettivi e le attività degli studenti.

Le considerazioni risultanti dai dati raccolti rilevano alcuni aspetti interessanti che vengono successivamente elaborati dai ricercatori e riassunti nei seguenti concetti chiave.

- Il primo di questi concetti riguarda *Taken-as-Shared Meanings*. Molte interpretazioni dei concetti proposti dal gioco, una volta compresi attraverso una chiave di lettura condivisa, hanno portato gli studenti ad esaminare le conseguenze delle decisioni prese all'interno di Civilization III. Un esempio è stato quello di diversi studenti, i quali, attraverso l'osservazione di decisioni e strategie vincenti di alcuni, hanno compreso che un florido progresso della loro civiltà dipende dalle risorse presenti nelle Americhe. È stato, dunque, compreso in maniera significativa il concetto di colonizzazione. Un altro esempio è stato la comprensione del ruolo del commercio con altre civiltà, un fattore indispensabile per l'ottenimento di

tecnologie e risorse in grado di portare gli studenti, con le loro civiltà, alla colonizzazione di nuove aree.

- Un altro concetto è quello del *Limitations in Facilitating Conceptual Understandings*. Civilization III è stato, infatti, efficace nell' introdurre agli studenti alcune conoscenze geografiche e storiche, ma non altrettanto efficace nel facilitarne una profonda comprensione concettuale. Alcuni esempi di questo si palesavano quando i ricercatori chiedevano agli studenti cosa significassero alcuni concetti specifici, ad esempio: "Cos'è una monarchia?"; La maggior parte degli studenti riusciva ad esprimere concetti basilari come: "È un tipo di governo". Questo perché la maggior parte dei contenuti informativi proposti venivano descritti in funzione dell'apprendimento all'interno delle meccaniche di gioco (Nello specifico, questi risultavano essere dei tutorial con brevi cenni storici). Un secondo fattore degno di nota è stato la necessità degli studenti di imparare, seppur superficialmente, alcuni concetti di gioco utili per padroneggiare Civilization III. Durante le sessioni di gioco, infatti, gli studenti hanno affrontato tantissimi termini e concetti nuovi come: tipologie di governo, religioni, il progresso tecnologico ed altri ancora. Ciò ha portato gli studenti a formulare numerosissime domande da porre a ricercatori ed insegnanti, con lo scopo di acquisire nuove informazioni al riguardo (Es. domande sulla sociopolitica: "Quali sono gli effetti della democrazia?", oppure domande sulla geografia: "C'è del petrolio in Groenlandia?").

- Il concetto di *Failure Fosters Conceptual Learning*. Secondo i ricercatori, il principale motore dell'apprendimento dei concetti di gioco è arrivato attraverso il fallimento. Questo ha posto molti studenti nella posizione di doversi confrontare con le lacune delle loro conoscenze storiche, portandoli verso nuovi percorsi di apprendimento. L'apprendimento è, infatti, avvenuto attraverso cicli di identificazione del problema, sviluppo di interpretazioni causali di quegli eventi che hanno portato alla perdita di una partita (es. cattiva gestione dell'economia, politiche militari troppo belligeranti), brainstorming di possibili soluzioni, implementazione di soluzioni, riflessione sui nuovi risultati. Di conseguenza, gli studenti hanno iniziato ad analizzare il proprio modo di giocare, provando

molteplici strategie, formulare nuove ipotesi sul funzionamento del gioco e, quindi, sperimentando le conseguenze delle decisioni. Questo ha fatto in modo che gli studenti potessero effettuare frequenti connessioni tra le loro scelte di gioco e la storia reale.

- Il concetto di *Playing Prompt Questions about Geography and History*. Civilization ha suscitato un reale interesse negli studenti, facendogli porre domande di varia natura come ad esempio l'avanzamento tecnologico, la politica, la leadership, l'astronomia, la tecnologia navale ed altro. Difatti, l'abitudine, da parte degli studenti, nel porre domande sui concetti proposti dal gioco è stata una pratica diffusa in tutti e tre i casi studio. Un esempio chiarificatore è quello dell'astronomia, che non si è presentata come una definizione astratta in un manuale, ma si è configurata, attraverso le dinamiche di gioco, come un'esperienza di scoperta concreta. Questo ha portato gli studenti a considerare in prima persona le implicazioni della scoperta della navigazione astronomica sull'evoluzione della propria civiltà portandoli a poter navigare in oceano aperto, verso la scoperta di nuove aree geografiche. Come conseguenza di questa esplorazione/apprendimento diretto gli studenti, spinti dalla curiosità, hanno posto molteplici domande agli insegnanti e ricercatori. Squire e Barab hanno considerato questo aspetto tra i più rilevanti.

- Concetto di *Comparing Game Play to History*. Molti studenti hanno interpretato Civilization III come un simulatore storico, traendo spunti di riflessione ed un reale interesse nell'utilizzo del videogioco. I concetti imparati e consolidati sono stati molteplici, tra questi un esempio significativo è stato il concetto di guerra. Attraverso la sperimentazione diretta della propria civiltà in guerra gli studenti hanno imparato che il conflitto è una strada imprevedibile e poco lungimirante. A detta di molti studenti, quest'ultima è stata la lezione più importante imparata. Un altro esempio è stata la comprensione dei fattori che portano al fenomeno della colonizzazione. Nei colloqui è infatti emerso che gli studenti hanno saputo riportare motivazioni valide in grado di spiegare il fenomeno della colonizzazione, come la

densità di popolazione, l'accesso a risorse strategiche, relazioni con nuove civiltà e l'accesso a nuove rotte commerciali.

- Infine, il concetto di *Understanding the Interplay of History, Geography, Politics, and Economics*. Alcuni dei momenti di apprendimento più importanti si sono verificati al di fuori del gioco stesso, questo è emerso principalmente attraverso delle discussioni post gioco in aula, in cui gli studenti hanno avuto il compito di presentare ciò che avevano imparato giocando. Per Squire e Barab questo suggerisce che affrontare alcuni concetti sotto la lente del videogioco inteso come strumento didattico, è utile in funzione di un confronto in aula tra studenti ed insegnanti, avendo come punto di riferimento i contenuti didattici (ed in questo caso storici) da apprendere e consolidare.

In conclusione, i ricercatori riassumono il modo in cui gli studenti hanno approcciato Civilization III affermando che questi hanno spontaneamente seguito uno schema di osservazione, interazione, fallimento, identificazione del problema, raccolta di nuove informazioni (domande), formulazione di strategie di mitigazione e infine osservazione delle conseguenze. Gli studenti hanno, infatti, formulato "domande di ricerca" in risposta a problemi emersi nelle loro fasi di gioco ed in risposta a questioni di curiosità culturale più generali. Hanno esaminato reciprocamente le fasi di gioco, individuato i modelli più funzionali tra questi, formulato ipotesi sul funzionamento del gioco e agito in base a queste teorie emergenti mettendo in atto strategie più funzionali. Gran parte dell'analisi e della riflessione avvenute come conseguenza delle riflessioni in fase di gioco hanno portato naturalmente a domande, discussioni e dibattiti su storia e geografia. Uno dei risultati più interessanti raggiunto da Squire e Barab con Civilization III è stato infatti quello di aver coinvolto un considerevole numero di studenti, obiettivo mai raggiunto in quelle aule fino a quel momento, in un genuino interesse nei confronti della storia e della geografia. Le scuole hanno, tuttavia, colto solo in parte il potenziale della cultura popolare e degli strumenti multimediali. Un esempio è l'uso dei film in classe, pratica ancora sporadica e spesso sottovalutata, poiché percepita come intrinsecamente commerciale e di limitato valore didattico (Holland et al.,

2003). Il caso del videogioco non presenta una natura diversa in quanto prodotto di natura commerciale, sebbene questo si differenzi per un impegno cognitivo maggiore, il tipo di impegno che gli educatori ricercano ma che non riescono spesso ad indurre negli studenti.

3.3 Simulare la storia: il caso di “Europa Universalis II”

In seguito alle sperimentazioni con *Civilization I, II e III*, altre ricerche hanno seguito il filone di studio e applicazione dei videogiochi strategico-simulativi nelle aule scolastiche. Una di queste riguarda il progetto di ricerca “Beyond Edutainment, exploring the education potential of computer games” (Nielsen, 2005) condotto da Simon Egenfeldt-Nielsen, nell’ambito del corso dottorato, completato nel 2005 presso l’Università di Copenhagen. Nielsen ha esplorato lo studio e l’applicazione di un videogioco educativo in aula, seguito da una successiva analisi dei dati empirici emersi dai test somministrati dopo l’uso del videogioco, col fine di costruire una teoria sul corretto impiego di questi mezzi digitali come strumenti didattici. Il suddetto progetto di ricerca consta di quattro parti: la prima parte è uno studio sulla storia dell’utilizzo dei videogiochi come strumenti didattici; La seconda è uno studio e identificazione dei punti chiave della letteratura accademica al fine di ricreare una base teorica su cui si fondano la terza e la quarta parte. La terza parte è lo studio empirico derivato dall’applicazione di un caso studio in un’aula scolastica. La quarta parte, infine, propone una teoria su una corretta applicazione dei videogiochi educativi come strumento didattico.

3.3.1 Parte 2° - Studio della letteratura di riferimento sui giochi come strumento didattico

È rilevante ricostruire il presente contributo di ricerca a partire dalla seconda parte, ovvero l’identificazione dei punti chiave nella letteratura al fine di ricreare un quadro di riferimento per l’applicazione dei videogiochi educativi. Nielsen individua tre punti chiave:

- Il primo punto è il principio di *ambiente di apprendimento*. In primo luogo, è necessario inquadrare il contesto dove avviene la fruizione didattica dei giochi, tendenzialmente la scuola/università, e questo pone alcuni problemi legati alla struttura piuttosto rigida del sistema educativo. Saegesser (1981; 1984) e Coleman (1973) evidenziano la programmazione degli orari, lo spazio fisico in aula e la gerarchia dei ruoli esistenti, che ostacolano l'uso dei giochi e di conseguenza il risultato dell'apprendimento. L'orario scolastico non è pensato per attività ludiche che si estendano oltre le ore di lezione, e risulta, spesso, difficile rispettare i tempi necessari al raggiungimento degli obiettivi didattici.

In secondo luogo, Bredemeier e Greenblat (1981), e Dorn (1989), affermano che la predisposizione dell'insegnante nei confronti dei giochi influenza il risultato. L'esperienza di gioco può risentirne se questa viene compromessa dalla mancanza di conoscenza da parte dell'insegnante delle dinamiche nelle varie situazioni di gioco. Se il docente propone una variazione del gameplay o introduce il gioco in modo diverso, è conseguente che si modifichi l'approccio nell'utilizzo. Ad esempio, se un gioco viene presentato come una competizione o un'esplorazione congiunta, si è di fronte ad esperienze di diversa natura. Nell'articolo precedentemente menzionato Dorn attinge a ricerche precedenti per delineare alcuni fattori che consentono agli istruttori di raggiungere un'impostazione di gioco utile a facilitare l'apprendimento. Egli sottolinea che i giochi non dovrebbero essere l'unico stile di insegnamento in un corso, ma dovrebbero essere supportati da altri metodi didattici con chiari obiettivi educativi. Ad esempio, è importante la scelta dell'uso e tempistica dei giochi proposti in un corso. È infatti possibile e doveroso stabilire obiettivi precisi, come il gioco pensato come introduzione ad un corso, che può veicolare alcuni basilari concetti teorici; o fornire un'esperienza condivisa, dando agli studenti un modo alternativo per conoscersi. Oltre a ciò, il docente dovrebbe avere una certa esperienza con l'utilizzo di giochi, essere abile nella gestione degli stessi in aula, avere passione nell'applicazione, tenere a mente il copione dei vari ruoli nella classe. Inoltre, il docente dovrebbe essere in grado di valutare diversi giochi in relazione alle abilità psico-fisiche degli studenti, tenere in

considerazione i limiti di tempo e spazio in aula. È evidente che la complessità che si apre con le molte variabili sopracitate è sufficiente per suscitare un interesse in un qualsiasi insegnante che ricerchi una metodologia esperienziale.

- Il secondo punto riguarda i *fattori di apprendimento personali*. Le variabili più frequenti riportate nella letteratura sono state il sesso, l'età, i risultati scolastici e, in una certa misura, l'etnia. Bredemeier e Greenblat, ad esempio, sottolineano che i giochi possono essere in grado di raggiungere gruppi di studenti scolasticamente meno performanti, ma ciò dipende da una varietà di fattori. Sottolineano in particolare che la positiva predisposizione dello studente nei confronti dei giochi è fondamentale. Di conseguenza, sembra che gli allievi meno avvantaggiati possano beneficiare dei giochi, soprattutto nella grande maggioranza dei casi in cui essi sono favorevoli al loro utilizzo in aula. Un altro fattore da considerare è la struttura del gruppo in relazione alla dimensione, organizzazione e dinamiche tra gli studenti. Sembra che la coesione iniziale del gruppo sia abbastanza importante per la performance in un ambiente di gioco e rimane relativamente stabile man mano che il gioco procede. Alcuni studi indicano che l'atteggiamento iniziale degli studenti ha conseguenze limitate per la performance, mentre la coesione di gruppo è centrale (Wellington & Faria, 1996).

Un'area che ha ricevuto poca attenzione è quella dell'importanza dell'esperienza che si ha dei giochi, che potrebbe costituire un ulteriore fattore ai fini dei risultati di apprendimento. La conoscenza e l'esperienza con i giochi consente infatti agli studenti di concentrarsi sul gioco e, di conseguenza, dedicare meno tempo al processo di padronanza di queste nuove forme di apprendimento. Questa è un'area che diventa ancora più rilevante in relazione ai giochi per computer con interfacce e meccaniche di gameplay sempre più complesse.

- Il terzo punto riguarda i *risultati attesi di apprendimento*. La questione dei risultati di apprendimento relativi all'uso educativo dei giochi è una delle aree che ha ricevuto la maggiore attenzione di ricerca accademica nel corso degli anni: la domanda risultante è: “Come possiamo misurare l'effetto di apprendimento dei giochi sugli studenti?” Ciò implica anche che la domanda non è necessariamente se

si impara dai giochi, ma piuttosto se questa esperienza di apprendimento è migliore in determinate condizioni, per alcuni utenti, per alcuni scopi e se la natura di ciò che apprendiamo è diversa. Dobbiamo essere specifici sui risultati di apprendimento che ci aspettiamo e identificare modi alternativi tali per cui è possibile misurare l'apprendimento. Altrimenti l'apprendimento può diventare ripetitivo, non documentato, confuso e puntare in direzioni diverse, il che è un rischio molto reale quando si usano i giochi con l'obiettivo di insegnare (Elder, 1973). La valutazione dell'apprendimento ha dato origine a numerosi problemi nel corso degli anni. Uno dei più persistenti è la mancanza di considerazione dei fattori più basilari quando si conduce uno studio. Nella letteratura di riferimento è evidenziata la necessità di creare una base di riferimento teorica su cui proseguire la ricerca, ad esempio una chiara definizione del concetto di gioco educativo e una tassonomia condivisa dei giochi. C'è un certo consenso sul fatto che tre aree debbano essere misurate per valutare i risultati dell'apprendimento in un dato gioco.

La variabile complessiva è l'apprendimento fattuale di nozioni, che può essere sia su un dato argomento sia sulla scoperta di una parte di sé (cognitivo e affettivo). Quando la valutazione dei risultati dell'apprendimento è suddivisa in cognitiva e affettiva, possiamo distinguere diversi domini di conoscenza e metodi di apprendimento. La scissione tra cognitivo e affettivo è talvolta vista come la divisione, da un lato, dell'acquisizione di informazioni specifiche (apprendimento fattuale) e, dall'altro, di principi e concetti più generali e legati all'io (apprendimento significativo). I problemi generati dalla distinzione tra queste due aree hanno influenzato la ricerca sui giochi fin dall'inizio e il problema è condiviso con altre ricerche educative (Bredemeier & Greenblat, 1981; Elder, 1973). Le altre due aree che dovrebbero essere valutate attentamente sono quelle che influiscono sul risultato di apprendimento variabile complessivo. Queste sono la motivazione ad apprendere e la relazione tra studenti e insegnante che vengono prese in considerazione negli studi di Kashibuchi e Sakamoto (2001).

Nielsen conclude che i giochi possono risultare particolarmente adatti a promuovere forme di apprendimento esperienziale, con un'efficacia complessiva comparabile ad altri metodi di insegnamento, pur senza chiari vantaggi nella ritenzione a lungo termine (Bredemeier & Greenblat, 1981; Dorn, 1989; Randel et. al., 1992). Un ulteriore criterio, per l'appunto, è quello relativo alla ritenzione a lungo termine delle informazioni. Sebbene non tutti gli studi della metanalisi di Randel abbiano esaminato la ritenzione di informazioni nel tempo, quelli che lo hanno fatto, in generale, hanno riscontrato una migliore ritenzione rispetto ai metodi di insegnamento tradizionali. Ciò porta a diverse ipotesi sull'origine di questa maggiore ritenzione. Quando si considera questo fattore, la maggior parte dei ricercatori di cui sopra mette in relazione una migliore ritenzione con la motivazione e interesse più elevati sperimentati quando si utilizzano i giochi a scopo educativo.

3.3.2 Parte 3° - Studio empirico sull'uso di un videogioco come strumento didattico in aula.

Lo studio empirico ha avuto lo scopo di identificare a livello quantitativo i risultati relativi all'uso educativo dei videogiochi in modo da identificarne problemi, limiti e potenzialità. Questa parte dello studio si è configurata come un esperimento sul campo, che prende in esame due diverse metodologie applicate due gruppi di studenti. Tre classi di scuola superiore hanno partecipato ad un corso di storia della durata di due mesi e mezzo nel quale si è sperimentata l'implementazione a scopo didattico di un gioco per computer. Due classi sono state assegnate ad un gruppo sperimentale mentre una terza ha costituito il gruppo di controllo. Lo studio ha preso in esame studenti che avevano iniziato il primo anno nel percorso triennale della scuola secondaria, ovvero 72 studenti tra i 15 e i 19 anni, con una media di 16.3 anni. L'esperimento è durato due mesi e mezzo, il tema è stato la storia medievale europea (1419-1719) ed il videogioco Europa Universalis

II⁷ (Fig. 3), che ha fatto parte dell'esperienza didattica con lo scopo di simulare le dinamiche storiche in atto in quei tempi. L'unica differenza tra il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo è stato l'impiego del gioco storico di strategia sopramenzionato. Nello specifico, il gruppo sperimentale ha, in una prima fase, giocato al gioco e parallelamente preso nota dell'esperienza, successivamente ha avviato una riflessione e discussione sull'esperienza di gioco a partire da alcune domande⁸ (Nielsen 2005, p. 149), ed ha, infine, ascoltato una lezione tenuta dall'insegnante su un argomento correlato al gioco e sulla base dei libri di testo scolastici. Il gruppo di controllo, invece, ha utilizzato metodi didattici quali la lettura di alcuni casi studio in gruppo, ha svolto, successivamente, una riflessione e una discussione sull'oggetto di studio a partire da alcune domande e, infine, ha ascoltato una lezione tenuta dall'insegnante sulla base del libro di testo.

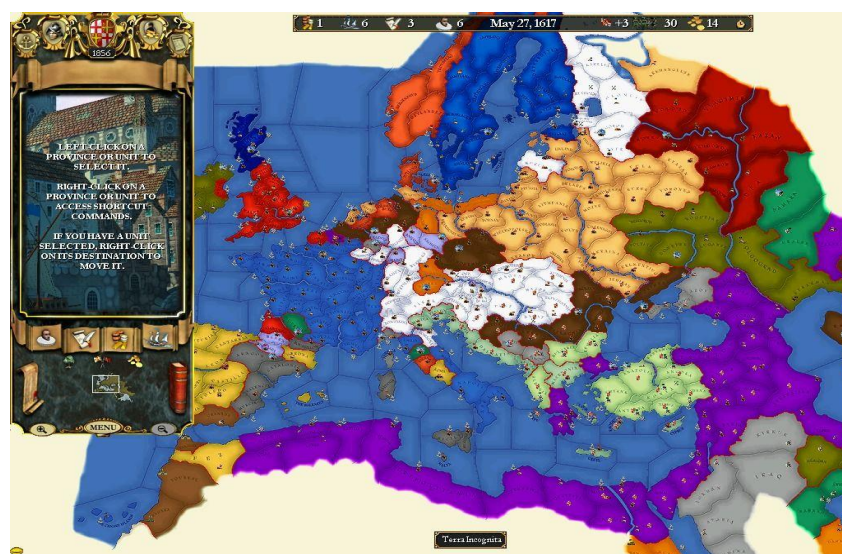


Figura 3: Screenshot di gioco di Europa Universalis II.

⁷ Europa Universalis II è un videogioco storico di strategia in tempo reale per Personal Computer (Mac OS, macOS, Windows e Linux) sviluppato da Paradox Interactive e pubblicato nel 2002. Il videogioco propone una modalità nella quale il giocatore prende il controllo di una nazione con lo scopo di governarla, decidendo la linea politica, economica e militare in un periodo storico che inizia nel 1419 d.C. e si conclude nel 1820 d.C..

⁸ Le domande sono state correlate ad uno scenario proposto attraverso il gioco; Es. "Scenario militare", ("Quali erano i conflitti più importanti dell'epoca?") "Scenario economia e politica" ("Che importanza aveva il commercio e come funzionava?"), "Scenario espansione/ colonizzazione/esplorazione" (Quali nuove aree furono scoperte durante quel periodo?).

Vengono successivamente prese in considerazione quattro domande di ricerca, tutte mirate a studiare le variabili dell'apprendimento coinvolte attraverso l'uso dei giochi per computer.

DR1 - Il gruppo di controllo e il gruppo sperimentale differiscono in modo significativo nei risultati di apprendimento misurati attraverso la misurazione della differenza tra un post-test sulla ritenzione a breve termine di nozioni fattuali ed un post-test di ritenzione a lungo termine?

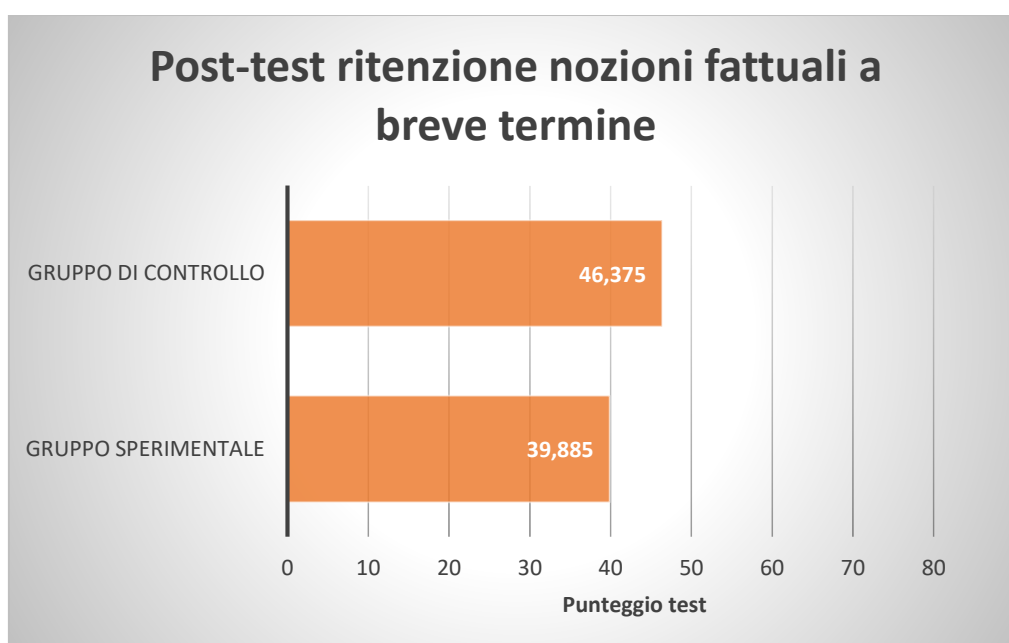
DR2 - C'è una differenza significativa tra il gruppo di controllo e il gruppo sperimentale nella motivazione intrinseca misurata attraverso interesse generale, motivazione, pressione e competenze percepite dopo il corso?

DR3 - C'è differenza tra gruppo di controllo e gruppo sperimentale nel momento in cui gli studenti valutano il corso in termini di contenuto, stile di insegnamento e impegno generale nel corso?

DR4 - Infine, vi è una differenza significativa tra il gruppo di controllo e il gruppo sperimentale nella percezione della storia come materia oggetto di studio e nell'interesse per l'insegnamento della storia durante il corso?

In riferimento alla prima domanda di ricerca Nielsen ha sottoposto agli studenti un questionario composto da 8 domande a risposta aperta (massimo 5 punti per domanda), 2 disegni su una mappa (massimo 3 punti), 1 domanda dove si collega una coppia di affermazioni (massimo 1 punto), 2 domande dove si collegano 3 affermazioni (massimo 2 punti) ed infine 15 domande a risposta multipla (3 punti per risposta corretta). Questo test ha costituito di fatto una baseline di riferimento per esaminare lo sviluppo del punteggio di ritenzione a lungo termine.

Grafico 1: Media test ritenzione nozioni fattuali a breve termine (S. Egenfeldt-Nielsen, 2005, Grafico adattato da Table 14, pp. 230.)



La tabella indica, considerando la lieve discrepanza dei risultati a favore del gruppo di controllo, che l'apprendimento degli studenti è marginalmente correlato all'utilizzo o meno di Europa Universalis II, in quanto in entrambi i gruppi è avvenuta una discreta ritenzione di nozioni, sebbene con un punteggio più alto a favore del gruppo di controllo. È stata successivamente effettuata una comparazione tra il test di ritenzione fattuale e breve termine e quello a lungo termine (5 mesi dopo).

Grafico 2. Comparazione media test breve termine con lungo termine per il gruppo di controllo (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 15, p. 231.)

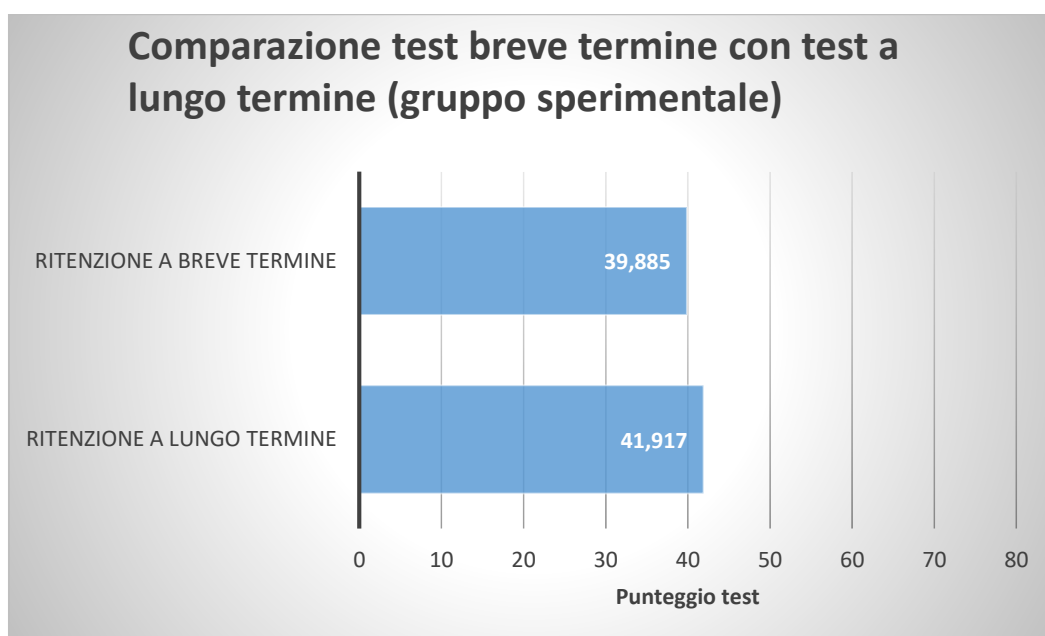
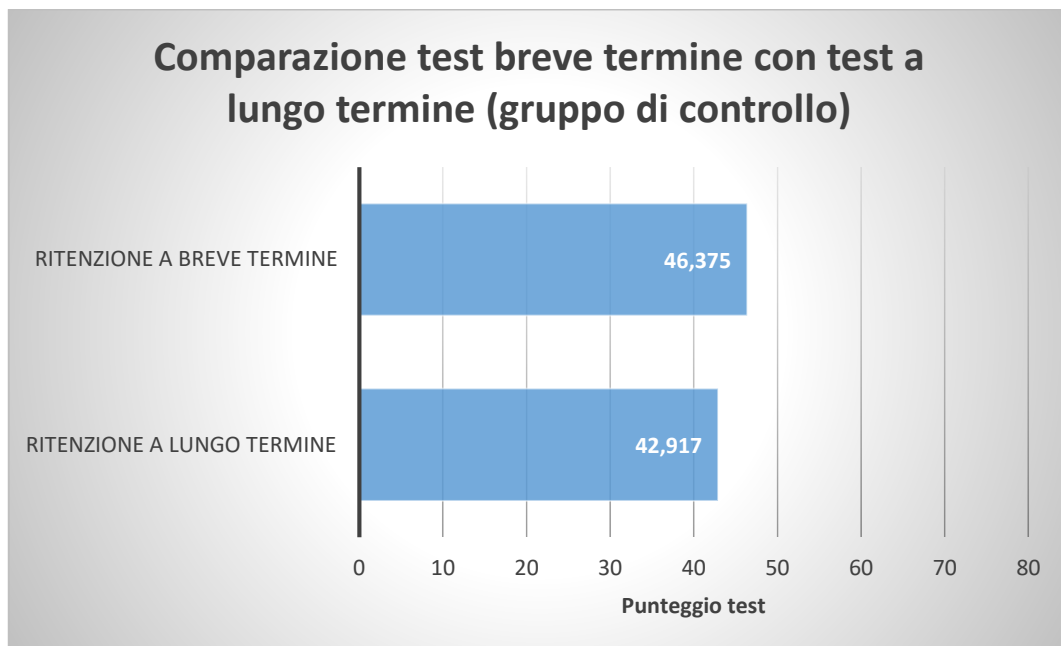


Grafico 3: Comparazione media test breve termine con lungo termine per il gruppo sperimentale (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 15, p. 231.)



È osservabile uno sviluppo positivo dal post-test a breve termine al post-test a lungo termine per il gruppo sperimentale (+ 2,958), mentre è evidente una tendenza opposta nel gruppo di controllo (- 3,458). Tuttavia, è possibile affermare che non sembra esserci un cambiamento significativo nel punteggio fattuale per nessuno dei due gruppi. Nonostante ciò, Nielsen, conclude dicendo che potrebbe essere interessante esaminare ulteriormente se gli studenti giocatori al computer abbiano risultati di apprendimento inferiori subito dopo lo studio, ma sviluppino in seguito una maggiore capacità di ritenzione di nozioni a lungo termine.

In riferimento alla seconda domanda di ricerca, ovvero la misurazione delle variabili correlate alla motivazione, si è definito in un primo momento il questionario di valutazione dell'esperienza: quest'ultimo è stato basato sul "Intrinsic Motivation Inventory" (IMI)⁹, che si struttura attraverso i seguenti fattori: interesse/divertimento, competenza percepita, scelta percepita e pressione/tensione.

Grafico 4: Comparazione variabili motivazionali dichiarate dai due gruppi (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table. 17, p. 233).

⁹ IMI (Intrinsic Motivation Inventory) è uno strumento di misurazione multidimensionale, destinato a valutare l'esperienza soggettiva dei partecipanti relativa a un'attività target negli esperimenti di laboratorio. A partire da alcune domande (Es. "Questa attività mi è piaciuta molto") è possibile attribuire un valore che è compreso tra 1 e 7 (1= totalmente in disaccordo, 3/4 = parzialmente d'accordo, 7= molto d'accordo).



Dall'analisi di cui sopra, possiamo concludere che due delle tre variabili che incidono positivamente sulla motivazione intrinseca sono più alte per il gruppo sperimentale. Si può quindi dire che il gruppo sperimentale ha vissuto motivazioni intrinseche più determinanti. Ciò è in linea con i risultati generali in merito alla motivazione nel campo di ricerca in oggetto. È rilevante evidenziare inoltre che gli studenti giocatori non si percepiscano più competenti. Questo potrebbe essere dovuto alla natura del videogioco proposto, che propone meccaniche di gioco non facili da padroneggiare, ed una curva di apprendimento ripida nell'approccio iniziale. È possibile notare, inoltre, che gli studenti giocatori siano stati significativamente più interessati al corso, lo abbiano apprezzato di più e abbiano percepito una maggiore autonomia nelle scelte, in un contesto dove è stata percepita meno pressione e tensione rispetto agli studenti del gruppo di controllo.

La terza domanda di ricerca ha avuto l'obiettivo di esaminare la valutazione del contenuto, la metodologia di insegnamento e l'impegno richiesto dalle attività svolte.

Grafico 5: Valutazione contenuti del corso affrontati dai due gruppi (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 18, p. 234).

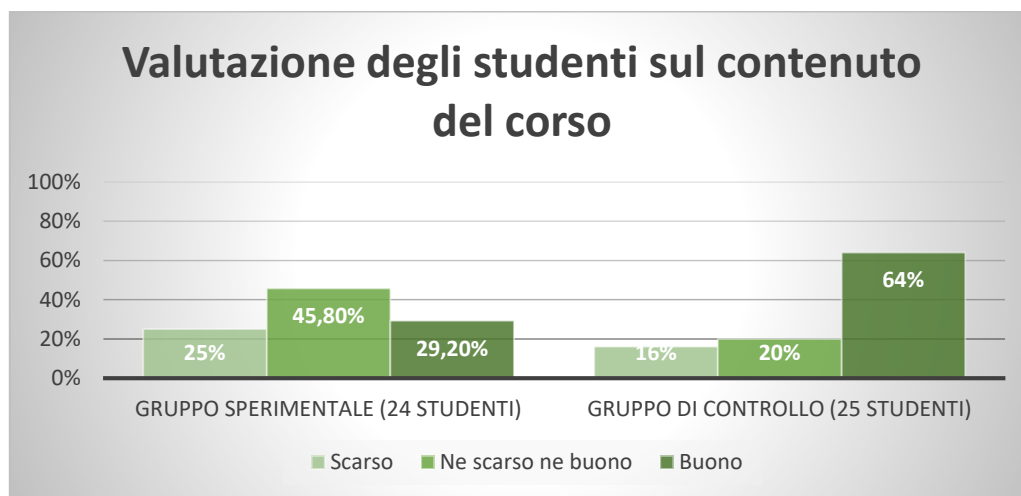


Grafico 6: Valutazione metodologie di insegnamento affrontate dai due gruppi (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 18, p. 234).

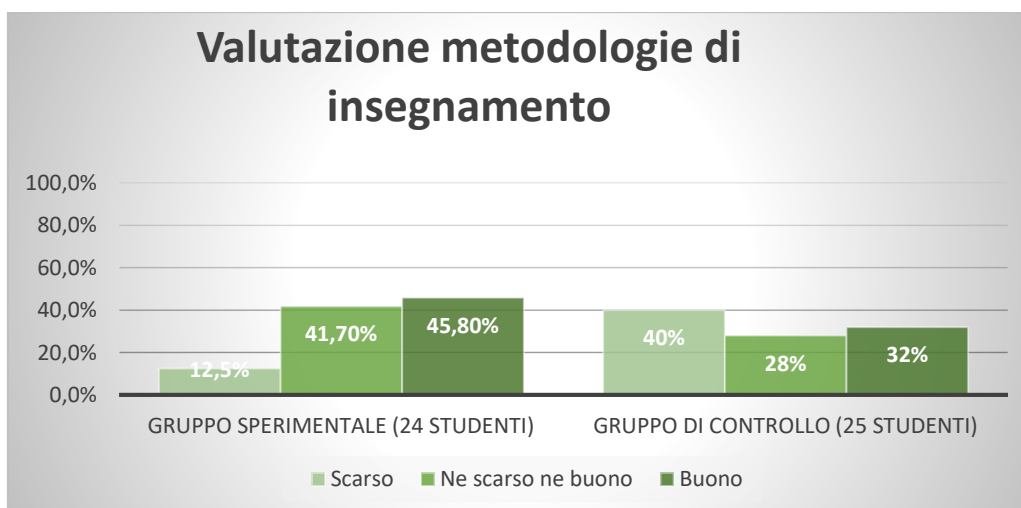
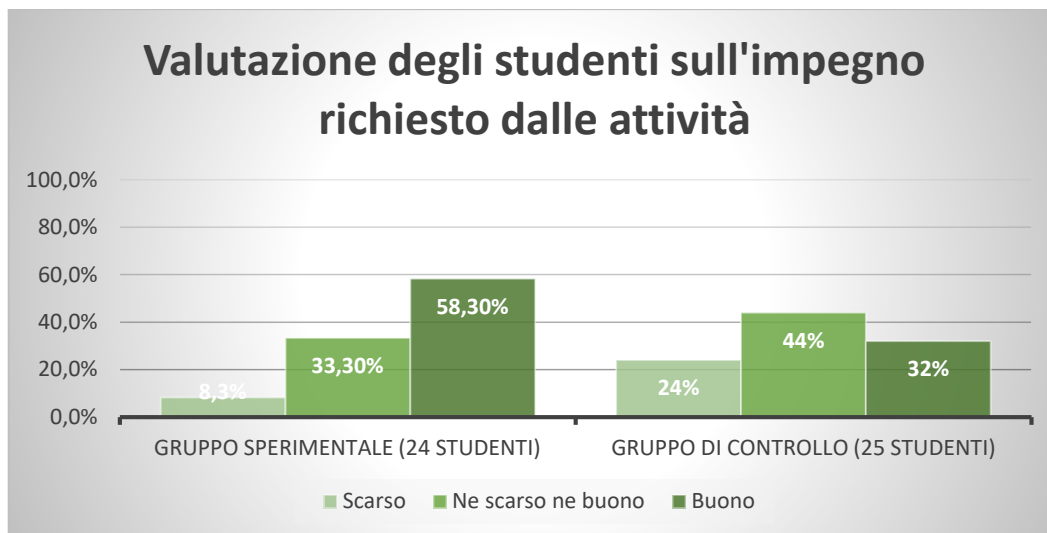


Grafico 7: Valutazione metodologie di insegnamento affrontate dai due gruppi (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 18, p. 234).



È possibile notare che esiste una differenza significativa tra il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo in termini di valutazione del contenuto del corso, dove il gruppo sperimentale risulta essere più insoddisfatto. In termini di valutazione della metodologia di insegnamento invece, il gruppo sperimentale ha percepito positivamente le attività affrontate mentre il gruppo di controllo ha avuto una esperienza complessivamente negativa. Infine, la valutazione dell'impegno ha visto il gruppo sperimentale attribuire un'esperienza globalmente positiva mentre il gruppo di controllo si è attestato su una valutazione più negativa.

È stato, inoltre, valutato un cambio di attitudine da parte dei due gruppi, nei confronti della storia come materia oggetto di studio. Questo è avvenuto in maniera simile a quanto fatto per la domanda di ricerca precedente.

Grafico 8: Sondaggio sull'attitudine da parte dei due gruppi nei confronti dello studio della storia, ad inizio corso. (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 19, p. 235).



Grafico 9: Sondaggio sull'attitudine da parte dei due gruppi nei confronti dello studio della storia, a fine corso. (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 20, p. 235).



È possibile notare che non esiste una differenza significativa all'inizio del corso tra il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo in termini di attitudine allo studio della storia. Al termine del corso questa tendenza è rimasta invariata sebbene esista un interessamento maggiore da parte del gruppo sperimentale. Tuttavia, questo potrebbe essere dovuto al fatto che le inclinazioni naturali dei partecipanti dei due gruppi siano diverse in partenza, come evidenziato dalla valutazione ad inizio corso.

Infine, è stato esaminato un cambio di attitudine nei confronti delle metodologie di insegnamento della storia.

Grafico 10: Sondaggio sull'attitudine da parte dei due gruppi nei confronti delle metodologie didattiche affrontate, ad inizio corso. (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 21, p. 236).

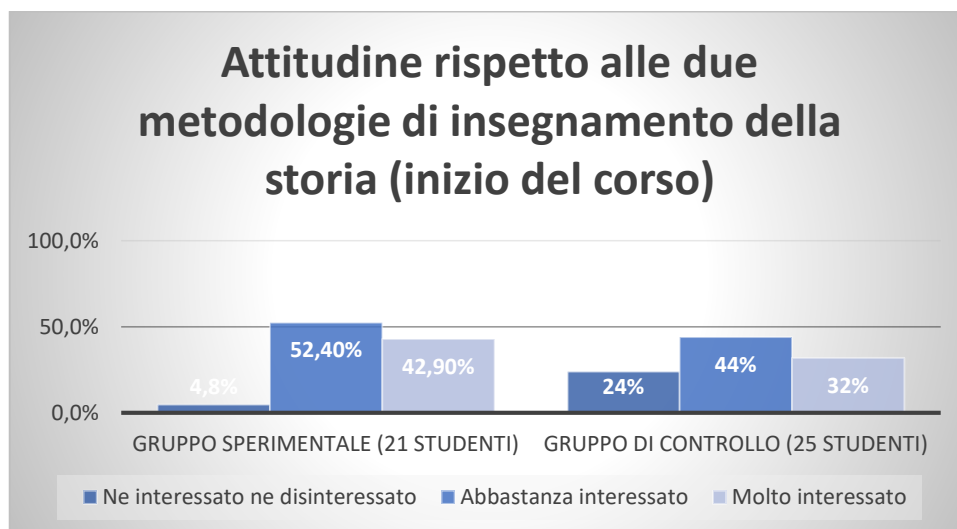
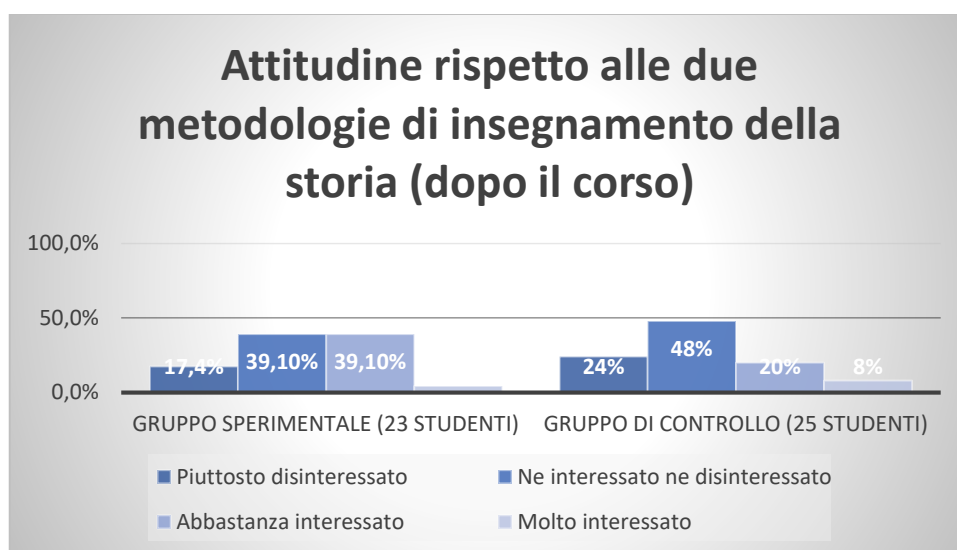


Grafico 11: Sondaggio sull'attitudine da parte dei due gruppi nei confronti delle metodologie didattiche affrontate, a fine corso. (Nielsen, 2005. Grafico adattato da Table 21, p. 236).



In questo caso l'analisi comparativa non rivela differenze significative tra i due gruppi, sebbene esista un complessivo lieve incremento positivo a favore del gruppo sperimentale.

In conclusione, i dati evidenziati in questa terza parte dello studio, indicano che i risultati di apprendimento degli studenti non differiscono in maniera significativa in relazione all'uso o meno dei videogiochi. Tuttavia, sembra che la memorizzazione a lungo termine sia migliore quando, come in questo caso, si esperisce la storia attraverso un coinvolgimento attivo, come quello proposto da

Europa Universalis II. Inoltre, gli studenti sono stati più intrinsecamente motivati ed hanno percepito uno stress minore attraverso l'uso di un videogioco, nonostante le critiche sull'effettivo contenuto che esso ha proposto.

3.3.3 Parte 4° - Combinazione dello studio empirico con le ricerche esistenti (nell'anno 2005) – Una nuova teoria su come su come usare i videogiochi a scopo educativo.

Questo sintetizza le precedenti parti del progetto di ricerca al fine di elaborare una teoria sulla implementazione di un videogioco in aula a scopo didattico-educativo. Le basi della proposta vedono il loro fondamento teorico nella seconda parte del presente progetto di ricerca, successivamente, i risultati prodotti nella terza parte attraverso lo studio empirico costituiscono i dati a sostegno della proposta teorica-metodologica.

Il primo concetto chiave è il coinvolgimento che esiste nelle esperienze educative con i videogiochi. È stato evidenziato in precedenza che è fondamentale, nel sistema educativo, saper coinvolgere gli studenti. È stato certamente messo in luce nello studio empirico che i videogiochi hanno un potenziale più alto rispetto ai più tradizionali metodi educativi, in termini di coinvolgimento degli studenti. È tuttavia doveroso ricordare che la capacità di coinvolgimento esiste in molte altre forme della didattica. Ciononostante, le proprietà esclusive dei videogiochi, ovvero la coesistenza di diverse aree semantiche combinate a potenti esperienze attive e audiovisive, rende queste forme comunicative tra le più coinvolgenti. Ciò suscita un senso di scelta percepita e una capacità di autonomia che rafforza l'impegno poiché gli studenti possono concentrarsi su ciò che ritengono sia rilevante imparare. Inoltre, il gioco avviene in un ambiente sicuro, dove si possono commettere errori senza ripercussioni, come evidenziato dallo stress percepito nelle analisi comparative precedenti. La pressione del gruppo è, infatti, notevolmente inferiore rispetto ad altri contesti di classe, in cui è tendenzialmente possibile osservare una parte di studenti non a proprio agio nell'espone le proprie idee di fronte ad insegnante e compagni. Tuttavia, utilizzare un videogioco può essere più o meno rilevante dal punto di vista didattico, a seconda degli obiettivi del curriculum, del saper suscitare il desiderio di apprendimento e dalla capacità di indicare una direzione coerente con il curriculum da parte dell'insegnante.

Da questo punto di vista, un secondo concetto chiave è, in effetti, la qualità della proposta educativa quando si sceglie di far imparare attraverso un videogioco. I videogiochi educativi dovrebbero essere progettati a partire da obiettivi specifici

capaci di integrarsi con obiettivi di apprendimento più ampi. Attraverso questo, un maggiore impegno suscitato negli studenti si potrebbe tradurre in un desiderio di apprendimento più forte, soprattutto se vengono forniti i dovuti collegamenti con altre forme di apprendimento. Tuttavia, pochi giochi hanno una struttura educativa appositamente progettata per assolvere questo scopo. In altre parole, gli argomenti proposti da un gioco non possono essere fine a sé stessi e, sebbene forniscano una ricca e concreta esperienza attiva-audiovisiva, questa deve essere veicolata nel giusto modo attraverso dei concetti appositamente pensati per creare connessioni significative. Quindi, non occasionali concetti spontaneamente acquisiti, ma concetti capaci di costruire e/o incastrarsi in un determinato campo del sapere. Pertanto, il processo che inizia durante la libera esplorazione del mondo di gioco deve essere in un secondo momento indirizzato verso un sentiero capace di collegarsi ad altri momenti di apprendimento.

Un altro aspetto fondamentale è il legame tra il coinvolgimento suscitato dai videogiochi e le aspettative degli studenti, che riguardano la scuola, le materie di studio e gli stessi videogiochi. Questo problema è evidente nello studio empirico descritto precedentemente. Infatti, ne è risultato che gli studenti più interessati alla storia sono quelli naturalmente predisposti ad essa. È importante notare che esistono due problemi legati all'uso di un videogioco a scopo didattico. In primo luogo, l'obiettivo principale dei game designer non è quello di delineare un mondo di gioco storicamente accurato o che abbia al suo interno nozioni di carattere didattico. Questo è stato un problema marginale in *Europa Universalis II* rispetto ad altri titoli di videogiochi commerciali, in quanto è stato progettato attorno a una forte consapevolezza e interesse per la storia da parte del team di sviluppo (Malmberg, 2002). Nonostante ciò, la gran parte dei videogiochi offrono spesso una interpretazione del mondo che mira ad obiettivi legati alla vendibilità a scopo di intrattenimento. Questo risultato è evidente nella valutazione sui contenuti del corso sperimentale nel quale alcuni studenti sono stati in grado di cogliere con scetticismo alcune delle fallacie storiche. Quanto detto è avvenuto durante l'implementazione di *Europa Universalis II*, dove lo scetticismo relativo al grado di accuratezza storica ha portato gli studenti a mettere in discussione il valore dell'intera esperienza educativa. È possibile fare l'esempio degli studenti giocatori che hanno scelto la Danimarca in *Europa Universalis II*, i quali, conquistando la Svezia, hanno rifiutato la rappresentazione del gioco perché sapevano che non era storicamente corretta. D'altronde, il mondo del videogioco crea piccoli universi da manipolare, e questo è diverso dalle rappresentazioni nei libri, film o programmi radiofonici, dove non è possibile modificare il contenuto. La sperimentazione e l'esplorazione delle differenze in un gioco per computer sono molto in linea con l'approccio

esperienziale all'apprendimento presentato in precedenza, in cui si è costantemente impegnati con l'argomento che si sta imparando. Tuttavia, questa caratteristica plastica dei videogiochi con complesse dinamiche, nonostante non riduca completamente la rilevanza educativa delle rappresentazioni, tende a richiedere una prima stratificazione di conoscenze sull'argomento a cui si riferisce il videogioco. Da questo la necessità di usufruirne avendo una base culturale di riferimento.

L'ultimo elemento chiave è la progettazione del percorso educativo all'interno di un videogioco e come questo può indicare una direzione significativa. Definire un ruolo per il videogioco educativo, infatti, è fondamentale, ed è necessario sapere a priori se questo sarà uno strumento attraverso il quale manipolare concetti e idee, oppure costituirsi come un'estensione di un argomento, al fine di creare una comprensione più profonda.

Alla luce di quanto detto Nielsen propone uno schema che vede come fondamento teorico il ciclo di apprendimento di Kolb (Fig. 4), precedentemente accennato in questa tesi (Kolb, 1984), che può essere ampliato per esaminare in modo più specifico i videogiochi. La ruota interna è il processo di apprendimento di base che gli studenti attraversano in qualsiasi attività di apprendimento esperienziale, il quadrato perimetrale, invece, è un ampliamento dello schema teorico di Kolb esteso al videogioco.

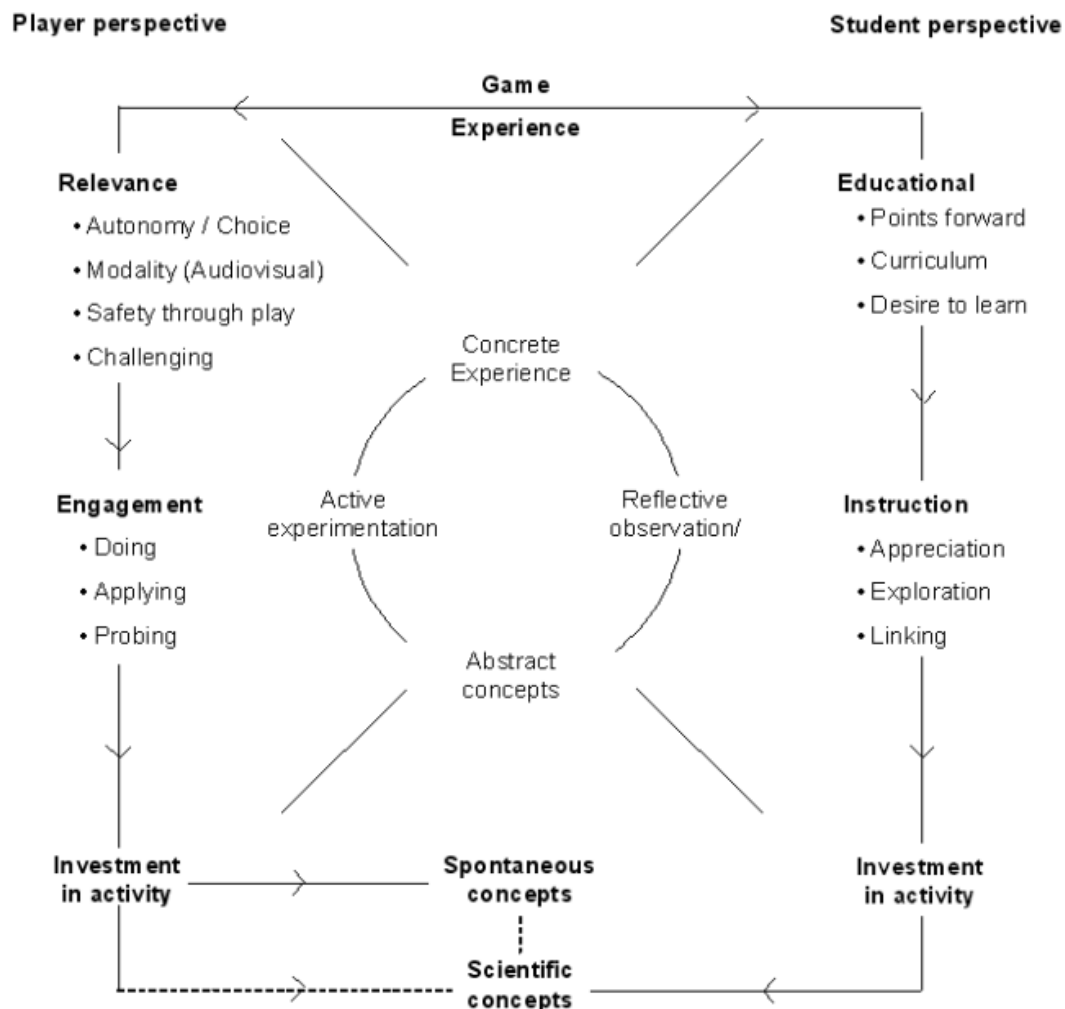


Figura 4: Il seguente schema ha come fondamento teorico il ciclo di apprendimento esperienziale di Kolb, mostra come avviene il processo di apprendimento attraverso l'uso educativo di un videogioco (S. Egenfeldt-Nielsen, 2005, pp. 254.).

Le considerazioni finali di Nielsen esprimono il concetto che i videogiochi non sono sicuramente uno strumento impeccabile in grado di risolvere automaticamente i problemi dell'insegnamento e dell'istruzione ma forniscono un apprendimento attivo e una ricchezza di contenuti che consentono agli studenti di impegnarsi dal proprio punto di vista, in un contesto stimolante e non giudicante. Tuttavia, i videogiochi comportano anche nuovi problemi per la qualità delle esperienze educative, in particolare in riferimento alla natura plastica degli stessi. Da questo la necessità di bilanciare meccaniche di gioco che possano coinvolgere sia il giocatore sia lo studente. Inoltre, è fondamentale ribadire il ruolo dell'insegnante, il quale ha l'onere di proporre i giochi più coerenti con gli obiettivi generali del curriculum.

3.5 Un racconto dell'Antico Egitto: il caso del “Discovery Tour di Assassin's Creed: Ancient Egypt”

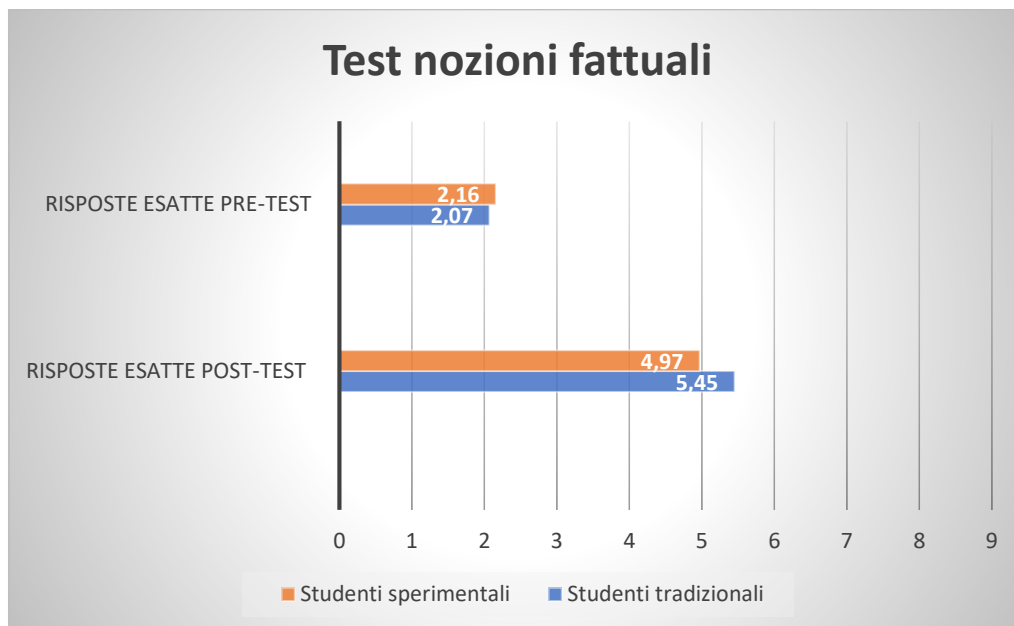
Nel 2017, il Discovery Tour di “Assassin's Creed: Origins” (Fig. 5), sviluppato da Ubisoft Montreal, è stato pubblicato per Xbox, PlayStation e PC. Il videogioco è caratterizzato da una modalità educativa che consente ai giocatori di esplorare un contesto museale comprensivo di 75 tour interattivi e audio-guidati progettati in collaborazione con storici ed egittologi. Nello stesso anno un progetto relativo all'uso del Discovery Tour come strumento didattico in aula è stato condotto da gruppo di ricerca dell'Università di Montreal, coordinato dal Professor M. A. Ethier e finanziato dal “*Le Conseil de recherches en sciences humaines a financé ce programme de recherche*” (Ethier, Lefrançois & Déry, 2022). L'obiettivo primario del sopracitato progetto di ricerca è stato quello di colmare la scarsità di articoli scientifici nel campo dei videogiochi per il patrimonio culturale caratterizzati da una produzione di dati empirici. La ricerca ha prodotto, infatti, dati rilevanti sugli effetti generati dall'utilizzo in aula dei videogiochi educativi, confrontati infine ai dati prodotti da una più tradizionale lezione frontale con diapositive tenuta da un insegnante. Durante una prima fase 321 studenti di età compresa tra i 12 e i 17 anni, provenienti da nove scuole dell'area metropolitana di Montreal, hanno partecipato al progetto. Un totale di 194 studenti (oltre il 60%) aveva 12 o 13 anni, 98 (circa il 30%) 14 o 15 anni e 29 (circa il 9%) 16 o 17 anni. La grande maggioranza degli studenti del campione aveva familiarità con l'utilizzo di videogiochi (83%) e questo ha permesso che non ci fosse nessuna barriera tecnologica ai fini della applicabilità del progetto.



Figura 5: Screenshot di gioco di Assassin's Creed Origins Discovery Tour.

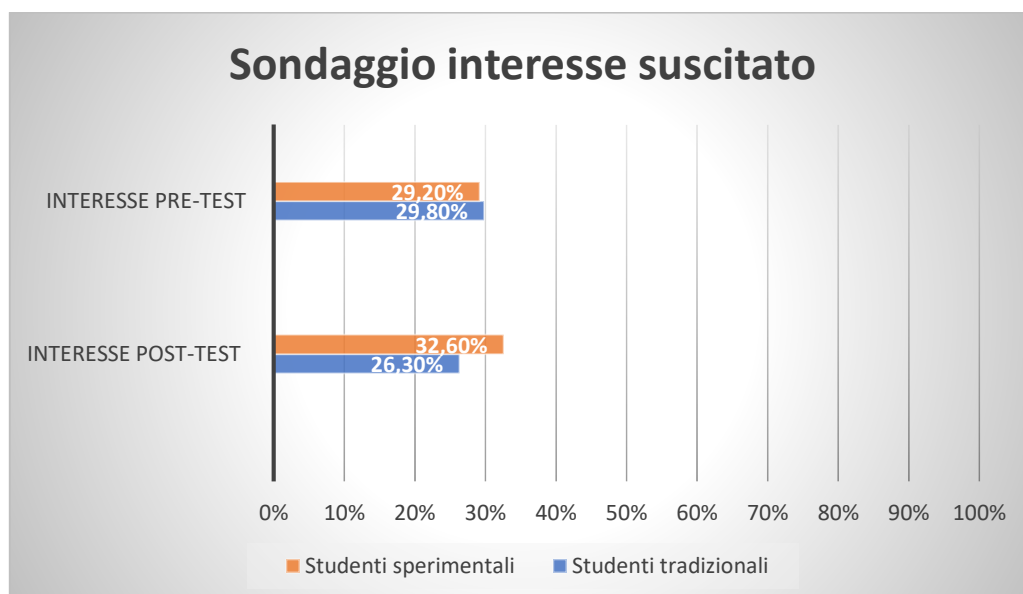
I partecipanti sono stati distribuiti casualmente in gruppi di due tipologie composti da 20 studenti ciascuno: 1) un gruppo tradizionale che segue una lezione sull'antico Egitto ed un gruppo sperimentale che gioca al Discovery Tour. Nel gruppo tradizionale, gli studenti assistono ad una lezione multimediale in PowerPoint tenuta da un'insegnante, progettata per essere ricca di contenuti multimediali, al fine di ridurre al minimo la differenza di approccio didattico tra il gruppo tradizionale e quello sperimentale. Indipendentemente dal gruppo, i partecipanti sostengono un pre-test composto da nove domande relative al periodo storico in oggetto, ovvero l'Antico Egitto nel periodo del Regno Tolemaico (metà del I sec. a.C.), al fine di stabilire una baseline di riferimento su cui agiscono le due metodologie didattiche, tradizionale e sperimentale; tale baseline si attesta a 2.07 risposte esatte per il gruppo tradizionale a fronte di 2.16 da parte del gruppo sperimentale. Il gruppo di ricerca stabilisce, inoltre, un ulteriore baseline di riferimento sull'interesse dichiarato da parte degli studenti nei confronti del periodo storico in oggetto; in particolare il 29.8% degli studenti del gruppo tradizionale si dichiara molto interessato al periodo storico contro il 29.2% del gruppo sperimentale. In una seconda fase sono stati elaborati i risultati di post-test i quali si sono attestati su una media di risposte esatte pari al 5.45 (+163%) da parte del gruppo tradizionale a fronte di 4.97 (+130%) del gruppo sperimentale.

Grafico 12: Risultati test sulle nozioni fattuali (Éthier, Lefrançois, Déry 2022. Dati a p. 27).



Per quanto riguarda i dati riguardanti l'interesse suscitato osserviamo un leggero decremento da parte degli studenti del gruppo tradizionale fino il 26,3% (-3.5%) a fronte di un incremento fino al 32.6 % (+3.4%) da parte del gruppo sperimentale.

Grafico 13: Sondaggio interesse suscitato attraverso un Wilcoxon test (Éthier, Lefrançois, Déry 2022, p.25)



Sulla base di questi dati Éthier, Lefrançois e Déry affermano che gli studenti che hanno assistito alle lezioni hanno appreso di più rispetto agli allievi che hanno giocato al Discovery Tour. Tuttavia, i ricercatori ricordano che l'obiettivo fondamentale delle lezioni di storia nel sistema scolastico canadese è, in primo luogo, quello di formare il pensiero critico, ovvero trasmettere l'importanza del saper problematizzare, indagare e analizzare criticamente i periodi storici rispetto alla semplice memorizzazione dei fatti.

In conclusione, i ricercatori hanno voluto anche esaminare se l'utilizzo di un videogioco educativo potesse suscitare maggiormente interesse e curiosità su un determinato argomento. Difatti, esiste un maggiore incremento di interesse dichiarato per il tema storico da parte degli studenti che hanno giocato al Discovery Tour rispetto a quelli che hanno seguito una lezione. I ricercatori, infine, concludono affermando che il Discovery Tour è ricco di spunti adatti allo sviluppo del pensiero storico critico e dell'interesse suscitato nei confronti delle nuove generazioni ma tale strumento deve essere usato con saggezza.

3.6 Un racconto dell'Antica Roma: il caso di “A Night in the Forum”

Nel 2019 è stato pubblicato sul Sony PlayStation Store *A Night in the Forum* (NiF) (Fig. 6), un videogioco educativo in realtà virtuale con una forte componente narrativa. Il titolo, sviluppato come prototipo nell'ambito del progetto europeo REVEAL (Realizing Education through Virtual Environments and Augmented Locations), rappresenta un esempio di applicazione didattica della VR. Il punto di forza di *NiF* è sicuramente la fedeltà storica del contesto di gioco, ovvero ricostruzioni architettoniche e fatti storici curati da esperti del settore, raccontati attraverso una narrazione che prende come riferimento gli studi di Thorndyke (1977). L'obiettivo del suddetto videogioco è stato quello di coinvolgere un pubblico di utenti comprendente giovani e adulti alla scoperta della storia e archeologia dell'Antica Roma. Un altro obiettivo del progetto è stato quello della promozione del turismo culturale e più in generale del Patrimonio Culturale attraverso l'uso delle piattaforme digitali per la distribuzione di videogiochi. Nel 2020 è stato condotto un esperimento relativo all'utilizzo di NiF da parte di un gruppo di 23 studenti universitari tra 22 e 29 anni, tale esperimento è stato infine elaborato in un articolo scientifico (Pescarin & Martinez Pandiani, 2022). Le due domande alla base dell'esperimento di ricerca sono state le seguenti:



Figura 6: Screenshot di gioco di A Night in the Forum.

- Domanda di Ricerca 1 (DR1) il cui scopo è stato quello di investigare come l'interazione passiva/attiva possa influenzare l'acquisizione e memorizzazione di nozioni attraverso l'utilizzo di videogiochi educativi con narrazioni non lineari.

- Domanda di Ricerca 2 (DR2) il cui scopo è stato quello di investigare la connessione tra il pensiero critico e la memorizzazione di fatti attraverso i videogiochi educativi.

L'approccio alla DR1 è stato basato su una analisi comparativa di 3 modalità comunicative:

- Multimediale interattivo (play task: pG) dove ai partecipanti è stato chiesto di giocare a NiF;

- Scritto passivo (read task: rS) dove ai partecipanti è stato chiesto di leggere la storia di NiF in formato scritto;

- Audio passivo (listen task: lSn) dove i partecipanti hanno ascoltato la componente narrativa in formato audio.

La componente narrativa del gioco è stata inoltre sviluppata e suddivisa in due versioni: una versione narrativa (SN) ed una versione descrittiva/espositiva (SD). Le tre modalità comunicative sono state poi assegnate ai partecipanti in base al gruppo di appartenenza: pG (play task) per i gruppi A e B, rSN (lettura della storia in forma narrativa) ai gruppi C e D, rSD (lettura della storia in forma descrittiva/espositiva) ai gruppi E e F, lSN (ascolto della storia in formato audio) ai gruppi G e H.

L'approccio alla DR2 ha avuto l'obiettivo di esplorare lo sviluppo del pensiero critico come criterio ai fini della valutazione dei videogiochi educativi, in modo da dare un contributo alla progettazione di nuove applicazioni. Sono stati identificati una serie di approcci per analizzare l'interesse suscitato nello studente/utente, dove il pensiero critico diventa un filtro all'esperienza. La domanda di ricerca si è poi configurata in una metodologia che ha portato a identificare: ripetizioni di parole, connessioni apparentemente casuali tra termini, connessioni tra due elementi, similitudini e metafore usate dai partecipanti (Es. "Questo è come") e motivazione suscitata nell'utente. Un altro metodo è stato quello di comprendere le interpretazioni personali degli utenti attraverso delle domande orali aperte o interviste scritte. Ai partecipanti è stato chiesto, dopo aver completato il rispettivo compito, di scrivere un breve riassunto dell'esperienza e ciò che ricordavano. Ad alcuni utenti è stato, inoltre, chiesto di disegnare una mappa e degli schizzi (draw map di quello che ricordavano o di ciò che aveva catturato la loro attenzione.

La raccolta dei dati è stata effettuata attraverso:

- Riassunto (s) della storia con attenzione ai concetti, parole chiave con cui è stato espresso attraverso un pensiero critico il periodo storico e la sequenza degli eventi.
- Questionario 2 (Q2) pensato per testare l'acquisizione delle nozioni e dei concetti, mirato alla comprensione su come i EEN videogames (Educational Environmental Narrative) possano contribuire al settore educativo e turistico.
- Questionario 2a (Q2a), pensato per verificare la memorizzazione attraverso 28 domande a risposta aperta (su nomi, luoghi, ruoli, funzioni ecc.) con l'obiettivo di comprendere quanto le informazioni acquisite possano essere state memorizzate e comprese.

- Questionario 2b (Q2b), pensato per analizzare la memoria spaziale, attraverso 11 domande a risposta aperta (Es. “Come è fatto il forum?”, “Fai una lista di tutti i luoghi del forum che ricordi”) e 11 domande a risposta multipla.

- Questionario 2c e 2d (Q2c e Q2d), mirato ai partecipanti che hanno solo giocato a NiF. Q2c è consistito nell'accoppiamento, da parte dei giocatori, di due foto: una foto reale dell'area archeologica ed una presa dalla ricostruzione 3D. Q2d invece è consistito nella identificazione dei luoghi visitati nel gioco su un'aerofotogrammetria dell'area archeologica.

- Disegno di una mappa (d), a 13 partecipanti è stato chiesto di disegnare una mappa come rappresentazione di ciò che ricordavano dall'esperienza di gioco, aggiungendo anche commenti.

A ciascun gruppo sono stati assegnati 2 sistemi di valutazione:

- BSP (Binary Score Percentage): la percentuale media di domande a cui è stata data almeno una risposta parzialmente corretta (minimo 0 massimo 100%);

- CSA (Correctness Score Average): la media delle risposte esatte, calcolata sommando il punteggio (0-3) di tutte le risposte e facendo la media sui partecipanti nel gruppo (minimo 0, massimo 3).

Sono stati successivamente elaborati i risultati in riferimento alle suddette domande di ricerca:

- Risultati DR1a: Memorizzazione di fatti e tipologie d'interazione. Per verificare se la memorizzazione sia stata facilitata dall'interazione passiva o attiva sono stati raggruppati i risultati separando i giocatori (gruppi A e B) dai non giocatori (gruppi C, D, E, F, G, H).

I risultati hanno dimostrato che chi è stato impegnato in compiti più lineari (leggere o ascoltare) ha memorizzato meglio i fatti. I giocatori (pG) hanno ottenuto un CSA di 0.8 e un BSP del 42%, mentre i non giocatori un CSA di 0.9 ed un BSP del 48,2%.

- Risultati DR1b: Memorizzazione dello spazio e tipologie d'interazione. Qui è stata presa in considerazione la memoria spaziale degli utenti. In questo caso, i risultati dimostrano che esiste una tendenza da parte dei giocatori nel memorizzare meglio le informazioni spaziali, con un BSP del 55% ed un CSA di 0,91, mentre i non giocatori si attestano al 39.5% e 0,56.

Si può affermare quindi che i giocatori hanno performato il 13% in più rispetto ai non giocatori nell'ambito della memorizzazione dello spazio, mentre esiste una tendenza inversa rispetto alla memorizzazione dei fatti, ovvero del 6,2% in meno.

- Risultati DR1c: Memorizzazione dei fatti e tipologie di media e modalità comunicative. Per capire come la comprensione e memorizzazione fattuale e spaziale sia variata in base al tipo di media scelto, si sono analizzati i risultati di Q2a e Q2b, in base ai compiti assegnati ai vari gruppi, come giocare, leggere la storia narrativa/descrittiva e ascoltare la storia:

- Risultati di Q2a, questionario sulle nozioni fattuali. I lettori della storia in forma narrativa (rSN) hanno ottenuto il punteggio più alto, con un BSP di 64,5% ed un CSA di 1.26. Gli altri gruppi hanno ottenuto rispettivamente il 42% e 0.8 (pG), 40,5% e 0.79 (rSD) e 39,5% e 0.72 (lSN).

- Risultati di Q2b, questionario sulle nozioni spaziali. I giocatori hanno ottenuto il punteggio più alto con un BSP del 55% e un CSA del 0.91. Gli altri gruppi si attestano a 45,5% e 0.67 (rSN), 37.5 % e 0.48 (lSN), 35,5% e 0.54 (rSD).

Grafico 14: Binary Score Percentage del questionario sulla memorizzazione delle nozioni fattuali, tipologie di media e modalità comunicative (Pescarin, Pandiani 2022, p. 10).

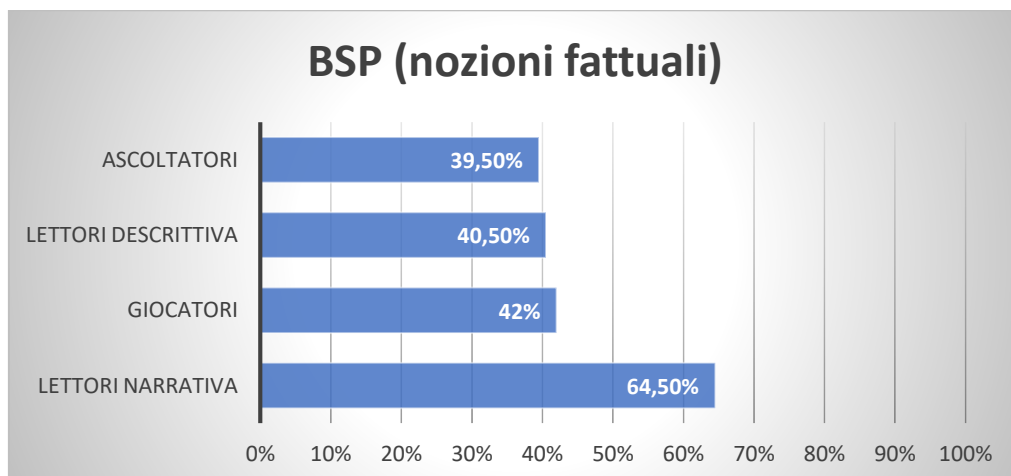


Grafico 15: Correctness Score Average del questionario sulla memorizzazione delle nozioni fattuali, tipologie di media e modalità comunicative (Pescarin, Pandiani 2022, p. 10).

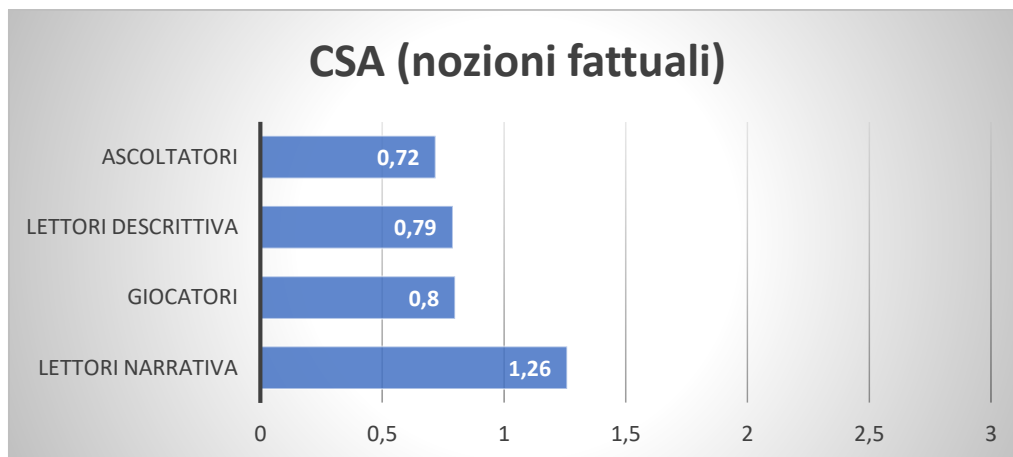


Grafico 16: Binary Score Percentage del questionario sulla memorizzazione delle nozioni spaziali, tipologie di media e modalità comunicative (Pescarin, Pandiani 2022, pp. 10-11).

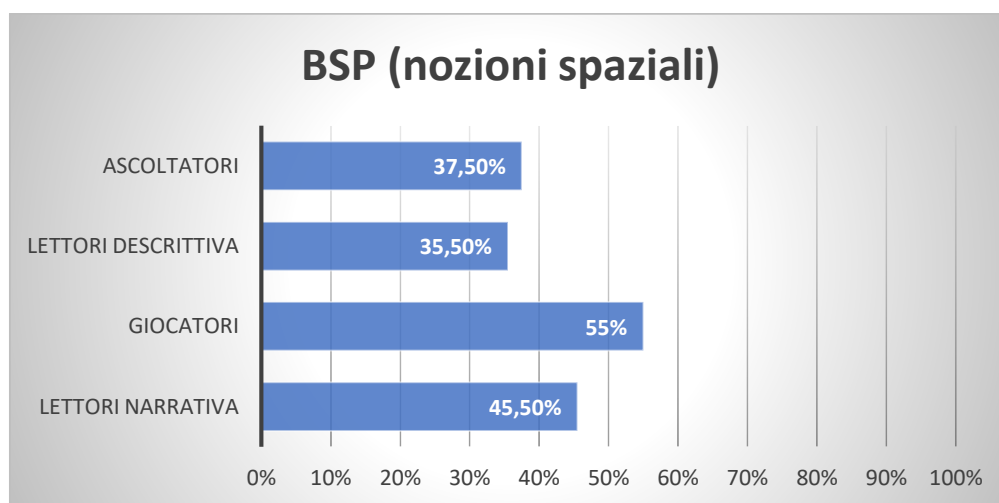
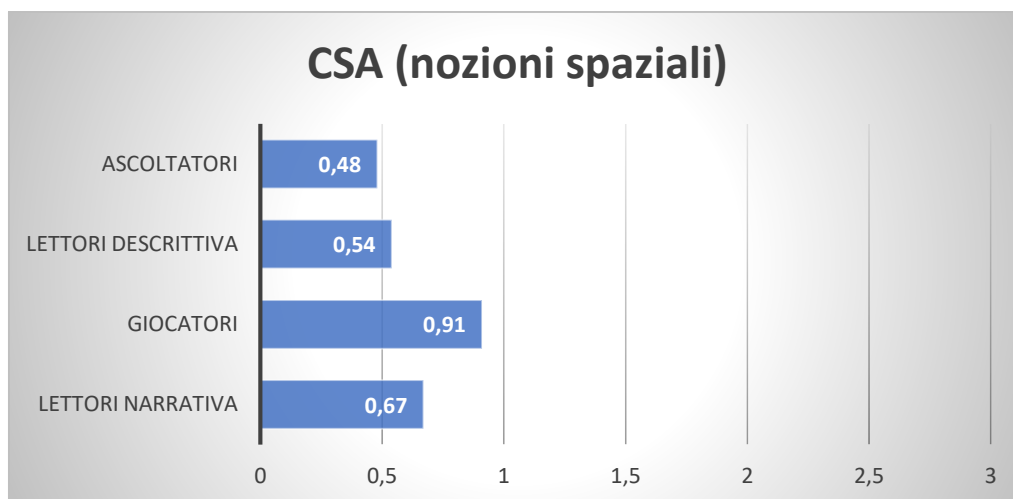


Grafico 17: Correctness Score Average del questionario sulla memorizzazione delle nozioni spaziali, tipologie di media e modalità comunicative (Pescarin, Pandiani 2022, pp. 10-11).



- Risultati DR2: Comprensione e pensiero critico. Si sono analizzati i riassunti (s) e i disegni (d) per identificare i potenziali fattori relativi al pensiero critico. La metodologia è stata condotta verso la ricerca di: parole chiave, aggettivi, ripetizioni, connessioni tra termini, ordine degli eventi, utilizzo di similitudini e parole inusuali.

- Rispetto alle parole chiave contenuti nei riassunti (s) in Q2, si è potuto notare che sia i giocatori che i non giocatori hanno usato concetti simili (come cittadinanza, disuguaglianza, potere, giustizia e giudici, legge, governo, divinità, famiglia) con una maggiore varietà di concetti espressi dai lettori (fedeltà, leadership, povertà/ricchezza, gruppi sociali, ruoli). Gli ascoltatori hanno usato invece il minor numero di concetti ed una carenza di dettagli nelle risposte.

- Rispetto agli aggettivi usati nei riassunti (s) in Q2, che possono indicare una significativa comprensione del tema (Es. “Il tribunale aveva una seduta principale in raso rosso”), in alcuni casi vi erano interpretazioni personali (Es. “Quel personaggio mi suscita fiducia”). I lettori invece hanno usato parole legate alla loro immaginazione, con dettagli non inclusi nelle storie (Es. “Le scale erano ripide” o “Il seminterrato era buio”). Solo i non giocatori sono riusciti a riportare maggiori dettagli, come alcune parole legate alle dinamiche sociali tra Romani (Es. “sistema economico”, “migrazione e immigrazione”, “sistema legislativo”, “schiaffismo”, “famiglia”, “eredità”) mentre il 90% dei giocatori non sono riusciti a menzionarli. Si è potuto notare inoltre come i giocatori abbiano usato maggiormente una terminologia connessa ad una comprensione significativa (Es. “Le tavolette

Romane erano come dei libri”, oppure “Il forum era come un campo di calcio”, “La parte interna del tempio era come una prigione” e “La gigantesca statua di Augusto era come un protettore e un giudice”), mentre non era riscontrabile nei non giocatori, eccetto che in solo tre casi in cui vi era un utilizzo simile di parole (solo tra i lettori).

Dopo l’analisi dei suddetti dati ed in riferimento alla DR1 (impatto sulla memorizzazione di nozioni) i ricercatori hanno affermato che i partecipanti impegnati in compiti lineari (leggere, ascoltare) hanno memorizzato meglio i fatti (DR1a) rispetto ai giocatori. Considerando, invece, la memoria spaziale (DR1b) si è potuto osservare che i giocatori hanno memorizzato meglio le informazioni spaziali. Queste considerazioni mostrano che le informazioni fattuali non vengono propriamente memorizzate dai giocatori in quanto assorbiti dall’ambiente di gioco, che crea casuali ed occasionali spazi in grado di suscitare la riflessione su quanto letto.

Pescarin e Pandiani, infine, concludono che la progettazione di videogiochi educativi dovrebbe essere inclusiva di meccaniche di gioco che supportino attivamente i giocatori in momenti di riflessione e la cui storia sia appositamente scritta a scopo informativo-educativo. Per quanto concerne la DR2 (impatto sul pensiero critico), l’esperimento non supporta chiare evidenze sebbene si sia potuto riscontrare un maggiore coinvolgimento ed immersione da parte dei giocatori di NiF, i quali, attraverso la lettura dei riassunti (s) prodotti in fase di test, hanno utilizzato una serie di parole chiave ed un uso della prima persona. Altri elementi come “è simile a”, oppure “è una sorta di” dimostrano una soggettività rispetto al contesto culturale, cognitivo ed emozionale indicando come il giocare possa potenzialmente sollecitare l’interpretazione personale ed il pensiero critico. Tuttavia, considerando i punti critici, si è potuto osservare come solo un numero contenuto di concetti è stato acquisito da parte dei giocatori, questo perché la progettazione di NiF non ha avuto l’obiettivo finale di creare momenti di riflessione sui concetti proposti dal videogioco.

In conclusione, gli autori affermano che dovrebbero essere considerate nuove strategie utili alla progettazione di accurati e precisi momenti di riflessione personale orientati ad una maggiore concentrazione da parte dell’utente durante le fasi di gioco.

3.7 Un racconto del Medioevo Sassone: il caso di “Saxon”

Nel 2019 è stato completato lo sviluppo del videogioco strategico-gestionale *Saxon* (Fig. 7) (Unity game per Windows e Mac), frutto di una tesi di dottorato dal titolo “Gaming the Past: Designing and Using Digital Games as Historical Learning Contexts” ad opera del Dr. Juan Hiriart, durante il percorso di dottorato presso l’Università di Salford, School of Arts and Media. Il gioco, in una prima fase, è stato sviluppato in collaborazione con storici, archeologi ed insegnanti di storia, i quali hanno analizzato il prototipo del gioco nelle diverse fasi della progettazione. L’obiettivo del suddetto progetto di dottorato è stato quello di fornire un contributo alla ricerca in merito alla progettazione, prototipazione, applicazione e analisi dei risultati di un videogioco educativo nell’ambito dell’insegnamento di materie storiche (Hiriart, 2020). Le linee guida di riferimento alla progettazione del gioco sono state quelle emanate dal *Department of Education* del Regno Unito in merito al primo ciclo d’istruzione, che promuovono la necessità di formulare metodi educativi per l’insegnamento della storia capaci di suscitare la curiosità ed il pensiero critico nei giovani allievi.



Figura 7: Screenshot di gioco di Saxon.

Secondo il Dr. Hiriart, infatti, i videogiochi grazie alla loro natura interattiva e partecipativa, risultano essere uno strumento molto efficace, in grado di trasmettere esperienze significative rispetto alle forme più tradizionali di mediazione storica.

Nel caso specifico, la decodifica del processo di esperienza partecipativa avviene attraverso gli studi di Ingold (2000), secondo i quali il sostentamento in un ambiente naturale può essere astratto in due processi distinti: convenzionalmente indicati con i termini di raccolta e produzione. Nella maggior parte dei giochi, infatti, la raccolta di oggetti dall'ambiente è denotata dalla loro rimozione dall'ambiente di gioco, traducendo le loro proprietà nello spazio astratto dell'inventario di un giocatore. Ingold fa una distinzione tra la creazione di oggetti e i processi coinvolti nella trasformazione degli stessi, in cui gli esseri umani assistono "in the reproduction of nature, and derivatively of their own kind" (Ingold, 2000, p.81). Gli autori di *Saxon* hanno quindi messo in relazione il rapporto che esisteva tra gli anglosassoni del V sec. d.C. con l'ambiente in cui vivevano sotto la struttura analitica di Ingold. Quanto detto si è quindi tradotto in meccaniche di gioco quali: processi di raccolta, creazione e trasformazione di cose ed oggetti.

In questo senso, il gioco è stato concettualizzato in riferimento ad una serie di compiti da svolgere sulla base dei concetti proposti da Ingold, per favorire la comprensione dell'abitare umano e dell'impatto che esso ha sull'ambiente. Per comunicare questi significati in forma di gioco, tuttavia, i compiti sono stati progettati come qualcosa di più che semplici atti di sopravvivenza. Sono stati infatti ideati anche dei personaggi non giocanti (NPC), per trasmettere significati culturali e sociali attraverso la definizione delle identità, ruoli e dinamiche relazionali. Difatti è stato pensato in fase di progettazione un ulteriore elemento, quello dell'interazione sociale. Questo è stato ideato attraverso un sistema di ruoli o "membri della famiglia" virtuali: agenti non giocanti, controllati dall'intelligenza artificiale, con i quali il giocatore interagisce attraverso un'interfaccia grafica. Questi agenti costituiscono, di fatto, la mediazione storica attraverso la quale è possibile esplorare argomenti rilevanti della cultura e dello stile di vita Anglo-sassone. Grazie alle interazioni basate su testi e immagini, l'obiettivo è stato infine quello di mettere in atto un sistema di dialoghi progettati per far risaltare le differenze tra i modi di pensare e di vivere del passato con quelli dei nostri giorni.

Nella seconda fase del progetto si è proseguito con il test del videogioco in aula. Dopo aver giocato, ai bambini è stato chiesto in diverse sessioni di disegnare le nozioni acquisite. Sono state, inoltre, poste, sia nella prima che nell'ultima sessione di disegno, alcune domande utilizzando i disegni come input alla conversazione, in modo da ottenere una migliore comprensione delle loro interpretazioni storiche.

Disegnando, i bambini hanno potuto esprimere idee, emozioni ed esperienze oggettivamente difficili da articolare nel linguaggio verbale che contraddistingue la

loro età. In entrambe le attività, inoltre, gli allievi non si sono limitati a interagire come osservatori esterni, ma si collocavano come partecipanti attivi all'interno del mondo riprodotto. Attraverso i loro disegni e commenti, essi hanno avanzato supposizioni sulle difficoltà della vita quotidiana ("La vita era molto dura"), sulla violenza ("Litigavano molto e le persone si facevano molto male") e sulla vita sociale ("A volte si incontravano attorno al fuoco per cantare canzoni e raccontare storie") in epoca anglosassone.

Per Hiriart questi due processi possono essere analizzati sotto la lente della teoria dell'apprendimento di Piaget (1973). Ovvero, le narrazioni assimilate attraverso il gioco hanno rafforzato le idee precedenti che i bambini avevano prima di interagire con il gioco. Tuttavia, quando le esperienze di gioco e le precedenti idee erano in contrasto, la contraddizione interna doveva essere risolta attraverso un processo di accomodamento, che portasse a una successiva riorganizzazione e complessificazione delle strutture di conoscenza esistenti nei bambini.

Le sessioni di gioco hanno messo in luce alcune discrepanze emergenti tra le superficiali conoscenze storiche dei bambini e quelle riscontrate mediante l'uso di Saxon. Difatti, il gioco ha funzionato al meglio quando è stato in grado di coinvolgere i bambini in modo empatico con le situazioni drammatiche presentate ai loro alter ego virtuali. Come è stato evidenziato da diversi autori, videogiocare rende possibile l'instaurazione di un rapporto empatico con il proprio ruolo virtuale grazie alle conseguenze delle azioni e decisioni prese. I giochi, infatti, sono particolarmente adatti a supportare attività o programmi educativi in cui l'empatia è un mezzo per ottenere una comprensione significativa (Belman & Flanagan 2009; Isbister, 2016).

Hiriart, seguendo lo schema teorico di Fine (1983), ha poi categorizzato le interazioni sperimentate dai bambini. In primo luogo, è stato osservato come i bambini abbiano vissuto lo spazio virtuale attraverso l'identità del loro avatar. Tuttavia, durante l'immedesimazione, essi non si sono estraniati totalmente dalla loro personalità e dal mondo reale. In realtà, la loro personalità era molto presente nelle loro azioni e decisioni virtuali al punto che, in alcuni bambini, colpiti dalla drammatica narrativa proposta da Saxon, era possibile osservare forti risposte emotive legate alle difficoltà di sopravvivenza dei propri alter ego. Questo ha, infine, innescato nei bambini una serie di curiosità trasposte sotto forma di domande, successivamente poste all'insegnante. Questa osservazione si è configurata in un'analisi le cui conclusioni riflettono il seguente argomento: le situazioni di apprendimento più efficaci sono risultate essere quelle in cui i bambini

hanno empatizzato con le circostanze tragiche dei protagonisti del medioevo britannico virtuale.

Hiriart conclude spiegando le principali motivazioni del suddetto progetto, che hanno cercato di esplorare ed integrare nuovi modi di progettare e sviluppare un videogioco educativo storico, con il fine ultimo di dare un ulteriore contributo al campo di ricerca dell'apprendimento basato sul gioco. Indubbiamente, gli esiti più importanti scaturiti da questa indagine sono emersi dalle sessioni di valutazione con archeologi, storici e docenti di storia, dove si è ampiamente discusso della progettazione e dell'uso pedagogico del gioco. Questo risultato è un indicatore del potenziale del tema di ricerca, che è, certamente, amplificato quando molteplici prospettive disciplinari sono integrate nel processo di progettazione di strumenti didattici.

Capitolo 4

Quadro di riferimento istituzionale: innovazione della didattica e patrimonio culturale digitale

Considerando la complessità dell'ambito trattato, risulta importante ripercorrere le linee guida tracciate dalle istituzioni nazionali ed internazionali. In riferimento a questo, un passaggio fondamentale è stato quello di ricostruire un quadro di riferimento, a partire dalle linee guida emanate dal ministero dell'istruzione dell'università e della ricerca, ma anche in ottica dei progetti contemplati nel PNRR. Successivamente, è stato ampliato l'angolo di ricerca investigando sulle tematiche relative agli obiettivi dell'agenda ONU, riguardanti "istruzione di qualità", e sulle linee guida emanate dall'UNESCO in merito alla conservazione, valorizzazione e fruizione del Patrimonio Culturale.

4.1 Quadro di riferimento nazionale: Il Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca ed il PNRR.

Le ultime indicazioni sui curricula della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione, emanate nel 2012 dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca¹⁰ tracciano le linee guida su cui si fondano gli insegnamenti delle materie oggetto di studio nelle scuole. In riferimento al curriculum di storia si parla di "metodi didattici per la storia" i quali sono successivamente delineati: "I libri, le attività laboratoriali, in classe e fuori della classe, e l'utilizzazione dei molti media oggi disponibili, ampliano, strutturano e consolidano questa dimensione di apprendimento.". Risulta evidente da questa affermazione che la multimedialità è imprescindibile, difatti segue "La capacità e la possibilità di usufruire di ogni opportunità di studio della storia [...] a partire dalle narrazioni e dalle attività

¹⁰ D.M. 16 novembre 2012, n. 254.

laboratoriali e ludiche con i più piccoli per attraversare molte esperienze esplorative sul passato: un lavoro indispensabile per avvicinare gli alunni alla capacità di ricostruire e concepire progressivamente il fatto storico, per indagarne i diversi aspetti, le molteplici prospettive, le cause e le ragioni”. (D.M. 16 novembre 2012, p. 41).

In un’ottica più recente, ovvero quella del piano per i futuri investimenti in Italia, l’ormai noto PNRR pone molte tematiche rispetto al rinnovamento nel nostro Paese. Tra le svariate missioni poste come riferimento una di queste è la “Missione 4: Istruzione e Ricerca”, la quale si basa su una strategia che poggia su diversi assi portanti, tra cui:

- “Miglioramento qualitativo e ampliamento quantitativo dei servizi di istruzione e formazione” a cui segue “Potenziamento dell’offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido all’Università: a questo fine, la componente punta al rafforzamento dell’offerta formativa” con l’obiettivo, inoltre, “di rafforzare le infrastrutture e gli strumenti tecnologici a disposizione della didattica.”

- “Investimento 2.1: Didattica digitale integrata e formazione sulla transizione digitale del personale scolastico” a cui segue “La finalità principale è la creazione di un ecosistema delle competenze digitali, in grado di accelerare la trasformazione digitale dell’organizzazione scolastica e dei processi di apprendimento e insegnamento.”

4.2 Quadro di riferimento internazionale: L’ONU e l’UNESCO.

In ambito Internazionale l’ONU e l’UNESCO forniscono diverse linee guida che fanno da cornice al tema in oggetto. In particolare, è possibile evidenziare uno degli obiettivi di sviluppo sostenibile, OSS (SDG, acronimo di Sustainable Development Goals) ovvero l’SDG 4: Educazione paritaria e di qualità. Nello specifico, si parla di “Foster inclusive learning environments” a cui segue “Currently, most general education systems and their evaluation methods are standardised to be applied to all students. Such an approach assumes that all students should fulfil the same uniform expectations in terms of performance. This approach ignores the great diversity of students and their learning methods”, tale problematica viene messa in discussione e difatti segue “This comes with the requirement that learning environments and curricula are universally designed and that teaching methods and assessments are flexible to adaptation, to meet the requirements of the diversity of learners”.

Nell'ambito della conservazione, valorizzazione e comunicazione del Patrimonio Culturale l'UNESCO traccia alcune linee guida fondamentali. Nella Convenzione per la protezione del Patrimonio Mondiale Culturale e Naturale (UNESCO, 1972) è dichiarato: "Recognizing the high level of skills and multidisciplinary approach necessary for the protection, conservation, and presentation of the World Heritage". Si fa riferimento, inoltre a la Carta per la Conservazione del Patrimonio Digitale (UNESCO, 2009, p. 2), in cui si evidenzia "Member States may wish to cooperate with relevant organizations and institutions in encouraging a legal and practical environment which will maximize accessibility of the digital heritage".

Capitolo 5

Principi di progettazione e integrazione di un Serious Game all'interno di un percorso didattico

Risulta doveroso, a questo punto della tesi, effettuare una analisi della letteratura di riferimento, con l'obiettivo di individuare gli aspetti fondamentali che si configurano come elementi strategici per la progettazione e implementazione, di videogiochi con finalità educative, all'interno di contesti di apprendimento formali. Di seguito vengono presentati i principali fattori ricorrenti emersi nei casi studio precedentemente esaminati, che offrono indicazioni significative per la definizione di linee guida metodologiche e operative.

5.1 Il ruolo dell'insegnante come progettista e promotore di contenuti didattici

Al fine di garantire l'efficacia dei videogiochi come strumento didattico sembra essere fondamentale allineare la scelta, l'uso e/o la progettazione di questi con specifici obiettivi di apprendimento. Gli educatori hanno l'onere di identificare le conoscenze, le abilità e i concetti che devono essere affrontati, e selezionare e/o progettare contenuti didattici che supportino tali obiettivi (Taylor, 2003). Questo allineamento aiuterebbe a definire una esperienza di apprendimento coerente e garantirebbe un impegno, da parte degli studenti, in attività significative, che possano contribuire ai loro obiettivi educativi generali oltre a fornire un impulso verso un'autonomia di crescita culturale.

5.2 Un chiaro obiettivo formativo

Come sottolineato da Nielsen è necessario comunicare in maniera chiara al gruppo studenti le istruzioni di gioco e gli obiettivi formativi che si intende raggiungere (Nielsen, 2005). Un percorso formativo chiaro e ben ideato è

fondamentale quando si progettano nuovi strumenti per l'apprendimento. Gli studenti devono comprendere lo scopo dello strumento didattico, ovvero le regole e gli obiettivi, nel caso dei giochi/videogiochi. Inoltre, dovrebbero essere forniti elementi didattici come tutorial o presentazioni guidate, con l'obiettivo di far familiarizzare gli allievi con le meccaniche di gioco, gli obiettivi e i risultati di apprendimento desiderati. Istruzioni e obiettivi chiari favoriscono un aumento di concentrazione da parte degli studenti sui contenuti educativi previsti, inoltre è necessario per massimizzare la loro esperienza di apprendimento all'interno del gioco.

5.3 Integrazione con il curriculum

L'impiego di un videogioco in ambito didattico può assumere una rilevanza variabile, in funzione degli obiettivi curriculari perseguiti, della sua efficacia nel suscitare interesse e motivazione all'apprendimento, nonché della capacità dell'insegnante di orientarne l'uso in modo coerente con il percorso educativo stabilito (Nielsen, 2005). Le metodologie di apprendimento basate sull'impiego di un gioco/videogioco devono essere integrate nel curriculum in modo strutturale, piuttosto che essere implementate come attività isolate. Gli insegnanti oggi, hanno la possibilità di pianificare l'integrazione di giochi al fine di diversificare i metodi e i materiali didattici esistenti. Allineando i giochi con il curriculum, gli educatori dovrebbero assicurare che i contenuti trattati siano pertinenti con i contenuti che gli studenti devono imparare. Attraverso l'allineamento delle diverse modalità didattiche si deve promuovere coerenza nell'esperienza educativa complessiva tale per cui è possibile garantire continuità tra le attività basate sul gioco e l'istruzione tradizionale.

5.4 Equilibrio tra sfida e obiettivi formativi individuali

I giochi dovrebbero essere strutturati in maniera tale da stimolare il pensiero, la risoluzione dei problemi e le capacità decisionali degli studenti. Affinché ciò avvenga, le sfide dovrebbero essere bilanciate alle capacità degli studenti, al fine di evitare fenomeni quali la frustrazione o il disimpegno. I giochi ben progettati ed integrati nel percorso di studi, dovrebbero inoltre offrire un graduale aumento della difficoltà, dando agli studenti l'opportunità di sperimentare un senso di realizzazione e padronanza della sfida proposta, in cui gli studenti possano rimanere motivati e coinvolti nel processo di apprendimento (Alvarez, 2007).

5.5 Individualizzazione e differenziazione

Ogni studente ha esigenze e attitudini all' apprendimento differenti. Delle buone pratiche di game design dovrebbero offrire una sfida adattabile alle varie esigenze (Chen, 2007). In particolar modo, progettare delle caratteristiche adattive all'interno dei giochi è fondamentale per personalizzare l'esperienza di apprendimento in base al livello di abilità o alla curva di apprendimento di ogni studente. Questo aspetto è emerso dai dati raccolti da Nielsen (2005), durante l'analisi dei dati relativa alla motivazione (Intrinsic Motivation Inventory). Una oculata progettazione della curva di apprendimento, dunque, consentirebbe agli studenti di apprendere al proprio ritmo, ricevere i feedback dal gioco nei momenti appropriati ed impegnarsi in sfide progressive, favorendo una mentalità di crescita nel loro percorso di apprendimento.

5.6 Sollecitare la riflessione e l'acquisizione di conoscenze

L'apprendimento basato sul gioco dovrebbe incoraggiare la riflessione e aiutare gli studenti a trasferire il loro apprendimento in situazioni di vita reale. Dopo aver giocato, gli studenti dovrebbero avere l'opportunità di riflettere sulle proprie esperienze, discutere le connessioni tra il contenuto del gioco e il mondo reale e applicare le conoscenze o le abilità acquisite in contesti pratici. Questo fenomeno è stato inquadrato da Squire e Barab mediante il concetto *Failure Fosters Conceptual Learning*, ovvero il momento del fallimento (game over) susciterebbe una risposta cognitiva adattiva da parte dello studente (Squire & Barab, 2007). Questo momento di riflessione avrebbe l'obiettivo di attivare la metacognizione (Flavel, 1971) e, dunque, mettere lo studente nella posizione di conoscere e dirigere i propri processi di apprendimento. Questo genererebbe inoltre un processo di autoriflessione sul fenomeno conoscitivo, su cosa e come si sta imparando, e su quali siano le motivazioni che spingono a imparare una determinata nozione.

5.7 Considerazioni etiche

Gli sviluppatori, in prima istanza, e, successivamente, gli educatori, dovrebbero studiare e ponderare bene la scelta dei giochi e dei loro relativi contenuti, in modo che questi siano adatti all'età e culturalmente appropriati. È importante, dunque, selezionare e/o progettare giochi che promuovano l'inclusività, la diversità e il rispetto dei diversi profili psicologici (Shaw, 2014; Nakamura, 2012). Inoltre, quando si effettuano sessioni di gioco in aula, gli insegnanti devono garantire agli studenti un contesto didattico propedeutico alla tipologia di apprendimento ed al gruppo classe.

5.8 Valutazioni e feedback

La valutazione è essenziale per monitorare i progressi degli studenti, con l'obiettivo di fornire un feedback significativo utile al tracciamento dei risultati attesi post sessioni in aula. I giochi possono incorporare vari meccanismi di valutazione, come quiz in-game, off-game, test sulle abilità acquisite e sfide utili alla comprensione dei risultati attesi. Queste valutazioni non solo forniscono un feedback agli studenti sulle loro prestazioni, ma aiutano anche gli educatori a monitorare la loro comprensione degli effetti generati dal videogioco, con lo scopo di identificare le aree da migliorare/riprogettare. Pensare ad un sistema di feedback costruttivi è infatti fondamentale per consentire agli studenti di riflettere sui loro progressi, in modo tale che possano riadattare le loro strategie di apprendimento col fine di rafforzare la loro conoscenza (Shute et al., 2019).

Capitolo 6

Fondamenti teorici di *Architectura Enigma*: i trattati di architettura nel percorso di formazione di un allievo architetto

Come riferimento teorico e spunto contenutistico per il Serious Game dal titolo “*Architectura Enigma*” proposto in questa tesi, è stato scelto il trattato “La regola delli cinque Ordini d’Architettura” di Jacopo Barozzi da Vignola, opera che ha esercitato un’influenza paradigmatica per lo studente di architettura dal tardo Rinascimento fino all’età moderna. Gli ordini architettonici nascono come sistemi normativi che regolano proporzioni, decorazioni e rapporti tra le parti di un edificio. Essi non si riducono a un semplice repertorio decorativo, ma rispondono a esigenze culturali, religiose e simboliche precise.

Gli ordini si sviluppano nel mondo greco arcaico e classico, tra il VII e il V sec. a.C. I due più antichi sono il dorico e lo ionico. Il dorico, più austero e massiccio, trova la sua massima espressione nel Peloponneso e nelle colonie della Magna Grecia (ad esempio il tempio di Hera a Paestum, VI sec. a.C.), mentre lo ionico, più slanciato ed elegante, si diffonde in Ionia e nelle isole dell’Egeo. Nel V sec. a.C. si codifica il terzo ordine, il corinzio, caratterizzato dal capitello decorato con foglie d’acanto. Vitruvio nel suo *De Architectura*, fornisce una delle prime trattazioni sistematiche, distinguendo ordini e proporzioni, e sottolineando il legame tra carattere degli ordini e funzioni degli edifici.

Con il Rinascimento, grazie al recupero dei testi vitruviani e allo studio diretto delle rovine romane, gli ordini tornano centrali. Leon Battista Alberti, nel *De re aedificatoria* (1452), ne rielabora i principi teorici. Successivamente, Sebastiano Serlio (1619) e Giacomo Barozzi da Vignola nella *Regola delli cinque ordini*

d'architettura (1562), riferimento scelto come contenuto di gioco, forniscono manuali illustrati che codificano proporzioni e moduli, rendendoli strumenti didattici e progettuali fondamentali (Wittkower, 1998).

L'indagine sugli ordini architettonici, dunque, ha costituito un fondamento essenziale nel percorso formativo dell'architetto, mantenendo la sua centralità nei curricula accademici fino al XX secolo. Pur avendo esaurito la sua funzione strumentale nella prassi progettuale contemporanea, la disciplina conserva un ruolo nell'ambito didattico, permanendo nei programmi di formazione secondaria e universitaria. L'intento è quello che lo studente, durante le fasi di gioco, si possa focalizzare sulla visualizzazione degli elementi compositivi, facendo dei cenni, al contempo, alle nozioni storiche relative ai 5 ordini architettonici.

6.1 Introduzione agli ordini classici: Il *De Architectura* come opera principe della trattatistica architettonica

La codifica linguistica degli ordini architettonici si è sviluppata inizialmente attraverso un processo empirico e incrementale, dove ogni contesto cantieristico ha rappresentato un'occasione per ottimizzare e rielaborare le caratteristiche morfologiche e proporzionali di ciascun artefatto. Il primo tentativo di codificare le caratteristiche fondamentali dell'architettura prende luce alla fine del I secolo A.C., quando Marco Vitruvio Pollione¹¹ scrive il *De Architectura*,¹² si presume tra il 25 ed il 35 a.C. È considerato il primo trattato di architettura di cui si abbia notizia e costituirà un riferimento imprescindibile per la teoria architettonica e per la trattatistica dal Rinascimento in poi. Si pensa che l'opera sia sopravvissuta grazie ad un'unica copia, priva delle illustrazioni che, probabilmente, corredevano il trattato. Tra il XV secolo ed il XVIII, la conoscenza e l'interesse per Vitruvio ed il suo trattato crescono sempre di più, portando l'opera ad essere ripubblicata in varie edizioni. Tra le moltitudini di edizioni si è presa in esame quella ad opera di Berardo Galiani¹³. Questa edizione, pubblicata a Napoli nel 1790 presso i fratelli Terres, è ritenuta la più pregevole del Settecento, in particolare per il ricco corredo di note a piè di pagina che sintetizzano ed espandono gli studi filologici condotti nei secoli

¹¹ Marco Vitruvio Pollione (in latino Marcus Vitruvius Pollio; Formia, 80 a.C. circa – dopo il 15 a.C. circa) è stato un architetto e scrittore romano, attivo nella seconda metà del I secolo a.C., considerato il più famoso teorico dell'architettura.

¹² *De Architectura* (o Sull'architettura) è un trattato sull'architettura ad opera di Marco Vitruvio Pollione. Si tratta dell'unico manuale architettonico pervenutoci completo dall'epoca antica e ha rappresentato la base teorica dell'architettura occidentale dal Rinascimento fino all'Ottocento.

¹³ Berardo Galiani, detto il marchese Galiani, (Teramo, 19 dicembre 1724, Sant'Agnello, 11 marzo 1774) è stato un teorico dell'architettura italiano, autore di trattati sull'architettura ed esegeta vitruviano.

precedenti. Il testo presentato è frutto di un'accurata comparazione tra diversi manoscritti antichi, con particolare attenzione a due codici latini conservati nella Biblioteca Vaticana, segnalati all'autore da Giovanni Gaetano Bottari. Ciò che però rende questa edizione particolarmente preziosa è l'ampio commentario, basato su un'analisi minuziosa del trattato stesso. Oltre a curare la traduzione italiana, Galiani realizza personalmente le 25 tavole, poste in fondo al volume, che visualizzano con precisione il rigoroso lavoro filologico svolto sul testo di Vitruvio, giunto fino a noi privo delle illustrazioni originali.

Come detto, la necessità di una codifica nasce, probabilmente, dall'osservazione di come, anche nel periodo maturo classico ed ellenistico, l'ordine architettonico è interpretato non solo secondo il "gusto" diffuso nel periodo e nell'area geografica, ma può cambiare anche in edifici limitrofi e coevi. È necessario, dunque, stabilire quali sono le invarianti archetipiche dell'ordine e come possono essere interpretate senza venir meno al rispetto delle "regole", che Vitruvio, pur non essendo un erudito, riesce a definire. Prima di descrivere nel dettaglio i vari ordini, riferiti ai modelli greci, stabilisce le categorie necessarie a definire l'architettura, teorizzando la famosa triade: *Utilitas*, *Firmitas*, *Venustas*, termini che il Galiani traduce in *Comodo*, *Fortezza* e *Bellezza*. I primi due punti vengono così tradotti e riportati dal Galiani: "Il Comodo dipende dalla *Quantità*, e dalla *Qualità*. *Quantità* s'intende la grandezza di ciascun membro e del tutto proporzionata all'uso, a cui è destinato; e questa parte è detta *Ordinazione*. La *Qualità* poi s'intende la situazione del tutto, e di ciascun membro al luogo, ed all'aspetto proprio; e questa parte dicesi propriamente *Disposizione*. Ognuno comprende, che è diversa la *Quantità* pubblica dalla privata, diversa così ancora la *Qualità*. La *Fortezza* dipende sì dalla Scelta de' materiali, conoscendo bene l'intrinseca proprietà di ciascuno, come dal convenevole Uso de' medesimi. I materiali sono diversi in ogni paese; e perciò deve impraticarsene un Architetto, ove giunga nuovo. Queste due parti sono comuni, e puramente necessarie in ogni qualunque fabbrica o pubblica, o privata, sia grande, sia piccola." (Galiani, 1790, p. XIII).

Il terzo punto, ovvero la *Bellezza*, viene così descritta: "La terza, che è la *Bellezza*, se non si vuole anche per tutte puramente necessaria, lo sarà almeno per una fabbrica, che si volesse per tutti i versi perfetta; necessaria per conseguenza nelle fabbriche magnifiche, nelle pubbliche. Dipende questa da tre principi *Simmetria*, *Euritmia*, e *Decoro*." (Galiani, 1790, p. XIII). Galiani riporta più dettagliatamente le caratteristiche che vengono trattate da Vitruvio:

- “L’Ordinazione è un misurato comodo dei membri d’una fabbrica presi separatamente, ed il rapporto di tutte le sue proporzioni alla Simmetria: si regola questa dalla quantità (che in greco si dice Posotes), la Quantità poi è la giusta distribuzione dei Moduli presi dalla stessa opera, e adattata a ogni membro di ciascuna parte della medesima.” (Galiani, 1790, p. 7-8).

- “La Disposizione è una propria situazione delle cose, ed un vago effetto dell’opera negli accordi per cagion della Qualità. Le specie della Disposizione, le quali in greco si chiamano Idee, sono la Pianta, l’Alzato, e la Prospettiva. La Pianta è quel disegno in piccolo fatto con compasso, e riga, secondo il quale poi li formano le figure delle Piante in grande. L’Alzato è l’aspetto della facciata, ed un disegno in piccolo colorito colle misure corrispondenti all’opera futura. La Prospettiva è il disegno ombreggiato della facciata e dei fianchi, che sfuggono, sicchè concorrano tutte le linee visuali ad un punto. Tutte tre queste nascono dal Pensiero, e dall’Invenzione. L’invenzione poi è la soluzione dei problemi oscuri, e la ragione della cosa nuova ritrovata con vivacità. Queste sono le parti della Disposizione. (Galiani, 1790, p. 8-9).

- “L’Euritmia è il bello e grato aspetto cagionato dalla disposizione delle membra, Si ha, quando di dette membra corrisponde l’altezza con la larghezza, e la larghezza con la lunghezza, ed in somma tutte le cose hanno la loro giusta proporzione” (Galiani, 1790, p. 9).

- “La Simmetria è un accordo uniforme fra le membra della stessa opera, ed una corrispondenza di ciascuno delle medesime separatamente a tutta l’opera intera: siccome nel corpo umano vi è Simmetria fra il braccio, il piede, il palmo, il dito, e le altri parti, così lo stesso è anche in ogni opera perfetta. E primieramente nei tempi si cava il Modulo della grossezza delle colonne, o dal Triglifo [...] così in tutte le altre opere da qualche membro si cava la misura della Simmetria.

- Il Decoro è un raffinato aspetto dell’opera, composto da cose approvate dalla ragione: questo si regola dallo Statuto che in greco si dice Thematismes, o dalla Consuetudine, o dalla Natura [...] A Minerva, a Marte, e ad Ercole, si faranno edifici dorici; imperciocchè a questi Dei convengono a cagion del loro valore edifici senza delicatezza. A Venere, a Flora, a Proserpina, ed alle Ninfe dei fonti li faranno propri edifici Corinzi, perché riflettendoli alla gentilezza di questi Dei, parrà che i lavori delicati ed ornati di fiori, frondi, e volute accrescano il proprio decoro. A Giunone, a diana, a Bacco, e ad altri Dei di tal somiglianza si terrà la via di mezzo, facendo gli edifici Ionici, i quali faranno propri, perché partecipano della sodezza

Dorica, e della delicatezza Corinzia. [...] Se nei corniciami Dorici si scolpiranno dentelli nella cornice; o sopra capitelli, e colonne Ioniche s'intagliassero Triglifi nelle cornici, trasportando così le cose proprie d'un Ordine in un altro, si offenderà la vista; poiché sono già state nei tempi addietro stabilite consuetudini diverse e proprie in ciascun Ordine." (Galiani, 1790, p. 9-10).

- "La Distribuzione è il comodo uso del materiale, e la parca spesa nei lavori moderata dalla ragione. Questa si osserverà, se in primo luogo l'Architetto non s'impegnerà in quelle cose, le quali non si possono ottenere, e mettere in esecuzione senza grande spesa. [...] Un'altra specie di Distribuzione è quella, che dispone diversamente gli edifici secondo i diversi usi dei padri di famiglia, e secondo la quantità del denaro, o la decenza delle persone d'autorità: imperciocchè bisogna diversamente distribuire le case di città da quelle, ove si ripongono i frutti delle ville." (Galiani, 1790, p. 11).

Il perfetto equilibrio delle tre componenti dell'opera architettonica si ottiene dunque grazie alle categorie precedentemente descritte, ovvero Fortezza, Comodo e Bellezza, da cui si diramano le sottocategorie: Distribuzione, Ordinazione, Disposizione, Simmetria, Euritmia, Decoro, così riassunte in uno schema disegnato da Galiani, "Idea Generale Dell'Architettura, Estratta da dieci Libri di M. Vitruvio Pollione" (Fig. 8).

IDEA GENERALE DELL' ARCHITETTURA

Estratta da' dieci Libri di M. Vitruvio Pollione.

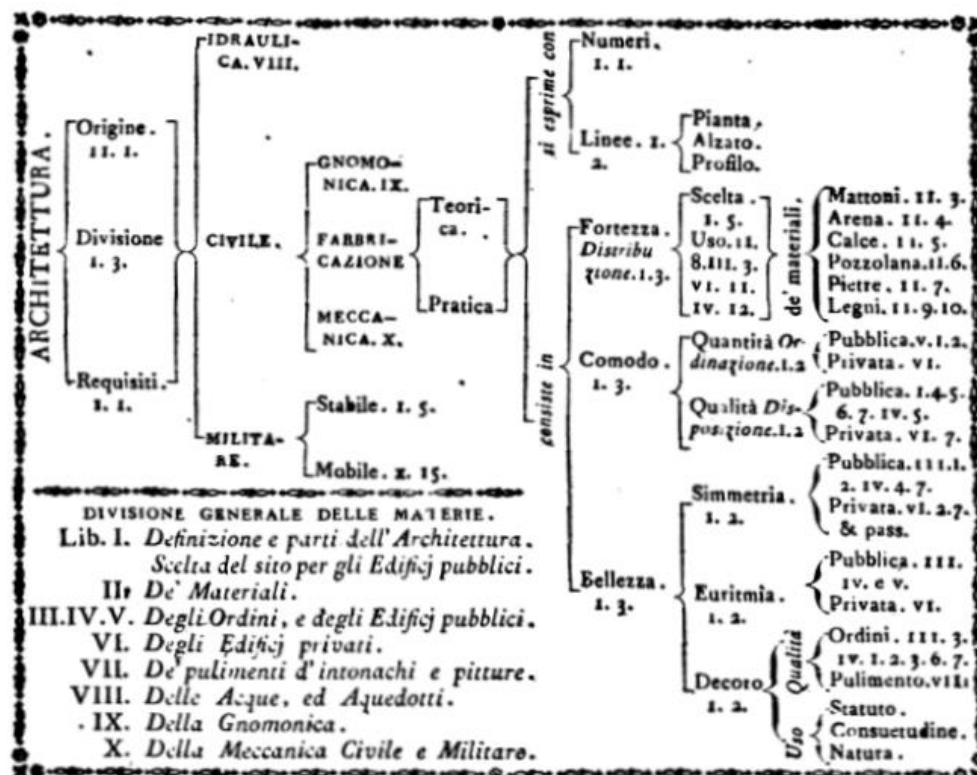


Figura 8: Immagine estrapolata da "l'architettura di Marco Vitruvio Pollione tradotta e comentata dal marchese Berardo Galiani" pp. XI. Questo schema rappresenta la sintesi dei dieci libri originariamente scritti da Vitruvio.

È sembrato doveroso riportare una sintesi linguistica delle categorie vitruviane poiché il De Architectura diventa uno dei fondamenti delle teorie architettoniche nel Rinascimento e nei secoli successivi. Edizioni, commenti ed interpretazioni dell'opera vitruviana stimolano la stesura di trattati e, anche nei casi in cui l'approccio è critico o ridefinisce i sistemi proporzionali degli ordini, è comunque considerato un riferimento teorico.

6.2 La trattatistica architettonica tra il XIV e il XV secolo

Il De Architectura di Vitruvio rappresenta il testo di riferimento fondamentale per ogni architetto, ad eccezione del periodo medievale, fino alla riscoperta e rielaborazione rinascimentale. Nel Rinascimento, a cavallo tra il XIV ed il XVI

secolo, avviene un lento e complesso processo di reinterpretazione del trattato vitruviano.

Nel corso del XV secolo si compiono i primi tentativi di recupero e sistematizzazione del sapere architettonico antico, grazie all'impegno di alcune delle principali figure di teorici e progettisti del tempo: Filarete, Francesco di Giorgio Martini e, soprattutto, Leon Battista Alberti. Quest'ultimo si distingue come figura guida in questo ambito, proponendo un approccio critico nei confronti dell'eredità classica e mettendo in discussione il sistema linguistico e metodologico delineato da Vitruvio secoli prima.

Nel corso del XVI secolo, sulla scorta delle esperienze maturate nel secolo precedente, prende forma una nuova concezione di trattato architettonico, fondata su modalità inedite di classificazione, rappresentazione e definizione proporzionale degli ordini stessi.

6.2.1 La trattatistica architettonica nel XIV e XV secolo

Se si procede a una lettura attenta del *De Architectura*, si evince chiaramente, dal testo originale, l'assenza di un concetto strutturato di Ordine architettonico. Vitruvio descrive, piuttosto, le modalità costruttive di alcune tipologie templari secondo una classificazione fondata sulle loro presunte origini storico-etnografiche: Dorico, Ionico, Corinzio e, in un passaggio successivo, l'Etrusco (o Toscano). L'autore romano espone una serie di regole costruttive, sempre riferite all'edificio nel suo complesso (colonne, capitelli, architravi, ecc.).

L'architetto rinascimentale, confrontandosi con queste prescrizioni, si trova nella necessità di riadattare i principi dell'architettura classica alle esigenze del proprio tempo, estraendo tali regole dal testo antico e sottoponendole a una lettura critica. Il primo a compiere un'operazione di questo tipo è Leon Battista Alberti, attraverso il concetto di *locus classicus* enunciato nel libro VII, capitolo 6, del *De re aedificatoria* dove definisce le parti dell'ordine: il piedistallo, su di esso la base, sopra la base la colonna, quindi il capitello, quindi l'architrave, su questo le travi oppure il fregio che ricopre e delimita le estremità tagliate delle travi stesse, infine al sommo la cornice¹⁴. Leon Battista Alberti può essere considerato il primo studioso ad aver formulato il trattato d'architettura nella forma che riconosciamo ancora oggi. Con ogni probabilità, egli è stato il primo a riconsiderare i generi

¹⁴ Leon Battista Alberti, *De re aedificatoria*, libro VII, capitolo 6.

vitruviani come parte integrante del patrimonio architettonico del suo tempo, offrendo al contempo una nuova prospettiva per l'identificazione degli elementi costitutivi di un ordine. Alberti, infatti, estrae delle "regole" da ciò che in Vitruvio era trattato come genere templare, e procede a una descrizione analitica di capitelli, fusti, basi e trabeazioni. È in questo contesto che emerge il concetto di ordine come sistema di classificazione degli elementi che compongono un manufatto architettonico. Anche nella definizione delle tipologie di ordini, Alberti introduce un punto di vista innovativo: il capitello composito, da lui denominato "Italico", viene sistematizzato e integrato all'interno della molteplicità delle pratiche costruttive coeve. Gli ordini architettonici risultano, quindi, essere cinque: tre di derivazione classica, a cui si aggiungono il Toscano (Etrusco), già identificato da Vitruvio, e l'Italico, ovvero il Composito.

In questo contesto è importante fare riferimento al trattato di Palladio, i *Quattro Libri dell'Architettura*, opera che costituisce un punto di riferimento per la trattatistica architettonica rinascimentale. L'opera nasce in un contesto maturo del Rinascimento, quando il confronto con Vitruvio non è più soltanto filologico, ma diventa strumento per costruire un linguaggio architettonico moderno, capace di rispondere alle esigenze del proprio tempo. Ciò che rende i *Quattro Libri* un'opera fondamentale è soprattutto il modo in cui Palladio rielabora la tradizione classica. A differenza di Alberti, che costruisce un trattato prevalentemente teorico, Palladio fonda la propria autorità sull'esperienza diretta del costruire. I suoi edifici, presentati attraverso disegni accurati di piante, sezioni e alzati, diventano esempi concreti di applicazione dei principi vitruviani. Il disegno assume così un ruolo centrale: non è solo illustrazione, ma vero strumento di conoscenza e di progetto, capace di rendere l'architettura comunicabile e replicabile.

Un altro aspetto decisivo è l'estensione del linguaggio classico a tipologie edilizie moderne. Le ville, in particolare, rappresentano un terreno di sperimentazione in cui Palladio dimostra come i principi dell'antico possano essere adattati a funzioni nuove, legate alla vita economica e sociale del Veneto cinquecentesco. In questo senso, l'antico non è mai assunto come modello da imitare passivamente, ma come repertorio di regole da reinterpretare criticamente.

L'enorme fortuna dell'opera, favorita dalla stampa e dalla chiarezza espositiva, fa sì che i *Quattro Libri* diventino un riferimento europeo, influenzando profondamente l'architettura dei secoli successivi, dal classicismo barocco fino al Neoclassicismo. Va tuttavia ricordato che Palladio tende a presentare i propri progetti in una forma idealizzata, più coerente con i principi teorici che con le reali

condizioni di cantiere. Questo non è un limite, ma una scelta consapevole: il trattato non descrive l'architettura com'è, bensì come dovrebbe essere. L'influenza del trattato è di natura culturale e progettuale. Palladio elabora un modello di pensiero architettonico, che verrà utilizzato soprattutto in contesti colti, generando così il movimento del palladianesimo. La maggiore complessità dell'opera, tuttavia, ne limita l'uso immediato, nonostante ne amplifichi la profondità teorica e la capacità di incidere a lungo termine sul modo di concepire l'architettura.

Quanto descritto è parte di un panorama in via di definizione, dove l'assenza quasi totale di un sistema di ordini negli edifici esistenti alimenta il desiderio di nuovi studi, in grado di intermediare tra le teorie Vitruviane ed il patrimonio architettonico. Nella seconda metà del XV secolo si forma, in maniera unanime, il paradigma che fa da cornice al concetto di ordine architettonico. In questo panorama, impossibile da sintetizzare in questa sede, il trattato di Vignola si impone come uno di quelli che ha avuto maggior diffusione, con almeno un centinaio di edizioni pubblicate fino a tutto l'Ottocento (Thoenes, 2002).

6.2.2 Regola delli cinque ordini d'architettura di M. Jacopo Barozzi da Vignola.

Al trattato di Vitruvio fa riferimento anche Jacopo Barozzi da Vignola (Vignola 1507 – Roma 1573), e, anche se, in alcuni casi, propone sistemi proporzionali differenti, non vi è dubbio che le categorie sopra menzionate siano riscontrabili nella sua codifica. Lo conferma la dedica “Ai lettori” presente nel proemio: “[...] se qualchuno giudicasse questa fatica vana con dire che non si può dare fermezza alcuna di regola, atteso che secondo il parere de tutti, et massime di Vitruvio molte volte conviene crescere o scemare delle proportioni de membri dell'ornamenti per supplire con l'arte dove la vista nostra per qualche accidente venghi ingannata; a questo gli rispondo; in questo caso essere in ogni modo necessario sapere quanto si vuole che appaia all'occhio nostro, il che sarà sempre la regola ferma che altri si hauera proposta di osservare [...]” (Vignola, 1562, tav. III). Vignola è uno dei teorici e trattatisti del 500 che decodifica il trattato “antico” di Vitruvio al fine di creare nuove e contemporanee regole, in grado di adattarsi alle nuove esigenze pratiche dell'epoca. Il risultato è un pratico manuale degli Ordini Architettonici che diventa un testo fondamentale per i futuri architetti fino al XIX secolo. La quintuplice ripetizione dei disegni (una per ogni ordine) ha una struttura ben precisa: la prima tavola è dedicata al colonnato e si possono trovare, successivamente, i disegni della arcata, arcata con piedistalli, disegni di dettaglio del piedistallo, della base, del capitello e della trabeazione. Questo schema,

apparentemente oggetto di eccessive ripetizioni, vuole in realtà indirizzare lo sguardo verso ciò che cambia da un ordine all'altro: i numeri iscritti, ovvero le proporzioni; mentre tavole di dettaglio come le alternative alla Dorica, illustrano in modo chiaro il grande margine di libertà che la "regola" lascia all'architetto progettista. La ripetizione, d'altronde, non è affatto nel gusto di Vignola e il suo stile prosastico, sobrio e impersonale ha la capacità di essere conciso: ogni passaggio è infatti spiegato una sola volta, nulla viene ripetuto, nulla espresso a parole se già leggibile dalle tavole illustrate. Questo vale soprattutto per il concetto fondamentale del libro, la "regola" stessa: viene dimostrata per immagini e numeri, ma mai formulata come enunciato dottrinale, come fatto da suoi eminenti colleghi (Un esempio sono i *I Sette libri dell'architettura o Trattato di architettura* di Sebastiano Serlio, 1475-1574). Vignola si propone di riunificare tutte le formule sparse, empiriche e spesso contraddittorie di Serlio in un'unica *Regola*, coerente in sé e universalmente applicabile, dalla quale tutte le prescrizioni particolari possano derivare, e alla quale anche le misure desunte dai monumenti antichi devono sottomettersi.

Risulta evidente, leggendo le prime pagine della *Regola*, che la "distribuzione delle proporzioni" viene rivendicata da Vignola stesso, nella prefazione, come suo autentico contributo alla teoria degli ordini: "Volendo mettere in questa regola, (per modo di esempio), l'ordine Dorico; ho considerato quel del Teatro di Marcello essere fra tutti gli altri da ogni uomo il più lodato: questo dunque ho preso per fondamento della regola di detto ordine. Sopra il quale, havendo terminato le parti principali, se qualche minimo membro non havrà così ubidito intieramente alle proportioni de numeri (il che havviene ben spesso dall'opera de' Scarpellini, ò per altra accidenti che in queste minutie ponno assai), questo l'haverò accomodato nella mia regola, non mi discostando in cosa alcuna il momento, ma bene accompagnando questo poco di licenza con l'autorità de gli altri Dorici, che pur sono tenuti belli; da quali ne ho tolto l'altre minime parti, quando mi è convenuto supplire a questo. A talché non come Zeusi delle Vergini fra' Crotoniati, ma come ha portato il mio giudicio ho fatta questa scelta de' miei ordini, cavandoli puramente dagli antichi tutti insieme, né vi mescolando cosa di me, se non la distribuzione delle proportioni fondata in numeri semplici; senza havere a fare con braccia, ne piedi, né palmi di qualsivoglia luogo: ma solo ad una misura arbitraria detta modulo, divisa in quelle parti che ad ordine per ordine, al suo luogo si potrà vedere, et data tal facilità à questa parte d'Architettura altrimenti difficile, ch'ogni mediocre ingegno, purché habbi alquanto di gusto dell'arte, potrà in un'occhiata sola, senza gran fastidio di leggere, comprimerne il tutto, et opportunamente servirsene." (Vignola, 1562, tav. III).

L'attenzione al trattato si manifesta immediatamente dopo la prima pubblicazione. Come mostra la prefazione, Vignola intende inizialmente rivolgersi a colleghi di mestiere che, pur non dotati di particolari capacità intellettuali ("ch'ogni mediocre ingegno, purché habbi alquanto di gusto dell'arte, potrà in un'occhiata sola, senza gran fastidio di leggere, comprimerne il tutto, et opportunamente servirsene"), conoscevano, però, le regole fondamentali del mestiere. Nell'ultimo paragrafo, aggiunto successivamente, si riferisce, tuttavia, a un'esperienza completamente nuova: "Ma visto poi per esperienza come l'opera piace anco assai a molti Signori mossi dal gusto di poter intendere con pochissima fatica, l'intiero dell'arte intorno questi ornamenti..." (Vignola, 1562, tav. III). Non, dunque, solo i pratici maestri, ma raffinati nobili dilettanti alla ricerca di un libro illustrato di facile comprensione. Questi determinano il successo dell'opera e al contempo assumono il ruolo di promotori del trattato. La società di corte che si forma nel XVI secolo accetta gli ordini architettonici come parte integrante di un nuovo codice di comportamento. Nell'arte del costruire, l'introduzione degli ordini significa il superamento della barbarie, paragonabile alle buone maniere a tavola nella vita quotidiana. Il libro di Vignola, concepito come un puro manuale tecnico, si trasforma così in un fenomeno parte di un più ampio processo di civilizzazione che, partendo dall'Italia, interessa tutto l'Occidente (Thoenes, 1998).

Particolare importanza riveste la scelta, da parte di Vignola, di non fare riferimento ad una unità di misura specifica. Piuttosto, egli fa riferimento al modulo, ovvero quell'unità fondamentale che assume il ruolo di elemento proporzionale sotteso alla rappresentazione dei 5 ordini. Questa scelta mira a rendere il trattato un manuale delle istruzioni adattabile ai più variegati contesti cantieristici.

Per questi motivi la *Regola delli cinque ordini d'architettura* è probabilmente il trattato più influente in assoluto, con più di 200 edizioni, dal XVI al XVIII secolo. Come già è accaduto in epoca romana, le forme greche, anche nella loro ripetizione più banale e superficiale, diventano segnali di progresso umano e, strettamente connesso a ciò, modelli di disciplinamento sociale.

Prendendo in considerazione la formazione del giovane architetto dell'epoca, è inoltre emblematico che la *Regola* entra a far parte della formazione degli architetti presso l'Accademia di San Luca: "Si studiano i cinque ordini del Vignola da cui si apprende quale sia la differenza, che corre dall'uno all'altro, quali siano le misure dei piedistalli, delle colonne, e dei cornicioni di ciascun ordine, i loro modini, secondo le antiche fabbriche più regolate, e più perfette, si impara poi a ricopiarli bene, e pulitamente toccargli d'acquerello, e per maggiormente impraticarsi, si

ricopiano ancora delle porte, e delle finestre di qualche accreditato professore, e quelle inventate dal suo maestro, o quelle di qualche altro architetto moderno, e vivente, che la voce del popolo abbia molto applaudite. Poi si passa a far qualcosa di sua invenzione.” (Bottari 1754, pp. 110-111, riportato in Manfredi 2008, pp. 30-31.). Lo studio del trattato di Vignola entra a far parte, dunque, del complesso processo di formazione dello studente di architettura, che si impadronisce delle regole, studia le soluzioni di maestri contemporanei, e soltanto allora può cimentarsi con una propria composizione.

È sembrato doveroso riportare una panoramica che contestualizzi il periodo storico a cui fa riferimento il Serious Game oggetto di questa tesi. La scelta del riferimento contenutistico del serious game dal titolo *Architectura Enigma* è ricaduta su *La Regola Delli Cinque Ordini D'Architettura*. La motivazione di tale scelta risiede nel fatto che *La Regola*, a differenza dei *Quattro Libri* di Palladio, seppur in egual misura importanti per diffusione, crea un sistema di rapporti già dati simultaneamente disponibili. Tutte le parti dell'ordine sono ricondotte a una unità modulare numerica (il modulo), da cui derivano direttamente le misure di ogni elemento. Per Palladio invece il progetto, si sviluppa nel tempo del disegno: le proporzioni emergono dal procedimento grafico, non da un sistema numerico immediatamente applicabile.

Come evidenziato, la “Regola delli cinque ordini d'architettura” ha costituito una pietra miliare della trattatistica architettonica e, per tale motivazione, la scelta dei contenuti è ricaduta su quest'ultimo.

6.4 Fondamenti logico-teorici per la realizzazione dei modelli di gioco.

Lo studio degli ordini architettonici ha continuato a far parte del percorso formativo dell'architetto fino ai giorni nostri. Ancora oggi, come accadeva in passato, esercizi di rappresentazione grafica vengono utilizzati come strumenti didattici per assimilare costruzioni geometriche, proporzioni e nomenclature specifiche. L'insegnamento impartito presso Scuole, Università e Accademie ha spesso fatto ricorso a modelli in legno o in gesso, impiegati come riferimento per esercizi di copia dal vero. Come afferma Sulzer (1792, p. 12): “Gli allievi dovranno disegnare assiduamente da questi modelli, poiché questo li aiuta a sviluppare non solo una giusta visuale e un'adeguata valutazione della forma, ma anche la

conoscenza delle luci e delle ombre, dei diversi atteggiamenti e dei diversi scorci.”¹⁵ Il modello, dunque, non è soltanto un oggetto da riprodurre graficamente, ma anche un mezzo per analizzare un frammento architettonico nella sua dimensione tridimensionale, cogliendone proporzioni volumetriche e interazione con la luce.

L’ideazione di modelli digitali scomponibili nasce con l’intento di fornire agli studenti un artefatto tridimensionale utile a coglierne le peculiarità formali e la resa che questi hanno con un sistema di illuminazione artificiale che replichi il vero. L’intento è, infatti, quello di creare dei modelli didattici che, attraverso la composizione progressiva degli elementi, consenta di comprendere come l’ordine architettonico non si riduca a una semplice codificazione stilistica o formale, ma costituisca l’esito di un sistema logico-compositivo fondato su regole determinate, da interpretare entro una struttura semantica coerente.

Si è, quindi, deciso di progettare dei modelli di gioco in grado di rappresentare la scomposizione in elementi che, una volta ricombinati secondo le regole proprie dell’ordine, assumono un preciso significato¹⁶.

Fin dalla fase progettuale, si è ritenuto essenziale considerare un aspetto cruciale: se l’ordine architettonico è assimilabile a un linguaggio, allora è possibile identificare in esso elementi grammaticali che, combinati secondo regole condivise, generano enunciati e strutture sintattiche diverse, alla base delle varie interpretazioni operate dai singoli architetti. Per questa ragione, già nella fase di ideazione dei modelli tridimensionali, si è optato per una scomposizione non arbitraria, bensì rispettosa della grammatica dell’ordine. Queste logiche sono state rispettate a partire dai fondamenti enunciati nel *De Architectura*. Si tratta dei concetti di Ordinazione, Disposizione, Simmetria ed Euitmia, che rappresentano un sistema organico di regole e di valori attraverso cui la forma costruita acquista senso, coerenza e bellezza. Essi definiscono il percorso che conduce dall’idea al progetto, dalla misura alla percezione, e costituiscono un vero e proprio metodo di pensiero per lo studente di architettura.

L’Ordinazione riguarda l’organizzazione metrica e proporzionale delle parti. Essa implica che ogni elemento dell’edificio sia dimensionato secondo criteri funzionali e rapporti numerici coerenti con un *modulo* di riferimento.

¹⁵ Si riporta la traduzione presente in Pinelli 1985, p. 110 del brano di J.G. Sulzer.

¹⁶ La logica della scomposizione in elementi nella modellazione degli ordini di Vignola è stata già oggetto di studio. In quel caso la finalità era la parametrizzazione degli elementi dell’ordine.

Comprendere l'ordinazione significa imparare a tradurre la funzione in misura: lo spazio diventa decifrabile perché nasce da un principio di proporzione, non da un arbitrio formale. Per chi si forma come architetto, padroneggiare l'ordinazione significa sviluppare una consapevolezza costruttiva e geometrica che permette di controllare la forma attraverso la logica del rapporto e della regola.

La Disposizione riguarda invece la collocazione e l'organizzazione delle parti nello spazio: come gli elementi strutturali, distributivi e figurativi si combinano per dare luogo all'insieme architettonico. Essa introduce la dimensione compositiva del progetto che regola la relazione tra le parti, richiedendo la capacità di ordinare e rappresentare mediante pianta, sezione, alzato e prospettiva. Nella didattica, la disposizione abitua lo studente a concepire il progetto come sistema coerente, in cui ogni decisione formale è anche una scelta spaziale e percettiva.

La Simmetria definisce l'armonia proporzionale tra le componenti dell'opera, garantendo coerenza tra struttura e immagine. Non si limita all'idea di bilanciamento geometrico, ma esprime la logica interna che lega le parti al tutto. Per lo studente, comprendere la simmetria significa sviluppare la capacità di riconoscere e costruire relazioni proporzionali, comprendendo come la coerenza formale derivi da regole strutturali profonde.

Infine, l'Euritmia riguarda la qualità percettiva dell'insieme: la capacità dell'architettura di apparire armoniosa ed equilibrata. È il momento in cui la misura e la regola si traducono in bellezza visibile, dove la proporzione diventa percezione. Per la formazione dell'architetto, l'euritmia rappresenta il passaggio dalla tecnica all'estetica: insegna che la bellezza non nasce dall'ornamento, ma dal giusto equilibrio tra funzione, proporzione e sensibilità visiva.

È, inoltre, doveroso precisare che i modelli non intendono riprodurre il sistema costruttivo, bensì la sola struttura linguistica dell'ordine. In alcuni casi le due coincideranno, in altri no, come nel caso delle strutture ad arco, dove le soluzioni costruttive adottate non necessariamente corrispondono a una divisione in elementi architettonici distinti, come nel caso delle pareti murarie con semicolonne o colonne a tre quarti.

In conclusione, la logica sottesa alla realizzazione dei modelli di gioco segue la struttura sintattico-grammaticale che è presente nel trattato. Si tratta dunque della sequenza compositiva che vede la rappresentazione dell'ordine nei suoi macro elementi (piedistallo, colonna, trabeazione) e meso elementi (basamento, dado, cimasa, base, fusto, capitello, architrave fregio e cornice) (fig. 9), il sistema trilitico

(due colonne e la trabeazione) (fig. 10) e, infine, il sistema con arco (due semi colonne con piedistallo, l'arco e la trabeazione) (fig. 11).

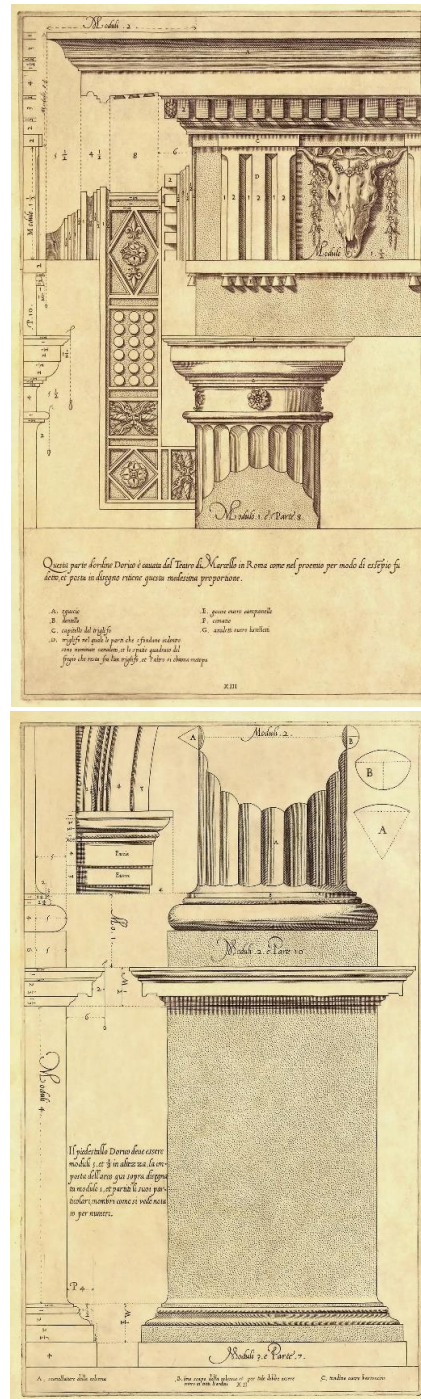


Figura 9: L'ordine architettonico. Tavola XII e XIII estrapolate dal trattato delli cinque ordini d'architettura, edizione del 1562.

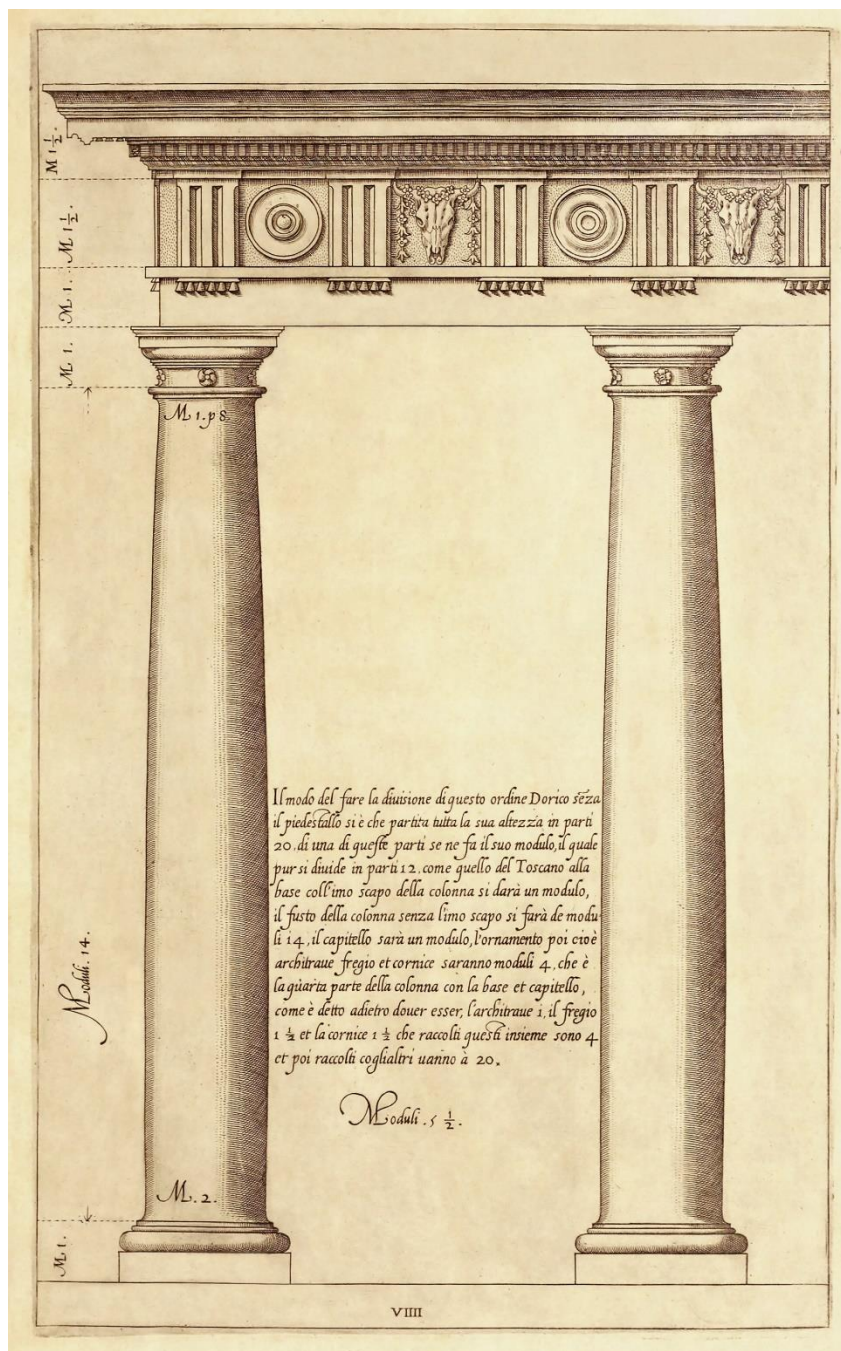


Figura 10: Il sistema trilitico. Tavola VIII estrapolata dal trattato delli cinque ordini d'architettura, edizione del 1562.

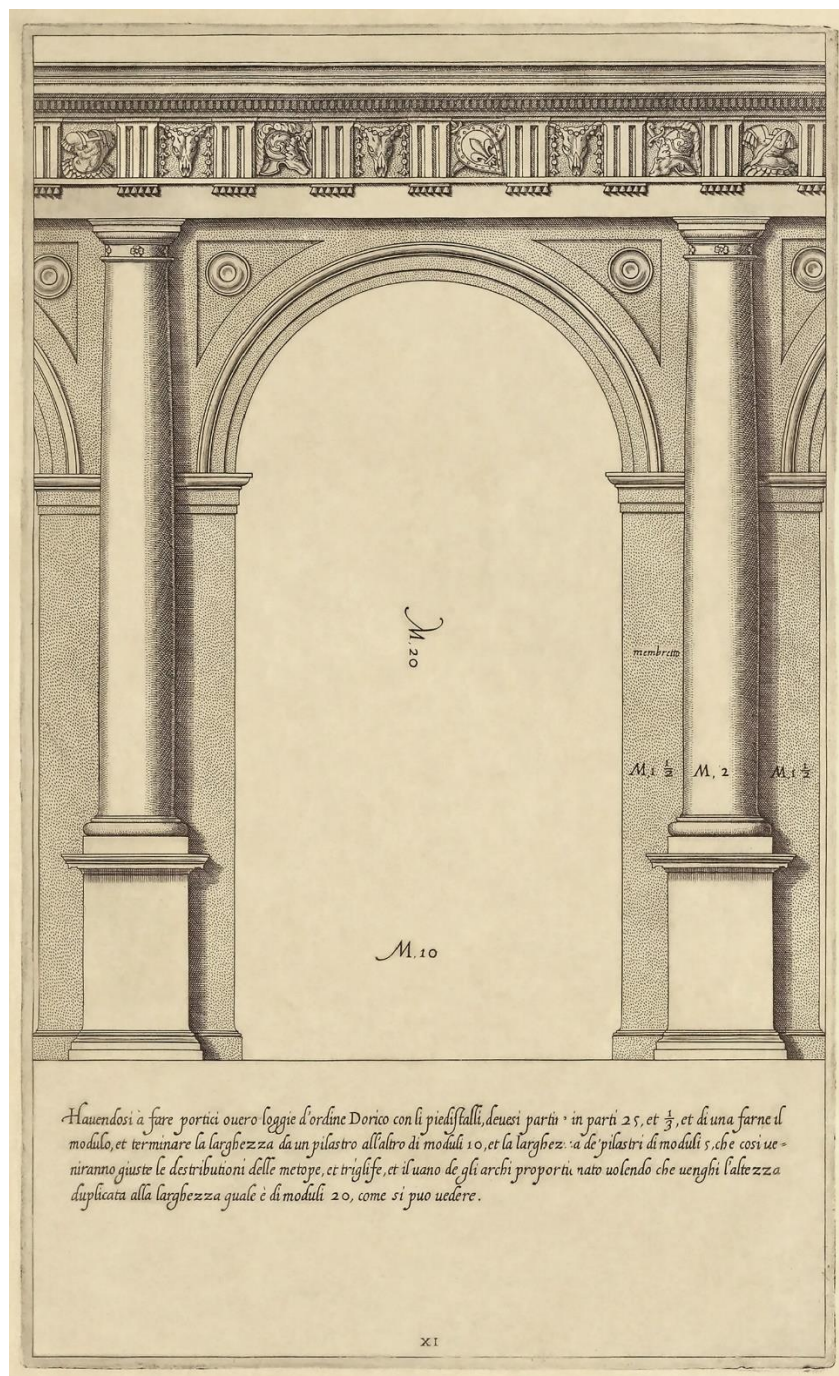


Figura 11: Il sistema con arco. Tavola XI estrapolata dal trattato delli cinque ordini d'architettura, edizione del 1562.

6.5 Decodifica e rappresentazione digitale del trattato “La regola delli cinque ordini d’architettura”

"Havendo da trattare delli 5 Ordini di colonne, cioè Toscano, Dorico, Jonico, Corinto e Composito; mi è parso, che nel principio convenga, che si vedano le figure d’ogni specie di quello s’ha da trattare, ancorche non vi siano notate le due misure particolari, perché solo sono poste, per dimostrare una regola generale, la quale a una, per una particolarmente si dichiarerà” (Vignola, 1732, pp.8). Con queste parole introduttive, Vignola offre una prima sintesi descrittiva degli ordini architettonici, destinata ad essere sviluppata nelle tavole successive, corredate da disegni di dettaglio. Nell’edizione del 1736, ristampata per iniziativa dell’editore bolognese Lelio della Volpe, è inserita una tavola sinottica che raccoglie la rappresentazione complessiva dei cinque ordini architettonici, accompagnata da una descrizione esplicativa volta a illustrarne le principali caratteristiche formali e proporzionali: “Il modulo, che serve all’ordine Toscano, ed il Dorico, si divide in 12 parti, e quello, che si vuol formare per l’ordine Jonico, o per il Corinto, ovvero per il Composito, essendo questi tre ordini composti di membri più gentili, si dovrà dividere in parti 18; come a suo luogo si dirà. Già è noto a tutti, che il detto modulo è una misura adattabile a tutte le grandezze” (Vignola ed. 1736, pp.7).

Sulla base di tali considerazioni preliminari, si è proceduto all’attività di ridisegno e modellazione degli ordini architettonici, adottando come unità di misura i moduli e le relative suddivisioni proporzionali descritte nella *Regola delli cinque ordini d’architettura*. L’impiego del software di disegno e modellazione Rhinoceros ha consentito, in una prima fase, la restituzione bidimensionale (2D) degli elementi, seguita da una successiva elaborazione tridimensionale (3D). Tale processo ha reso possibile una trasposizione digitale fedele all’originale, garantendo al contempo un’accurata ricostruzione geometrica delle modanature presenti.

6.5.1 L’ordine Toscano

Il primo passo è stato quello di effettuare un ridisegno dell’ordine Toscano a partire dalle tavole del trattato, rispettando le costruzioni geometriche che sono sottese alle rappresentazioni del Vignola. Una larga parte di queste sono già presenti nell’ordine Toscano e ricorrono negli ordini successivi. In riferimento a questo, Vignola introduce una corposa nomenclatura nell’Ordine Toscano, che non verrà riproposta nelle tavole degli ordini successivi, ma che verrà ampliata dalle sole modanature peculiari di ogni ordine. Verranno di seguito riportate le modanature

per cui è stato necessario seguire un rigore geometrico propedeutico ad una corretta ricostruzione delle stesse:

Gola Rovescia: Per disegnare la gola rovescia si è proceduto nel seguente modo: con centro rispettivamente in A ed in O e raggio OA, si tracciano due archi, che si incontrano nel punto C. Si ripete la stessa procedura per OB, ottenendo il punto D. Con centro in C e raggio CA si traccia l'arco OA. Si ripete la stessa procedura con centro in D e raggio BO. La gola rovescia così ottenuta viene successivamente trasformata in 3D tramite uno sweep a 1 binario (Fig. 13).

Toro: Per disegnare il Toro, con centro in O si traccia un arco di semi circonferenza. La semi circonferenza ottenuta viene successivamente trasformata in 3D tramite un'operazione di rivoluzione. (Fig. 14)

Tondino: Per disegnare il Tondino si procede in maniera analoga al Toro, sia per la costruzione geometrica 2D che per la modellazione 3D.

Ovolo: Per disegnare l'Ovolo, con centro in O, si traccia un arco di quarto di circonferenza. Anche in questo caso si ottiene il 3D tramite un'operazione di rivoluzione (Fig. 15).

Il risultato è il modello 3D dell'ordine Toscano nella sua completezza (Fig. 12). Questo è stato sottoposto ad una verifica del rispetto dei moduli descritti dal Vignola, il quale dice: “Ma dovendosi fare quest'ordine Toscano col suo piedistallo, si partirà tutta l'altezza in parti $22 \frac{1}{2}$, e con ciò sia, perché il piedistallo ricerca avere in altezza la terza parte della sua colonna con la base, e capitello, che essendo moduli 14, la terza parte sono moduli $4 \frac{2}{3}$, i quali aggiunti a $17 \frac{1}{2}$, vanno al numero di $22 \frac{1}{2}$.” (Vignola, ed. 1736, p. 13).

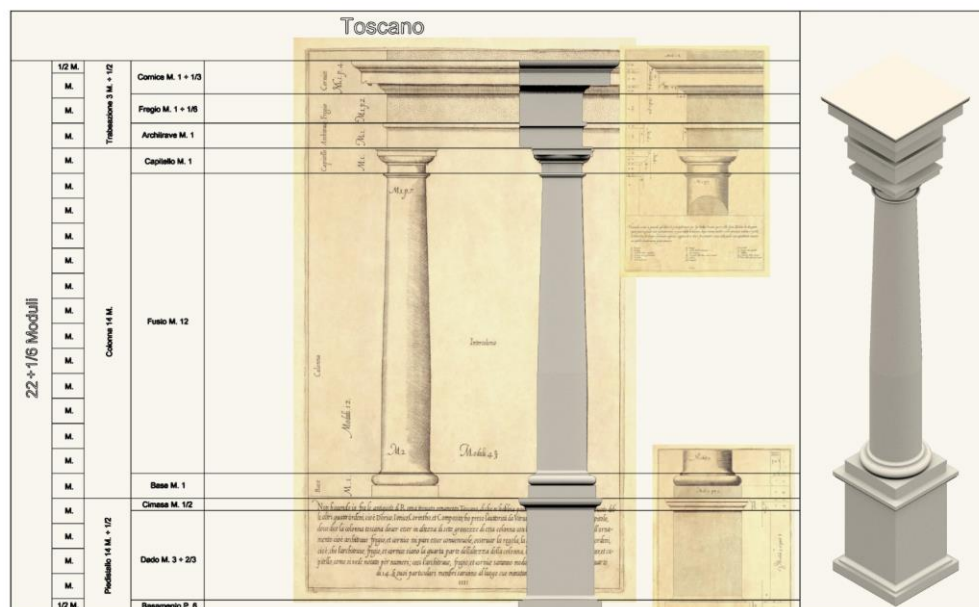


Figura 12: Vista frontale e assonometrica del modello 3D dell'ordine Toscano, sovrapposto alle tavole del trattato del 1562. Lo schema modulare evidenzia il rispetto delle proporzioni.

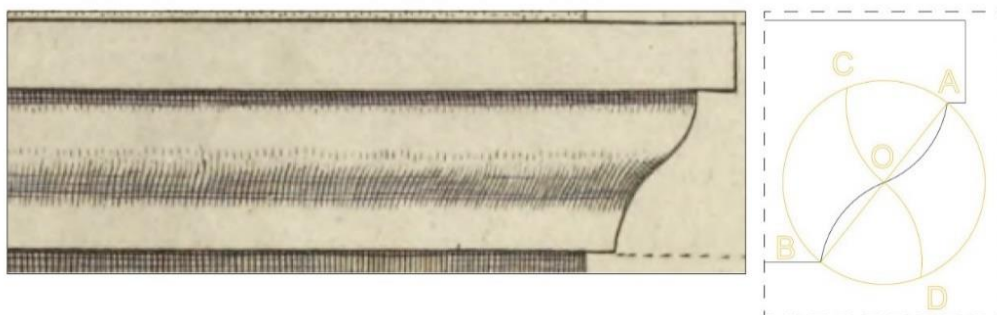


Figura 13. Costruzione geometrica della Gola Rovescia.

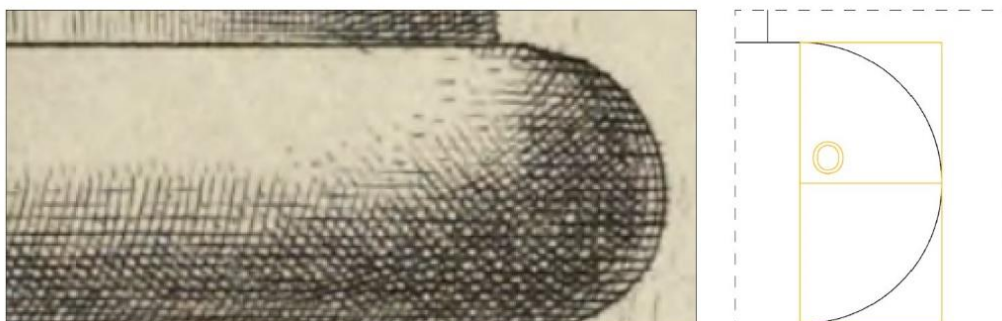


Figura 14. Costruzione geometrica del Toro

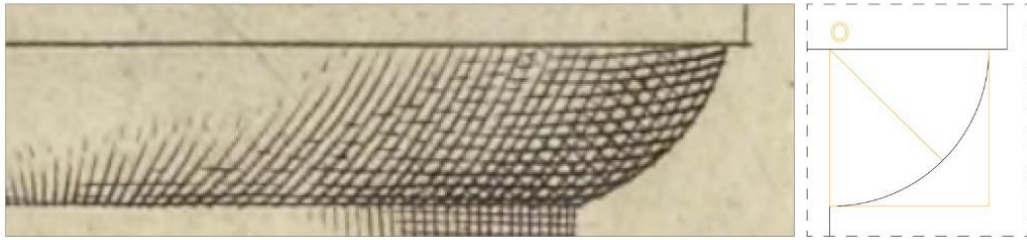


Figura 15. Costruzione geometrica dell' Ovolo.

6.5.2 L' ordine Dorico

Quanto descritto precedentemente è stato applicato nella ricostruzione dell'Ordine Dorico (Fig. 16), essendo anche quest'ultimo composto da modanature le cui costruzioni geometriche rispecchiano gli elementi presenti nell'Ordine Toscano. Anche in questo caso il modello è stato sottoposto ad una verifica del rispetto dei moduli descritti dal Vignola (Fig. 17):

“Il modo di fare la divisione di quest' ordine Dorico senza il piedestallo si è, che partita tutta la sua altezza in parti 20, di una di queste parti se ne fa il suo modulo, il quale pur li divide in parti 12, come quello del Toscano. Alla base, coll' imo scapo della colonna, si darà un modulo. Il fusto della colonna, senza l' imo scapo, si farà di moduli 14. Il capitello sarà un modulo. L'ornamento poi, cioè architrave, fregio, e cornice, faranno moduli 4, che è la quarta parte della colonna compresovi la base, ed il capitello, come si è detto addietro dover essere l'architrave M. 1, il fregio M. $1\frac{1}{2}$, e la cornice M. $1\frac{1}{2}$, che raccolti questi insieme sono M. 4, ed aggiunti agli altri fanno 20.” (Vignola, ed. 1736, p. 19). “Il piedistallo Dorico deve essere moduli $5\frac{1}{3}$ in altezza.” (Ivi, p. 25).



Figura 16: Vista di dettaglio del capitello dorico.

tre giri compitamente. Per far poi la grossezza del listello sì come egli è la quarta parte della larghezza che lascia di sopra il primo giro così si ha da partire ciascuna di quelle parti c'hanno servito per centri in 4 et girando poi oltre, 12 quarte di circolo con quelli centri sarà fornita.”. Dopo aver disegnato la spirale la superficie tridimensionale della voluta è stata ottenuta tramite rototraslazione del profilo di sezione (Fig. 20). Il dimensionamento del modello complessivo dell'Ordine Ionico è coerente al sistema modulare descritto dal Vignola (Fig. 18): “Dovendosi fare l'ordine Jonico senza il piedestallo, tutta l'altezza s'ha da partire in parti 22 $\frac{1}{2}$, e di una di queste fare il modulo, il quale va diviso in parti 18, e questo avviene, che per essere ordine più gentile del Toscano, e del Dorico, ricerca più minuta divisione. La sua Colonna deve essere 18 moduli, compresi la base, ed il capitello; l'architrave moduli 1 $\frac{1}{4}$, il fregio moduli 1 $\frac{1}{2}$, e la cornice moduli 1 $\frac{3}{4}$. che colti insieme architrave, fregio, e cornice. Sono moduli 4 $\frac{1}{2}$, che è la quarta parte dell'altezza della Colonna.” (Vignola, ed. 1736, p. 31). “Ma dovendosi fare portici, o logge di ordine Jonico con li piedestalli, tutta l'altezza va partita in parti 28 $\frac{1}{2}$, essendo il piedestallo con il suo ornamento moduli 6” (Ivi, p. 35).

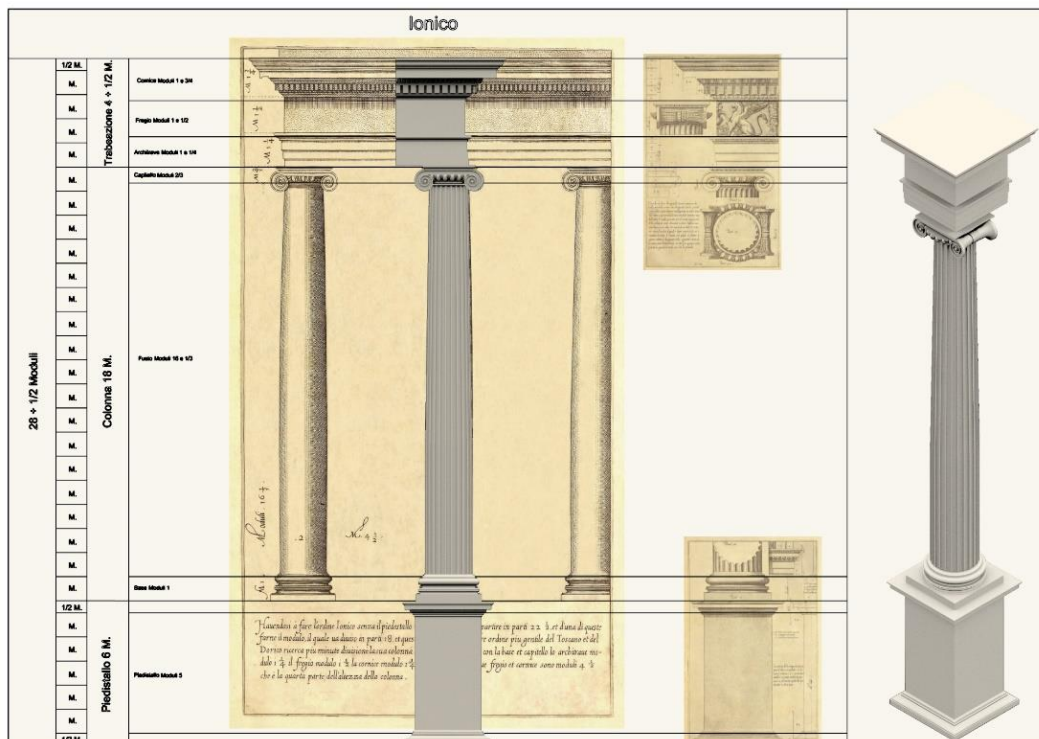


Figura 18: Vista frontale e assonometrica del modello 3D dell'ordine Ionico.

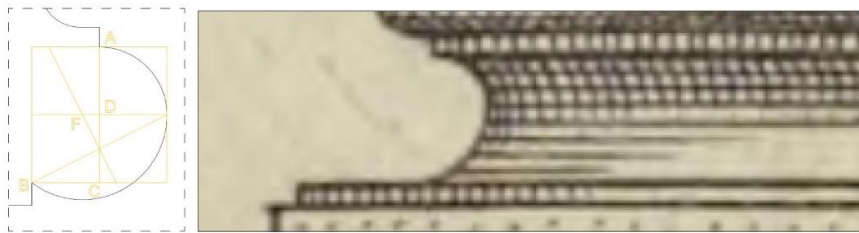


Figura 19: Costruzione geometrica della Scotia.

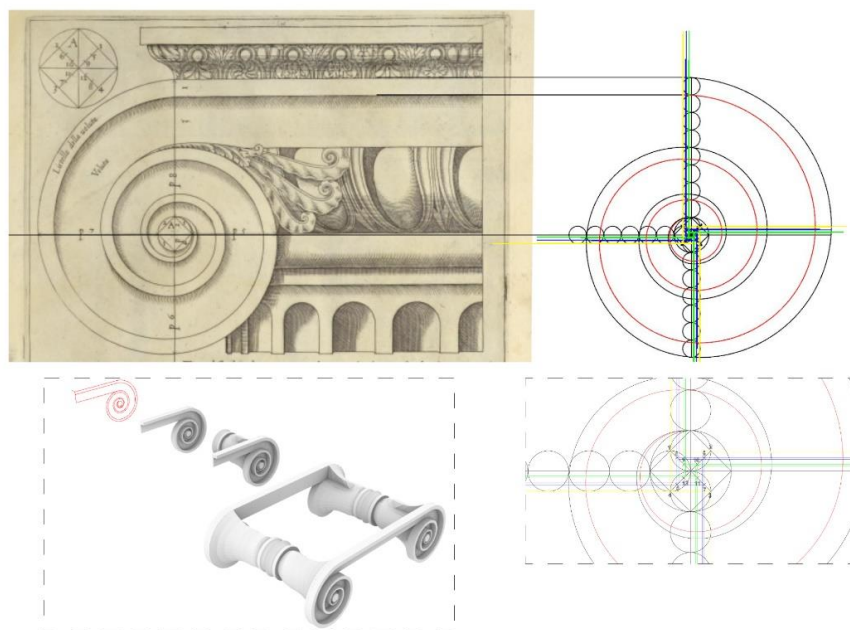


Figura 20. Costruzione geometrica della spirale e modellazione 3D della voluta. In basso vista di dettaglio del capitello Ionico completo di ogni sua parte.

6.5.4 L'ordine Corinzio

L'Ordine Corinzio non presenta modanature con costruzioni geometriche che non siano già presenti e descritte negli ordini precedenti. Una delle sue peculiarità è il suo capitello, costituito da due parti strutturali e un ricco apparato decorativo. Le componenti strutturali sono la campana e l'abaco, mentre l'apparato decorativo include le foglie di sotto, le foglie di mezzo, le foglie minori, i caulicoli, e i fiori. Le foglie di sotto e di mezzo, disposte su due livelli, sono otto per ciascuno. Le foglie minori, anch'esse otto, si trovano tra le foglie di mezzo e hanno la forma di un calice, da cui emergono i caulicoli. L'abaco ha una forma quadrata, con simmetrie che si ripetono su tutto il capitello, che è composto da quattro parti simmetriche.

Il ridisegno dell'abaco, in particolare, ha richiesto una rigorosa costruzione geometrica, in quanto scandisce le simmetrie di tutti gli altri elementi precedentemente descritti. Per disegnare l'abaco si parte da un quadrato che abbia i lati di tre moduli: con centro nell'intersezione delle due diagonali, si traccia un cerchio che ha per raggio due moduli: questo cerchio taglia i lati del quadrato in otto punti. Ogni coppia di questi punti dà lo spessore ai 4 lati retti dell'abaco. Per disegnare il profilo concavo, si costruisce un triangolo equilatero che ha per lato la distanza netta tra i vertici A e B, e si tracciano due archi con centro in A e in B, che si intersecano nel punto C. Con centro in C si traccia l'arco di circonferenza AB. La procedura si ripete per tutti e 4 i lati del quadrato, ottenendo così la geometria dell'abaco. (Fig. 21).

Il modello dell'Ordine Corinzio è risultato coerente con quanto descritto dal Vignola (Fig. 22):

“Per fare quest' ordine Corinto senza piedestallo: tutta l'altezza fi divide in parti 25, e con una di queste fi fa il modulo, il quale poi fi divide in parti 18, come quello del Jonico. Le altre divisioni principali si veggono, e la larghezza da una colonna all' altra deve essere moduli $4\frac{2}{3}$, sì perchè gli architravi di sopra non patiscino, come anche per accordare, che i modiglioni della cornice, nel suo eguale Spartimento venghino sopra il mezzo delle colonne.” (Vignola, ed. 1736, p. 45).

“Ma se si avranno a far logge, ovvero portici co' piedestalli, si partirà il tutto dell'altezza in parti 32, e di una di quelle parti si farà il modulo, 12 delle medesime farà la larghezza del vano, e 25 l'altezza” (Ivi, p. 49).

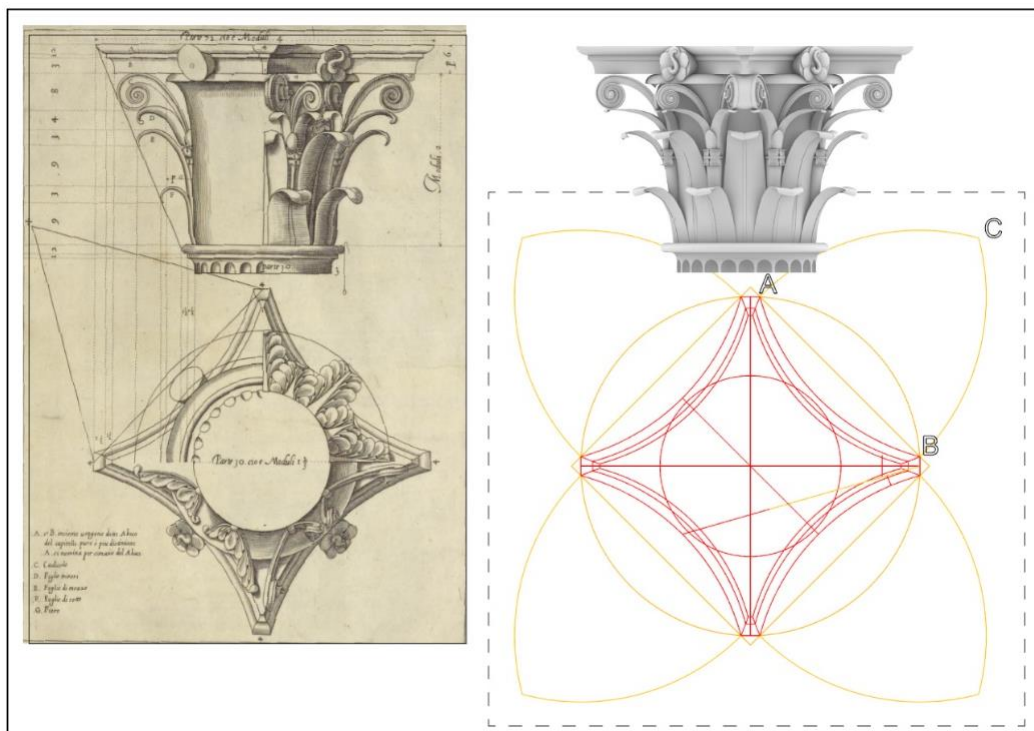


Figura 21: Costruzione geometrica dell'abaco e prospetto frontale del modello 3D del capitello Corinzio.

6.5.5 L' ordine Composito

Il ridisegno dell'ordine Composito non ha comportato lo studio geometrico degli elementi che lo compongono. Quest'ultimo è stato dunque realizzato attraverso il riutilizzo delle geometrie precedentemente descritte. Un esempio è la struttura del capitello che deriva da quello Corinzio, così come le volute, derivate dal capitello Ionico. (Fig. 23)

Anche in quest'ultimo caso, il modello dell'Ordine Composito è risultato coerente con quanto descritto dal Vignola (Fig. 22): “Questo piedestallo Composito tiene le medesime proporzioni del Corinto: solo è variato ne' membri della cimasa, e basamento, come si può conoscere.” (Vignola, ed. 1736, p. 57). “Questa pianta, e profilo del capitello Composito tiene le medesime proporzioni del Corinto” (Ivi, p. 59).

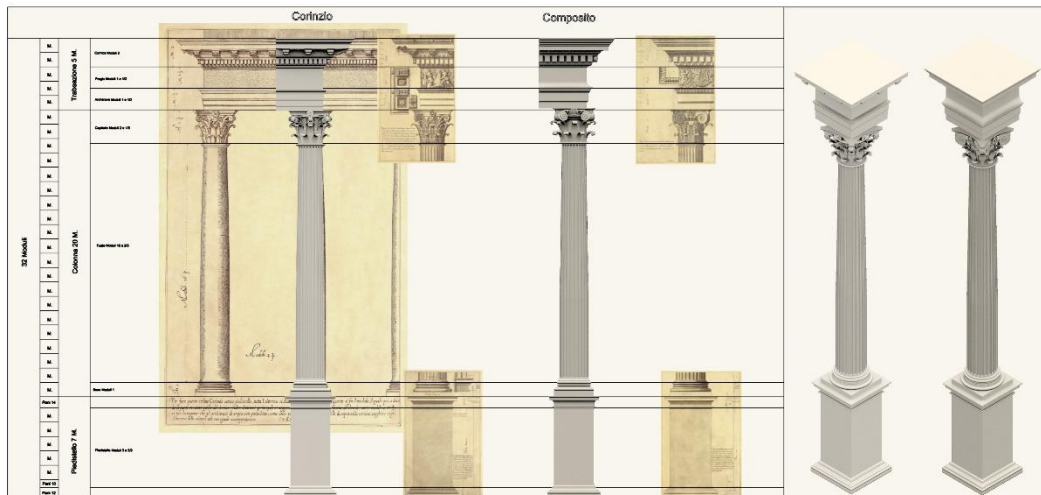


Figura 22: Vista frontale e assonometrica del modello 3D dell'ordine Corinzio e Composito.

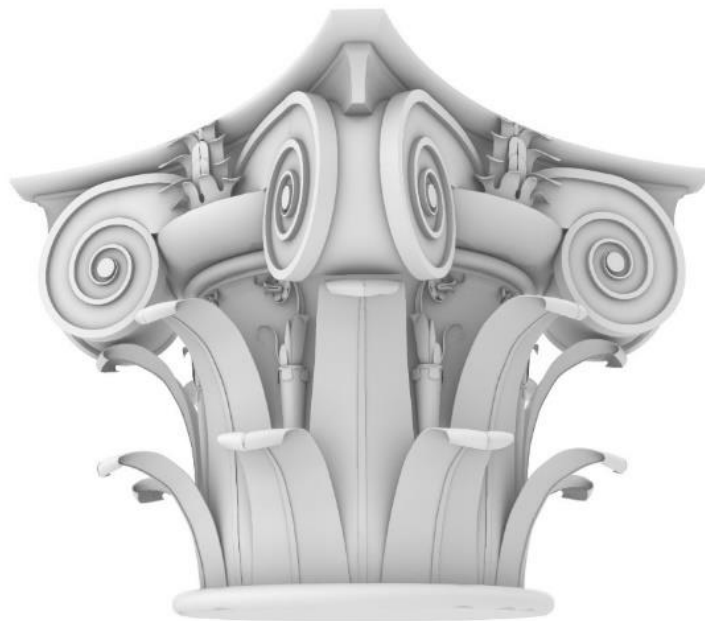


Figura 23: Vista di dettaglio del capitello Composito.

6.6 Criteri di suddivisione dei modelli di gioco

La scomposizione dei modelli di gioco ha avuto come riferimento quanto presente nelle tavole del trattato, riproponendo i 3 sistemi rappresentati nelle tavole, ovvero: l'ordine semplice in una macro suddivisione (Fig. 24) (pedistallo, colonna, trabeazione), il sistema trilitico (Fig. 25) (due colonne e la trabeazione), quello murario con arco (Fig. 26) (colonne intervallate da arco e sormontate dalla trabeazione), e l'ordine semplice in una meso suddivisione (Fig. 27) (basamento, dado, cimasa, base, fusto capitello, architrave, fregio e cornice). Una micro-suddivisione dell'ordine architettonico, ovvero una scomposizione delle varie modanature, è stata, in questa fase, esclusa, in quanto ritenuta troppo complessa da gestire in fase di ricomposizione del puzzle durante le fasi di gioco. L'obiettivo didattico è stato dunque quello di fornire una panoramica generale di quegli elementi ricorrenti in ogni ordine architettonico, ponendo l'accento sulle differenze di carattere identitario (capitello, fregio, ecc.)



Figura 24: Macro suddivisione dell'ordine architettonico (dal basso: piedistallo, colonna e trabeazione). La seguente operazione di scomposizione è stata eseguita anche per tutti gli altri ordini.



Figura 25: Suddivisione del sistema trilitico (doppia colonna sormontata dalla trabeazione). La seguente operazione di scomposizione è stata eseguita anche per tutti gli altri ordini.

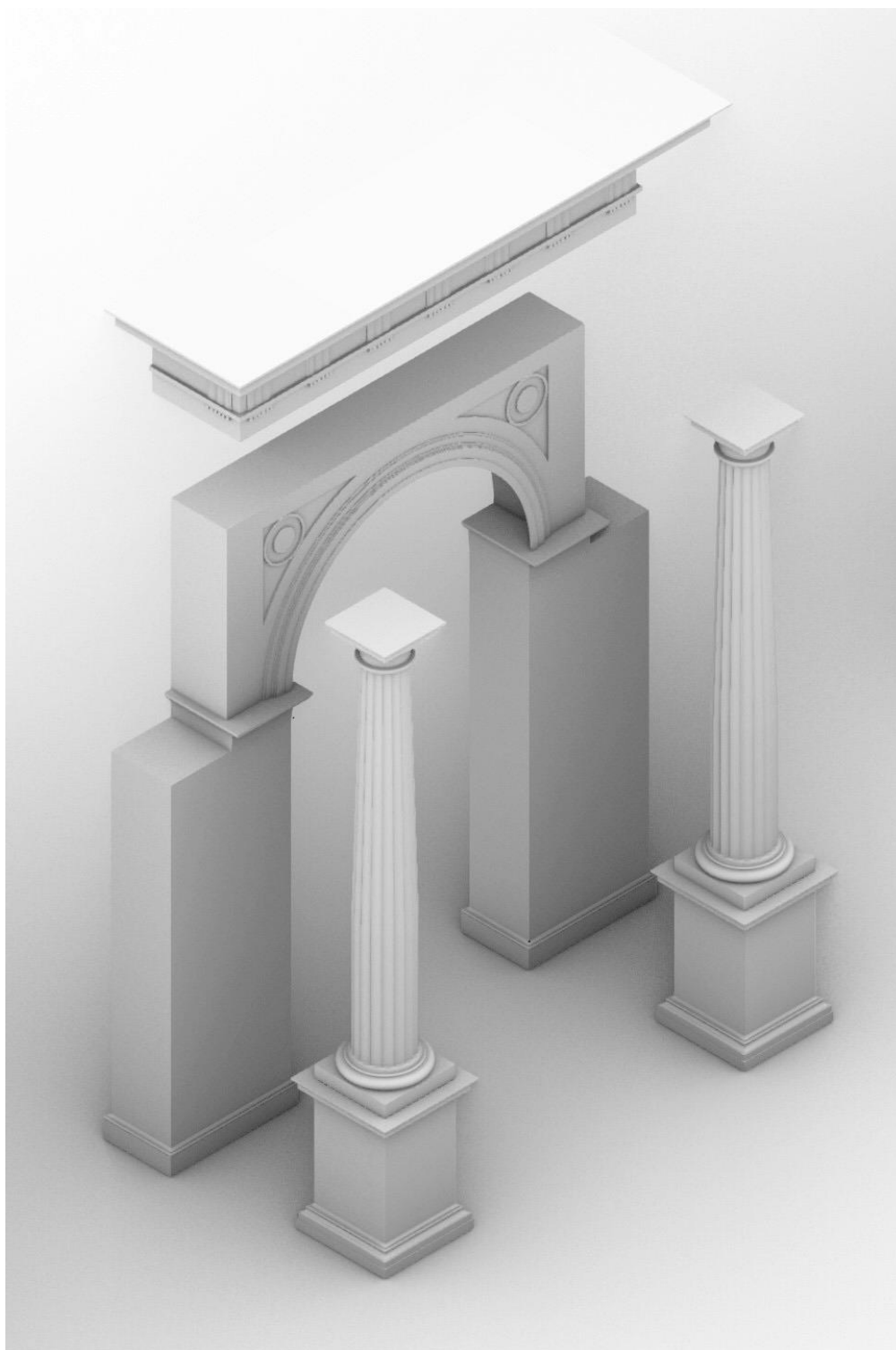


Figura 26: Suddivisione del sistema murario con arco (doppia colonna, arco murario e trabeazione). La seguente operazione di scomposizione è stata eseguita anche per tutti gli altri ordini.

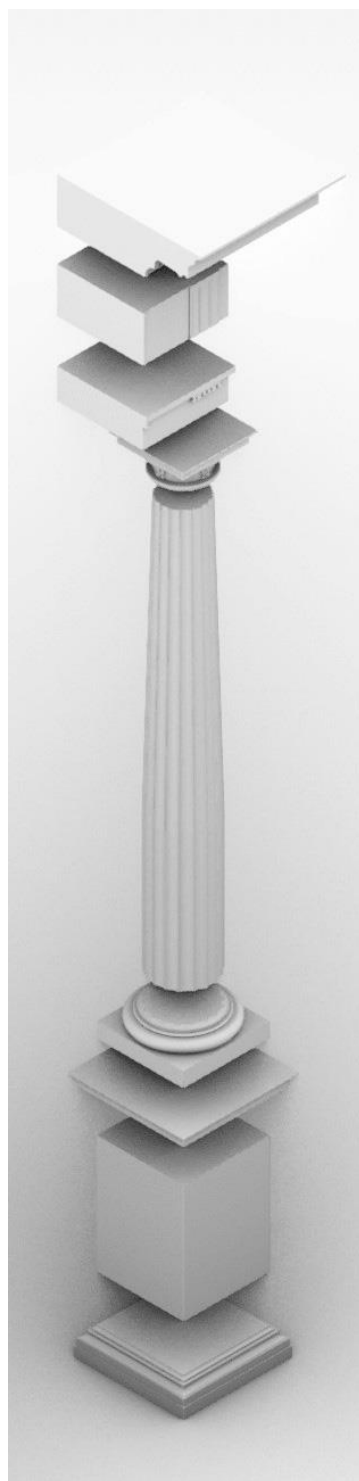


Figura 27: Meso suddivisione dell'ordine architettonico (dal basso: basamento, dado, cimasa, base, fusto, capitello, architrave, fregio e cornice). La seguente operazione di scomposizione è stata eseguita anche per tutti gli altri ordini.

Capitolo 7

Sviluppo di Architectura Enigma

7.1 Gestione dei modelli 3D: Ottimizzazione ed esportazione su Unity.

La gestione dei modelli tridimensionali costituisce una fase fondamentale nel flusso operativo di integrazione dei contenuti digitali all'interno dell'ambiente di sviluppo Unity¹⁷, in quanto consente un corretto bilanciamento tra la resa grafica e le prestazioni. L'ottimizzazione del modello è stata eseguita in Rhinoceros mediante l'operazione *reduce mesh*¹⁸, con l'obiettivo di ridurre il numero di poligoni¹⁹ mantenendo un equilibrio tra qualità visiva e leggerezza del file. Tale procedura risulta essenziale per consentire un caricamento efficiente e una gestione fluida degli oggetti all'interno del motore grafico in tempo reale. Una volta completata la riduzione, il modello è stato esportato in formato .OBJ²⁰ e importato in Blender per le successive operazioni di unione o suddivisione delle parti costituenti, in base alla logica scompositiva definita nelle fasi preliminari di modellazione. In questa fase è stata inoltre effettuata la calibrazione dell'origine del modello, posizionata al centro del volume di ciascun oggetto, al fine di garantire un corretto comportamento nelle trasformazioni di rotazione, scala e traslazione all'interno di Unity. Completata la fase di riorganizzazione, i vari componenti sono stati rinominati secondo una convenzione coerente con la struttura semantica degli

¹⁷ Unity è un motore grafico multiplatforma sviluppato da Unity Technologies che consente lo sviluppo di videogiochi e altri contenuti interattivi, quali visualizzazioni architettoniche o animazioni 3D in tempo reale.

¹⁸ Una mesh è una struttura digitale che descrive la superficie di un oggetto 3D attraverso un insieme di vertici, spigoli e facce collegati tra loro; rappresenta quindi la superficie geometrica del modello.

¹⁹ I poligoni, generalmente triangoli o quadrilateri, sono le unità elementari che compongono la mesh: ciascun poligono è delimitato da vertici e definisce una porzione piana della superficie visibile dell'oggetto.

²⁰ Il formato OBJ è un formato aperto e semplice per la rappresentazione di modelli 3D statici, che memorizza le informazioni di geometria (vertici, coordinate UV, normali) e riferimenti ai materiali, ma non supporta animazioni o gerarchie complesse.

ordini architettonici e successivamente esportati in FBX²¹, formato che consente la conservazione delle gerarchie, dei materiali e delle coordinate spaziali. Il modello risultante è quindi pronto per l'importazione in Unity, dove ciascun elemento può essere gestito come game object²² indipendente, ottimizzando così il processo di interazione e manipolazione all'interno dell'ambiente virtuale.

7.2 Il motore di gioco: Unity

La scelta di Unity è stata ritenuta opportuna in virtù della flessibilità del suo ecosistema aperto, della disponibilità di strumenti e risorse facilmente accessibili e della possibilità di integrare agevolmente modelli e dati esterni provenienti da software di modellazione. In un contesto progettuale in cui non è necessaria una grafica foto realistica, ma risultano invece centrali l'interattività, la rapidità di prototipazione e la capacità di simulazione, Unity rappresenta la soluzione più equilibrata ed efficiente, in grado di coniugare accessibilità tecnologica e facilità di prototipazione.

Unity è un motore di sviluppo multiplatforma per applicazioni interattive e giochi 2D, 3D e XR, basato su un'architettura modulare che integra strumenti di authoring²³ visuale (la schermata editor) e un runtime²⁴ ad alte prestazioni. Nato nel 2005, è oggi uno dei motori più diffusi a livello globale per la produzione di contenuti in tempo reale, grazie a un ecosistema consolidato, a una comunità attiva e a una curva di apprendimento accessibile anche a sviluppatori non specialisti.

²¹ Il formato FBX (FilmBox), sviluppato da Autodesk, è un formato binario o ASCII più avanzato, capace di includere mesh, materiali, luci, camere, rigging e animazioni, e quindi ideale per lo scambio completo di scene 3D tra software di modellazione e motori di gioco come Unity.

²² Un GameObject in Unity è l'unità fondamentale della scena: un contenitore generico che rappresenta qualsiasi elemento del gioco o dell'applicazione. Di per sé è privo di comportamento o forma, che acquisisce solo attraverso i Component, i quali ne definiscono aspetto, funzioni e interazioni.

²³ L'authoring visuale è il processo di creazione e organizzazione dei contenuti (scene, oggetti, materiali, animazioni, logiche) attraverso interfacce grafiche interattive, senza la necessità di scrivere tutto il codice manualmente. In Unity questo avviene all'interno dell'Editor, dove l'utente può costruire e configurare gli elementi del progetto in modo visivo, modificandone le proprietà in tempo reale.

²⁴ Il runtime, nella programmazione, è l'ambiente di esecuzione di un programma, ossia il sistema che gestisce tutte le operazioni necessarie perché il codice compilato possa funzionare correttamente. Comprende elementi come la gestione della memoria, il controllo degli errori, l'esecuzione delle istruzioni macchina e l'interazione con l'hardware o le librerie di sistema. In Unity, il runtime è la parte del motore che esegue la scena e gestisce in tempo reale grafica, fisica, input e logica di gioco.

Il sistema si fonda su due componenti principali: l'Editor, un ambiente di sviluppo visuale che consente di organizzare scene²⁵, asset²⁶ e codice, e il Runtime, un motore scritto in C++ che gestisce rendering²⁷, fisica, input e audio, offrendo API²⁸ in C#²⁹ per lo scripting³⁰. L'architettura è basata su entità modulari: le Scene, che fungono da contenitori di oggetti e riferimenti; i GameObject, che rappresentano gli elementi fondamentali della scena; e i Component³¹, che ne definiscono comportamenti e caratteristiche. Gli asset riutilizzabili, detti Prefab³², permettono un flusso di lavoro iterativo e collaborativo, facilitando la produzione di contenuti complessi.

Dal punto di vista tecnico, Unity adotta la Scriptable Render Pipeline³³ (SRP), che consente di personalizzare il flusso di rendering attraverso due implementazioni principali: la Universal Render Pipeline (URP), scelta per lo sviluppo di Architectura Enigma, ottimizzata per la portabilità e le prestazioni, e la High Definition Render Pipeline (HDRP), destinata a contenuti visivamente più

²⁵ Una *Scene* in Unity è un contenitore che raccoglie e organizza tutti gli elementi di un ambiente di gioco o di un'applicazione interattiva come GameObject, luci, camere, suoni e script. Può rappresentare un livello, un ambiente, un'interfaccia o una sezione del progetto, e può essere salvata, caricata o combinata con altre scene.

²⁶ Un *asset* in Unity è qualsiasi risorsa o elemento di contenuto utilizzato all'interno di un progetto, come modelli 3D, texture, materiali, suoni, script, animazioni o scene. Gli asset costituiscono i mattoni fondamentali con cui vengono costruiti gli ambienti e le esperienze interattive: vengono importati, organizzati e gestiti all'interno della cartella Assets del progetto, e possono essere modificati o riutilizzati in più scene tramite l'Editor.

²⁷ Il *rendering* è il processo attraverso il quale Unity (o qualsiasi motore grafico) trasforma i dati digitali tridimensionali quali modelli, luci, materiali, texture e camere in una immagine bidimensionale visibile sullo schermo.

²⁸ API (*Application Programming Interface*) in C# è un insieme di classi, metodi, proprietà ed eventi che forniscono un'interfaccia standard per interagire con determinate funzionalità di un programma, di un sistema operativo o di una libreria.

²⁹ Il C# (pronunciato *C sharp*) è un linguaggio di programmazione orientato agli oggetti sviluppato da Microsoft all'inizio degli anni 2000 come parte della piattaforma .NET. La piattaforma .NET è un ecosistema di sviluppo software creato da Microsoft che fornisce un insieme di librerie, runtime e strumenti per costruire ed eseguire applicazioni su diversi sistemi operativi.

³⁰ *Scripting* termine anglosassone per indicare l'azione della programmazione: consiste nello scrivere codice sorgente, nel caso di Unity, in C#, per definire il comportamento, le logiche e le interazioni degli oggetti nel gioco o nell'applicazione.

³¹ Un *Component* in Unity è un modulo funzionale che definisce il comportamento o le proprietà di un GameObject. Ogni GameObject, infatti, è solo un contenitore vuoto finché non gli vengono aggiunti componenti: ad esempio, un *Transform* ne gestisce posizione e rotazione, un *MeshRenderer* ne mostra la forma visiva, un *Collider* ne abilita le interazioni fisiche, e uno *Script* personalizzato può definirne la logica.

³² Un *Prefab* in Unity è un modello riutilizzabile di un GameObject (con tutti i suoi Component e sotto-oggetti) che può essere salvato come risorsa e istanziato più volte nella scena.

³³ La *Scriptable Render Pipeline* è un'architettura di rendering di Unity che permette agli sviluppatori di personalizzare e controllare in modo diretto il processo di disegno delle immagini sullo schermo tramite codice C#.

sofisticati. Il motore integra inoltre strumenti avanzati per la creazione di shader³⁴ (Shader Graph), la gestione dell'illuminazione globale, il post-processing³⁵ e la generazione di effetti visivi complessi, mentre per la fisica, Unity si affida a NVIDIA PhysX³⁶.

La produzione e distribuzione dei contenuti è facilitata dal Package Manager, che consente di estendere il motore con moduli ufficiali e di terze parti, e dall'Asset Store, una piattaforma che offre risorse, plugin e strumenti aggiuntivi. Unity, inoltre, supporta un'ampia gamma di piattaforme, dai dispositivi mobili ai desktop, fino al web, alle console e ai sistemi di realtà estesa, permettendo di mantenere un unico progetto multiplatforma.

7.2 Principi di design

7.2.1 Il Concept

Il concept di Architectura Enigma si fonda sull'idea di trasporre in forma interattiva i principi compositivi dell'architettura, con l'obiettivo di promuovere un apprendimento esperienziale degli ordini architettonici rappresentati da Jacopo Barozzi da Vignola nel trattato *La regola delli cinque ordini di architettura* (1562). Il design del gioco si configura come un puzzle in visuale assonometrica in cui il giocatore ricompone, attraverso l'interazione diretta con elementi architettonici scomposti, la struttura semantica di un ordine architettonico.

7.2.2 Logiche di Gameplay

Il videogioco si articola secondo una logica di puzzle tridimensionale: all'inizio di ogni livello, i diversi elementi che compongono un sistema architettonico, come piedistallo, colonna e trabeazione, vengono disposti e orientati casualmente nello spazio³⁷ (Shaker, Togelius e Nelson, 2016). Il giocatore deve, quindi, riconoscere,

³⁴ Uno *shader* è un programma eseguito dalla GPU che determina come un oggetto 3D viene visualizzato sullo schermo, calcolando l'aspetto di colori, luci, ombre e materiali. In Unity, gli shader controllano il modo in cui la luce interagisce con la superficie di un modello (ad esempio riflessione, trasparenza o emissione),

³⁵ Il *post-processing* è l'insieme delle operazioni grafiche applicate all'immagine finale dopo il rendering della scena, con l'obiettivo di migliorarne la qualità visiva o ottenere specifici effetti estetici.

³⁶ *NVIDIA PhysX* è un motore di simulazione fisica sviluppato da NVIDIA, progettato per calcolare in tempo reale il comportamento realistico degli oggetti in un ambiente 3D.

³⁷ Tale meccanismo di randomizzazione controllata rientra nelle strategie di procedural generation, ampiamente impiegate nel design di giochi per aumentare la rigiocabilità e favorire l'apprendimento esperienziale.

selezionare e manipolare i pezzi corretti per restituire l'unità compositiva dell'insieme. Tale processo di ricomposizione implica non soltanto la risoluzione spaziale del puzzle, ma anche la comprensione strutturale e gerarchica degli elementi, invitando il giocatore a riflettere sui principi proporzionali e sintattici propri dell'ordine architettonico.

L'esperienza di gioco è accompagnata da un supporto visivo, ovvero, i disegni corrispondenti al modello di gioco estrapolati dal trattato di Vignola: in ogni livello è infatti presente un disegno d'archivio, preso dal trattato di Vignola, che funge da modello di riferimento e da guida interpretativa, analogamente all'immagine finale di un puzzle tradizionale. Questo riferimento visivo, oltre a fornire un orientamento cognitivo, stabilisce un legame diretto tra la fonte storica e la pratica ludica, trasformando il documento architettonico in uno strumento di apprendimento attivo.

7.2.3 Stile Grafico

Dal punto di vista progettuale e comunicativo, è stata adottata una scelta stilistica orientata verso una rappresentazione concettuale del modello tridimensionale, rinunciando a texture³⁸ fotorealistiche o materiali complessi a favore di una resa grafica astratta e neutra. Questa decisione risponde all'esigenza di enfatizzare la struttura spaziale e volumetrica dell'architettura piuttosto che il suo aspetto materico o realistico, favorendo così una lettura analitica e didattica del contenuto. A tal fine, è stata impiegata una texture di default di Unity, uniforme e priva di dettagli, in grado di garantire coerenza visiva e chiarezza percettiva durante l'esplorazione interattiva. Tale scelta consente di concentrare l'attenzione dell'utente sugli elementi morfologici e sulle relazioni spaziali tra le parti, riducendo al minimo le distrazioni visive e migliorando l'efficacia comunicativa del modello nel contesto del Serious Game.

7.2.4 Sfida

La progressione del gioco segue un percorso di complessità crescente, basato sulla classificazione dei cinque ordini architettonici di Vignola: Toscano, Dorico,

³⁸ Una texture è un'immagine bidimensionale applicata alla superficie di un modello 3D per definirne l'aspetto visivo, come colore, rugosità, trasparenza o rilievo.

Ionico, Corinzio e Composito. Ogni ordine è tradotto in un livello che propone un diverso sistema costruttivo:

- Nei livelli iniziali, la struttura di base si limita al piedistallo, colonna e trabeazione, con una logica semplice e immediatamente riconoscibile;

- Nei livelli intermedi, il giocatore si confronta con il sistema trilitico, composto da due colonne e una trabeazione;

- Nei livelli avanzati, la complessità cresce con l'introduzione del sistema ad arco, in cui l'arco e le semicolonne devono essere ricomposti coerentemente con la trabeazione sovrastante.

- Nelle fasi di difficoltà più elevata, la logica di scomposizione diviene più complessa, richiedendo al giocatore di distinguere e ricomporre elementi come basamento, dado, cimasa, base, fusto, capitello, architrave, fregio e cornice.

Tale struttura progressiva favorisce un apprendimento graduale, in cui la complessità formale è introdotta in modo incrementale e proporzionato alle capacità interpretative sviluppate dal giocatore.

7.2.5 Ricompense

Una volta completata la ricomposizione dell'ordine architettonico, il giocatore riceve una ricompensa esplorativa: l'accesso a una visuale prospettica mobile che consente di osservare il modello ricomposto da diverse angolazioni. Questa fase conclusiva non ha solo una funzione estetica, ma rafforza la dimensione contemplativa e riflessiva dell'esperienza, permettendo di apprezzare la coerenza geometrica e la spazialità del sistema ricostruito. Questi elementi concorrono a definire un'esperienza in cui la pratica del gioco diventa strumento di indagine architettonica, e il linguaggio videoludico si fa veicolo per la trasmissione di conoscenze storico-proporzionali in forma interattiva.

7.3 Logiche di programmazione

7.3.1 (*Player*) - Logica di controllo del giocatore e gestione dell'interazione con gli elementi architettonici

Lo script *Player* (Fig. 28) definisce la struttura logica che governa l'interazione diretta del giocatore con gli elementi tridimensionali che compongono l'architettura

virtuale. Esso costituisce, all'interno dell'ambiente di gioco, la principale interfaccia tra l'utente e gli oggetti manipolabili (i “pezzi”) del sistema modulare, simulando dinamiche di presa, spostamento e connessione tra le parti costruttive. Il componente è implementato come classe *MonoBehaviour*³⁹ in Unity e viene assegnato al controllo del giocatore. Al suo interno si distingue innanzitutto un'enumerazione⁴⁰ (*enum*) denominata *ControlType*, che stabilisce la modalità di interazione, ovvero una traslazione dove l'elemento viene fatto scorrere lungo una superficie di riferimento.

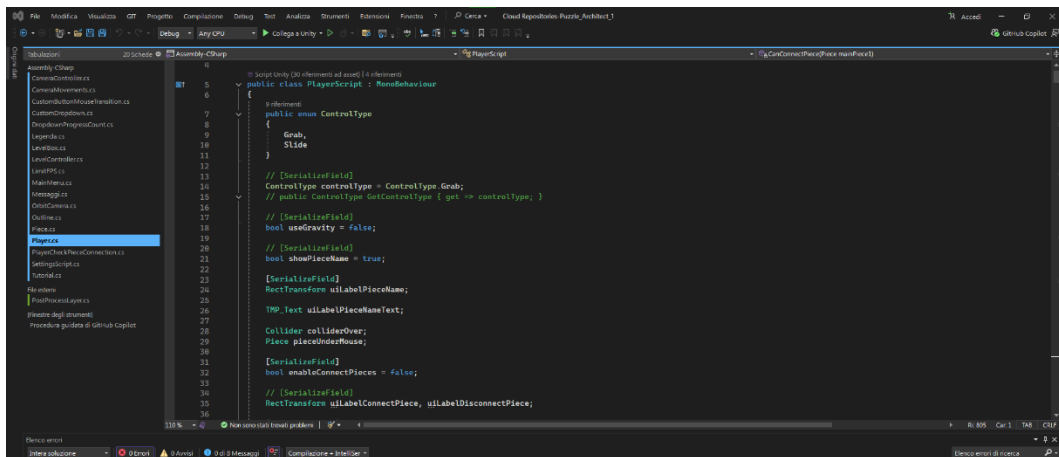


Figura 28: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script *Player*.

Durante la fase iniziale dello script si attivano i metodi⁴¹ *Awake()* e *Start()*⁴², in cui lo script identifica e collega i componenti principali del sistema, tra cui:

³⁹ *MonoBehaviour* è la classe base fondamentale di Unity da cui derivano tutti gli script che controllano il comportamento dei *GameObject* nella scena. Quando uno script C# eredita da *MonoBehaviour*, può sfruttare le funzioni di ciclo di vita offerte dal motore come *Awake()*, *Start()*, *Update()* o *FixedUpdate()*, che Unity chiama automaticamente nei momenti appropriati dell'esecuzione.

⁴⁰ Un'enumerazione (in inglese *enum*) in C# è un tipo di dato definito dall'utente che consente di assegnare nomi simbolici a un insieme di valori costanti. Serve per rendere il codice più leggibile e semantico, evitando l'uso di numeri o stringhe. Ad esempio: `public enum OrdineArchitettonico { Toscano, Dorico, Ionico, Corinzio, Composito}`. In questo modo, invece di scrivere `ordine = 2;`, si può usare `ordine = OrdineArchitettonico.Ionico;`, rendendo il codice più chiaro.

⁴¹ Un metodo è un blocco di codice che esegue una specifica operazione e può essere richiamato (cioè “chiamato” o “invocato”) in diversi punti di un programma. In C# e in Unity, un metodo può ricevere dati in ingresso (detti parametri) e restituire un risultato (detto valore di ritorno).

⁴² *Awake()* e *Start()* sono due metodi di inizializzazione. *Awake()* viene eseguito subito dopo l'istanziamento del *GameObject*, prima che la scena inizi a essere riprodotta. *Start()* viene chiamato una sola volta, dopo che tutti gli oggetti della scena sono stati inizializzati e attivati.

- il *LevelController*, che gestisce lo stato generale del livello e la progressione;
- il *SettingsScript*, che fornisce parametri globali (es. uso della gravità, visibilità dei nomi dei pezzi, tipo di controllo attivo);
- il *InputController*, responsabile dell'acquisizione degli input da tastiera o mouse;
- il *LevelBox*, ovvero il contenitore fisico dei pezzi all'interno della scena.

Vengono, inoltre, configurate le interfacce grafiche (etichette e pulsanti) necessarie per fornire al giocatore un feedback visivo durante l'interazione, come il nome del pezzo selezionato o le opzioni per connettere/disconnettere elementi.

Durante i vari cicli di aggiornamento dello script vi è dunque l'interazione diretta tra utente e sistema. Il metodo *Update()*⁴³ rappresenta il cuore della logica interattiva. Qui vengono costantemente monitorati gli input del giocatore e lo stato del sistema. Le principali funzioni operative includono:

- Selezione e presa degli oggetti: mediante un *raycast*⁴⁴, il sistema individua il pezzo tridimensionale sotto il cursore. Se questo risulta "interattivo", viene temporaneamente vincolato al controllo del giocatore e marcato come oggetto attivo.
- Spostamento e rotazione: una volta afferrato, il pezzo può essere mosso nello spazio o ruotato su uno o più assi. Le rotazioni avvengono sempre per incrementi di 90°, assicurando l'allineamento ortogonale coerente con la logica compositiva dell'architettura di Vignola.
- Rilascio e verifica: al momento del rilascio del pezzo, lo script verifica se la posizione e l'orientamento coincidono con quelli previsti nel modello "di riferimento" (ossia il modello ricostruito dal trattato di Vignola). Se la corrispondenza è corretta, l'elemento viene "risolto" (marcato come completato) e

⁴³ *Update()* è una funzione di callback (funzione che viene richiamata automaticamente in risposta a un determinato evento) di Unity che viene eseguita una volta per ogni frame durante il ciclo di gioco. È utilizzata per gestire tutte le operazioni che devono essere aggiornate costantemente nel tempo, come input del giocatore, movimenti continui, controlli di stato o logiche di gioco dipendenti dal frame rate.

⁴⁴ Il *raycast* in Unity è una tecnica che consiste nel proiettare un raggio invisibile (ray) da un punto nello spazio in una direzione specifica per rilevare gli oggetti che esso incontra. È uno strumento fondamentale per gestire interazioni spaziali come il clic su un oggetto 3D.

il giocatore riceve un feedback visivo positivo (pulsazione verde). In caso contrario, l'oggetto lampeggia in rosso e ritorna alla condizione precedente.

Lo script, inoltre, integra diverse componenti di interfaccia che assistono visivamente l'utente durante l'esperienza di ricomposizione:

- Etichette dinamiche che mostrano il nome del pezzo sotto il cursore (*uiLabelPieceName*);
- Indicatori grafici per le operazioni di connessione o disconnessione;
- Modelli evidenziati al rilascio (verde per la correttezza, rosso per l'errore), che fungono da rinforzo visivo immediato.

7.3.2 (*Piece*) - Logica di rappresentazione e comportamento dei “pezzi” del puzzle

Piece è progettata per funzionare in sinergia con il *PlayerScript*: le funzioni *Grab()*, *Release(bool)*, *StartCoroutineCustom*⁴⁵(...), *MoveCoroutine(...)* e *RotateCoroutine(...)* sono richiamate dal controllo del giocatore per effettuare presa, spostamento, rotazione e “snapping” (incastro) verso il modello *preview* (il modello completo) di riferimento. La classe *Piece* (Fig. 29) rappresenta l'unità del sistema modulare del gioco: ciascun oggetto di scena descrive un elemento architettonico (es. basamento, fusto, capitello) dotato di proprietà geometriche, fisiche e di interfaccia. Il componente incapsula sia i dati (simmetria, *bounding box*⁴⁶, riferimenti alla interfaccia) sia i comportamenti *runtime* (presa, rilascio, animazioni di posizione/rotazione, evidenziazione visuale, collegamento gerarchico con altri pezzi).

Proprietà essenziali e configurazione

Riferimenti UI e configurazione: ogni *Piece* mantiene un riferimento a un oggetto *linkedUi* destinato all'interfaccia (menu contestuale o etichetta). La

⁴⁵ Una *coroutine* è un metodo che permette di eseguire operazioni nel tempo (es. animare una rotazione in 0.2 secondi) senza bloccare l'esecuzione del gioco.

⁴⁶ Una *bounding box* è un volume geometrico semplificato, solitamente di forma rettangolare o cubica, che racchiude un oggetto 3D per scopi di calcolo o rilevamento.

*booleana*⁴⁷ *checkSupports* determina se il pezzo deve rispettare vincoli di appoggio (supporti) per essere considerato correttamente collocato. Nello script sono presenti le seguenti proprietà:

- Fisica e collider: il pezzo utilizza un *BoxCollider*⁴⁸ per il calcolo dei *bounds*⁴⁹ e un *Rigidbody*⁵⁰ per la simulazione fisica. *GetBounds*⁵¹ riconosce i *bounds* composti se il pezzo è connesso a un *root*⁵² (utile per valutare ingombri aggregati).

- Interattività: il *flag* “*interactable*”⁵³ abilita/disabilita l’interazione utente; viene disabilitato a pezzo “risolto” o durante animazioni di movimento/rotazione.

- Simmetria: sono definite tre proprietà *symmetryX/Y/Z* (valori: None, Cylinder, Cube) che codificano le simmetrie assiali del pezzo. La funzione *GetSymmetryAngle* mappa ogni tipo di simmetria a un angolo di indifferenziazione (0°, 180°, 90°) che viene poi usato per confronti angolari tolleranti (es.: nel caso di un cubo, se ruotato lungo l’asse verticale di 90°, questo avrà quattro orientamenti equivalenti, come nel caso di una colonna o di un piedistallo).

⁴⁷ Una booleana (o variabile booleana) è un tipo di dato logico che può assumere solo due valori: vero (true) o falso (false). In C# e in Unity, le variabili booleane vengono utilizzate per gestire condizioni, controlli e flussi decisionali.

⁴⁸ Un *boxcollider* è un collider di forma cubica o parallelepipedo.

⁴⁹ I limiti spaziali dell’oggetto, cioè il suo ingombro nello spazio 3D.

⁵⁰ Un *rigidbody* è un componente che rende l’oggetto soggetto a una “fisica” simulata (gravità, forze, velocità).

⁵¹ Una *routine* che restituisce i limiti spaziali dell’oggetto.

⁵² Un elemento principale o oggetto “padre” che coordina e contiene altri oggetti “figli”.

⁵³ Il *flag* “*interactable*” (una variabile booleana, cioè un interruttore logico che può assumere solo i valori “vero” o “falso”) abilita o disabilita la possibilità di interazione dell’utente con l’oggetto nel gioco.

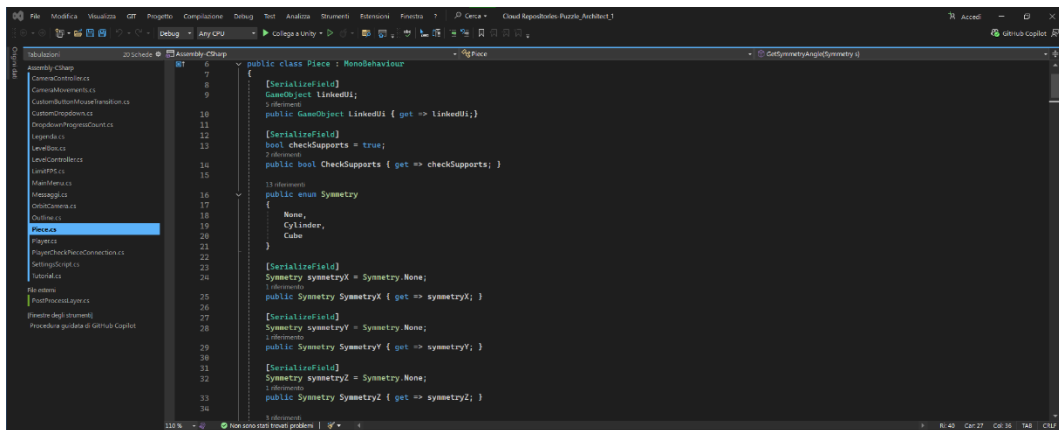


Figura 29: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto.
In risalto lo script *Piece*.

Animazioni e gestione asincrona (*coroutine*)

Piece espone *coroutine* riutilizzabili per animare posizione (*MoveCoroutine*), rotazione (*RotateCoroutine*) ed effetti di *outline*⁵⁴ (*OutlineCoroutine*, *OutlinePulseCoroutine*). L'uso di un *CoroutineManager* dedicato permette:

- Lanciare *coroutine* con nomi identificativi e logiche di *overWrite* per sovrascrivere animazioni in corso;
- Gestire animazioni multiple evitando conflitti di stato (es. non consentire input mentre un pezzo è in transizione). Le *coroutine* impostano temporaneamente *interactable* = *false* per preservare le transizioni.

Evidenziazione visiva (*outline*) e feedback

La classe integra un componente *Outline* per la resa di evidenziazioni (*highlight*) e pulsazioni (*pulse*). L'*outline* è modulato in larghezza e colore tramite *coroutine*; la larghezza massima è adattata in base al tipo di camera (ortografica vs prospettiva) per coerenza visiva. Questi segnali visivi vengono usati come feedback diretto nelle interazioni con l'utente (selezione, errore, correttezza).

Connessione dei pezzi

⁵⁴ Un *outline* è un effetto grafico che disegna un bordo attorno alla mesh per evidenziare selezioni o stati (errore/corretto).

Il metodo *Connect(bool isParent, Piece secondPiece)* gestisce l'unione di elementi in una gerarchia: un “figlio” viene effettivamente collocato sotto il “genitore” (tramite *transform.SetParent*⁵⁵(*secondPiece.transform*)), mentre nel caso in cui un pezzo perda la propria autonomia il suo *Rigidbody* e l'*Outline* vengono disattivati per evitare componenti inutili su pezzi ricomposti.

Comportamento dinamico e limitazioni di velocità

Nel *FixedUpdate*⁵⁶ è presente un limite sulla velocità lineare (*maxSpeed*) che normalizza la velocità del *Rigidbody* quando questa supera una soglia, evitando fenomeni di instabilità fisica o interpolazioni di *mesh*.

7.3.3 (*PlayerCheckPieceConnection*) - Logica di connessione e allineamento dei pezzi

La classe *PlayerCheckPieceConnection* (Fig. 30) definisce il comportamento che governa la ricomposizione fisica e logica degli elementi architettonici all'interno dell'ambiente tridimensionale. Essa rappresenta uno dei nuclei fondamentali del sistema, poiché traduce la conoscenza visiva, derivata dal confronto tra il modello di riferimento presente nel trattato e le sue parti, in un processo di validazione interattiva che riconosce quando due elementi sono correttamente accoppiati.

⁵⁵ *SetParent* è un metodo che cambia la gerarchia dei game object nella scena; il “figlio” (un game object dentro la gerarchia di un altro game object) eredita trasformazioni dal genitore (game object “contenitore”).

⁵⁶ *FixedUpdate* è una funzione di Unity che viene chiamata a intervalli di tempo costanti, indipendentemente dal frame rate. È utilizzata per gestire la fisica del gioco, poiché le simulazioni fisiche richiedono una frequenza di aggiornamento stabile per mantenere coerenza e realismo nei calcoli.

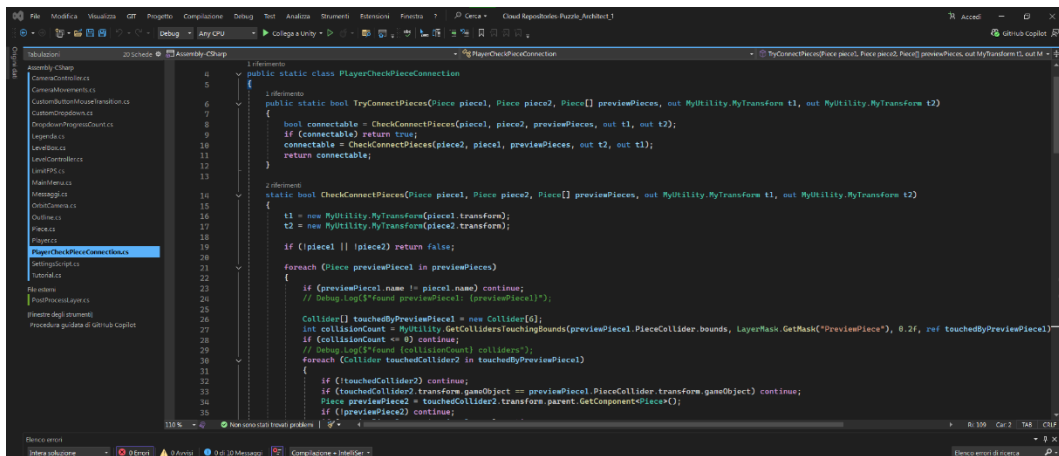


Figura 30: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto.
In risalto lo script *PlayerCheckPieceConnection*.

Principio generale di funzionamento

Il metodo principale, *TryConnectPieces()*, riceve in ingresso due oggetti di tipo *Piece* (i pezzi con cui il giocatore interagisce) e l'insieme dei corrispettivi *previewPieces*, che fungono da modello ideale di riferimento. Il sistema confronta i nomi e le trasformazioni spaziali (posizione e rotazione) dei due pezzi selezionati con quelli del modello, e verifica se la loro relazione geometrica corrisponde a quella delle parti equivalenti nella composizione corretta. Tale confronto non avviene soltanto sul piano nominale o topologico, ma sfrutta l'analisi dei collider, per verificare la contiguità spaziale e l'assenza di sovrapposizioni improprie (*overlaps*).

Il processo di verifica avviene in quattro fasi:

1. Identificazione dei pezzi: vengono individuate le istanze di riferimento (*rootPiece1*, *rootPiece2*) corrispondenti ai due elementi selezionati.
2. Analisi della prossimità: mediante una funzione ausiliaria (*MyUtility.GetCollidersTouchingBounds()*), il sistema rileva se i due pezzi si trovano a una distanza compatibile con la connessione prevista nel modello.
3. Confronto spaziale: se le condizioni di prossimità sono rispettate, vengono calcolate le trasformazioni relative, posizionali e rotazionali, per verificare la coerenza tra la relazione geometrica osservata e quella presente nel modello di riferimento.

4. Controllo delle collisioni: tramite l'uso di *Physics.OverlapBoxNonAlloc()*, il sistema valuta se la nuova posizione prevista per il pezzo comporterebbe intersezioni con altri elementi già posizionati. In caso positivo, la connessione viene invalidata.

L'intero processo si conclude solo se tutte le condizioni spaziali risultano compatibili e il posizionamento non genera conflitti volumetrici, condizione necessaria perché la connessione sia considerata corretta.

Allineamento e posizionamento

La funzione *AttachPiece2()* implementa una tecnica di allineamento mediante proiezione raycast: vengono lanciati due raggi opposti dai centri dei pezzi lungo la direzione che li collega, allo scopo di calcolare il punto esatto di contatto (intersezione tra i volumi). La distanza finale è determinata in modo che i due pezzi risultino tangenti senza compenetrazione, garantendo una ricomposizione precisa e coerente con le proporzioni originali dell'ordine architettonico rappresentato. Il sistema calcola quindi la posizione e la rotazione target del secondo pezzo a partire dal primo, utilizzando una catena di trasformazioni locali e globali (*TransformPoint*, *InverseTransformPoint*, *Quaternion.Inverse*), fino ad allineare perfettamente i due elementi secondo la configurazione corretta prevista dal modello. Questo meccanismo traduce in forma algoritmica il principio vitruviano di connessione proporzionale tra parti dell'architettura, facendo sì che il rispetto delle categorie (Disposizione e Ordinazione) diventi condizione necessaria al completamento del puzzle architettonico. L'allineamento non è dunque un'azione arbitraria, ma una dimostrazione interattiva del rapporto armonico tra elementi costruttivi (base, fusto, capitello, ecc.) secondo i canoni del trattato di Vignola.

7.3.3 (OrbitCamera) - Logica di gestione della telecamera orbitale

Lo script *OrbitCamera* (Fig. 31) implementa un sistema di visualizzazione che orbita intorno a un oggetto di riferimento (denominato *tracker*⁵⁷), che rappresenta il fulcro dell'osservazione. Questo tipo di telecamera consente di osservare il modello architettonico ricomposto da punti di vista multipli, mantenendo costante

⁵⁷ Un tracker è un sistema o componente che registra, monitora o segue nel tempo determinate variabili o eventi all'interno di un programma. In Unity e, più in generale, nello sviluppo di videogiochi o applicazioni interattive, il termine può assumere diverse sfumature a seconda del contesto (Esempio: si parla di *Object tracker*, come nel caso specifico, quando questo monitora la posizione, la rotazione o il movimento di un oggetto nella scena.)

la distanza o regolando lo zoom secondo le azioni del giocatore. La scelta di una camera orbitale è funzionale a un'esperienza di tipo osservativo e manipolativo, tipica dei giochi di ricomposizione tridimensionale e dei contesti didattici in cui la spazialità deve essere compresa in relazione alle proporzioni e alla coerenza strutturale degli elementi.

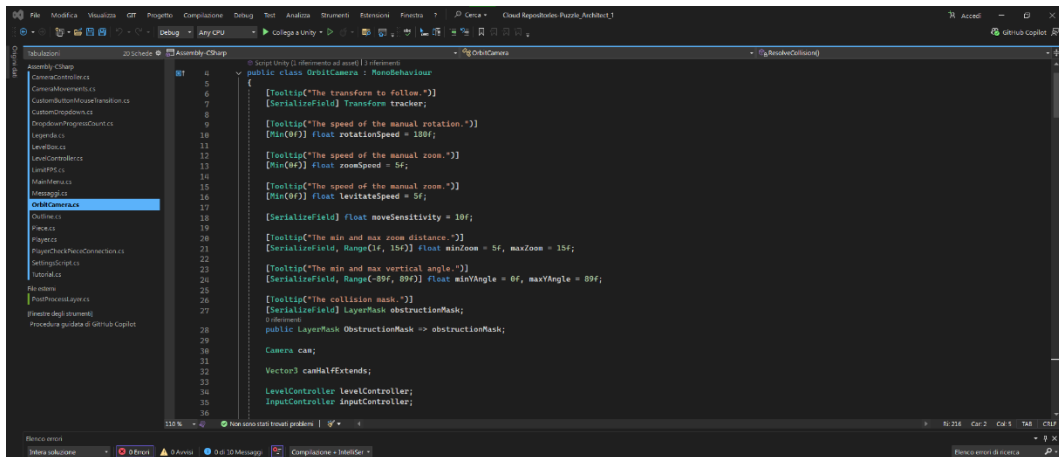


Figura 31: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script *OrbitCamera*.

Componenti principali e parametri configurabili

La classe espone vari parametri per definire il comportamento dinamico della telecamera:

- Tracker (Transform tracker), riferimento spaziale cui la camera si ancora e attorno al quale ruota.
- Velocità di rotazione, zoom e levitazione (rotationSpeed, zoomSpeed, levitateSpeed), determinano la sensibilità dei movimenti orbitanti e di avvicinamento/allontanamento.
- Intervalli di movimento e vincoli: distanza minima e massima di zoom (minZoom, maxZoom), che limitano la profondità della visione; angoli verticali minimi e massimi (minYAngle, maxYAngle), che evitano il ribaltamento della camera oltre limiti percettivamente utili.
- Collisione con ostacoli (obstructionMask), maschera di layer che previene l'intersezione della camera con gli oggetti del livello, mantenendo la coerenza visiva.

Funzionamento

1. Inizializzazione (*Awake, Start*)

All'avvio, lo script acquisisce riferimenti a *Camera*, *LevelController* e *InputController*. Successivamente calcola l'estensione del volume visivo della camera (*CameraHalfExtends()*), utile per la gestione delle collisioni; allinea la camera al *tracker*, garantendo che lo sguardo sia rivolto verso l'oggetto di interesse; aggiorna dinamicamente il limite massimo dello zoom in base alla distanza effettiva iniziale.

2. Esecuzione e input dell'utente (*Update, LateUpdate*)

Durante l'esecuzione del gioco: Se il livello è in stato di "gioco attivo" (*levelController.IsPlaying*), la camera risponde ai comandi dell'utente; I movimenti di input sono scomposti in tre assi principali: asse X ovvero la rotazione orizzontale intorno al tracker (*ManualRotationX*); asse Y, la rotazione verticale controllata e limitata (*ManualRotationY*); asse Z, la levitazione del tracker (spostamento lungo l'asse verticale del mondo, *MoveTracker()*), che consente un'esplorazione tridimensionale più libera. Le variazioni di zoom vengono gestite in due modalità distinte: una camera prospettica, con movimento della camera nello spazio (*ManualZoom*); ed una camera ortografica, con variazione della dimensione del campo visivo (*ZoomOrthographic*).

3. Risoluzione delle collisioni (*ResolveCollision*)

Per evitare che la camera penetri la geometria della scena, è implementato un sistema di *BoxCast* che verifica eventuali intersezioni tra il punto di osservazione e il *tracker*. Quando viene rilevato un ostacolo, la posizione della camera viene automaticamente riadattata alla distanza minima consentita, preservando la visibilità della scena senza attraversare oggetti solidi. Tale approccio migliora la leggibilità spaziale del modello architettonico e favorisce una percezione continua della struttura senza occlusioni indesiderate.

Dal punto di vista della scelta di design, *OrbitCamera* rappresenta uno strumento di mediazione tra osservazione analitica e interazione spaziale. Il sistema permette al giocatore di "studiare" l'oggetto architettonico senza aberrazioni prospettiche (essendo una modalità visuale ortografica). In contesto didattico, questo favorisce una comprensione delle relazioni proporzionali tra

elementi dell'ordine architettonico e favorisce un' ottimale analisi morfologica dei singoli componenti e delle loro connessioni.

7.3.3 (*CameraMovements*) - Logica di gestione del movimento delle telecamere

Il componente *CameraMovements* (Fig. 32) implementa un sistema di controllo della telecamera basato su due differenti modalità di movimento: UFO, la telecamera ortografica che orbita attorno al modello durante le fasi di risoluzione del puzzle, e FPS (First-Person Shooter)⁵⁸, utilizzata nella fase esplorativa una volta completato il livello. Il comportamento della telecamera è governato da un Rigidbody denominato *trackerBody*, che funge da riferimento fisico per il movimento nello spazio tridimensionale, mentre la posizione e l'orientamento effettivi della camera vengono sincronizzati su di esso durante ogni ciclo di aggiornamento.

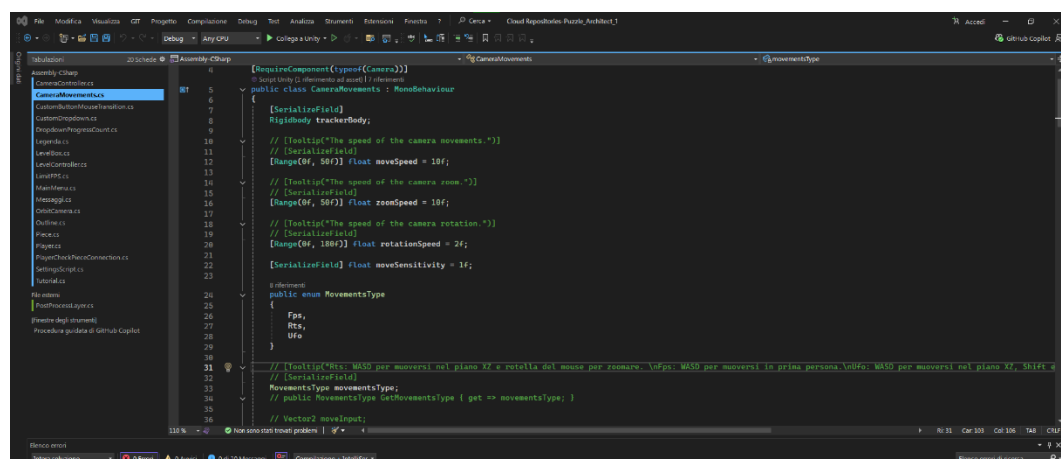


Figura 32: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script *CameraMovements*.

L'architettura dello script si fonda su un sistema di parametri configurabili, i quali definiscono le velocità di spostamento, rotazione e zoom, oltre alla sensibilità dei controlli. Questi parametri vengono aggiornati dinamicamente attraverso la

⁵⁸ FPS è l'acronimo di *First-Person Shooter*, ovvero sparatutto in prima persona, una tipologia di videogioco in cui il giocatore vede l'ambiente attraverso gli occhi del personaggio che controlla. In questo genere, la telecamera è posizionata nella prospettiva degli occhi del protagonista, simulando la sua visuale diretta.

funzione *UpdateSettings()*, che riceve i valori correnti da un oggetto *SettingsScript*. Il comportamento della telecamera è inoltre subordinato allo stato del *LevelController*, un componente centrale che gestisce il flusso del gioco, e risulta attivo solo quando il livello è effettivamente in esecuzione (*IsPlaying = true*). Le due modalità di movimento sono implementate in metodi distinti: la prima è la modalità denominata *UFO*: la telecamera orbita attorno ad un binario verticale che consente, oltre all'orbita, il movimento verticale (ascendere e discendere alla pressione di due tasti), permettendo spostamenti tridimensionali completi nello spazio di gioco. La seconda è la modalità *FPS*: la telecamera si comporta come un osservatore in prima persona, muovendosi nello spazio seguendo l'orientamento del giocatore. La rotazione manuale è gestita dalla funzione *ManualRotation()*, che utilizza gli input dell'utente per modificare l'orientamento della telecamera lungo gli assi orizzontale e verticale, limitando il *pitch*⁵⁹ (angolo verticale) entro un intervallo di $\pm 89^\circ$, al fine di evitare distorsioni prospettiche o capovolgimenti della visuale. Nel caso di proiezione ortografica, la funzione *ZoomOrthographic()* consente la variazione della dimensione della visuale senza alterare la posizione della camera, implementando così uno zoom geometrico uniforme. L'uso di *LateUpdate()* e *FixedUpdate()* garantisce rispettivamente la fluidità visiva (aggiornando la posizione della camera dopo i movimenti fisici per evitare tremolii) e la stabilità fisica del movimento, coerente con il ciclo di aggiornamento della fisica di Unity.

7.3.3 (*CameraController*) - Logica di coordinamento delle due camere

Lo script *CameraController* (Fig. 33) costituisce l'unità di gestione principale del sistema di visualizzazione del gioco. La sua funzione è quella di coordinare le diverse modalità di telecamera e di assicurare una transizione fluida tra le visuali disponibili, adattando l'esperienza visiva alle esigenze dell'utente o alle logiche della scena.

Dal punto di vista architettonico del software, lo script gestisce due entità distinte: la telecamera in prima persona (*FPS*) e la telecamera orbitale (*Orbit*). Queste due modalità corrispondono a differenti approcci di fruizione dello spazio tridimensionale: la prima è adatta a un'esplorazione immersiva, in cui l'utente "entra" nello spazio come se fosse un soggetto interno alla scena; la seconda

⁵⁹ *Pitch* è un termine che indica l'inclinazione verticale della visuale rispetto all'orizzonte.

privilegia invece una prospettiva esterna, simile a quella di un osservatore che analizza un modello architettonico o un plastico digitale.

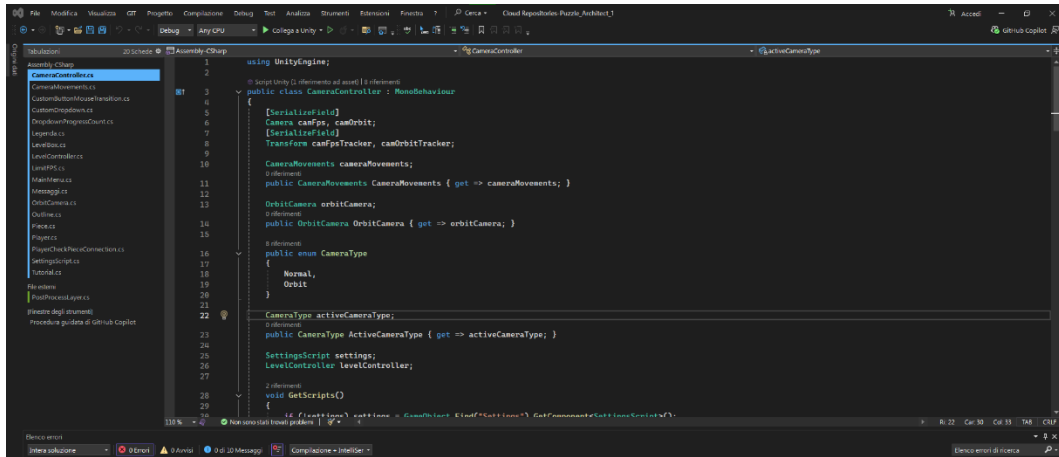


Figura 33: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto.
In risalto lo script *CameraController*.

La logica di funzionamento si fonda sulla selezione del tipo di telecamera attiva tramite un enumeratore (*CameraType*), che permette di passare dinamicamente da una modalità all'altra. Il *CameraController* gestisce l'attivazione e la disattivazione dei relativi *GameObject*, in modo da garantire che soltanto la telecamera selezionata e i suoi componenti ausiliari (come i *tracker*, cioè gli oggetti che ne controllano posizione e movimento) siano operativi in un determinato momento.

Oltre alla gestione del tipo di camera, lo script regola anche il modo di proiezione, prospettico o ortografico⁶⁰, permettendo di alternare una visione realistica tridimensionale a una rappresentazione tecnica priva di distorsioni prospettiche. Ciò è particolarmente utile in un contesto didattico-architettonico, dove la possibilità di osservare le proporzioni spaziali in proiezione ortogonale facilita la comprensione delle relazioni geometriche.

Infine, *CameraController* dialoga direttamente con altri moduli del sistema, in particolare *SettingsScript* e *CameraMovements*, per aggiornare in tempo reale i parametri di velocità, sensibilità e modalità di controllo. In tal modo, la componente visiva si integra con la logica di configurazione e con le impostazioni

⁶⁰ La proiezione prospettica simula la percezione visiva umana, in cui gli oggetti più lontani appaiono più piccoli; la proiezione ortografica, al contrario, mantiene le proporzioni reali indipendentemente dalla distanza, come nelle rappresentazioni tecniche o nei disegni CAD.

personalizzabili definite dall'utente, garantendo un'esperienza coerente e controllata.

7.3.3 (*LevelController*) - Struttura logica e gestione dei livelli

Lo script *LevelController* (Fig. 34) funge da sistema di coordinamento logico dell'intero livello di gioco. Il suo ruolo è quello di gestire lo stato del livello (ad esempio, se il gioco è in esecuzione, in pausa o terminato) e di sincronizzare i comportamenti degli altri componenti in base a tale stato.

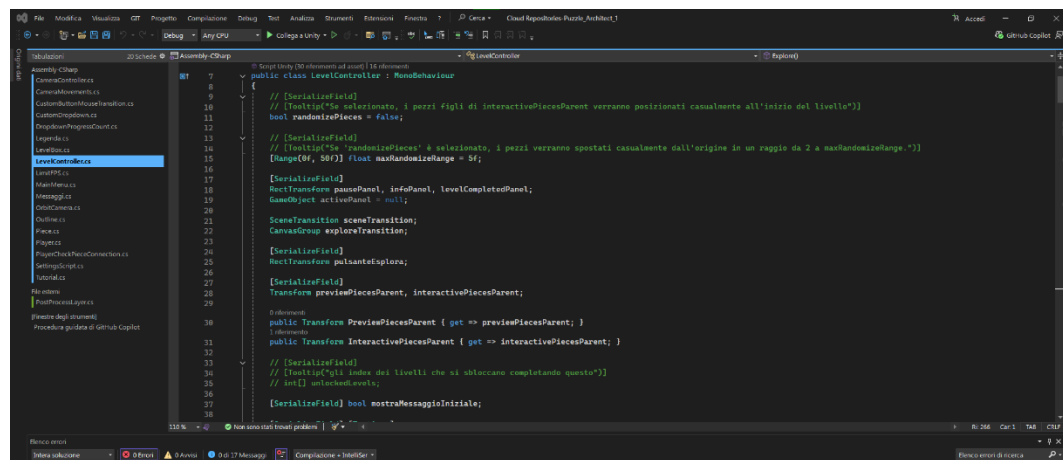


Figura 34: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script *LevelController*.

La struttura di *LevelController* segue un paradigma di tipo *state machine*⁶¹, nel quale il sistema può trovarsi in una serie di stati mutuamente esclusivi, e ogni stato determina un insieme specifico di regole operative. Quando il livello è attivo, *LevelController* consente il movimento della telecamera, la risposta ai comandi dell'utente e l'aggiornamento della fisica; quando è disattivato, blocca invece tutte queste funzioni, mantenendo la coerenza del sistema.

Inoltre, questo script si occupa di comunicare con le altre componenti principali (come *CameraMovements* o *LevelBox*), trasmettendo i segnali necessari per avviare o interrompere le varie routine. In pratica, *LevelController* si comporta come una centrale di controllo che monitora e governa le relazioni funzionali tra moduli

⁶¹ Una *state machine* è un modello computazionale che rappresenta un sistema come un insieme di stati e di transizioni tra essi, usato per gestire comportamenti condizionati da eventi.

eterogenei, garantendo che gli aggiornamenti di scena avvengano in modo sincrono e senza conflitti.

Dal punto di vista concettuale, si può considerare questo script come il corrispettivo di un “direttore di scena” all’interno di un ambiente teatrale virtuale: non interviene direttamente sulla rappresentazione, ma ne coordina tempi, relazioni e coerenza interna.

7.3.3 (*SettingsScript*) - Logica di gestione delle impostazioni

Lo script *SettingsScript* (Fig. 35) costituisce il centro di gestione delle impostazioni globali del gioco. Attraverso di esso, è possibile definire i parametri che influenzano le dinamiche di gioco, come la velocità di movimento, la sensibilità dei controlli, la modalità della telecamera o la visibilità di determinati elementi di scena.

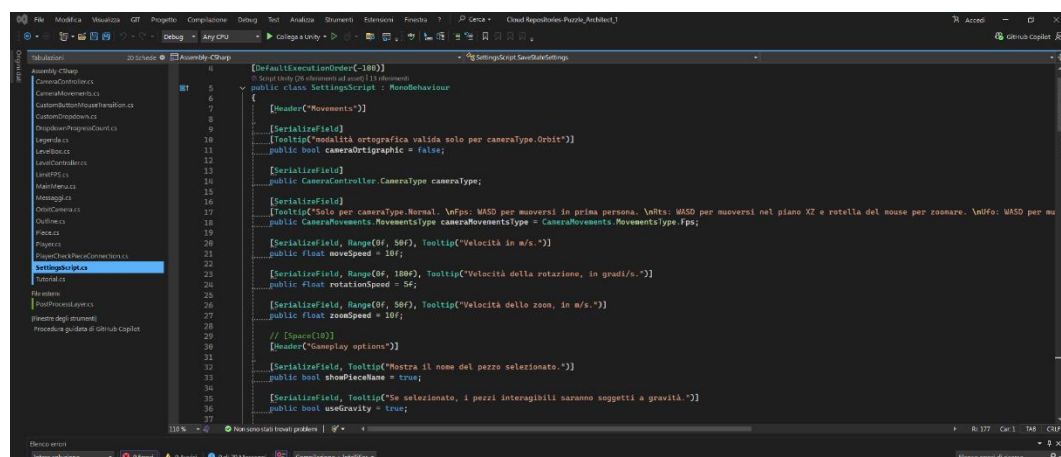


Figura 35: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script *SettingsScript*.

Questo script ha una funzione prevalentemente gestionale: non opera direttamente sulla scena, ma fornisce alle altre classi i valori aggiornati da applicare. Ogni volta che un parametro viene modificato, *SettingsScript* comunica tali cambiamenti agli script che ne dipendono (ad esempio *CameraController* o *CameraMovements*), che provvedono ad aggiornare i propri comportamenti in tempo reale.

7.3.3 (LevelBox) - Logica dei confini dei livelli di gioco

Lo script *LevelBox* (Fig. 36) rappresenta la struttura fisica del livello di gioco, ossia il contenitore tridimensionale entro cui si sviluppano le dinamiche interattive. La sua funzione principale è quella di costruire e aggiornare in modo procedurale⁶² le componenti geometriche del livello ovvero pavimento, pareti e soffitto, sulla base di due parametri fondamentali: la dimensione orizzontale (*levelSize*) e l'altezza complessiva (*levelHeight*).

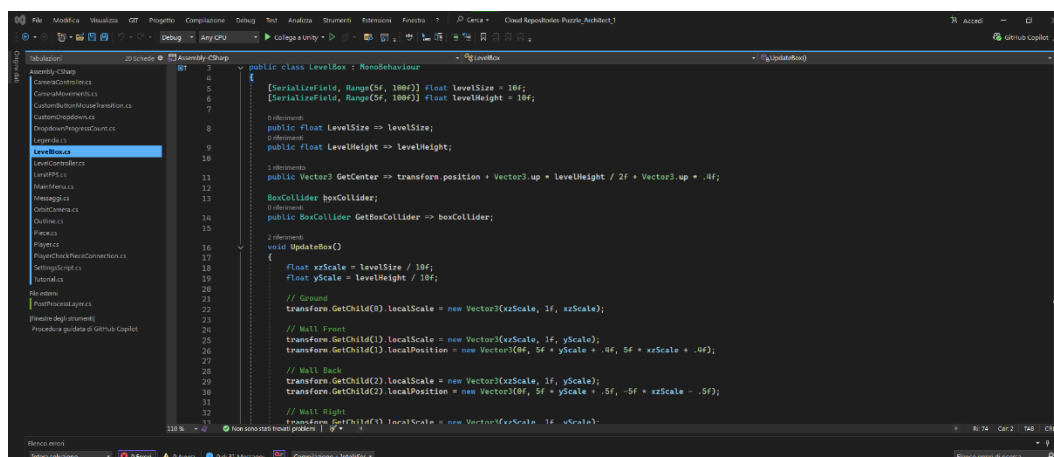


Figura 36: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script *LevelBox*.

A livello implementativo, *LevelBox* agisce manipolando i *transform* dei suoi oggetti figli, ciascuno dei quali rappresenta una parte strutturale dell'ambiente. Ad esempio, un figlio viene scalato e posizionato per diventare il pavimento, altri quattro costituiscono le pareti, mentre l'ultimo definisce il soffitto. Questa costruzione modulare consente di ottenere una rappresentazione coerente e facilmente adattabile: modificando un solo parametro, l'intera configurazione spaziale si aggiorna automaticamente, mantenendo proporzioni corrette e relazioni geometriche coerenti.

L'uso di un *BoxCollider* associato al volume complessivo consente inoltre di definire i limiti fisici del livello, impedendo agli oggetti e al giocatore di uscire dall'area di gioco. Il sistema può anche gestire la visibilità dinamica delle pareti, permettendo di nasconderle temporaneamente per migliorare la leggibilità della

⁶² Si definisce procedurale un sistema che genera contenuti in modo automatico attraverso algoritmi, anziché tramite operazioni manuali.

scena o per offrire una visione trasparente utile in contesti educativi o di analisi progettuale.

In sintesi, *LevelBox* fornisce una struttura geometrica regolabile che funge da base sia per la logica fisica del gioco (collisioni, vincoli di movimento) sia per la sua dimensione percettiva. Si tratta di un componente essenziale per mantenere un rapporto diretto tra i parametri numerici e la forma visiva del mondo virtuale.

7.3.3 (MainMenu) - Logica di gestione del menu principale

Lo script *MainMenu* (Fig .37) governa la logica dell'interfaccia iniziale del gioco, ovvero l'attivazione dei pannelli UI, la persistenza dei progressi dell'utente e l'avvio delle scene di livello.

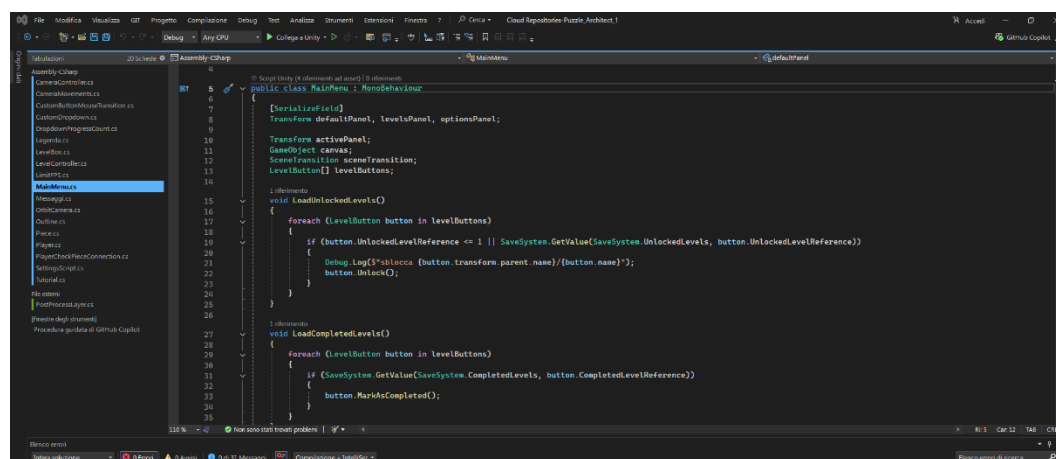


Figura 37: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script *MainMenu*.

All'avvio dell'applicazione, lo script individua il contenitore principale della UI (il *Canvas* di Unity), da cui recupera il componente di *SceneTransition*, responsabile delle dissolvenze e del caricamento asincrono delle scene⁶³. In seguito, determina quale pannello risulta attivo nella gerarchia iniziale, memorizzandolo in una variabile di stato interna (*activePanel*) per evitare sovrapposizioni tra finestre UI e assicurare che un solo pannello sia visibile per volta.

⁶³ *SceneTransition* è una routine che avvia un caricamento non bloccante (*asynchronous loading*). Ciò significa che la scena successiva viene caricata in background senza congelare l'interfaccia o l'esecuzione del gioco.

La parte centrale della logica riguarda la lettura del progresso salvato. Il metodo *LoadUnlockedLevels()* interroga il sistema di salvataggio tramite *SaveSystem* (un'API interna del progetto) per ottenere un array di indici che rappresentano i livelli sbloccati dall'utente. Successivamente, scorre tutte le istanze della classe *LevelButton* presenti nel pannello dei livelli e confronta i valori salvati con quelli associati ai singoli pulsanti. Se un livello risulta presente nella lista dei salvataggi (o se è uno dei livelli di base sempre accessibili), il pulsante viene attivato tramite il metodo *Unlock()*, modificando lo stato interno dell'oggetto UI e rendendolo interagibile.

In parallelo, il metodo *LoadCompletedLevels()* applica un'ulteriore lettura dei dati: un array di livelli completati, il quale, se contiene un riferimento a un pulsante, attiva il metodo *MarkAsComplete()* per aggiornare la UI (ad esempio, visualizzando un'icona o cambiando lo stato grafico del pulsante). Questa doppia chiamata crea una distinzione chiara tra *livelli disponibili* e *livelli effettivamente conclusi*, mantenendo una semantica didattica utile anche per finalità di analisi dei dati di gioco.

Lo script offre inoltre funzioni di gestione del sistema: il metodo *Quit()* invia il comando di chiusura all'applicazione; *ResetSave()* azzerà i progressi salvati relativi ai livelli sbloccati e completati e ricarica la scena iniziale (indice 0) in modalità asincrona, se la transizione è disponibile, o in caricamento diretto altrimenti.

Per l'avvio delle scene, *LoadScene(int levelIndex)* incapsula il caricamento all'interno di un blocco *try/catch*, una pratica tipica della programmazione sicura, utile a intercettare eventuali errori nel caricamento del livello e impedirne il crash⁶⁴. Il caricamento rimane asincrono quando possibile, per garantire una migliore esperienza utente, caratteristica non secondaria nei giochi 3D con elementi generati proceduralmente, dove la scena può essere complessa da inizializzare.

Sul versante della UI, i metodi *OpenPanel()*, *ClosePanel()* e *ChangeActivePanel()* controllano la visibilità dei pannelli, assicurandosi che anche il nodo parent sia attivo nella gerarchia (elemento spesso trascurato da chi non lavora con Unity, ma essenziale nella catena di rendering dell'interfaccia). *MainMenu*, dunque, non si limita ad “aprire finestre”, ma modella l'accesso alla struttura ludica come se fosse un sistema di stati dipendenti da un database locale:

⁶⁴ Il costrutto *try/catch* è un meccanismo di intercettazione degli errori (*exception handling*) che evita l'arresto del programma in caso di operazioni critiche non riuscite, registrando l'errore nel log di debug senza interrompere l'applicazione.

la sua responsabilità programmatica è quella di garantire coerenza, sicurezza ed efficienza nell'interazione utente-livello.

7.3.3 (Messaggi) - Logica di gestione dei messaggi feedback all'utente durante le fasi di gioco

Lo script *Messaggi* (Fig. 38) assolve alla funzione di gestire la visualizzazione dinamica di stringhe testuali all'interno dell'interfaccia di gioco, con un comportamento che coniuga aspetti di presentazione grafica e controllo dello stato UI mediante coroutines asincrone.

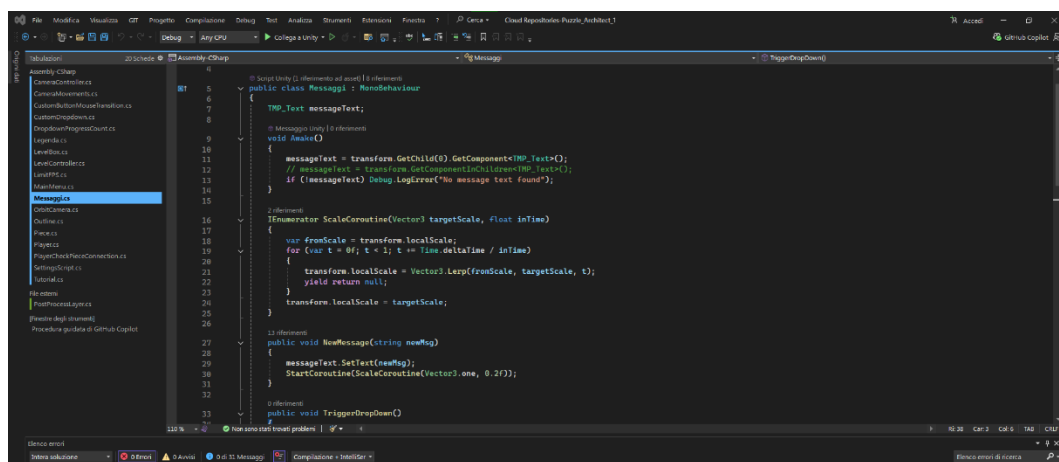


Figura 38: Screenshot della finestra di visual studio contenente gli script di progetto. In risalto lo script *Messaggi*.

All'interno del ciclo di vita del componente, *Messaggi* ricerca e inizializza un oggetto di testo di tipo *TMP_Text*, appartenente alla libreria *TextMeshPro*, il sistema avanzato di rendering dei caratteri raccomandato da Unity per UI ad alta definizione. Tale testo viene recuperato come primo elemento figlio (*transform.GetChild(0)*), approccio che implica una dipendenza strutturale dalla gerarchia della scena: se la gerarchia non corrisponde alle attese dello script, l'oggetto *messageText* risulterà nullo. Per mitigare questo tipo di fragilità architetturale, il controllo condizionale nel metodo *Awake()* invia un errore al log di debug ma non interrompe l'esecuzione del programma, in linea con pratiche di fault tolerance in ambiente real-time⁶⁵.

⁶⁵ *Fault tolerance* in tempo reale: nei motori di gioco le operazioni errate non devono congelare il runtime; gli script prediligono segnalazioni non bloccanti per non compromettere l'esperienza utente né il traino della simulazione.

Uno degli aspetti più incisivi è l'impiego sistematico delle *coroutines*, un paradigma di programmazione cooperativa che permette di distribuire nel tempo operazioni graduali e, in questo caso, una interpolazione lineare di scala (*Vector3.Lerp*) dell'oggetto UI che contiene il testo. Il metodo *ScaleCoroutine()* non modifica istantaneamente la dimensione dell'elemento grafico, ma esegue una transizione in un intervallo temporale parametrico (*inTime*) con aggiornamenti per-frame (*yield return null*). L'operazione avviene fuori dal contesto di *FixedUpdate()*, la funzione dedicata alla fisica, poiché riguarda trasformazioni visive, la cui fluidità trae beneficio dalla sincronizzazione con il framerate di rendering.

Quando viene generato un nuovo messaggio tramite *NewMessage(string newMsg)*, lo script aggiorna il contenuto della UI e avvia contestualmente una breve animazione di apparizione elastica basata sulla scala, impostando momentaneamente l'oggetto a *Vector3.one* (scala piena), a indicare un “pop-up” visivo. L'effetto non utilizza animazioni rigide basate su *timeline*, ma una transizione vettoriale programmata, il che rende lo script riutilizzabile in modo sistematico per messaggi con contenuti variabili (di feedback, di tutorial, di debug visuale o di interazione didattica).

In maniera analoga, il metodo *TriggerDropDown()* produce un effetto di restringimento e espansione verticale, invertendo la componente *y* della scala locale: invece di traslare il pannello, sfrutta la scala come meccanismo di “apertura logica” del menu. Sebbene semplice dal punto di vista matematico, tale operazione sottende un principio rilevante: in Unity, disattivare un renderer non equivale a rimuovere un oggetto dalla scena o a interromperne le *coroutines*, mentre modificare la scala a zero o invertita può alterarne la percezione visiva mantenendo l'oggetto attivo nel grafo di aggiornamento. Il menu a tendina, così, non viene “nascosto”, ma portato fuori dalla vista attraverso una trasformazione non distruttiva del componente, permettendo successive transizioni.

Nel complesso, *Messaggi* costituisce un modulo UI non lineare: esso non solo aggiorna stringhe, ma incorpora la nozione di temporalità e feedback animato, interpretando la UI come un sistema reattivo in cui le transizioni visive sono funzioni computate e non asset statici. Questo approccio, largamente impiegato nello sviluppo di UX per videogiochi educativi, privilegia controllo procedurale, efficienza e leggibilità, aspetti essenziali in progetti dove l'interfaccia deve adattarsi a scenari 3D interattivi, simulazioni architettoniche o serious games con componenti didattiche.

7.5 User Interface (UI)

Nel serious game la user interface (UI) è una componente strutturale dell'esperienza ludico-formativa, che contribuisce in modo diretto alla costruzione di senso, all'efficacia didattica e alla qualità dell'interazione. A differenza dei videogiochi di puro intrattenimento, dove la UI può permettersi una certa opacità o ridondanza purché non ostacoli il divertimento, nel serious game assume un ruolo epistemico: guida l'utente nel comprendere cosa fare, perché farlo e quali conseguenze producono le sue azioni all'interno del sistema simulato.

Attraverso feedback visivi, testuali o simbolici, rende leggibili le regole del gioco e i modelli sottostanti che il serious game intende trasmettere. In questo senso, una buona UI non si limita a informare, ma orienta l'attenzione dell'utente verso gli elementi rilevanti del problema, riducendo il carico cognitivo estraneo e permettendo di concentrare le risorse mentali sui processi di apprendimento significativi. Questo aspetto è ben inquadrato dalla Cognitive Load Theory di Sweller, secondo cui la progettazione dell'interfaccia può facilitare o ostacolare l'apprendimento a seconda di come distribuisce e struttura l'informazione (Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011).

Nel serious game la UI è anche uno strumento di mediazione narrativa. Indicatori, finestre di messaggi, icone e visualizzazioni non sono mai neutre: veicolano una specifica interpretazione del sistema rappresentato. In questo senso la UI si configura come una interfaccia cognitiva (Norman, 1991), capace di estendere le capacità di ragionamento dell'utente rendendo visibili relazioni che, nel mondo reale, resterebbero difficilmente percepibili.

Un ulteriore aspetto cruciale riguarda il rapporto tra UI, agency e motivazione. Nei serious games, il senso di controllo e di responsabilità dell'utente è strettamente legato alla chiarezza con cui l'interfaccia comunica le possibilità d'azione e le conseguenze delle scelte. Se la UI è mal progettata, incoerente o eccessivamente intrusiva, l'esperienza rischia di trasformarsi in un esercizio di decodifica tecnica piuttosto che in un processo di esplorazione e apprendimento. Al contrario, un'interfaccia ben progettata sostiene l'illusione di autonomia e rafforza il coinvolgimento, favorendo quella condizione di flow che, come sottolinea Csikszentmihalyi, è particolarmente favorevole all'apprendimento profondo (Csikszentmihalyi, 1990).

In *Architectura Enigma*, l'interfaccia utente svolge un ruolo di mediazione continua tra l'azione dello studente e la comprensione del sistema architettonico

che sta ricomponendo. Il primo impatto grafico tra il giocatore/studente e il serious game avviene nel *Main Menu* (Fig. 39), dove il giocatore interagisce con pannelli modulari che si alternano: schermate dedicate ai livelli e alle opzioni appaiono e scompaiono senza interrompere la continuità percettiva dell'ambiente. I pulsanti che rappresentano i livelli vengono visivamente modificati in base allo stato di avanzamento, mostrando quali architetture sono già state completate o sbloccate, attraverso un cambiamento di aspetto con marcature grafiche riconoscibili (Figs. 40-41).

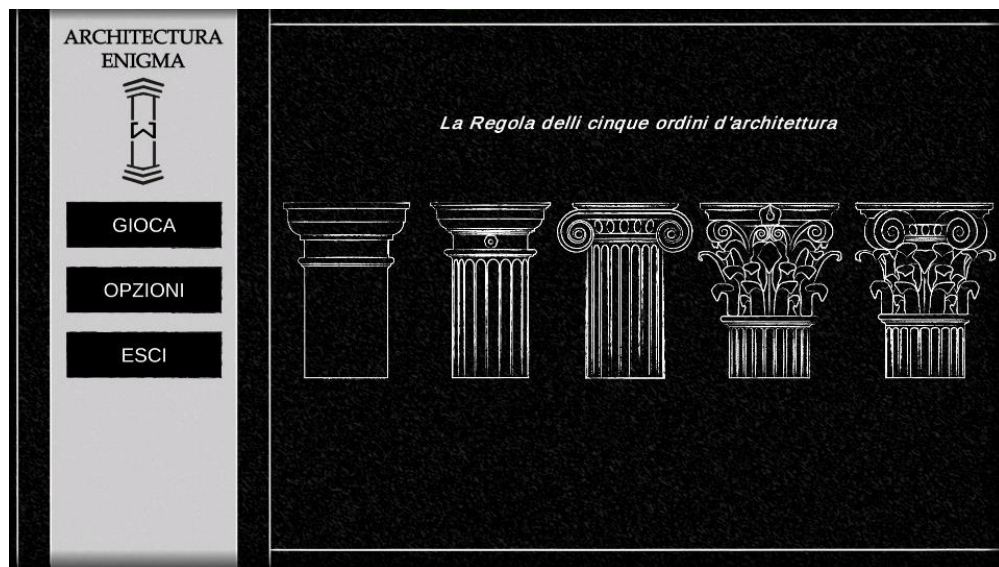


Figura 39: Screenshot del menu iniziale

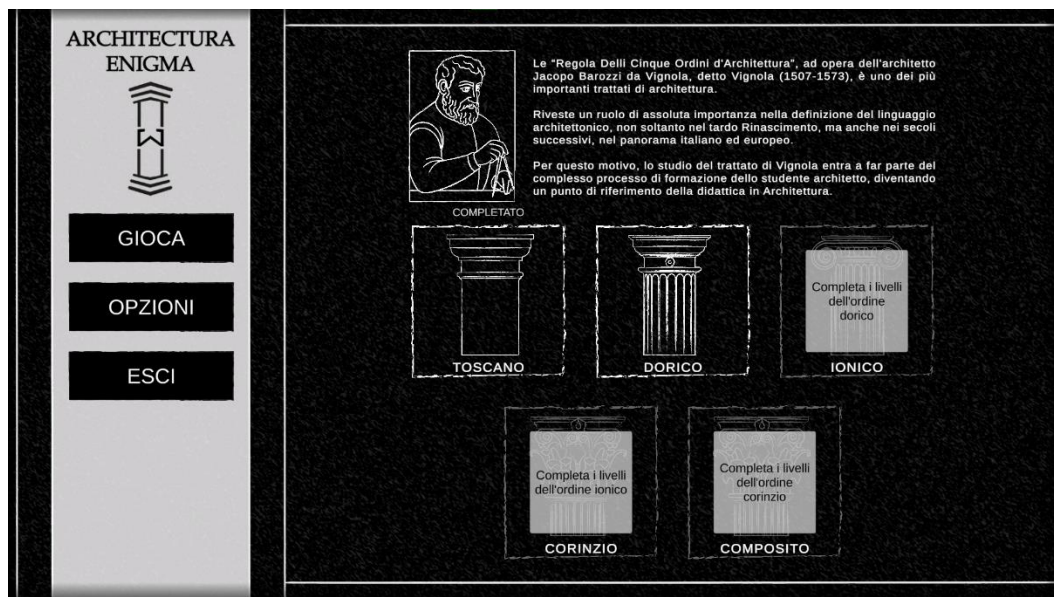


Figura 40: Screenshot del menu di selezione dei livelli degli ordini architettonici di Vignola.

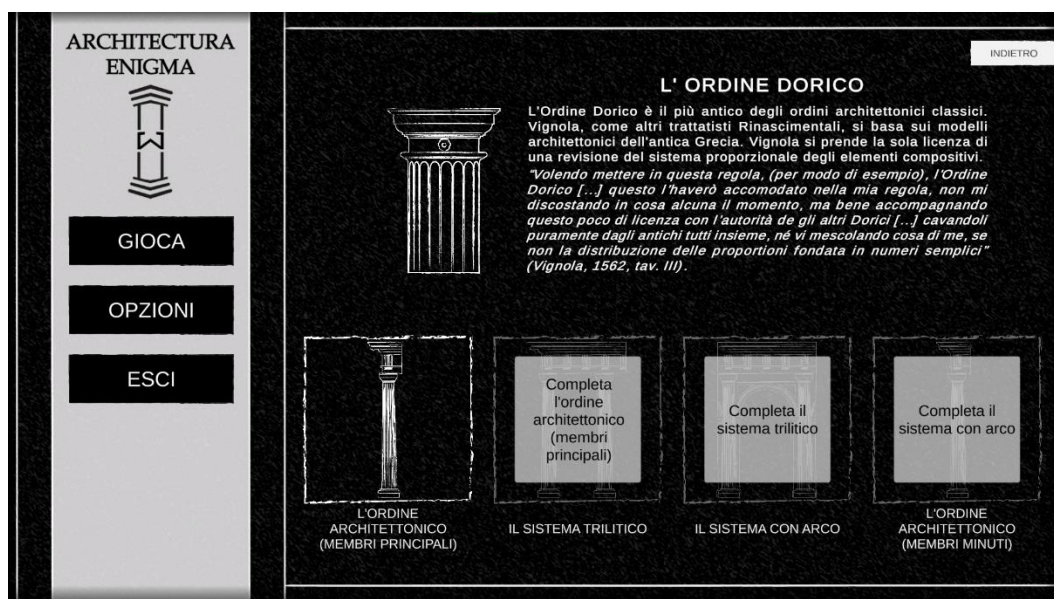


Figura 41: Screenshot dei livelli relativi all'ordine dorico. Questa struttura è la medesima per tutti gli altri ordini.

Una volta avviata la partita, numerosi feedback grafici accompagnano l'esperienza: quando un pezzo del puzzle 3D viene selezionato, un testo in sovraimpressione compare per indicarne il nome, orientando lo studente alla nomenclatura degli ordini architettonici. Allo stesso tempo, messaggi di gioco

dinamici, gestiti da un sistema UI dedicato, emergono al centro della schermata con un breve effetto di sovrapposizione, per catturare l'attenzione del giocatore. Questa animazione comunica eventi importanti, ad esempio la correttezza di un'azione o il raggiungimento di un obiettivo, senza utilizzare tecnicismi, ma sfruttando un linguaggio visivo diretto (Fig. 42).

I menù a tendina contenenti i progressi del giocatore (pezzi del puzzle completati e comandi), si aprono e si chiudono con una transizione verticale scorrevole. Nei casi in cui l'interfaccia include più scelte o componenti progressivi, un testo aggiornato in tempo reale segnala il percorso verso il completamento: la frazione numerica cambia al mutare dello stato di una casella attivata o di una sottosezione ultimata, offrendo un senso di crescita graduale del risultato, paragonabile a un avvicinamento alla "forma finale" del modello architettonico studiato. Il contatore diventa, in questo modo, un mezzo che restituisce al giocatore la misura del proprio avanzamento (Fig. 42-43).

E' rilevante porre l'accento sulle finestre contenenti le informazioni relative al modello oggetto di manipolazione e studio da parte del giocatore. Una volta completato il puzzle il giocatore può, in modalità esplora, (Fig. 43) muovere a piacimento la camera per interagire con gli elementi manipolati in precedenza. Centrando la visuale (grazie al riferimento del "mirino" al centro dello schermo) su un elemento questo si illumina, lasciando intendere che è possibile avviare una interazione. Alla pressione di un click appare una finestra con le informazioni relative all'elemento stesso. Un esempio è la finestra dell'elemento "colonna", che contiene le nozioni grafico-testuali utili allo studente per la comprensione delle caratteristiche logico compositive dell'oggetto in primo piano (Fig. 43).

L'insieme di questi elementi costituisce una UI che orienta il giocatore durante la sfida: l'interfaccia non sovrasta la scena, ma supporta l'utente mentre manipola i pezzi. Ogni comparsa testuale e movimento dei pannelli risponde a una precisa intenzione comunicativa: fornire orientamento, conferma e motivazione con un linguaggio grafico intuitivo, che traduce la logica astratta della scomposizione e dell'incastro in segnali visivi riconoscibili, essenziali per sostenere l'esperienza cognitiva del puzzle 3D e rendere immediatamente leggibile ciò che, altrimenti, resterebbe implicito.

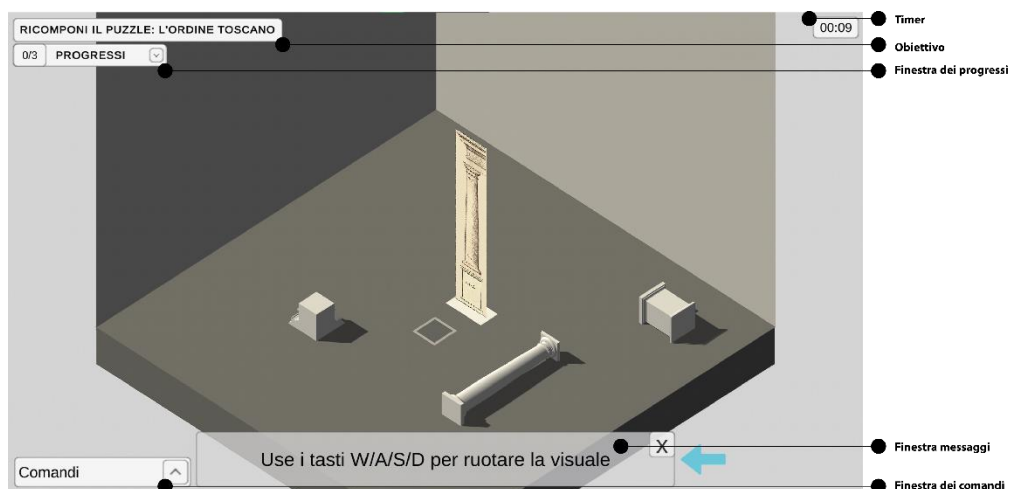


Figura 42: Interfaccia grafica di Architectura Enigma durante una sessione di gioco in modalità assonometrica (livello da completare).

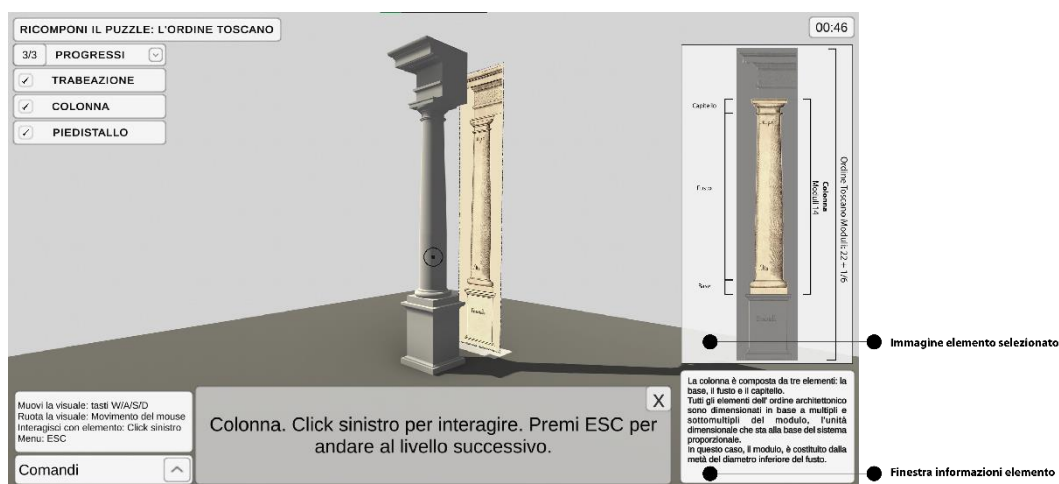


Figura 43: Interfaccia grafica di Architectura Enigma durante una sessione di gioco in modalità prospettica esplorativa (livello completato).

7.6 User Experience (UX)

Durante una partita standard, lo studente di architettura entra nel gioco attraverso il menu principale, dove gli viene mostrata una sequenza di livelli che si sbloccano man mano che procede nel percorso formativo. Una volta avviato un livello, la schermata iniziale lascia spazio allo spazio tridimensionale: una stanza virtuale parametrica, costruita attorno a dimensioni reali, diventa un laboratorio dentro il quale lo studente manipola gli elementi architettonici. Qui gli elementi interattivi, i pezzi del puzzle architettonico, sono distribuiti casualmente nella scena. Il giocatore assume il controllo della visuale: può muoversi liberamente nello

spazio come se stesse osservando il modello da vicino, oppure vederlo dall'alto facendovi orbitare attorno la camera. Il fulcro dell'esperienza è l'interazione diretta: muovendo il mouse o toccando lo schermo, seleziona un pezzo, lo afferra e lo sposta nello spazio per ricomporre il modello richiesto. A seconda delle impostazioni didattiche, il pezzo può comportarsi come se fosse tenuto in mano, seguendo la visuale a distanza fissa, oppure scorrere sul punto indicato, come accadrebbe trascinando un elemento su un tavolo. La fisica del gioco rende l'esperienza più tangibile: se la gravità è attiva, i pezzi rispondono al peso e alle collisioni, simulando un comportamento reale dei materiali. Mentre lo studente tenta di risolvere la sfida, messaggi in sovrapposizione e evidenziazioni di diverso colore (se un pezzo viene posizionato correttamente il colore è il verde, se posizionato erroneamente rosso, se si passa semplicemente il mouse su un pezzo blu) offrono feedback, suggerendo avanzamenti, errori o conferme. Il gioco segue un ritmo pensato per un apprendimento progressivo: non punisce, ma accompagna, lasciando il tempo di esplorare, sbagliare e riprovare. Quando il modello è completato correttamente, la stanza può mostrare un pannello che celebra il risultato, invitando il giocatore ad entrare nella modalità esplorativa, in cui la visuale passa in prima persona, facendolo "entrare" nel progetto appena costruito. Suoni, musica e interfacce minimali contribuiscono all'immersione, mantenendo l'attenzione sul ragionamento spaziale e compositivo. L'intera esperienza è progettata per far percepire la costruzione architettonica come un atto naturale di osservazione, manipolazione e verifica formale, trasformando il gioco in una palestra cognitiva dove l'UX supporta l'intuizione, la memoria visiva e l'apprendimento attraverso il fare (Figs. 44-45-46-47).

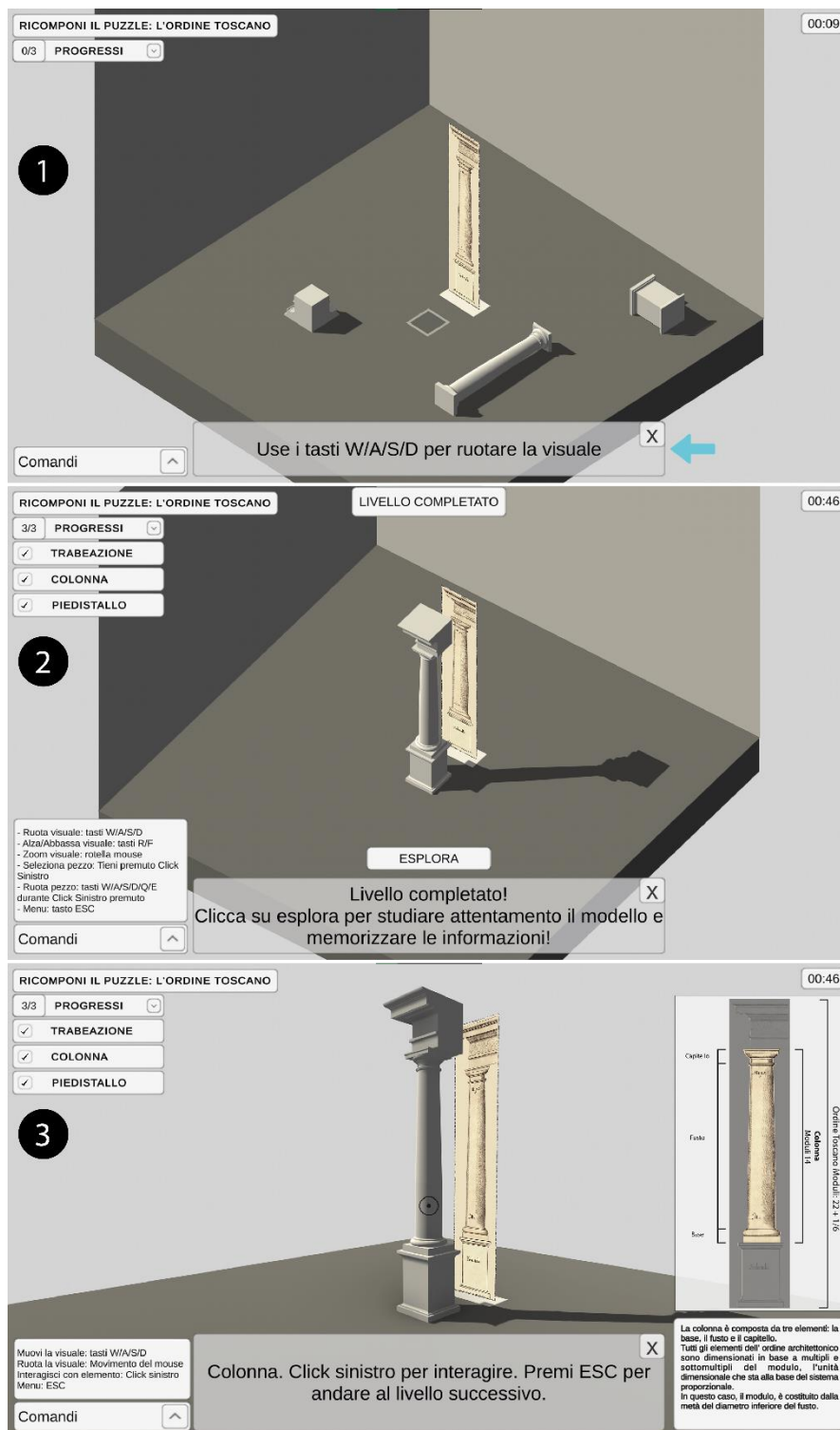


Figura 44: Sequenza di immagini di gioco relative al livello dell'ordine semplice nella macro-suddivisione

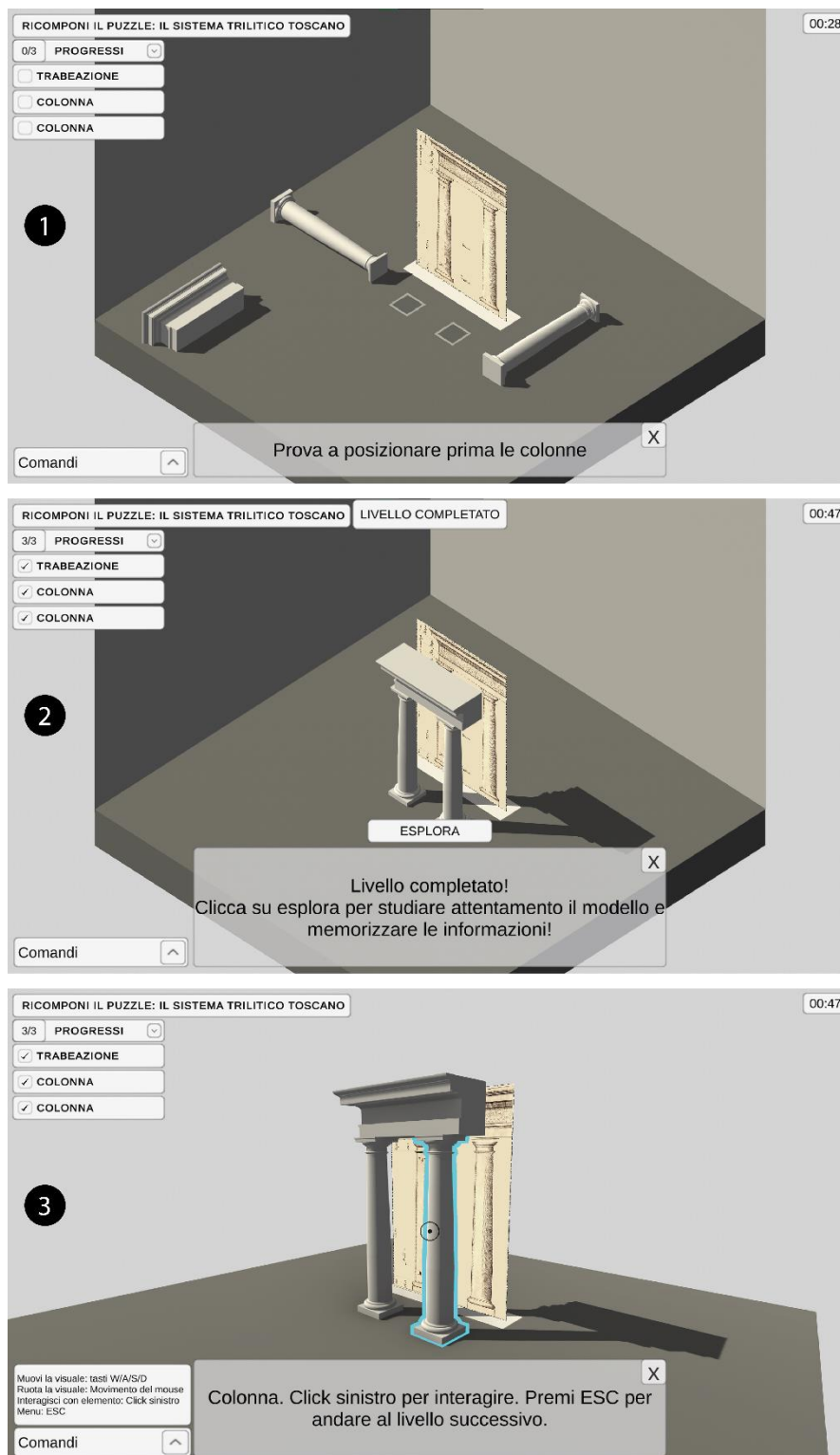


Figura 45: Sequenza di immagini di gioco relative al livello del sistema trilitico

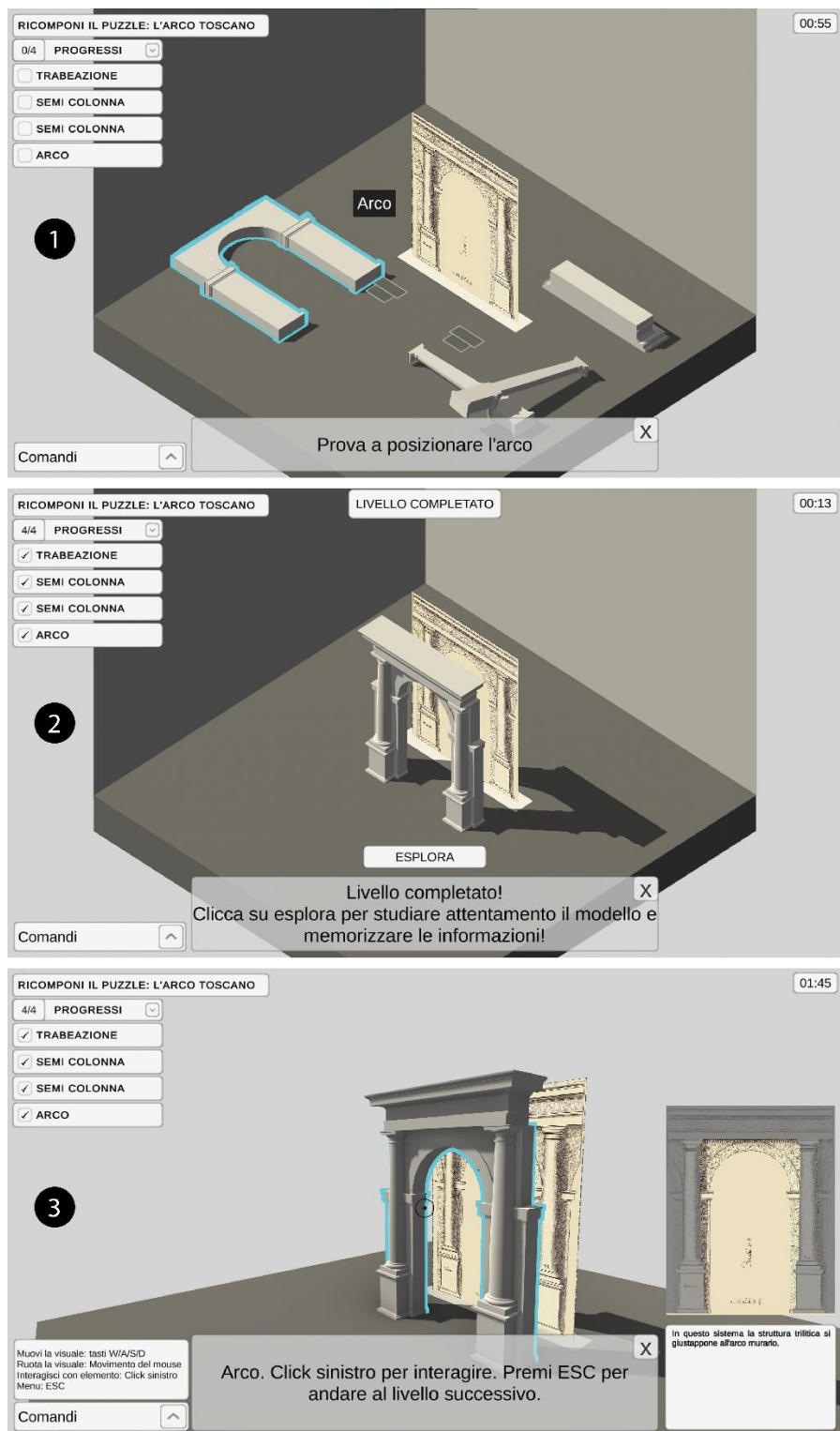


Figura 46: Sequenza di immagini di gioco relative al livello del sistema murario con arco

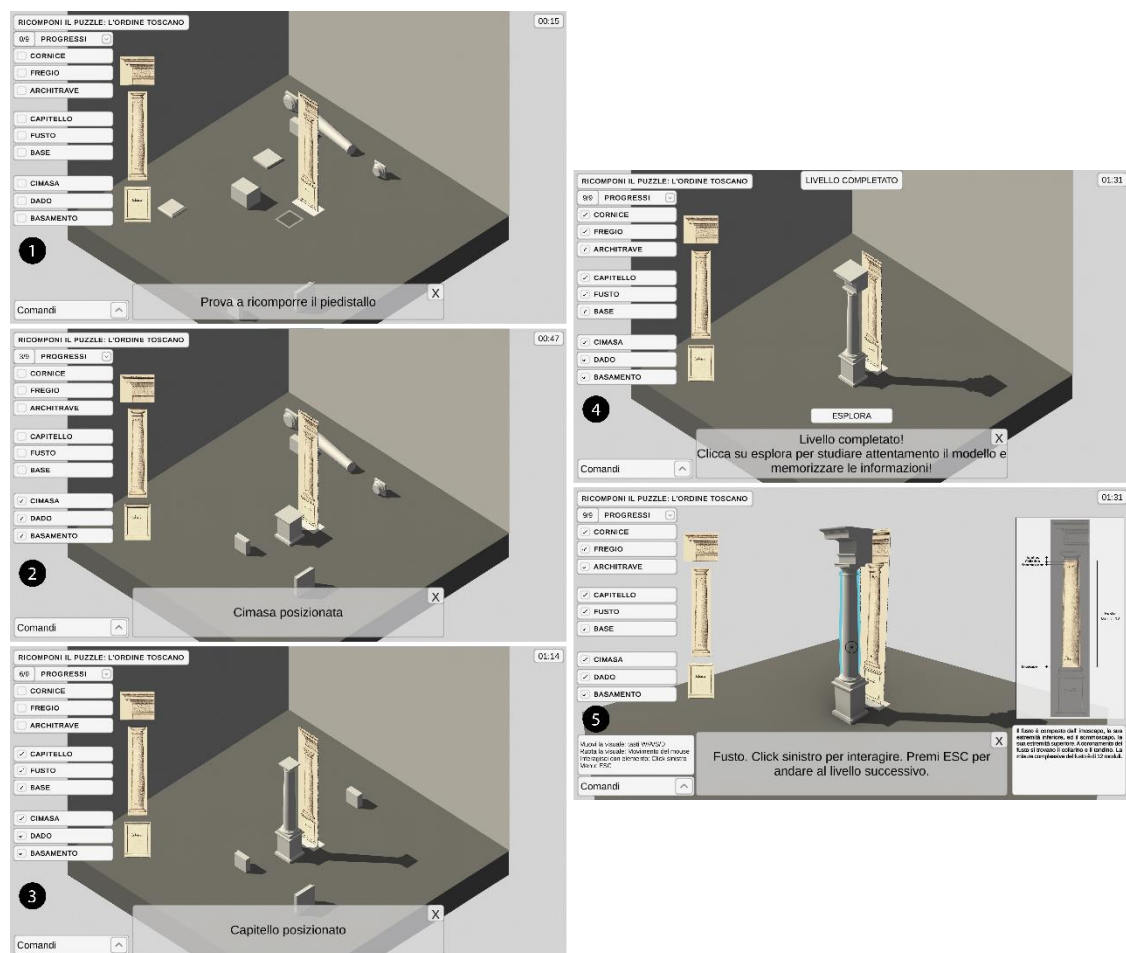


Figura 47: Sequenza di immagini di gioco relative al livello dell'ordine semplice nella meso-suddivisione.

Capitolo 8

Implementazione di Architectura Enigma in aula

8.2 Raccolta dei dati

8.2.1 Tipologie di dati raccolti

Si è deciso di raccogliere due tipologie di dati. La prima riguarda l'acquisizione di nozioni tramite un test composto da 15 domande a risposta multipla. La seconda tipologia riguarda un sondaggio sul gradimento della metodologia didattica sperimentale, ovvero sul serious game.

8.1 Contesto di apprendimento

8.1.1 Partecipanti e contesti didattici

Il numero di partecipanti è costituito da 4 differenti classi del primo anno del corso di laurea in Architettura LM-4, iscritti al laboratorio con frequenza obbligatoria “Laboratorio di Disegno e rilievo dell'architettura” DARCH PALERMO. Il campione è stato scelto in base alla natura contenutistica del serious game, ovvero nozioni che vanno affrontate a partire da obiettivi didattici coerenti con i corsi d'architettura di primo anno. Il tema è rilevante nei corsi di primo anno di architettura in quanto è fondamentale apprendere il significato di ordini architettonici come sistemi normativi capaci di rendere espliciti i rapporti tra misura, proporzione, gerarchia e progetto. In questo senso, Architectura Enigma prova, attraverso una modalità omnicomprensiva degli elementi appena citati, a far maturare questa consapevolezza nei nuovi studenti che si avvicinano al tema.

Le 4 classi sono state suddivise in due tipologie: 2 classi, definite sperimentali, hanno utilizzato il Serious Game per circa 30 minuti come metodologia didattica, assistendo ad una breve introduzione teorica di 15 minuti sugli ordini. Le restanti

due classi hanno partecipato ad una lezione tradizionale, della durata di 3 ore, con introduzione teorica, ovvero una lezione frontale con diapositive estrapolate dagli stessi elementi presenti nelle immagini di gioco, al fine di uniformare i contenuti. Successivamente, il gruppo tradizionale ha effettuato delle esercitazioni di disegno degli ordini.

8.2.2 Test sulle nozioni fattuali

I dati sulle nozioni sono stati raccolti mediante test a risposta multipla. Il test è stato costruito in modo da verificare le nozioni acquisite tanto dagli studenti del gruppo tradizionale, quanto dagli studenti del gruppo sperimentale. Questo è avvenuto grazie alla struttura del questionario stesso, che ha permesso di verificare le nozioni cardine del tema degli ordini architettonici di Vignola. Il numero di domande ed il contenuto delle stesse è stato ideato con l'obiettivo di cogliere gli elementi fondanti quali: il concetto di modulo, la nomenclatura, la successione logico-compositiva degli elementi, gli elementi peculiari di ogni ordine. Il test in questione è costituito dalle seguenti 15 domande:

1. Qual è la successione degli ordini che Vignola propone nelle tavole del suo trattato?
 - A. Tuscanico, ionico, dorico, composito, corinzio.
 - B. Ionico, corinzio, composito, dorico, tuscanico.
 - C. Tuscanico, dorico, ionico, corinzio, composito.

2. Cos'è il modulo?
 - A. La misura consigliata per l'altezza della colonna.
 - B. La base del dimensionamento degli elementi per ottenere il sistema proporzionale dell'ordine architettonico.
 - C. L'unità di misura utilizzata nel Rinascimento al tempo di Vignola.

3. Cos'è un sistema trilitico?
 - A. Un sistema architettonico composto da una porzione muraria forata da tre archi.
 - B. Un sistema architettonico composto da piedritti (pilastri o colonne) che reggono un elemento architravato.
 - C. Un sistema architettonico composto da tre piedritti (pilastri o colonne) che reggono tre archi.

4. Qual è la successione corretta degli elementi principali dell'ordine architettonico, partendo dal basso?
 - A. Colonna e trabeazione, oppure: piedistallo, colonna e trabeazione.
 - B. Colonna e trabeazione, oppure: colonna, piedistallo, trabeazione.
 - C. Trabeazione e colonna, oppure: trabeazione, colonna e piedistallo.
5. Qual è la successione corretta degli elementi principali del piedistallo, partendo dal basso?
 - A. Dado, basamento, cimasa.
 - B. Cimasa, basamento, dado.
 - C. Basamento, dado, cimasa.
6. Qual è la successione corretta degli elementi principali della colonna, partendo dal basso?
 - A. Fusto, base, capitello.
 - B. Base, fusto, capitello.
 - C. Base, capitello, fusto.
7. Qual è la successione corretta degli elementi principali della trabeazione, partendo dal basso?
 - A. Fregio, cornice, architrave.
 - B. Cornice, fregio, architrave.
 - C. Architrave, fregio, cornice.
8. Nel fregio di quale ordine sono presenti i triglifi?
 - A. Dorico.
 - B. Tuscanico.
 - C. Corinzio.
9. In quali ordini il capitello è caratterizzato dalla presenza di foglie d'acanto?
 - A. Dorico e corinzio.
 - B. Ionico e corinzio.
 - C. Corinzio e composito.
10. In quali ordini il capitello è caratterizzato dalla presenza di volute?
 - A. Dorico, ionico e toscano.
 - B. Ionico, corinzio e composito.
 - C. In tutti gli ordini architettonici.
11. Da quali elementi è caratterizzato il fregio dell'ordine dorico?
 - A. Dall'alternanza di metope e triglifi.

- B. Da una superficie liscia.
 - C. Da una successione di dentelli.
12. Come si chiamano i piccoli elementi di forma troncoconica sotto il triglifo?
- A. Gocce.
 - B. Dentelli.
 - C. Listelli.
13. Cosa sono imoscapo e sommoscapo?
- A. Le estremità inferiore e superiore della trabeazione.
 - B. Le estremità, inferiore e superiore, del piedistallo.
 - C. Le estremità inferiore e superiore della colonna.
14. Perché negli ordini toscano e dorico il modulo viene suddiviso in 12 parti mentre negli ordini ionico, corinzio e composito in 18 parti?
- A. Perché questa differenza di suddivisione si adatta particolarmente bene al sistema di misura rinascimentale.
 - B. Perché gli elementi compositivi presentano dettagli più minuti e il maggior numero di parti risulta indispensabile alla loro definizione.
 - C. Perché gli elementi compositivi nel toscano e dorico sono di solito 12 mentre negli altri ordini di solito 18.
15. Cos'è un ordine architettonico?
- A. Un sistema compositivo fondato su regole proporzionali e linguistiche.
 - B. Un sistema costruttivo usato dall'architettura greca e romana.
 - C. Un sistema linguistico basato sulla colonna dorica.

8.2.3 Sondaggio di gradimento

La seconda tipologia di dati è stata raccolta mediante sondaggio dove per ciascuna affermazione è stato chiesto agli studenti di indicare il livello di accordo selezionando un valore tra 1 (per niente d'accordo / molto insoddisfatto) a 5 (pienamente d'accordo / molto soddisfatto). Il sondaggio è stato impostato come strumento di rilevazione quantitativa del gradimento e della percezione soggettiva dell'esperienza didattica, con particolare riferimento all'uso del serious game. La raccolta dei dati è avvenuta tramite un questionario strutturato a scala Likert a 5 punti. Le affermazioni sono state formulate in modo da coprire in maniera coerente diverse dimensioni dell'esperienza formativa: la soddisfazione complessiva, il confronto con metodologie didattiche tradizionali, la chiarezza e pertinenza dei contenuti, l'efficacia delle meccaniche di gioco nel supportare l'apprendimento,

l'impatto sulla comprensione dei concetti, il livello di motivazione e coinvolgimento generato, nonché l'equilibrio tra componente ludica e componente formativa. Dal punto di vista metodologico, il questionario mira quindi a restituire una valutazione sintetica ma multidimensionale dell'efficacia percepita del serious game come strumento didattico, privilegiando il punto di vista degli studenti e consentendo un'analisi comparabile dei dati attraverso indicatori numerici omogenei. Il sondaggio in questione è costituito dalle seguenti 7 affermazioni:

1. La metodologia didattica basata sul serious game mi è risultata complessivamente soddisfacente.

2. Rispetto a metodologie didattiche tradizionali (lezione frontale, esercitazioni, ecc.), questa modalità mi è sembrata più efficace per l'apprendimento.

3. I contenuti informativi presentati nel serious game erano chiari, pertinenti e coerenti con gli obiettivi didattici.

4. Le meccaniche di gioco (regole, obiettivi, feedback) hanno supportato in modo efficace il processo di apprendimento.

5. L'esperienza di gioco mi ha aiutato a comprendere meglio i concetti trattati rispetto a un approccio esclusivamente teorico.

6. La dimensione interattiva e partecipativa del serious game ha aumentato la mia motivazione e il mio coinvolgimento nell'attività didattica.

7. Il bilanciamento tra momenti ludici e momenti esplicitamente formativi mi è sembrato adeguato ed efficace.

8.3 Analisi dei dati

A seguito dell'analisi dei dati è emerso che:

- **Il gruppo sperimentale 1**, composto da 34 studenti, ha totalizzato l'89,17% di risposte esatte nel test di acquisizione di nozioni. Per quanto riguarda l'indice di gradimento espresso nel sondaggio è emerso che:

- Affermazione 1: 4,20/5.

- Affermazione 2: 4,05/5

- Affermazione 3: 4,56/5

- Affermazione 4: 3,82/5

- Affermazione 5: 4,44/5

- Affermazione 6: 4,00/5

- Affermazione 7: 4,23/5

- **Il gruppo tradizionale 1**, composto da 35 studenti, ha invece totalizzato l'87,81% delle risposte esatte nel test di acquisizione di nozioni.

- **Il gruppo sperimentale 2**, composta da 22 studenti ha totalizzato l'88,18% di risposte esatte nel test di acquisizione di nozioni. Per quanto concerne l'indice di gradimento espresso nel sondaggio è emerso che:

- Affermazione 1: 4,23/5.

- Affermazione 2: 3,95/5

- Affermazione 3: 4,41/5

- Affermazione 4: 3,77/5

- Affermazione 5: 4,04/5

- Affermazione 6: 4,22/5

- Affermazione 7: 4,09/5

- Infine, **Il gruppo tradizionale 2**, composto da 23 studenti, ha totalizzato l'87,83% delle risposte esatte nel test di acquisizione di nozioni.

Capitolo 9

9. Conclusioni

La presente ricerca si è proposta di indagare il potenziale dei serious games come strumenti per l'apprendimento dell'architettura, concentrandosi in particolare sull'insegnamento degli ordini architettonici all'interno del primo anno del corso di laurea in Architettura. L'obiettivo non è stato quello di dimostrare una migliore efficacia della metodologia sperimentale rispetto a quella tradizionale, quanto piuttosto di verificare se e in che modo un serious game potesse costituire un'alternativa didatticamente sostenibile, capace di attivare modalità differenti di accesso ai contenuti disciplinari.

I risultati emersi dall'implementazione in aula di *Architectura Enigma* suggeriscono una prima considerazione fondamentale: l'utilizzo del serious game non compromette l'acquisizione di conoscenze fattuali, anche quando viene introdotto in sostituzione parziale della lezione frontale e delle esercitazioni tradizionali. I dati relativi ai test sulle nozioni mostrano infatti percentuali di risposte corrette sostanzialmente sovrapponibili tra i gruppi sperimentali e quelli tradizionali. Questo dato, se letto superficialmente, potrebbe apparire poco significativo; in realtà, esso costituisce uno degli elementi più rilevanti dell'intera sperimentazione. In un contesto come quello dell'apprendimento degli ordini architettonici, caratterizzato da un elevato grado di formalizzazione, da sistemi proporzionali rigidi e da una forte componente terminologica, il fatto che una metodologia alternativa produca risultati analoghi a quelli della didattica tradizionale indica che il problema dell'efficacia non può essere ridotto a una semplice questione di trasmissione delle informazioni. Piuttosto, emerge la necessità di interrogarsi sulle modalità attraverso cui tali informazioni vengono elaborate, organizzate e rese significative per lo studente.

In questo senso, *Architectura Enigma* non sembra agire primariamente sull'aumento quantitativo delle conoscenze acquisite, quanto sulla trasformazione delle condizioni cognitive ed esperienziali entro cui tali conoscenze vengono apprese. Il Serious Game introduce una diversa temporalità dell'apprendimento,

fondata sull'esplorazione, sull'iterazione e sulla possibilità di errore, elementi che difficilmente trovano spazio all'interno di una lezione frontale tradizionale. L'ordine architettonico non viene presentato come un insieme di definizioni da memorizzare, ma come un sistema articolato di relazioni spaziali tridimensionali, che lo studente è chiamato a ricomporre attivamente. Questa lettura trova un primo riscontro nei dati raccolti attraverso il sondaggio di gradimento. Gli studenti hanno espresso valutazioni generalmente elevate in relazione alla chiarezza dei contenuti, alla loro coerenza con gli obiettivi didattici e alla capacità dell'esperienza di gioco di supportare la comprensione dei concetti trattati. Tali risultati non possono essere interpretati come una prova diretta di un miglioramento dell'apprendimento, né devono essere confusi con una semplice risposta emotiva positiva. Tuttavia, essi indicano che il Serious Game è stato percepito come un ambiente di apprendimento legittimo, capace di sostenere l'attenzione e il coinvolgimento senza sacrificare la precisione dei contenuti disciplinari. Particolarmente significativo è il fatto che gli studenti hanno valutato positivamente il bilanciamento tra dimensione ludica e dimensione formativa, pur segnalando margini di miglioramento nelle meccaniche di gioco. Questo dato suggerisce che *Architectura Enigma* non è stato vissuto come un elemento estraneo o accessorio rispetto al percorso didattico, ma come un dispositivo integrato, la cui efficacia dipende in larga misura dalla qualità del suo design e dalla sua coerenza epistemologica con l'oggetto di apprendimento.

Alla luce di questi risultati, il serious game può essere interpretato non tanto come uno strumento didattico alternativo, quanto come un vero e proprio dispositivo epistemico. Ciò che sembra emergere è che il valore di *Architectura Enigma* non risiede esclusivamente nella sua capacità di veicolare contenuti, ma nel modo in cui rende praticabile un certo tipo di pensiero architettonico. Attraverso il gioco, lo studente è chiamato a confrontarsi con regole, vincoli e relazioni proporzionali non come dati astratti, ma come elementi operativi, suscettibili di verifica e di rielaborazione. In questo senso, l'esperienza ludica sembra favorire una comprensione sistemica dell'ordine architettonico, inteso non come una sequenza di elementi da riconoscere, ma come una struttura coerente che mette in relazione parti differenti secondo principi condivisi. Tale approccio risulta particolarmente rilevante nella formazione architettonica, dove la capacità di comprendere e manipolare sistemi complessi rappresenta una competenza centrale, spesso difficile da sviluppare attraverso modalità esclusivamente trasmissive.

È, tuttavia, necessario riconoscere i limiti della presente sperimentazione. I dati raccolti si concentrano prevalentemente su aspetti dichiarativi dell'apprendimento e su percezioni soggettive degli studenti, senza entrare nel merito di competenze

progettuali, di trasferimenti a lungo termine delle conoscenze acquisite o delle abilità visuo-spaziali. Inoltre, la durata limitata dell'esperienza di gioco e il numero relativamente contenuto di partecipanti non consentono di trarre conclusioni generalizzabili. Tali limiti non devono, però, essere intesi come semplici carenze metodologiche, ma come indicatori di possibili direzioni di sviluppo della ricerca. In particolare, si apre la questione di come i Serious Games possano essere integrati in modo più strutturale all'interno dei laboratori di progettazione e di disegno, non come momenti isolati, ma come ambienti ricorrenti di sperimentazione concettuale. Ulteriori ricerche potrebbero indagare il ruolo del gioco nella fase iniziale del progetto, come strumento per esplorare regole e vincoli, o nella fase di revisione critica, come spazio per mettere alla prova alternative e varianti.

Un possibile sviluppo futuro della ricerca potrebbe concentrarsi sull'analisi dell'acquisizione e della ritenzione delle conoscenze nel lungo periodo, aspetto che rappresenta un learning outcome cruciale per studenti di qualsiasi livello e ambito disciplinare. In questa prospettiva, risulterebbe particolarmente rilevante verificare non solo l'apprendimento immediato, ma anche la stabilità e trasferibilità delle conoscenze acquisite a distanza di tempo.

Un'ulteriore linea di indagine potrebbe riguardare una comparazione sistematica tra il gruppo sperimentale e quello sottoposto a metodologie didattiche tradizionali, con riferimento specifico alle competenze di riconoscimento, comprensione e rappresentazione degli ordini architettonici. Tale confronto potrebbe essere condotto attraverso prove strutturate di disegno e rappresentazione dei cinque ordini, affiancate da test di riconoscimento degli elementi e dei sotto-elementi compositivi che li caratterizzano. Questo approccio consentirebbe di valutare in modo più approfondito l'impatto delle diverse metodologie didattiche non solo sul piano percettivo e motivazionale, ma anche sullo sviluppo di competenze operative e disciplinari misurabili.

In conclusione, questa ricerca non si propone come una soluzione definitiva ai limiti dell'insegnamento dell'architettura, né come un modello universalmente applicabile. Piuttosto, rappresenta un primo tentativo di esplorare il potenziale dei Serious Games come strumenti capaci di rendere visibile e praticabile il carattere sistemico del sapere architettonico. I risultati ottenuti non chiudono il discorso, ma suggeriscono che il gioco, se progettato con rigore e consapevolezza disciplinare, può aprire spazi inediti di riflessione e di apprendimento, invitando a ripensare non solo le metodologie didattiche, ma il modo stesso in cui l'architettura viene insegnata e compresa.

Glossario

API (Application Programming Interface)

Insieme di funzioni e regole che permettono a diversi software di comunicare tra loro. In C#, le API di Unity consentono di accedere alle funzioni del motore (fisica, rendering, input, ecc.) in modo standardizzato.

Array

Struttura dati che raccoglie più elementi dello stesso tipo (numeri, oggetti, stringhe), accessibili tramite un indice numerico. Esempio: `int[] valori = {1, 2, 3}`.

Asset

Elemento digitale importato o creato in Unity (immagini, modelli 3D, suoni, script, texture, materiali, ecc.) che costituisce il contenuto del gioco.

Awake()

Funzione di callback di Unity chiamata una sola volta, prima dell'esecuzione di `Start()`. Serve per inizializzare variabili o riferimenti interni allo script.

Booleana (bool)

Tipo di dato logico che può assumere solo due valori: `true` (vero) o `false` (falso). È alla base delle condizioni e delle decisioni nei programmi.

Bounding Box

Volume semplificato (solitamente un parallelepipedo) che racchiude un oggetto 3D per calcolare il suo ingombro o rilevare collisioni.

BoxCollider

Componente di Unity che definisce una zona fisica invisibile di forma cubica o rettangolare, utilizzata per rilevare contatti e collisioni.

Callback (Funzione di Callback)

Funzione che viene chiamata automaticamente dal sistema o dal motore di gioco in risposta a un evento, come l'avvio di una scena o una collisione.

C# (C Sharp)

Linguaggio di programmazione sviluppato da Microsoft, utilizzato in Unity per scrivere logiche di gioco. È orientato agli oggetti, fortemente tipizzato e moderno.

Collider

Componente fisico che definisce la forma utilizzata da Unity per rilevare collisioni tra oggetti. Può avere varie forme: Box, Sphere, Capsule, Mesh, ecc.

Component

Elemento modulare che aggiunge un comportamento o una proprietà a un GameObject (es. un Renderer, un Collider, uno Script personalizzato).

Coroutine

Funzione che consente di sospendere temporaneamente l'esecuzione e riprenderla in un momento successivo, utile per animazioni o azioni dilazionate nel tempo (yield return).

Enum

Tipo di dato definito dall'utente che assegna nomi simbolici a un insieme di costanti numeriche. Serve a rendere il codice più leggibile (es. enum Ordine { Dorico, Ionico, Corinzio }).

FixedUpdate()

Funzione di callback eseguita a intervalli di tempo costanti, indipendentemente dal frame rate. È utilizzata per la logica fisica, come forze o movimenti rigidbody.

FPS (First-Person Shooter)

Genere videoludico in cui il giocatore vede attraverso gli occhi del personaggio. La telecamera è posizionata in prima persona, collegata ai movimenti del giocatore.

GameObject

Elemento base di Unity: ogni oggetto della scena (personaggio, luce, suono, ecc.) è un GameObject che può contenere uno o più Component.

GetBounds()

Funzione che restituisce i limiti spaziali (bounds) di un oggetto o di un insieme di oggetti, utile per calcolare ingombri e relazioni spaziali.

Interactable

Proprietà o flag booleano che abilita o disabilita l'interazione dell'utente con un oggetto. Disattivato, ad esempio, quando l'oggetto è in animazione o "risolto".

Mesh

Insieme di vertici, spigoli e facce che definiscono la forma geometrica di un modello 3D. Ogni superficie visibile in un gioco è una mesh.

Metodo

Blocco di codice che esegue un'operazione specifica e può essere richiamato in diversi punti del programma. Può ricevere parametri e restituire un valore.

MonoBehaviour

Classe base di Unity da cui derivano tutti gli script che controllano i GameObject. Permette di accedere alle funzioni del ciclo di vita (Start(), Update(), ecc.).

.NET (DotNet)

Piattaforma software sviluppata da Microsoft che fornisce il runtime e le librerie di base su cui si basa il linguaggio C#. Unity utilizza una versione adattata del .NET Framework.

PhysX (NVIDIA PhysX)

Motore di simulazione fisica sviluppato da NVIDIA. Gestisce collisioni, gravità, attriti e interazioni realistiche tra oggetti 3D.

Prefab

Oggetto preconfigurato salvato come modello riutilizzabile. Consente di istanziare rapidamente copie identiche (es. nemici, pezzi di puzzle, elementi architettonici).

Raycasting

Tecnica che consiste nel lanciare un “raggio invisibile” nello spazio 3D per rilevare l’intersezione con oggetti. Usata per selezioni, tiri o verifiche di visibilità.

Rendering

Processo che converte la rappresentazione digitale 3D (geometrie, luci, materiali) in un’immagine bidimensionale visibile sullo schermo.

Rigidbody

Componente fisico che consente a un oggetto di rispondere alle forze e alla gravità. È necessario per la simulazione fisica in Unity.

Runtime

Fase di esecuzione del programma, in cui il codice compilato viene realmente interpretato e messo in funzione dal motore o dall’ambiente (in Unity, il “gioco in azione”).

Scene

Unità logica di un progetto Unity che rappresenta un livello o ambiente di gioco. Contiene GameObject, luci, suoni e impostazioni.

Script

File di codice (scritto in C#) che definisce il comportamento di un GameObject. È l’equivalente di un “programma” all’interno del motore.

Scriptable Render Pipeline (SRP)

Sistema modulare che consente di personalizzare il processo di rendering in Unity, ad esempio per ottenere effetti visivi specifici o ottimizzazioni (HDRP, URP).

Shader

Piccolo programma eseguito sulla GPU che definisce come un materiale appare (colore, riflessi, trasparenze, luci). Controlla la resa visiva delle superfici.

Start()

Funzione di callback chiamata una sola volta, subito dopo Awake(), quando l'oggetto è attivo. Serve per inizializzare elementi che dipendono da altri oggetti della scena.

Texture

Immagine bidimensionale applicata alla superficie di un modello 3D per definirne l'aspetto visivo (colore, rilievo, riflessione, trasparenza, ecc.).

Update()

Funzione di callback eseguita una volta per frame. Gestisce tutto ciò che deve essere aggiornato costantemente (input, movimenti, animazioni, controlli di gioco).

VFX Graph (Visual Effects Graph)

Strumento visuale a nodi per creare effetti particellari complessi (fumo, fuoco, pioggia) sfruttando la GPU. Offre controllo artistico e prestazioni elevate.

Variabile

Contenitore che memorizza un valore (numero, testo, oggetto, ecc.) che può cambiare nel tempo. Ogni variabile ha un nome e un tipo di dato.

Camera

In Unity, la Camera rappresenta il punto di vista da cui viene renderizzata la scena. Determina ciò che il giocatore vede e come viene inquadrato l'ambiente.

Post-Processing

Insieme di effetti applicati all'immagine finale dopo il rendering (bloom, vignettatura, profondità di campo) per migliorarne la resa estetica.

Transform

Componente fondamentale di ogni GameObject che definisce la sua posizione, rotazione e scala nello spazio 3D.

Trigger

Collider speciale che non blocca fisicamente gli oggetti, ma rileva quando un altro collider entra o esce dal suo volume, utile per attivare eventi o azioni.

Bibliografia

Aarseth, E. (1997). *Cybertext: Perspectives on Ergodic Literature*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Abt, C. (1970). *Serious Games*. New York: Viking Press.

Adams, E. and Dormans, J. (2012). *Game Mechanics: Advanced Game Design*. Berkeley: New Riders.

Alvarez, J. (2007). *Du jeu vidéo au serious game: Approches culturelle, pragmatique et formelle*. (Unpublished doctoral dissertation). Université de Toulouse.

Arnab, S. et al. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), pp. 391–411.

Barab, S. and Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), pp. 1–14.

Barrows, H.S. (1996). *Problem-based learning in medicine and beyond*. San Francisco: Jossey-Bass.

Belman, J. and Flanagan, M. (2009). Designing games to foster empathy. *International Journal of Cognitive Technology*, 14(2), pp. 5–15.

Benevolo, L. (1988). *Storia dell'architettura. Il mondo antico*. Laterza, Roma-Bari.

Benevolo, L. (2006). *Storia dell'architettura moderna*. Roma: Editori Laterza.

Bergmann, J. and Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Eugene: ISTE.

Boellstorff, T. (2008). *Coming of Age in Second Life: An Anthropologist Explores the Virtually Human*. Princeton: Princeton University Press.

Bonwell, C.C. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom*. Washington, D.C.: ASHE-ERIC Higher Education Reports.

Bonwell, C.C. and Eison, J.A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1. Washington, D.C.: The George Washington University.

Bredemeier, M.E. and Greenblat, C.S. (1981). The Educational Effectiveness of Simulation Games: A Synthesis of Findings. *Simulation & Gaming*, 12(3), pp. 307–332.

Breuer, J. and Bente, G. (2010). Why so serious? On the relation of serious games and learning. *Journal for Computer Game Culture*, 4(1), pp. 7–24.

Bruner, J. (1960). *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press.

Bruschi, A. (1999). *Storia dell'architettura italiana. Antichità e Medioevo*. Laterza, Roma-Bari.

Caillois, R. (1958). *I giochi e gli uomini: La maschera e la vertigine*. [Les jeux et les hommes]. Milano: Bompiani.

Castronova, E. (2005). *Synthetic worlds: The business and culture of online games*. Chicago: The University of Chicago Press.

Champion, E. (2020). Culturally Significant Presence In Single Player Computer Games. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 13(4), Article 29, pp. 1–24.

Chen, J. (2007). Flow in games. *Communications of the ACM*, 50(4), pp. 31–34.

Choay, F. (2009). *La regola e il modello. Sulla teoria dell'architettura e dell'urbanistica*. Roma: Officina Edizioni.

Coleman, J.S., Livingston, S.A., Fennessey, G.M., Edwards, K.J. and Kidder, S.J. (1973). The Hopkins Games Program: Conclusions from Seven Years of Research. *Educational Researcher*, 2(8), pp. 3–7.

Connolly, T.M., Boyle, E.A., MacArthur, E., Hainey, T. and Boyle, J.M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2), pp. 661–686.

Costikyan, G. (2013). *Uncertainty in Games*. Cambridge: MIT Press.

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper & Row.

Cukurlu, S. (2019). Creating Fascinating Spaces: The Assignment for Designers of both Virtuality and Reality. In: Gerber, A. and Goetz, U. (eds.). *The Architectonics of Game Spaces*. Bielefeld: Transcript, pp. 233–247.

De Rubertis, R. (1994). *Il disegno dell'architettura*. Roma: Carocci Editore.

Dede, C. (2010). Introduction to Virtual Reality in Education. *Themes in Science and Technology Education*, Special Issue, 2, pp. 7–9.

Deterding, S. et al. (2011). Gamification: Toward a Definition. In: *Proceedings of the 2011 Annual Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems – CHI EA '11*. New York: ACM Press, pp. 1–4.

Djaouti, D., Alvarez, J. and Jessel, J. (2011). Origins of serious games. In: *Serious Games and Edutainment Applications*. London: Springer, pp. 25–43.

Dorn, D.S. (1989). Simulation Games: One More Tool on the Pedagogical Shelf. *Teaching Sociology*, 17(1), pp. 1–18.

Dyer-Witheford, N. and de Peuter, G. (2009). *Games of Empire: Global Capitalism and Video Games*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Egenfeldt-Nielsen, S. (2005). *Beyond Edutainment: Exploring the Educational Potential of Computer Games*. (Unpublished doctoral dissertation). IT-University of Copenhagen.

Elder, C.D. (1973). Problems in the Structure and Use of Educational Simulation. *Sociology of Education*, 46(3), pp. 335–354.

Ethier, M.A., Lefrançois, D. and Déry, C. (2022). Utilisation d'Assassin's Creed Origins en classe d'histoire. *Revue de recherches en littératie médiatique multimodale*, 15.

Felder, R.M. and Brent, R. (2007). Cooperative Learning. In: *ACS Symposium Series*. Washington, DC: American Chemical Society, pp. 34–53.

Fullerton, T. (2024). *Game Design Workshop*. 5th ed. Boca Raton: CRC Press.

Gerber, A. and Götz, U. (2019). Introduction. In: Gerber, A. and Goetz, U. (eds.). *The Architectonics of Game Spaces*. Bielefeld: Transcript, pp. 9–18.

Gualeni, S. (2019). Virtual World-Weariness. In: Gerber, A. and Goetz, U. (eds.). *The Architectonics of Game Spaces*. Bielefeld: Transcript, pp. 153–165.

Hiriart, J. (2020). How to be a Good Anglo Saxon. In: Hageneuer, S. (ed.). *Communicating the Past in the Digital Age*. London: Ubiquity Press, pp. 141–151.

Huizinga, J. (1938). *Homo Ludens*. Haarlem: Tjeenk Willink & Zoon.

Hunicke, R., LeBlanc, M. and Zubek, R. (2004). MDA. In: *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*.

Ingold, T. (2000). *The perception of the environment*. London: Routledge.

Jackson, K.T. (1989). The Bradley Commission on History in Schools. *The History Teacher*, 23(1), pp. 73–78.

Järvinen, A. (2008). *Games without Frontiers*. (Unpublished doctoral dissertation). University of Tampere.

Jenkins, H. (2006). *Convergence Culture*. New York: New York University Press.

Johnson, D.W. and Johnson, R.T. (1989). *Cooperation and competition*. Edina: Interaction Book Company.

Juul, J. (2005). *Half-Real*. Cambridge: MIT Press.

Kapp, K.M. (2013). *The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook*. San Francisco: Wiley.

Kashibuchi, M. and Sakamoto, A. (2001). The Educational Effectiveness of a Simulation Game. *Simulation & Gaming*, 32(3), pp. 331–343.

Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Koster, R. (2004). *A Theory of Fun for Game Design*. Scottsdale: Paraglyph Press.

Mayer, R.E. (2020). *Multimedia learning*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R.E. (2024). The Past, Present, and Future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 36(1), Article 8.

McCall, J. (2016). Teaching History With Digital Historical Games. *Simulation & Gaming*, 47(4), pp. 517–542.

McGonigal, J. (2011). *Reality Is Broken*. New York: Penguin Press.

Michael, D.R. and Chen, S.L. (2006). *Serious Games*. Boston: Thomson Course Technology.

Migliari R. (1991). Il disegno degli ordini e il rilievo dell'architettura classica: Cinque pezzi facili, in "Disegnare idee immagini", n. 2, pp. 49-65.

Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (2012). D.M. 16 novembre 2012, n. 254. Roma: MIUR.

Montessori, M. (1909). *Il metodo della pedagogia scientifica*. Città di Castello: S. Lapi.

Nakamura, L. and Chow-White, P. (eds.) (2012). *Race After the Internet*. New York: Routledge.

Norman, D. A. (1991). Cognitive artifacts. In J. M. Carroll (Ed.), *Designing Interaction: Psychology at the Human-Computer Interface* (pp. 17–38). Cambridge: Cambridge University Press.

Orlandi, G. and Portoghesi, P. (1966). *Leon Battista Alberti, l'architettura*. Milano: Edizioni Il Polifilo.

Pescarin, S. and Martinez Pandiani, D.S. (2022). The Impact of Story Structure Meaningfulness. *Information*, 13(12), Article 576.

Piaget, J. (1950). *The psychology of intelligence*. London: Routledge.

Pinelli, A. (1985). L'insegnabilità dell'arte. In: Scialoia, T. (a cura di). *Quaderni dell'Accademia*. Roma: Litografia Bruni.

Raessens, J. (2012). *Homo Ludens 2.0*. Utrecht: Utrecht University.

Randel, J.M. et al. (1992). The effectiveness of games for educational purposes. *Simulation & Gaming*, 23(3), pp. 261–276.

Rigby, S. and Ryan, R.M. (2011). *Glued to Games*. Santa Barbara: Praeger.

Ryan, R.M. and Deci, E.L. (2000). Self-determination theory. *American Psychologist*, 55(1), pp. 68–78.

Saegesser, F. (1981). Simulation-Gaming in the Classroom. *Simulation & Gaming*, 12(3), pp.281–294.

Saegesser, F. (1984). The Introduction of Play in Schools. *Simulation & Gaming*, 15(1), pp. 75–96.

Saggio, A. (2010). *Introduzione alla rivoluzione informatica in architettura*. Roma: Carocci Editore.

Salen, K. and Zimmerman, E. (2004). *Rules of Play*. Cambridge: MIT Press.

Sawyer, B. and Smith, P. (2008). *Serious Games Taxonomy*. Washington, D.C.: Serious Games Initiative.

Scardamalia, M. and Bereiter, C. (1994). Computer support for knowledge-building communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(3), pp. 265–283.

Schank, R. (1994). The design of goal-based scenarios. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(4), pp. 305–306.

Schell, J. (2008). *The Art of Game Design*. Boca Raton: CRC Press.

Serlio, S. (1619). *Tutte l'opere d'architettura et prospettiva*. Venezia: Giacomo dè Franceschi.

Shaker, N., Togelius, J. and Nelson, M.J. (2016). *Procedural Content Generation in Games*. SpringerLink.

Shaw, A. (2014). *Gaming at the Edge*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Shute, V.J., Ventura, M. and Ke, F. (2019). The power of play. *Computers & Education*, 80, pp.5 8–67.

Sicart, M. (2008). Defining Game Mechanics. *Game Studies*, 8(2).

Siemens, G. (2005). Connectivism. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), pp. 3–10.

Skinner, B.F. (1954). The science of learning. *Harvard Educational Review*, 24(2), pp. 86–97.

Squire, K.D. (2004). *Replaying history*. (Unpublished doctoral dissertation). Indiana University.

Stake, R.E. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks: SAGE Publications.

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.

Taylor, T.L. (2018). *Watch Me Play*. Princeton: Princeton University Press.

Taylor, T.M. (2003). Historical Simulations. *Journal of the Association for History and Computing*, 6(2).

Thoenes, C. and Gunther, H. (1985). Roma e l'antico. In: Fagiolo, M. (ed.). *Roma e l'antico*. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

Thoenes C. (1998). *Sostegno e adornamento*, Electa, Milano.

Thones, C. (2002). Vignola teorico. In: Tuttle, R.J. et al. (a cura di). *Jacopo Barozzi da Vignola*. Milano: Electa.

Thorndyke, P.W. (1977). Cognitive structures in comprehension. *Cognitive Psychology*, 9(1), pp. 77–110.

UNESCO (1972). *Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention*. Paris: UNESCO.

UNESCO (2009). *Charter on the Preservation of the Digital Heritage*. Paris: UNESCO.

Jacopo Barozzi da Vignola (1562). *Regola delli cinque ordini d'architettura*. Roma.

Jacopo Barozzi da Vignola (1736). *Regola delli cinque ordini d'architettura*. Bologna: Stamperia di Lelio dalla Volpe.

Vygotskij, L.S. (1978). *Mind in society*. Cambridge: Harvard University Press.

Wellington, W.J. and Faria, A.J. (1996). Team Cohesion. *Simulation & Gaming*, 27(1), pp.23–40.

West, D.M. and Bleiberg, J. (2013). *Education technology success stories*. Washington, DC: The Brookings Institution.

Wiggins, G. (1998). Educative assessment. San Francisco: Jossey-Bass.

Sitografia

Maria Elísa Novaro, “What It’s Like to Be an Architectural Consultant for Assassin’s Creed II,” interview by Manuel Saga, translated by Matthew Valata (October 7, 2015), <https://www.archdaily.com/774210/maria-elisa-navarro-the-architectural-consultant-for-assassins-creed-ii> (accessed July, 2025).

Newzoo, (2023) - <https://newzoo.com/resources/rankings/top-10-countries-by-game-revenues>

Statista (2022) <https://www.statista.com/chart/22392/global-revenue-of-selected-entertainment-industry-sectors/>

Statista (2025) <https://www.statista.com/forecasts/1344668/revenue-video-game-worldwide>