



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA
FACOLTA' DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA

**MODELLAZIONE E RENDERING 3D DI
BASSORILIEVI TRATTI DALL'ARCA DI
SANT'AGOSTINO SITUATA NELLA BASILICA DI
SAN PIETRO IN CIEL D'ORO DI PAVIA:**

**“AGOSTINO INDICA A DEI PELLEGRINI ZOPPI LA
SUA TOMBA” E “I PELLEGRINI ESCONO GUARITI
DA S. PIETRO IN CIEL D'ORO”**

Relazione discussa in sede di esame finale
dal candidato: **Andrea DI MEZZA**

Docente tutore: **Prof. Virginio CANTONI**

MODELLAZIONE E RENDERING 3D DI BASSORILIEVI TRATTI DALL'ARCA DI
SANT'AGOSTINO SITUATA NELLA BASILICA DI SAN PIETRO IN CIEL D'ORO DI
PAVIA

Indice

Introduzione

IL PROGETTO

Digital Humanities ed Experiential Learning
Virtual Heritage

IL MONUMENTO

2.1 L'arca
2.2 Scena 1
2.3 Scena 2

SOFTWARE E SVILUPPO

3.1 Blender
3.2 Fuse
3.3 Il processo di sviluppo e rendering

CONCLUSIONI

RINGRAZIAMENTI

Introduzione

Questo progetto di modellazione e rendering 3D di bassorilievi tratti dall'arca di Sant'Agostino situata nella basilica di San Pietro in Ciel d'Oro di Pavia, è stato realizzato in collaborazione con il laboratorio di Computer Vision e sotto la supervisione del professor Virginio Cantoni dell'Università degli Studi di Pavia, dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione.

Il contesto di sviluppo del progetto si rifà all'Informatica Umanistica (*Digital Humanities*). Questa branca dell'informatica, che mira ad unire discipline umanistiche con le tecnologie digitali, permette di affrontare problemi riguardanti la cultura e l'arte sotto un diverso punto di vista. Il risultato finale del progetto, in dettaglio, sarà quello di rendere più accessibile al pubblico la visione dell'intera Arca di Sant'Agostino, la quale risulta di difficile osservazione per via della sua collocazione all'interno della basilica.

Le due scene che verranno esaminate sono collocate nel registro superiore del monumento, nello specifico si tratta di due episodi dei dieci "Miracoli di Sant'Agostino", collocati all'interno di timpani dalla forma triangolare, dal titolo:

- *Agostino indica a dei pellegrini zoppi il luogo della sua tomba*, riferendosi all'apparizione di Cava Manara ad un gruppo di pellegrini in viaggio verso Roma;
- *I pellegrini escono guariti da San Pietro in Ciel d'Oro*, la quale, essendo direttamente collegata alla precedente, mostra lo stesso gruppo di pellegrini uscire dalla basilica, senza però l'ausilio di bastoni.

Per poter realizzare i modelli tridimensionali delle scene sono stati utilizzati due software:

- *Fuse Character Creator*, il quale permette la creazione di modelli in maniera assistita;
- *Blender*, nel quale sono stati importati i personaggi creati con il software precedente, oltre a realizzare diverse componenti ex novo, provvedere all'illuminazione e al rendering finale delle immagini.

Lo scopo dei modelli sarà quello di essere unito ad altri per poter realizzare, ed eventualmente stampare in 3D, l'intero modello dell'Arca, bisogna però attendere il completamento dell'intera opera.

Il Progetto

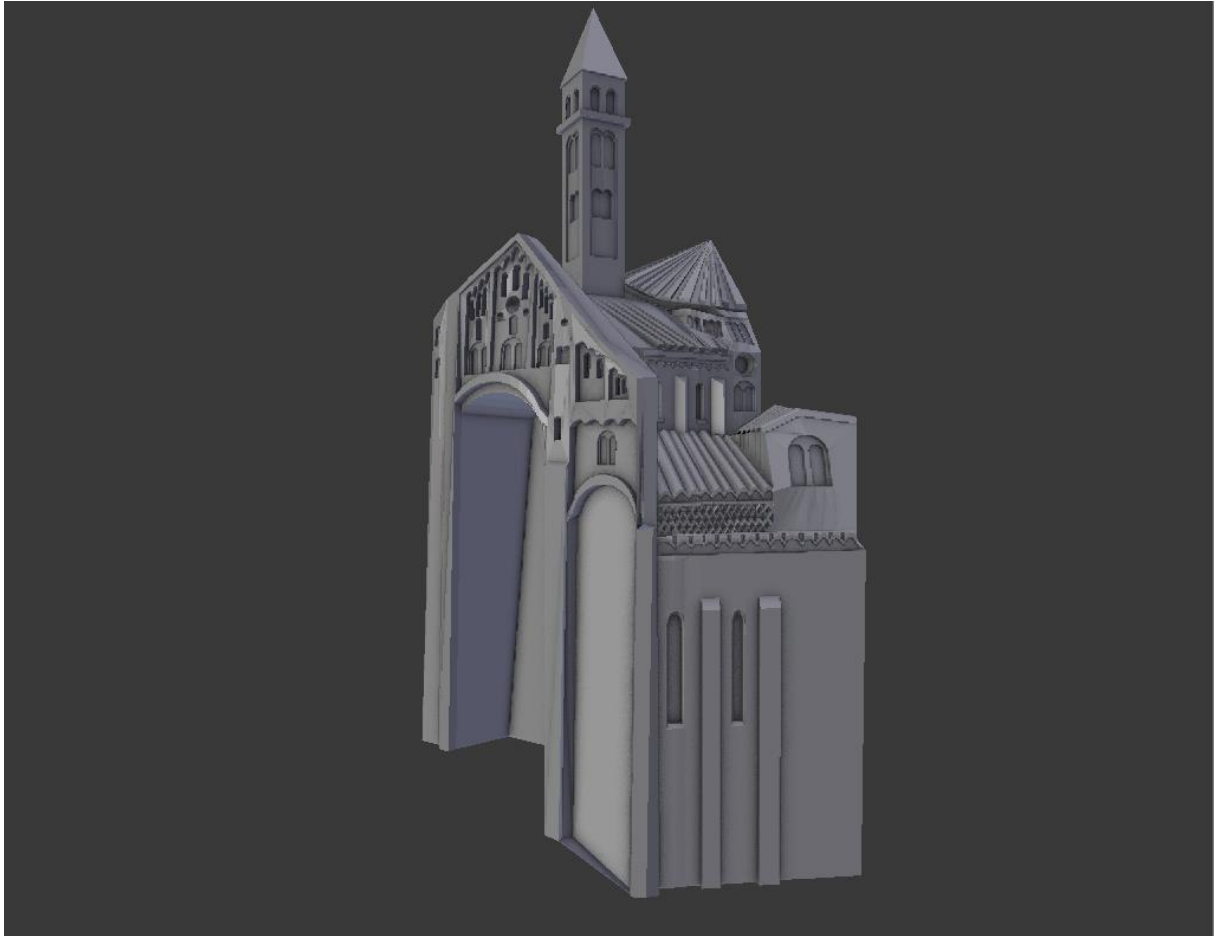


FIGURA 1: Risultato della modellazione tridimensionale della basilica presente in una delle scene.

1.1 Digital Humanities ed Experiential Learning

L'elaborazione e lo sviluppo di questo piano di lavoro, rientrano in un nuovo campo di studi definito *Digital Humanities*, o Informatica Umanistica, ovvero quell'ambito di insegnamento il cui fine è di unire discipline umanistiche ed informatiche. Esso comprende ricerca, analisi e divulgazione della conoscenza attraverso il computer e altri tipi di elaboratori¹. In questo ambito, gli scopi sono essenzialmente due:

- Proporre un nuovo approccio di insegnamento, definito *Experiential Learning*, mediante il quale ci si vuole focalizzare sulla realizzazione di progetti concreti. Può inoltre incoraggiare sinergie e collaborazioni tra mondo formativo e comunità locale, incentivando di conseguenza lo sviluppo sociale ed economico²;

¹ URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Informatica_umanistica>

² V. Cantoni, M. Mosconi, A. Setti, H. Wang, *Le nuove tecnologie multimediali nelle Digital Humanities insegnate con un approccio di experiential learning*

- Rendere più accessibile a tutti la visione dell'Arca di Sant'Agostino, in quanto essa, occupando grandi dimensioni (circa 3 metri di altezza), non permette una chiara visione di tutti e quattro i lati, anche per via della collocazione di quest'ultima nella basilica di San Pietro in Ciel d'Oro.

Per poter realizzare questo obiettivo, il risultato a cui l'intero progetto mira è quello di realizzare una rappresentazione virtuale dell'intero monumento, ed eventualmente produrre stampe in 3D e un libro dedicato per poter essere esposte in luoghi diversi rispetto a quello in cui è collocata la statua originale. In particolare, tramite due software appositi di modellazione e progettazione grafica, ovvero "Blender" e "Fuse Character Creator", si sono replicate nella maniera più fedele possibile due scene.

1.2 Virtual Heritage

Nel contesto in cui si pone questo progetto, si può parlare anche di *Virtual Heritage*, cioè quel filone di ricerca che si pone a metà strada tra le esigenze e le problematiche degli esperti culturali (termine generico con cui si vuole intendere tutte le figure con preparazione umanista che si occupano di beni culturali, dallo storico dell'arte, allo studioso di storia della città) e gli strumenti di cui gli esperti di tecnologie dell'Informazione dispongono³.

Lo sviluppo di una ricostruzione 3D di modelli architettonici provenienti dal passato incontra diverse problematiche da affrontare:

- *Documentazione delle fonti*, in quanto in determinate circostanze la difficoltà di reperimento delle fonti stesse, la scarsa precisione e attendibilità delle rappresentazioni, spesso impedisce anche una loro semplice acquisizione digitale³;
- *Applicazione delle tecnologie*, per via del fatto che programmi di modellazione tridimensionale hanno potenzialità molto alte nella realizzazione dei modelli, ma richiedono alte professionalità e lunghi tempi che incidono fortemente sui costi dei progetti. Inoltre, i tempi di realizzazione dei modelli dipendono da molti fattori spesso difficili da predire in anticipo³;
- *Ricezione da parte degli utenti finali*, per esempio un turista deve poter fruire l'opera con un buon livello di intrattenimento³;
- *Collaborazione multidisciplinare*, perché approcciando esperti di settori di ricerca molto diversi, certe problematiche non possono essere comprese appieno da tutti, quindi bisogna cercare di rendere il più semplice possibile la comunicazione e l'interazione tra le parti coinvolte³.

Nel caso in esame, si è cercato di reperire immagini il più dettagliate e complete possibili, così da poter rendere noti anche i più piccoli dettagli dei vari personaggi e ambienti.

³ <URL: https://storicamente.org/virtual_heritage>

Il Monumento



FIGURA 2: Vista frontale dell'Arca di Sant'Agostino.

2.1 L'arca

L'Arca di Sant'Agostino (Fig.2) è una scultura gotica costituita interamente di marmo di Carrara, e contiene le spoglie di Sant'Agostino di Ippona (354-430). L'opera fu commissionata nel 1362 da Bonifacio Bottigella, priore del convento degli Eremitani di sant'Agostino a Pavia e docente alla Università della città. Il monumento è alto 3 m, lungo 3,14 m e profondo 1,68 m.

Ispirata alla tomba di S. Pietro Martire in S. Eustorgio a Milano, essa è stata attribuita a Bonino da Campione o a Giovanni Balduccio e discepoli. La data 1362 è forse l'inizio dei lavori, cui parteciparono più artisti⁴. Essa, con le sue 95 statue e i 50 bassorilievi, rappresenta

⁴ <URL: <http://www.cassiciaco.it/navigazione/iconografia/cicli/trecento/pavia/pavia.html>>

MODELLAZIONE E RENDERING 3D DI BASSORILIEVI TRATTI DALL'ARCA DI SANT'AGOSTINO SITUATA NELLA BASILICA DI SAN PIETRO IN CIEL D'ORO DI PAVIA

personaggi ed eventi particolari della vita di Sant'Agostino, in particolare possiamo dividere questa in 3 registri distinti:

- 1) Nel primo registro, partendo dal basso, possiamo individuare statue di santi, virtù, apostoli ed evangelisti, oltre a contenere al suo interno il sarcofago;
- 2) Nel secondo registro è possibile notare subito la statua di Sant'Agostino sdraiata, mentre legge il libro che ha tra le mani. È inoltre coperto da un lenzuolo, il quale è sorretto da sei diaconi. Sono presenti lungo tutto il soffitto statue angeliche, mentre nella parte esterna si alternano statue di santi, papi e vescovi;
- 3) Nel terzo registro, infine, sono rappresentati, tramite bassorilievi, nove episodi di vita del santo, mentre in cima è possibile trovare i dieci miracoli compiuti da esso in timpani triangolari.

Le scene di cui si andrà a trattare si trovano nell'ultimo registro descritto, e sono due scene collegate tra loro.

2.2 Agostino indica a dei pellegrini zoppi la sua tomba

In questa prima scena è possibile notare Sant'Agostino in piedi sulla sinistra, il quale tiene un libro sul petto con la mano destra, mentre con la sinistra sembra fare un cenno di avvicinarsi ai pellegrini, presenti a destra, i quali si sorreggono con un bastone, indicando che questi sono invalidi.

La leggenda narra che, ad un gruppo di pellegrini tedeschi e francesi, diretti a Roma, comparve il santo mentre si trovavano nei pressi dell'odierna Cava Manara, indicando la strada la quale li avrebbe condotti alle sue spoglie nella basilica di San Pietro di Pavia.

Come racconta Jacopo Da Varagine nella Legenda Aurea, una volta che i pellegrini giunsero a Pavia:



Figura 3: Agostino indica a dei pellegrini zoppi il luogo della sua tomba.

I cittadini ed i religiosi accorsero, attratti dalla novità della cosa, ed ecco che per la tensione dei nervi, incomincia a colar del sangue che forma un rivo dalla porta della chiesa al sepolcro del santo, ed i malati che si avvicinarono al sepolcro furono guariti, né rimase in essi traccia d'infermità, di modo che la fama del santo si sparse

sempre più ed una folla di ammalati incominciò ad affluire alla chiesa, e chiunque veniva era guarito e lasciava doni in ringraziamento.

2.3 I pellegrini escono guariti da S. Pietro in Ciel d'Oro

Come già anticipato, essendo questa scena collegata alla precedente, vuol mostrare l'istante in cui i pellegrini, avendo chiesto la grazia al santo, riescono ad uscire dalla basilica con le proprie gambe, senza più l'ausilio del bastone.

Non essendo presente ai tempi in cui fu realizzata la scultura il concetto di prospettiva (che venne introdotto da Filippo Brunelleschi nel Quattrocento⁵), è possibile quindi notare come sia stata realizzata la chiesa di San Pietro in maniera molto stilizzata, dalla quale si possono ammirare il campanile, la facciata principale e le navate.



Figura 4: I pellegrini escono guariti da San Pietro in Ciel d'Oro

“Andate a Pavia e domandate dove è la chiesa di S. Pietro; e là otterrete la grazia che chiedete. Gli domandarono essi il suo nome ed egli rispose: Ed immediatamente disparve.”

JACOPO DA VARAGINE, Legenda Aurea

⁵ <URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Prospettiva>>

Software e Sviluppo



Figura 5: Splashscreen dei software utilizzati: Blender e Adobe Fuse Character Creator.

3.1 Blender

Blender è un software open source per la modellazione grafica 3D ed è disponibile per molte piattaforme tra cui Windows, macOS e Linux. Originariamente, fu concepito come tool di sviluppo interno dello studio di animazione olandese NeoGeo, per poi essere rilasciato con licenza freeware e successivamente con licenza open source⁶.

Questo, oltre alla modellazione vera e propria attraverso diverse metodologie, permette:

- Il *rigging*, con cui è possibile effettuare delle pose di modelli, sfruttando un sistema che permette di legare delle “ossa” virtuali a delle parti di questi;
- L'*animazione*, ovvero la possibilità di creare movimenti fluidi dei modelli unendo più pose o *frame* d'animazione, create con il sistema di rigging;
- Il *rendering*, ossia la creazione di immagini bidimensionali partendo dal modello creato in tre dimensioni.

Nel processo di sviluppo dei modelli si è ricorso al rigging e al rendering, oltre ad altre modalità di gestione e sviluppo di quest'ultimi, come:

- *Object mode*, la modalità di base che permette solamente il posizionamento dell'oggetto puntato, quindi si parla di traslazione, rotazione e grandezza;
- *Editing Mode*, una modalità già più avanzata in quanto permette di rifinire più in dettaglio gli elementi che compongono l'oggetto, come vertici, bordi e superfici;

⁶ URL: <<https://it.wikipedia.org/wiki/Blender>>

MODELLAZIONE E RENDERING 3D DI BASSORILIEVI TRATTI DALL'ARCA DI SANT'AGOSTINO SITUATA NELLA BASILICA DI SAN PIETRO IN CIEL D'ORO DI PAVIA

- *Sculpt Mode*, la quale, invece di lavorare con i singoli elementi, va ad alterare un'intera area mediante una “spazzola”. Questa va a manipolarne quindi la geometria⁷;
- *Pose Mode*, che infine permette di creare delle pose per i modelli che prevedono il modificatore Armature.

3.2 Adobe Fuse Character Creator

Fuse Character Creator è un software sviluppato in origine da Mixamo, la quale è stata acquisita da Adobe System, che ne ha proseguito lo sviluppo. È utilizzato per la creazione di modelli 3D di personaggi. L'interfaccia che si presenta (Fig. 6) risulta essere molto intuitiva, in quanto, con pochi click del mouse, si può arrivare ad avere un modello con fattezze umane.

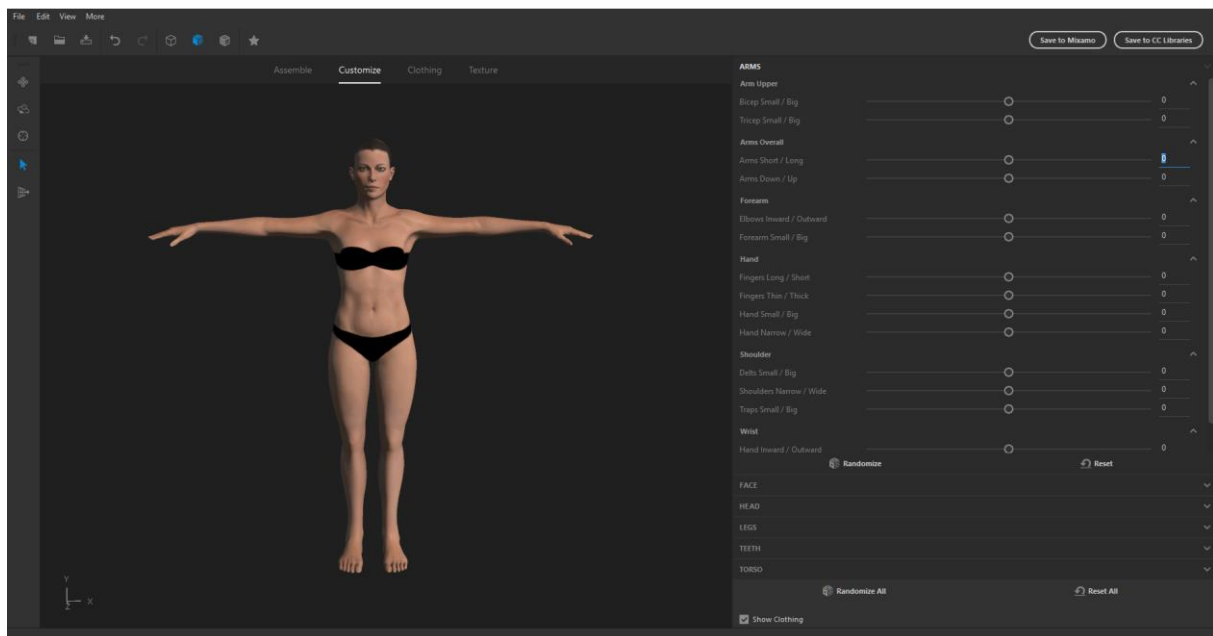


Figura 6: Modello generato con Adobe Fuse Character Creator.

Una volta effettuata questa prima procedura, si potrà eventualmente realizzare una personalizzazione del modello attraverso la sezione apposita, mediante delle barre a scorrimento che permettono di modificare ogni singolo dettaglio, come naso, occhi o anche espressioni facciali.

⁷ URL:< https://docs.blender.org/manual/de/dev/sculpt_paint/sculpting/introduction.html >

MODELLAZIONE E RENDERING 3D DI BASSORILIEVI TRATTI DALL'ARCA DI SANT'AGOSTINO SITUATA NELLA BASILICA DI SAN PIETRO IN CIEL D'ORO DI PAVIA

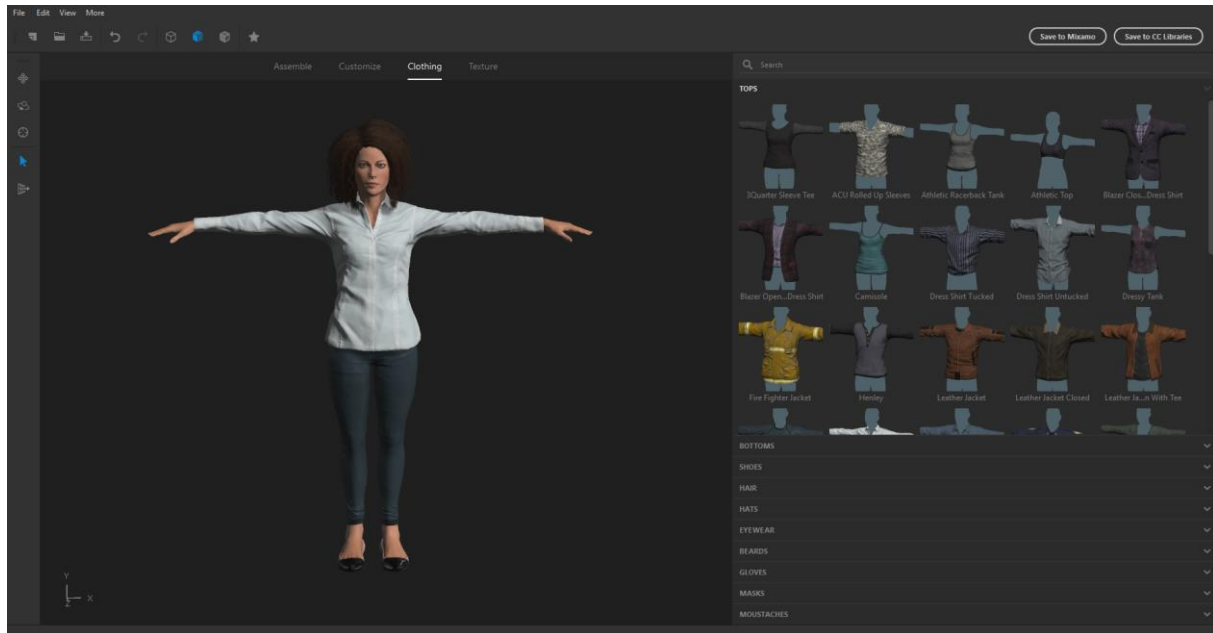


Figura 7: Modello vestito con asset di default.

Successivamente, è possibile anche “vestire” il personaggio creato sfruttando degli asset predefiniti presenti di default al momento dell’installazione del programma (Fig. 7), oppure è anche disponibile l’importazione di strutture personalizzate mediante la sezione apposita.

Quindi, per poter realizzare i modelli necessari al completamento delle scene, si usufruisce di questa procedura per fare in modo di rendere più veritiera e fedele possibile la resa finale delle scene.

3.3 La modellazione e rendering

Dopo una prima fase iniziale di apprendimento dei programmi, tramite tutorial e corsi online, si è scelto di procedere in due direzioni diverse per i modelli, per gli ambienti ed oggetti, eccezion fatta per il modello di S. Agostino:

- Per i modelli dei personaggi si è ricorso all’utilizzo di Adobe Fuse, e attraverso la procedura descritta nel paragrafo precedente, si è cercato di ottenere dei modelli che potessero essere il più possibile compatibili con quelli presenti nelle scene. Si è quindi provveduto ad esportare il tutto in .OBJ, ovvero un formato di definizione di geometrie, in modo da poter essere

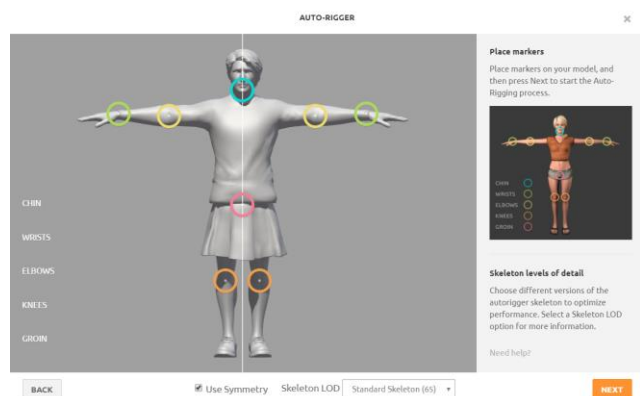


Figura 8: Posizionamento delle giunture su Mixamo.com

MODELLAZIONE E RENDERING 3D DI BASSORILIEVI TRATTI DALL'ARCA DI SANT'AGOSTINO SITUATA NELLA BASILICA DI SAN PIETRO IN CIEL D'ORO DI PAVIA

letto dall'importatore presente sul sito di Mixamo. Qui, dopo la registrazione al sito e importazione del modello, si è ricorso all'uso della funzione di AutoRigging, la quale permette di impostare, attraverso dei cursori, la posizione delle giunture, le quali servono all'algoritmo per definire al meglio le ossa dello scheletro che servirà a definire la posa finale del personaggio (Fig.8). Una volta completata, quindi, si potrà procedere allo scaricamento in formato .FBX (FilmBox), ovvero un formato proprietario di AutoDesk, e alla successiva importazione in Blender;

- Per quanto che riguarda i modelli degli oggetti e degli ambienti, si è ricorso all'utilizzo di Adobe Photoshop per individuare, tramite la modalità righello, una proporzione per quanto concerne la figura triangolare posta come sfondo delle scene. Sia lo sfondo che il modello della basilica, quindi, sono stati creati in Blender da zero, sfruttando due elementi disponibili nel programma:

- o Le *primitive* (Fig.9), cioè oggetti di base presenti di default nel programma, i quali possono essere bidimensionali, come cerchi e piani, ma anche tridimensionali, come per esempio cubi, cilindri e sfere;

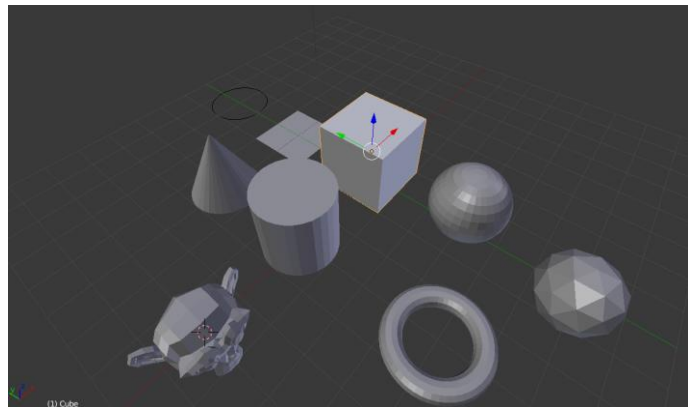


Figura 9: Insieme di primitive presenti in Blender.

- o La *modellazione per estrusione*, ovvero una semplice tecnica mediante la quale partendo da una figura piana, come per esempio una faccia del mesh che si sta creando, si va a creare un oggetto tridimensionale, mediante l'imposizione di un'altezza e una direzione di estrusione.

- Infine per gli abiti S. Agostino, si è scelto di ricorrere alla tecnica del *Box Modeling*, che prevede la creazione in bassa definizione o *low poly* di una forma verosimigliante della parte a cui si sta mirando a creare, modellandola mediante

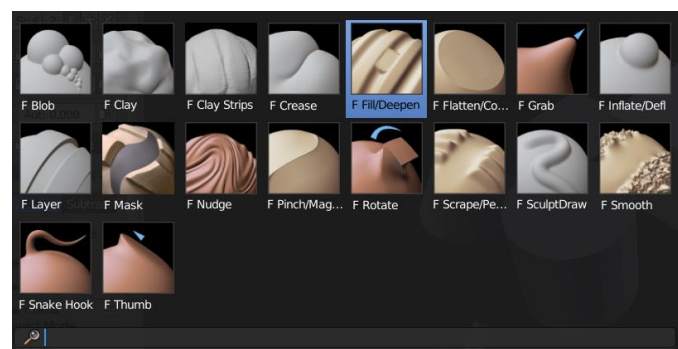


Figura 10: Le scelte disponibili nella sculpt mode di Blender.

la sculpt mode. In dettaglio, durante lo sviluppo degli abiti del santo, si è ricorso all'utilizzo di:

- o *F Grab*, che permette di "tirare" o "schacciare" la parte selezionata;

MODELLAZIONE E RENDERING 3D DI BASSORILIEVI TRATTI DALL'ARCA DI SANT'AGOSTINO SITUATA NELLA BASILICA DI SAN PIETRO IN CIEL D'ORO DI PAVIA

- *F Smooth*, per rendere più fini le curve degli abiti;
- *F Nudge*, per creare le pieghe del vestito presenti in basso;
- *F SculptDraw*, per fare eventualmente delle correzioni dipendenti dal caso.

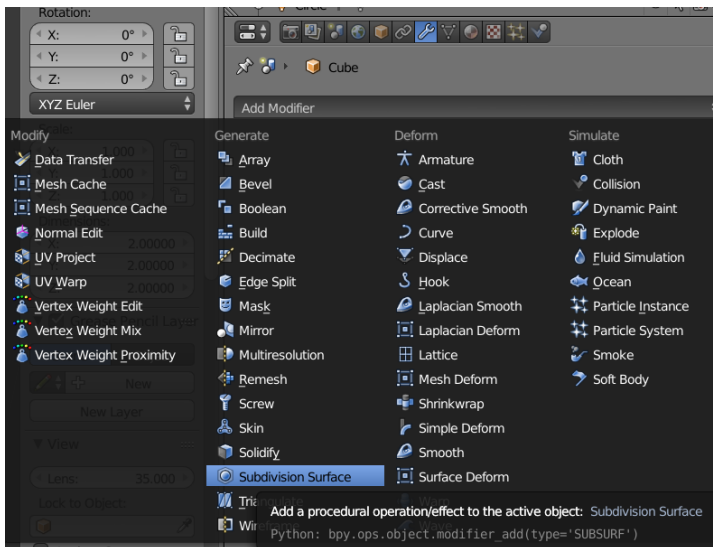


Figura 11: I vari modificatori, con Subdivision Surface in evidenza.

Una volta realizzato questo, si è utilizzato il modificatore *Subdivision Surface* (Fig.11), il quale suddivide ogni faccia del modello, cercando inoltre di rendere più lisce le curve ed in generale il risultato finale. Questo permette quindi di poter modificare mesh ad alta risoluzione senza aver bisogno di salvare una grossa quantità di dati⁸.

Generati tutti i modelli dei personaggi, degli ambienti e degli oggetti si è quindi generato un unico

file dove man mano tutti i vari elementi sono stati importati, sfruttando la Pose Mode per adattare le pose dei protagonisti delle scene di volta in volta e la possibilità di nascondere i componenti già posati mediante l'icona apposita a forma di occhio presente nell'Outliner in alto a destra.

L'ultimo passaggio, una volta preparata la scena, riguarda il rendering finale.

⁸ URL:<<https://docs.blender.org/manual/de/dev/modeling/modifiers/generate/subsurf.html>>

3.3.1 Rendering

Con il processo di rendering, si intende quella procedura che permette di ottenere, partendo da una rappresentazione di un modello tridimensionale, un'immagine bidimensionale realistica, anche usando effetti di luci, ombre e colori.

Gli attori che entrano in gioco in Blender, nel momento in cui si vuol renderizzare, sono essenzialmente tre:

- In primis il *modello*, nel quale si deve avere l'accortezza di bloccare eventuali modifiche della posa, mediante il menù attivabile con la scorciatoia da tastiera I e selezionando *LocRotScale*, altrimenti i modelli verranno renderizzati con la posa di riposo impostata (T-Pose nel caso di modelli importati con la procedura descritta precedentemente);
- L' *illuminazione*, con cui sarà possibile condizionare il modo in cui verrà illuminato il modello. È possibile scegliere tra diverse tipologie di luci, come per esempio *point*, che permette di posizionare una fonte luminosa che emette la luce come se fosse una lampadina, oppure *sun*, che simula appunto la luce del sole, ed è inoltre possibile impostare la direzione con cui viene

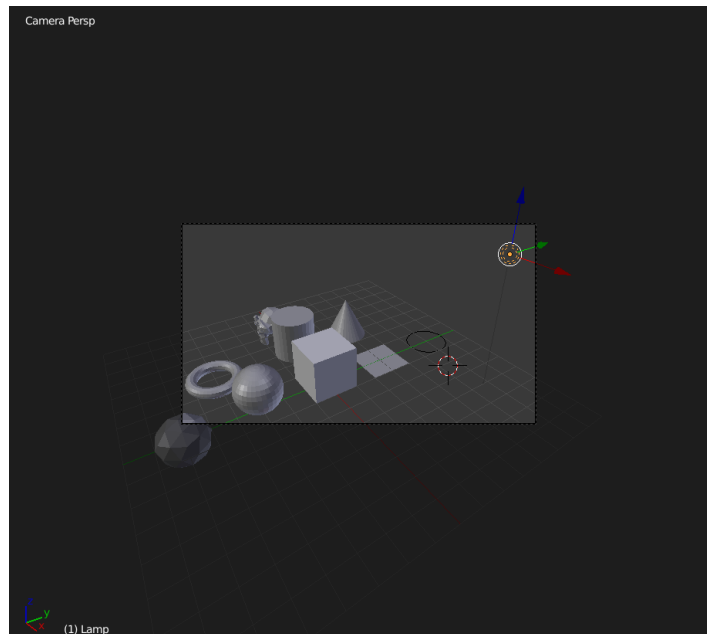


Figura 12: Vista in modalità Camera Perspective, con la fonte luminosa in alto a destra.

emessa;

- La *camera*, la quale si occupa di catturare la scena calcolando le interpolazioni tra il modello e l'illuminazione della scena, e sottostà alle stesse regole degli altri oggetti in quanto può essere liberamente scalata, traslata e spostata. In questo caso viene in aiuto la scorciatoia da tastiera 0, la quale sposta la vista inquadrando ciò che mostrerà la camera in fase di rendering (da qui, mediante la pressione di Shift+F, sarà possibile spostarsi liberamente usando i tasti WASD come negli sparattutto in prima persona). Va inoltre menzionato il fatto che da qui è possibile selezionare la risoluzione finale del render, oltre ad altri parametri come il livello di compressione che avrà l'immagine finale, o l'antialiasing, cioè quel procedimento che permette di smussare i bordi dell'immagine, utile se si sta effettuando un render a bassa risoluzione.

MODELLAZIONE E RENDERING 3D DI BASSORILIEVI TRATTI DALL'ARCA DI
SANT'AGOSTINO SITUATA NELLA BASILICA DI SAN PIETRO IN CIEL D'ORO DI
PAVIA

Una volta trovato la migliore combinazione di questi tre fattori, è possibile effettuare il render mediante la pressione del tasto F12 da tastiera, ed eventualmente salvare il risultato con le modalità scelte in precedenza dal menù Image -> Save As Image.



Figura 13: Scena “Agostino indica a dei pellegrini zoppi il luogo della sua tomba” (Render in basso)



MODELLAZIONE E RENDERING 3D DI BASSORILIEVI TRATTI DALL'ARCA DI
SANT'AGOSTINO SITUATA NELLA BASILICA DI SAN PIETRO IN CIEL D'ORO DI
PAVIA



Figura 13: Scena “I pellegrini escono guariti da San Pietro in ciel d’oro”
(Render in basso)



Conclusioni

Questo progetto ha permesso di poter approfondire la mia conoscenza relativa al mondo della grafica tridimensionale, oltre ad arricchire la mia cultura relativa al patrimonio culturale pavese. È inoltre emerso come una maggiore interconnessione tra gli esperti in ambito artistico e culturale e gli esperti in ambito tecnico possano portare la fruizione di opere monumentali sotto una nuova veste, in quanto una volta conclusa l'intera Arca, questa potrà essere stampata in 3D in dimensioni più ridotte rispetto l'originale, in modo da ottenere una maggiore visibilità ed accessibilità di quest'ultima.

Con riguardo verso lo scopo ultimo del progetto, si è scelto di non effettuare la procedura di *texturing* delle scene, ovvero quella procedura che permette di proiettare immagini sui modelli in modo da renderli più colorati, per via del fatto che, oltre a ridurre la resa finale, non sarebbe stato utile al fine per cui si pongono le scene create.

Per il futuro, infine, si auspica un percorso simile anche per altri monumenti importanti del patrimonio italiano, in quanto questo permetterà anche a persone con diverse disabilità, di poter apprezzare al meglio le opere per cui il nostro paese è famoso, come per esempio alle persone con l'impossibilità di vedere, si possono predisporre percorsi guidati tattili.