

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria del Cinema e dei Mezzi di Comunicazione

Tesi di Laurea Magistrale

## Valutazione dei condizionamenti operanti ambientali nella VR a fine clinico: studio prospettico



**Politecnico  
di Torino**

**Relatore**

Prof. Andrea Bottino

**Candidato**

Giuseppe Forma

**Correlatore**

Prof. Francesco Strada

Dicembre 2024



*A mia mamma*



## **Abstract**

L'uso della realtà virtuale (VR) nel campo medico e psicologico rappresenta un'opportunità innovativa per creare ambienti controllati e immersivi in grado di replicare situazioni reali. Questo studio prospettico, svolto in collaborazione con il Dipartimento di Neuroscienze dell'Università di Torino, analizza l'effetto di due ambientazioni VR cliniche sulla percezione degli utenti, la reazione allo stress e il livello di immersione.

L'applicazione sviluppata, chiamata Placeo VR (nome derivato dal verbo latino *placĕo*, ovvero piacere, approvare, portare beneficio), è stata realizzata mediante l'utilizzo del motore di sviluppo Unity, il quale permette la creazione di simulazioni modulari, consentendo di modificare diversi parametri ambientali. Tuttavia, per questo progetto sono state ideate due simulazioni specifiche: un ambulatorio medico con interni scarni o poco curati, volti a suscitare stimoli negativi, e un ambiente clinico curato e accogliente volto a promuovere il rilassamento e stimoli positivi. Attraverso l'utilizzo del visore Meta Quest 3, sono stati implementati dettagli come illuminazione, materiali realistici e interazioni immersive per influenzare la percezione degli utenti.

I risultati mirano a comprendere l'impatto delle variabili ambientali sulla risposta psicofisiologica dei partecipanti, fornendo indicazioni per la progettazione di ambienti VR clinici che possano migliorare il benessere dei pazienti e ridurre lo stress. Questa ricerca punta a guidare lo sviluppo futuro di strumenti VR personalizzati per il contesto clinico, proponendo un approccio innovativo al miglioramento dell'esperienza terapeutica e del benessere psicologico.

## Sommario

La tecnologia della realtà virtuale (Virtual Reality - VR) offre nuove possibilità nel campo della medicina e della psicologia permettendo di creare ambienti controllati e immersivi che replicano con precisione situazioni reali. Questo progetto, realizzato in collaborazione con il Dipartimento di Neuroscienze per la valutazione della parte clinica e psicologica, ha come obiettivo la valutazione dell'effetto di diversi ambienti virtuali clinici sulla percezione degli utenti, la reazione allo stress e il livello di comfort utilizzando Unity come piattaforma di sviluppo e il visore Meta Quest 3 per la fruizione dell'esperienza VR, con l'obiettivo finale di confrontare le risposte psicologiche degli utenti a due ambienti distinti: un ambulatorio medico in condizioni decadenti e una versione con arredi pregiati, progettata per offrire un'esperienza più confortevole e rilassante. Le due simulazioni sono studiate per offrire stimoli differenti (negativi o positivi).

Unity è stato scelto come motore di sviluppo per la sua versatilità e le avanzate capacità di rendering e scripting, fondamentali per costruire ambienti 3D realistici e immersivi. Grazie a Unity, è stato possibile progettare ogni dettaglio dell'ambiente clinico, dalla geometria degli spazi all'illuminazione, fino alle interazioni e agli elementi sonori, tutti gestiti in modo da poter controllare vari parametri e ottimizzare l'esperienza in base agli obiettivi clinici e psicologici, in linea con il feedback e i requisiti del Dipartimento di Neuroscienze dell'Università di Torino, sfruttando una vasta gamma di strumenti tecnici utilizzati intensamente in questo progetto.

Gli shader di Unity sono stati impiegati per creare materiali realistici che simulano superfici tipiche di un ambiente clinico come il metallo degli

strumenti medici, il vetro delle finestre e le superfici sterili dei mobili. Unity consente inoltre di creare interazioni complesse tramite scripting in C#: in questo progetto sono stati implementati script che permettono agli utenti di muoversi liberamente nello spazio VR, interagire con oggetti e percepire suoni ambientali spazializzati. Nell'ambulatorio migliorato, per esempio, sono stati introdotti suoni di sottofondo naturali per favorire un'atmosfera rilassante; questi elementi interattivi sono stati sviluppati in collaborazione con il Dipartimento di Neuroscienze per garantire che fossero adeguati agli obiettivi clinici.

Unity consente infine di simulare la fisica degli oggetti, migliorando l'interazione e il movimento per garantire una risposta realistica. Anche se l'ambiente clinico è statico in molte componenti, la simulazione fisica è stata applicata agli oggetti manipolabili, offrendo un'esperienza fluida e intuitiva. Per la creazione di alcuni modelli 3D è stato utilizzato Blender, un software di modellazione open-source che offre strumenti potenti per creare dettagli visivi ad alta fedeltà; Blender ha consentito la modellazione di oggetti specifici dell'ambiente clinico, successivamente importati in Unity per essere integrati nella scena VR. Per la creazione di alcune texture è stato utilizzato Adobe Substance 3D Painter, un software di pittura 3D utile per creare texture, materiali e maschere su risorse 3D. Queste texture, una volta importate in Unity, mantengono un aspetto visivo coerente e realistico nell'ambiente virtuale.

Dopo aver sviluppato gli ambienti in Unity e ottimizzato modelli e texture da Blender e Adobe Substance 3D Painter, l'intero progetto è stato implementato su Meta Quest 3, un visore VR stand-alone con capacità avanzate di tracking e grafica, con la portabilità del Quest 3 che consente ai partecipanti di muoversi liberamente nello spazio, migliorando

l'immersione e la sensazione di presenza nell'ambiente. Per garantire prestazioni fluide, sono state applicate numerose ottimizzazioni, tra cui la riduzione del numero di poligoni, uso di LOD (Level of Detail) per le mesh, l'utilizzo di texture compresse, l'Occlusion Culling e una gestione avanzata della memoria. Il tracking avanzato del Quest 3 permette movimenti naturali della testa e delle mani, migliorando ulteriormente l'interattività dell'esperienza VR.

Grazie alla collaborazione con il Dipartimento di Neuroscienze, il progetto prevede la somministrazione degli ambienti VR a due campioni di partecipanti: il Gruppo A sarà esposto all'ambiente clinico decadente, mentre il Gruppo B sperimenterà l'ambiente migliorato. A entrambi i gruppi verranno somministrati questionari standardizzati per valutare variabili sia qualitative, come comfort e percezione dell'ambiente, sia quantitative, come i livelli di stress e ansia. I dati raccolti sono stati analizzati per determinare l'eventuale impatto delle variabili ambientali sulla percezione e sul benessere psicofisiologico dei partecipanti. Per il confronto delle variabili qualitative tra i due gruppi, sono stati utilizzati test chi-quadrato, mentre per le variabili quantitative si impiegheranno test t di Student o test U di Mann-Whitney, in base alla distribuzione dei dati.

Tutti i test statistici sono stati condotti con un livello di significatività fissato a 0.05 per garantire la solidità dei risultati, livello che consente di stabilire se le differenze osservate nelle risposte dei partecipanti siano statisticamente significative e non dovute al caso; l'analisi statistica permetterà di identificare differenze significative nelle risposte dei partecipanti, confermando o smentendo l'efficacia dell'ambiente migliorato rispetto a quello decadente.

L'uso combinato di Unity e Blender, insieme alla tecnologia del Meta Quest 3, ha permesso di creare ambienti clinici virtuali realistici e ottimizzati, con l'obiettivo di influenzare positivamente il benessere dei pazienti, con il progetto che mira a fornire indicazioni concrete su come progettare ambienti VR in grado di migliorare l'esperienza clinica e ridurre lo stress degli utenti in contesti terapeutici. I risultati di questa ricerca, supportata dal Dipartimento di Neuroscienze, potrebbero orientare lo sviluppo futuro di strumenti VR personalizzati per scopi clinici, contribuendo a creare ambienti più terapeutici e favorevoli al benessere psicologico degli utenti.

In sintesi, questo lavoro si propone di esplorare e comprendere l'impatto delle ambientazioni virtuali sui parametri psicologici e fisiologici degli utenti, offrendo un approccio innovativo alla valutazione e al miglioramento del benessere clinico attraverso la realtà virtuale. La collaborazione con il Dipartimento di Neuroscienze ha arricchito questo progetto, permettendo di integrare una prospettiva scientifica rigorosa alla costruzione dell'ambiente virtuale e alle metodologie di analisi. Auspico che questa ricerca contribuisca a delineare nuovi orizzonti nel campo della VR applicata al contesto sanitario, fornendo una base solida per futuri studi e applicazioni pratiche che migliorino l'esperienza del paziente e l'efficacia delle terapie.

# Indice

Abstract.....	I
Sommario .....	II
Indice.....	VI
Elenco delle tabelle.....	IX
Elenco delle figure.....	X
Acronimi.....	XII
1 Introduzione .....	1
1.1 Contesto e motivazioni.....	2
1.2 Obiettivi della ricerca .....	3
1.3 Requisiti del Dipartimento di Neuroscienze .....	5
1.4 Placeo VR.....	5
2 Stato dell'arte .....	7
2.1 Metaverse for Healthcare.....	7
2.2 My doctor is an avatar!.....	8
2.3 Applicazioni Cliniche della Realtà Virtuale.....	9
3 Tecnologie utilizzate .....	10
3.1 Visore Meta Quest 3.....	10
3.2 Cuffie J-ANKKA F2 .....	10
3.3 Unity .....	11
3.4 PlayFab .....	12
3.5 Microsoft Azure.....	14

3.6	Blender.....	15
3.7	Adobe Substance 3D Painter .....	15
3.8	Meta Quest Developer Hub.....	15
3.9	Microsoft Rocketbox Avatar Library .....	15
3.10	Adobe Illustrator.....	16
3.11	Visual Studio Code .....	17
4	L'applicazione Unity sviluppata.....	18
4.1	Architettura dei servizi .....	18
4.2	Applicazione desktop.....	19
4.3	Creazione di una Simulazione .....	22
4.4	Avviare una Simulazione.....	26
4.5	Applicazione per visore .....	28
4.6	Tutorial .....	29
5	Metodologia.....	33
5.1	Raccolta dati.....	33
5.2	Analisi dei dati .....	34
6	Sperimentazione.....	35
6.1	Preparazione .....	35
6.2	Struttura dell'esperimento .....	36
7	Risultati.....	40
7.1	Età dei partecipanti.....	40
7.2	Sesso dei partecipanti.....	42
7.3	Altre informazioni di base .....	42

7.4	Domande ad hoc .....	44
7.5	Igroup Presence Questionnaire (IPQ) .....	48
7.6	ITC-SOPI .....	51
7.7	System Usability Scale.....	53
8	Conclusioni .....	55
8.1	Raccomandazioni e accorgimenti per studi futuri.....	56
9	Ringraziamenti .....	58
10	Bibliografia.....	60

## Elenco delle tabelle

<b>Tabella 5.1:</b> Differenze fra le due simulazioni .....	33
<b>Tabella 7.1:</b> Età dei partecipanti.....	41
<b>Tabella 7.2:</b> Sesso dei partecipanti.....	42
<b>Tabella 7.3:</b> Domande con informazioni di base .....	43
<b>Tabella 7.4:</b> Statistiche domande ad hoc.....	45
<b>Tabella 7.5:</b> Domande IPQ.....	49
<b>Tabella 7.6:</b> Domande e risposte del test ITC-SOPI .....	53
<b>Tabella 7.7:</b> Domande e risposte SUS.....	54
<b>Tabella 8.1:</b> Parametri ipotizzati sul rilassamento dei soggetti.....	56

## Elenco delle figure

<b>Figura 1.1:</b> Logo di Placeo VR .....	6
<b>Figura 3.1:</b> Visore Meta Quest 3 e Controller Touch Plus .....	10
<b>Figura 3.2:</b> Interfaccia di Playfab in cui si intravedono i file JSON..	13
<b>Figura 3.3:</b> Logo di MySpeechServices .....	14
<b>Figura 3.4:</b> Alcuni degli avatar presenti nella libreria Rocketbox....	16
<b>Figura 3.5:</b> Icona di Placeo VR.....	17
<b>Figura 4.1:</b> Architettura dei servizi utilizzati da Placeo VR.....	19
<b>Figura 4.2:</b> Interfaccia di benvenuto .....	20
<b>Figura 4.3:</b> Schermata Simulazioni .....	21
<b>Figura 4.4:</b> Schermata Raccolta .....	21
<b>Figura 4.5:</b> Schermata Impostazioni .....	22
<b>Figura 4.6:</b> Impostare i parametri della Simulazione.....	23
<b>Figura 4.7:</b> I parametri vengono visualizzati solo se necessari .....	23
<b>Figura 4.8:</b> Sezione Accessibilità .....	24
<b>Figura 4.9:</b> Pannello di Aiuto.....	24
<b>Figura 4.10:</b> Salvare la Simulazione.....	25
<b>Figura 4.11:</b> Popup di conferma.....	25
<b>Figura 4.12:</b> Visione del file .JSON con i parametri.....	26
<b>Figura 4.13:</b> Pulsante Avvia .....	27
<b>Figura 4.14:</b> Avvio della Simulazione.....	27
<b>Figura 4.15:</b> Popup di conferma.....	27
<b>Figura 4.16:</b> Simulazione pronta .....	28
<b>Figura 4.17:</b> Accesso con l'app per visore .....	28
<b>Figura 4.18:</b> Tutorial - Sistemare il visore .....	29
<b>Figura 4.19:</b> Tutorial - Cambiare angolo di visuale .....	30
<b>Figura 4.20:</b> Tutorial - Come muoversi .....	30

<b>Figura 4.21:</b> Tutorial - Teletrasporto .....	31
<b>Figura 4.22:</b> Tutorial - Afferrare gli oggetti.....	31
<b>Figura 4.23:</b> Tutorial - Afferrare gli oggetti a distanza.....	32
<b>Figura 4.24:</b> Tutorial – Fine .....	32
<b>Figura 6.1:</b> Neurgel ed elettrodi .....	35
<b>Figura 6.2:</b> Ingresso nella simulazione in posizione seduta .....	36
<b>Figura 6.3:</b> NPC receptionist invita l'utente ad entrare .....	37
<b>Figura 6.4:</b> NPC Medico .....	38
<b>Figura 6.5:</b> Elettrodo simula la patch.....	39
<b>Figura 7.1:</b> Grafici età Gruppi a confronto .....	41
<b>Figura 7.3:</b> Grafico livelli di stress - Gruppo A .....	46
<b>Figura 7.4:</b> Grafico livelli di stress - Gruppo B.....	46
<b>Figura 7.5:</b> Grafico valutazione ambiente Gruppo A.....	47
<b>Figura 7.6:</b> Grafico valutazione ambiente Gruppo B .....	47
<b>Figura 7.7:</b> Grafico livelli di rilassamento Gruppo A.....	48
<b>Figura 7.8:</b> Grafico livelli di rilassamento Gruppo B .....	48
<b>Figura 7.9:</b> Sensazione di “essere lì” Gruppo A.....	50
<b>Figura 7.10:</b> Sensazione di “essere lì” Gruppo B.....	50
<b>Figura 7.11:</b> Consapevolezza del mondo reale Gruppo A .....	51
<b>Figura 7.12:</b> Consapevolezza del mondo reale Gruppo B.....	51

## **Acronimi**

<b>VR</b>	Virtual Reality
<b>MR</b>	Mixed Reality
<b>LOD</b>	Level Of Detail
<b>IPQ</b>	Igroup Presence Questionnaire
<b>SUS</b>	System Usability Scale
<b>URP</b>	Universal Render Pipeline
<b>HDRP</b>	High Definition Render Pipeline
<b>TTS</b>	Text-To-Speech
<b>STT</b>	Speech-To-Text
<b>SDK</b>	Software Development Kit
<b>IA</b>	Intelligenza Artificiale
<b>AR</b>	Augmented Reality
<b>HCI</b>	Human Computer Interaction
<b>NPC</b>	Non-Playable Character

# Capitolo 1

## 1 Introduzione

Negli ultimi decenni, l'evoluzione tecnologica ha trasformato profondamente il panorama della ricerca in ambito clinico, offrendo strumenti sempre più avanzati per esplorare e comprendere il comportamento umano, migliorare i trattamenti terapeutici e ottimizzare l'assistenza sanitaria. Tra queste innovazioni, la *Realtà Virtuale* si è affermata come una delle tecnologie più promettenti, grazie alla sua capacità di creare ambienti immersivi e controllati che simulano fedelmente scenari reali.

La VR consente non solo di riprodurre situazioni quotidiane con un alto grado di realismo, ma anche di manipolare e personalizzare gli stimoli in modi che, nel mondo fisico, richiederebbero un impegno considerevole in termini di tempo, costi e risorse. Questo la rende un potente strumento nel campo della medicina e della psicologia, offrendo nuove prospettive per la diagnosi, il trattamento e la riabilitazione. Le applicazioni spaziano dall'addestramento dei professionisti sanitari, all'esposizione graduale per affrontare fobie, fino all'assistenza nella riabilitazione motoria e cognitiva.

Nel contesto di questa tesi, verrà esplorato il potenziale della Realtà Virtuale come strumento innovativo per migliorare il benessere psicologico e ridurre lo stress degli utenti in ambienti clinici. Attraverso un'analisi delle sue applicazioni e delle sue implicazioni, si intende evidenziare come questa tecnologia non solo ampli i confini della conoscenza scientifica, ma offra anche nuove possibilità per migliorare la qualità della vita delle persone.

### **1.1 Contesto e motivazioni**

Questa tesi nasce dalla collaborazione con il Dipartimento di Neuroscienze dell'Università di Torino, che ha individuato nelle tecnologie di Realtà Virtuale un potente strumento per affrontare alcune delle sfide presenti nella ricerca clinica e psicologica. Tra le potenziali applicazioni di maggior interesse, il Dipartimento ha evidenziato la possibilità di utilizzare la VR per condurre studi sull'effetto placebo. Tradizionalmente, tali studi vengono svolti in ambienti reali, che possono essere modificati per includere specifici stimoli o parametri. Tuttavia, queste modifiche possono essere laboriose, costose e spesso limitate dalla difficoltà di ricreare certi elementi o situazioni in modo rapido e flessibile.

Nella ricerca sul placebo, alcuni parametri ambientali di interesse includono elementi relativamente semplici da implementare, come l'aggiunta di musica di sottofondo, la presenza di piante decorative, certificati professionali appesi alle pareti o piccoli dettagli visivi che trasmettono professionalità e accoglienza. Tuttavia, il Dipartimento ha individuato la necessità di lavorare anche con elementi più complessi, come la modifica dello stile e della quantità degli arredi, la configurazione spaziale degli ambienti o l'ambientazione esterna visibile dalle finestre. Questi aspetti, sebbene fondamentali per comprendere l'influenza dell'ambiente sul benessere psicologico e fisiologico dei partecipanti, risultano difficili da ricreare o adattare rapidamente in un contesto fisico.

La Realtà Virtuale offre una soluzione ideale a queste problematiche, permettendo di manipolare l'ambiente simulato con precisione e senza gli elevati costi associati a modifiche fisiche reali. Inoltre, queste modifiche possono essere apportate in tempi estremamente rapidi, consentendo ai

ricercatori di testare diverse condizioni sperimentali senza dover ricorrere a risorse aggiuntive o interrompere le normali attività di laboratorio.

Il progetto presentato in questa tesi si inserisce in questo contesto, proponendosi di esplorare e validare le potenzialità della VR come strumento per creare ambienti clinici simulati. Grazie a questa tecnologia, non solo è possibile ricreare scenari complessi e immersivi, ma anche testare in modo controllato l'effetto di specifici stimoli ambientali sulla percezione, il livello di stress e il comfort degli utenti. Questo approccio rappresenta un significativo passo avanti per la ricerca, non solo nell'ambito dell'effetto placebo, ma anche in molti altri campi in cui il controllo e la personalizzazione dell'ambiente rivestono un ruolo cruciale.

### **1.2 Obiettivi della ricerca**

L'obiettivo principale di questa ricerca è valutare l'impatto di ambienti virtuali clinici distinti sulle risposte psicologiche degli utenti, con particolare attenzione alla percezione, al livello di stress e alla sensazione di accoglienza o disagio generata dagli spazi virtuali. Attraverso l'utilizzo della Realtà Virtuale, questo studio si propone di esplorare come differenti configurazioni ambientali possano influenzare il benessere psicologico degli individui in contesti clinici. In particolare, il progetto prevede il confronto tra *due ambientazioni virtuali*: un ambulatorio medico in condizioni decadenti con stimoli negativi e un ambiente clinico curato e accogliente per promuovere il rilassamento e stimoli positivi.

In particolare, le due ambientazioni virtuali si distinguono per cinque parametri fondamentali:

- Condizioni del mobilio: deteriorato vs. lusso.
- Tipologia di illuminazione: luce bianca fredda vs. luce bianca calda.
- Musica di sottofondo: brani di genere rock vs. musica classica.
- Tipologia di rumori ambientali: suoni fastidiosi vs. rilassanti.
- Ambientazione esterna: contesto urbano vs. contesto rurale.

Gli obiettivi specifici includono:

- Analizzare come elementi ambientali positivi e negativi, quali illuminazione, stile degli arredi, panorami e stimoli uditivi, influenzino la percezione e le sensazioni delle persone.
- Dimostrare la versatilità e l'efficacia della tecnologia VR nello studio di variabili ambientali che, in contesti reali, sarebbero difficili da modificare o controllare.
- Identificare strategie per ottimizzare l'utilizzo della VR in ambito clinico, contribuendo alla progettazione di ambienti terapeutici che siano percepiti come più accoglienti e che riducano il disagio degli utenti.

L'ipotesi prefissata di questa ricerca sostiene che le ambientazioni virtuali cliniche ben curate e accoglienti promuovano un maggiore rilassamento rispetto a quelle caratterizzate da condizioni decadenti e stimoli negativi.

### **1.3 Requisiti del Dipartimento di Neuroscienze**

Alla luce delle motivazioni che hanno spinto il Dipartimento di Neuroscienze a integrare la tecnologia della Realtà Virtuale nella propria ricerca, è emersa la necessità di sviluppare un sistema che soddisfacesse le seguenti specifiche:

- Creazione di simulazioni che riproducano fedelmente un ambiente di ambulatorio clinico in realtà virtuale.
- Parametri ambientali modificabili, consentendo di adattare rapidamente aspetti come gli arredi e i suoni, al fine di testare diverse configurazioni.
- Raccolta di dati sui partecipanti durante le simulazioni, come posizione, rotazione della testa, tempistiche.
- Implementazione di uno script guidato, progettato per orientare i partecipanti durante l'esperienza, garantendo un percorso standardizzato all'interno della simulazione.

### **1.4 Placeo VR**

Il sistema sviluppato, denominato *Placeo VR* (dal verbo latino *plācĕo*, che significa piacere, approvare, portare beneficio), è stato realizzato utilizzando Unity e consente la creazione e fruizione di simulazioni modulari in Realtà Virtuale, con la possibilità di personalizzare diversi parametri ambientali.



*Figura 1.1: Logo di Placeo VR*

*Placeo VR* si compone di due applicazioni complementari: una per la piattaforma Windows e una per il visore Meta Quest 3. L'applicazione per Windows è progettata per i ricercatori e offre una serie di funzionalità avanzate, tra cui la creazione di nuove simulazioni, l'avvio o la cancellazione di simulazioni già esistenti, oltre alla visualizzazione, al download e alla gestione dei dati raccolti durante le esperienze VR dagli utenti. L'applicazione per Meta Quest 3, invece, è pensata per i partecipanti alle simulazioni. Questa include un tutorial interattivo per familiarizzare con i comandi di base necessari per interagire con l'ambiente virtuale, oltre alla possibilità di vivere l'esperienza VR. Le simulazioni fruibili sul visore vengono generate dinamicamente in base ai parametri preimpostati nell'applicazione per Windows, garantendo così una personalizzazione completa e flessibile.

Una descrizione dettagliata delle funzionalità di *Placeo VR* verrà fornita nel Capitolo 4.

## Capitolo 2

### 2 Stato dell'arte

Nel presente stato dell'arte ci si concentra sul ruolo svolto dalla VR per studi clinici atti a migliorare il benessere degli utenti.

#### 2.1 Metaverse for Healthcare

Il Metaverse for Healthcare [1] rappresenta una convergenza di tecnologie avanzate come la realtà virtuale (VR), la realtà aumentata (AR) e l'intelligenza artificiale (AI), che insieme possono trasformare profondamente il settore sanitario. La telepresenza consente ai medici e ai pazienti di interagire in un ambiente virtuale, riducendo la necessità di visite fisiche e migliorando l'accesso alle cure, specialmente in aree remote. La creazione di gemelli digitali dei pazienti permette ai medici di simulare trattamenti e interventi chirurgici in un ambiente virtuale prima di applicarli nella realtà, migliorando la precisione e la sicurezza delle procedure mediche.

La VR e la AR sono utilizzate per la formazione di medici e chirurghi, offrendo simulazioni realistiche di interventi chirurgici e altre procedure mediche, riducendo gli errori e migliorando le competenze dei professionisti sanitari. Inoltre, la VR è impiegata per trattare disturbi psicologici come fobie, stress post-traumatico e dolore cronico, rendendo le terapie più interattive e coinvolgenti. Infine, la blockchain è utilizzata per la gestione sicura dei dati sanitari, garantendo la privacy e la sicurezza delle informazioni dei pazienti. Il metaverso in sanità è ancora in fase di sviluppo,

ma le sue applicazioni promettono di rivoluzionare il modo in cui forniamo e riceviamo cure mediche.

## **2.2 My doctor is an avatar!**

Il documento "My Doctor is an Avatar!" [2] esplora l'effetto dell'antropomorfismo (ovvero quanto l'utente percepisce come "umano" l'avatar del medico con cui sta interagendo) e della ricettività emotiva sull'intenzione degli individui di utilizzare servizi sanitari digitali. Lo studio analizza come le interazioni umane, manipolate come basse nel caso dei chatbot medici e alte nel caso degli avatar dei medici nel Metaverso, influenzino l'intenzione degli individui di utilizzare tali servizi. I risultati mostrano che interazioni più simili a quelle umane, come quelle con gli avatar dei medici nel Metaverso, influenzano positivamente l'intenzione degli individui di utilizzare questi servizi attraverso l'effetto dell'antropomorfismo percepito. Inoltre, questo effetto è significativo solo tra gli individui che mostrano un alto livello di ricettività emotiva.

Il documento sottolinea come le nuove tecnologie, come la realtà aumentata (AR), la realtà virtuale (VR) e la blockchain, abbiano contribuito alla rapida trasformazione dei modelli di business sanitari in modelli digitali. Il Metaverso, in particolare, crea spazi che arricchiscono l'interazione degli individui imitando il mondo reale, permettendo loro di vivere virtualmente le loro vite.

Il documento evidenzia anche come la relazione tra medici e pazienti non si basi solo sulla professionalità, ma anche su caratteristiche individuali come l'empatia e l'emotività, che aiutano a costruire una solida relazione di fiducia. Le interazioni nel Metaverso, attraverso avatar medici, possono

replicare queste caratteristiche umane, migliorando l'esperienza del paziente e la sua intenzione di utilizzare servizi sanitari digitali. Tuttavia, la traduzione di queste relazioni interpersonali in un ambiente virtuale è complessa e richiede un'attenta progettazione per evitare l'effetto "Uncanny Valley", dove le somiglianze human-like potrebbero risultare non piacevoli o aberranti.

### **2.3 Applicazioni Cliniche della Realtà Virtuale**

La VR rappresenta un approccio innovativo nella riabilitazione, offrendo ambienti controllati e sicuri per il recupero di funzioni motorie e cognitive. Studi recenti [3] hanno dimostrato che l'integrazione della VR nei programmi riabilitativi può migliorare significativamente le capacità motorie, l'equilibrio e la coordinazione nei pazienti con disabilità neurologiche. Ad esempio, una revisione ha evidenziato l'efficacia della VR nella riabilitazione dell'arto superiore e nel miglioramento dell'equilibrio in pazienti neurologici, sebbene non siano stati riscontrati miglioramenti significativi nella destrezza manuale o nella capacità di deambulazione

Inoltre, la VR è stata applicata con successo nella riabilitazione cognitiva, supportando il recupero funzionale in pazienti con disturbi cognitivi. L'utilizzo di ambienti virtuali consente di simulare situazioni quotidiane, facilitando l'apprendimento e la pratica di abilità specifiche in un contesto realistico e controllato

## Capitolo 3

### 3 Tecnologie utilizzate

In questo capitolo viene fornita una panoramica delle tecnologie hardware e software utilizzate per lo sviluppo del sistema Placeo VR e per supportare le sperimentazioni.

#### 3.1 Visore Meta Quest 3

Il Meta Quest 3 è un visore standalone per la realtà virtuale (VR) e la realtà mista (MR) sviluppato da Meta (Meta Platforms, Inc., Menlo Park, California, US), progettato per offrire un'esperienza immersiva senza la necessità di connessione a un PC o a dispositivi esterni. Rilasciato come evoluzione del precedente Meta Quest 2, il Quest 3 introduce significativi miglioramenti in termini di prestazioni, comfort e funzionalità.



*Figura 3.1: Visore Meta Quest 3 e Controller Touch Plus*

#### 3.2 Cuffie J-ANKKA F2

Sono state utilizzate cuffie cablate, con driver al neodimio da 50 mm, microfono omnidirezionale con riduzione del rumore, connettività cablata

con jack da 3,5 mm per il collegamento al visore e padiglioni auricolari ergonomici. La scelta di cuffie cablate rispetto a modelli wireless è motivata dall'assenza di ritardi nell'audio, garantendo una sincronizzazione ottimale con le esperienze virtuali. Queste cuffie sono pienamente compatibili con le funzionalità di audio spazializzato del Meta Quest 3 e offrono un ulteriore vantaggio isolando l'utente dai rumori dell'ambiente reale, migliorando così l'immersione.

### 3.3 Unity

Tra i diversi motori grafici disponibili è stato utilizzato Unity [4]. La sua libreria di asset pronti all'uso è ampia e personalizzabile, facilitando l'adattamento alle specifiche esigenze di un progetto. Inoltre, il motore è compatibile con una vasta gamma di piattaforme hardware e software, rendendo semplice l'integrazione con altri strumenti e workflow preesistenti. Unity è disponibile con una versione gratuita, che lo rende accessibile a sviluppatori e ricercatori.

Unity offre tre diverse pipeline di rendering, ciascuna progettata per soddisfare esigenze specifiche di sviluppo:

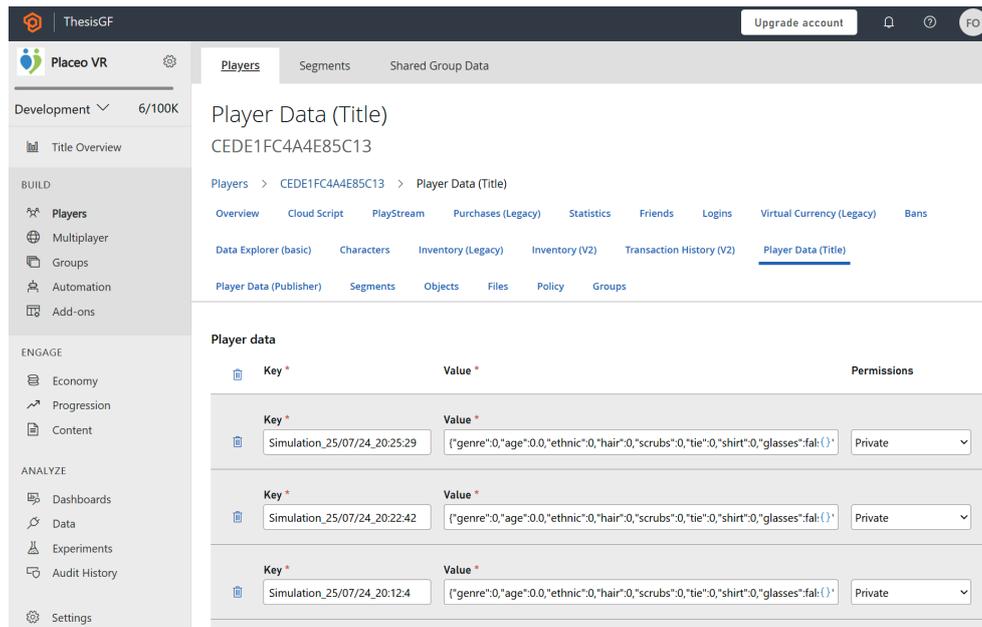
- **Built-In Render Pipeline:** la pipeline predefinita di Unity, con opzioni di personalizzazione limitate, ma sufficiente per progetti meno complessi.
- **Universal Render Pipeline (URP):** una pipeline scriptabile e altamente personalizzabile, ideale per creare applicazioni con grafica scalabile compatibile con un'ampia gamma di dispositivi.

- High Definition Render Pipeline (HDRP): anch'essa scriptabile e personalizzabile, ma progettata per ottenere un livello di qualità grafica estremamente elevato, specificamente destinata a dispositivi ad alte prestazioni.

Per lo sviluppo di Placeo VR è stata scelta la Universal Render Pipeline (URP), grazie alla sua compatibilità con numerosi plugin e asset disponibili nello Unity Asset Store. Questa pipeline si è rivelata particolarmente adatta, considerando che Placeo VR è progettato per funzionare su un visore VR standalone con capacità di calcolo limitate.

### **3.4 PlayFab**

Considerando che il sistema Placeo VR è costituito da due applicazioni per piattaforme diverse (Windows e Meta Quest 3), è stato necessario implementare un servizio per la gestione e lo scambio dei dati. A tale scopo, è stata utilizzata la piattaforma PlayFab [5], che consente di salvare i file delle simulazioni e i dati raccolti su server cloud, rendendoli facilmente accessibili da dispositivi differenti.



*Figura 3.2: Interfaccia di Playfab in cui si intravedono i file JSON*

Per utilizzare Placeo VR, gli utenti devono creare un account, operazione che può essere effettuata comodamente tramite l'applicazione per Windows. Tutte le informazioni vengono associate a questo account, permettendo agli utenti di accedere ai propri dati da qualsiasi dispositivo compatibile. Questa configurazione consente inoltre l'utilizzo simultaneo di Placeo VR da parte di più utenti, a condizione che ciascuno disponga di un account separato.

Placeo VR utilizza PlayFab per gestire lo scambio di file JSON contenenti i parametri delle simulazioni create e dei file CSV che registrano i dati raccolti durante l'utilizzo dell'applicazione sul visore.

PlayFab, ormai acquistata da Microsoft, è una piattaforma backend completa progettata per supportare giochi live. Offre una gamma di servizi gestiti, tra cui analisi in tempo reale e strumenti per la gestione di contenuti e dati. La scelta di PlayFab è stata motivata dalla sua compatibilità con Unity

attraverso l'integrazione del PlayFab SDK, che semplifica notevolmente il processo di implementazione e gestione del backend.

### 3.5 Microsoft Azure

Lo script da far seguire ai soggetti da testare, in base alle specifiche richieste dal Dipartimento di Neurologia per gli esperimenti con Placeo VR, includeva la possibilità di far parlare alcuni NPC presenti nelle scene. In particolare, era previsto che questi personaggi potessero attirare l'attenzione del soggetto in esame, ad esempio chiamandolo per nome e cognome. Inoltre, è stata considerata la necessità di consentire future ottimizzazioni, come la personalizzazione dei dialoghi.



*Figura 3.3: Logo di MySpeechServices*

Per soddisfare questi requisiti, è stato implementato un sistema di Text-To-Speech (TTS) basato sull'intelligenza artificiale (IA) per generare il parlato direttamente a partire da un testo. A tal fine, è stato utilizzato il servizio "MySpeechServices" [6] di Microsoft Azure, che supporta sia il Text-To-Speech (TTS) che lo Speech-To-Text (STT). Questo servizio è stato integrato in Unity tramite la libreria SpeechSDK, sfruttando le API di "Microsoft.CognitiveServices" per garantire un'interazione vocale personalizzabile.

### **3.6 Blender**

Blender è un software open source per la modellazione 3D, l'animazione, il rendering, la scultura, il rigging e la creazione di contenuti visivi. È utilizzato in un'ampia varietà di settori, tra cui videogiochi, effetti visivi, realtà virtuale, architettura e design. Questo software è stato utile per la modellazione di alcuni oggetti presenti nelle scene in VR e per ottimizzare alcuni modelli 3D presenti in Unity Asset Store.

### **3.7 Adobe Substance 3D Painter**

Adobe Substance 3D Painter è un software avanzato per la texturizzazione e pittura di modelli 3D, ampiamente utilizzato nei settori dei videogiochi, dell'animazione, del design industriale e della realtà virtuale/aumentata.

### **3.8 Meta Quest Developer Hub**

Meta Quest Developer Hub fornisce agli sviluppatori gli strumenti necessari per creare e gestire applicazioni VR sui dispositivi Meta Quest. È possibile installare pacchetti e applicazioni direttamente sul visore. È presente anche un sistema di log per visualizzare eventuali problemi.

### **3.9 Microsoft Rocketbox Avatar Library**

La Microsoft Rocketbox Avatar Library [7] è una collezione di avatar tridimensionali completamente riggati, sviluppata da Rocketbox Studios GmbH e successivamente acquisita da Microsoft. Questa libreria è stata resa open-source nel 2020, con l'obiettivo di supportare la comunità accademica

e di ricerca nello sviluppo di applicazioni di realtà virtuale (VR) e aumentata (AR).



*Figura 3.4: Alcuni degli avatar presenti nella libreria Rocketbox*

### 3.10 Adobe Illustrator

Adobe Illustrator è un software di grafica vettoriale professionale sviluppato da Adobe (Adobe Inc, San Jose, California, US), utilizzato per la creazione di loghi, illustrazioni, icone, tipografie, layout e molto altro. È uno strumento leader nel settore del design grafico, grazie alla sua versatilità e alle funzionalità avanzate che consentono di creare immagini scalabili senza perdita di qualità.

Questa applicazione è stata utilizzata per alcuni dei dettagli grafici, ad esempio l'icona di Placeo VR è stata progettata tenendo conto del contesto clinico. In particolare, l'icona rappresenta simbolicamente la relazione tra medico e paziente.



*Figura 3.5: Icona di Placeo VR*

### **3.11 Visual Studio Code**

Si tratta di un editor di codice sorgente sviluppato da Microsoft, ampiamente utilizzato per lo sviluppo di software grazie alla sua combinazione di leggerezza, potenza e flessibilità. È gratuito, open source, e disponibile per piattaforme Windows, macOS e Linux.

## Capitolo 4

### 4 L'applicazione Unity sviluppata

Per rispondere ai requisiti del Dipartimento di Neuroscienze è stato sviluppato Placeo VR, un sistema progettato per creare simulazioni modulari di ambienti clinici, in particolare di un ambulatorio medico.

#### 4.1 Architettura dei servizi

Placeo VR è costituito da due applicazioni, ciascuna con funzionalità specifiche:

- Applicazione desktop, progettata per i ricercatori, consente la gestione completa delle simulazioni. Tramite questa applicazione è possibile creare e accedere agli account, definire simulazioni generando file JSON con i relativi parametri, avviare simulazioni precedentemente create, nonché scaricare o eliminare sia le simulazioni che i dati raccolti.
- Applicazione per visore, destinata ai soggetti da testare, viene gestita dal ricercatore per accedere agli account e avviare il processo. L'applicazione include un tutorial per familiarizzare con il sistema, seguito dalla simulazione vera e propria. Durante la simulazione, i dati vengono registrati in background e salvati automaticamente in un file CSV per successive analisi.

Per operare correttamente, entrambe le applicazioni di Placeo VR fanno uso di PlayFab, una piattaforma che consente il salvataggio e la gestione dei file JSON e CSV. Questi file possono essere letti e scritti sia dall'applicazione

desktop che da quella per visore, garantendo una sincronizzazione continua dei dati.

Inoltre, l'applicazione per visore può connettersi al servizio MySpeechServices di Microsoft Azure per generare, in tempo reale, l'audio dei dialoghi degli NPC, migliorando l'immersione e la personalizzazione delle simulazioni.

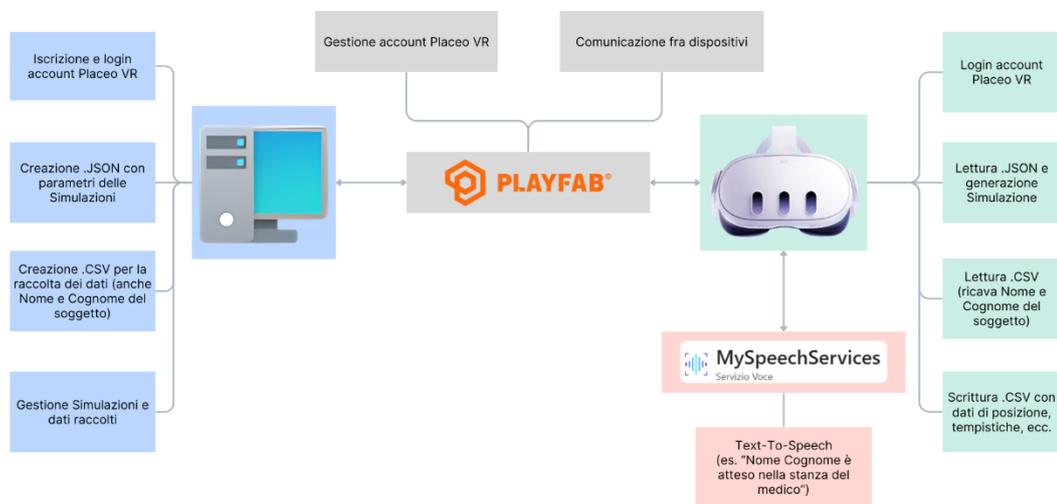


Figura 4.1: Architettura dei servizi utilizzati da Placeo VR

## 4.2 Applicazione desktop

Questa è l'applicazione destinata ai ricercatori, al primo avvio sarà possibile iscriversi a Placeo VR ed effettuare l'accesso.

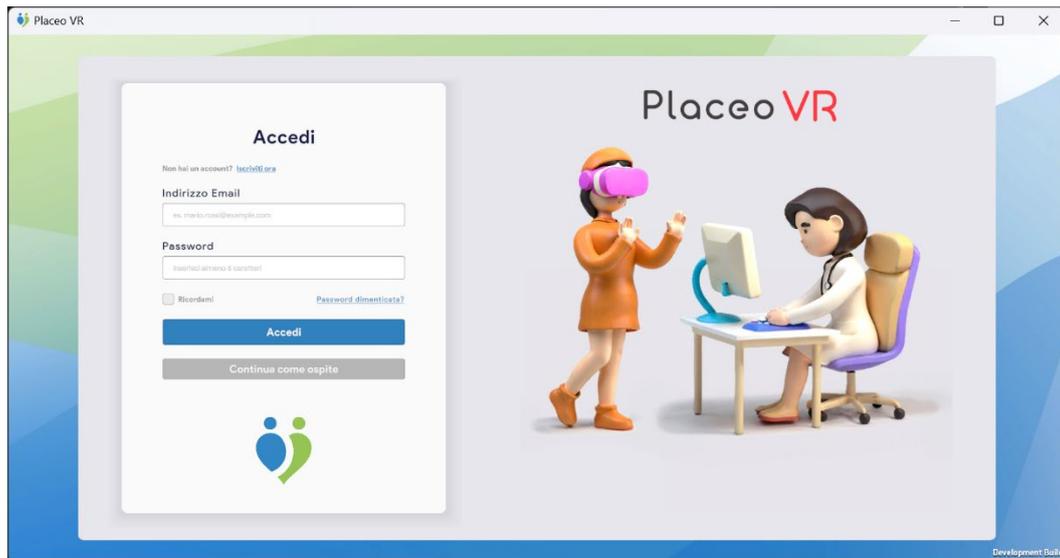


Figura 4.2: Interfaccia di benvenuto

L'applicazione principale si articola in tre sezioni distinte, ognuna con funzionalità specifiche:

- *Simulazioni*, In questa sezione è possibile creare nuove simulazioni o avviare quelle già esistenti. Gli utenti possono anche eliminare simulazioni, scaricare il file JSON associato o caricare un file JSON per configurare una simulazione. Inoltre, viene mostrato lo stato della simulazione, che può essere indicato come "Pronta" o "In corso".

## L'applicazione Unity sviluppata

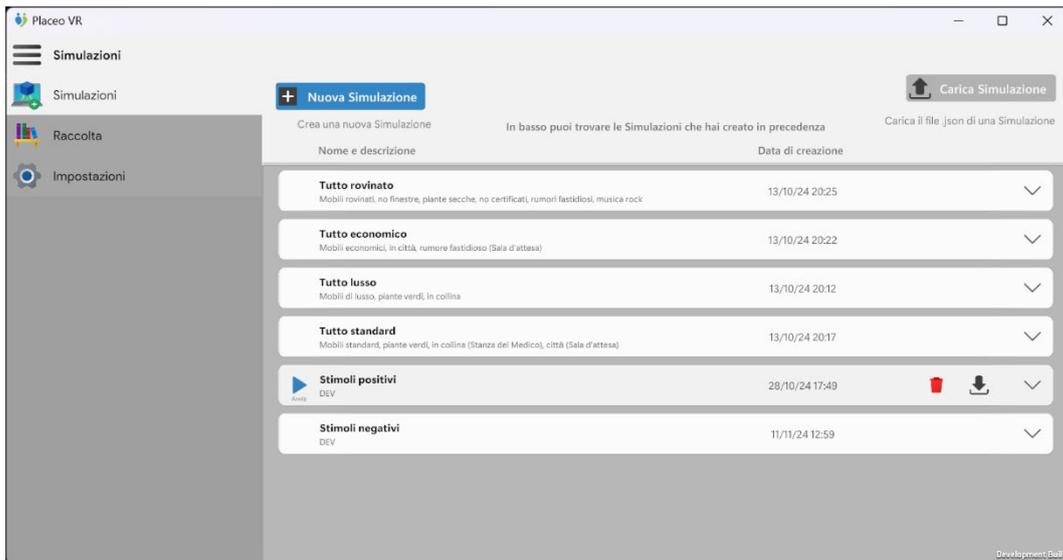


Figura 4.3: Schermata Simulazioni

- *Raccolta*, questa sezione consente di visualizzare, eliminare e scaricare i dati raccolti durante le simulazioni, salvati in formato CSV. Anche qui è possibile verificare lo stato delle simulazioni ("Pronta" o "In corso") per un monitoraggio rapido e intuitivo.

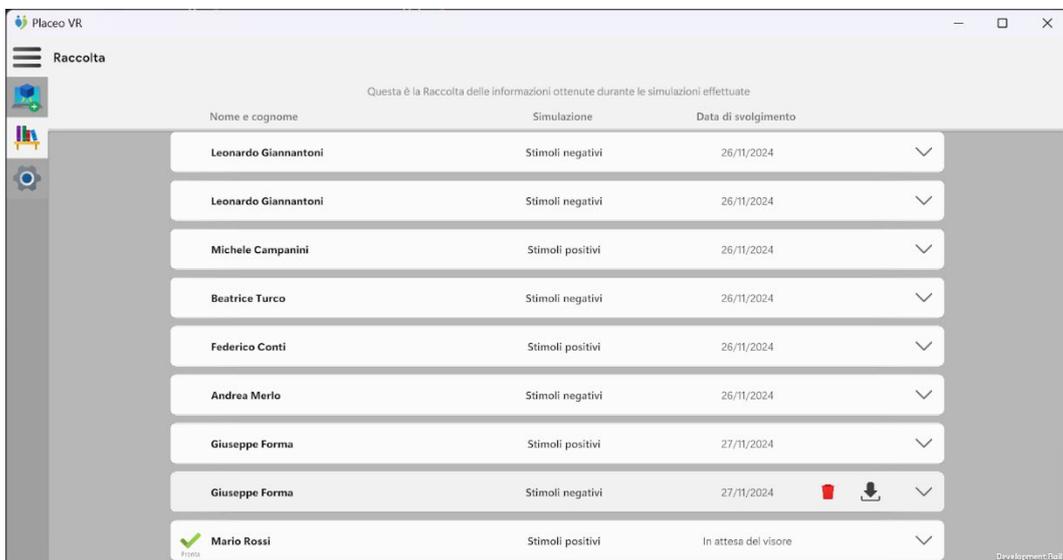


Figura 4.4: Schermata Raccolta

- *Impostazioni*, da questa schermata è possibile disconnettersi dal servizio.

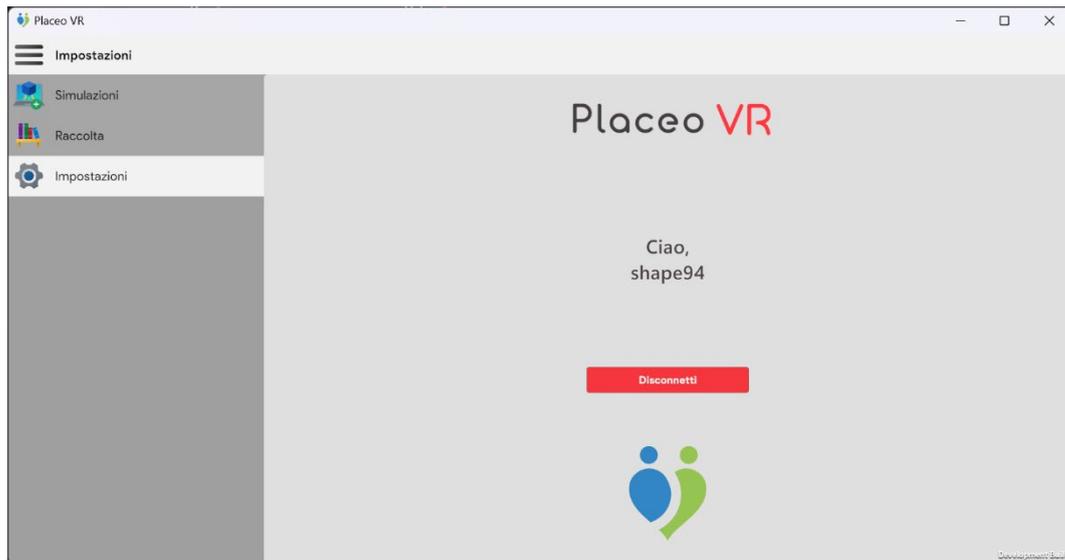


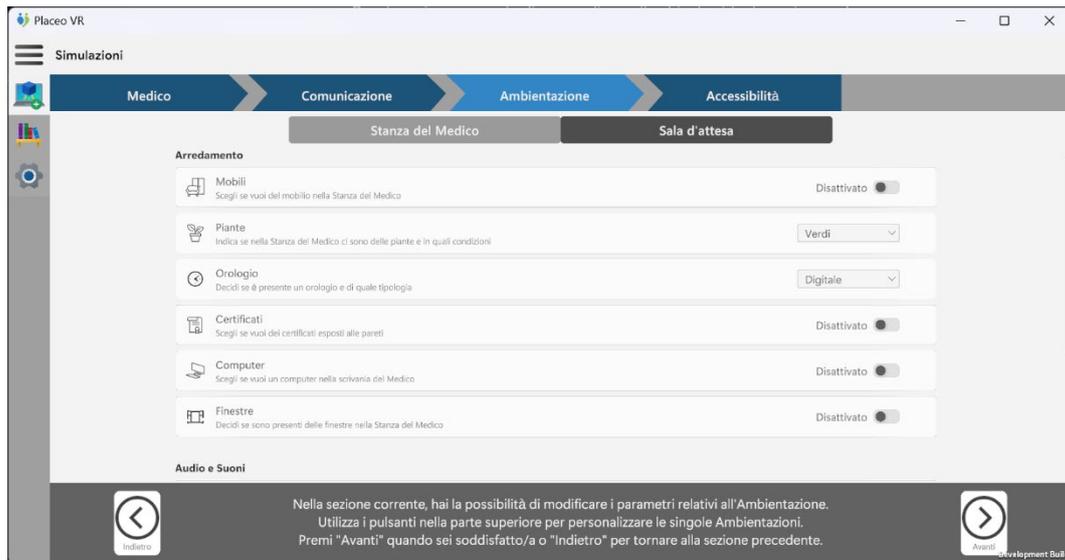
Figura 4.5: Schermata Impostazioni

### 4.3 Creazione di una Simulazione

Dalla schermata *Simulazioni*, è possibile avviare la creazione di una nuova simulazione cliccando sul pulsante "Nuova Simulazione". L'utente sarà guidato passo dopo passo attraverso il processo di configurazione. Attualmente, la creazione di una simulazione è suddivisa in quattro categorie principali: Medico, Comunicazione, Ambientazione e Accessibilità. Sebbene le categorie Medico e Comunicazione siano state previste per futuri sviluppi, al momento non sono operative, quindi ci concentreremo su Ambientazione e Accessibilità.

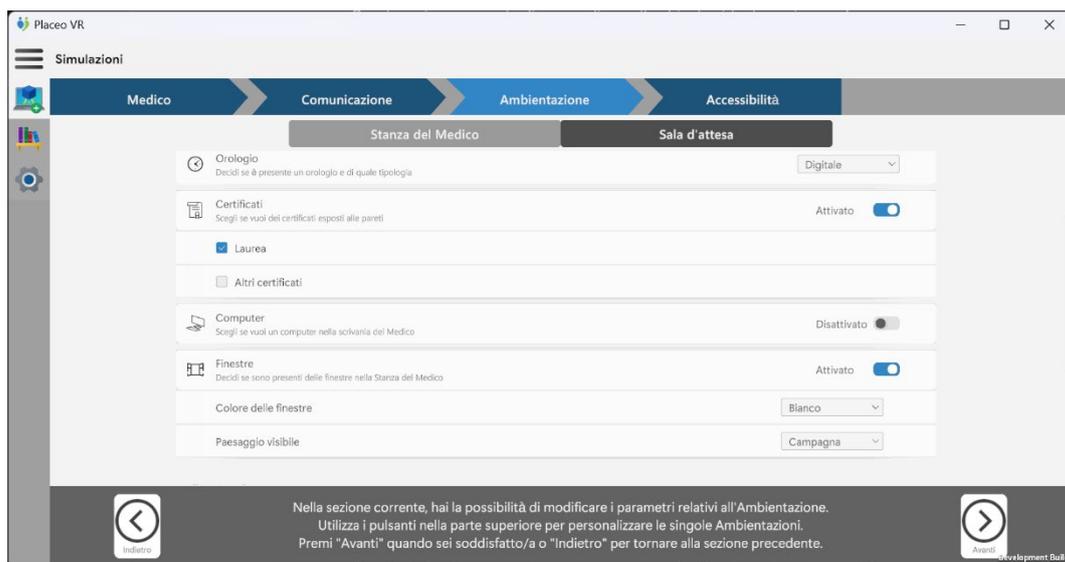
La sezione *Ambientazione* consente di personalizzare l'ambiente virtuale aggiungendo o rimuovendo stanze, modificando l'arredamento, il panorama esterno, la musica, i rumori, i certificati, la presenza di finestre e altri elementi.

## L'applicazione Unity sviluppata



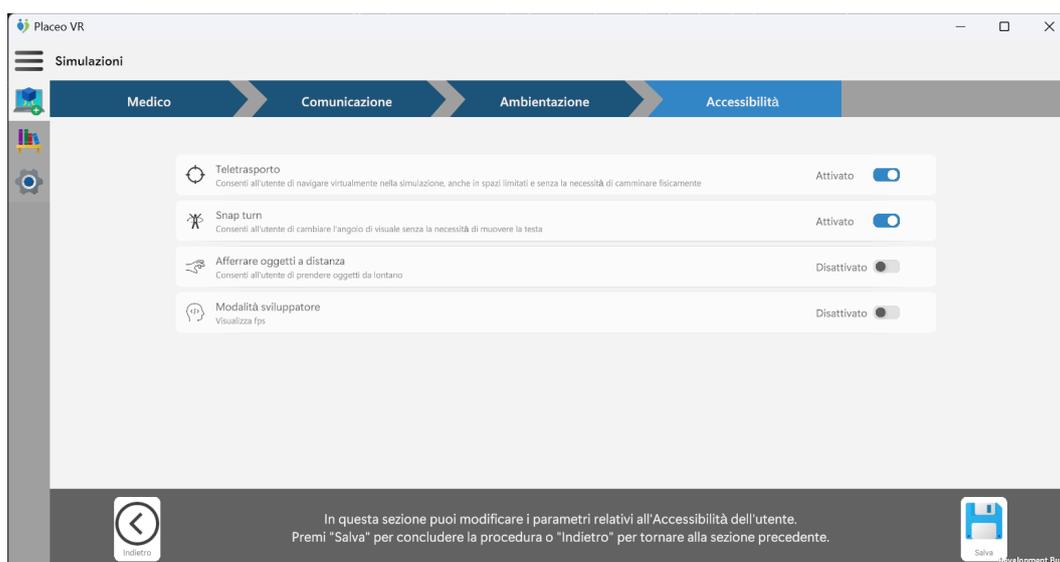
*Figura 4.6: Impostare i parametri della Simulazione*

L'interfaccia è progettata secondo i principi di HCI (Human-Computer Interaction), con strumenti come immagini esemplificative, descrizioni, toggle, menu a tendina, slider e checkbox, adattati al tipo di parametro da modificare. Ad esempio, se si decide di non includere finestre, le opzioni per personalizzarne il colore o il panorama esterno verranno automaticamente nascoste, semplificando la configurazione.



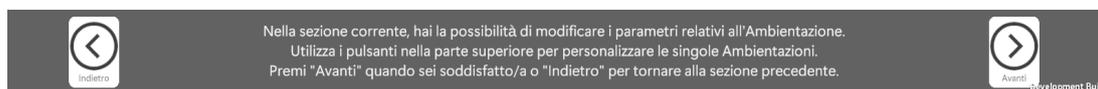
*Figura 4.7: I parametri vengono visualizzati solo se necessari*

Nella sezione *Accessibilità* è possibile abilitare o disabilitare funzionalità che migliorano l'esperienza utente, come il Teletrasporto, per consentire la navigazione all'interno della simulazione senza la necessità di camminare fisicamente, ideale in spazi limitati, lo Snap Turn, per cambiare l'angolo di visione senza dover muovere la testa o la funzionalità per afferrare oggetti a distanza senza avvicinarsi fisicamente.



*Figura 4.8: Sezione Accessibilità*

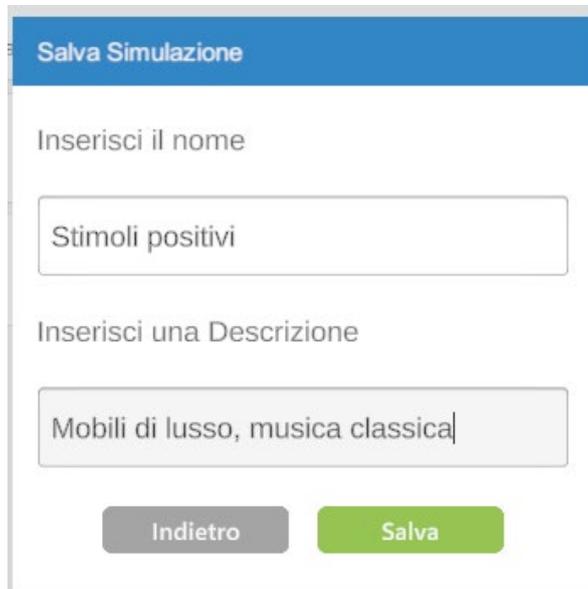
Durante tutto il processo di creazione, un pannello di aiuto sarà sempre visibile nella parte inferiore dello schermo. Questo pannello fornirà spiegazioni su cosa è possibile configurare e come navigare avanti o indietro tra le diverse categorie.



*Figura 4.9: Pannello di Aiuto*

Una volta completata la configurazione, sarà possibile salvare la simulazione cliccando sul pulsante "Salva". Al momento del salvataggio,

verrà richiesto di inserire un nome (ad esempio "Stimoli positivi") e una descrizione (ad esempio "Mobili di lusso, musica classica").



*Figura 4.10: Salvare la Simulazione*



*Figura 4.11: Popup di conferma*

La simulazione salvata sarà visibile nella schermata principale Simulazioni, dove potrà essere avviata in qualsiasi momento. Allo stesso tempo, il relativo file .JSON con i parametri della simulazione è stato creato e caricato su PlayFab.

```
JSON Editor (Simulation_28/10/24_17:49:18)
56   "furniQuantity_WaitingRoom": 2,
57   "furniStyle_WaitingRoom": 3,
58   "plant_WaitingRoom": 2,
59   "clock_WaitingRoom": 1,
60   "window_WaitingRoom": true,
61   "windowColor_WaitingRoom": 0,
62   "windowLandscape_WaitingRoom": 2,
63   "noise_WaitingRoom": true,
64   "noiseVolume_WaitingRoom": 0,
65   "noiseType_WaitingRoom": 1,
66   "music_WaitingRoom": false,
67   "musicVolume_WaitingRoom": 0,
68   "musicType_WaitingRoom": 0,
69   "staff_WaitingRoom": false,
70   "doctors_WaitingRoom": 0,
71   "nurses_WaitingRoom": 0,
72   "patients_WaitingRoom": 0,
73   "teleport": true,
74   "snapTurn": true,
75   "distanceGrab": false,
76   "devMode": false,
77   "simulationName": "Stimoli positivi",
78   "simulationDescription": "Mobili di lusso, musica classica",
79   "simulationDate": "28/10/24",
80   "simulationTime": "17:49:18"
81 }
```

Figura 4.12: Visione del file .JSON con i parametri

Il processo può essere ripetuto per creare nuove simulazioni, tutte salvate automaticamente su PlayFab. Queste simulazioni saranno sempre disponibili e pronte per essere utilizzate quando necessario.

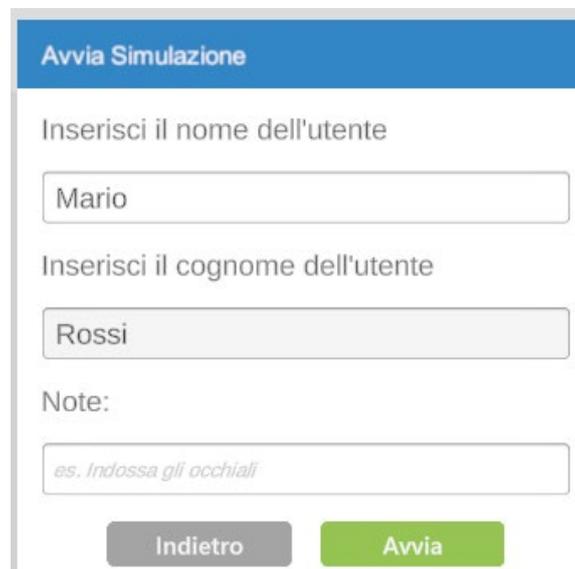
#### 4.4 Avviare una Simulazione

Dalla schermata Simulazioni è possibile avviare una simulazione con l'apposito pulsante Avvia.



*Figura 4.13: Pulsante Avvia*

Ora è possibile inserire il nome e il cognome del soggetto da testare ed eventuali note.

A form titled 'Avvia Simulazione' with a blue header. Below the header, there are three input fields. The first is labeled 'Inserisci il nome dell'utente' and contains the text 'Mario'. The second is labeled 'Inserisci il cognome dell'utente' and contains the text 'Rossi'. The third is labeled 'Note:' and contains the text 'es. Indossa gli occhiali'. At the bottom of the form, there are two buttons: a gray 'Indietro' button and a green 'Avvia' button.

*Figura 4.14: Avvio della Simulazione*

Un popup di conferma sarà visualizzato, invitando il ricercatore a far indossare il visore al soggetto da testare.



*Figura 4.15: Popup di conferma*

Lo stato della simulazione è passato a "Pronta".



Figura 4.16: Simulazione pronta

## 4.5 Applicazione per visore

Questa applicazione è dedicata ai soggetti sottoposti al test. Consente di effettuare l'accesso (da parte dei ricercatori), completare il tutorial e navigare tra le simulazioni precedentemente create tramite l'applicazione desktop.

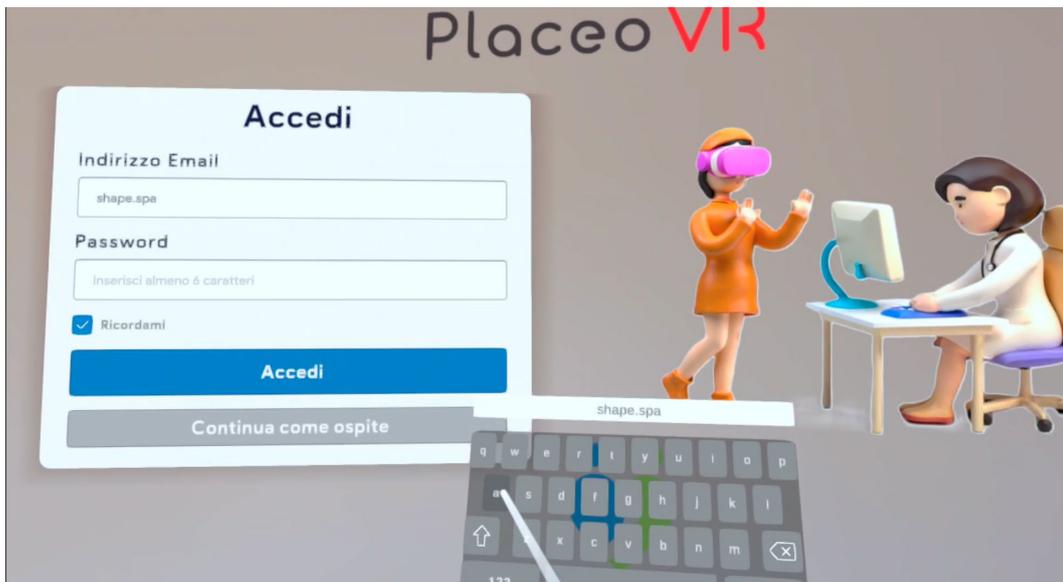


Figura 4.17: Accesso con l'app per visore

## 4.6 Tutorial

La realtà virtuale non è ancora capillarmente diffusa, rendendo essenziale un tutorial per aiutare gli utenti a familiarizzare con questo tipo di esperienza. Il tutorial è progettato per introdurre le basi della navigazione e dell'interazione nel mondo virtuale attraverso una combinazione di immagini, istruzioni scritte e audio (generato tramite TTS), accompagnate da piccoli task pratici da completare.

Le attività da completare presenti nel tutorial includono:

- Regolazione del visore: per ottimizzare la visione e migliorare il comfort durante l'esperienza.



Figura 4.18: Tutorial - Sistemare il visore

- Movimenti della testa e utilizzo dello Snap Turn: l'utente apprenderà a guardarsi intorno e cambiare direzione utilizzando la levetta analogica, ad esempio per osservare ciò che si trova dietro di sé.



*Figura 4.19: Tutorial - Cambiare angolo di visuale*

- Camminare nello spazio fisico: per comprendere come spostarsi nello spazio virtuale attraverso il movimento reale.



*Figura 4.20: Tutorial - Come muoversi*

- Utilizzo del Teletrasporto: per raggiungere piattaforme o aree lontane con facilità.

## L'applicazione Unity sviluppata



*Figura 4.21: Tutorial - Teletrasporto*

- Afferrare gli oggetti: imparare a interagire con oggetti virtuali nelle vicinanze.



*Figura 4.22: Tutorial - Afferrare gli oggetti*

- Afferrare oggetti a distanza: utilizzare strumenti o meccaniche specifiche per prendere oggetti non immediatamente raggiungibili.



*Figura 4.23: Tutorial - Afferrare gli oggetti a distanza*

Il tutorial si conclude una volta che l'utente ha completato tutte le attività, garantendo una comprensione di base delle meccaniche necessarie per affrontare le simulazioni in modo autonomo e sicuro.



*Figura 4.24: Tutorial - Fine*

## Capitolo 5

### 5 Metodologia

La sperimentazione proposta prevede che due gruppi di utenti, Gruppo A e Gruppo B, partecipino a una delle due simulazioni in realtà virtuale. Nello specifico, il Gruppo A sarà esposto alla simulazione “Stimoli negativi”, mentre il Gruppo B sperimenterà la simulazione “Stimoli positivi”.

<b>Gruppo A – Stimoli negativi</b>	<b>Gruppo B – Stimoli positivi</b>
Mobilio deteriorato	Mobilio di lusso
Luce bianca fredda	Luce bianca calda
Brani rock	Musica classica
Rumori ambientali fastidiosi	Rumori ambientali rilassanti
Ambientazione esterna urbana	Ambientazione esterna rurale

*Tabella 5.1: Differenze fra le due simulazioni*

Le simulazioni sono state create con Placeo VR, attraverso il procedimento descritto nel Capitolo 4.

Per il reclutamento dei partecipanti, sono stati inviati inviti tramite canali di comunicazione per studenti, come gruppi WhatsApp, Telegram e Discord, sia del Politecnico di Torino che dell'Università di Torino.

#### 5.1 Raccolta dati

Al termine di ciascuna simulazione, i partecipanti compileranno una serie di questionari, tra cui strumenti standardizzati come l'Igroup Presence Questionnaire (IPQ), l'ITC-SOPI e la System Usability Scale (SUS), insieme a questionari creati ad hoc. Questi ultimi serviranno a raccogliere

informazioni di base, verificare la corretta percezione dei parametri distintivi delle due simulazioni e valutare il loro impatto sugli utenti.

I dati raccolti saranno analizzati per valutare l'influenza delle variabili ambientali sulla percezione e sul benessere dei partecipanti.

## **5.2 Analisi dei dati**

Per il confronto delle variabili qualitative tra i due gruppi, sono stati impiegati il test di Shapiro-Wilk per la valutazione della normalità delle distribuzioni di variabili quantitative, unitamente al test del chi-quadrato e il Mann-Whitney U; quest'ultimo è stato inoltre utilizzato per la valutazione delle differenze statisticamente significative delle variabili qualitative tra i due gruppi.

Tutti i test statistici sono eseguiti con un livello di significatività fissato a 0.05. Questo livello permette di determinare se le differenze osservate tra le risposte dei partecipanti siano statisticamente significative e non attribuibili al caso. L'analisi statistica ha consentito di identificare differenze significative nelle risposte dei partecipanti, confermando o smentendo l'efficacia dell'ambiente curato rispetto a quello in condizioni decadenti.

## Capitolo 6

### 6 Sperimentazione

L'esperimento proposto è stato progettato in collaborazione col Dipartimento di Neurologia dell'Università di Torino e prevede l'interazione di elementi reali durante la simulazione nel mondo virtuale.



*Figura 6.1: Neurgel ed elettrodi*

#### 6.1 Preparazione

La stanza utilizzata per l'esperimento è di 7 m x 4,2 m; quindi, si è reso necessario abilitare sia la funzionalità di Teletrasporto che di Snap Turn per permettere la fruizione dell'intero ambiente virtuale.

La connessione alla rete è essenziale sia per la comunicazione con il servizio di PlayFab, Microsoft Azure ed effettuare il mirroring per sincronizzare alcune delle attività fra il mondo reale e il mondo virtuale.

## 6.2 Struttura dell'esperimento

L'esperimento si svolge secondo la seguente procedura:

*Assegnazione dei partecipanti e consenso informato.* I partecipanti verranno suddivisi in due gruppi, denominati Gruppo A e Gruppo B. Prima di iniziare, ciascun soggetto firmerà il consenso informato. Successivamente, indosseranno il visore Meta Quest 3 e le cuffie.

*Istruzioni iniziali e tutorial* I partecipanti riceveranno istruzioni dettagliate sulle attività da svolgere, che includono il completamento di un tutorial e la partecipazione al trial clinico. Una volta completato il tutorial, saranno fatti accomodare su una sedia, con l'obiettivo di allineare la loro posizione fisica nel mondo reale con quella del mondo virtuale, dove si troveranno seduti su un divano nella sala d'attesa virtuale.



*Figura 6.2: Ingresso nella simulazione in posizione seduta*

*Esplorazione iniziale della sala d'attesa* Dopo essersi accomodati, verrà avviata la simulazione e i partecipanti avranno due minuti per esplorare liberamente l'ambiente virtuale della sala d'attesa.

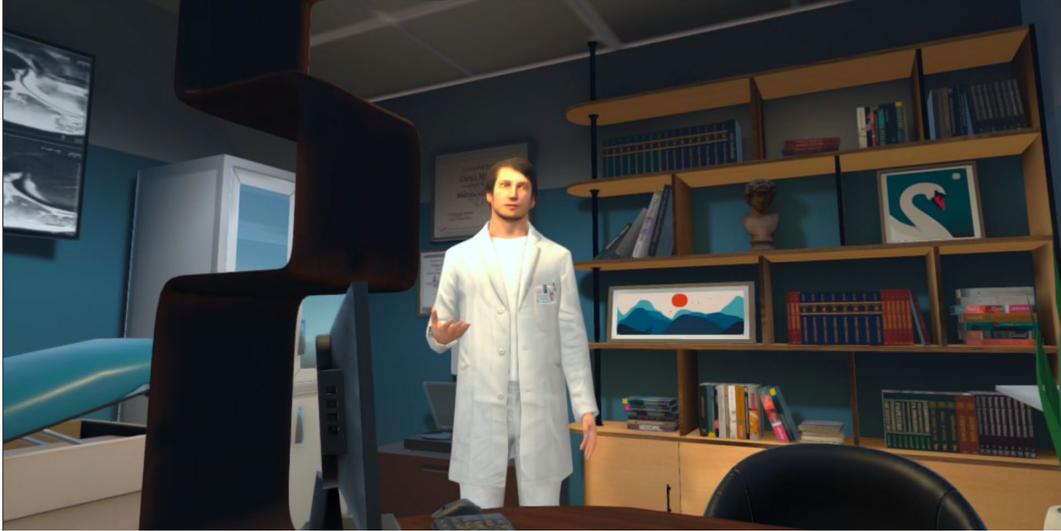
*Interazione con l'NPC receptionist.* Al termine dei due minuti, un NPC (Non-Playable Character) receptionist inviterà i partecipanti a recarsi nello studio medico virtuale. Una volta arrivati, l'NPC del medico chiederà loro di accomodarsi su una sedia virtuale; contemporaneamente, un operatore esterno assisterà i partecipanti a sedersi fisicamente in una sedia reale.



*Figura 6.3: NPC receptionist invita l'utente ad entrare*

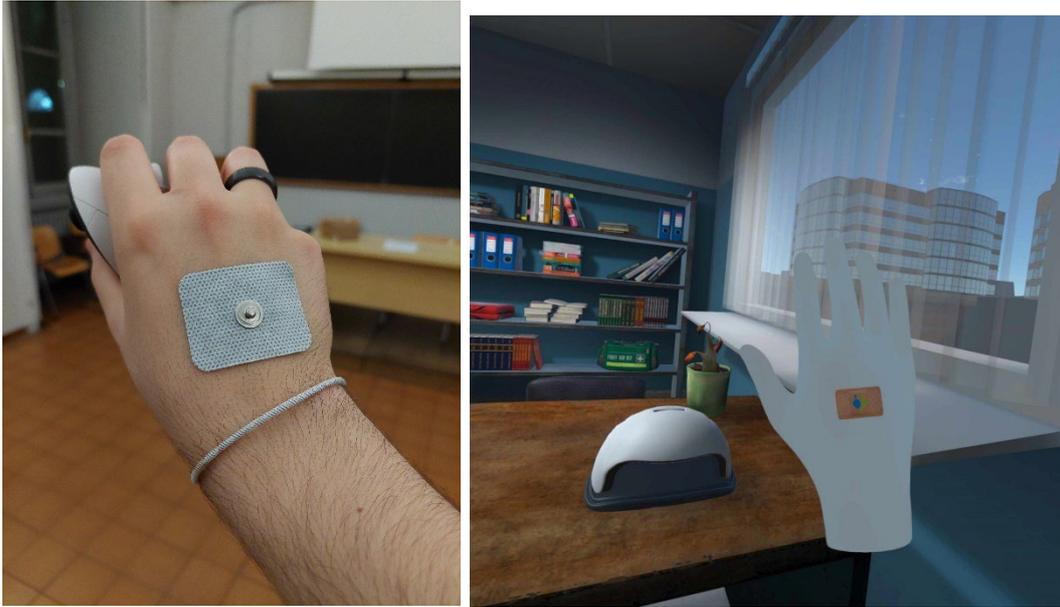
*Trial clinico simulato* L'NPC medico spiegherà ai partecipanti che stanno partecipando a un trial clinico per testare l'efficacia di una nuova patch rilassante. L'utente sarà quindi invitato a posizionare la mano destra sotto un dispenser virtuale per applicare una crema preparatoria. Quando il partecipante eseguirà l'azione nel mondo virtuale, il dispenser emetterà

un suono, e un operatore esterno applicherà simultaneamente una crema reale (Neurgel) sulla mano destra del partecipante.



*Figura 6.4: NPC Medico*

*Applicazione della patch* L'NPC medico inviterà il partecipante a posizionare la mano destra su un distributore virtuale di patch situato sopra un tavolo. Una volta completata questa azione, una patch virtuale apparirà sulla mano destra del partecipante, mentre l'operatore esterno applicherà un elettrodo adesivo (scollegato) reale sulla stessa mano.



*Figura 6.5: Elettrodo simula la patch*

*Attesa nella sala d'attesa* Dopo l'applicazione della patch, l'NPC medico chiederà al partecipante di tornare nella sala d'attesa per un periodo di tre minuti, durante i quali la patch dovrà agire. Durante questo tempo, il partecipante potrà esplorare nuovamente la sala d'attesa virtuale.

*Interazione finale con l'NPC receptionist e medico.* Al termine dei tre minuti, l'NPC receptionist informerà il partecipante che è necessario tornare nello studio del medico. Una volta rientrati, l'NPC medico ringrazierà il partecipante e spiegherà che ora è necessario compilare un questionario.

*Conclusione dell'esperimento* La simulazione terminerà con la rimozione del visore e delle cuffie, nonché della patch applicata sulla mano. Infine, il partecipante compilerà i questionari richiesti per raccogliere i dati necessari allo studio.

## Capitolo 7

### 7 Risultati

In questo capitolo sono illustrati i risultati ottenuti dall'esperimento condotto mediante le simulazioni sviluppate con Placeo VR. Successivamente, saranno analizzati i limiti dello studio e il loro potenziale impatto sull'andamento della sperimentazione.

Per questo studio sono stati testati 31 soggetti volontari in totale, 16 appartenenti al Gruppo A e 15 appartenenti al Gruppo B.

Le informazioni raccolte sono state analizzate con l'ausilio di STATA SE 18.0 [8] (1985-2023 StataCorp LLC, College Station, Texas, Stati Uniti d'America).

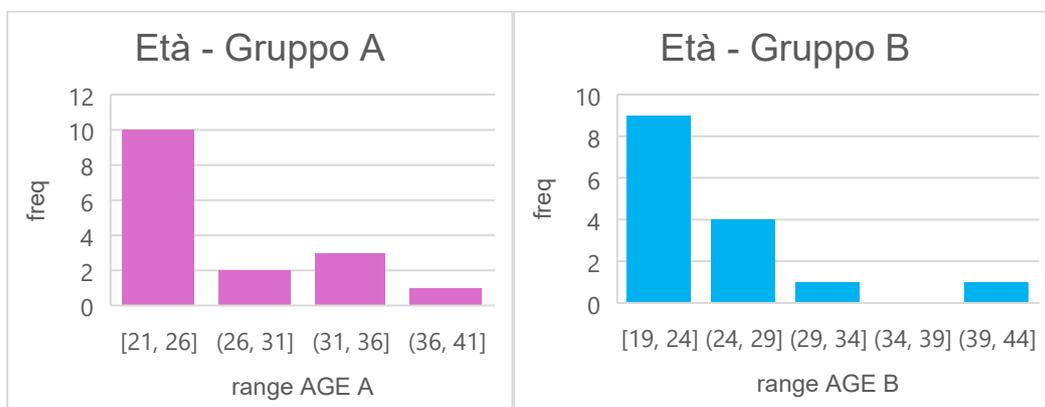
#### 7.1 Età dei partecipanti

Il confronto tra i gruppi è stato effettuato utilizzando il test non parametrico di Mann-Whitney U; il valore della statistica U calcolata è stato di 153.0, con un p-value di 0.197, suggerendo l'assenza di una differenza statisticamente significativa tra i gruppi in termini di età mediana.

## Risultati

Gruppo A	Gruppo B
33	19
33	24
24	26
21	26
27	20
21	29
26	20
24	24
23	22
27	22
23	19
26	20
26	32
38	29
21	44
33	

*Tabella 7.1: Età dei partecipanti*



*Figura 7.1: Grafici età Gruppi a confronto*

Come evidenziato dai grafici, la fascia d'età predominante è compresa tra i 19 e i 26 anni.

## 7.2 Sesso dei partecipanti

La variabile sesso è stata analizzata utilizzando il test del Chi-quadrato, al fine di confrontare la distribuzione delle frequenze di partecipanti maschi e femmine tra i due gruppi. I risultati del p value ( $p=0.843$ ) mostrano che le proporzioni di sesso sono omogenee tra le due coorti.

Gruppo A	Gruppo B
M	M
M	F
F	M
F	F
M	F
M	F
F	F
F	M
M	M
M	M
F	F
F	M
M	M
F	M
F	M
M	

*Tabella 7.2: Sesso dei partecipanti*

## 7.3 Altre informazioni di base

In questa sezione del questionario sono state raccolte informazioni relative al livello di istruzione, all'occupazione, alla nazionalità, alla familiarità con l'uso del computer e alla conoscenza della realtà virtuale. L'analisi condotta mediante il test di Mann-Whitney U non ha rilevato differenze significative tra i due gruppi, con valori di p superiori alla soglia prefissata di 0,05 per tutte le variabili considerate.

## Risultati

Domande	Statistic	p-value
Indica il tuo livello di esperienza riguardo al computer (0=nessuno, 1=sufficiente, 2=buono, 3=ottimo)	104.0	0.504
Indica quanto spesso giochi ai videogiochi (0=0, 1=occasionalmente, 2=spesso ma meno del 50%, 3=3, 4=tutti i giorni)	145.0	0.315
Indichi quanto in media guardi la TV settimanalmente (1=0-8 h, 2=9-16 h, 3=17-24 h, 4=25-35 h, 5= 33-40 h, 6=41+ h)	145.5	0.215
Livello di istruzione:(0=nessuno, 1=licenza elementare, 2=media, 3= professionale, 4= maturità, 5=5, 6=altro)	135.0	0.512
Quali sono le dimensioni della TV che utilizzi più frequentemente? (1= entro 14 pollici, 2= 15-28 pollici, 3=>28 pollici)	130.0	0.687
Come valuteresti il tuo livello di conoscenza riguardo TV/ produzione di film? (0=nessuno, 1= sufficiente, 2= buono, 3= ottimo)	90.5	0.230
Hai mai visto immagini stereoscopiche (3D) utilizzando occhiali polarizzati (p.e. IMAX 3D) prima d'ora? (0=0, 1=1)	137.5	0.376
Hai mai utilizzato un sistema sperimentale di realtà virtuale prima d'ora (oltre a computer di consumo e giochi arcade)? (0=0, 1=1)	123.5	0.890
Come valuteresti la tua conoscenza di come le immagini 3D vengono prodotte? (0=0, 1=1, 2=2, 3=ottima)	103.5	0.408
Come valuteresti la tua conoscenza della realtà virtuale (p.e. come funziona)? (0=0, 1=1, 2=2, 3= ottima)	114.0	0.799
Indica il tuo livello di esperienza riguardo al computer (0=nessuno, 1=sufficiente, 2=buono, 3=ottimo)	104.0	0.504
Indica quanto spesso giochi ai videogiochi (0=0, 1=occasionalmente, 2=spesso ma meno del 50%, 3=3, 4=tutti i giorni)	145.0	0.315
Indichi quanto in media guardi la TV settimanalmente (1=0-8 h, 2=9-16 h, 3=17-24 h, 4=25-35 h, 5= 33-40 h, 6=41+ h)	145.5	0.215
Livello di istruzione:(0=nessuno, 1=licenza elementare, 2=media, 3= professionale, 4= maturità, 5=5, 6=altro)	135.0	0.512
Quali sono le dimensioni della TV che utilizzi più frequentemente? (1= entro 14 pollici, 2= 15-28 pollici, 3=>28 pollici)	130.0	0.687
Come valuteresti il tuo livello di conoscenza riguardo TV/ produzione di film? (0=nessuno, 1= sufficiente, 2= buono, 3= ottimo)	90.5	0.230

Tabella 7.3: Domande con informazioni di base

## 7.4 Domande ad hoc

Per l'esperimento sono state formulate alcune domande specifiche volte a indagare le percezioni degli ambienti virtuali. L'analisi dei dati è stata condotta utilizzando il test di Mann-Whitney U, rivelando differenze significative per diverse variabili tra i gruppi esaminati.

La percezione dell'illuminazione ha mostrato una differenza significativa, con un valore di U pari a 63,5 e un p-value di 0,023. Nello specifico, il Gruppo A ha correttamente identificato l'illuminazione della simulazione come bianca fredda, mentre il Gruppo B non è riuscito a riconoscerla come bianca calda, mantenendo una posizione neutrale. Tuttavia, entrambi i gruppi hanno espresso una valutazione neutra riguardo all'illuminazione, considerandola né accogliente né respingente.

Diversamente, la valutazione degli ambienti interni, comprensiva di mobili, decorazioni e piante, ha evidenziato un p-value di 0,009 con una statistica U di 55,5, indicando una percezione significativamente più positiva da parte del Gruppo B rispetto al Gruppo A. Inoltre, la percezione della musica riprodotta nell'ambulatorio ha mostrato una differenza ancora più marcata, con un valore di U pari a 40,0 e un p-value di 0,001, sottolineando come il Gruppo B abbia percepito questo elemento ambientale in maniera più favorevole rispetto al Gruppo A. Lo stesso si può affermare riguardo i rumori ambientali, percepiti in maniera più fastidiosa dal Gruppo A e percepiti in maniera più rilassante nel Gruppo B.

Questi risultati evidenziano l'influenza rilevante delle variazioni progettate negli ambienti virtuali, confermando il ruolo delle caratteristiche ambientali nel modellare le percezioni degli utenti.

## Risultati

Domande	Statistic	p-value	A favore di
<b>Come valuteresti lo stato degli ambienti interni (compresi mobili, decorazioni, piante)? (1=estremamente decadenti; 7=estremamente curati)</b>	59.0	0.014	B
<b>Valuterei gli ambienti interni (compresi mobili, decorazioni, piante): (1= estremamente respingenti; 7= estremamente accoglienti)</b>	55.5	0.009	A
<b>Come hai percepito l'illuminazione dell'ambulatorio? (1= bianca fredda; 7= bianca calda)</b>	63.5	0.023	A
<b>Valuterei l'illuminazione: (1=estremamente respingente; 7= estremamente accogliente)</b>	71.5	0.050	
<b>Come hai percepito la musica riprodotta nell'ambulatorio? (1= molto fastidiosa; 7= molto rilassante)</b>	40.0	0.001	B
<b>Come hai percepito i rumori ambientali dell'ambulatorio? (1=molto fastidiosi; 7= molto rilassanti)</b>	43.0	0.002	B
<b>Come hai percepito l'ambiente esterno? (1= per nulla caotico; 7= estremamente caotico)</b>	177.0	0.016	B
<b>L'ambiente esterno mi ha aiutato/a a rilassarmi. (1=fortemente in disaccordo; 7= fortemente d'accordo)</b>	49.0	0.004	B
<b>L'ambiente (interni ed esterni) nel complesso mi ha aiutato a rilassarmi durante la simulazione. (1= fortemente in disaccordo; 7= fortemente d'accordo)</b>	68.5	0.039	B
<b>Nel complesso valuterei l'ambiente dell'ambulatorio: (1= estremamente respingente; 7= estremamente accogliente)</b>	47.5	0.004	B
<b>È stato facile comprendere come comportarsi durante la simulazione. (1= fortemente in disaccordo; 7= fortemente d'accordo)</b>	128.0	0.756	
<b>Mi sono sentito/a a mio agio nel comunicare con il personale durante la simulazione. (1= fortemente in disaccordo; 7= fortemente d'accordo)</b>	121.0	0.982	
<b>La durata della simulazione è stata: (1= troppo breve; 7= troppo lunga)</b>	129.5	0.689	
<b>Sono soddisfatto/a dell'esperienza complessiva. (1= fortemente in disaccordo; 7= fortemente d'accordo)</b>	80.0	0.066	
<b>Raccomanderei questo tipo di simulazione ad altri. (1= per nulla probabile; 7= estremamente probabile)</b>	99.0	0.326	
<b>In generale, valuterei il mio livello di stress durante l'esperienza in realtà virtuale: (1= molto basso; 7= molto alto)</b>	123.0	0.916	
<b>Pensi che una tecnologia del genere renda immersiva e credibile l'esperienza di stare in un ambulatorio? (0= risposte negative, 1= risposte positive)</b>	105.0	0.353	

Tabella 7.4: Statistiche domande ad hoc

## Risultati

È interessante osservare che, in entrambe le simulazioni, le differenze nei livelli di stress complessivi non risultano significative, attestandosi su valori molto bassi. Tuttavia, come evidenziato dalle domande analizzate in precedenza, il Gruppo B ha riportato una maggiore sensazione di rilassamento, percependo l'ambientazione come più accogliente.

In generale, valuterei il mio livello di stress durante l'esperienza in realtà virtuale:

16 risposte

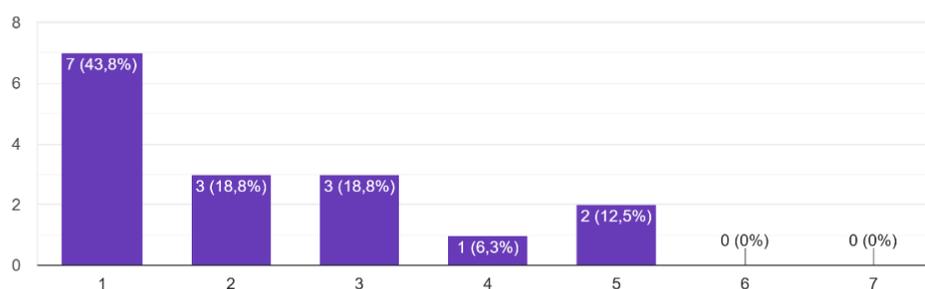


Figura 7.2: Grafico livelli di stress - Gruppo A

In generale, valuterei il mio livello di stress durante l'esperienza in realtà virtuale:

15 risposte

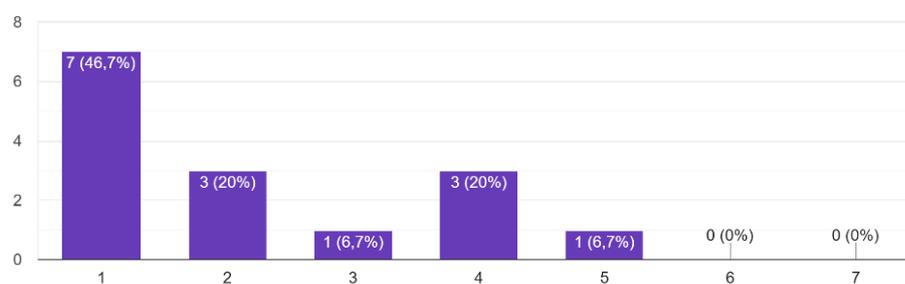


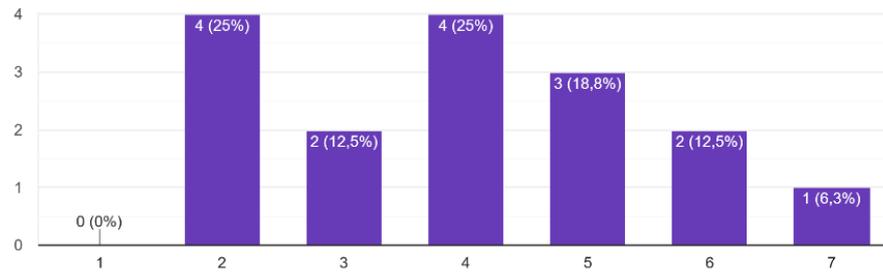
Figura 7.3: Grafico livelli di stress - Gruppo B

L'ambiente è stato valutato più accogliente nel Gruppo B.

## Risultati

Nel complesso valuterai l'ambiente dell'ambulatorio:

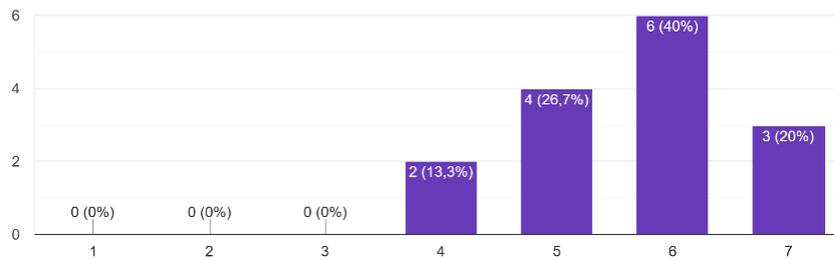
16 risposte



*Figura 7.4: Grafico valutazione ambiente Gruppo A*

Nel complesso valuterai l'ambiente dell'ambulatorio:

15 risposte



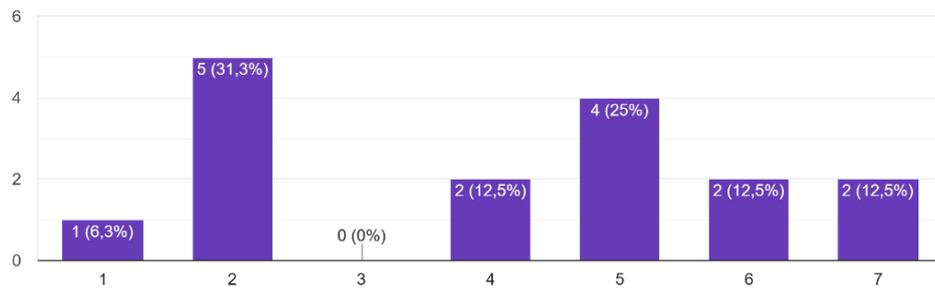
*Figura 7.5: Grafico valutazione ambiente Gruppo B*

L'ambiente della simulazione "Stimoli positivi" del Gruppo B ha favorito il rilassamento.

## Risultati

L'ambiente (interni ed esterni) nel complesso mi ha aiutato a rilassarmi durante la simulazione.

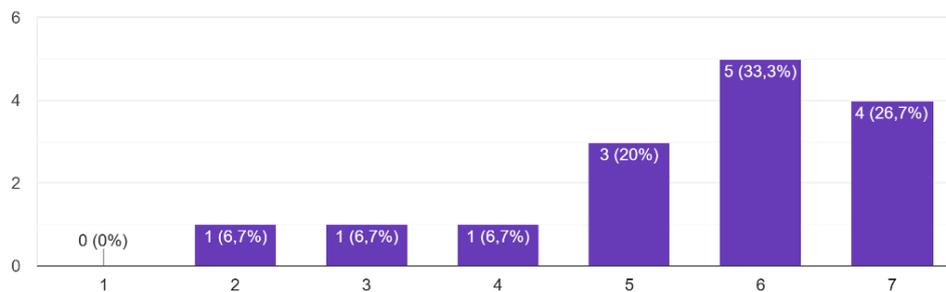
16 risposte



*Figura 7.6: Grafico livelli di rilassamento Gruppo A*

L'ambiente (interni ed esterni) nel complesso mi ha aiutato a rilassarmi durante la simulazione.

15 risposte



*Figura 7.7: Grafico livelli di rilassamento Gruppo B*

### 7.5 Igroup Presence Questionnaire (IPQ)

Il IPQ [9] è uno strumento standardizzato utilizzato per misurare la sensazione di presenza che un individuo sperimenta all'interno di un ambiente virtuale. È ampiamente adottato nella ricerca su realtà virtuale (VR) e realtà aumentata (AR) per valutare la qualità dell'immersione e l'interazione con l'ambiente simulato.

## Risultati

È stato utilizzato il test di Mann-Whitney U, ove non sono emerse differenze significative tra i gruppi. Tutte le variabili analizzate, che includevano aspetti come la percezione di essere fisicamente presenti nello spazio virtuale e la coerenza dell'esperienza con la realtà, hanno prodotto p-value superiori a 0.05, indicando risposte sostanzialmente simili tra i due gruppi.

<b>Domande</b>	<b>Statistic</b>	<b>P-value</b>
<b>Avevo la sensazione di agire nello spazio virtuale, piuttosto che di manovrare qualcosa dall'esterno.</b>	108.5	0.656
<b>Quanto ti sembrava reale il mondo virtuale?</b>	146.5	0.291
<b>Mi sentivo presente nello spazio virtuale.</b>	110.0	0.696
<b>Quanto ti sembrava reale il mondo virtuale?</b>	106.5	0.587
<b>In qualche modo, mi sentivo circondato dal mondo virtuale.</b>	102.5	0.462
<b>Quanto eri consapevole del mondo reale circostante mentre navigavi nel mondo virtuale? (ad es. suoni, temperatura della stanza, altre persone, ecc.)?</b>	154.5	0.167
<b>Mi sembrava di percepire solo immagini.</b>	121.0	0.983
<b>Non mi sentivo presente nello spazio virtuale.</b>	119.5	1.0
<b>Prestavo ancora attenzione all'ambiente reale.</b>	94.5	0.311
<b>Ero completamente catturato dal mondo virtuale.</b>	151.5	0.203
<b>Il mondo virtuale sembrava più realistico del mondo reale.</b>	121.5	0.965
<b>Nel mondo generato dal computer, ho avuto la sensazione di "essere lì"</b>	109.0	0.668
<b>Non ero consapevole del mio ambiente reale.</b>	154.0	0.178
<b>Quanto la tua esperienza nell'ambiente virtuale ti sembrava coerente con la tua esperienza nel mondo reale?</b>	103.0	0.505

*Tabella 7.5: Domande IPQ*

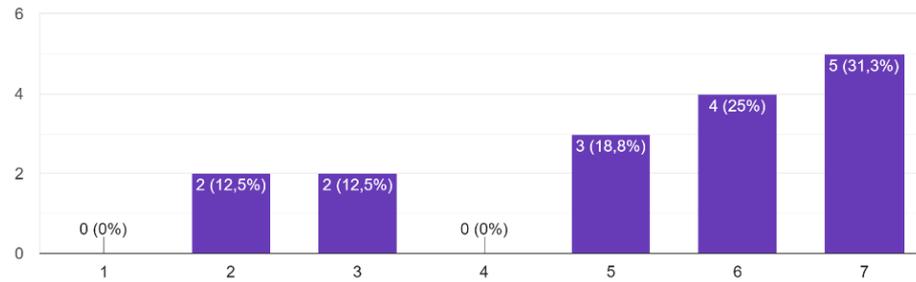
Possiamo quindi comprendere che le differenze fra le due simulazioni non hanno impattato sul senso di presenza degli utenti.

Nel complesso il test IPQ ha rivelato che gli utenti di entrambi i gruppi avevano la sensazione di essere effettivamente all'interno della simulazione.

## Risultati

Nel mondo generato dal computer, ho avuto la sensazione di "essere lì"

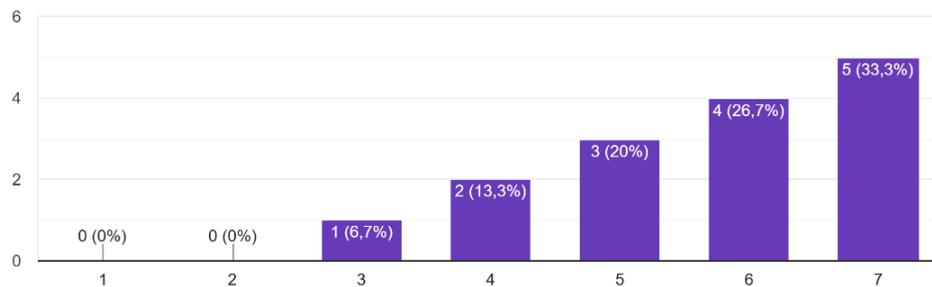
16 risposte



*Figura 7.8: Sensazione di "essere lì" Gruppo A*

Nel mondo generato dal computer, ho avuto la sensazione di "essere lì"

15 risposte



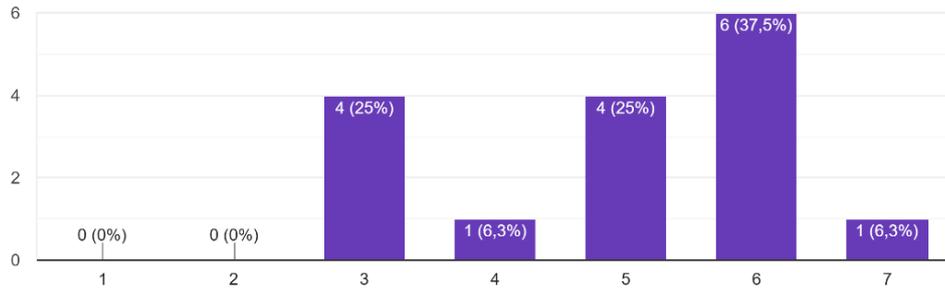
*Figura 7.9: Sensazione di "essere lì" Gruppo B*

Il test IPQ ha rilevato che entrambi i gruppi hanno mantenuto un livello significativo di consapevolezza del mondo reale durante la navigazione nel mondo virtuale. Questo risultato è probabilmente attribuibile al fatto che i partecipanti sono stati fisicamente assistiti in alcune occasioni, come quando venivano guidati per sedersi o nel posizionare la mano in punti specifici dello spazio.

## Risultati

Quanto eri consapevole del mondo reale circostante mentre navigavi nel mondo virtuale? (ad es. suoni, temperatura della stanza, altre persone, ecc.)?

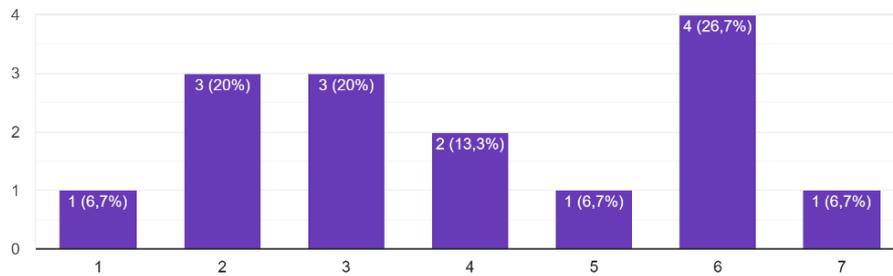
16 risposte



*Figura 7.10: Consapevolezza del mondo reale Gruppo A*

Quanto eri consapevole del mondo reale circostante mentre navigavi nel mondo virtuale? (ad es. suoni, temperatura della stanza, altre persone, ecc.)?

15 risposte



*Figura 7.11: Consapevolezza del mondo reale Gruppo B*

## 7.6 ITC-SOPI

L'ITC-Sense of Presence Inventory (ITC-SOPI) [10] è un questionario progettato per valutare la sensazione di presenza percepita dagli utenti durante l'interazione con diversi tipi di media, sia interattivi che non interattivi. Per questo esperimento, è stato il principale strumento utilizzato dagli psicologi del Dipartimento di Neuroscienze.

## Risultati

<b>Domanda</b>	<b>M-W U</b>	<b>p-value</b>
Mi sembrava di essere "trascinato/a dentro" (l'ambiente mostrato)	69.5	0.036
Sentivo che tutti i miei sensi erano stimolati contemporaneamente	68.5	0.037
Avevo la sensazione che l'ambiente mostrato fosse parte del mondo reale	73.5	0.105
Ricordo vividamente alcune parti dell'esperienza	85.0	0.106
Ho avuto la sensazione di essere tornato/a da un viaggio	86.0	0.138
Sentivo di poter interagire con l'ambiente mostrato	84.0	0.151
Ho avuto la sensazione che i personaggi fossero consapevoli della mia presenza	85.5	0.170
Avvertivo mal di testa	141.0	0.205
Sentivo che avrei potuto protendermi e toccare gli oggetti (nell'ambiente mostrato)	90.5	0.232
Avevo la sensazione che gli oggetti potessero quasi toccarmi	148.0	0.259
Le scene raffigurate potrebbero realmente trovarsi nel mondo reale	93.0	0.266
Consiglierei l'esperienza ai miei amici	97.5	0.272
Il contenuto mi attraeva	95.0	0.287
Provavo nausea	139.0	0.315
Mi sentivo circondato/a dall'ambiente mostrato	97.5	0.322
Percepivo che la temperatura cambiava in funzione delle scene nell'ambiente mostrato	98.0	0.333
La mia esperienza era intesa	144.0	0.335
Avevo la sensazione che il contenuto fosse "vivo"	97.5	0.365
Avevo una forte sensazione che i suoni provenissero da diverse direzioni all'interno dell'ambiente mostrato	99.5	0.404
Mi sono sentito/a coinvolto/a (nell'ambiente mostrato)	101.0	0.425
Avevo la sensazione di trovarmi nello stesso spazio degli oggetti	101.5	0.442
Mi sono sentito/a disorientato	137.5	0.484
Mi sarebbe piaciuto che l'esperienza continuasse	105.0	0.488
Il contenuto mi sembrava credibile	105.0	0.519
Ho prestato più attenzione all'ambiente mostrato che ai miei pensieri (p.e. preoccupazioni personali, sogni ad occhi aperti etc.)	134.0	0.540
Avevo la sensazione di partecipare all'ambiente mostrato	105.5	0.551
Mi sentivo in grado di cambiare il corso degli eventi nell'ambiente mostrato	106.0	0.584
Ho perso il senso del tempo	132.5	0.617
Avevo la sensazione di poter muovere gli oggetti (nell'ambiente mostrato)	107.5	0.626
Avevo le vertigini	112.0	0.698
Ho avuto risposte emotive	110.0	0.699
Mi è dispiaciuto che la mia esperienza fosse finita	111.0	0.710
Provavo affaticamento visivo	128.0	0.741
Avevo la forte sensazione che gli oggetti fossero dotati di solidità	128.0	0.757
Mi sono divertito/a	125.0	0.822
Mi sembrava naturale muovere gli oggetti nell'ambiente mostrato	126.0	0.823
Avevo la sensazione che non stavo soltanto osservando qualcosa	115.0	0.852
Mi sentivo stanco/a	124.0	0.876

## Risultati

Avevo la sensazione di far visita ai luoghi nell'ambiente mostrato	117.0	0.914
L'ambiente mostrato mi sembrava naturale	117.0	0.917
Avevo la sensazione che parti dell'ambiente mostrato (es. oggetti) mi stessero rispondendo	121.5	0.967
Potevo quasi percepire differenti odori dell'ambiente mostrato	119.0	0.982
Avevo la sensazione di essere dentro le scene mostrate	119.0	0.983
Avevo la sensazione di muovermi in risposta a parti dell'ambiente mostrato	119.0	0.983

*Tabella 7.6: Domande e risposte del test ITC-SOPI*

I risultati sono stati analizzati utilizzando il test di Mann-Whitney U. Solo due risposte hanno mostrato un p-value inferiore a 0,05, indicando differenze statisticamente significative. I soggetti del Gruppo B hanno riportato una maggiore sensazione di essere "trascinati" nell'ambiente virtuale e hanno sperimentato un numero più elevato di stimoli sensoriali simultanei rispetto ai partecipanti del Gruppo A.

### 7.7 System Usability Scale

La System Usability Scale (SUS) [11] è uno strumento standardizzato e semplice, ampiamente utilizzato per valutare l'usabilità di un sistema, che si tratti di un prodotto digitale, un'applicazione o un'interfaccia. Il questionario SUS consiste in 10 affermazioni a cui gli utenti rispondono utilizzando una scala Likert [12] a 5 punti, che varia da "Fortemente in disaccordo" a "Fortemente d'accordo".

Per questa analisi, si è scelto di impiegare il SUS per identificare eventuali criticità nell'utilizzo del sistema, con particolare attenzione a possibili sviluppi futuri di Placeo VR. Il test è stato condotto esclusivamente sull'applicazione per il visore Meta Quest 3, raccogliendo le opinioni dei partecipanti appartenenti ai Gruppi A e B.

## Risultati

Il punteggio SUS è stato calcolato come media delle risposte fornite dai 31 partecipanti alla sperimentazione, avvalendosi del tool online SUS Calculator disponibile sul sito UIUXTrend [13]. Il punteggio ottenuto, pari a 77,5, indica che il sistema è considerato abbastanza usabile.

<b>Domande</b>	<b>Media risposte</b>
<b>Penso che mi piacerebbe utilizzare questo sistema frequentemente</b>	4
<b>Ho trovato il sistema inutilmente complesso</b>	1
<b>Ho pensato che il sistema fosse facile da usare</b>	4
<b>Penso che avrei bisogno del supporto di un tecnico per essere in grado di utilizzare il sistema</b>	2
<b>Ho trovato le varie funzionalità del sistema bene integrate</b>	4
<b>Ho trovato troppa incoerenza tra le varie funzionalità del sistema</b>	2
<b>Immagino che la maggior parte delle persone imparerebbe ad usare il sistema molto velocemente</b>	4
<b>Ho trovato il sistema molto macchinoso da utilizzare</b>	2
<b>Mi sono sentito molto sicuro mentre utilizzavo il sistema</b>	4
<b>Ho avuto bisogno di imparare molte cose prima di riuscire ad utilizzare al meglio il sistema</b>	2

*Tabella 7.7: Domande e risposte SUS*

La scala SUS, che varia da 0 a 100, è un metodo rapido ed efficace per valutare l'usabilità di un prodotto o servizio. Un punteggio medio è generalmente attorno a 68; il punteggio di 77,5, essendo significativamente superiore alla media, suggerisce che gli utenti percepiscono il sistema come facile da usare e ben integrato.

## Capitolo 8

### 8 Conclusioni

L'analisi dei dati raccolti durante l'esperimento evidenzia l'importanza delle caratteristiche ambientali nel modellare le percezioni degli utenti all'interno di ambienti virtuali. La percezione dell'illuminazione ha mostrato differenze significative tra i gruppi, con il Gruppo A che ha identificato correttamente la tonalità bianca fredda, mentre il Gruppo B è rimasto neutrale rispetto alla tonalità bianca calda. Questo risultato è supportato da un p-value di 0,023, che indica una differenza statisticamente significativa, sebbene entrambi i gruppi abbiano espresso una valutazione generale neutra sull'impatto dell'illuminazione nei loro livelli di rilassamento. Gli elementi interni, come mobili, decorazioni e piante, sono stati percepiti in modo più positivo dal Gruppo B, come indicato da un p-value di 0,009, suggerendo una maggiore apprezzabilità dell'ambiente progettato per questo gruppo. La musica riprodotta nell'ambulatorio ha suscitato una risposta significativamente più favorevole nel Gruppo B rispetto al Gruppo A, con un p-value di 0,001. Anche i rumori ambientali hanno contribuito a differenziare l'esperienza, risultando più fastidiosi per il Gruppo A e più rilassanti per il Gruppo B.

Sebbene i livelli complessivi di stress siano risultati bassi in entrambe le simulazioni e non abbiano mostrato differenze significative, il Gruppo B ha riportato una maggiore sensazione di rilassamento e una percezione più accogliente dell'ambiente.

<b>Gruppo A – Stimoli negativi</b>	<b>Gruppo B – Stimoli positivi</b>
<i>Mobilio deteriorato</i>	<i>Mobilio di lusso</i>
Luce bianca fredda	Luce bianca calda
<i>Brani rock</i>	<i>Musica classica</i>
<i>Rumori ambientali fastidiosi</i>	<i>Rumori ambientali rilassanti</i>
<i>Ambientazione esterna urbana</i>	<i>Ambientazione esterna rurale</i>

*Tabella 8.1: Parametri ipotizzati sul rilassamento dei soggetti*

È importante sottolineare che le differenze tra le due simulazioni non hanno avuto un impatto significativo sulla percezione di essere effettivamente immersi nell'ambiente virtuale. Secondo i risultati del test IPQ, entrambi i gruppi hanno riportato una sensazione comparabile di presenza all'interno della simulazione.

Questi risultati contribuiscono a una comprensione più approfondita delle dinamiche percettive e psicologiche legate agli ambienti virtuali clinici, offrendo spunti preziosi per future ottimizzazioni degli spazi progettati.

## **8.1 Raccomandazioni e accorgimenti per studi futuri**

L'esperimento proposto, come discusso, prevede l'integrazione tra elementi fisici e virtuali, un aspetto che probabilmente ha contribuito al mantenimento di un livello significativo di consapevolezza del mondo reale da parte dei partecipanti durante la navigazione nell'ambiente virtuale. Per necessità specifiche del Dipartimento di Neurologia, questa tipologia di interazioni era indispensabile, in quanto utile per futuri sviluppi nello studio dell'effetto placebo. Tuttavia, sarebbe consigliabile limitare o ottimizzare al massimo queste interazioni, al fine di ridurre l'interferenza con l'esperienza immersiva.

## Conclusioni

Un'altra problematica emersa, anche grazie alla risposta aperta fornite ai partecipanti nelle domande ad hoc, riguarda l'utilizzo di spazi reali più ampi, in modo da coprire l'intera area dello spazio virtuale. Questo approccio consentirebbe agli utenti di evitare i confini fisici, migliorando l'esperienza e rendendo possibile la disattivazione delle funzionalità di Teletrasporto e Snap turn, favorendo una navigazione più fluida e realistica. Sebbene individuare spazi sufficientemente grandi possa rappresentare una sfida, se questa condizione venisse soddisfatta, sarebbe possibile creare una nuova simulazione tramite l'applicazione Placeo VR desktop, disabilitando le funzionalità di navigazione non più necessarie, migliorando significativamente il realismo della navigazione.

## 9 Ringraziamenti

Dopo anni di studio, passione e dedizione, finalmente si chiude questo importante capitolo del mio percorso accademico. Colgo l'occasione per ringraziare i professori Andrea Bottino e Francesco Strada per avermi dato l'opportunità di avventurarmi in questo progetto di tesi. Voglio ringraziare anche Stefano C. per i suoi preziosi feedback durante lo sviluppo di Placeo VR. Un ringraziamento va anche alle colleghe del Dipartimento di Neurologia, la professoressa Elisa Carlino per aver dato inizio a questa collaborazione e Valeria che, fra un gossip e l'altro è stata estremamente disponibile durante gli esperimenti.

Ci tengo a esprimere la mia profonda gratitudine alla mia famiglia, il cui sostegno mi ha permesso di intraprendere questo viaggio lontano da casa, rendendo possibile il raggiungimento di questo importante traguardo.

Grazie anche ai miei nipoti Emiliano e Soraya, che mi mettono sempre di buon umore (quando fanno i bravi).

Un ringraziamento speciale va a Richard per il suo continuo supporto e incoraggiamento durante questi anni di studio, che mi hanno dato la forza e la motivazione necessarie per raggiungere questo traguardo.

Vorrei esprimere la mia gratitudine alle mie amiche Maryna e Olimpia, che mi sopportano con pazienza e affetto fin dai nostri anni di adolescenza.

Ringrazio anche la mia amica, complice e "segretariah" Chiara, la cui simpatia e vicinanza hanno reso questi anni al Politecnico più piacevoli e leggeri.

## Ringraziamenti

Un grazie ai miei coinquilini Paolo e Simone, per aver condiviso momenti assurdi e indimenticabili durante la nostra convivenza.

Grazie di cuore ai miei amici Stefano P., Cinzia, Giulia, Ilaria, Igina, Leonardo, Arianna, Francesca, Tomasz, Fabrizio, Guglielmo, Pietro, Eleonora, Matteo, Clara e tutti gli altri per questi anni di esperienze vissute insieme.

*Giuseppe Forma*

## 10 Bibliografia

- [1] R. Chengoden, «Metaverse for Healthcare: A Survey on Potential Applications, Challenges and Future Directions,» 2022.
- [2] A. D. Andrea Sestino, «My doctor is an avatar! The effect of anthropomorphism and emotional receptivity on individuals' intention to use digital-based healthcare services,» Roma, 2023.
- [3] G. M. M. G. D. B. M. F. Sanaz POURNAJAF, «Realtà virtuale applicata alla riabilitazione: evidenze cliniche e prospettive future,» Roma.
- [4] [Online]. Available: <https://unity.com/>.
- [5] «Azure PlayFab,» Microsoft, [Online]. Available: <https://playfab.com/>.
- [6] Microsoft, «Microsoft Learn,» [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/it-it/azure/ai-services/speech-service/text-to-speech>.
- [7] Microsoft, «Microsoft Research Blog,» 2020. [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/research/blog/microsoft-rocketbox-avatar-library-now-available-for-research-and-academic-use/>.

## Bibliografia

- [8] «STATA,» StataCorp LLC, [Online]. Available: <https://www.stata.com/new-in-stata/features/>.
- [9] H. & S. T. Regenbrecht, «IPQ - Real and illusory interaction enhance presence in virtual environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments,» 2002.
- [10] J. F. Jane Lessiter, «A Cross-Media Presence Questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory,» 2001.
- [11] J. Brooke, «SUS -- a quick and dirty usability scale,» 1996.
- [12] R. Likert, «A technique for the measurement of attitudes. Archives of Psychology,» 1932.
- [13] «UIUX Trend,» [Online]. Available: <https://uiuxtrend.com/sus-calculator/>.