



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Nicolas Canale Romeiro

**Construção de cena para utilização da Realidade Virtual para o auxílio de atores na
captura de movimentos**

Florianópolis
2023

Nicolas Canale Romeiro

**Construção de cena para utilização da Realidade Virtual para o auxílio de atores na
captura de movimentos**

Dissertação submetida ao Programa de pós-graduação
em Design da Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do título de mestre em Design
Orientador: Prof. Milton Luiz Horn Vieira, Dr. Eng.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Romeiro, Nicolas Canale

Criação de cena para a utilização da Realidade Virtual
para o auxílio de atores na captura de movimentos / Nicolas
Canale Romeiro ; orientador, Milton Luiz Horn Vieira, 2023.
68 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós
Graduação em Design, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Design. 2. Realidade Virtual. 3. Captura de
movimentos. 4. Animação. 5. Atuação. I. Vieira, Milton Luiz
Horn. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Design. III. Título.

Nicolas Canale Romeiro

**Criação de cena para a utilização da Realidade Virtual para o auxílio de atores
na captura de movimentos**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Luiz Fernando Gonçalves de Figueiredo, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) João Sobral, Dr.
Universidade da região de Joinville

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Design.

Prof. Ricardo Triska, Dr.
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Milton Luiz Horn Vieira, Dr. Eng.
Orientador

Florianópolis, 2023.

Este trabalho é dedicado aos meus colegas de classe e aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e amigos pelo apoio durante a execução deste trabalho.

Agradeço ao DesignLAB e TECMIDIA pela estrutura e pelo apoio.

E a FAPESC pelo apoio financeiro.

RESUMO

A tecnologia de captura de movimentos já possui diversas aplicações dentro da indústria do entretenimento documentadas, sendo utilizada para a produção de animação de personagens para aplicação em 3D. Um dos pontos negativos do uso da tecnologia é seu custo muitas vezes elevados. A realidade virtual, com seus avanços se tornou mais acessível e difundida, com seus usos sendo ampliados em projetos de pesquisa. O realizado nesta pesquisa é uma mesclagem da tecnologia de captura de movimentos com a mídia de realidade virtual, para aferir se existe influência na performance do ator para a animação final. Os procedimentos metodológicos incluem as formas que foi pretendido chegar a um ambiente de testes favorável para a medição desta possível influencia. Com um cenário configurado dentro de motor de jogo para utilização em realidade virtual e um questionário para a avaliação dos fatores importantes para a aferição dos resultados.

Palavras-chave: Captura de movimentos. Realidade Virtual. Animação. Atuação.

ABSTRACT

The motion capture technology already has several documented applications within the entertainment industry, being used to produce character animation for 3D application. One of the downsides of using technology is its often high cost. Virtual reality, with its advances, has become more accessible and widespread, with its uses being expanded in research projects. The proposal with this research was to perform a merge of motion capture technology with virtual reality media, to assess whether there is influence on the actor's performance for the final animation. The methodological procedures include the ways in which it was intended to arrive at a test environment favorable for the measurement of this possible influence. With a scenario configured within a game engine for use in virtual reality and a questionnaire for evaluating the important factors for measuring the results.

Keywords: Motion Capture. Virtual Reality. Animation. Animation Performance. Acting. Actors.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Sensorama, apresentado por Morton Heilig | 28 |
| Figura 2 - Sistema VIVED, construído na NASA em 1984 por Dr Mike McGreevy e Jim Humphries..... | 29 |
| Figura 3: Diagrama de sistema de realidade | 30 |
| Figura 4- HMD Valve Index (esquerda) e HMD Oculus Quest 2 (direita)..... | 33 |
| Figura 5 - Câmera do sistema VICON | 43 |
| Figura 6 - Ator com roupa com marcadores para sistema de captura de movimentos | 43 |
| Figura 7- Exoesqueleto do sistema mecânico de captura de movimentos | 44 |
| Figura 8 - Fluxo de produção de captura de movimentos | 47 |
| Figura 10 - Malha de colisão | 49 |
| Figura 10 - Interface de calibragem do sistema de MoCap..... | 50 |
| Figura 11 - Vareta de calibragem | 51 |
| Figura 13 - Orientação dos marcadores para definição do plano | 52 |
| Figura 14 - Interface do plugin da Vicon para MotionBuilder..... | 53 |
| Figura 15 - Interface Plugin UE – Livelink..... | 53 |
| Figura 16 - Interface do Plugin dentro do motor de jogo..... | 54 |
| Figura 17 - Esquema de animação aplicado ao esqueleto da personagem | 55 |
| Figura 18 - Visualização do personagem padrão em realidade virtual | 55 |
| Figura 19 - Inserção de modelo 3D no peão de realidade virtual..... | 56 |
| Figura 20 - Escolha do modelo a ser utilizado e esquema de animação do personagem..... | 56 |
| Figura 21 - Visualização do personagem após o processo de inserção do modelo como personagem..... | 57 |
| Figura 22 - Captura de tela da cena desenvolvida..... | 58 |
| Figura 23 - Captura de tela da cena desenvolvida..... | 58 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Listagem de possíveis fatores causadores de efeitos adversos. Fonte: adaptado de Jerald (2015), Tradução: autor (2022)..... | 37 |
| Tabela 2 - Fatores a serem levados em conta para adaptação de animação 3D em realidade virtual. Fonte: Autor (2022)..... | 38 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MoCap Captura de Movimentos (*Motion Capture*)

RV Realidade Virtual (*Virtual Reality*)

HDM Tela Montada na Cabeça (*Head Mounted Display*)

DoF Graus de Liberdade (*Degrees of Freedom*)

ROM Amplitude de Movimento (*Range Of Motion*)

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 23 |
| 1.1 | Pergunta de pesquisa..... | 24 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 24 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 25 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 25 |
| 1.3 | Justificativa | 25 |
| 1.4 | Delimitação da pesquisa | 26 |
| 2 | Fundamentação teórica | 28 |
| 2.1 | Realidade Virtual | 28 |
| 2.1.1 | Sistema de Realidade..... | 30 |
| 2.1.2 | Feedback Sensorial | 31 |
| 2.1.3 | Mundo Virtual & Imersão | 32 |
| 2.1.4 | Equipamentos de Realidade Virtual..... | 33 |
| 2.1.5 | Ergonomia na Realidade Virtual | 34 |
| 2.1.6 | Animação e Realidade Virtual..... | 37 |
| 2.2 | MOTOR DE JOGOS | 41 |
| 2.3 | SISTEMAS DE CAPTURA DE MOVIMENTOS | 42 |
| 2.4 | Performance na Animação..... | 45 |
| 3 | procedimentos metodologicos | 46 |
| 3.1 | Caracterização geral da pesquisa | 46 |
| 3.2 | Procedimentos..... | 47 |
| 4 | DESENVOLVIMENTO..... | 49 |
| 4.1 | CONSTRUÇÃO DA CENA..... | 49 |
| 4.2 | SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMENTOS..... | 50 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.3 | Transmissão para motor de jogo..... | 53 |
| 5 | Considerações Finais | 58 |
| 5.1 | Resultados Obtidos e recomendações de aplicação da proposta | 58 |
| 5.2 | Conclusões..... | 59 |
| 5.3 | TRABALHOS FUTUROS | 61 |
| | REFERÊNCIAS..... | 62 |
| | APÊNDICES | 65 |
| | Apêndice A – Imagens do cenário dentro do motor de jogo | 65 |
| | APÊNCICE B – Proposta de formulário de avaliação. | 67 |

1 INTRODUÇÃO

Na animação 3D existe o método convencional de animação por quadros-chave, porém que consome muito tempo, e existe a alternativa da captura de movimentos, que visa diminuir o tempo necessário para a realização da animação (KITAGAWA & WINDSOR, 2008). O método de animação por quadros-chave ainda é o predominante no Brasil devido à falta de acesso e aos custos de equipamentos de captura de movimentos (*MoCap*) (ANDALÓ, 2019). Andaló (2019) ainda expõe o problema da falta de profissionais qualificados para operar os equipamentos de MoCap.

A captura de movimentos apresenta diversos usos fora do entretenimento (ANDALÓ, 2019), alguns exemplos de uso são na área da saúde, sendo utilizado para analisar equilíbrio de amputados (PRIM, 2016) e para análises espinhal, de marcha, de distribuição de força em combinação com a marcha (BÁLINT; DEZSO; HUNKA; LENTI; LOVÁNYI, 2005). Segundo Marques (2017), o maior impeditivo a utilização do *MoCap* no Brasil é o custo, com até mesmo o aluguel de estúdios preparados costuma ser evitado.

Segundo Hayes e Webster (2013), existe uma grande diferença entre capturar movimentos e capturar performances. Segundo os autores, é necessário, tanto na animação tradicional quando na captura de movimentos, que exista uma conexão com o personagem para que ele seja entendido e tenha a melhor representação possível de acordo com seus traços e personalidade.

Enquanto a realidade virtual (RV) não é uma tecnologia recente (GIGANTE, M. 1993; JERALD, 2016), desde 2012, houve um grande avanço nos equipamentos de RV para o público consumidor (ANGELOV, V; PETKOV, E & KALUSHKOV, T. 2020; KELLEY, 2021). Muitos usos para a tecnologia já são documentados, como na área de educação (ROUSSOU, M. OLIVER, M. SLATER, M. 2006), terapia para fobia social (HARRIS, S. KEMMERLING, R. NORTH, M. 2002; KLIENGER, E. et al. 2005), treinamento com jogos de treinamento (SALOMÃO, A. 2020) e manutenção de interação interpessoal durante distanciamento social (RZESZEWSKI; EVANS, 2020).

Pesquisas envolvendo a mesclagem das tecnologias de realidade virtual e captura de movimentos já existem, alguns exemplos de aplicações já abordadas são a de flexibilidade homuncular, onde foi estudado a possibilidade de controle de avatares humanos e não humanos com diferentes números de membros (WON; BAIENSON; LEE; LANIER, 2015),

avaliar a ergonomia na interação de humanos e máquinas de produção (RIVERA, 2019) e jogos para reabilitação (RINCON, YAMASAKI, SHIMODA, 2016).

Este trabalho visa pesquisar e avaliar a sobreposição do uso das tecnologias de captura de movimento e de realidade virtual e propor meios para que testes com atores para analisar os resultados obtidos para conhecer a influência positiva ou negativa do uso da realidade virtual no desempenho dos atores durante a captura de movimentos possam ser realizados.

Esta dissertação é organizada em 5 capítulos numerados e o sexto capítulo contendo as referências bibliográficas utilizadas. No primeiro capítulo, de introdução serve para a exposição do tema e sua problematização, bem como a justificativa da pesquisa, os objetivos gerais e específicos da dissertação.

No segundo capítulo, de fundamentação teórica é onde são expostos conhecimentos teóricos das tecnologias contempladas pela pesquisa, a captura de movimentos e a realidade virtual e motor de jogos.

No terceiro capítulo, são definidos os procedimentos metodológicos, caracterizando a pesquisa e explicando os métodos que serão seguidos durante a pesquisa e realização da mesma e apresentar as preocupações éticas da pesquisa.

O quarto capítulo expõe as aplicações dos procedimentos metodológicos e os resultados obtidos em relação a construção da cena, e a proposição de como se utilizar das tecnologias pesquisadas.

No quinto capítulo do documento são apresentadas as considerações finais em relação ao projeto e propostas para o segmento da pesquisa em projetos futuros.

1.1 PERGUNTA DE PESQUISA

Levando em consideração a problemática exposta anteriormente, a pergunta de pesquisa a ser respondida é: “Como aferir a existência de influência na performance de atores utilizando a realidade virtual?”

1.2 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos desta dissertação.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a influência da realidade virtual na performance dos atores em um ambiente que emprega a captura de movimentos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar a revisão bibliográfica das tecnologias de captura de movimento e realidade virtual;
- Desenvolver um ambiente virtual para a realização dos testes;
- Desenvolver uma cena em realidade virtual adequada a realização dos testes;
- Propor ações para a realização dos testes e avaliação.

1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo os conceitos apresentados por Bolter e Grusin (2000), as novas mídias não são inventadas, mas sim reestruturadas e passam por processos de transformação, mantendo características da mídia anterior que visa substituir enquanto apresenta novos recursos para que haja o convencimento para a substituição. Uma das maiores aspirações das novas mídias é a de oferecer a transparência, definida por Bolter e Grusin (2000) como a imersão do ser humano na interação com a mídia, para que não existam barreiras visíveis entre o usuário e a mídia.

Este trabalho se justifica pela sua relevância ao meio acadêmico uma vez que realiza pesquisa que amplia o conhecimento sobre duas tecnologias relevantes para diversas áreas, sua relevância social, apresentando uma proposta para o auxílio na indústria do entretenimento. Sua aderência ao programa de pós-graduação em Design uma vez que visa pesquisar sobre a mídia de realidade virtual e a tecnologia de captura de movimentos. Devido aos custos de se construir um estúdio para a captura de movimentos, de locação de estúdios serem por modelo de diárias, o fato de existirem registros que indicam o potencial de ganho de performance com o uso da realidade virtual e aumentada (FARREL, 2018), a pesquisa se

justifica pela forma como pretende reduzir o tempo de gravação por cena, assim sendo possível se produzir mais conteúdo do que sem o auxílio da realidade virtual.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa empregara apenas a medição qualitativa de performance de atores utilizando sistema de captura de movimentos com a variável do uso da realidade virtual, não sendo presente no escopo do trabalho a utilização de *props* (objetos de suporte na atuação), estruturas de cenário, como escadas, portas ou elevações.

Para a realização dos testes serão utilizados o sistema ótico de captura de movimentos da empresa VICON, a empresa líder mundial do segmento de equipamentos de captura de movimentos (ANDALÓ, 2019), com 16 câmeras, e seu software proprietário *Blade*. Para o processamento dos dados da captura de movimentos em tempo real, uma transmissão ao vivo para o software *Motion Builder* da empresa AUTODESK. A escolha desses equipamentos e softwares em função dos procedimentos apresentados por Andaló (2019), e a familiaridade do autor na utilização de tais equipamentos. Para a inserção dos atores em mundo virtual serão empregados cenários modelados em 3D colocados em motor de jogo para que ocorra a renderização do ambiente em tempo real e permitir a interação dos atores com o mundo, o motor de jogo empregado é o motor Unreal Engine 4.

A escolha de ser utilizado o Tribo da Ilha para o seguimento do projeto é de ser um projeto proprietário do laboratório em questão, evitando assim a escassez de material disponível para utilização e possíveis conflitos de direitos autorais. Os modelos utilizados para a construção da cena já estavam previamente prontos em formato compatível com o motor de jogos, e foram desenvolvidos no software de modelagem 3d. O software empregado neste trabalho foi o 3DSMax, da empresa Autodesk. A cena foi construída utilizando o motor de jogos Unreal Engine 4, devido a familiaridade do autor com o motor de jogo. Para a realização da cena, foram utilizados modelos previamente produzidos para a série de animação Tribo da Ilha, sendo construído um cenário de praia, onde ocorrem parte das cenas do projeto.

Os participantes dos testes deverão ser profissionais ou estudantes da área de artes cênicas, ou animadores 3D com experiência em *acting* para animação.

O equipamento de realidade virtual a ser empregado na pesquisa será o Oculus Quest 2, da empresa OCULUS/META, que possui rastreamento independente de estações de rastreamento externas e é um modelo *standalone*, então funciona sem fios (OCULUS, 2020a).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é realizada a fundamentação teórica dos temas abordados neste trabalho, como a realidade virtual e a captura de movimentos seus usos.

2.1 REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual imersiva não é uma tecnologia recente, um exemplo de tentativa de aplicação prática data da década de 1960, quando Morton Heilig apresentou o SENSORAMA, um filme imersivo que contava com vento, sons e cheiros, porém, este sistema não apresentava interatividade (GIGANTE, M. 1993). Uma imagem que ilustra o Sensorama pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Sensorama, apresentado por Morton Heilig



Fonte: Morton Heilig Legacy

A primeira idealização dos *head mounted displays* (HMD), ou telas montadas na cabeça, veio de Ivan Sutherland em 1965 (GIGANTE, M. 1993), em 1984, a NASA produz seu primeiro HMD, seu foco era o treinamento de potenciais astronautas, contava com uma tela monocromática (JERALD, J. 2016). Uma imagem do equipamento VIVED (*Virtual Visual Environment Display*), Produzido pela NASA pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Sistema VIVED, construído na NASA em 1984 por Dr Mike McGreevy e Jim Humphries



Fonte: Gigante (1993)

Em 2012, o precursor dos equipamentos atuais de realidade virtual foi apresentado como projeto *open source* na conferência IEEE VR 2012, o *Field of View To Go* por uma parceria entre os laboratórios MxR e Fakespace (JERALD, J. 2016).

A realidade virtual é uma tecnologia que avançou muito rápido nos últimos anos, com os equipamentos atuais acessíveis ao consumidor e apresentando uma melhor resolução, rastreamento e taxas de atualização de quadros (ANGELOV, V; PETKOV, E & KALUSHKOV, T. 2020). Atualmente, em 2021, existem 3 tipos principais de equipamentos de realidade virtual, no seguimento voltado a consumidores, os *thetered*, que necessitam de um computador para serem utilizados, *standalone*, que funcionam de forma independente, existe um terceiro grupo, o *mobile* que depende de um telefone celular montado em uma armação com lentes para simular a realidade virtual, esse grupo é normalmente desconsiderado devido a suas limitações (ANGELOV, V; PETKOV, E & KALUSHKOV, T. 2020).

Algo a ser notado na realidade virtual são os graus de liberdade (DoF, *Degrees of Freedom*). DoF é definido por Jerald (2016) como o número de dimensões independentes disponíveis em que o usuário possa se movimentar, podendo ir até 6 DoF, permitindo a medição total de movimentos em 3D, cima/baixo, direita/esquerda, frente/atrás e translação.

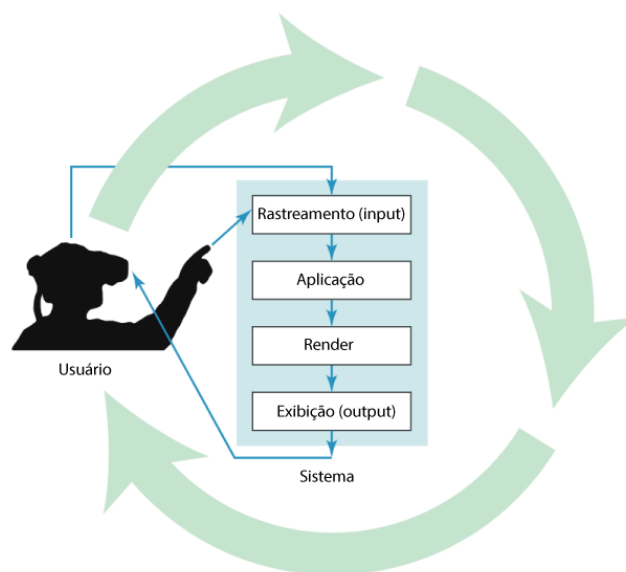
Para esta pesquisa, o conceito de realidade virtual a ser adotado é o apresentado por LaValle (2017, p.1), que é “Induzir comportamento almejado em um organismo utilizando estimulação sensorial artificial, enquanto o organismo tem pouca ou nenhuma percepção da interferência”. LaValle (2017) traz as definições de “comportamento almejado”, “organismo”, “estimulação sensorial artificial” e “consciência” como, respectivamente:

- O organismo ter uma experiência projetada pelo criador;
- O ser vivo submetido a realidade virtual;
- Um ou mais sentidos do organismo serem enganados e substituídos pelo estímulo artificial;
- O organismo não perceber a interferência causada pelo mundo virtual, se sentindo presente na realidade que é submetido.

2.1.1 Sistema de Realidade

Segundo os conceitos de Jerald (2016), um sistema de realidade é o sistema operacional onde as experiências sensoriais ocorrem, é o trabalho do sistema de realidade apresentar uma interface efetiva e intuitiva para que o usuário possa interagir com o mundo virtual como se fosse a realidade. É apontado que a comunicação entre humano e sistema deve ser feita por meio de dispositivos físicos, os quais servem como *input* e *output*. Como *input*, ou sinal de entrada, temos a conversão de uma resposta humana para o mundo digital, que é então processado pelo dispositivo de RV, onde esse sinal de entrada é processado pela aplicação digital para que possa ser renderizada para o usuário e gerando um *output*, ou sinal de saída. Um diagrama de como funciona um sistema de realidade pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Diagrama de sistema de realidade



Ainda segundo Jerald (2016) todo os sinais que passam do usuário para a realidade virtual são o *input*, ou sinal de entrada, definido como as informações que viajam do usuário para o sistema, como o posicionamento da cabeça, dos controles e botões pressionados.

A aplicação segundo Jerald (2016) inclui os aspectos não renderizados do mundo virtual, como a atualização da geometria dinâmica, interação do usuário e simulação da física. Para LaValle (2017), a parte de aplicação é definida como “geração de mundo virtual”, que é responsável por processar os dados recebidos pelo usuário por meio do *input*.

A parte de renderização, é definida por Jerald (2016) como a transformação dos dados captados para uma forma amigável ao usuário, um formato que de a ilusão de uma forma de realidade, inclui a renderização visual, sonora e tátil do mundo virtual.

Jerald (2016) apresenta que o *output*, ou sinal de saída, é a transmissão dos dados transformados na etapa de renderização, apresentando feedback visual, sonoro e tátil para as ações no mundo virtual.

2.1.2 Feedback Sensorial

LaValle (2017) apresenta três fatores cruciais para um equipamento de realidade virtual, sendo eles a resolução espacial, se referindo a quantidade de pixels por área quadrada, a intensidade na resolução e distância, em relação a quantidade de valores de intensidade que podem ser produzidos, e o terceiro fator é a resolução temporal, que é a velocidade em que a tela deve trocar seus *pixels* (taxa de atualização de tela).

LaValle (2017) entra em detalhes sobre o primeiro ponto de densidade de pixels, que foi encontrado, por meio de cálculos apresentados pelo autor, que a resolução ideal para um display seria de 2291.6 PPI (Pixels Por Polegada) para pessoas com visão perfeita (ou 20/20, como dita pelo autor), porém, uma informação também presente é de que existem pessoas, principalmente jovens que possuem uma acuidade visual maior do que 20/20, nesses casos extremos, uma resolução de 4583 PPI seria necessária. Segundo o autor, as resoluções presentes nos *Head Mounted Displays* (HMD), ou “Tela Montada na Cabeça” em tradução livre, é ainda inadequada, e a resolução espacial ideal só será atingida quando houver equipamentos que alcancem essa densidade de pixels ideal.

Quando fala de percepção de profundidade, LaValle (2017) expõe os fatores que influenciam a percepção de profundidade pela visão humana. Quando fala sobre sinais de profundidade monocular, diz que um dos fatores da impressão de profundidade de imagens

bidimensionais é processada pelo cérebro, para objetos familiares, pelo tamanho da representação. O autor também fala sobre a paralaxe de movimento, dando o exemplo de que observar uma paisagem enquanto se move, como ver a rua pela janela do carro em uma viagem, os objetos mais próximos parecem se movimentar mais rápido que os mais distantes.

Um dos desafios expostos por LaValle (2017) em relação ao desenvolvimento em realidade virtual a respeito de profundidade de visão se deve a fisiologia do olho humano, que pode rotacionar e convergir. Essa possibilidade fisiológica do olho humano pode causar problemas em realidade virtual, pois o usuário dentro da realidade virtual não terá a capacidade de criar o efeito de ponto focal, pois a imagem da realidade virtual não tem como se adaptar e criar este efeito. O efeito no caso sendo o desfoque da visão nas áreas que não estão em foco. Outro ponto exposto por LaValle (2017) é o de incompatibilidade de sinais de profundidade, que em alguns casos, na realidade virtual, pode ser inevitável.

2.1.3 Mundo Virtual & Imersão

Para este subcapítulo, será abordado os conceitos de Jerald (2015), onde o autor afirma que o design para realidade virtual deverá levar em consideração como o processo de comunicação do mundo virtual funciona, como o mundo e seus objetos são controlados, suas relações entre eles e o usuário, além do conteúdo proposto, de forma idealística, os usuários estarão mais focados na experiência do que na tecnologia de realidade virtual.

É neste mundo virtual que o usuário irá criar a noção “estar presente” dentro deste espaço, apesar de fisicamente estar em outro local. O termo “presença” neste caso o autor considera como um estado psicológico ou percepção subjetiva na qual parte ou toda a experiência do usuário é gerado e/ou filtrado por uma tecnologia, sendo que parte ou em certos casos, toda a percepção do usuário falha em reconhecer o papel da tecnologia em sua experiência.

A imersão será relacionada ao grau de estímulo que aplicativos de realidade virtual e seus aplicativos causam nos receptores sensoriais do usuário de uma forma que é algo “extensivo”, nos sentidos do usuário, visual, audição e até força física, “correspondente”, onde a representação visual no mundo virtual corresponde a expectativa do usuário, “circunjabência”, relacionado ao campo de visão do usuário dentro do mundo virtual (360 graus), “nitidez”, relacionado a qualidade visual, “interatividade”, refere-se a capacidade do usuário de fazer alterações no mundo virtual e quais as respostas do mundo virtual para as ações do usuário e por fim, “enredo”, a ideia de que o mundo virtual deverá ter um retrato

consistente em relação a experiência, com efeitos dinâmicos e sequencias de eventos, além do comportamento do mundo e suas entidades.

Enquanto a imersão será sobre as características da tecnologia, a presença será um estado psicológico do usuário, a consciência de no momento estar imerso em um mundo virtual, enquanto tem uma espécie de amnésia temporária em relação ao mundo virtual, durante a experiência com a tecnologia.

2.1.4 Equipamentos de Realidade Virtual

Angelov, Petkov & Kalushkov (2020) apresentaram comparação dos equipamentos HMDs disponíveis no mercado durante sua pesquisa, nas comparações entre os principais equipamentos foram apresentadas informações referentes ao display, rastreamento, controles e ergonomia. Nos equipamentos analisados, os displays apresentam resoluções diferentes, com o HMD Valve Index apresenta o maior dos valores, tendo a resolução de 1440 por 1700 pixels por olho e taxa de atualização no máximo de 144Hz (ANGELOV, V; PETKOV, E & KALUSHKOV, T. 2020). Resoluções maiores são vantajosas em equipamentos de RV para que não ocorra uma visível separação de pixels para o usuário, proporcionando maior imersão (LAVALLE, 2017).

Todos os equipamentos analisados por Angelov, Petkov & Kalushkov (2020) apresentam 6 DoF. Em relação a taxa de atualização, o Quest 2 apresenta diferentes configurações que podem ser alteradas pelo usuário conforme sua preferência e disponibilidade pelo aplicativo, apresentando as opções de 60Hz, 72Hz, 90Hz, em modo *standalone* ou conectado a um computador, e 120Hz se conectado a um computador (OCULUS, 2020a; OCULUS, 2020b; OCULUS, 2021). Uma imagem dos HMD Oculus Quest 2 e Valve Index podem ser observadas na figura 4.

Figura 4- HMD Valve Index (esquerda) e HMD Oculus Quest 2 (direita)



Fonte: STEAM (2021) e OCULUS (2020a)

2.1.5 Ergonomia na Realidade Virtual

Iida (2005) define sensação e percepção como etapas de um mesmo fenômeno. Sensação sendo, segundo sua definição, um processo biológico de captação de energia ambiental, podendo essa ser luz, calor, pressão, entre outras. Percepção é o resultado do processamento das informações captadas pela sensação, onde lhes é dado significado para interpretação. A percepção é dividida em dois estágios distintos, o primeiro é quando se detectam as características mais básicas, como cores, formas ou movimentos inesperados, e depois a parte de atenção, onde os sentidos são focalizados, após as informações serem captadas pelos órgãos sensoriais, ocorre um reconhecimento, e então acontece uma comparação e armazenamento dos novos elementos.

Abordando a organização da informação, Iida (2005) apresenta o conceito de capacidade de canal, que explicita o fato de que os canais sensoriais humanos possuem um limite de informações que podem ser recebidas em um intervalo de tempo. Sobrecarregar o limite estabelecido na capacidade de canal acarreta erros de leitura. Quando Iida (2005) fala sobre sinais simultâneos, explica que quando o receptor precisa dividir sua atenção entre sinais diferentes, ocorre interferência, onde nenhuma das informações é captada e processada de forma ideal. Quando os sinais atingem canais diferentes, porém complementarmente, auxilia na compreensão e processamento do estímulo, tanto pelo tempo de reação ao sinal ser menor, quanto a percepção correta ser mais bem sucedida. Iida (2005) também comenta sobre ruídos, no sentido de qualquer tipo de sinal que atrapalhe a percepção, e o define que em muitas situações pode prejudicar a compreensão de informações.

A forma de construção dos equipamentos de realidade virtual consiste normalmente de dois tubos de catodo para visualização estéreo, de forma que mostrem imagens na frente de cada olho. O uso por longos períodos pode causar fadiga, outro possível efeito colateral é a de tensão ocular caso o equipamento não esteja devidamente configurado ou se houverem problemas de tremulações na imagem. Outros efeitos colaterais apresentados são o de enjoo de movimento, náusea, tontura e desorientação. Efeitos de enjoo de movimento possivelmente são causados em ambiente virtual quando existe uma disparidade entre o movimento percebido visualmente pelo usuário e o movimento físico (Christou, 2010).

As tecnologias atuais de realidade virtual podem causar efeitos colaterais, como documentado por Jerald (2015). O autor discorre sobre esses problemas ao longo de 7 capítulos no livro *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. O primeiro efeito

adverso comentado é o enjoo de movimento, que segundo o autor, é o efeito mais comum resultante da utilização de RV, os principais efeitos são:

- Desconforto;
- Desorientação;
- Tontura;
- Vertigem;
- Entre outros sintomas.

Uma das causas deste efeito é descrita como sendo o movimento de cena, podendo ocorrer de forma intencional ou não, como exemplo de movimento intencional, podemos citar os movimentos de câmera que não acompanham o movimento do mundo externo, ou como movimentos não intencionais, possíveis falhas causadas pelo equipamento, como latência ou má calibragem. Jerald (2015) ainda expõe outras teorias de possíveis causas para a sensação de enjoo de movimento dentro da RV, como a teoria de conflito sensorial, a teoria evolucionária, a de instabilidade postural, a de relatividade espacial e a teoria dos movimentos oculares. Outros efeitos colaterais comentados por Jerald (2015) incluem tensão ocular, convulsões e efeitos consequentes. Efeitos consequentes são, pela definição do autor, aqueles que não ocorreram durante o uso do equipamento de realidade virtual, mas são percebidos após a cessão do uso, que podem incluir tontura, desorientação e flashbacks.

Jerald (2015) lista os fatores que podem contribuir para com efeitos adversos, dividindo esses fatores em três diferentes categorias: fatores do sistema, questões individuais do usuário, e fatores de aplicação do projeto. A tabela abaixo mostra a lista de fatores que foram agrupados de acordo com suas categorias a partir do conteúdo apresentado por Jerald (2015).

| Fatores do Sistema | Fatores do Usuário | Fatores da aplicação no projeto |
|---|--|---|
| Latência | Histórico de Enjoo de movimento | Taxa de Quadros |
| Calibragem | Saúde | Lócus de Controle |
| Exatidão de Rastreamento | Experiencia com RV | Aceleração Visual |
| Precisão de Rastreamento | Pensar em enjoo | Movimentos físicos da cabeça |
| Falta de Rastreamento de posição | Gênero | Duração |
| Campo de Visão | Idade | Seção (<i>Vection</i>) |
| Taxa de Atualização | Modelo e Expectativas mentais | Conflito de oclusão binocular |
| Trepidação | Distância Inter pupilar | Rotação Virtual |
| Tempo de resposta e persistência do Display | Não saber o que parece certo. | Braço de Gorila (<i>Gorilla arm</i>) |
| Cintilação (<i>Flicker</i>) | Senso de Equilíbrio | Quadros de Descanso |
| Efeitos de vergência e acomodação | Limite de frequência de fusão de cintilação. | Posição física (em pé/sentado) |
| Imagens Binoculares | Experiencia com tarefas do mundo real | Altitude |
| Separação Ocular | Histórico de enxaqueca | Disparidade binocular excessiva |
| Visão periférica no mundo real | | Entrada e saída do RV (colocar e tirar o HMD) |
| Ajuste do HMD | | Luminosidade |

| Fatores do Sistema | Fatores do Usuário | Fatores da aplicação no projeto |
|--------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Peso e Centro de Massa | | Esforço Repetitivo |
| Plataformas de Movimento | | |
| Higiene | | |
| Temperatura | | |
| Sujeira na Tela | | |

Tabela 1 - Listagem de possíveis fatores causadores de efeitos adversos. Fonte: adaptado de Jerald (2015), Tradução: autor (2022).

2.1.6 Animação e Realidade Virtual

Para a construção da cena em realidade virtual, foram atentados fatores, que, com base na Tabela 1, presente no capítulo 2.1.5, de ergonomia em realidade virtual, podem ocasionar situações adversas, a tabela foi feita com a adaptação de uma animação para realidade virtual, que, apesar de na cena desenvolvida neste trabalho não haver animação, o mundo virtual desenvolvido tem o objetivo de ser aplicado em um projeto de animação. A tabela 2 mostra o que se foi atentado na construção do mundo virtual.

| Problemas Técnicos (Preparação) | Problemas Visuais da Animação (Pré-Produção) | Problemas de Direção / Aplicação (Produção) | Problemas de Expectativa do Usuário (Pré-Produção) |
|------------------------------------|--|---|---|
| Latência | Efeitos de Vergência e acomodação | Luminosidade | Modelo de Expectativas Mentais |
| Taxa de Atualização | Disparidade binocular excessiva | Esforço repetitivo | Controle de Lócus |
| Taxa de Quadros | Aceleração Visual | Quadro de descanso | Movimentos físicos da cabeça |
| | Campo de Visão | Duração | Rotação Virtual |
| | <i>Flicker</i> | Conflito de oclusão binocular | Seção (<i>vection</i>) |
| | | Trepidação | Altitude |

Tabela 2 - Fatores a serem levados em conta para adaptação de animação 3D em realidade virtual. Fonte: Autor (2022).

Após a escolha dos fatores expostos por Jerald (2015) relacionados aos conceitos de ergonomia cognitiva de Iida (2005), separou-se os mesmos em quatro categorias de problemas

em projeto em realidade virtual que devem ser levados em consideração no design da adaptação de uma animação 3D aplicada em realidade virtual.

A primeira categoria “Problemas Técnicos” está relacionada ao que o designer terá como pré-requisitos na hora de adaptar uma animação 3D tradicional para realidade virtual. São fatores limitantes que devem ser levados em consideração na fase de preparação de uma animação, seguindo os conceitos estabelecidos por Winder e Dowlatabadi (2020).

A latência, que segundo Jerald (2015), pode causar problemas maiores do que todos os outros fatores combinados, sendo definida como o tempo que o sistema demora para responder a ação do usuário, logo, deve ser considerada na parte de preparação da animação, evitando que se torne aparente e problemática para a utilização pelo espectador.

A taxa de atualização e a taxa de quadros, onde a primeira é limitada pelo equipamento, e a segunda é definida por vários fatores técnicos, como quantidade de objetos simultaneamente na tela, velocidade da animação, e fatores de hardware de processamento. A razão de estes problemas deverem ser considerados na fase de preparação é de que todo o processo de desenvolvimento dos elementos de uma animação, serão limitados por estas questões técnicas e consequentemente a criatividade do desenvolvedor.

Por exemplo, se o roteiro adaptado da animação apresenta uma cena em que muitos objetos estarão presentes simultaneamente, isto poderá acarretar a queda de taxa de quadros, o que possivelmente ocasionará desconforto ao espectador. Por isso, é um fator limitante, que deverá ser preparado antes da continuação do projeto. Isso também se justifica utilizando os conceitos de Iida (2005) onde a sensação e percepção são a captação e a interpretação de sinais externos, o ideal é que não ocorram conflitos de informações armazenadas com as sendo recebidas.

A segunda categoria “Problemas Visuais da Animação” são os fatores encontrados na bibliografia de Jerald (2015) que estão presentes no processo de comunicação do Mundo Virtual com o espectador, dos conceitos abordados por Sherman & Craig (2003) e Jerald (2015). Os elementos abordados se encontram na etapa da Pré-Produção do projeto, seguindo os conceitos de Winder e Dowlatabadi (2020), pois nesta fase se desenvolve e/ou adapta o storyboard, possibilitando um estudo de cena adequado levando em consideração os fatores de vergência, acomodação, disparidade binocular, aceleração visual, campo de visão e o *flicker*.

Os primeiros dois fatores, efeitos de vergência e acomodação e disparidade binocular excessiva estão relacionados ao fato de que objetos não podem estar perto ao olho do usuário

(JERALD, 2015), por exemplo, objetos que se encontram no Mundo Virtual, não podem aparecer embaixo de seu nariz, pois irá causar efeitos como duplicação do objeto na visão do usuário.

O fator de aceleração visual está relacionado a aceleração do ponto de vista do usuário dentro do Mundo Virtual da animação, sendo recomendado que se for necessário, que seja por um curto período (JERALD, 2015). Por exemplo, se o expectador está vendo a animação pelo ponto de vista do personagem principal, situações em que o personagem entra em queda-livre como em uma montanha russa, podem ser considerados como fatores de aceleração visual.

Já o fator campo de visão refere-se ao limite de visão do usuário dentro do Mundo Virtual da animação 3D junto com o movimento de objetos na cena, ou seja, se a narrativa da animação forçar o expectador a prestar atenção em dois objetos diferentes em ambos os extremos da sua visão, isso poderá ocasionar em efeitos adversos. (LaValle (2017))

O último fator desta categoria, o *Flicker* segundo Jerald (2015) elementos visuais do Mundo Virtual da animação não podem piscar de forma intensa e frequente, isso pode ser dentro da animação relacionado a iluminação da cena, como luzes piscando ou problemas técnicos no mundo virtual que façam o objeto da cena aparecer e desaparecer também de forma intensa e frequente.

A terceira categoria, denominada de Problemas de Direção e/ou Aplicação são fatores presentes tanto na etapa de pré-produção, quanto na etapa de produção, e abordam questões relevantes a funções de direção e aplicação do projeto. Fatores como duração, quadro de descanso e conflito de oclusão binocular, esquadram-se na etapa de pré-produção, enquanto os demais enquadram-se na etapa de produção.

Luminosidade, esforço repetitivo, duração e conflito de oclusão binocular devem ser evitados a fim de não causar fadiga ao espectador. Segundo Jerald (2015), o fator de luminosidade pode ser evitado por não aplicar iluminação muito intensa e selecionando uma gama de cores mais agradáveis para o olho. A duração da animação deverá ser limitada, uma vez que efeitos colaterais são mais propensos a se apresentarem de acordo com sessões mais extensas de uso da realidade virtual. Esforço repetitivo se refere à animação requerer muitos movimentos oculares do usuário, fazendo que movimentos oculares devem ser desencorajados dentro da animação. O conflito de oclusão binocular se dá pela combinação de objetos que não deveriam ser combinados, como por exemplo, a possibilidade de se ler um texto com disposição atrás de um objeto.

O problema de trepidação, segundo Jerald (2015), é definido por tremulações na câmera, como por exemplo, o movimento da cabeça ao se caminhar. A trepidação deverá ser evitada a fim de não dar uma falsa sensação de movimento repetitivo para o espectador, assim, evitando desconforto. O quadro de descanso, definido como um objeto ou parte do ambiente que não se movimenta, com o propósito de o usuário poder ter a sensação de estaticidade. (JERALD, 2015)

A última categoria, a de problemas de expectativa do usuário, referem-se sobre pontos relacionados a que a expectativa do usuário dentro do mundo virtual não deve ser quebrada. Esta categoria trás fatores que devem ser considerados na terceira fase de produção, a pré-produção, pelos mesmos motivos citados da segunda categoria.

Expectativas como controle de lócus, modelo e expectativas mentais, seção (vection) e rotação virtual. Seção é definido por Jerald (2015) como a ilusão de movimento enquanto não existe movimento físico. O modelo e expectativas mentais se enquadra na questão de que o espectador sente desconforto caso seja submetido a movimentos inesperados. Esses problemas se enquadram na situação em que o espectador espera ter o controle de sua movimentação, sendo assim, deve-se evitar movimentos artificiais, como o de girar a câmera em primeira pessoa sem o movimento físico do usuário. Os movimentos físicos da cabeça devem ser limitados em quantidade e intensidade em um projeto, para evitar efeitos colaterais. Como último ponto da quarta categoria está relacionada com a altitude, ainda dentro da expectativa do usuário, é o problema de que alguns usuários sentem desconforto ou mal-estar quando, em mundo virtual, tem seu ponto de visão colocados em uma altura diferente da sua no mundo real (JERALD, 2015). LaValle (2017), apresenta que, para evitar problemas de feedback sensorial, deve se limitar a utilização de sinais binoculares de profundidade errôneos, como ilusões de ótica dentro do mundo virtual, uma vez que o usuário pode não processar a perspectiva apresentada adequadamente e apresentar efeitos colaterais.

2.2 MOTOR DE JOGOS

Game engines, ou motores de jogos são a fundação onde um jogo é construído, não possui diretamente a lógica ou níveis do jogo, mas apresenta módulos de manuseio de *input* e *output*, e dinâmicas e física genéricas (LEWIS; JACOBSON, 2002). Segundo Gregory (2009), a diferenciação de um motor de jogos e de um jogo é a ausência de regras estritas e

sua usabilidade para criação de outros jogos dentro do *software* sem alterações no código base, servindo de fundação para a criação.

No final dos anos 1990, motores de jogos começaram a ser produzidas amplamente customizáveis por meio de linguagens de programação, como a Quake C, da empresa Id software e a Unreal.

A empresa Epic Games disponibiliza seu motor de jogo, Unreal Engine, gratuitamente para animação, e para jogos antes de determinado ganho financeiro. O motor Unreal Engine, na sua versão 4 apresenta alguns destaques para a animação, como o render em tempo real, com junto de ferramentas para animação e suporte para tecnologias de realidade virtual e aumentada, incluindo suporte a HMDs. (UNREAL, 2021)

2.3 SISTEMAS DE CAPTURA DE MOVIMENTOS

A captura de movimentos é uma tecnologia que visa, por meio de gravação e amostragem, capturar movimentos de humanos, animais ou objetos inanimados e os transferir para dados 3D (KITAGAWA & WINDSOR, 2008). A captura de movimentos auxilia a animação 3D, uma vez que apresenta todos os detalhes e nuances do movimento humano, proporcionando movimentos mais naturais (PULLEN & BREGLER, 2012).

Existem diversos sistemas de captura de movimentos disponíveis atualmente, Kitagawa e Windsor (2008) focam nas 3 formas comumente utilizadas na indústria do entretenimento. Os sistemas expostos são o óptico, o mecânico e o magnético, os autores ainda expõe que cada um dos sistemas tem pontos positivos e negativos.

O sistema óptico de captura de movimentos foi originalmente desenvolvido para a área médica, e o primeiro sistema óptico de captura de movimentos desenvolvido foi o VICON 8 (KITAGAWA & WINDSOR, 2008). A maior parte dos sistemas ópticos necessita a utilização de marcadores, podendo ser passivos ou ativos, com os passivos normalmente são fabricados de material reflexivo, enquanto os ativos são emissores de luz (KITAGAWA & WINDSOR, 2008). Câmeras desse tipo de sistema, para o uso de marcadores passivos, possuem LEDs para iluminarem e captarem a posição dos marcadores. Um exemplo de câmera do sistema VICON pode ser observado na figura 5.

Figura 5 - Câmera do sistema VICON

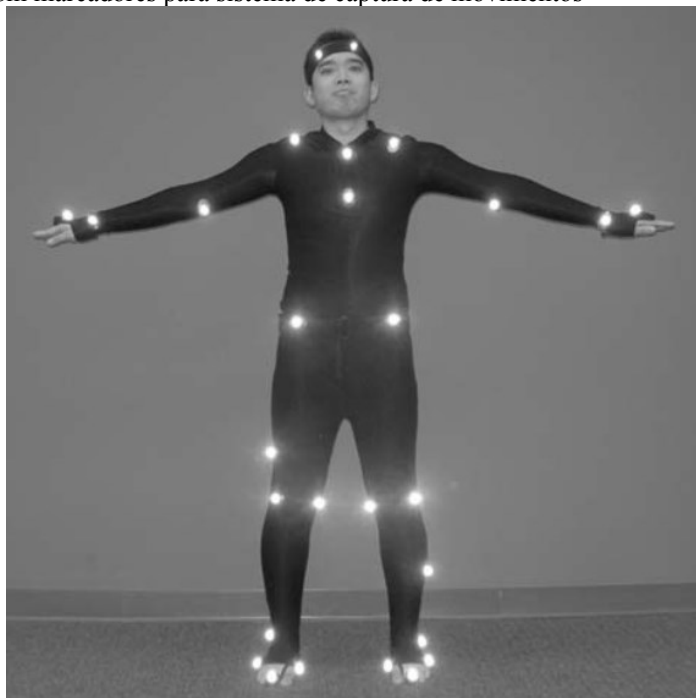


Fonte: VICON (2021)

Segundo a atualização de Andaló (2019) dos conceitos apresentados por Kitagawa e Windsor (2008) o sistema de MoCap óptico atualmente é o que apresenta maior precisão, porém com o maior custo, devido à utilização de diversas câmeras. A quantidade de câmeras necessárias é relativa à área de captura desejada e a quantidade de atores a terem os movimentos capturados. Ainda segundo Andaló (2019), por muito tempo, possuía a desvantagem de exigir muito processamento dos dados obtidos, mas com avanços de hardware e software, atualmente é possível a visualização dos movimentos em tempo real.

Uma visualização de um ator utilizando a roupa com marcadores passivos pode ser observada na Figura 6.

Figura 6 - Ator com roupa com marcadores para sistema de captura de movimentos



Fonte: Kitagawa, M & Windsor, B. (2005)

Segundo Kitagawa e Windsor (2008), o sistema mecânico consiste primariamente de um exoesqueleto com hastes retas e potenciômetros acoplados nas articulações. Seu funcionamento é de que os potenciômetros medem os ângulos das articulações e os movimentos. Os autores ressaltam que enquanto este modelo possui benefícios como a inexistência de oclusão, a portabilidade e o fato de ser em tempo real, possui desvantagens como a possibilidade de quebrar, o fato de o equipamento restringir movimentos do usuário, e a falta de translação global. Um exemplo de exoesqueleto do sistema mecânico pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7- Exoesqueleto do sistema mecânico de captura de movimentos



Fonte: Rahul, M. (2018)

O sistema de captura de movimentos magnético funciona baseado em sensores eletromagnéticos são colocados no objeto de rastreamento, e tais sensores captam a localização global e translação, assim não necessitando de pós processamento desses dados (KITAGAWA & WINDSOR, 2008; ANDALÓ, 2018). Pela não necessidade de pós processamento, é possível utilizar este sistema para visualização em tempo real dos dados obtidos dados (KITAGAWA & WINDSOR, 2008; ANDALÓ, 2018). Segundo Kitagawa e Windsor (2008), alguns pontos positivos deste tipo de sistema são que não existe oclusão dos sensores por objetos não metálicos, tem um custo menor do que sistemas ópticos e apresenta a possibilidade movimentos de vários atores podem ser capturados simultaneamente. Os pontos negativos expostos pelos autores são que os dados resultantes tendem a apresentar ruídos, os sensores são passíveis de interferências por objetos metálicos ou ondas eletromagnéticas e o fato de que fios e baterias ligadas ao sistema podem interferir nos movimentos dos atores.

2.4 PERFORMANCE NA ANIMAÇÃO

Segundo Hayes e Webster (2013), para evitar que sejam criados movimentos genéricos, é importante que o animador ou o ator tendo seus movimentos capturados compreenda o personagem de forma mais aprofundada, conhecendo sua personalidade e maneirismos. A captura de uma performance, ao invés de uma mera captura de movimentos, é importante para dar aos personagens alvos da animação sua individualidade.

É ideal que atores sejam preparados e acostumados com a captura de movimentos para a gravação, para que assim evite que os animadores responsáveis tenham que alterar os dados obtidos, em caso de movimentos sutis ou exagerados que não condizem com o personagem ou com a animação (HAYES; WEBSTER, 2013).

3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Neste capítulo são expostos a caracterização da pesquisa e os procedimentos que serão adotados para o cumprimento dos objetivos propostos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA

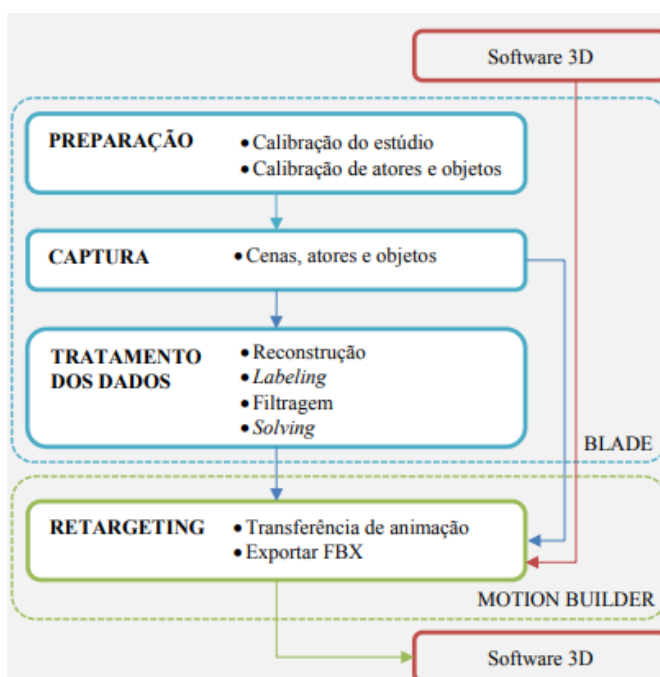
A pesquisa desta dissertação foi classificada como experimental, seguindo os conceitos de Gil (2002), uma vez que visa utilizar uma variável (a realidade virtual) dentro da captura de movimentos para determinar a existência da influência nas gravações resultantes do MoCap. Será adaptada a metodologia proposta por Gil (2002) na criação de grupos de controle definidos aleatoriamente em favor de testes de controle, na forma de gravação de captura do MoCap. Em seguida, com o mesmo grupo, será realizada uma nova captura de movimentos, mas desta vez empregando a realidade virtual. Podendo, desta forma, comparar os resultados.

A justificativa para adaptação da metodologia de pesquisa experimental de Gil (2002) é a de que diferenças individuais de participantes podem influenciar no resultado dos testes (SLOBODA, J. A, 2000; MOTOWILDO, S. J., BORMAN, W. C., & SCHMIT, M. J,1997). Exemplos de critérios de diferenças individuais que podem afetar o resultado incluem, mas não se limitam a experiência, treino, habilidades cognitivas, conhecimento e aptidão (SACKETT, P. R, et al. 2017).

3.2 PROCEDIMENTOS

As sessões de captura de movimentos se propõem que sejam realizadas seguindo o fluxo de produção apresentado por Andaló (2019). A primeira etapa do MoCap é a de preparação, que consiste em calibrar a sala, atores e objetos, a segunda etapa é a da captura, onde se capturam os movimentos dos atores dentro da cena. Na terceira etapa é realizado o tratamento de dados, com a reconstrução, *labeling*, filtragem e *solving*. As três primeiras etapas são realizadas pelo software (Blade) que acompanha o equipamento de MoCap. A quarta etapa é a de *Retargeting*, que trata de transferir e exportar a animação, essa etapa é realizada no software de animação Motion Builder (ANDALÓ, 2019). Uma adaptação a ser feita nessa pesquisa é a de incorporar o motor de jogo Unreal Engine neste fluxo para a observação em tempo real da captura, e da inserção do ator dentro do mundo virtual por meio da realidade virtual. Uma representação visual dos procedimentos adotados para o MoCap pode ser visualizada na figura 8.

Figura 8 - Fluxo de produção de captura de movimentos



Fonte: Andaló (2019)

A inserção da realidade virtual será por meio de utilizar um mundo virtual, que no caso desta pesquisa, será o cenário modelado em 3D para uma animação, colocado dentro de motor de jogo. O ator tomará o corpo de um personagem e irá então realizar cenas previamente roteirizadas, podendo se movimentar e interagir com o mundo de acordo com o roteiro da cena.

Se propõe que sejam realizados testes de cenas com 10 atores, onde metade do grupo fara pelo menos duas gravações de teste utilizando a realidade virtual, e após, a gravação será repetida, porém sem o uso da realidade virtual, enquanto a outra metade do grupo realizara a primeira parte do teste sem o uso da realidade virtual e após, com sua utilização.

Para a avaliação dos resultados obtidos nas capturas será empregado o método de pesquisa avaliativa, exposta por Martin e Hanington (2012). Esta abordagem consiste em apresentar um protótipo, produto ou interface para prováveis usuários para que eles avaliem (MARTIN & HANINGTON, 2012). Nesta dissertação, a proposta é de que se avalie os resultados da captura de movimentos com a utilização da realidade virtual. Nesta pesquisa, se propõe que sejam feitos os testes e encaminhados para 3 avaliadores competentes nas áreas de animação, cinema e artes cênicas, e pedir a avaliação dos testes de forma qualitativa, conduzida em forma de entrevista pelo autor. Na entrevista deverão ser feitas perguntas relacionadas a qualidade das performances, a aplicabilidade dentro de uma animação ou jogo e o respeito aos princípios de animação.

4 DESENVOLVIMENTO

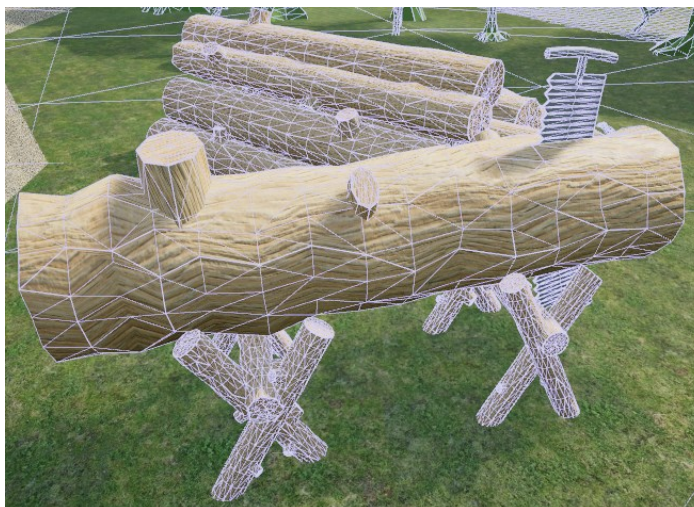
Esta seção é dedicada a documentação da execução do projeto seguindo os procedimentos metodológicos propostos.

4.1 CONSTRUÇÃO DA CENA

A construção da cena a ser utilizada como mundo virtual para a captura de movimentos faz parte do projeto de animação Tribo da Ilha, projeto do laboratório de pesquisa DesignLAB/TECMIDIA - UFSC.

Durante o desenvolvimento da cena, com o objetivo de evitar objetos sendo atravessados, foi necessário aplicar mecânica de colisão nos objetos. Tal mecânica utiliza a malha do objeto 3D para delimitar seu volume e evitar que seja atravessado. Uma visualização da colisão dos objetos em cena poder ser observado na figura 9.

Figura 9 - Malha de colisão



Fonte: autor (2022)

Durante a execução do ambiente para a realidade virtual foram levadas em consideração questões ergonômicas de projeto para realidade virtual.

Uma das questões importantes para a utilização da cena foi a de escala, uma vez que o usuário se sentindo de uma escala diferente da real pode gerar estranhamento e desconforto, pela quebra de expectativas em relação ao mundo real. Outro ponto que se foi atentado foi a de se utilizar a versão de baixa densidade de malha dos modelos, por questões de performance

do equipamento, uma vez que a utilização de modelos com muitos polígonos pode afetar a negativamente o funcionamento ideal do equipamento de realidade virtual, e assim causando o problema de instabilidade da taxa de quadros.

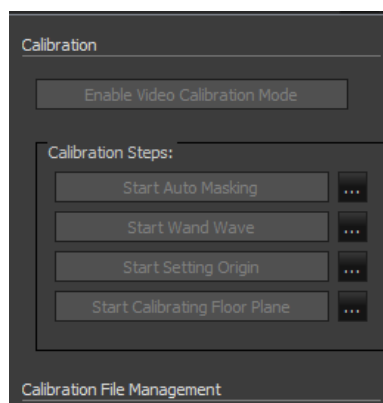
Para não ocorrerem problemas com excesso de movimentos na visão do usuário, da mesma forma não foram utilizadas animações dentro da cena. A iluminação utilizada para o cenário foi uma luz simulando o Sol, simulando um dia ensolarado e com nuvens, onde foram configuradas para ter uma movimentação lenta, ainda a fim de evitar desconforto por movimentos muito rápidos e possível *flickering*.

4.2 SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMENTOS

O software que se recomenda a utilização para a captura de movimentos, é o BLADE da VICON. O sistema conecta todas as câmeras dentro da sua janela de visualização, e permite a visualização e gravação de dados obtidos pelas câmeras.

Primeiramente é necessária a calibragem, tendo essa, 4 etapas. A primeira etapa é a de “*Auto Masking*”, ou Máscara Automática, quando o software capta a imagem das câmeras, sem a presença de marcadores e verifica objetos que estejam respondendo a luz infravermelha emitida pelo sistema, quaisquer sinais que são captados são então ignorados pelas câmeras para as gravações. A parte da interface onde estão presentes as opções de calibragem podem ser visualizadas na Figura 10.

Figura 10 - Interface de calibragem do sistema de MoCap



Fonte: autor (2022)

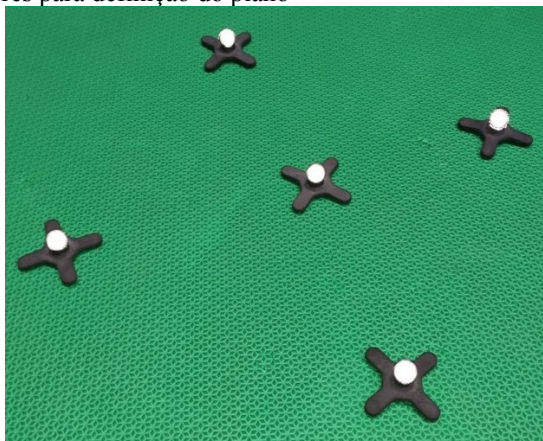
A segunda etapa consiste no "*Wand Wave*", ou Balanço de Vara, onde, o operador caminhando e agitando uma vareta com pontos de captura de movimentos, em frente às câmeras que calculam a posição relativa umas às outras. Na terceira etapa, a de "Set Origin", ou Definir a Origem, definindo o centro da área de captura com as coordenadas $X = 0$, $Y = 0$ e $Z = 0$. Nesta segunda etapa, se utiliza a mesma vareta do passo anterior, sendo colocada no chão, no centro da área de captura. A figura 11 mostra a vareta que é usada para a calibragem e seu posicionamento no chão para a segunda etapa do processo.

Figura 11 - Vareta de calibragem



A última etapa da calibração é a de "set plane", ou definir plano, nesta etapa, com a utilização de 5 pontos de captura, colocado no chão em forma de um X, como mostrado na figura 12.

Figura 12 - Orientação dos marcadores para definição do plano



Fonte: autor (2022)

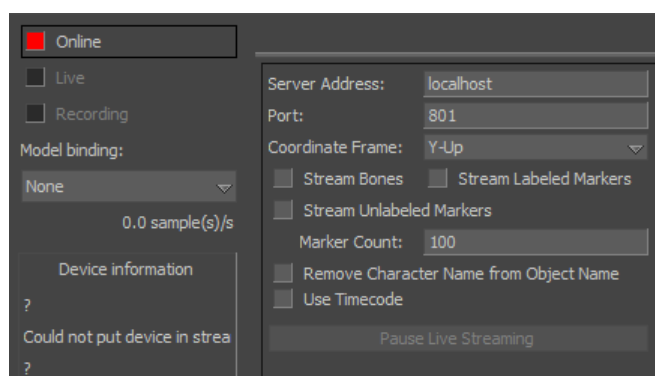
Após a calibragem do sistema, pode-se seguir para o primeiro passo com um ator, com a roupa e os pontos de captura devidamente posicionados, é realizado o *Range of Motiom (ROM)*, ou Limite de Movimentação. O ROM é necessário para a calibragem do ator, sendo importante para definir o limite dos movimentos realizados pelo corpo.

Como próximo passo é necessário fazer o *Solving*, que consiste em transformar a nuvem de pontos resultante da calibragem do ator (ROM) em um esqueleto, para que o software relacione a posição dos pontos com a posição dos membros para sua utilização. Após o processo de *Solving*, é realizado o *Label*, que por sua vez é responsável por definir o esqueleto do ator com separação dos membros. Após o *label*, já é possível fazer a gravação dos movimentos e já é possível se utilizar na próxima etapa de *Retargeting*.

O *Retargeting*, por sua vez, cumpre o papel de ligar o esqueleto animado à um outro esqueleto (ou *Rig*) de um personagem. Para o que se propõe nesta pesquisa, o *retargeting* é feito em outro software, neste caso, o software escolhido é o Autodesk MotionBuilder, a escolha se dá pela existência de plugins oficiais fornecidos pela VICON que permitem o *retargeting* dentro do software e acompanhamento em tempo real da animação em personagem dentro do MotionBuilder.

No MotionBuilder, é necessário estabelecer a comunicação entre os softwares, por meio de plugin. Com a comunicação estabelecida é necessária a caracterização do esqueleto, que atribui ao esqueleto vindo do software BLADE a situação de personagem, assim podendo ser utilizado para o controle dos ossos de um personagem importado para o MotionBuilder. Na Figura 13 podemos observar a interface do plugin, com as opções de transmissão.

Figura 13 - Interface do plugin da Vicon para MotionBuilder



Fonte: Autor (2022)

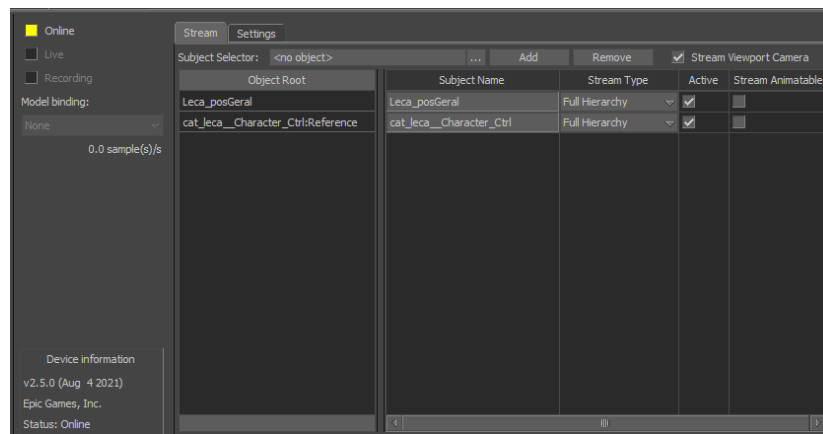
No plugin, é necessário marcar as caixas de “Online”, para iniciar a conexão, e para aplicação nesta proposta, a caixa de “Live” para que as informações transferidas entre o Blade e o MotionBuilder sejam em tempo real, e não de gravações prévias. É necessário também que se marque a caixa de “*Stream Bones*” que é responsável pela transmissão do esqueleto, e não dos marcadores para a visualização e utilização.

A partir desta etapa é possível realizar a transmissão de movimentos para o motor de jogos, o escolhido para esta proposta é a Unreal Engine 4, que possui ferramenta para a captação e apresentação de movimentos em tempo real vindo do MotionBuilder.

4.3 TRANSMISSÃO PARA MOTOR DE JOGO

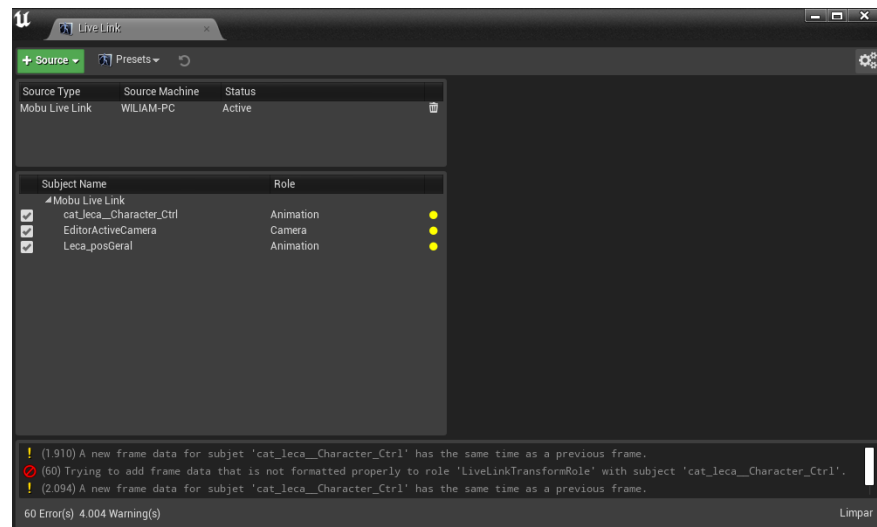
Para a realização da transmissão em tempo real da captura de movimentos para o motor de jogo onde a cena em realidade virtual está inserida, é necessário outro *plugin* para o MotionBuilder, em conjunto com a Unreal Engine 4. O plugin dentro do motor de jogo se chama LiveLink, já nativo do motor. Para a utilização no software de animação, é necessário o download na loja oficial da Unreal, gratuitamente. Após a instalação no MotionBuilder, o plugin é localizado na aba de *Devices*, colocando a ferramenta na cena, abre-se uma interface, observada na Figura 14, onde existem as opções de transmissão.

Figura 14 - Interface Plugin UE – Livelink



Nesta interface, se seleciona qual modelo será transmitido, selecionando a raiz do esqueleto do modelo, se tem a transmissão de todas as animações realizadas pelo controlador no software de animação. Na Figura 15 observa-se a interface de recebimento no motor de jogos.

Figura 15 - Interface do Plugin dentro do motor de jogo



Após a conexão estabelecida, é necessário ligar os dados que estão sendo recebidos ao esqueleto, nesta etapa é necessário que o esqueleto que está sendo animado no software de animação e o que está recebendo a animação pela transmissão seja o mesmo, para que não ocorram erros de alvo de animação.

Para que a animação seja recebida pelo motor de jogo na sua *viewport*, é necessário que seja criada uma *blueprint*, ou esquema de animação. O esquema de animação feito para este fim pode ser observado na Figura 16.

Figura 16 - Esquema de animação aplicado ao esqueleto da personagem

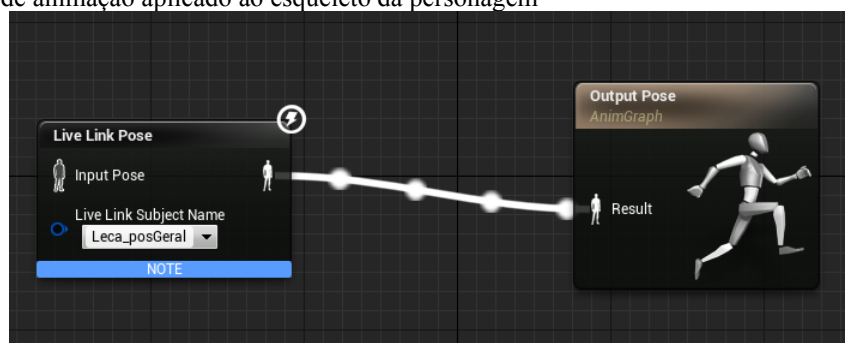


Imagem desenvolvida pelo autor (2022)

No esquema de animação, o primeiro elemento, mais à esquerda, é responsável por definir que a animação a ser utilizada seja a que está sendo recebida do software de animação, e então é ligado ao segundo elemento, mais à direita, que define a animação final. Após configurado o esquema de animação, ele é aplicado ao personagem.

Para que o usuário consiga visualizar seus próprios movimentos dentro da realidade virtual, de forma que o personagem esteja sendo controlado pelo usuário, é preciso que dentro do esquema de jogador, o modelo do personagem esteja ligado ao “peão” de jogador, como o nome é apresentado dentro do motor de jogos. Para realizar essa tarefa, se entra no modo de edição do peão, no caso deste projeto, o VRPawn. O peão padrão para realidade virtual não possui um modelo de personagem, então é importante implementá-lo nas configurações do peão, o processo é ilustrado na sequência das figuras 17, 18, 19 e 20.

Figura 17 - Visualização do personagem padrão em realidade virtual

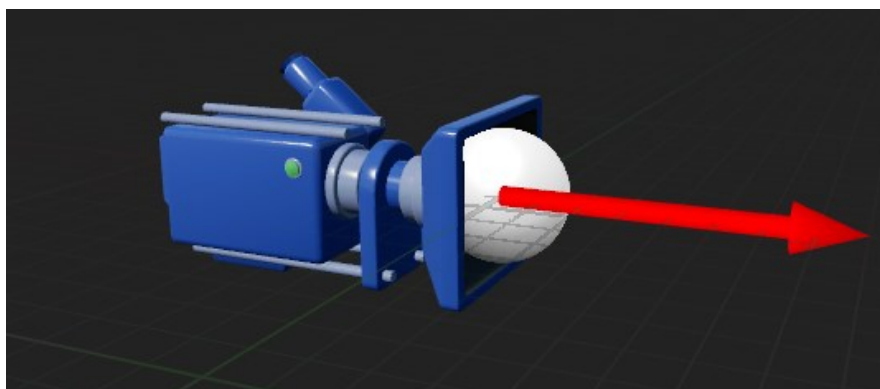


Figura 18 - Inserção de modelo 3D no peão de realidade virtual

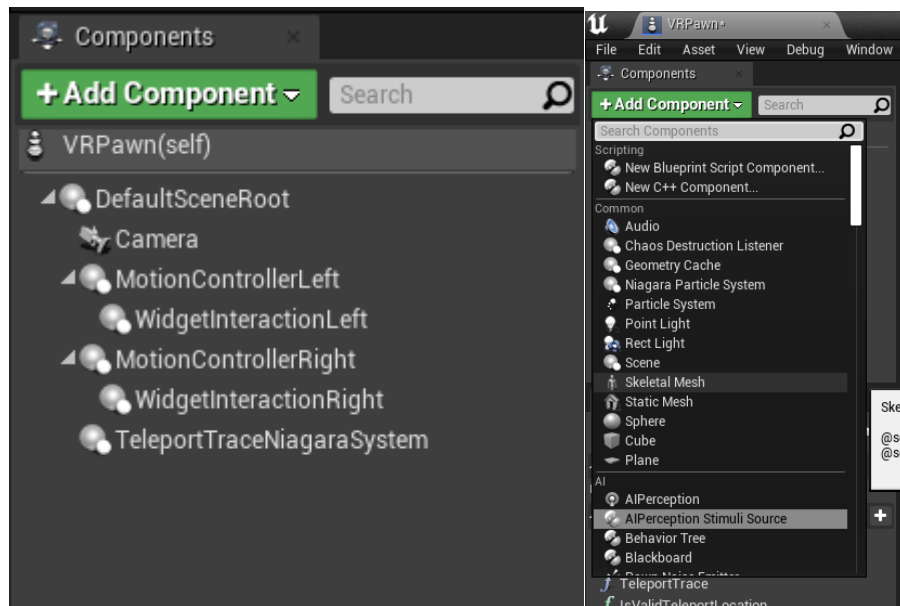


Figura 19 - Escolha do modelo a ser utilizado e esquema de animação do personagem.

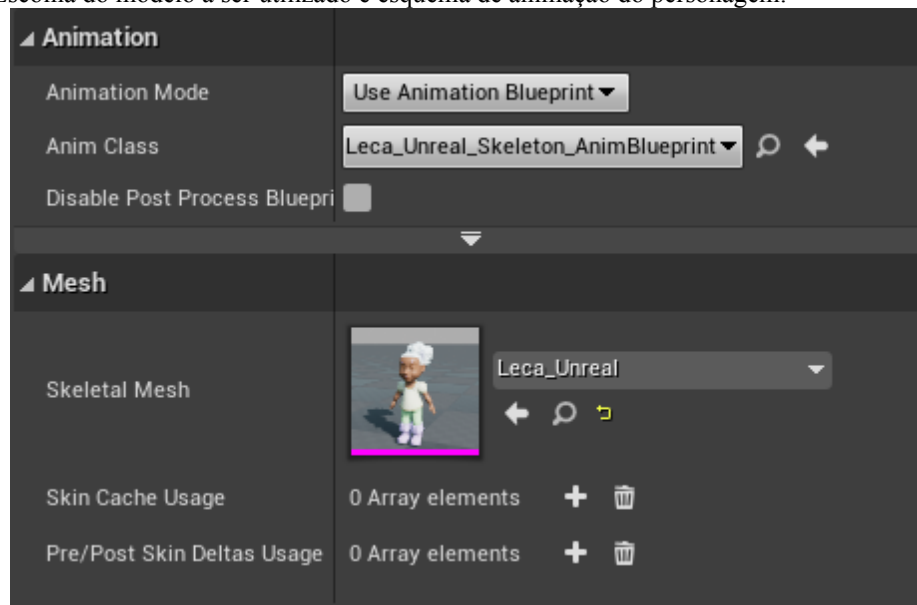
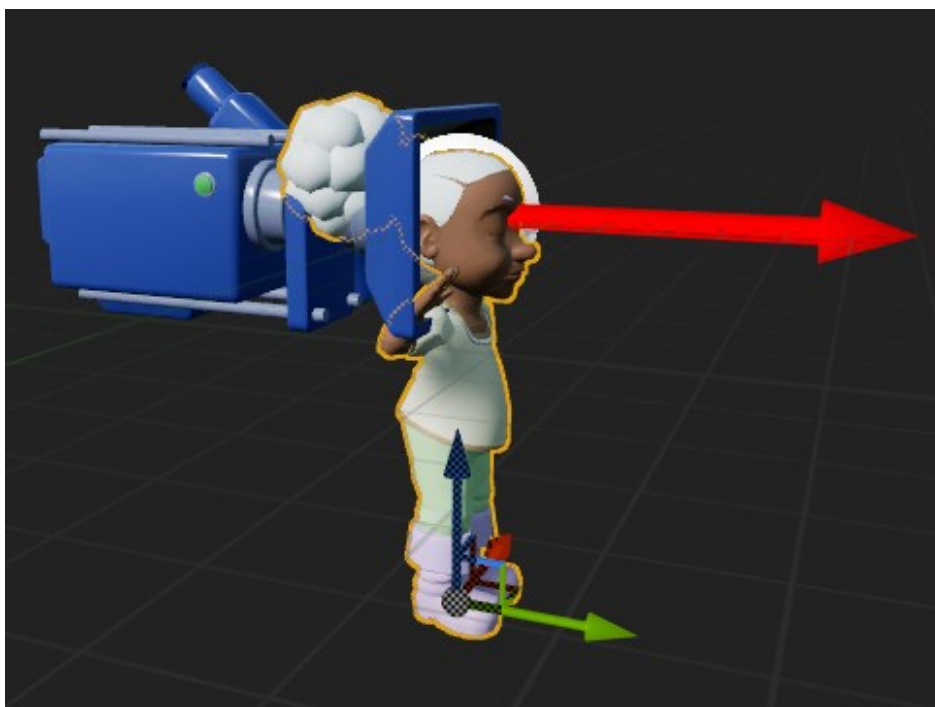


Figura 20 - Visualização do personagem após o processo de inserção do modelo como personagem



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta sessão final são apresentados os resultados obtidos, as conclusões que foram tiradas no final desta pesquisa e propostas e recomendações para continuidade da pesquisa e de trabalhos futuros na área.

5.1 RESULTADOS OBTIDOS E RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO DA PROPOSTA

Os resultados obtidos com a realização deste projeto de pesquisa foram, a Cena tridimensional dentro de motor de jogo, montada e configurada para sua utilização em realidade virtual. Durante a pesquisa foi também desenvolvida uma tabela abordando pontos ergonômicos de importância para o desenvolvimento de projetos animados em realidade virtual, os objetos 3D utilizados não foram desenvolvidos como parte deste projeto, porém, o realizado neste trabalho foi a sua implementação em motor de jogo e composição. Imagens do cenário podem ser visualizadas na Figura 21 e na Figura 22.

Figura 21 - Captura de tela da cena desenvolvida



Figura 22 - Captura de tela da cena desenvolvida



A personagem também já possuía seu modelo e esqueleto previamente desenvolvido, e o realizado neste projeto foi a sua implementação dentro do motor de jogo e a conexão do modelo do software de animação para o motor de jogo para a transmissão dos movimentos em tempo real. Também realizado a documentação dos passos necessário para a realização dos testes com atores para a coleta de dados proposta por essa dissertação.

Recomenda-se que, para a aplicação da proposta de projeto, durante os testes de transmissão do sistema de captura de movimentos para o motor de jogo utilizando a realidade virtual, que seja usada a função de transmissão por rede dos dados. A configuração que se recomenda é a de que um computador esteja responsável pelo funcionamento do *software* de captura de movimentos e o *software* de animação, e que os dados sejam transmitidos para um computador que esteja sendo utilizado preferencialmente, unicamente pelo motor de jogos. A razão desta é para que não ocorram possíveis problemas de desempenho dentro da RV, uma vez que, como apresentado, a não estabilidade de performance pode acarretar problemas ergonômicos no usuário.

Mais imagens do cenário estão presentes no Apêndice A.

5.2 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a influência da realidade virtual na performance dos atores em um ambiente que emprega a captura de movimentos. Com isso em vista, os resultados obtidos com a pesquisa cumprem o propósito de mostrar a relevância da possibilidade da aplicação de RV voltada para uso em animação por captura de movimentos, e a cena desenvolvida cumpre o objetivo de viabilizar os testes propostos. Foi também desenvolvido uma sugestão de formulário para a avaliação de resultados.

Durante o desenvolvimento desta dissertação, no que se trata de fundamentação teórica foi pesquisado sobre a RV, com seu histórico, aplicações, como funcionam os equipamentos de RV contemporâneos ao desenvolvimento desta pesquisa. Falando sobre a realidade virtual, se pesquisou também sobre os sistemas de realidade e questões ergonômicas para sua utilização.

Foi realizada pesquisa sobre a captura de movimentos e como a tecnologia funciona e as diferentes formas que a tecnologia se apresenta no momento de escrita desta pesquisa. Foi abordado os usos em que o MoCap é aplicado em diversas áreas. Para a importância do

MoCap para a animação, foi apresentado a importância da performance da atuação para a captura de movimentos.

Nos procedimentos que foram propostos para a pesquisa foram expostos a caracterização geral da pesquisa e a adaptação para a realização do projeto proposto, justificando suas alterações de que não se use um grupo de controle e um grupo de testes, mas que todo o grupo seja de testes, devido as possíveis diferenças de performance de atuação dentre as pessoas que realizem a captura de movimentos, a fim de existir menor variação nos dados uma vez que forem obtidos. Foi sugerido que para a avaliação, com o objetivo de evitar contaminação nos dados, que os resultados das gravações da captura de movimentos sejam avaliados por profissionais das áreas da animação, cinema e/ou artes cênicas. Foi sugerido que para a obtenção de performances da captura de movimentos sejam usados os procedimentos desenvolvidos e apresentados por Andaló (2018).

O questionário apresentado como proposta de avaliação dos resultados, presente no Apêndice II, foi desenvolvido tendo em mente perguntas que possam ajudar a mensurar os impactos na animação, com perguntas sobre o quanto a captura se adequa aos princípios de animação, quanto pós-processamento seria necessário para sua utilização e sobre qualidade geral da performance do ator. O questionário se apresenta como sugestão, para que seja possível ter um ponto de partida na avaliação, sendo necessário a conferência de aplicabilidade que pode variar de acordo com as particularidades da aplicação do projeto. Os avaliadores, seguindo a recomendação desta pesquisa, devem ser submetidos a teste cego, não tendo conhecimento sobre quais capturas foram realizadas utilizando ou não equipamento de RV e a cena desenvolvida por este projeto.

Durante o desenvolvimento foi apresentado a execução da cena em 3D implementada no motor de jogo e quesitos que tiveram devida atenção durante a elaboração do cenário. Foi abordado o funcionamento e as etapas de calibragem do sistema de captura de movimentos para seu uso ideal. Foi explicado como realizar a transmissão em tempo real do *software* responsável pela captura de movimento para o programa de animação 3D. Houve a exposição da integração em tempo real do *software* de animação com o motor de jogo para a observação simultânea entre captura de movimentos e cenário final.

Por fim, foram mostrados os passos de configuração para que o modelo do personagem seja aplicado ao usuário em realidade virtual quando a cena estiver em execução dentro do motor de jogo.

A maior dificuldade no desenvolvimento do projeto foi durante a montagem do cenário garantir que fosse obtida uma escala adequada para evitar desconforto nos usuários que serão alvos dos testes de atuação, e gerar uma iluminação que fosse suficiente para não gerar problemas de visibilidade do cenário, enquanto não fosse intensa a ponto de causar desconforto.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Dentro do projeto que está dissertação propõe, é possível que sejam feitas adaptações em partes, como o aumento do grupo de atores, e mudança na forma de avaliação, como mudança das perguntas do formulário proposto, para a obtenção de dados adicionais do interesse do realizador do projeto.

Para pesquisas futuras no âmbito de combinação de RV com o MoCap, é possível o desenvolvimento de procedimentos metodológicos específicos para a implementação dessa mesclagem, a fim de que não sejam necessárias adaptações de outras metodologias na área da mídia e tecnologia, ou de outras áreas, com o propósito de tornar os trabalhos relacionados mais padronizados. A proposta de projeto apresentada nessa pesquisa faz recomendações de equipamentos e programas de computador que foram escolhidos tanto pelo seu desempenho, quanto pela sua disponibilidade, para a realização, podem ser feitas alterações dessas ferramentas de acordo com a disponibilidade ou caso novas tecnologias se mostrarem mais adequadas aos testes.

REFERÊNCIAS

- ANDALÓ, Flavio. **DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS PARA UTILIZAÇÃO DA CAPTURA DE MOVIMENTOS APLICADA EM PERSONAGENS 3D**. 2019. 207 f. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
- ANGELOV, V., PETKOV, E., SHIPKOVENSKI, G., & KALUSHKOV, T.. Modern Virtual Reality Headsets. **2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)**. 2020
- BÁLINT, Géza; DEZSO, Zoltán; HUNKA, Aniella; LENTI, József; LOVÁNYI, István. Motion Capture vs traditional medical examinations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE: SCIENCES OF ELECTRONIC, TECHNOLOGIES OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATIONS, 3., 2005, Tunisia. **Proceedings of SETIT 2005** . Tunisia: IEEE, 2005. p. 1-4. CD-ROM.
- BOLTER, Jay David., GRUSIN, Richard. **Remediation**. Understanding New Media. Cambridge, Mass; London, England: The MIT Press: 2000
- CHRISTOU, C. Virtual Reality in Education. **University of Nicosia**, Cyprus, 2010.
- DOWLATABADI, Zahra; WINDER, Catherine. **Produzing Animation**.3. ed. Estados Unidos: CRC Press, 2020.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: **Atlas**, 2002.
- GIGANTE, M. A. (1993). Virtual Reality: Definitions, History and Applications. **Virtual Reality Systems**, 3–14.
- GREGORY, Jason. **Game Engine Architecture**. Taylor and Francis Group, LLC. 2009.
- HARRIS, Sandra R.; KEMMERLING, Robert L.; NORTH, Max M.. Brief Virtual Reality Therapy for Public Speaking Anxiety. **Cyberpsychology & Behavior**, [S.L.], v. 5, n. 6, p. 543-550, dez. 2002. Mary Ann Liebert Inc.
- HAYES, Derek; WEBSTER, Chris. **Acting and Performance for Animation**. Burlington: Taylor & Francis, 2013. 197 p.
- IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005. 632 p.
- JERALD, Jason. The VR book: **Human-centered design for virtual reality**. First Edit ed. Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool Publishers. 2016. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2792790>.
- KELLEY, Brendan. (2021). The Rise of the 'Quarantine Bar Simulator': The Uses and Gratifications of Social VR During the COVID- 19 Pandemic.

KITAGAWA, Midori; WINDSOR, Brian. *MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture*. Boston: Focal Press, 2008. 232 p.

KLINGER, E.; BOUCHARD, S.; LÉGERON, P.; ROY, S.; LAUER, F.; CHEMIN, I.; NUGUES, P.. Virtual Reality Therapy Versus Cognitive Behavior Therapy for Social Phobia: a preliminary controlled study. *Cyberpsychology & Behavior*, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 76-88, fev. 2005. Mary Ann Liebert Inc.

LAVALLE, Steven M. **Virtual Reality**. Cambridge University Press. 2017.

LEWIS, Michael; JACOBSON, Jeffrey. Introduction. *Communications Of The Acm*, [S.L.], v. 45, n. 1, p. 27-31, jan. 2002. Association for Computing Machinery (ACM).

MARQUES, Ricardo Garcia. Entrevista 1. 2017. Entrevistador: Nayara de Souza Braga, 2017. Arquivo em .mp3 (45 min.) Transcrito. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/181949>>. Acesso em: 21 mai. 2021.

MOTOWILDO, S. J., BORMAN, W. C., & SCHMIT, M. J. (1997). *A Theory of Individual Differences in Task and Contextual Performance*. *Human Performance*, 10(2), 71–83. doi:10.1207/s15327043hup1002_1

NIELSEN, Jakob; MOLICH, Rolf. Heuristic evaluation of user interfaces. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '90)**. New York, NY, USA: ACM, 1990. P. 249-256.

OCULUS VR. **Oculus Best Practices**. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/35Q4pxW>. Acesso em: 20 mai 2021.

OCULUS. **Oculus Device Specifications**. 2020a. Disponível em: <<https://developer.oculus.com/learn/oculus-device-specs/>> Acesso em: 10 jun. 2021

OCULUS. **The First Gift Of The Season: Oculus Quest Update Adds Native 90hz Support, A New Fitness Tracker, And More**. 2020b. Disponível em: <<https://www.oculus.com/blog/the-first-gift-of-the-season-oculus-quest-update-adds-native-90hz-support-a-new-fitness-tracker-and-more/>> Acesso em: 25 mai. 2021

OCULUS. **Notas de versão do Oculus Quest, compilação 29.0**. 2021. Disponível em: <<https://support.oculus.com/release-notes/>> Acesso em: 10 jun. 2021

PRIM, Gabriel de Souza. **MODELO DE ANÁLISE DE EQUILÍBRIO UTILIZANDO SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMENTOS**. 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

PULLEN, Katherine; BREGLER, Christoph. Motion capture assisted animation. In: THE 29TH ANNUAL CONFERENCE, 29., 2002, New York, New York, Usa. **Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques - SIGGRAPH '02**. New York, New York, Usa: Acm Press, 2002. p. 501-508.

RAHUL, M. Review on Motion Capture Technology. **Global Journal of Computer Science and Technology**, [S.l.], july 2018

RINCON, Alejandro Lopez; YAMASAKI, Hiroshi; SHIMODA, Shingo. Design of a video game for rehabilitation using motion capture, EMG analysis and virtual reality. In: **2016 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)**. Cholula: Ieee, 2016. p. 198-204.

ROUSSOU, Maria; OLIVER, Martin; SLATER, Mel. The virtual playground: an educational virtual reality environment for evaluating interactivity and conceptual learning. **Virtual Reality**, [S.L.], v. 10, n. 3-4, p. 227-240, 5 out. 2006. Springer Science and Business Media LLC

RZESZEWSKI, Michał; EVANS, Leighton. Virtual place during quarantine – a curious case of VRChat. **Rozwój Regionalny I Polityka Regionalna**, [S.L.], n. 51, p. 57-75, 19 nov. 2020. Adam Mickiewicz University Poznan.

SACKETT, P. R., LIEVENS, F., VAN IDDEKINGE, C. H., & KUNCEL, N. R. (2017). Individual differences and their measurement: A review of 100 years of research. **Journal of Applied Psychology**, 102(3), 254-273. <http://dx.doi.org/10.1037/apl0000151>

SALOMÃO, A. **Treinamento baseado em Design de Jogos**. 2020. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. **Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design**. [s.l.] Elsevier Science (USA). 2003

SLOBODA, J. A. Individual differences in music performance. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, n. 10, p. 397–403, 2000.

STEAM, Valve Index (2021). Disponível em: <<https://store.steampowered.com/valveindex>> Acesso em: 14. Ago 2021

VICON. **Cameras**. 2021. Disponível em: <<https://www.vicon.com/hardware/cameras/vantage/>> Acesso em: 25 jun. 2021

WON, Andrea Stevenson; BAIENSON, Jeremy; LEE, Jimmy; LANIER, Jaron. Homuncular Flexibility in Virtual Reality. **Journal Of Computer-Mediated Communication**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 241-259, 19 jan. 2015. Oxford University Press (OUP).

APÊNDICES

APÊNDICE A – IMAGENS DO CENÁRIO DENTRO DO MOTOR DE JOGO





APÊNCICE B – PROPOSTA DE FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO.

Em relação a animação presente no arquivo ATOR-0X_TAKE-X, avalie as seguintes questões numa escala de 1 a 5:

1 – A performance apresentada está de acordo com a qualidade esperada para poder ser utilizada em um projeto de animação (no sentido em que com pós processamento adequado ainda é vantajoso ser utilizada).

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

2 – Quão pronta está a cena apresentada para sua utilização. (1 referente a ser necessário maior tempo de pós processamento e 5 sendo menor tempo de pós processamento)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

3 – Quão satisfatória é a performance do ator na cena apresentada. (1 – Não condiz com um personagem animado e 5 – Adequado para personagem animado)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

4 – O quanto o ator apresentou adequação aos princípios de animação em sua performance na cena analisada.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

5 – Qual é a qualidade geral da cena analisada. (1 – não muito boa e 5 – muito boa)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

Média: _____