

Departamento de Informática
Curso de Ciência da Computação

**Desenvolvimento de uma Aplicação de
Visualização de Simulações Computacionais em
RA Aplicando Design Participativo**

Victor Henrique Bezerra de Lemos

São Luís - MA, 2018

Victor Henrique Bezerra de Lemos

Desenvolvimento de uma Aplicação de Visualização de Simulações Computacionais em RA Aplicando Design Participativo

Monografia apresentada ao curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Maranhão, **como parte dos requisitos necessários** para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Universidade Federal do Maranhão

Orientador: Prof. Dr. Luis Jorge Enrique Rivero Cabrejos

Coorientador: Prof. Dr. Anselmo Cardoso de Paiva

São Luís - MA

2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Bezerra de Lemos, Victor Henrique.

Desenvolvimento de uma Aplicação de Visualização de Simulações Computacionais em RA Aplicando Design Participativo / Victor Henrique Bezerra de Lemos. - 2018. 61 f.

Coorientador(a): Anselmo Cardoso de Paiva.

Orientador(a): Luis Jorge Enrique Rivero Cabrejos.
Monografia (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

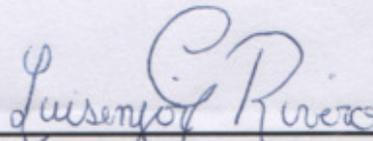
1. Avaliação de gestos. 2. Meta 2. 3. Realidade Aumentada. 4. Simulação computacional. I. Cardoso de Paiva, Anselmo. II. Rivero Cabrejos, Luis Jorge Enrique. III. Título.

Victor Henrique Bezerra de Lemos

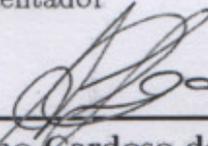
Desenvolvimento de uma Aplicação de Visualização de Simulações Computacionais em RA Aplicando Design Participativo

Monografia apresentada ao curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

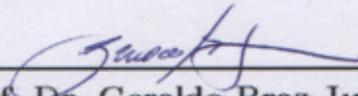
Aprovada em



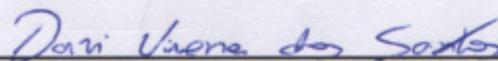
Prof. Dr. Luis Jorge Enrique Rivero
Cabrejos
Orientador



Prof. Dr. Anselmo Cardoso de Paiva
Coorientador



Prof. Dr. Geraldo Braz Junior
Examinador



Prof. Dr. Davi Viana dos Santos
Examinador

São Luís - MA
2018

À minha família e todos que contribuíram com essa jornada.

Agradecimentos

Agradeço ao meus pais, Maria do Socorro e Claudio Henrique, por terem me dado apoio no que foi possível, ajudando não só na minha graduação, mas na formação do homem que sou hoje. À minha avó, Célia de Jesus, uma das maiores referências na minha vida. E ao meu irmão Adriano, por ser o amigo que sempre esteve presente para escutar os meus problemas.

Agradeço ao meu orientador, Luis Jorge Enrique Rivero, que me acolheu tão inesperadamente como orientando, mas sempre se mostrou disponível para me ajudar no que fosse possível.

Sou muito grato ao meu coorientador, Anselmo Cardoso de Paiva, a quem tenho extrema admiração e a qual me orgulho de ter sido orientando.

Ao o professor Geraldo Braz Junior, pelos anos de trabalho juntos e por todas as orientações.

Ao PETComp, grupo do qual fiz parte por tantos anos e possui um grande papel na minha vida acadêmica e pessoal.

Ao NCA, laboratório que me deu todo suporte necessário para desenvolver ainda mais meu gosto pela pesquisa.

Agradeço a todos que carreguei durante esses 4 anos e meio de curso, vocês contribuíram para enriquecer ainda mais o meu aprendizado.

À todos os meus amigos do NCA e PET, vocês fizeram cada dia difícil na universidade um pouco mais fácil.

À minha namorada, Thairine Costa, por entender as minhas ausências nos momentos difíceis e por todos os trabalhos revisados.

À todos os participantes do estudo realizado pela sua colaboração.

Ao colegas Sebastião Henrique e Héber de Padua que ajudaram no estudo realizado.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que passaram pela minha vida durante essa graduação, suas contribuições fizeram de mim o que sou hoje.

*“According
to the forecast,
this one
is in the bag!”
(Disruptor, Dota 2)*

Resumo

A Realidade Aumentada (RA) é uma ferramenta computacional muito utilizada no estudo e treinamento de profissionais da área médica. Ela permite que médicos ganhem experiência e aprendam de forma prática conceitos que são complexos e de difícil acesso. O uso de simulações computacionais também tem grande valor no treinamento de profissionais da área. Neste contexto, este trabalho apresenta uma aplicação em realidade aumentada para visualização de simulações computacionais. É proposto uma aplicação que visa, dentro da área médica, aumentar as possibilidades de médicos na visualização de dados na forma de simulações computacionais. A metodologia utilizada foi o Design Participativo, que se configurou neste trabalho através da participação colaborativa de voluntários para a avaliação de gestos retirados da literatura, apontando os melhores a serem utilizados na aplicação proposta. No desenvolvimento desse software, foi utilizada a motor gráfico de jogos Unity 3D, combinada ao Head-Mounted Display (HMD) de realidade aumentada Meta 2, que possibilita ao usuário uma visualização imersiva dos modelos 3D. Para demonstrar a aplicação, foi utilizada uma simulação computacional de parto. Como resultados, foi encontrado um conjunto de gestos que julgamos ideais para esse tipo de aplicação, bem como o desenvolvimento de um software com alto potencial de uso.

Palavras-chaves: Simulação computacional, Avaliação de gestos, Realidade Aumentada, Meta 2.

Abstract

Augmented Reality (AR) is a computational tool widely used in teaching and training medical professionals. It allows physicians to gain experience and learn concepts that are complex and difficult to access. The use of computer simulations also has great value in the training of professionals of the area. In this context, this work presents an augmented reality application for visualization of computer simulations. An application is proposed that aims, within the medical field, to increase the possibilities of physicians in the visualization of data in the form of computer simulations. The methodology applied was the Participatory Design, which was configured in this work through the collaborative participation of volunteers for an evaluation of gestures taken from the literature, having the best results in the proposed application. In the development software was used a Unity toolkit combined with the Augmented Reality Head-Mounted Display (HMD) Meta 2, which allows the user to immersive visualization of 3D models. To demonstrate an application, a computational simulation of labor was used. As it was, a set of gestures was made that judged the ideals for this type of application, as well as the development of software with high potential of use.

Keywords: Computer simulations, Gestures evaluation, Augmented reality, Meta 2.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Guia para inserção de agulha em biópsia de câncer de mama.	4
Figura 2 – Esquema com as etapas para o estudo de gestos.	8
Figura 3 – Pergunta sobre nível de conhecimento sobre RA ou RV.	12
Figura 4 – Pergunta sobre nível de experiência sobre RA ou RV.	13
Figura 5 – Perguntas para avaliação de percepção segundo o TAM.	13
Figura 6 – Exemplo da ordenação dos gestos por preferência para a tarefa de translação.	14
Figura 7 – Exemplo de um dos vídeos presentes no questionário.	15
Figura 8 – Estudo sendo respondido por um participante.	16
Figura 9 – Gráfico de idade dos participantes.	16
Figura 10 – Gráfico de sexo dos participantes.	17
Figura 11 – Gráfico de escolaridade dos participantes.	17
Figura 12 – Gráfico de experiência dos participantes com dispositivos de interação gestual.	18
Figura 13 – Gráfico de conhecimento de RA e RV dos participantes.	18
Figura 14 – Gráfico de experiência de RA e RV dos participantes.	19
Figura 15 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para translação.	21
Figura 16 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para escalar.	22
Figura 17 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para rotacionar.	22
Figura 18 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para <i>play</i>	23
Figura 19 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para <i>pause</i>	23
Figura 20 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para avançar.	24
Figura 21 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para voltar.	24
Figura 22 – Ambiente de desenvolvimento da Unity.	27
Figura 23 – HMD Meta 2.	28
Figura 24 – Malha de deformidades do assoalho pélvico.	29
Figura 25 – Gizmo 3D.	29
Figura 26 – <i>GameObject</i> da simulação computacional de parto.	30
Figura 27 – <i>GameObject</i> do gizmo 3D.	30
Figura 28 – <i>GameObject</i> da escala de tensões.	31
Figura 29 – <i>GameObject</i> MetaCameraRig, responsável pela visualização em RA.	31
Figura 30 – Disposição final dos <i>GameObjects</i> na cena.	31
Figura 31 – Gizmo 3D acompanhando as rotações realizadas nos objetos da simulação.	32
Figura 32 – <i>GameObject</i> MetaHands, responsável identificação das mãos.	33
Figura 33 – Componente <i>Box Collider</i>	33
Figura 34 – Componente <i>rigidbody</i>	33

Figura 35 – <i>Grab Interaction, script</i> responsável pela interação de translação. . . .	33
Figura 36 – <i>Grab Interaction, script</i> responsável pela interação de escalar.	34
Figura 37 – <i>Grab Interaction, script</i> responsável pela interação de rotação.	34
Figura 38 – Indicador de início de qualquer uma das interações.	35
Figura 39 – Aplicando a translação à simulação utilizando a interação gestual. . . .	35
Figura 40 – Escalando a simulação utilizando a interação gestual.	36
Figura 41 – Rotação sendo aplicada na simulação utilizando a interação gestual. . .	36

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela de gestos para translação.	9
Tabela 2 – Tabela de gestos para escalar.	9
Tabela 3 – Tabela de gestos para rotacionar.	10
Tabela 4 – Tabela de gestos para <i>play</i>	10
Tabela 5 – Tabela de gestos para <i>pause</i>	10
Tabela 6 – Tabela de gestos para avançar.	11
Tabela 7 – Tabela de gestos para voltar.	11
Tabela 8 – Quantidade de gestos encontrados para cada tarefa da aplicação.	11
Tabela 9 – Tabela de itens do TAM sobre Percepção de Facilidade de Uso.	14
Tabela 10 – Tempos de execução do estudo piloto.	15
Tabela 11 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na primeira posição, onde o peso é 2.	19
Tabela 12 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na segunda posição, onde o peso é 1.	19
Tabela 13 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na terceira posição, onde o peso é 0.	20
Tabela 14 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na quarta posição, onde o peso é -1.	20
Tabela 15 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na última posição, onde o peso é -2.	21
Tabela 16 – Pesos para cada colocações por tarefa.	21

Lista de abreviaturas e siglas

3D	Tridimensional
DP	Design Participativo
GBI	Gesture Based-Interaction
HMD	Head-Mounted Display
IHC	Interação Humano-Computador
PEOU	Perceived ease-of-use
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
SDK	Software Development Kit
TAM	Technology Acceptance Model

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Motivação	1
1.3	Objetivos	2
1.4	Metodologia	2
1.5	Organização do Trabalho	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1	Realidade Aumentada	4
2.2	Simulação Computacional	5
2.3	Design Participativo	6
3	ESTUDO DE IDENTIFICAÇÃO DE GESTOS	8
3.1	Identificação dos Gestos	8
3.2	Planejamento	12
3.3	Execução	14
3.4	Resultados	15
4	DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO	25
4.1	Levantamento de Requisitos	25
4.2	Tecnologias Utilizadas	26
4.2.1	O motor de jogo Unity 3D	26
4.2.2	Meta 2	27
4.3	Visualizador	28
4.3.1	Modelos utilizados	28
4.3.2	Visualização em RA	29
4.3.2.1	Criação da Cena	29
4.3.2.2	Implementação do Gizmo 3D	31
4.3.2.3	Animação da simulação	32
4.3.3	Interações Gestuais	32
4.4	Versão Inicial da Aplicação	34
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	37
	REFERÊNCIAS	39

ANEXOS	43
ANEXO A – VÍDEOS DO ESTUDO DE GESTOS	44
ANEXO B – <i>SCRIPT</i> COMPORTAMENTO DO GIZMO 3D . . .	45
ANEXO C – <i>SCRIPT</i> PARA ANIMAÇÃO DO FRAMES DA SI- MULAÇÃO COMPUTACIONAL	46

1 Introdução

1.1 Contextualização

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que integra elementos ou informações virtuais ao mundo real, através de uma câmera e com o uso de sensores de movimento como giroscópio e acelerômetro. Já, a Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que busca imergir o usuário em um ambiente virtual. Esses conceitos são relativamente antigos, porém suas utilizações só tem sido possível com o avanço da tecnologia nos últimos anos (GRIGORE; COIFFET, 1994). Ambos são comumente confundidos, no entanto cada uma possui características que podem diferir suas aplicações.

A RA pode ser aplicada em diversas áreas como: medicina, linhas de montagem, entretenimento, esportes, *marketing*, visualização colaborativa, turismo, arquitetura, construtoras, museus, educação, treinamento, aplicações militares, entre muitos outros (SANNA; MANURI, 2016). Dentre essas áreas, ela possui um destaque quando aplicada na medicina, visto que pode ser utilizada por médicos e estudantes para visualização e estudo de casos médicos de forma pouco ou não-invasiva e, em muitos casos, com menor custo. Além disso, a RA também têm sido utilizada para visualização de simulações computacionais. Essas simulações buscam empregar formalismos computacionais, tais como expressões matemáticas ou especificações mais ou menos formalizadas, afim de imitar um processo ou operação do mundo real. A RA também se mostra uma boa ferramenta para visualização de vídeos ou animações, já que ela aproxima as imagens do seus usuários. Aplicações para visualização de vídeos e animações em RA, geralmente estão atreladas ao uso de menus que, apesar de eficazes, não são tão imersivos quanto uma interação baseada em gestos.

1.2 Motivação

A visualização de simulações computacionais pode ser aplicada dentro de diversas áreas do conhecimento com as mais diversas finalidades. Ela é interessante por apresentar de forma simples, mas eficaz, a visualização de dados de situações do mundo real que nem sempre são de fácil acesso ao usuário comum. Dentro da área médica, o uso de simulações é algo conhecido pelo meio, com diversos trabalhos desenvolvidos na área, especialmente focado no treinamento de procedimento cirúrgicos.

Na literatura, percebe-se que há trabalhos que utilizam a RV para visualização de simulações computacionais, porém apesar do grande potencial, pouco têm se desenvolvido quanto à utilização da RA para a mesma finalidade, uma vez que a mesma ainda é

uma tecnologia emergente. Acredita-se que a RA apresenta vantagem no sentido de apresentar um *feedback* realístico. O uso de tal tecnologia possui potencial de uso dentro da área médica, principalmente se aplicado como ferramenta de treinamento. Assim, este trabalho de monografia também visa contribuir para a literatura na área de Interação Humano-Computador (IHC).

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é identificar gestos relevantes para interação em aplicações como a proposta, assim como desenvolver ferramenta de apoio para visualização de simulações computacionais em RA, que seja de fácil uso. Essa aplicação tem foco na visualização de dados médicos, afim de proporcionar a estudantes da área uma alternativa imersiva e não-invasiva para estudo.

1.4 Metodologia

Neste trabalho de monografia é apresentado o processo de desenvolvimento de uma aplicação em RA para visualização de uma simulação computacional. Para criação do visualizador foi aplicada a metodologia de Design Participativo (DP), prática que visa coletar, analisar e projetar sistemas com a participação de usuários, funcionários, clientes, desenvolvedores e demais interessados. O DP foi utilizado para identificar os melhores gestos que poderiam ser usados na interação com a ferramenta proposta, de forma a fazer as interações naturais e intuitivas. No desenvolvimento da aplicação foi utilizado o HMD Meta 2, um dispositivo de possibilita projeções em RA de alta qualidade, além de dá suporte a GBI nativamente através de seu SDK. Como ambiente de desenvolvimento e base para a aplicação foi utilizado o Unity 3D, um motor gráfico de jogos, escolhido por ser de um software gratuito e consagrado na indústria de jogos, além de possibilitar integração com o SDK do Meta 2. Como prova de conceito, foi utilizada uma simulação computacional de parto vaginal. Nessa simulação são apresentadas as deformidades causadas ao assoalho pélvico durante o processo de parto, bem como as tensões aplicadas à essa região.

Durante o processo de desenvolvimento foi realizado um estudo de gestos, a fim de buscar os melhores gestos para interagir com a aplicação. O estudo foi realizado com 62 participantes com as mais diferentes experiências de interação com aplicações de RA e RV. O resultado obtido foi base e principal fator para a escolha dos gestos utilizados na versão da aplicação apresentada neste trabalho.

1.5 Organização do Trabalho

O restante desse trabalho está organizado como segue:

- No capítulo 2, são abordados conceitos relevantes para o desenvolvimento deste trabalho, como a RA, as simulações computacionais e o Design Participativo.
- No capítulo 3, apresenta o estudo de gestos, que identificou os melhores para serem utilizados no visualizador proposto.
- No capítulo 4, são descritos as tecnologias utilizadas, o levantamento de requisitos do sistema e as etapas de desenvolvimento da aplicação em RA.
- No capítulo 5, é apresentada a conclusão e são discutidos os trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica

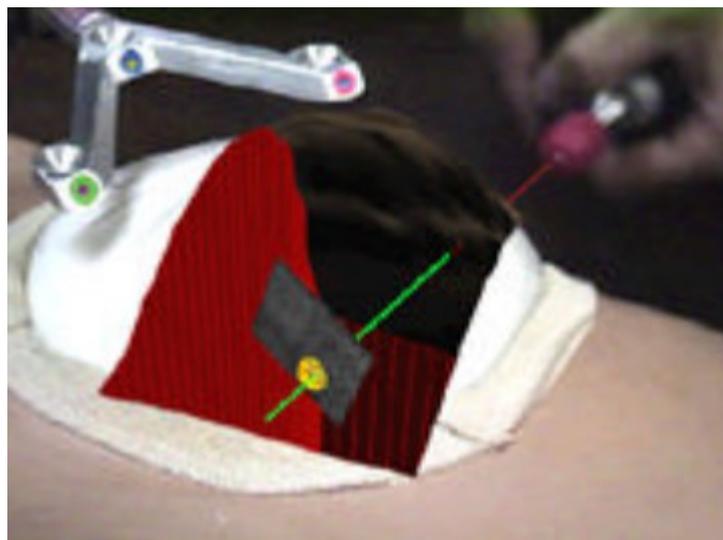
Neste capítulo serão apresentados os temas de mais relevância para o desenvolvimento deste trabalho de monografia, que visa o desenvolvimento de uma aplicação para visualização de uma simulação computacional aplicando o DP.

2.1 Realidade Aumentada

A RA permite que o usuário veja os objetos virtuais com objetos sobrepostos ou como parte do mundo real (AZUMA, 1997). O termo RA foi criado por Tom Caudell, enquanto ajudava trabalhadores da Boeing a juntar cabos dentro de uma aeronave. Eles queriam saber como as técnicas da RV, poderiam ser usadas na construção de aviões para melhorar a conexão dos complexos sistemas de cabos que conectam as partes das aeronaves. Foi aí, que ele pensou em "aumentar" a realidade (LACERDA, 2013).

A RA é uma área interdisciplinar com trabalhos desenvolvidos nos mais variados campos do conhecimento (SANNA; MANURI, 2016). Dessas, a área médica é uma das com o maior número de aplicações existentes (BARSOM; GRAAFLAND; SCHIJVEN, 2016). As aplicações da RA na medicina são principalmente no aspecto de treinamento de procedimentos cirúrgicos (GRAAFLAND; SCHRAAGEN; SCHIJVEN, 2012). A Figura 1 apresenta uma aplicação de RA no contexto de treinamento de procedimentos cirúrgicos.

Figura 1 – Guia para inserção de agulha em biopsia de câncer de mama.



Fonte: (AZUMA, 1997)

Diversas técnicas podem ser utilizadas para criar uma aplicação de RA, conforme o tipo de *display* utilizado (AZUMA et al., 2001) e as suas características de visão ótica

ou visão por vídeo, os sistemas de RA podem ser classificados de quatro formas diferentes:

- Sistema de visão ótica direta;
- Sistema de visão direta por vídeo;
- Sistema de visão por vídeo baseado em monitor;
- Sistema de visão ótica por projeção.

O sistema de visão ótica direta faz uso de óculos ou capacetes, com lentes especiais que permitem o recebimento simultâneo de imagens reais e virtuais, devidamente ajustadas com a cena real. O sistema de visão direta por vídeo e sistema de visão por vídeo em monitor capturam imagens da cena real utilizando uma câmera, em seguida os elementos virtuais são misturados à imagem capturada e o resultado desse processo é apresentado ao usuário. O que diferencia os dois tipos é a forma como as imagens são capturadas pela câmera e reapresentadas ao usuário. No primeiro, tanto a câmera e o *display* que apresenta a visão do usuário ficam acoplados a um capacete. No segundo, a câmera é externa e o *display* um monitor comum. Por último, o sistema de visão ótica por projeção utiliza superfícies do ambiente real para projetar imagens de objetos virtuais. A seção a seguir, apresenta como as simulações computacionais são aplicadas na atualidade e sua relação com a RA.

2.2 Simulação Computacional

Em computação, a simulação consiste em empregar formalizações em computadores, tais como expressões matemáticas ou especificações mais ou menos formalizadas, com o propósito de imitar um processo ou operação do mundo real (NETO et al., 2015). Sendo assim, as simulações computacionais aplicadas no contexto científico e escolar, oferecem alternativas para resolução de problemas.

Na educação científica, as simulações têm sido propostas há mais de três décadas como ferramentas úteis para melhorar a compreensão conceitual dos alunos e o desenvolvimento de capacidades científicas (GRECA; SEOANE; ARRIASSECQ, 2014). Mas, o uso dessas simulações também tem potencial de aplicação no nível de educação média, como no ensino de Química de forma mais interativa (RIBEIRO; GRECA, 2003).

Dentro da área médica, o uso de simulações pode ser de grande utilidade para o ensino de conceitos complexos e de risco aos pacientes (LANE; SLAVIN; ZIV, 2001). Esse tipo de técnica têm possibilitado que profissionais da área médica treinem de forma simulada procedimentos cirúrgicos, algo que normalmente seria feito em pacientes reais (SUTHERLAND et al., 2006).

A compreensão do uso integrado da RV e simulação deve criar melhores condições para o desenvolvimento de ambientes de simulação inovadores, bem como para a melhoria dos ambientes de realidade virtual e aumentada (KIRNER; KIRNER, 2008). Dentro do contexto simulações computacionais, a RA e RV têm sido utilizadas trazendo novas perspectivas para a visualização desse tipo de dado.

Em ambientes mais imersivos, as simulações já foram utilizadas para visualização de simulações computacionais de parto (COSTA et al., 2017). Nesse trabalho foi utilizado um ambiente de RV, para visualizar de forma imersiva as tensões causadas ao músculo do assoalho pélvico durante o processo de parto vaginal.

A RA foi utilizada para visualização e simulação de sistemas industriais automatizados, onde foram mostradas aplicações de simulações apoiadas por RV e RA (BUCCIOLI; ZORZAL; KIRNER, 2006). Os autores perceberam que o uso dessas tecnologias imersivas permitem ao usuário interagir de diversas maneiras com as simulações, com uma participação ativa e promovendo a sua compreensão de situações e funcionamentos diversos dentro da indústria de Sistemas Industriais Automatizados.

Segundo Botden e Jakimowicz (2009), que estudou o uso de simulações computacionais em RA para treinamento de cirurgia de laparoscópica. Os autores identificaram que diversos trabalhos nesse contexto têm sido desenvolvidos e concluíram que simulações em RA devem ser utilizadas para o treinamento de profissionais da área.

2.3 Design Participativo

O Design Participativo (DP) é uma metodologia de desenvolvimento que nasceu nos países escandinavos com o nome de Design Cooperativo. Ele surgiu com o intuito de buscar parcerias com os sindicatos de trabalhadores para introduzir novas tecnologias no local de trabalho. Essa cooperação entre pesquisadores e trabalhadores trouxe bons resultados e deu início a essa nova filosofia. Já em meados da década de 1970, há os primeiros registros do uso do DP como uma metodologia para projetos de software, onde desenvolvedores utilizaram a chamada *collective resource approach* ou abordagem de recurso coletivo para que trabalhadores influenciassem o design e uso de aplicações computacionais no ambiente de trabalho (KRAFT; BANSLER, 1994).

O uso do DP se diferencia das metodologias tradicionais, uma vez que uma abordagem participativa possibilita com que as metas possam ser avaliadas mais globalmente e sob diferentes pontos de vista, o que faz com que o processo de planejamento seja mais completo, mas com atenção especial aos aspectos essenciais à continuidade e aceitação do projeto (TIZZEI; FOSCHIANI; SANTOS, 2018). Assim, o empoderamento do usuário durante o planejamento é necessário quando utiliza-se essa abordagem. Contudo, deve-se considerar a experiência dos usuários envolvidos ao utilizar o DP, uma vez que eles de-

vem possuir conhecimento sobre a atividade que desenvolvem para garantir resultados satisfatórios.

Na literatura, percebe-se que o DP já foi utilizado em aplicações virtuais, como no trabalho de [Ploder et al. \(1995\)](#), onde os autores experimentaram os benefícios do uso da RV para avaliação ergonômica de produtos. O autor percebe que o DP gerou um envolvimento da equipe evidenciando que a experiência de cada indivíduo pode colaborar com sugestões mais assertivas.

Já em [Albouys-Perrois et al. \(2018\)](#), foi apresentado uma proposta de mapa em Realidade Aumentada para pessoas cegas ou com limitações na visão. Ao longo de 6 meses, os autores trabalharam cooperativamente com 15 estudantes com alguma deficiência visual, para projetar e desenvolver um protótipo de mapa destinado para aulas em centros de educação especial. Os testes realizados demonstraram que todos os usuários foram capazes de utilizar a ferramenta desenvolvida com altos níveis de satisfação do usuário.

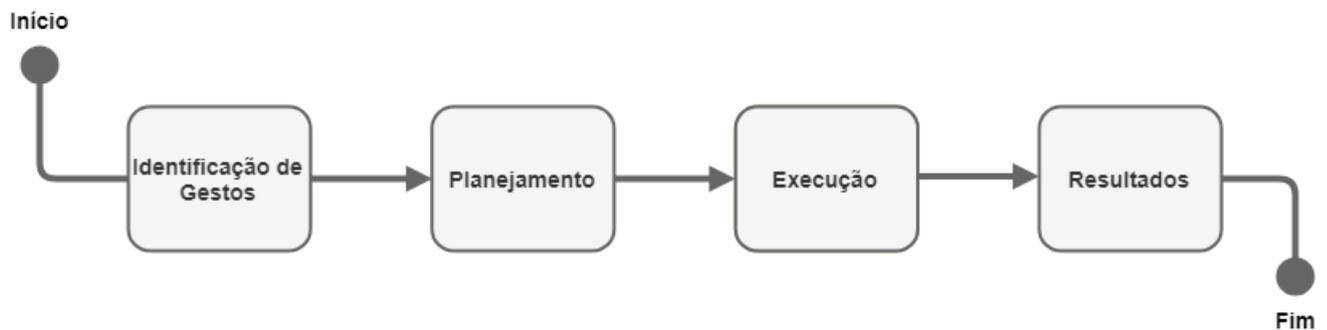
No trabalho de [Piumsomboon et al. \(2013\)](#), o DP foi aplicado em um estudo de sugestão de gestos manuais para aplicações em RA. Com a participação de 20 voluntários, foram coletados 800 gestos para 40 tarefas. Isso resultou em um guia para desenvolvedores da área, com o objetivo de obter interações gestuais consistentes para suas aplicações. Sendo assim, no próximo capítulo será apresentada a aplicação do DP em um estudo para identificação de gestos.

3 Estudo de Identificação de Gestos

Considerando o objetivo de desenvolver uma aplicação para visualização de simulações computacionais em RA, foi identificada a necessidade de levantar quais gestos poderiam ser usados. Para isso, decidiu-se realizar um estudo analisando possíveis gestos para as tarefas propostas. A seguir, são apresentadas as etapas de realização do estudo.

Este estudo foi dividido em quatro etapas. Inicialmente foi realizada uma revisão da literatura buscando identificar o estado da arte das interações gestuais em aplicações 3D imersivas. Em seguida, foi realizada uma etapa de planejamento, onde foram preparados vídeos que refletem os gestos coletados na revisão da literatura. Esses vídeos foram utilizados para compor o questionário de avaliação de gestos, também criado nessa etapa. Para validar o questionário, foi realizado um estudo piloto com um número reduzido de participantes. Por fim, o estudo foi executado com participantes voluntários. Um esquema da metodologia aplicada pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Esquema com as etapas para o estudo de gestos.



Fonte: Elaborada pelo Autor

3.1 Identificação dos Gestos

Inicialmente, foi feito um levantamento das possíveis tarefas a serem realizadas considerando a ferramenta a ser proposta. Esse levantamento é melhor detalhado na seção 4.1. Nele foram definidas as tarefas de translação, rotação, escala, *play*, *pause*, avançar e voltar. Com as tarefas definidas, foi possível realizar uma revisão da literatura, em busca de trabalhos que aplicaram esses gestos no contexto de interações para RA ou RV. Foram utilizadas as bibliotecas Scopus (SCOPUS, 2018) e Portal de periódico da CAPES (CAPES/MEC, 2018), assim como a ferramenta de buscar de trabalhos acadêmicos Google Scholar (GOOGLE, 2018). Além dessas, foram utilizadas de sugestões de especialistas como fontes para o estudo realizado. Dentre os diversos trabalhos encontrados, 10 foram selecionados por aplicarem um ou mais gestos para interação.

Para a tarefa de translação, foram coletados 5 gestos. Esses foram identificados em 5 trabalhos da área. Uma descrição bem como a devida referência para cada gesto, podem ser vistos na tabela 1. Os gestos 2, 4 e 5 utilizam apenas uma mão para realizar a tarefa, já os gestos 1 e 3 utilizam as duas mãos do usuário para alcançar o mesmo resultado.

Tabela 1 – Tabela de gestos para translação.

Gesto	Descrição	Referência
1	Uma mão estática, que define comando e a outra movimenta o objeto	(KANG et al., 2013)
2	Dedo indicador seleciona e movimenta o objeto	(LOPES et al., 2017)
3	Duas mãos que seguram o objeto e o movem de forma concordante	(GALLO; PLACITELLI; CIAMPI, 2011)
4	Segurar o objeto com a mão fechada e mover	(FITTKAU; KRAUSE; HASSELBRING, 2015)
5	Uma mão aberta que movimenta o objeto	(WEN et al., 2014)

Fonte: Elaborada pelo Autor

Já para realizar a tarefa de escalar um objeto, foram coletados 3 gestos. Cada gesto foi identificado em 3 trabalhos diferentes da área. A tabela 2 mostra uma descrição e a referência para cada gesto. Nesse caso, todos os gestos identificados fazem uso das duas mãos para realizar a tarefa.

Tabela 2 – Tabela de gestos para escalar.

Gesto	Descrição	Referência
1	Uma mão estática, que define comando e a outra escala o objeto	(KANG et al., 2013)
2	Ambas as mãos abertas ou fechadas, trazendo o objeto para perto ou longe do usuário	(FITTKAU; KRAUSE; HASSELBRING, 2015)
3	Duas mãos que seguram o objeto e escalam de forma discordante	(SOUSA, 2013)

Fonte: Elaborada pelo Autor

Para executar a tarefa de rotação foram identificados 4 gestos, onde cada um foi proposto por um trabalho diferente. Para essa tarefa, os gestos 1 e 4 utilizam duas mãos para rotacionar, já os demais apenas uma. Na tabela 3 pode-se ver uma descrição e as referências para cada gesto.

Foram encontrados 2 gestos para a tarefa de *play*. Os trabalhos que os proporam, bem como uma descrição dos mesmos podem ser vistos na tabela 4. Esses gestos utilizam

Tabela 3 – Tabela de gestos para rotacionar.

Gesto	Descrição	Referência
1	Uma mão estática, que define comando e a outra rotaciona o objeto	(KANG et al., 2013)
2	Mão fechada que agarra e rotaciona o objeto	(LOPES et al., 2017)
3	Mão aberta que rotaciona o objeto	(YUSOFF; BASORI; MOHAMED, 2013)
4	Duas mãos que seguram o objeto e rotacionam de forma concordante	(SOUSA, 2013)

Fonte: Elaborada pelo Autor

apenas uma mão para realizar a tarefa e ambos vieram de um contexto de interações para controle de vídeos.

Tabela 4 – Tabela de gestos para *play*.

Gesto	Descrição	Referência
1	Dedo indicador fazendo movimento circular.	(PIUMSOMBOON et al., 2013)
2	Movimento de mão aberta e braço recolhido até a mão aberta e braço esticado	(RUIZ et al., 2014)

Fonte: Elaborada pelo Autor

Para a tarefa de *pause*, foram identificados 2 gestos. Ambos os gestos foram aplicados por seus autores para o controle de visualização de vídeos. O gesto 1 utiliza apenas uma mão, enquanto o gesto 2 faz uso de ambas as mãos. A tabela 5 apresenta cada gesto com suas respectivas referências e descrições.

Tabela 5 – Tabela de gestos para *pause*.

Gesto	Descrição	Referência
1	Dedo indicador e médio fazendo um movimento de cima para baixo	(PIUMSOMBOON et al., 2013)
2	Braço completamente esticado com a mão aberta por alguns segundos	(RUIZ et al., 2014)

Fonte: Elaborada pelo Autor

Por fim, para as tarefas de avançar e voltar, foram coletados 2 gestos em cada caso. Cada um utiliza apenas 1 mão para executar suas respectivas tarefas. As tabelas 6 e 7, apresentam as descrições de cada gesto e as respectivas referências dos trabalhos que os propoaram.

Tabela 6 – Tabela de gestos para avançar.

Gesto	Descrição	Referência
1	Movimento com o braço da esquerda para a direita	(PIUMSOMBOON et al., 2013)
2	Movimento com o braço da esquerda para a direita e indicador apontando para a frente	(RUIZ et al., 2014)

Fonte: Elaborada pelo Autor

Tabela 7 – Tabela de gestos para voltar.

Gesto	Descrição	Referência
1	Movimento com o braço da direita para a esquerda	(PIUMSOMBOON et al., 2013)
2	Movimento com o braço da direita para a esquerda e indicador apontando para a frente	(RUIZ et al., 2014)

Fonte: Elaborada pelo Autor

Assim, o estudo resultou na identificação de 20 gestos para execução de 7 tarefas, distribuídos como pode ser visto na tabela 8. Buscou-se então descobrir, dentre esses gestos, qual o melhor para tarefa a que se propõem. Em seguida, serão apresentados os gestos coletados para cada tarefa.

Tabela 8 – Quantidade de gestos encontrados para cada tarefa da aplicação.

Tarefa	Quantidade de gestos
Transladar	5
Escalar	3
Rotacionar	4
Play	2
Pause	2
Avançar	2
Voltar	2
Total	20

Fonte: Elaborada pelo Autor

Com o fim dessa etapa e a identificação dos gestos candidatos, na próxima seção será apresentado todo o planejamento que levou à aplicação do questionário de avaliação dos gestos.

3.2 Planejamento

Com os dados de gestos coletados foram usados de base para a realização de um estudo confirmatório. Com os dados resultantes da revisão literária, foi iniciada a etapa de planejamento. Nessa, foi pensada uma forma de avaliar a opinião dos participantes sobre cada gesto. A estratégia escolhida foi a utilização de um questionário, que buscou avaliar, dentre os gestos identificados, qual o melhor para cada tarefa.

No contexto de avaliação de gestos, no trabalho de [Bobeth et al. \(2012\)](#) foi avaliada a performance e aceitação do uso de interações gestuais para controle de menus de televisão. Ele elaborou um questionário de aceitação com perguntas numa escala Likert de 5 pontos ([LIKERT, 1932](#)). Os itens de avaliação utilizados no questionário foram retirados do *Technology Acceptance Model - TAM* ou Modelo de Aceitação de Tecnologia ([VENKATESH; BALA, 2013](#)). O TAM é uma teoria de sistemas de informação que modela como os usuários aceitam e usam uma tecnologia. Ele sugere que quando usuário são apresentados a uma nova tecnologia, diversos fatores influenciam a decisão de como e quando essa tecnologia será usada. Desses fatores, há um destaque para *Perceived usefulness* (PU) ou Percepção de Utilidade e *Perceived ease-of-use* (PEOU) ou Percepção de Facilidade de Uso.

Assim, para este estudo foram criados dois questionários: caracterização dos participantes e avaliação de gestos. O primeiro visa conhecer o perfil do participante assim como sua experiência com tecnologias de RA/RV e interações baseadas em gestos. Inicialmente é perguntado o nome, idade, sexo e nível de escolaridade. Também é perguntado se o participante já utilizou dos dispositivos listados que possuem algum tipo de interação baseada em gestos. Por último, é questionado o conhecimento e experiência para com RA/RV, como pode ser visto nas Figuras 3 e 4.

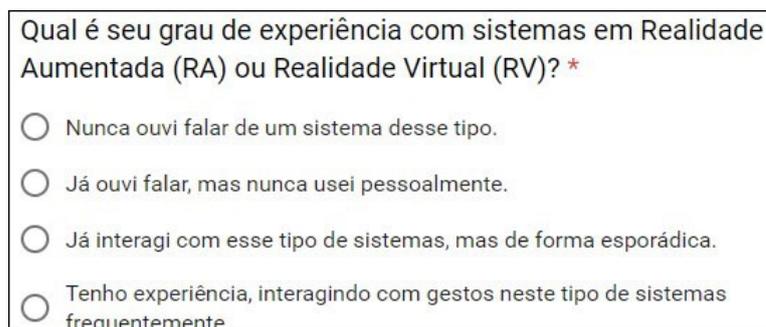
Figura 3 – Pergunta sobre nível de conhecimento sobre RA ou RV.

Qual é seu grau de conhecimento sobre Realidade Aumentada (RA) ou Realidade Virtual (RV)? *

- Nunca ouvi falar sobre o tema.
- Já ouvi falar, mas não tenho conhecimento aprofundado.
- Já estudei sobre o tema e/ou tenho conhecimento sobre o tema.
- Tenho experiência com o tema, desenvolvendo pesquisa sobre a área.

Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 4 – Pergunta sobre nível de experiência sobre RA ou RV.



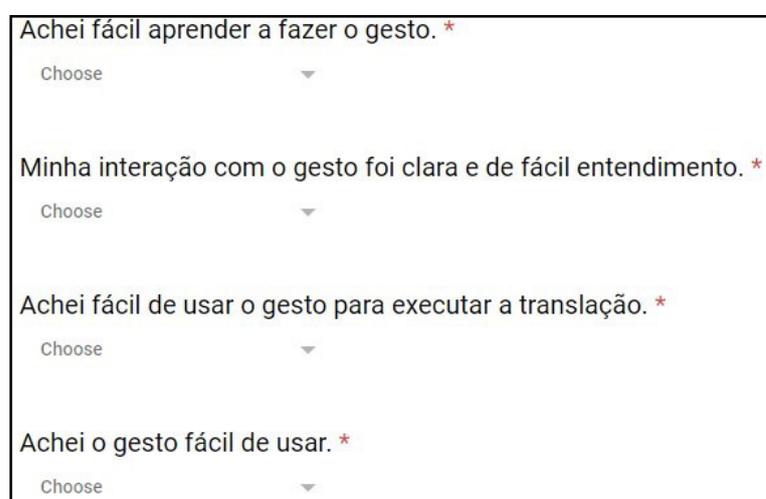
Qual é seu grau de experiência com sistemas em Realidade Aumentada (RA) ou Realidade Virtual (RV)? *

- Nunca ouvi falar de um sistema desse tipo.
- Já ouvi falar, mas nunca usei pessoalmente.
- Já interagi com esse tipo de sistemas, mas de forma esporádica.
- Tenho experiência, interagindo com gestos neste tipo de sistemas frequentemente.

Fonte: Elaborada pelo Autor

O segundo questionário tem como objetivo confirmar os gestos coletados na revisão literária. Esse é composto de 4 perguntas para cada gesto estudado, onde foram avaliados os itens do TAM de Percepção de Facilidade de Uso para cada gesto (Tabela 9). Elas são perguntas obrigatórias cujas respostas seguiam a escala Likert de 5 pontos, que variavam entre *Concordo Totalmente* (5) e *Discordo Totalmente* (1). A Figura 5 exemplifica as perguntas utilizadas para avaliar a aceitação de cada gesto.

Figura 5 – Perguntas para avaliação de percepção segundo o TAM.



Achei fácil aprender a fazer o gesto. *

Choose ▼

Minha interação com o gesto foi clara e de fácil entendimento. *

Choose ▼

Achei fácil de usar o gesto para executar a translação. *

Choose ▼

Achei o gesto fácil de usar. *

Choose ▼

Fonte: Elaborada pelo Autor

A apresentação dos gestos no questionário foi dividida por tarefa a que o gesto se propõem a executar. Ao fim de todos os gestos de cada tarefa, é pedido a ordenação dos mesmos de forma decrescente de acordo com a preferência (Figura 6).

Todo o questionário foi criado usando a ferramenta da Google Forms. Isso possibilitou também que fossem criados vídeos que exemplificavam cada gesto obtido na revisão da literatura, já que percebeu-se que apenas a descrição dos movimentos executados durante os gestos eram um pouco vagos. A figura 7 exemplifica um dos vídeos utilizados e todos os vídeos utilizados podem ser acessados utilizando os *links* presentes no Anexo A. Os

Tabela 9 – Tabela de itens do TAM sobre Percepção de Facilidade de Uso.

Percepção de Facilidade de Uso	Item
PEOU1	Minha interação com o gesto foi clara e de fácil entendimento.
PEOU2	Achei fácil aprender a fazer o gesto
PEOU3	Achei o gesto fácil de usar
PEOU4	Achei fácil de usar o gesto para executar a tarefa

Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 6 – Exemplo da ordenação dos gestos por preferência para a tarefa de translação.

De acordo com os gestos apresentados, ordene os gestos de acordo com sua preferência. *

	Gesto 1	Gesto 2	Gesto 3	Gesto 4	Gesto 5
1º Lugar (Melhor Gesto para a Tarefa)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2º Lugar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3º Lugar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4º Lugar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
5º Lugar (Pior Gesto para a Tarefa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Fonte: Elaborada pelo Autor

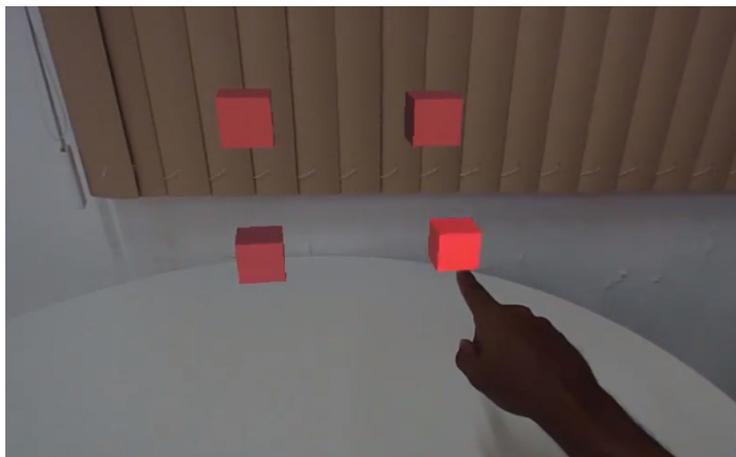
vídeos são apenas simulações do que cada gesto deveria fazer, logo nenhum deles foi implementado.

3.3 Execução

Após a preparação do questionário, foi realizado um estudo piloto. Tinha-se como objetivo avaliar pontos como: cansaço do participante e tempo para responder o questionário. Fizeram parte desse estudo 3 voluntários, que tiveram seu tempo de resposta cronometrado. O tempo de cada participante pode ser visto na tabela 10. Esses dados foram utilizados na organização dos dias de aplicação do estudo, a fim de garantir que todos os voluntários pudessem participar dentro do prazo estipulado.

Com os tempos obtidos na execução piloto do estudo, foi possível confirmar a aplicabilidade do questionário. Assim, considerando a viabilidade de execução e que não

Figura 7 – Exemplo de um dos vídeos presentes no questionário.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Tabela 10 – Tempos de execução do estudo piloto.

Participante	Tempo
1	12 minutos e 34 segundos
2	33 minutos e 47 segundos
3	14 minutos e 22 segundos

Fonte: Elaborada pelo Autor

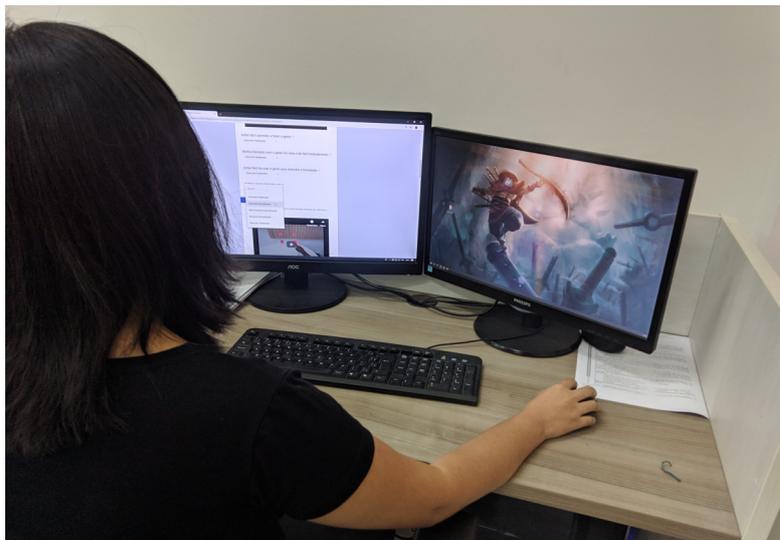
haveria alterações no questionário, procedeu-se para a execução do estudo.

O estudo ocorreu ao longo de 5 dias e tentou-se aplicá-lo com o maior número de participantes possível. Na chegada do voluntário, ele era instruído sobre o contexto do estudo e, em seguida era encaminhado à um computador com o questionário pronto para ser respondido. Nesse momento, era dada ao participante a privacidade necessária para preencher o questionário e, sempre que houvesse alguma dúvida, ele poderia recorrer ao aplicador. Na figura 8 pode-se ver o estudo sendo executado. Os participantes eram, na sua grande maioria, alunos da turmas de Engenharia de Software I, Engenharia de Software II, Engenharia de Requisitos e Hipermídia do Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Maranhão, porém também obteve-se voluntários que participam de alguns laboratórios de pesquisa da mesma instituição.

3.4 Resultados

O estudo obteve a participação de 62 voluntários, um número satisfatório dentro do que foi proposto, uma vez que tinha-se como meta ultrapassar o número de participantes do trabalho de [Piumsomboon et al. \(2013\)](#). Nem todos os dados coletados são de interesse para esse trabalho, assim apresentado os dados de caracterização e a posição de melhor para

Figura 8 – Estudo sendo respondido por um participante.

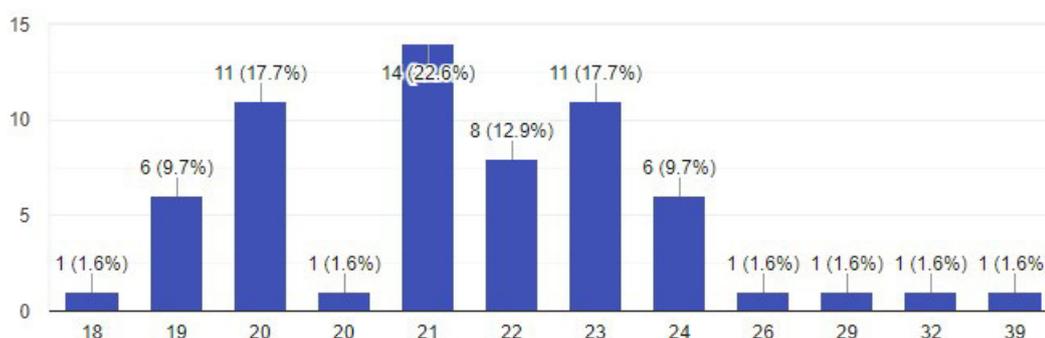


Fonte: Elaborada pelo Autor

pior de cada um. Os resultados serão apresentados conforme a divisão de caracterização dos participantes e avaliação de gestos.

Na parte de caracterização dos participantes percebeu-se que as idades variavam entre 18 e 39 anos, com média de aproximadamente 22 anos, mediana de 21 anos e 3.16 de desvio padrão. Havia também uma maior concentração de pessoas com 21 anos (Figura 9).

Figura 9 – Gráfico de idade dos participantes.



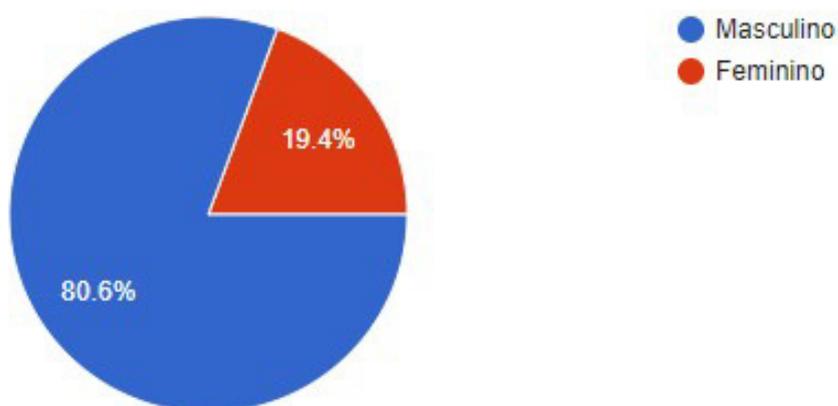
Fonte: Elaborada pelo Autor

Na sua maioria, os participantes eram homens, com 80.6% contra 19.4% das mulheres (Figura 10).

Quanto ao nível de escolaridade, percebeu-se uma número majoritário de pessoas com ensino médio completo, com aproximadamente 95.16% dos participantes contra 4.83% que possuíam alguma graduação (Figura 11).

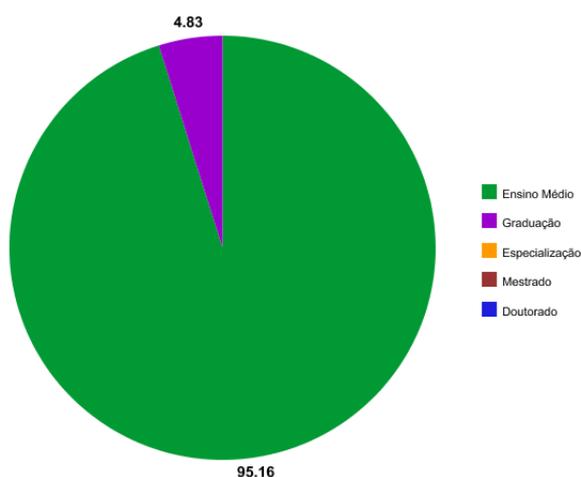
Percebe-se também que, apesar da maioria dos participantes já terem utilizado algum tipo de dispositivo com interações gestuais, grande parte desse número se concentra

Figura 10 – Gráfico de sexo dos participantes.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 11 – Gráfico de escolaridade dos participantes.



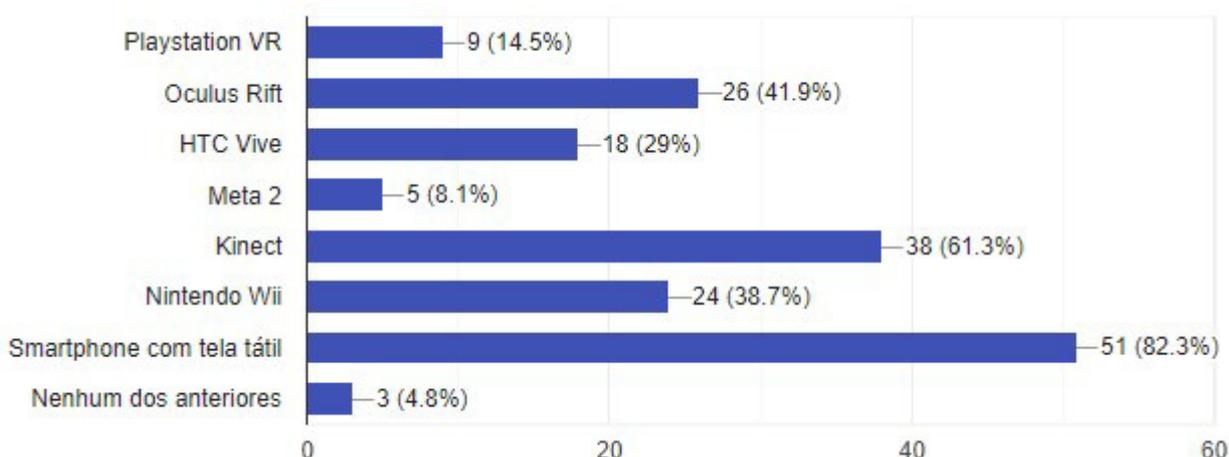
Fonte: Elaborada pelo Autor

em *smartphones* com tela tátil, 82.3%. Também houve ocorrências de indivíduos que nunca utilizaram nenhum dos dispositivos apresentados, 4.8% (Figura 12).

Quando perguntados sobre o grau de conhecimento sobre RA e RV, 71% dos participantes afirmaram já terem ouvido os termos, mas sem qualquer conhecimento mais aprofundado (Figura 13). Já 1.6% dos participantes nunca ouviram falar sobre RA e RV.

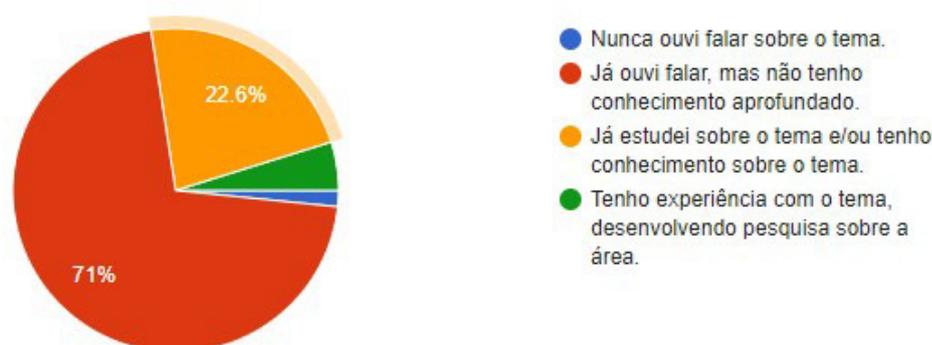
Por fim, verificou-se o grau de experiência dos participantes com sistemas de RA ou RV. O estudo mostrou que 77.4% dos participantes já interagiram com algum sistema desse tipo mas de forma esporádica (Figura 14).

Figura 12 – Gráfico de experiência dos participantes com dispositivos de interação gestual.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 13 – Gráfico de conhecimento de RA e RV dos participantes.



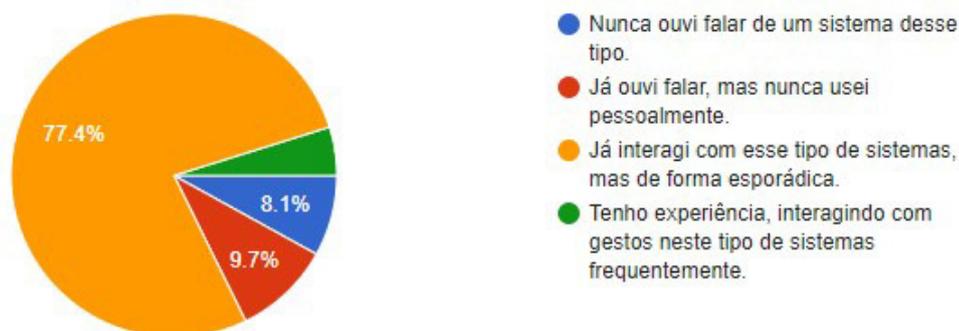
Fonte: Elaborada pelo Autor

Considerando a avaliação dos gestos, a cada tarefa os mesmos serão aqui mencionados e seguiram a numeração presente nas tabelas apresentadas na seção 3.1. Segundo os votos que cada gesto recebeu durante o estudo, foram atribuídos pesos ao número de votos recebidos em cada uma das posições. Para a translação, por exemplo, foram atribuídos pesos que variavam entre 2 para quando o voto fosse para a primeira posição e -2 para quando o voto fosse para a última posição. Assim, sempre que um gesto para essa tarefa fosse escolhido como o melhor por um participante, esse voto valeria o dobro.

Para os gestos para a translação que foram escolhidos como o melhor, foi utilizado um peso 2. A distribuição das pontuações obtidas por cada gesto pode ser vista na Tabela 11.

Já para os gestos para a translação que foram classificados na segunda posição, foi utilizado um peso 1. A distribuição das pontuações obtidas por cada gesto pode ser vista na Tabela 12.

Figura 14 – Gráfico de experiência de RA e RV dos participantes.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Tabela 11 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na primeira posição, onde o peso é 2.

Gesto	Votos	Pontuação
1	11	22
2	40	80
3	2	4
4	6	12
5	3	6

Fonte: Elaborada pelo Autor

Tabela 12 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na segunda posição, onde o peso é 1.

Gesto	Votos	Pontuação
1	21	21
2	10	10
3	5	5
4	15	14
5	11	11

Fonte: Elaborada pelo Autor

Quando os gestos para a translação que foram classificados na terceira posição, foi utilizado um peso 0. A distribuição das pontuações obtidas por cada gesto pode ser vista na Tabela 13.

No caso dos gestos para a translação que foram classificados na quarta posição, foi

Tabela 13 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na terceira posição, onde o peso é 0.

Gesto	Votos	Pontuação
1	10	0
2	11	0
3	12	0
4	12	0
5	17	0

Fonte: Elaborada pelo Autor

utilizado um peso -1. A distribuição das pontuações obtidas por cada gesto pode ser vista na Tabela 14.

Tabela 14 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na quarta posição, onde o peso é -1.

Gesto	Votos	Pontuação
1	12	-12
2	0	0
3	12	-12
4	22	-22
5	16	-16

Fonte: Elaborada pelo Autor

Por fim, os gestos para a translação que foram classificados na última posição, foi utilizado um peso -2. A distribuição das pontuações obtidas por cada gesto pode ser vista na Tabela 15.

Após calcular as pontuações para cada posição individualmente, o total de cada gesto é somado, gerando suas respectivas pontuações gerais. Assim, para a função de translação, o gesto 2 que obteve a maior aceitação com uma pontuação final de 88. Já o gesto 3 obteve o maior rejeite, com pontuação de -65. A classificação completa com as pontuações de cada gesto pode ser vista na Figura 15.

Para as demais tarefas o processo exemplificado acima se repete. Os pesos atribuídos para os votos recebidos por cada gesto para cada tarefa podem ser vistos na Tabela 16. Esses pesos são atribuídos a cada voto dos participantes e uma pontuação final é calculada.

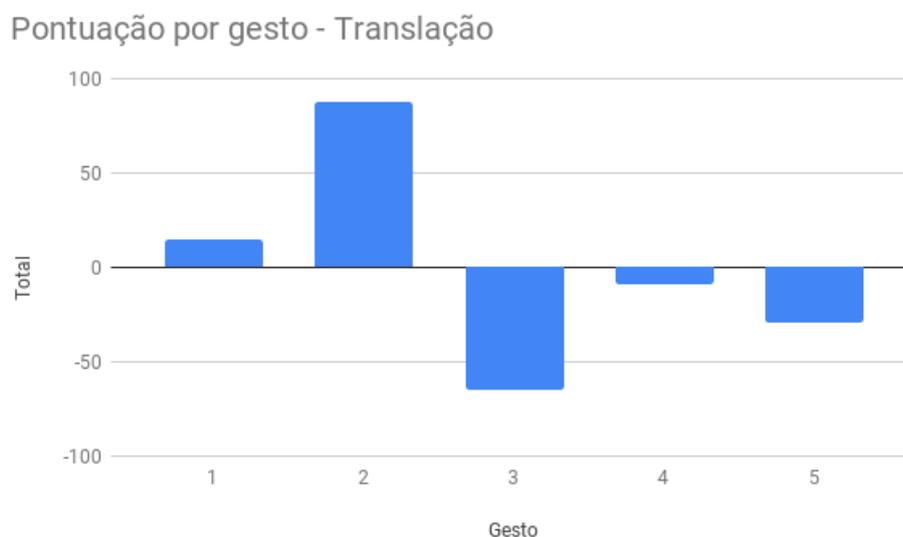
Assim, para escalar, os gestos 1 e 3 apresentaram resultados extremamente similares,

Tabela 15 – Tabela com os votos e pontuações após aplicação dos pesos para cada gestos para a tarefa de translação que foram classificados na última posição, onde o peso é -2.

Gesto	Votos	Pontuação
1	8	-16
2	1	-2
3	31	-62
4	7	-14
5	15	-30

Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 15 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para translação.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Tabela 16 – Pesos para cada colocações por tarefa.

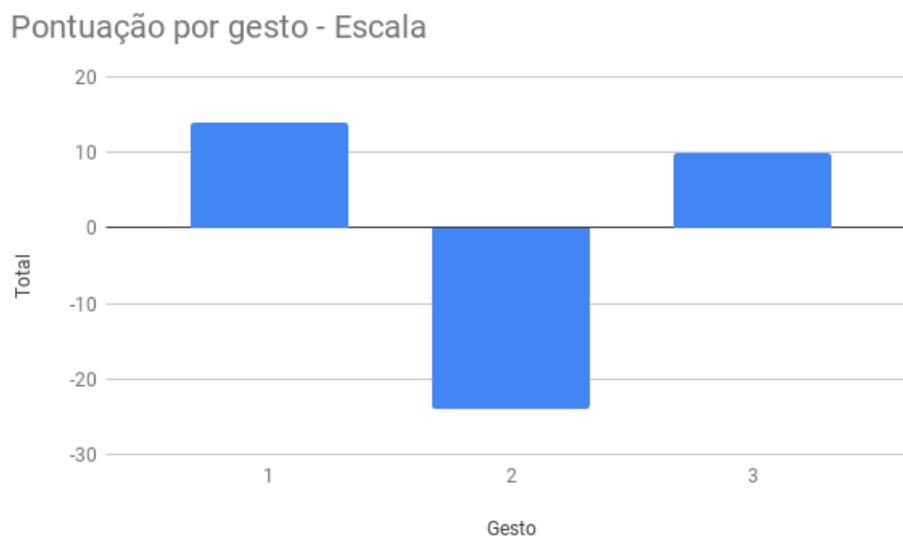
	Translação	Rotação	Escala	Play	Pause	Avançar	Voltar
1 ^a	2	2	1	1	1	1	1
2 ^a	1	1	0	-1	-1	-1	-1
3 ^a	0	-1	-1				
4 ^a	-1	-2					
5 ^a	-2						

Fonte: Elaborada pelo Autor

com 25 e 26 votos, respectivamente (Figura 16). Analisando o segundo lugar, o gesto 1 leva uma pequena vantagem, com 14 pontos, contra 10 do gesto 3. Com o maior rejeite, o

gesto 2 obteve -24 pontos.

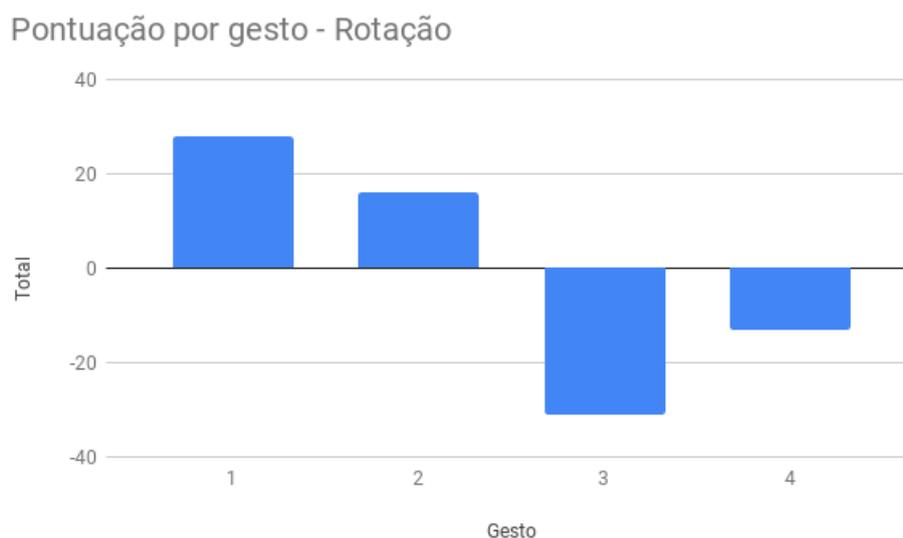
Figura 16 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para escalar.



Fonte: Elaborada pelo Autor

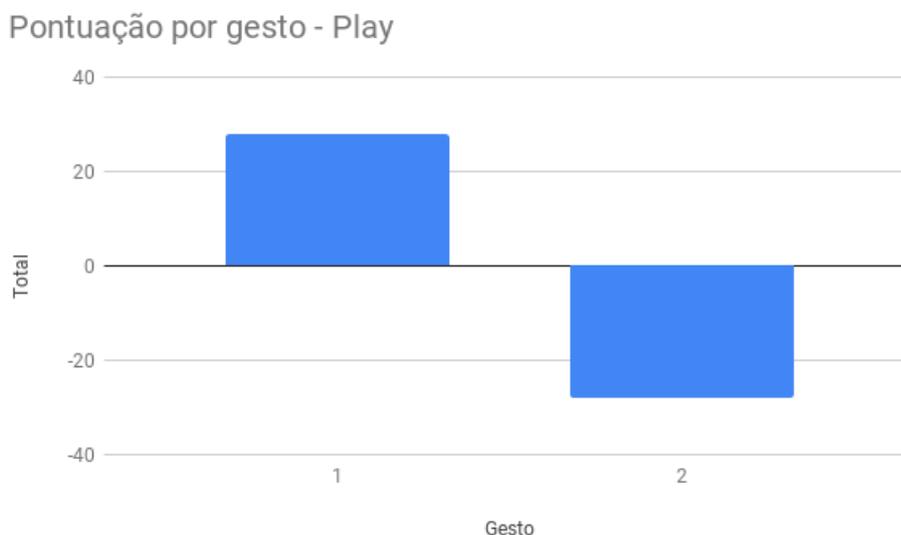
Na rotação, os participantes indicaram que o gesto 1 é o melhor, com 28 pontos somados. Já na última colocação, com -31 pontos, o gesto 3 foi aparece como pior gestos para a tarefa. Ver tabela 17 para classificação completa.

Figura 17 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para rotacionar.



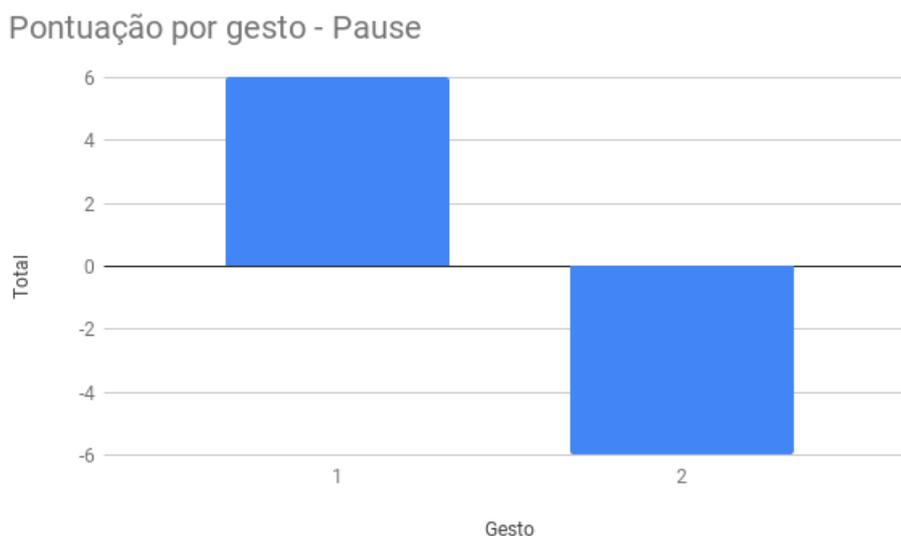
Fonte: Elaborada pelo Autor

Já para executar a função de *play*, o gesto 1 obteve mais que o dobro votos que o seu concorrente, como 28 pontos contra -28 (Figura 18).

Figura 18 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para *play*.

Fonte: Elaborada pelo Autor

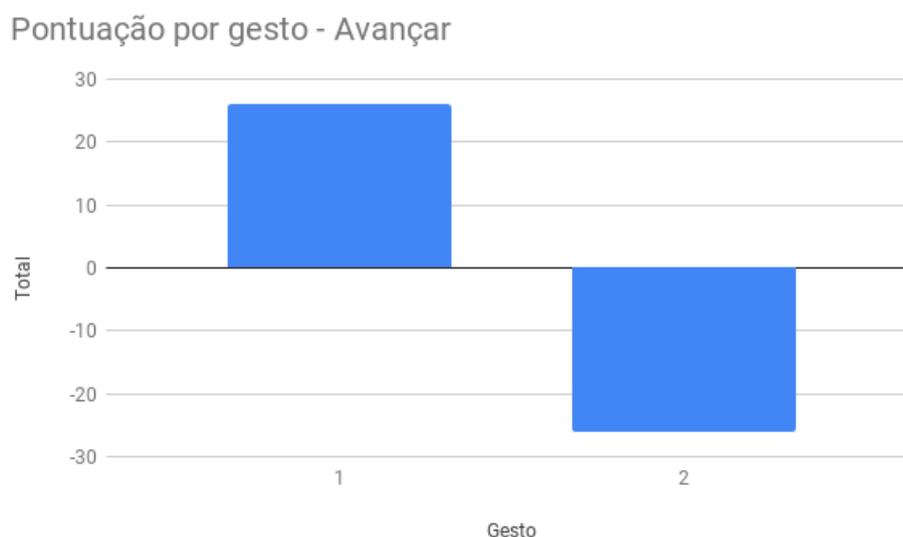
Situação que não se repete para o *pause*, onde as pontuações de cada gestos foram mais equilibradas (Figura 19). O gesto 1, obteve a maior aceitação com uma pontuação de 6 contra -6 do gesto 2.

Figura 19 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para *pause*.

Fonte: Elaborada pelo Autor

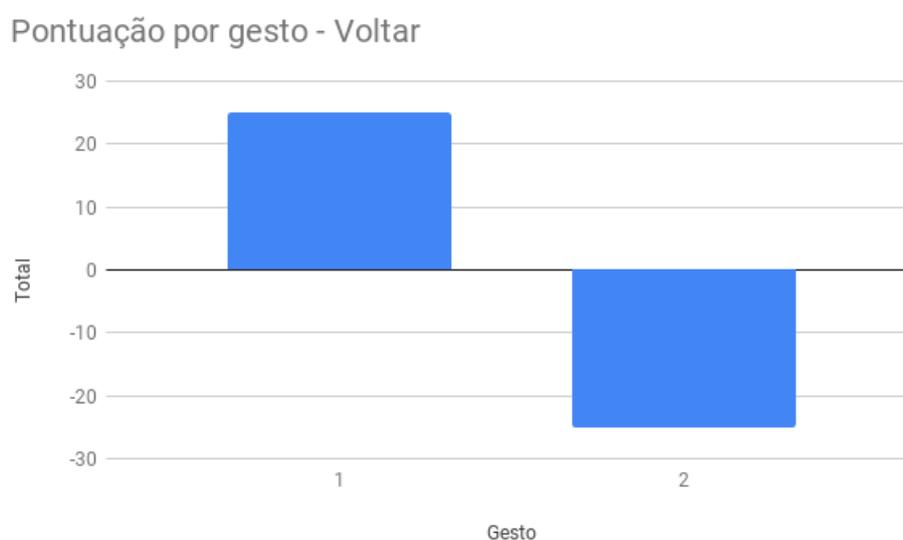
Nos casos de avançar e voltar, ambos obtiveram as mesmas pontuações para seus respectivos gestos 1 e 2, com pontuação igual a 26 votos contra -26. Ver figuras 20 e 21. Isso provavelmente se deve pela extrema semelhança entre essas tarefas e os gestos apresentados.

Figura 20 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para avançar.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 21 – Gráfico de classificação dos melhores gestos para voltar.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Com os resultados obtidos, pode-se identificar os melhores candidatos a gestos para compor a aplicação proposta. Mas, é importante ressaltar que esse não é um único critério que foi utilizado para a escolha dos gestos, uma vez que a dificuldade de implementação também foi levada em consideração.

4 Desenvolvimento da Aplicação

Neste capítulo será apresentado o processo de desenvolvimento da aplicação proposta para visualização em RA de simulações computacionais. Como forma de validar a aplicação, foi utilizada uma simulação computacional de parto vaginal. O software visa que o usuário possa visualizar a simulação e interagir com a mesma, controlando os eventos utilizando interações gestuais, de forma natural e intuitiva.

4.1 Levantamento de Requisitos

A atividade de análise de requisitos visa priorizar e resolver conflitos entre requisitos, pois quando vários usuários participam desse processo, é inevitável que ocorra contradição entre requisitos levantados de usuários distintos (SOMMERVILLE; ARAKAKI; MELNIKOFF, 2008). Para o levantamento de requisitos foram utilizadas duas técnicas, o *benchmarking* e o grupo de foco. Segundo Camp (1989), o *benchmarking* é uma investigação e uma experiência de aprendizado contínuos que garantem que as melhores indústrias sejam disfarçadas, analisadas, adotadas e implementadas. Já o grupo de foco é definido por Kitzinger (1995), como uma forma de entrevista que capitaliza a comunicação entre participantes da pesquisa para gerar dados.

O *benchmarking* foi utilizado pela análise de softwares consagrados para visualização de simulações computacionais. Nessa análise, percebeu-se a necessidade da existência da funcionalidade de carregamento de uma simulação. Para algumas funcionalidades de visualização e interação com o sistema, os requisitos foram extraídos baseado no trabalho de Costa et al. (2017). Nele foi desenvolvido uma aplicação em RV para visualização de uma simulação computacional de parto, porém utilizando uma interface baseada em menus. Já o grupo de foco foi aplicado quando um grupo de especialistas foi consultado para a análise e identificação das funcionalidades de interação do sistema. Quanto a implementação, foi escolhido utilizar o Meta 2, que se deu por ser um equipamento de alta qualidade, mas que ainda está em sua versão de desenvolvedor, o que resulta na ausência de qualquer trabalho na literatura que utilize o dispositivo. Nesse contexto, o sistema deve:

- Permitir a visualização de simulações computacionais incluindo:
 - a simulação computacional;
 - gizmo 3D;
 - escala de informações.
- Permitir as seguintes ações utilizando interações gestuais:

- mover os objetos da simulação;
 - rotacionar os objetos da simulação;
 - escalar os objetos da simulação;
 - dar *play* na simulação;
 - dar *pause* na simulação;
 - avançar *frames* da simulação;
 - voltar *frames* da simulação;
- Permitir o carregamento da simulação que será visualizada;
 - Utilizar o HMD Meta 2.

4.2 Tecnologias Utilizadas

Nesta seção serão apresentadas as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da aplicação, bem como o papel que cada uma exerce dentro desse processo.

4.2.1 O motor de jogo Unity 3D

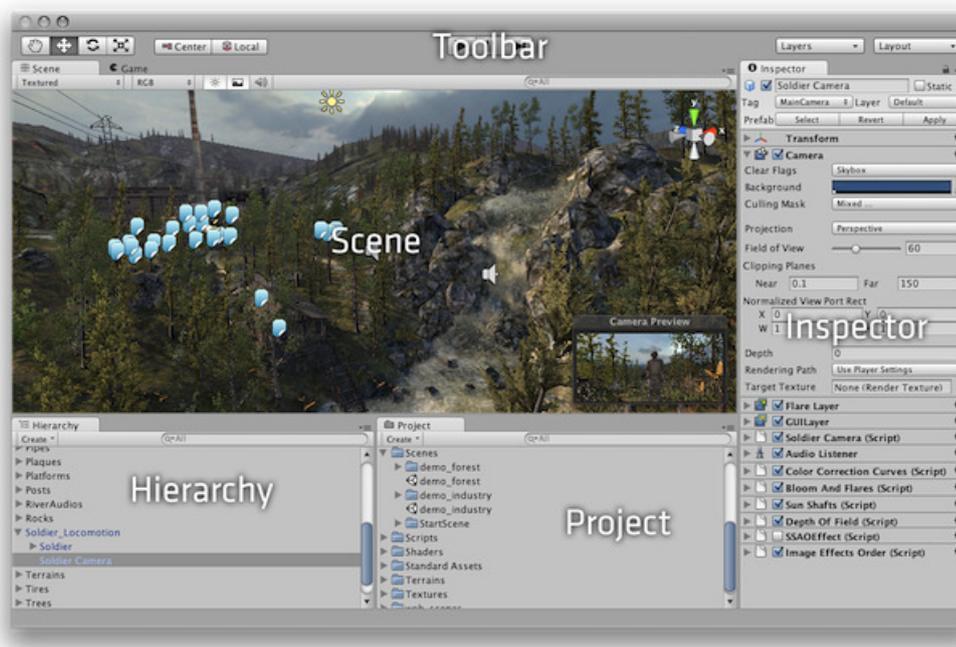
Gaming engine ou motor de jogo, é o software que fornece aos criadores de jogos o conjunto necessário de recursos para criar jogos de maneira rápida e eficiente (UNITY 3D, 2018b). O Unity ou Unity 3D como também é conhecido, é um motor de jogos 2D e 3D proprietário criado pela empresa Unity Technologies. Ele se destaca por auxiliar a execução de tarefas repetitivas no fluxo de construção de um jogo. Além disso, por possuir uma interface simples, torna o desenvolvimento de jogos uma experiência muito mais fácil e intuitiva. O ambiente de desenvolvimento do Unity pode ser visto na Figura 22.

O Unity 3D, é uma ferramenta de funcionamento simples que se baseia em alguns conceitos: *Scenes*, *Terrains*, *Game Objects*, *Models*, *Textures* e *Materials*. Dentre esses, as *Scenes* e *Game Objects*, se destacam como base para os jogos da Unity. As cenas, como também são conhecidas as *Scenes*, possuem um conjunto de *Game Objects*, que são quaisquer objetos presentes em uma cena. Outros componentes de grande importância, como câmeras, personagens, terreno, modelos, luzes, todos são classificados como *Game Objects*.

No desenvolvimento de jogos é necessário definir ações e comportamentos que acontecem ao longo das cenas. No Unity, são utilizados *scripts* para definir o comportamento de seus componente. Esses *scripts* podem ser criados usando as linguagens de programação *CSharp* ou *JavaScript*.

Apesar da aplicação desenvolvida neste trabalho não ser um jogo, um motor gráfico de jogo é uma boa opção para trabalhar com dados tridimensionais. Assim, o Unity

Figura 22 – Ambiente de desenvolvimento da Unity.



Fonte: (UNITY 3D, 2018a)

3D foi escolhido pela forte comunidade de desenvolvedores existente, bibliotecas bem documentadas e suporte nativo ao Meta 2, dispositivo de visualização escolhido.

4.2.2 Meta 2

O Meta 2 é um Head-Mounted Display (HMD) de RA criado pela empresa norte-americana [Meta Vision \(2018a\)](#). Ele é um HMD de visão ótica por projeção, uma vez que utiliza de imagens holográficas 3D posicionadas no ambiente. Esse efeito é alcançado através de um conjunto de sensores de profundidade na parte frontal do dispositivo que rastreiam o mundo ao redor do usuário, assim como suas mãos, quando dentro do campo de visão. Há também outros sensores que rastreiam os movimentos da cabeça e do corpo. O Meta 2 pode ser visto na [Figura 23](#).

O dispositivo da Meta Vision apresenta-se como um dos principais concorrentes do Microsoft HoloLens ([MICROSOFT, 2018](#)) e do Magic Leap ([MAGIC LEAP INC., 2018](#)). Um dos diferenciais do Meta 2 quando comparado com seus concorrentes são as especificações do produto. Ele apresenta imagens de alta resolução e com amplo campo de visão. Suas especificações são:

- Campo de visão de 90°;
- Resolução de 2550X1440(2.5K) com taxa de atualização de 60 Hz;
- Interação gestual e rastreamento de posicionamento;

Figura 23 – HMD Meta 2.



Fonte: (META VISION, 2018b)

- Câmera frontal RGB 720p;
- Peso de 500g;
- 4 alto-falantes *surround*;
- 3 microfones.

Neste trabalho o Meta 2 foi escolhido por possibilitar interação por gestos e pela integração nativa com o Unity através de seu SDK. Além disso, o Meta 2 apresenta uma documentação robusta que facilita o desenvolvedor no processo de criação de aplicações.

4.3 Visualizador

Neste seção será apresentado todas as etapas que cercaram o desenvolvimento dessa aplicação em RA, bem como a implementação de suas interações gestuais.

4.3.1 Modelos utilizados

Os modelos 3D utilizados foram obtidos através dos trabalhos de [Parente et al. \(2009\)](#) e [Costa et al. \(2017\)](#). O primeiro criou modelos 3D gerados por simulações computacionais que simula as deformidades causadas ao assoalho pélvico durante o processo de parto. Ver figura 24. Já a segunda autora gerou 10 *frames* que apresentam a tensão aplicada sobre a membrana pélvica.

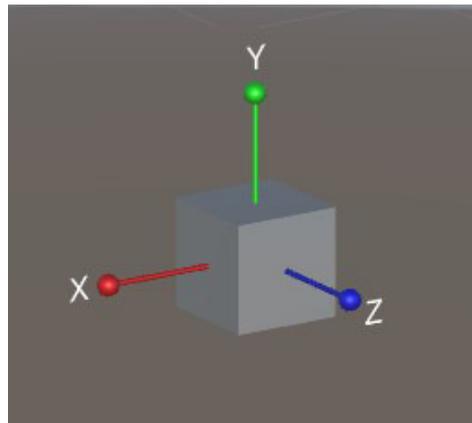
Além desses, também foi utilizado um gizmo, que representa os eixos tridimensionais (Figura 25). Ele foi modelado usando a Unity, fazendo uso dos objetos 3D já existentes, como cubos e esferas.

Figura 24 – Malha de deformidades do assoalho pélvico.



Fonte: (PARENTE et al., 2009)

Figura 25 – Gizmo 3D.



Fonte: Elaborada pelo Autor

4.3.2 Visualização em RA

Para permitir a visualização da RA, foi inicialmente preciso estabelecer a comunicação entre o Meta 2 e o Unity. Isso se deu utilizando a versão 2.6.0 do SDK do Meta 2 para o Unity. Esse SDK traz diversos *scripts* e *GameObjects* que facilitam o processo de desenvolvimento de aplicações em RA com o Meta 2.

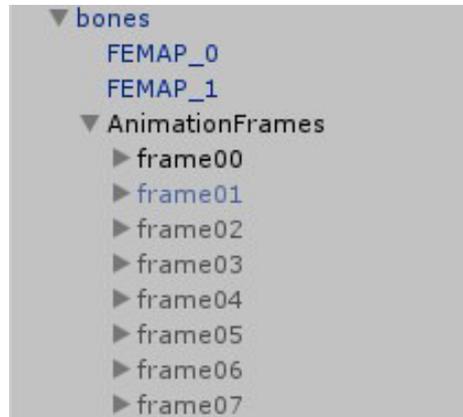
4.3.2.1 Criação da Cena

A aplicação é composta por apenas uma cena do Unity. Nela estão presentes a simulação computacional, um gizmo 3D que possui função de orientação, e uma escala de cores. Também estão presentes os componentes pela visualização em RA

A visualização da simulação computacional é composta pelo *GameObject* que contém os objetos 3D da simulação, como pode ser visto na Figura 26. No caso do processo de parto vaginal, a simulação é composta pelas estruturas ósseas da bacia, FEMAP_0

e FEMAP_1, bem como os *frames* que compõem a animação das tesões aplicadas ao assoalho pélvico.

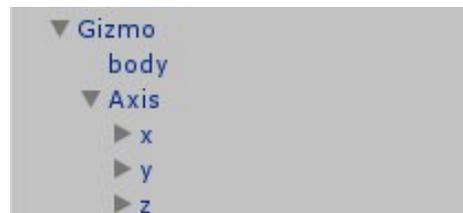
Figura 26 – *GameObject* da simulação computacional de parto.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Já o gizmo 3D é composto por um cubo e outros 3 retângulos afunilados com uma esfera na ponta (Figura 27). Esse componente possui função de orientação, uma vez que o mesmo acompanha as variações de rotação que ocorrem na simulação.

Figura 27 – *GameObject* do gizmo 3D.

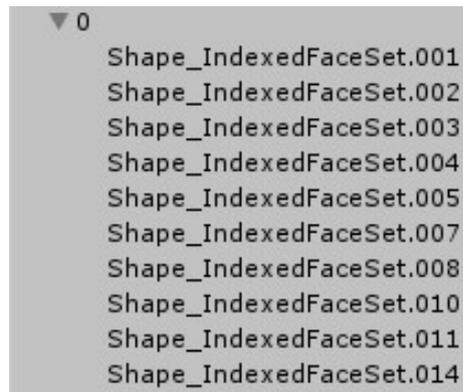


Fonte: Elaborada pelo Autor

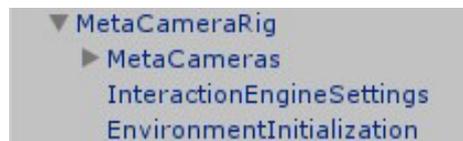
Também foi criado uma representação gráfica da escala de tensão aplicada na região pélvica. Essa escala no Unity foi representada por vários quadrados cujos materiais indicam as diferentes tensões visualizadas durante a simulação (Figura 28).

Esse SDK traz o *MetaCameraRig*, um *GameObject* pré-construído para gerenciar a visualização em RA utilizando o Meta 2 (Figura 29). Foi necessário adicionar o *MetaCameraRig* junto aos demais *GameObjects* da cena. Com isso, é possível visualizar a simulação de forma estática, sem qualquer animação.

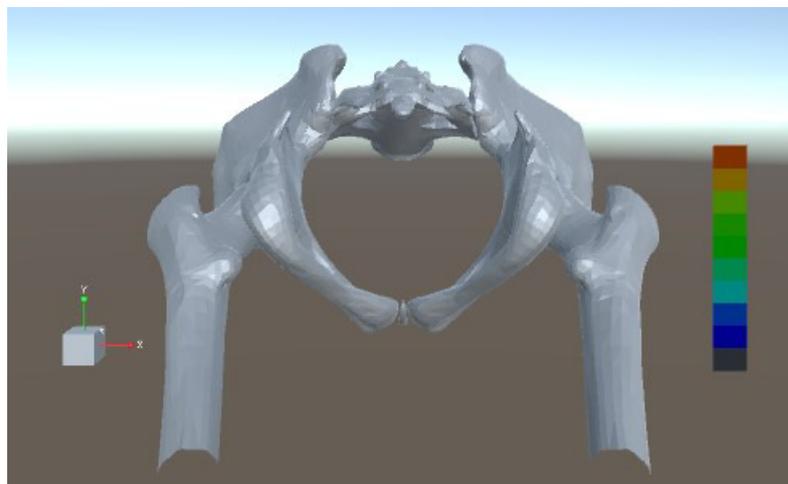
A cena completa como apresentada no ambiente de desenvolvimento da Unity pode ser vista na Figura 30. O gizmo 3D fica posicionado à esquerda, ao centro é posicionada a simulação computacional e a direita, a escala de cores das variações visualizadas na simulação.

Figura 28 – *GameObject* da escala de tensões.

Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 29 – *GameObject* MetaCameraRig, responsável pela visualização em RA.

Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 30 – Disposição final dos *GameObjects* na cena.

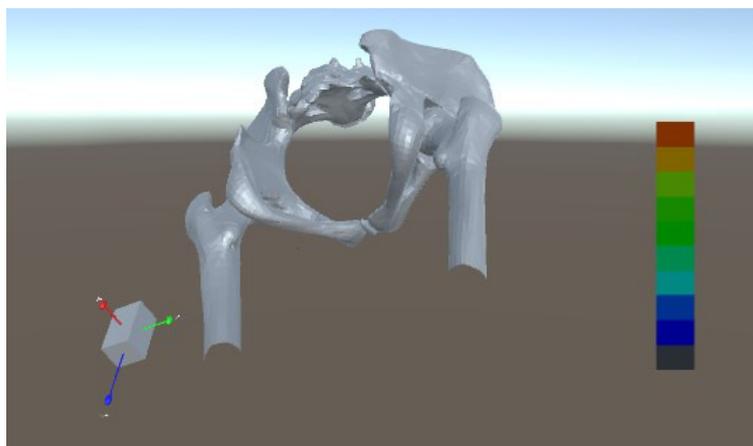
Fonte: Elaborada pelo Autor

4.3.2.2 Implementação do Gizmo 3D

O gizmo 3D deve permitir que o usuário utilize-o como forma de orientação. Isso é necessário caso muitas rotações sejam aplicadas durante a utilização do visualizador. Assim, o gizmo deve acompanhar toda rotação realizada na simulação. Esse comportamento pode ser visto na Figura 31.

Para que o gizmo realize o efeito desejado, foi utilizado o *script* presente no Anexo B. Nele, os ângulos de rotação do gizmo são atualizados para cada eixo, x, y e z para acompanhar a rotação da simulação.

Figura 31 – Gizmo 3D acompanhando as rotações realizadas nos objetos da simulação.



Fonte: Elaborada pelo Autor

4.3.2.3 Animação da simulação

A simulação computacional é composta por diversos *frames*, onde cada um deles apresenta uma etapa do evento que está sendo visualizado. Esses *frames* devem ser apresentados em sequência de forma que reflita o comportamento real que se tenta simular, processo esse que pode ser chamado de animação.

O *script* responsável por realizar a animação dos *frames* da simulação pode ser visto no Anexo C. Por padrão, a animação está em *loop*, ou seja, ela volta para o início quando alcança o último *frames*. Outra característica implementada é o fato da animação começar assim que a aplicação é iniciada.

4.3.3 Interações Gestuais

Os gestos implementados foram escolhidos considerando parcialmente os resultados apresentados na seção 3.4, uma vez que esse não foi o único critério utilizado na escolha. A dificuldade de implementação fez com que alguns gestos com maior aceitação não pudessem ser utilizados na aplicação proposta. Dessa forma, para a translação, o gesto 2 foi implementado e obteve a maior pontuação segundo o estudo realizado. Já para a tarefa de escalar, foi utilizado na aplicação o segundo melhor gesto para a tarefa, o gesto 3. Por fim, para a rotação, foi o implementado gesto 4, gesto esse que ficou na terceira colocação segundo o estudo.

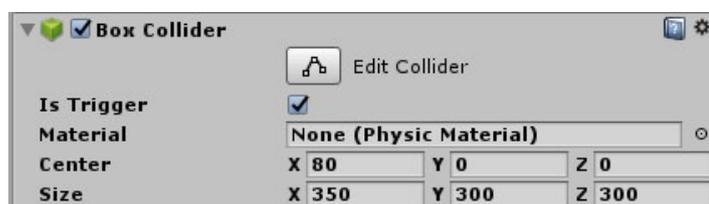
Para identificar as mãos para interações gestuais, o Meta 2 inclui em seu SDK um *GameObject* focado em manipular os dados das mãos, o MetaHands. Nesse processo, o Meta 2 utiliza as câmeras frontais presentes no HMD para identificação de cada mão. Na Figura 32 pode-se ver o MetaHands, assim como seus componentes.

As interações gestuais aplicadas utilizam os *scripts* presentes no SDK do Meta 2. Ele apresenta alguns gestos pré-modelados que, na sua maioria, são baseados em *grab* ou

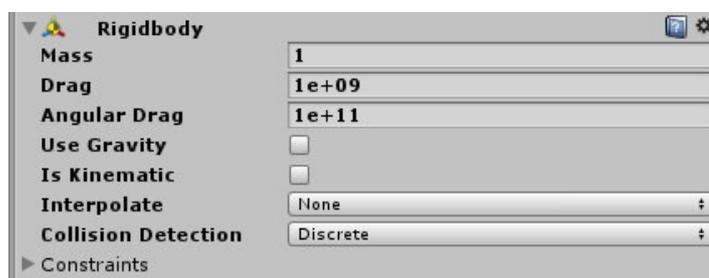
Figura 32 – *GameObject* MetaHands, responsável identificação das mãos.

Fonte: Elaborada pelo Autor

agarrar o objeto. Como pré-requisitos para a identificação do início da interação com o objeto, foi preciso adicionar aos atributos do objeto 3D os componente *Box Collider* e *Rigidbody*. O *Box Collider* é uma primitiva de colisão em forma de cubo. Já o *Rigidbody* controla a posição de um objeto na cena através de simulações físicas.

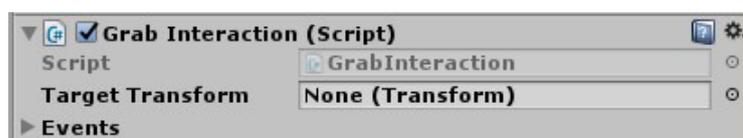
Figura 33 – Componente *Box Collider*.

Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 34 – Componente *rigidbody*.

Fonte: Elaborada pelo Autor

Com esses componentes adicionados ao objeto da simulação para a translação, foi utilizado o *script* chamado *Grab Interaction*, que usa o gesto 2 para realizar a tarefa desejada. Esse *script* pode executar diversos eventos, mas para esse caso a posição do objeto é atualizada. A Figura 35 apresenta o *script* para a translação adicionado aos componentes do objeto da simulação.

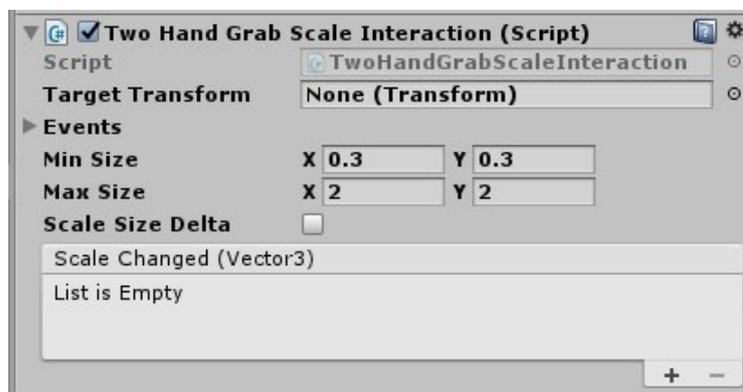
Figura 35 – *Grab Interaction*, *script* responsável pela interação de translação.

Fonte: Elaborada pelo Autor

Já para a escala foi utilizado outro *script*, o *Two Hand Grab Scale Interaction*. Este apresenta o mesmo comportamento de interação que o gesto 3, possibilitando que duas

mãos agarrem o objeto da simulação e o escale, executando um movimento discordante, ou seja, cada ambas as mãos movendo-se em direções opostas. A Figura 36 apresenta o *script* para escala adicionado aos componentes do objeto da simulação.

Figura 36 – *Grab Interaction*, *script* responsável pela interação de escalar.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Na rotação foi aproveitado outro *script* presente no SDK do Meta 2, o *Two Hand Grab Rotate Interaction*. Ele utiliza a interação de duas mãos agarrando o objeto da simulação e que, realizando um movimento concordante de rotação de ambas as mãos, possibilita a rotação do objeto selecionado. O processo de interação para realização da rotação é igual ao proposto pelo gesto 4. Na Figura 37, pode-se ver o *script* responsável pela rotação adicionado aos componentes do objeto da simulação.

Figura 37 – *Grab Interaction*, *script* responsável pela interação de rotação.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Para cada um dos *scripts* descrito, uma pequeno círculo azul é utilizado para indicar que a interação foi iniciada. A Figura 38 mostra o indicador de início de interação. Esse círculo é posicionado exatamente sobre a mão do usuário que esta interagindo com a aplicação.

4.4 Versão Inicial da Aplicação

O visualizador proposto, em sua versão inicial, não apresenta todos os requisitos elicitados. Nesta versão é possível visualizar a simulação computacional e interagir parcialmente com a simulação. As funções de carregar simulações computacionais de 4 das 7 interações previstas ainda não compõem a aplicação. Essas são as funções de *play*, *pause*, avançar e voltar.

Figura 38 – Indicador de início de qualquer uma das interações.

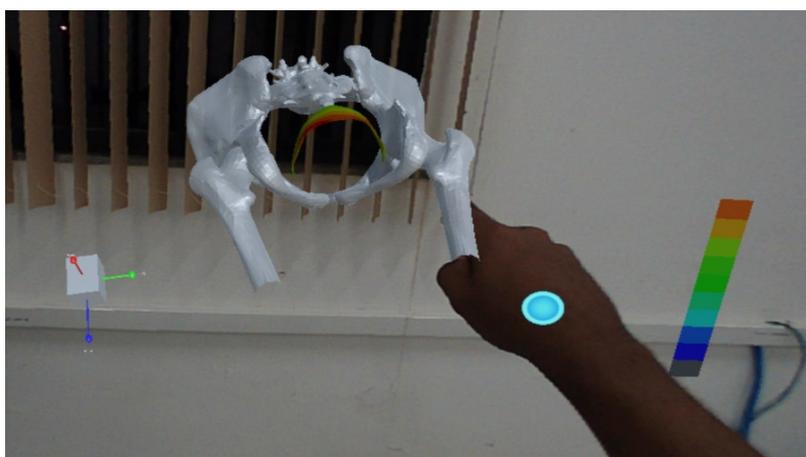


Fonte: Elaborada pelo Autor

Nas Figuras 39, 40 e 41 é possível ver a versão inicial da aplicação em funcionamento. Nelas é também é possível perceber a presença de todos os requisitos de visualização. Em cada uma das figuras o usuário interage com a simulação de uma forma diferente.

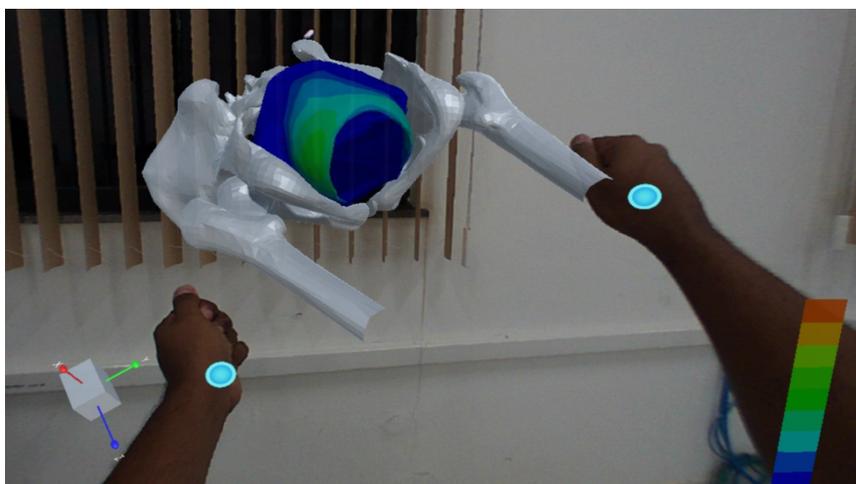
Na Figura 39 tem-se a interação gestual para translação sendo executada, um dos requisitos de interação alcançados. Nele o usuário utiliza um dedo indicador esticado para a frente para selecionar o objeto da simulação e, em seguida, mover o mesmo. Já a interação para executar a escala pode ser vista na Figura 40. É possível ver o usuário segurando a simulação com as duas mãos para obter o resultado esperado. E por fim, na Figura 41 tem-se a funcionalidade de rotação utilizando a interação por gesto, que se assemelha à escala por utilizar as duas mãos durante a interação.

Figura 39 – Aplicando a translação à simulação utilizando a interação gestual.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 40 – Escalando a simulação utilizando a interação gestual.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Figura 41 – Rotação sendo aplicada na simulação utilizando a interação gestual.



Fonte: Elaborada pelo Autor

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho de monografia apresentou o desenvolvimento de uma aplicação para visualização em RA de simulações computacionais aplicando a metodologia de DP.

A tecnologia de RA foi um dos focos deste trabalho, onde conceitos da área foram abordados, assim como diferentes aplicações. Outro tema revelante apresentado, foi as simulações computacionais, cujo conceito, aplicações, bem como a correlação com a RA, foram explanados com detalhes. Também foi definido a metodologia de DP, conceito esse que foi explorado e suas aplicações discutidas ao longo deste trabalho.

O software desenvolvido pode ser utilizado por profissionais de diversas áreas que possuam o desejo de visualizar simulações computacionais. Isso se dá uma vez que, apesar do foco para visualização de dados médicos, nada impede que outro tipos de simulações computacionais sejam visualizadas com a aplicação.

Este trabalho utilizou o *benchmarking* e *grupo de foco* para levantar os aspectos a serem suportados por ferramentas de visualização em RA de simulações computacionais.

As etapas da realização de um estudo da identificação de gestos para interação em RA foram apresentadas. Esse estudo resultou em um questionário, bem como na identificação de um conjunto de gestos que julga-se serem os melhores para as tarefas propostas.

Também foi apresentado o desenvolvimento de uma aplicação de RA utilizando o HMD Meta 2 e o motor gráfico de jogos Unity 3D.

Considerando a revisão da literatura realizada, foi possível concluir que ainda há muito a ser explorado quanto à visualização de simulações computacionais em RA, onde percebeu-se ainda um número pequeno de trabalhos.

Foi possível identificar que na literatura não há um consenso quando a gestos para interação em aplicações de RA e RV, onde há uma constante busca por novos gestos. Isso dificulta o processo de desenvolvimento de aplicações com interações baseadas em gestos.

Analisando os resultados do estudo para identificação de gestos, foi possível perceber que, mesmo no meio acadêmico de Ciência da Computação, ainda há muitas pessoas que possuem pouco ou nenhum conhecimento sobre a RA. Na grande maioria dos casos, as pessoas já ouviram falar do termo RA, mas nunca experimentaram a tecnologia na prática. Isso leva o usuário comum a não perceber o real potencial da RA.

Sendo assim, espera-se como trabalhos futuros finalizar a integração dos requisitos que estão sendo implementados e que não foram integrados na versão inicial da aplicação.

Esses foram o carregamento de simulações computacionais e as funcionalidades de *play*, *pause*, avançar e voltar. Com a aplicação em sua versão final, seria interessante realizar uma validação do uso da ferramenta, levando em consideração o critério de performance e aceitação do usuário, por exemplo.

Quanto ao estudo de identificação de gestos, planeja-se estender a aplicação do estudo para um número maior de participantes, com perspectivas de possível replicação do estudo em um contexto cultural diferente, visando verificar os impactos que a mudança no perfil dos participantes pode ter sobre os gestos escolhidos. Após isso, pensa-se em realizar uma análise mais profunda dos dados coletados, levando em consideração, principalmente, o perfil de cada participante e as possíveis influências que isso possa ter nos resultados obtidos.

Referências

- ALBOUYS-PERROIS, J. et al. Towards a multisensory augmented reality map for blind and low vision people: A participatory design approach. In: ACM. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.], 2018. p. 629. Citado na página 7.
- AZUMA, R. et al. *Recent advances in augmented reality*. [S.l.], 2001. Citado na página 4.
- AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, MIT Press, v. 6, n. 4, p. 355–385, 1997. Citado na página 4.
- BARSOM, E.; GRAAFLAND, M.; SCHIJVEN, M. Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. *Surgical endoscopy*, Springer, v. 30, n. 10, p. 4174–4183, 2016. Citado na página 4.
- BOBETH, J. et al. Evaluating performance and acceptance of older adults using freehand gestures for tv menu control. In: ACM. *Proceedings of the 10th European conference on Interactive tv and video*. [S.l.], 2012. p. 35–44. Citado na página 12.
- BOTDEN, S. M.; JAKIMOWICZ, J. J. What is going on in augmented reality simulation in laparoscopic surgery? *Surgical endoscopy*, Springer, v. 23, n. 8, p. 1693, 2009. Citado na página 6.
- BUCCIOLI, A. A.; ZORZAL, E. R.; KIRNER, C. Usando realidade virtual e aumentada na visualização da simulação de sistemas de automação industrial. In: *SVR2006-VIII Symposium on Virtual Reality*. [S.l.: s.n.], 2006. Citado na página 6.
- CAMP, R. C. Benchmarking: the search for industry best practices that lead to superior performance. In: *Benchmarking: the search for industry best practices that lead to superior performance*. [S.l.]: ASQC/Quality Resources, 1989. Citado na página 25.
- CAPES/MEC. *Portal de Periódicos CAPES*. 2018. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 03 dez. 2018. Citado na página 8.
- COSTA, P. B. et al. Visualizador imersivo para simulações computacionais de parto. *19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR 2017)*, Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2017. Citado 3 vezes nas páginas 6, 25 e 28.
- FITTKAU, F.; KRAUSE, A.; HASSELBRING, W. Exploring software cities in virtual reality. In: IEEE. *Software Visualization (VISSOFT), 2015 IEEE 3rd Working Conference on*. [S.l.], 2015. p. 130–134. Citado na página 9.
- GALLO, L.; PLACITELLI, A. P.; CIAMPI, M. Controller-free exploration of medical image data: Experiencing the kinect. In: IEEE. *Computer-based medical systems (CBMS), 2011 24th international symposium on*. [S.l.], 2011. p. 1–6. Citado na página 9.
- GOOGLE. *Google Acadêmico*. 2018. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 03 dez. 2018. Citado na página 8.

- GRAAFLAND, M.; SCHRAAGEN, J. M.; SCHIJVEN, M. P. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *British journal of surgery*, Wiley Online Library, v. 99, n. 10, p. 1322–1330, 2012. Citado na página 4.
- GRECA, I. M.; SEOANE, E.; ARRIASSECQ, I. Epistemological issues concerning computer simulations in science and their implications for science education. *Science & Education*, Springer, v. 23, n. 4, p. 897–921, 2014. Citado na página 5.
- GRIGORE, C. B.; COIFFET, P. *Virtual reality technology*. [S.l.]: London: Wiley-Interscience, 1994. Citado na página 1.
- KANG, J. et al. Instant 3d design concept generation and visualization by real-time hand gesture recognition. *Computers in Industry*, Elsevier, v. 64, n. 7, p. 785–797, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.
- KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Virtual reality and augmented reality applied to simulation visualization. In: *Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications*. [S.l.]: IGI Global, 2008. p. 391–419. Citado na página 6.
- KITZINGER, J. Qualitative research: introducing focus groups. *Bmj*, British Medical Journal Publishing Group, v. 311, n. 7000, p. 299–302, 1995. Citado na página 25.
- KRAFT, P.; BANSLER, J. P. The collective resource approach: the scandinavian experience. *Scandinavian Journal of Information Systems*, v. 6, n. 1, p. 4, 1994. Citado na página 6.
- LACERDA, M. B. *Realidade Aumentada como motivação do aluno para a aprendizagem*. Tese (Doutorado) — Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Informática da Universidade Estadual do Ceará UECE, 2013. Citado na página 4.
- LANE, J. L.; SLAVIN, S.; ZIV, A. Simulation in medical education: A review. *Simulation & Gaming*, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 32, n. 3, p. 297–314, 2001. Citado na página 5.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, 1932. Citado na página 12.
- LOPES, D. S. et al. On the utility of 3d hand cursors to explore medical volume datasets with a touchless interface. *Journal of biomedical informatics*, Elsevier, v. 72, p. 140–149, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.
- MAGIC LEAP INC. *Magic Leap*. 2018. Disponível em: <<https://www.magicleap.com/>>. Acesso em: 24 de nov. de 2018. Citado na página 27.
- META VISION. *Meta Augmented Reality*. 2018a. Disponível em: <<https://www.metavision.com/>>. Acesso em: 24 de nov. de 2018. Citado na página 27.
- META VISION. *The World's Most Immersive AR Experience*. 2018b. Disponível em: <<https://buy.metavision.com/>>. Acesso em: 24 de nov. de 2018. Citado na página 28.
- MICROSOFT. *Microsoft HoloLens*. 2018. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>>. Acesso em: 24 de nov. de 2018. Citado na página 27.

- NETO, G. T. et al. Planejamento da capacidade de produção, empregando simulação computacional e teoria das restrições. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2015. Citado na página 5.
- PARENTE, M. et al. The influence of the material properties on the biomechanical behavior of the pelvic floor muscles during vaginal delivery. *Journal of biomechanics*, Elsevier, v. 42, n. 9, p. 1301–1306, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.
- PIUMSOMBOON, T. et al. User-defined gestures for augmented reality. In: SPRINGER. *IFIP Conference on Human-Computer Interaction*. [S.l.], 2013. p. 282–299. Citado 4 vezes nas páginas 7, 10, 11 e 15.
- PLODER, O. et al. Computer-assisted intraoperative visualization of dental implants. augmented reality in medicine. *Der Radiologe*, v. 35, n. 9, p. 569–572, 1995. Citado na página 7.
- RIBEIRO, A. A.; GRECA, I. M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. *Química nova*. Vol. 26, n. 4 (jul./ago. 2003), p. 542-549, SciELO Brasil, 2003. Citado na página 5.
- RUIZ, G. A. R. et al. Multi-viewer gesture-based interaction for omni-directional video. In: ACM. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.], 2014. p. 4077–4086. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 11.
- SANNA, A.; MANURI, F. A survey on applications of augmented reality. *Advances in Computer Science: an International Journal*, v. 5, n. 1, p. 18–27, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 4.
- SCOPUS. *Scopus*. 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/>>. Acesso em: 03 dez. 2018. Citado na página 8.
- SOMMERVILLE, I.; ARAKAKI, R.; MELNIKOFF, S. S. S. *Engenharia de software*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2008. Citado na página 25.
- SOUSA, H. P. *Segmentação de Nódulos Pulmonares Através de Interações Baseadas em Gestos*. 2013. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.
- SUTHERLAND, L. M. et al. Surgical simulation: a systematic review. *Annals of surgery*, Lippincott, Williams, and Wilkins, v. 243, n. 3, p. 291, 2006. Citado na página 5.
- TIZZEI, L. P.; FOSCHIANI, F.; SANTOS, A. Projetos participativos no contexto brasileiro. 11 2018. Citado na página 6.
- UNITY 3D. *Learning the Interface*. 2018. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/510/Documentation/Manual/LearningtheInterface.html/>>. Acesso em: 04 de dez. de 2018. Citado na página 27.
- UNITY 3D. *What is a gaming engine*. 2018. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/what-is-a-game-engine/>>. Acesso em: 24 de nov. de 2018. Citado na página 26.
- VENKATESH, V.; BALA, H. Tam 3: Advancing the technology acceptance model with a focus on interventions. *Manuscript in preparation*, 2013. Citado na página 12.

WEN, R. et al. Hand gesture guided robot-assisted surgery based on a direct augmented reality interface. *Computer methods and programs in biomedicine*, Elsevier, v. 116, n. 2, p. 68–80, 2014. Citado na página 9.

YUSOFF, Y. A.; BASORI, A. H.; MOHAMED, F. Interactive hand and arm gesture control for 2d medical image and 3d volumetric medical visualization. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 97, p. 723–729, 2013. Citado na página 10.

Anexos

ANEXO A – Vídeos do Estudo de Gestos

Segue o link de todos os vídeos utilizados no estudo de identificação de gestos:

- Gesto 1 para Translação: <<https://www.youtube.com/watch?v=M0vmWKnwb7c>>
- Gesto 2 para Translação: <https://www.youtube.com/watch?v=eO_J2iSr96Y>
- Gesto 3 para Translação: <<https://www.youtube.com/watch?v=lCnRsEolc18>>
- Gesto 4 para Translação: <<https://www.youtube.com/watch?v=M86yiSToy2M>>
- Gesto 5 para Translação: <https://www.youtube.com/watch?v=VkBoP7o_1ek>
- Gesto 1 para Rotação: <https://www.youtube.com/watch?v=Fbjs61G_tqE>
- Gesto 2 para Rotação: <<https://www.youtube.com/watch?v=-OI09jwyDo8>>
- Gesto 3 para Rotação: <<https://www.youtube.com/watch?v=Z7ZlAcgVERw>>
- Gesto 4 para Rotação: <<https://www.youtube.com/watch?v=8ONXSUgKDMU>>
- Gesto 1 para Escala: <<https://www.youtube.com/watch?v=VFt6-aGISM0>>
- Gesto 2 para Escala: <https://www.youtube.com/watch?v=mNugU_zZjNU>
- Gesto 3 para Escala: <<https://www.youtube.com/watch?v=onjT1DH0-C8>>
- Gesto 1 para Play: <<https://www.youtube.com/watch?v=RzUlhMj4c8o>>
- Gesto 2 para Play: <<https://www.youtube.com/watch?v=UXe807inLl0>>
- Gesto 1 para Pause: <<https://www.youtube.com/watch?v=H5Ahxzg1xYM>>
- Gesto 2 para Pause: <<https://www.youtube.com/watch?v=O5rWZwIVVCY>>
- Gesto 1 para Avançar: <<https://www.youtube.com/watch?v=aIHd6Xx-M5o>>
- Gesto 2 para Avançar: <<https://www.youtube.com/watch?v=Fq1UI9sXZ-E>>
- Gesto 1 para Voltar: <<https://www.youtube.com/watch?v=v4XHRTPI0Ls>>
- Gesto 2 para Voltar: <<https://www.youtube.com/watch?v=SmZzE-kffz4>>

ANEXO B – *Script* comportamento do Gizmo 3D

```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class gizmoBehavior : MonoBehaviour {
6     // Variaveis publicas
7     public Transform parent;
8
9     void Update () {
10         //Atualiza a rotacao do Gizmo a cada frame
11         this.transform.rotation = parent.rotation;
12     }
13 }
```

ANEXO C – *Script* para animação do frames da simulação computacional

```
1 using UnityEngine;
2 using System.Collections;
3
4 public class FrameByFrameAnimation : MonoBehaviour {
5     //Variaveis publicas
6     public bool loop = true;
7     public bool play = true;
8     public float FPS = 60;
9
10    //Variaveis privadas
11    private float frameTime = 0;
12    private int currentFrame = 0;
13    private Transform[] frames;
14
15    public int Frame{
16        get{
17            return currentFrame;
18        }
19        set{
20            if(value >= 0 && value < frames.Length){
21                frames[currentFrame].gameObject.SetActive(false);
22                currentFrame = value;
23                frames[currentFrame].gameObject.SetActive(true);
24            }
25        }
26    }
27
28    void Start(){
29        //Cria e inicializa os frames todos como inativo
30        frames = new Transform[this.transform.childCount];
31        for(int i = 0; i < frames.Length; i++){
32            frames[i] = this.transform.GetChild(i);
33            frames[i].gameObject.SetActive(false);
34        }
35    }
36
37    void Update () {
38        //Executa a animacao a cada frames
39        framesAnimation();
40    }
```

```
41
42     void framesAnimation (){
43         if (play){ //Se a animacao deve ser executada
44             if (currentFrame != -1){//Se index valido, marca ele como
                nao ativo
45                 frames[currentFrame].gameObject.SetActive(false);
46             }else{ //Se nao, volta pro inicio
47                 currentFrame = 0;
48             }
49
50             //Se o FPS for menor ou igual a 0, o valor minimo de 0.1
51             if(FPS <= 0) FPS = 0.1f;
52
53             //Se passou um segundo, incrementa o index do frame atual
54
55             if(frameTime > (1/FPS)){
56                 currentFrame++;
57                 frameTime = 0f;
58             }
59
60             frameTime += Time.deltaTime;
61
62             //Se chegou no ultimo frame, volta para o primeiro
63             if(currentFrame >= frames.Length){
64                 currentFrame = 0;
65
66                 //Se nao for para repetir, marca play como falso
67                 if(!loop) play = false;
68             }
69
70             //Marca o frame atual como ativo
71             frames[currentFrame].gameObject.SetActive(true);
72         }
73 }
```