

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

Adriel Rodrigues

Avaliação da Interação de Usuários em
diferentes dispositivos de visualização de um
tour virtual da UNIPAMPA Campus
Alegrete

Alegrete
2019

Adriel Rodrigues

Avaliação da Interação de Usuários em diferentes dispositivos de visualização de um *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Software da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Software.

Orientador: Prof. Me. Jean Felipe Patikowski Cheiran


Alegrete
2019

Adriel Rodrigues

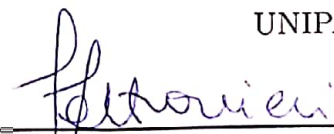
Avaliação da Interação de Usuários em diferentes dispositivos de visualização de um *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Software da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Software.

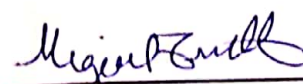
Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 29 de novembro de 2019
Banca examinadora:


Prof. Me. Jean Felipe Patikowski Cheiran

Orientador
UNIPAMPA


Prof. Me. Ildevana Poltronieri Rodrigues

PUCRS


Prof. Me. Miguel Julio Zinelli da Costa Junior

UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Jean Felipe Patikowski Cheiran, por todo o apoio e ajuda durante a realização deste trabalho, além de enriquecer meu conhecimento técnico e profissional na área de engenharia de *software*. À Ildevana Poltronieri Rodrigues e ao Miguel Julio Zinelli da Costa Junior por aceitarem avaliar meu trabalho e contribuírem para o mesmo.

Agradeço à minha mãe Zenaide Weiler e minha irmã Arielly Rodrigues, que são minha base, minha maior fonte de motivação, que sempre me apoiam, mesmo em meio às dificuldades que a vida nos apresenta. Amo vocês! Ao meu pai Léo César da Silva Rodrigues, por me apoiar e permitir que esta caminhada tenha sido possível. Também agradeço à todos demais familiares, que mesmo longe, sei que torcem por mim.

Agradeço aos meus amigos irmãos, Emanuel Krombauer e Christopher Krombauer que desde que me conheço por gente, estão do meu lado me incentivando e apoiando, nos momentos bons e ruins. Também aos amigos que a UNIPAMPA me presenteou, que com toda certeza levarei para a vida toda, Adriel Herter, Magno Maia, Cauê Nonenmacher, Leonardo Leonel, Guilherme Legramante, Dionatã Mafaldo, Victor Posser, Lucas Corrêa, Charles Cenci, Giovana Ceolin, Klayryen Moraes, Camila Andrioni, Bruna Machado, Cristiane Fontoura, ao meu amigo e sócio de empresa Peterson Rodrigues e à todos aqueles que fizeram parte da minha jornada acadêmica.

Agradeço à todos(as) alunos(as), que aceitaram e se disponibilizaram para participação do presente trabalho.

Não poderia deixar de agradecer também ao Emanuel Krombauer e Leonardo Leonel, que me auxiliaram em todo andamento do trabalho, durante os dias de chuvas e de sol na captura das imagens para criação do *site*. Também nos momentos que precisei do empréstimo de seus dispositivos tecnológicos para andamento do meu trabalho.

Agradeço à Universidade Federal do Pampa Campus Alegrete, à todos(as) professores(as) que contribuíram para minha formação em Engenharia de Software e ao grupo PET CTC, que me tornou um acadêmico mais completo dentro da universidade.

A todos, muitíssimo obrigado!

“But if you never try
How can you believe that you are strong?
(Time to Forget - Hangar)

RESUMO

Tecnologias para construção de aplicações em *Virtual Reality* (VR) vêm sendo progressivamente criadas e melhoradas para permitir a produtividade e a facilidade no desenvolvimento. Dentre estas tecnologias está a *Web Virtual and Augmented Reality* (WebXR) que permite a criação de ambientes virtuais que podem ser visualizados em diferentes dispositivos. Deve-se levar em conta que aplicações virtuais dependem do dispositivo de acesso como fator crítico para garantir a qualidade da interação, uma vez que aplicações em WebXR possuem peculiaridades em comparação aos sistemas tradicionais. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo comparar a interação de usuários no ambientes de VR em diferentes dispositivos de visualização a partir de uma aplicação de *tour* virtual desenvolvido em WebXR. Para isto, foi realizada uma busca na literatura sobre trabalhos relacionados com intuito de identificar peculiaridades no desenvolvimento de ambientes de VR na *web* e técnicas de avaliação adequadas para atingir o objetivo. Como forma de possibilitar a avaliação da qualidade da interação, foi desenvolvido um site em forma de *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete e um protocolo detalhado para testes com usuários em VR. Como resultado deste trabalho, foi possível identificar que o Gear VR é o dispositivo que teve melhor *score* na avaliação do questionário *Suitability Evaluation Questionnaire* (SEQ) e o segundo melhor tempo para realização das tarefas, mesmo não tendo diferença significativa com os demais. Já o dispositivo Cardboard teve diferença significativa com os demais, por conta de seu *score* mais baixo. Em relação ao tempo para realização das tarefas, o dispositivo Computador foi o que apresentou menor média comparado aos demais, ou seja, sendo o dispositivo mais rápido para realização das tarefas.

Palavras-chave: Realidade Virtual. VR. WebXR. *Tour* Virtual. Avaliação.

ABSTRACT

Technologies to building VR applications has been progressively created and improved to enable productivity and ease of development, such as the WebXR technology which allows the creation of virtual environments that can be viewed in different devices. Virtual applications depend on the visualization device and it is a critical factor to ensure the quality of interaction, since WebXR applications have peculiarities when compared to traditional systems. In this context, the present work aims to compare the interaction of users in VR environments on different visualization devices from a virtual tour application developed in WebXR. In order to fulfill it, a literature search was carried out on related works to identify peculiarities in the development of VR environments and appropriate evaluation techniques to achieve the objective. So, we developed a virtual tour in website format for UNIPAMPA Campus Alegrete and a detailed protocol to testing with users in VR in order to allow the assessment of interaction quality. As results of this work, we identified that the Gear VR device had the best score in the *Suitability Evaluation Questionnaire* (SEQ) and the second best time to finish the tasks, even though it had no significant difference with the others. The Cardboard device had a significant difference when compared with others devices, due to its lower SEQ score. Regarding the time to perform the tasks, the Computer device presented to be more efficient when compared to the others devices, so it is the fastest device to perform tour tasks.

Key-words: Virtual Reality. VR. WebXR. Virtual *Tour*. Evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Skyrim VR	23
Figura 2 – PlayStation VR	24
Figura 3 – Minecraft: Gear VR Edition	24
Figura 4 – Simulador Fórmula 1	25
Figura 5 – Oculus Rift	25
Figura 6 – Simulador ProS.auto	26
Figura 7 – Google Cardboard	30
Figura 8 – Samsung Gear VR	30
Figura 9 – Monitores de computadores	31
Figura 10 – <i>Smartphone</i>	31
Figura 11 – Exemplo de código básico para WebXR	32
Figura 12 – Exemplo de <i>site</i> em WebXR	33
Figura 13 – Exemplo de código básico para React360	33
Figura 14 – <i>Site</i> React 360 apresentando exemplo básico	34
Figura 15 – <i>Site</i> do <i>tour</i> virtual do museu Casa de Portinari	34
Figura 16 – Protocolo definido para a revisão bibliográfica	38
Figura 17 – Metodologia definida para o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 1	44
Figura 18 – Metodologia definida para o TCC 2	44
Figura 19 – Imagem da câmera Pano View 360°	46
Figura 20 – Imagem esférica gerada com a câmera Pano View	47
Figura 21 – Imagem transformada de esférica para panorâmica	47
Figura 22 – Componente de cena do <i>site</i>	48
Figura 23 – Imagem da câmera Gear 360	53
Figura 24 – Captura de imagem do Campus com a câmera Gear 360	54
Figura 25 – Imagem esférica gerada pela câmera Gear 360	54
Figura 26 – Imagem transformada de esférica para panorâmica	55
Figura 27 – Representação da utilização do dispositivo Cardboard	57
Figura 28 – Representação da utilização do dispositivo Gear VR	58
Figura 29 – Representação da utilização do dispositivo Computador	59
Figura 30 – Representação da utilização do dispositivo <i>smartphone</i>	59
Figura 31 – Imagem da primeira cena do <i>tour</i>	62
Figura 32 – Imagem da segunda cena do <i>tour</i>	63
Figura 33 – Imagem da terceira cena do <i>tour</i>	64
Figura 34 – Pergunta de triagem para os(as) 51 convidados(as)	64
Figura 35 – Sexo dos Participantes	65
Figura 36 – Curso dos Participantes	65
Figura 37 – Idades dos Participantes	66

Figura 38 – Quantidade de participantes que já tiveram enjoos em carro, ônibus,
barco ou avião 66

Figura 39 – Identificação da frequência da ocorrência de enjoos 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Trabalhos resultantes da busca em bases de dados	37
Tabela 2 – Modelo <i>Latin Square</i> para Participantes e Dispositivos	56
Tabela 3 – Modelo <i>Latin Square</i> para Participantes e Tarefas	56
Tabela 4 – Resultado do Teste Piloto	61
Tabela 5 – Estatística descritiva dos scores dos diferentes dispositivos	68
Tabela 6 – Teste Shapiro-Wilk para normalidade dos <i>scores</i> SEQ	68
Tabela 7 – Teste de Friedman dos <i>scores</i> SEQ nos diferentes dispositivos	69
Tabela 8 – Teste de sinais dos <i>scores</i> SEQ nos diferentes dispositivos	69
Tabela 9 – Estatística descritiva do tempo nos diferentes dispositivos	69
Tabela 10 – Teste de normalidade de dados Shapiro-Wilk dos tempos	70
Tabela 11 – Teste de sinais dos tempos nos diferentes dispositivos	70
Tabela 12 – Questionário SEQ original	114

LISTA DE SIGLAS

AR *Augmented Reality*

PAMPATEC *Parque Científico e Tecnológico do Pampa*

RPG *Role-playing game*

SEQ *Suitability Evaluation Questionnaire*

SFQ *Short Feedback Questionnaire*

TC *Termo de Confidencialidade*

TCC *Trabalho de Conclusão de Curso*

TCLE *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido*

USEQ *Short Questionnaire for Satisfaction Evaluation of Virtual Rehabilitation Systems*

VE *Virtual Environment*

VR *Virtual Reality*

WebAR *Web Augmented Reality*

WebVR *Web Virtual Reality*

WebXR *Web Virtual and Augmented Reality*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Motivação	26
1.2	Objetivo	27
1.3	Organização do documento	27
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1	Realidade Virtual	29
2.1.1	Dispositivos de Realidade Virtual	29
2.2	Realidade Virtual para Web	31
2.3	React 360	32
2.4	<i>Tour</i> Virtual	33
2.5	Avaliação de Interação Humano-Computador (IHC) em VR	35
3	TRABALHOS RELACIONADOS	37
3.1	Virtual Excursions for Tiny Fingers: A Shared Experience	38
3.2	Developing and Evaluating VR Field Trips	39
3.3	Realidade Virtual na Web: Uma Avaliação Qualitativa do Ponto de Vista do Usuário	39
3.4	Virtual Reality Websites(VR WEB)	40
3.5	Building Immersive Data Visualizations for the Web	40
3.6	Implementation of WebVR-based Laboratory for Control Engineering Education based on NCSLab Framework	41
3.7	Navigation in virtual environments using head-mounted displays: Allocentric vs. egocentric behaviors	41
3.8	Considerações finais do Capítulo	42
4	METODOLOGIA	43
4.1	Pesquisa Bibliográfica	43
4.2	Escolha das Técnicas de Avaliação	43
4.3	Desenvolvimento do <i>site</i> para o Teste Piloto	45
4.4	Elaboração dos Questionários	47
4.4.1	Questionário de Perfil	48
4.4.2	Questionário de Avaliação	48
4.5	Elaboração do Protocolo	49
4.5.1	Seleção de Participantes	49
4.5.1.1	Seleção para o Teste Piloto	49
4.5.1.2	Seleção para a Avaliação Principal	49
4.5.2	Instrumentos utilizados	49
4.5.3	Contexto de Execução	50

4.5.4	Preparação e execução	50
4.5.4.1	Antes da Execução	51
4.5.4.2	Durante a Execução	51
4.5.4.3	Após da Execução	51
4.6	Teste Piloto	52
4.7	Correção do protocolo de teste	52
4.8	Desenvolvimento da versão final do <i>site</i>	53
4.9	Aplicação da Avaliação	54
4.10	Coleta e comparação dos dados	56
4.10.1	Participantes	57
4.11	Compilação dos Resultados	58
5	RESULTADOS	61
5.1	Teste Piloto	61
5.2	Aplicação da Avaliação	62
5.3	Participantes	63
5.4	Pontuações do SEQ	66
5.5	Tempos	67
5.6	Compilação dos Resultados	67
5.6.1	Pontuações	68
5.6.2	Tempos	69
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
6.1	Limitações	73
6.2	Trabalhos Futuros	73
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICES	79
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PERFIL	81
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	85
	APÊNDICE C – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE	89
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	91
	APÊNDICE E – RESPOSTAS DAS AVALIAÇÕES POR DIS- POSITIVO	93

APÊNDICE F – TEMPOS DAS AVALIAÇÕES	109
ANEXOS	111
ANEXO A – QUESTIONÁRIO SEQ ORIGINAL	113
Índice	115

1 INTRODUÇÃO

Apesar da Realidade Virtual (do inglês *Virtual Reality*, cuja sigla VR será usada nesse trabalho) ter sido inventada há mais de 30 anos, ela tem evoluído substancialmente a cada ano (COSTA; RIBEIRO, 2009). Nota-se que, a VR vem recebendo adoção em diferentes áreas, dispositivos e finalidades. Ela consiste de uma tecnologia que gera imersão ou semi-imersão ao usuário, fornecendo a ele a sensação de estar em outro ambiente e/ou realidade, podendo até mesmo interagir neles. Em 2017, a líder global em inteligência de mercado de realidade virtual e aumentada *Greenlight Insights* e a principal editora independente de notícias dedicadas à indústria de VR, divulgaram um relatório (INSIGHTS, 2017) prevendo que a indústria de VR se tornará um grande mercado global até 2021, atingindo até 74,8 bilhões de dólares em receita global. Isto mostra a importância econômica da VR nos dias de hoje.

Aplicações em VR estão sendo mais desenvolvidas para diferentes áreas, objetivos e públicos. Um tipo desta aplicação que é bastante presente, é em jogos, para criar uma maior imersão entre o jogador e o jogo, como por exemplo nos jogos de simulação. Também, existem algumas versões em VR de jogos já conhecidos de outras plataformas, como o *Skyrim VR*¹, um RPG² estilo medieval, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – *Skyrim VR*



Fonte: <<https://store.steampowered.com/agecheck/app/611670/>>

Neste exemplo do *Skyrim VR*, o dispositivo usado para visualização e forma de jogar é o PlayStation VR, o óculos de VR criado pela Sony e lançado em 13 de outubro de 2016 (Figura 2).

Outro jogo mundialmente conhecido que pode ser apreciado em VR é o *Minecraft: Gear VR Edition*³ (Figura 3), que utiliza o Gear VR (Figura 8) como dispositivo para jogar.

¹ <https://store.steampowered.com/agecheck/app/611670/>

² RPG é a sigla para Role-playing game, um tipo de jogo em que os jogadores assumem papéis de personagens e criam narrativas colaborativamente.

³ <https://www.oculus.com/experiences/gear-vr/1046887318709554/>

Figura 2 – PlayStation VR



Fonte: <<https://www.playstation.com/pt-br/explore/playstation-vr/>>

Figura 3 – Minecraft: Gear VR Edition



Fonte: <<https://www.apptuts.com.br/tutorial/android/melhores-jogos-em-realidade-virtual/>>

Nos jogos de simulação, estes podem até servir como forma de treinamento, no exemplo de corrida, tanto para motos, carros, aviões, entre outros. Existem empresas que disponibilizam uma cópia do veículo para jogar, como forma de aumentar a imersão ao jogo, como mostrado na Figura 4, o simulador de Fórmula 1.

Neste exemplo de simulador o dispositivo utilizado é o Oculus Rift, como apresentado na Figura 5, ele foi criado pela Oculus VR ⁴ e lançado em 28 de março de 2016.

No Brasil um exemplo de simulador que ficou muito conhecido é o simulador de autoescola, que por um tempo foi obrigatório nos centros de formação de condutores (CFCs) de todo o Brasil para tirar a carteira de habilitação da categoria B.

Este tipo de simulador gera uma semi-imersão ao usuário, por utilizar somente de monitores, não abrangendo todo o campo de visão do usuário, como nos casos de um

⁴ <https://www.oculus.com>

Figura 4 – Simulador Fórmula 1



Fonte: <<http://www.virtualgrandprix.com.br/realidade-virtual-simuladores/>>

Figura 5 – Oculus Rift



Fonte: <<https://www.amazon.com.au/Oculus-Touch-Virtual-Reality-System/dp/B073X8N1YW>>

óculos de VR.

De acordo com Frese, Moretto e Frese (2017), o simulador ProS.auto⁵ da empresa ProSimulador, exibido na Figura 6, passa ao usuário o conhecimento de cada função e de cada um dos componentes automotivos.

Outro tipo de aplicação que vem sendo cada vez mais desenvolvida, é o *tour* virtual, que possibilita as pessoas conhecerem determinado local, seja um museu, universidade, ponto turístico ou qualquer outro, sem precisar sair de casa.

Uma vertente da VR é Realidade Virtual para a *Web*, cujo termo em inglês é *Web Virtual Reality* (WebVR), na qual não é necessária a utilização de equipamento físico acoplado ao usuário, como um óculos de VR, sendo possível visualizar a aplicação

⁵ <http://www.prosimulador.com.br/MODULOS/PORTAL/prosAuto.aspx>

Figura 6 – Simulador ProS.auto



Fonte: <<http://www.prosimulador.com.br/MODULOS/PORTAL/prosAuto.aspx>>

simplesmente com o auxílio de um computador pessoal. Porém, desta maneira temos apenas uma semi-imersão ao usuário, já que assim ele ainda se encontra visualizando o ambiente físico à sua volta. A WebVR permite que um mesmo ambiente virtual seja executado em diferentes dispositivos, através do navegador *Web*, incluindo computadores *desktop* tradicionais, *smartphones*, óculos de VR e outros. Como a tecnologia WebVR permite esta escolha de visualização da aplicação, ela torna mais acessível e barata aos usuários o contato com a VR.

Porém em 24 de julho de 2018 a especificação WebVR foi substituída pela WebXR, integrando a Realidade Aumentada para a *Web*, cujo termo em inglês é *Web Augmented Reality* (WebAR), como forma de possibilitar uma implementação fácil e única para visualização de ambientes em diferentes dispositivos de VR e *Augmented Reality* (AR).

À medida em que a VR evolui, novas tecnologias para desenvolvimento evoluem também. É o caso do React 360, um *framework* criado pelo Facebook, com o qual pode-se criar experiências em VR para a *Web*, que podem ser visualizadas no próprio navegador.

1.1 Motivação

Dispositivos de visualização são fatores críticos para aplicações virtuais, pois são eles que garantem a qualidade da interação, uma vez que aplicações em WebXR possuem peculiaridades em comparação aos demais tipos de aplicações.

Deste modo, a motivação para realização do presente trabalho é escolher a técnica adequada para avaliação de diferentes dispositivos de VR para visualização de aplicações WebXR, assim permitindo encontrar os melhores dispositivos e suas características para este tipo de aplicação, a partir da análise de usuários.

1.2 Objetivo

Dado o contexto, o objetivo geral do presente trabalho é comparar a interação de usuários em diferentes dispositivos de visualização de uma aplicação de *tour* virtual usando WebXR. Desta forma, pode-se dividir o objetivo geral nos seguintes objetivos específicos:

- estudar as técnicas de avaliação da interação de usuário com diferentes dispositivos de visualização em um site WebXR;
- desenvolver um *site* em WebXR com o *framework* React 360, sendo este *site* um *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete;
- realizar avaliação com participantes utilizando o *tour* virtual com os diferentes dispositivos em experimento controlado;
- aplicar questionários para avaliação da interação em WebXR;
- analisar e compilar os resultados.

1.3 Organização do documento

O restante do trabalho está organizado de acordo com a sequência de capítulos apresentados a seguir:

- No Capítulo 2 é abordada a fundamentação teórica do trabalho, apresentando conceitos relacionados à VR, dispositivos de VR, WebXR, avaliação de Interação Humano-Computador em VR, dentre outros;
- Os trabalhos relacionados são descritos no Capítulo 3, apresentando as principais contribuições dos mesmos para com este trabalho, além da apresentação das principais diferenças;
- No Capítulo 4 é apresentada a metodologia seguida para o presente trabalho e a definição de cada etapa do processo;
- No Capítulo 5 são apresentados os resultados do trabalho;
- Por fim, no Capítulo 6 é apresentada a conclusão do presente trabalho;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados conceitos relacionados à Realidade Virtual, Realidade Virtual para a Web, React 360, *tour* virtual, e dispositivos de Realidade Virtual.

2.1 Realidade Virtual

Segundo Kirner e Pinho (1997), existem várias definições aceitas para a VR. Isto deve-se, em parte, à natureza interdisciplinar da área, e também à sua evolução.

No presente trabalho a definição adotada é a definida por Sherman e Craig (2018) apresentada a seguir:

Realidade virtual pode ser definida como um meio composto por simulações computacionais interativas que detectam a posição e as ações do(a) participante e substituem ou aumentam o feedback para um ou mais sentidos, dando a sensação de estar mentalmente imerso ou presente na simulação (um mundo virtual).

A VR também pode ser caracterizada pela coexistência integrada de três ideias básicas: imersão, interação e envolvimento (MORIE, 1994).

A ideia de **imersão** está ligada com o sentimento de se estar dentro do ambiente (KIRNER; PINHO, 1997). O sentimento de imersão é ampliado não só por dispositivos ligados ao fator visual, mas também aos demais sentidos, principalmente o som.

A VR imersiva está ligada à utilização de equipamentos que fazem com que a visão do usuário seja isolada do mundo real, visualizando assim, somente o mundo virtual, totalmente imerso nele. Porém, a visualização da VR não se restringe somente ao uso destes equipamentos a este tipo de visualização. Dispositivos convencionais como monitor e *smartphone*, apesar de apresentarem o ambiente virtual ao usuário, não restringem a visualização somente a ele. Assim, o usuário ainda permanece visualizando parcialmente o mundo físico à sua volta, gerando uma VR semi-imersiva.

A **interação** está ligada a capacidade reativa ou *feedback*, entre as ações do usuário e a capacidade do computador reconhecê-las e modificar instantaneamente o mundo virtual (COSTA; RIBEIRO, 2009). Desta maneira, possuir um sistema de VR com boa interação faz com que o mesmo aparente ser mais realista.

Já o **envolvimento** está relacionado com a motivação e engajamento do usuário em utilizar o sistema de VR em determinada atividade. O envolvimento pode ainda ser caracterizado de duas maneiras: passivo, no qual, por exemplo poderia se ler um livro ou assistir televisão, ou ativo, como participar de um jogo com outro usuário no sistema (COSTA; RIBEIRO, 2009).

2.1.1 Dispositivos de Realidade Virtual

Com a evolução tecnológica, os dispositivos de VR sofrem grande impacto, tornando possível o desenvolvimento acelerado na área de VR para nível internacional (KIR-

NER; PINHO, 1997).

A maioria das aplicações de VR são baseadas no isolamento dos sentidos, principalmente a visão. Assim, cabe aos dispositivos de VR estimular tais sentidos (COSTA; RIBEIRO, 2009). Estes dispositivos podem gerar imersão ou semi-imersão ao usuário como já apresentado anteriormente.

Para gerar imersão é necessária a utilização de equipamentos e dispositivos especiais como os óculos estereoscópicos (*Head-Mounted Displays* - HMD). Os dispositivos HMD são muito populares pois são os dispositivos que mais isolam o usuário do mundo físico. Os HMD mais conhecidos são: Google Cardboard (Figura 7) e Samsung Gear VR (Figura 8), por exemplo.

Figura 7 – Google Cardboard



Fonte: <https://store.google.com/gb/product/google_cardboard>

Figura 8 – Samsung Gear VR



Fonte: <<https://www.samsung.com/us/mobile/virtual-reality/gear-vr/gear-vr-sm-r322nzwaxar>>

Já os dispositivos que geram semi-imersão podem ser, por exemplo, os monitores de computadores (Figura 9) e *smartphones* sem utilização de HMD (Figura 10), sendo dispositivos convencionais, de fácil acesso e baixo custo para adquirir em comparação com dispositivos HMD.

Figura 9 – Monitores de computadores



Fonte: <https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/tech-tips-and-tricks/how-to-connect-a-monitor-to-a-laptop.html>

Figura 10 – Smartphone



Fonte: <https://www.samsung.com/uk/smartphones/galaxy-a8/>

2.2 Realidade Virtual para Web

Como o nome já especifica, a Realidade Virtual para a Web (WebXR) é uma especificação¹ aberta que possibilita a experiência de VR e de Realidade Aumentada (AR) em seu navegador. O objetivo é tornar mais fácil para todos entrarem em experiências de VR e AR, independentemente do dispositivo que você tenha (JONES; WALICZEK, 2018).

A WebXR é de fácil uso, pois funciona na maioria dos dispositivos, por meio do navegador *web*, ou seja, enviando um *link* de um sistema WebXR para alguém que possua um dispositivo de VR com acesso à internet, ela poderá usufruir da experiência.

Alguns exemplos de uso da especificação podem ser listados a seguir:

- criação de ambientes a partir de fotos e vídeos 360°;

¹ <https://immersive-web.github.io/webxr/>

- criação de ambientes modelados em 3D;
- inserção de áudio posicional.

A estrutura básica da especificação WebXR é apresentada na Figura 11, onde é feita a verificação do sistema, definida a conexão entre o sistema e o dispositivo, verificado se o dispositivo permite a criação de sessão para o sistema e por fim iniciada sessão em XR.

Figura 11 – Exemplo de código básico para WebXR

```
1 function initXR() {
2   // Verifica se o WebXR está disponível.
3   if (navigator.xr) {
4     // Solicita a conexão do dispositivo com o sistema.
5     navigator.xr.requestDevice().then((device) => {
6       xrDevice = device;
7       // Verifica se o dispositivo permite a criação de sessões.
8       device.supportsSession({immersive: true}).then(() => {
9         // Atualiza o botão para iniciar uma sessão XR quando clicado.
10        xrButton.addEventListener('click', onButtonClicked);
11        xrButton.innerHTML = 'Enter XR';
12        xrButton.disabled = false;
13      });
14    });
15  }
16 }
```

Fonte: <<https://github.com/immersive-web/webxr-samples/blob/master/xr-barebones.html>>

Com o WebXR podem ser criadas incríveis experiências virtuais, como por exemplo: *tour* virtual, jogos interativos, simulação de objetos 3D com a câmera do dispositivo e ambiente para criar desenhos ou pinturas.

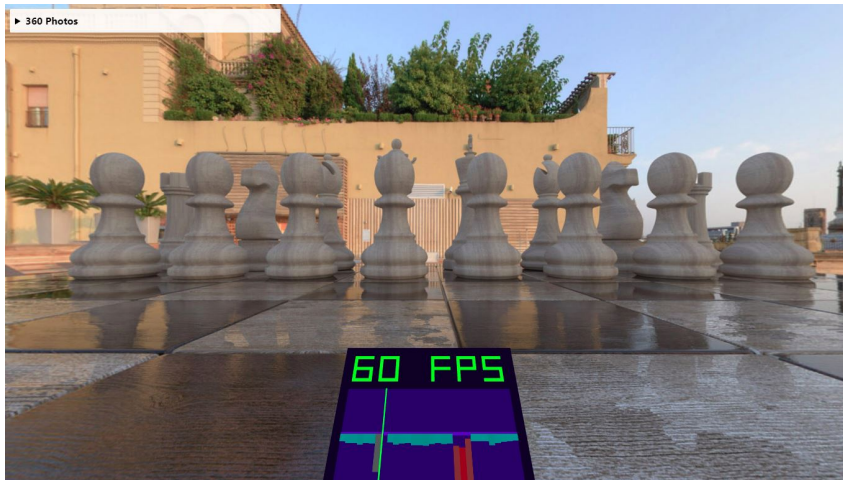
Um exemplo de experiência criada com o WebXR é apresentado na Figura 12, onde é exibida uma imagem em 360° de um tabuleiro de xadrez, fazendo com que o usuário que esteja visualizando, sinta-se presente no meio do tabuleiro, podendo visualizar os 360° da imagem.

2.3 React 360

Existem algumas tecnologias para criar conteúdo WebXR, como o *framework* React 360 por exemplo, tecnologia escolhida na realização deste trabalho.

O React 360 foi criado pelo Facebook, sendo um *framework* para desenvolvimento de ambientes 3D e de VR. Ele é construído a partir do React, uma biblioteca em *JavaScript*.

O React 360 tem como objetivo permitir aos desenvolvedores adicionar facilmente a interatividade ao conteúdo imersivo, a fim de criar experiências envolventes. Como o

Figura 12 – Exemplo de *site* em WebXR

Fonte: <<https://immersive-web.github.io/webxr-samples/360-photos.html>>

conteúdo pode ser visualizado em qualquer navegador, os desenvolvedores podem alcançar bilhões de usuários de dispositivos móveis e de PC (FACEBOOK, 2018).

A estrutura básica do *framework* é apresentada na Figura 13, a partir do projeto inicial recém criado, onde a aplicação é a apresentação de uma imagem 360° dando as boas vindas ao usuário, como apresentado na Figura 14.

Figura 13 – Exemplo de código básico para React360

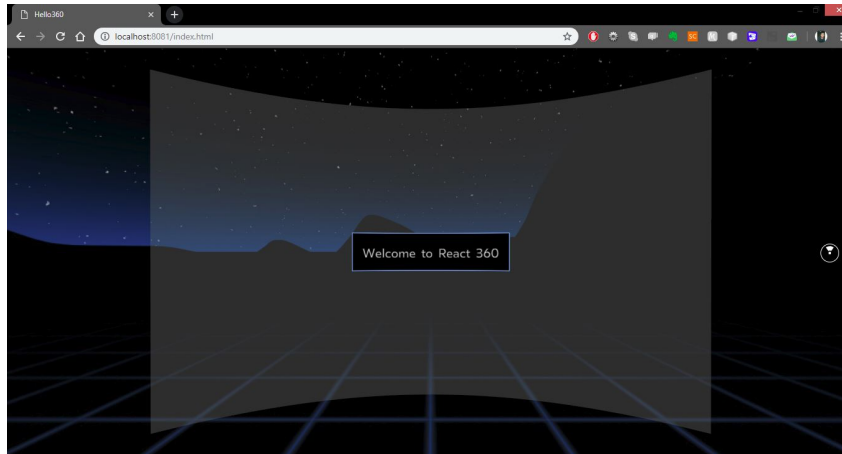
```
1 import {ReactInstance} from 'react-360-web';
2
3 function init(bundle, parent, options = {}) {
4   const r360 = new ReactInstance(bundle, parent, {
5     // Adição de opções personalizadas aqui
6     fullScreen: true,
7     ...options,
8   });
9
10  // Renderiza o conteúdo da sua aplicação para a superfície cilíndrica padrão
11  r360.renderToSurface(
12    r360.createRoot('Hello360', { /* propriedades iniciais */ }),
13    r360.getDefaultSurface()
14  );
15
16  // Carrega o ambiente inicial
17  r360.compositor.setBackground(r360.getAssetURL('360_world.jpg'));
18 }
19
20 window.React360 = {init};
```

Fonte: <<https://github.com/facebook/react-360>>

2.4 Tour Virtual

O *Tour Virtual* é uma forma de apresentar um ambiente em todos os ângulos aos usuários. O objetivo deste tipo de aplicação é levar o indivíduo a conhecer o local sem que

Figura 14 – Site React 360 apresentando exemplo básico



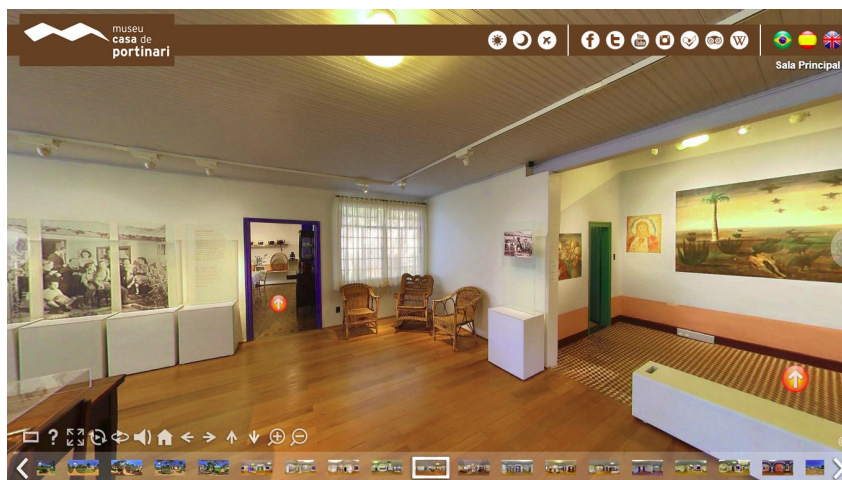
Fonte: <<https://facebook.github.io/react-360/>>

ele precise ir fisicamente ao mesmo e possibilite criar ao máximo a sensação de realidade do espaço.

O *Tour Virtual* pode ser criado a partir de imagens ou vídeos em 360 graus, permitindo a interação com usuário, apresentando informações do determinado local por texto ou até por áudio posicional, sendo que com este tipo de áudio é possível uma maior sensação de realidade do espaço.

Diversos locais famosos, principalmente museus, estão criando *sites* em VR, de forma que o público que não possa ir até o local, possa conhecer por meio desta tecnologia, criando a sensação de estar presente, mesmo longe.

Um exemplo de um *site* em VR de um *tour* virtual é do museu Casa de Portinari², apresentado na Figura 15 a seguir:

Figura 15 – Site do *tour* virtual do museu Casa de Portinari

Fonte: <<https://www.museucasadeportinari.org.br/TOUR-VIRTUAL/>>

² <https://www.museucasadeportinari.org.br/TOUR-VIRTUAL/>

2.5 Avaliação de Interação Humano-Computador (IHC) em VR

O intuito de um sistema interativo é que o usuário aproveite ao máximo o sistema, por meio de aspectos ligados a interação e interface, com propósito de atingir determinado objetivo (BARBOSA; SILVA, 2010).

Estes aspectos têm relação com usabilidade, experiência do usuário, acessibilidade e comunicabilidade, que são critérios de qualidade de uso em IHC. Um dos critérios que será levado em consideração na avaliação será a usabilidade, tendo este uma relação com a facilidade de aprendizado e uso do sistema, além da satisfação do usuário ao utilizá-lo (NIELSEN, 1993).

As aplicações de VR podem como qualquer outra aplicação conter problemas de usabilidade, porém, também podem conter problemas de tipos específicos, como problemas de navegação espacial, orientação, entre outros (KAUR; MAIDEN; SUTCLIFFE, 1996). Para identificação destes problemas de usabilidade, existem técnicas que podem ser aplicadas, como inspeções heurísticas, entrevistas, questionários, etc.

Técnicas de avaliação padrão de usabilidade, como por exemplo uma inspeção na interface usando as heurísticas de Nielsen (1993), podem encontrar problemas que seriam de categorias comuns para qualquer tipo de sistema, porém não encontram problemas específicos relacionados à VR. Desta forma, Sutcliffe e Gault (2004), Soto (2011) e Rusu et al. (2011) criaram heurísticas de usabilidade para aplicações de VR, baseada nas heurísticas de Nielsen, com adaptações para contemplar conceitos fundamentais de VR, presença e imersão, garantindo grande cobertura de problemas comuns de usabilidade de VR.

De acordo com Kirner e Siscoutto (2007), as técnicas de entrevistas e questionários podem também ser utilizadas para aplicações em VR, como forma de contribuição para aprimorar a qualidade de uso do sistema.

A entrevista é uma técnica bem utilizada para coleta de dados, que trata-se de uma conversa, guiada por um roteiro de perguntas abertas ou fechadas, podendo ser de forma estruturada, não estruturada ou semi-estruturada. Trata-se de uma conversação face a face de forma metódica, proporciona ao entrevistado de forma verbal a informação necessária (LAKATOS; MARCONI, 2005).

A entrevista tem por vantagem:

- maior flexibilidade, permitindo o entrevistador repetir ou esclarecer as perguntas;
- o entrevistado não precisa ler as perguntas e escrever as respostas;
- permite obter dados que não se encontram nas fontes documentais.

Já o questionário é um formulário impresso ou *on-line* constituído por uma série ordenada de perguntas que os participantes devem responder, a fim de coletar dados da avaliação (BARBOSA; SILVA, 2010).

Assim como na entrevista, o questionário pode conter perguntas abertas e fechadas, porém costumam ser mais utilizadas as perguntas fechadas, pelo preenchimento rápido e de fácil análise.

Como vantagens, podem ser listadas:

- economia de tempo, por obter respostas mais rápidas e mais precisas;
- menos risco de distorção, pela não influência do pesquisador ao realizar as perguntas diretamente.

Na utilização de questionários em pesquisa ou avaliação, pode ser tanto desenvolvido um novo questionário, como pode-se utilizar de um questionário já existente, padronizado e validado. Este último tipo de questionário tem vantagem por ter eficácia comprovada por meio de análise de confiabilidade e validade. Esta confiabilidade está relacionada ao grau em que o questionário produzirá o mesmo resultado se aplicado novamente, e a validade, o grau que o questionário refletirá a realidade (HOWARD, 2008).

No Capítulo 4 será melhor descrita a utilização de questionário para a avaliação, também será detalhado o questionário de VR utilizado neste trabalho.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo é apresentado o conjunto de trabalhos relacionados com aspectos relevantes para o presente trabalho.

Para a condução da revisão bibliográfica, foi utilizado como base o protocolo de revisão sistemática de Kitchenham e Charters (2007), não sendo seguidas todas as etapas descritas no protocolo, mas sim as que julgamos pertinentes para o presente trabalho. Para cada trabalho relacionado selecionado, é feito um resumo contendo os objetivos, as características e os objetivos da pesquisa. Ao final do Capítulo, é destacado como o presente trabalho se diferencia dos demais relacionados.

As bases de dados utilizadas para a pesquisa dos trabalhos relacionados foram as seguintes: ACM Digital Library¹, IEEE Xplore Digital Library², Science Direct³, Scopus e Springer Link⁴.

A busca pelos trabalhos relacionados foi realizada antes de 24 de julho de 2018, desta forma criação da *string* de busca foi baseada na especificação WebVR. De acordo com o tema central do presente trabalho, para cada base de dados foi gerada uma *string* de busca, todas com as mesmas palavras, porém criadas de maneiras diferentes, de acordo como as bases de dados trabalham. As bases de dados, as *string* criadas e o número de trabalhos encontrados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Trabalhos resultantes da busca em bases de dados

Base de dados	<i>String</i> de busca	Número de trabalhos
ACM	(Virtual Reality + WebVR)	10
IEEE Xplore	((Virtual Reality) AND WebVR)	44
Science Direct	Virtual Reality AND WebVR	10
Scopus	"Virtual Reality"AND webvr	24
Springer Link	"Virtual Reality"AND "WebVR"	15

Fonte: Autoria própria

Adicionalmente foi encontrado um trabalho em uma busca exploratória.

Sobre o resultado da busca, foram adotados os seguintes critérios de exclusão:

- trabalhos que não utilizam WebVR;
- trabalhos duplicados;
- trabalhos com menos de 4 páginas.

Os resultados passaram por cinco etapas de seleção, conforme estabelecido no protocolo da pesquisa e apresentado na Figura 16.

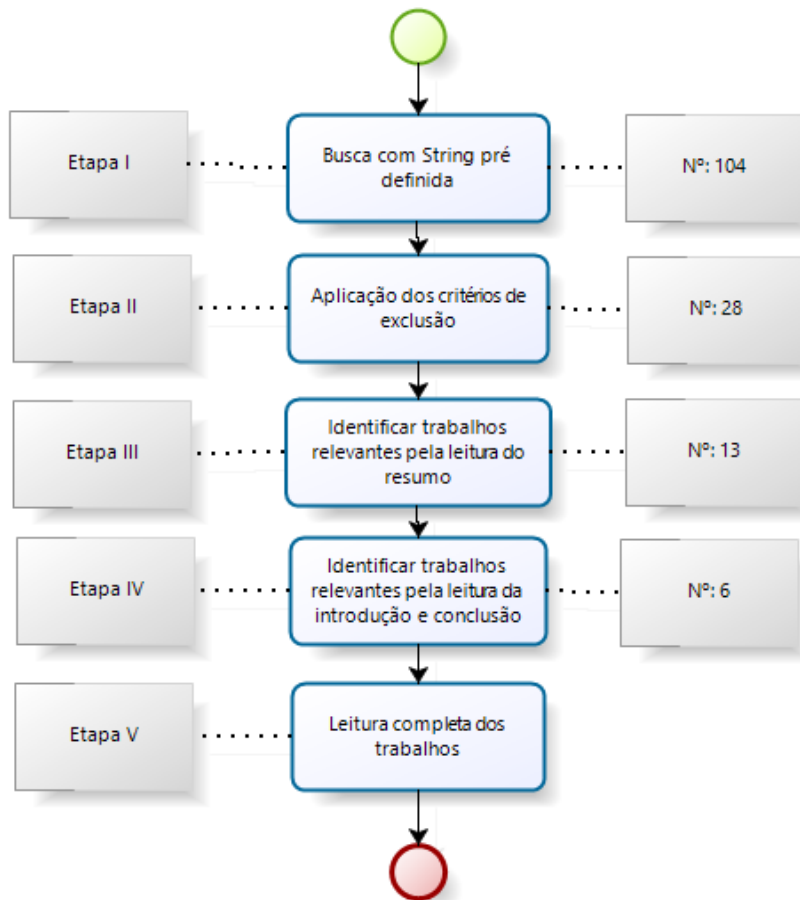
¹ <https://dl.acm.org/>

² <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

³ <https://www.sciencedirect.com/>

⁴ <https://link.springer.com/>

Figura 16 – Protocolo definido para a revisão bibliográfica



Fonte: Autoria própria

Para cada trabalho relacionado obtido, procurou-se responder as seguintes perguntas: (1) Quais *frameworks* de desenvolvimento de VR foram usados? (2) Quais dispositivos de VR foram usados? (3) Que tipo de avaliação fizeram e quais instrumentos/técnicas usaram para avaliar?

Os trabalhos relacionados obtidos, são descritos a seguir:

3.1 Virtual Excursions for Tiny Fingers: A Shared Experience

Osman e Wahab (2011) tiveram por objetivo desenvolver e introduzir uma aplicação multimídia educacional para crianças do jardim de infância, em forma de *tour* virtual e observar as reações das crianças e como elas interagiriam com a interface da aplicação usando o *mouse* e o teclado. Imagens de espaços públicos comuns foram capturados usando a câmera digital e editadas para criar uma imagem em 360°. Para a criação do *tour*, foi utilizada a plataforma de desenvolvimento Flash CS4. O *tour* virtual interativo forneceu quatro cenas diferentes, que eram o lago, a praia, o zoológico e o playground. Em cada cena, os objetos (pontos de acesso) eram rotulados e eles podiam ser clicados

para revelar a descrição. Adicionalmente foram inseridos sons para as cenas.

Experimentos preliminares foram conduzidos em dois jardins de infância para examinar a capacidade de crianças pequenas de usar o *mouse* para navegar e obter sua resposta para o *tour* virtual.

Os resultados desses experimentos indicaram que é viável usar o *tour* virtual para ensinar crianças pequenas, devido à sua navegação simples e à representação de objetos usando imagens reais. Observou-se que as crianças gostaram de usar o aplicativo e puderam usá-lo intuitivamente.

3.2 Developing and Evaluating VR Field Trips

O trabalho de Oprean et al. (2017) tem por objetivo a criação e avaliação de experiências de viagens virtuais usando diferentes configurações de VR e AR.

Foi desenvolvido uma aplicação com o Unity3D1 para os dispositivos HTC Vive, Google Cardboard / Daydream e Samsung Gear VR. Também foi criado um site *WebVR* usando o *framework* A-Frame. Alguns alunos visitaram remotamente os locais apresentados na aplicação usando todas as plataformas. Após, foi analisada as percepções que os alunos tiveram em relação às plataformas.

Os resultados demonstram o sucesso das plataformas em tornar os alunos conscientes das características visuais relevantes do local, como por exemplo, a configuração dos espaços públicos, a textura das superfícies dos edifícios e a interação de luz e sombra. Apesar de algumas limitações terem sido identificadas, relacionadas à falta de engajamento de outros sentidos e da dimensão social, essenciais para transmitir dimensões mais complexas do espaço.

3.3 Realidade Virtual na Web: Uma Avaliação Qualitativa do Ponto de Vista do Usuário

O objetivo de Almeida (2002) foi avaliar aplicações de VR disponíveis na internet e identificar as principais dificuldades encontradas pelos usuários do ponto de vista de interação. Para isso, é proposta uma metodologia que, através de técnicas, parâmetros e critérios de avaliação, avalie qualitativamente essas aplicações do ponto de vista de usuário final.

A metodologia proposta no trabalho foi composta de 4 etapas: Especificação, Realização de Testes com Usuário, Análise de dados e Resultados. O método de avaliação foi a utilização de questionário para cada tipo de área que correspondia a uma aplicação de VR (Arquitetura e Projeto, Artes, Educação, Entretenimento, Visualização de Informações).

Com o estudo de caso descrito, foi possível validar a metodologia proposta, para avaliação de aplicações *Web* que usam a VR. Além de identificar as vantagens e as

desvantagens de se utilizar esta metodologia e detectar alguns problemas encontrados pelos usuários nas aplicações.

3.4 Virtual Reality Websites(VR WEB)

Sathe et al. (2017) tiveram como objetivo trazer para o primeiro plano, os avanços no campo da VR no domínio do desenvolvimento *web*, para a construção de modelos habilitados para a VR que podem ser usados para criar o Software como um serviço (SaaS). Também, criar um protótipo funcional de um *site* que incorpore os elementos da VR a eles.

Foi desenvolvido um sistema chamado de Shop360, utilizando a API WebVR com o *framework* A-frame para o desenvolvimento, além do Google Cardboard para a visualização imersiva. Na loja o usuário pode visualizar os produtos, interagir com eles, adicionar ao carrinho de compras e realizar a compra.

Com este estudo, foi possível compreender que os *sites* de VR servem para revolucionar o quão interativo pode ser o espaço do usuário na *web*.

3.5 Building Immersive Data Visualizations for the Web

Butcher e Ritsos (2017) realizaram o trabalho de criação de protótipo de aplicativos de Análise Imersiva (AI), usando tecnologias emergentes baseadas na *Web* para VR. Além de criar espaços interativos e colaborativos, de baixo custo usando tecnologias da *Web*, onde muitos usuários podem interagir com visualizações de dados 3D, com o objetivo de se estender a outras plataformas de VR. As tecnologias adotadas para criação dos sistemas foram o Three.js e o *polyfill* WebVR, porém podendo ser integrado o D3.js, à medida que vão sendo experimentados mais conjuntos de dados.

Em uma avaliação heurística, a experiência geral da versão do *polyfill* do WebVR foi considerada superior à versão simples do Three.js.

Com este trabalho, os autores se concentraram em recriar projetos de visualização física conhecidos em VR, explorando as compensações de desempenho entre renderização rápida e realista. Por fim os autores encontraram um casamento entre tecnologias, para a construção de visualizações imersivas. O emparelhamento do A-Frame e React juntos para a construção de visualizações de dados imersivas simplificou o processo de desenvolvimento, fornecendo uma base sólida para ampliar a aplicação criada. Os autores ainda pretendem acompanhar as avaliações do sistema com relação à sua eficácia em facilitar a análise visual e a criação de sentido de vários tipos diferentes de conjuntos de dados e visualizações.

3.6 Implementation of WebVR-based Laboratory for Control Engineering Education based on NCSLab Framework

No trabalho de Ye, Hu e Zhou (2017) é apresentado um laboratório baseado em WebVR baseado no *framework* NCSLab. Ao integrar a tecnologia VR com base no padrão HTML5, os usuários podem desfrutar de um ambiente de VR de experimentos de engenharia de controle por meio do HMD. Com a experiência de aplicação prática, estes usuários podem ter um melhor desempenho em suas pesquisas posteriores.

Neste trabalho a biblioteca utilizada para o desenvolvimento foi o Three.js, uma biblioteca JavaScript 3D adotada pelo NCSLab.

Usando HMDs, os usuários puderam observar todo o processo do movimento dos modelos VR 3D. Além disso, eles também têm acesso para transformar o ponto de vista pela rotação de suas cabeças, que serão capturadas pelo sensor de giroscópio do *smartphone* e, em seguida, analisadas no mecanismo Three.js. É como se eles estivessem fazendo um experimento real. O novo recurso do NCSLab melhorará significativamente a sensação de presença e imersão dos usuários.

3.7 Navigation in virtual environments using head-mounted displays: Allocentric vs. egocentric behaviors

Fabroyir e Teng (2017) avaliaram os comportamentos de usuários durante a navegação em ambientes virtuais (*Virtual Environments - Virtual Environment* (VE)) usando (HMDs). O ambiente virtual utilizado para o teste foi um sistema de turismo urbano.

A visão de rua foi desenvolvida para este estudo como um aplicativo da *Web* baseado na tecnologia WebVR. A vista do mapa incluiu um ponto de vista localizado no centro de uma cidade. Os dados para estabelecer o mapa e as visualizações de rua foram solicitados da Internet por meio das APIs do Google Maps. Foi utilizado um iPad e um GamePad acoplado com um iPhone, como interfaces de usuário para o experimento.

Os comportamentos espaciais foram observados e analisados em relação às preferências de navegação virtual e desempenho, utilizando duas estratégias de navegação distintas, aplicando perspectivas espaciais aloccêntricas e egocêntricas.

Quarenta estudantes de pós-graduação de vários departamentos foram recrutados por publicidade nas mídias sociais. Eles consistiam de vinte homens e vinte mulheres, variando de 22 a 42 anos de idade. Os(as) participantes utilizaram duas interfaces de usuário (egamepad).

Foram estabelecidas duas metáforas aloccêntricas e duas egocêntricas para as técnicas de movimento: mapa digital, remo de canoa, volante e direção de roda. Os resultados mostraram que os(as) participantes preferiram aplicar técnicas egocêntricas para orientar e mover-se dentro do ambiente. Os resultados também demonstraram que os(as) participantes tiveram um desempenho mais rápido e foram menos propensos a erros du-

rante o uso de um gamepad, que manifesta a navegação egocêntrica. Verificou-se que as participantes do sexo feminino tendiam a navegar no VE de forma alocativa, enquanto os participantes do sexo masculino eram propensos a navegar egocentricamente no VE, especialmente ao usar uma interface de usuário não natural, como o *gamepad*.

3.8 Considerações finais do Capítulo

No presente Capítulo foram apresentados os principais trabalhos que relacionam o desenvolvimento e avaliação utilizando a tecnologia WebXR. Adicionalmente os trabalhos selecionados auxiliam muito no desenvolvimento do presente trabalho em trazerem tecnologias de desenvolvimento de aplicações WebXR, maneiras de avaliação das aplicações com os usuários.

O presente trabalho se diferencia dos demais, primeiramente por utilizar o *framework* React 360 para implementação do site WebXR em forma de *tour* virtual, por utilizar dos quatro principais dispositivos de visualização de WebXR (Gear VR, *Smartphone*, Cardboard e Computador) e por utilizar questionário padronizado para VR na avaliação com usuários.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia adotada para a concepção do presente trabalho. A metodologia é dividida em duas partes, a primeira destina-se à realização do TCC 1 de acordo com a Figura 17 e a segunda à realização do TCC 2 como apresentada na Figura 18.

4.1 Pesquisa Bibliográfica

A primeira etapa da metodologia é a pesquisa bibliográfica apresentada no Capítulo 3, que descreve os Trabalhos Relacionados e demais materiais de apoio que contribuem para a realização do presente trabalho.

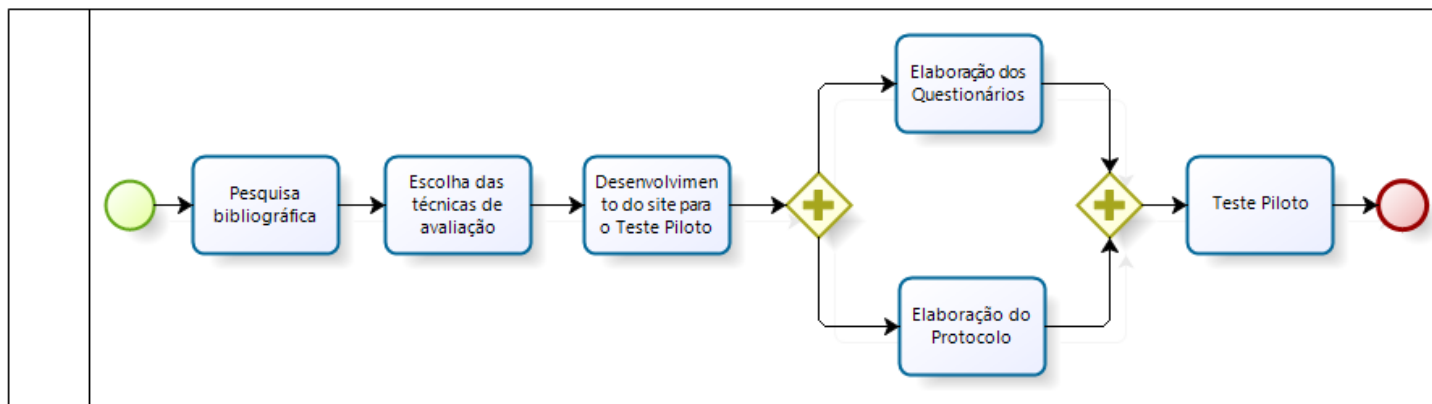
4.2 Escolha das Técnicas de Avaliação

Como mencionado na Capítulo 2, a utilização de questionário para a avaliação com usuário, se mostrou a melhor escolha, já que os questionários possibilitam capturar quantitativamente a percepção da interação dos usuários em relação as questões colocadas. Desta forma, escolhido o uso de questionários para coletar medidas subjetivas dos participantes, foi realizada uma busca na literatura sobre os questionários existentes e já validados sobre avaliação de usabilidade de um sistema de VR, que se enquadrem no objetivo do presente trabalho.

Fitzgerald et al. (2008) realizaram uma avaliação de usabilidade em sistema de VR utilizando o VRUSE, uma ferramenta de avaliação de usabilidade baseada em questionário computadorizado para avaliação de ambientes virtuais (KALAWSKY, 1999). Apesar de o VRUSE ser bem completo, ele possui muitas questões, especificamente 100, e isso tornaria a avaliação inviável pelo extenso tempo de resposta.

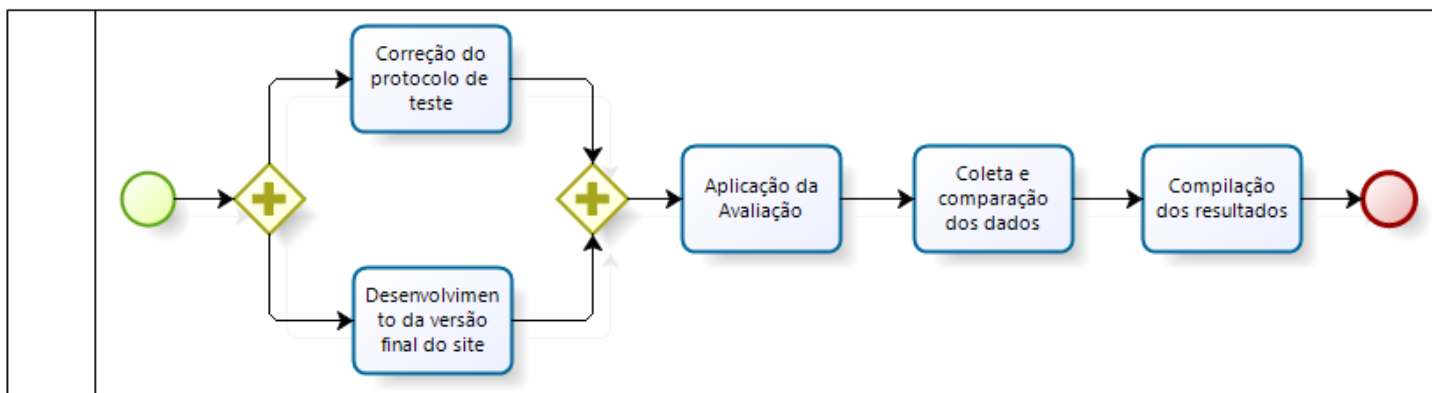
Já o questionário apresentado por Kizony et al. (2006), o *Short Feedback Questionnaire* (SFQ), baseado no questionário de Witmer e Singer (1998), consiste em oito questões, com respostas em escala Likert. De acordo com os autores, o questionário demonstra adequação para vários ambientes virtuais e com diferentes populações clínicas. Porém, o questionário não se encontra disponível para leitura ou *download*.

Figura 17 – Metodologia definida para o TCC 1



Fonte: Autoria própria

Figura 18 – Metodologia definida para o TCC 2



Fonte: Autoria própria

Com base no questionário SFQ (KIZONY et al., 2006), Gil-Gomez et al. (2013) propuseram o questionário *Suitability Evaluation Questionnaire* (SEQ) especialmente para testar sistemas de VR relacionados à reabilitação. O SEQ consiste em 14 questões, 13 delas medem opiniões subjetivas de forma fechada com resposta graduada em escala Likert de 5 pontos e uma questão em aberto que mede opinião subjetiva de forma aberta. As primeiras sete questões estendidas do questionário SFQ medem prazer, sensação de estar no sistema, sentimento de sucesso, realismo, compreensão e desconforto geral. As quatro questões seguintes medem efeitos colaterais associados a sistemas de reabilitação em VR: tontura ou náusea, desconforto ocular, desorientação e sensação de progresso na reabilitação. Nestas onze questões a escala Likert classifica de “Nem um pouco” para 1 e “Muito” para 5. Para as duas questões seguintes, a escala Likert classifica de “Muito fácil” para 1 e “Muito difícil” para 5, sendo relacionadas à usabilidade. Por fim, o questionário contém uma pergunta aberta, para identificar algum desconforto que o usuário tenha sentido ao realizar a tarefa.

Gil-Gomez et al. (2017) basearam-se no questionário SEQ para criar o *Short Questionnaire for Satisfaction Evaluation of Virtual Rehabilitation Systems* (USEQ). O USEQ também é um questionário projetado para avaliar a satisfação do usuário em sistemas de reabilitação virtual. O questionário é composto de seis questões baseadas no SEQ, com respostas no padrão de escala Likert, que somente avaliam a satisfação do usuário, sem levar em conta a identificação de desconfortos durante a avaliação.

Analisando esses questionários identificados, identifica-se que o questionário SEQ possui uma avaliação mais abrangente, desde satisfação e usabilidade até desconforto do usuário ao utilizar o sistema. Esse questionário também possui um número reduzido de questões, o que no presente trabalho é muito importante, pois o usuário terá que utilizar quatro vezes o questionário para avaliar o *site* com os quatro diferentes dispositivos. Desta forma, o questionário SEQ escolhido para ser utilizado na coleta de dados subjetivos dos participantes.

4.3 Desenvolvimento do *site* para o Teste Piloto

Para desenvolvimento do *site* WebXR, foi escolhido o *framework* React 360. Essa é uma tecnologia recente, criada pelo Facebook, tendo como objetivo facilitar o desenvolvimento de ambientes imersivos e semi-imersivos. O React 360 é criado a partir de outra biblioteca em JavaScript¹ chamada React.

A escolha do *framework* React 360 deve-se ao fato de a tecnologia ser criada a partir da biblioteca React, que é atualmente utilizada em aplicações de grandes empresas, como Instagram, Airbnb e Twitter. React também permite a criação de aplicativos pelo React Native, criação de interfaces com React JS e o React 360 para criação de

¹ Linguagem de *script* popular para desenvolvimento *Web*

ambientes imersivos e semi-imersivos, ou seja, a tecnologia React e suas vertentes, estão se desenvolvendo e tornando cada vez mais importantes no desenvolvimento *front-end*.

O *site* desenvolvido apresenta diversas imagens em 360° da UNIPAMPA Campus Alegrete. Para captura destas imagens, foi inicialmente utilizada a câmera Pano View 360°, apresentada na Figura 19. Porém, essa câmera realiza o salvamento das imagens no formato esférico, como mostrado na Figura 20.

No *site*, o formato de imagem suportado é panorâmico, e com isto foi necessário transformar a imagem original. Essa transformação foi realizada no *software* de edição de imagens Photoshop CC 2017, com o auxílio do *plugin* Flexify 2². Com ele, foi possível converter a imagem originalmente em formato esférico para formato panorâmico (Figura 21).

Figura 19 – Imagem da câmera Pano View 360°



Fonte: <https://hobbyking.com/es_es/panoview-xdv360-sports-camera-wifi.html>

O *site* apresenta cinco cenas do campus. Cada cena é composta por uma imagem, um título da cena para representar o local que o usuário se encontra, um ou mais botões de navegação para acessar outras cenas, e ocasionalmente alguns itens de informação textual adicional para o usuário.

As imagens inseridas nas cenas são referentes aos locais do campus: Fachada, Estacionamento, Entrada principal, Entrada secundária e Saguão do Campus.

A primeira cena do *site* contendo os itens apresentados anteriormente pode ser vista na Figura 22. O componente 1 é o título da cena, que situa o usuário de onde ele está. O componente 2 é o botão de navegação, que é usado para acessar outra cena. O componente 3 é o item de informação, onde é descrita de maneira textual alguma informação importante ao usuário.

Para o teste piloto não foram inseridas todas as imagens registradas, pois o intuito nesta etapa foi validar o protocolo e os questionários.

² Disponível em <<http://www.flamingpear.com/flexify-2.html>>

Figura 20 – Imagem esférica gerada com a câmera Pano View



Fonte: Autoria própria

Figura 21 – Imagem transformada de esférica para panorâmica



Fonte: Autoria própria

Com o *site* desenvolvido para o teste piloto, ele foi compilado e hospedado para estar disponível no navegador dos diferentes dispositivos de visualização. O servidor utilizado para hospedagem do *site* foi disponibilizado pela *Startup DevPampa*³.

4.4 **Elaboração dos Questionários**

Nesta seção é apresentada a forma com que foram criados e definidos o questionário de perfil de participante e questionário de avaliação, bem como a finalidade de cada um.

³ Detalhes da empresa podem ser encontrados em <www.devpampa.com>.

Figura 22 – Componente de cena do *site*

Fonte: Autoria própria

4.4.1 Questionário de Perfil

O primeiro questionário elaborado tem a finalidade de identificação do perfil do(da) participante. A resposta deste questionário define se o(a) participante está ou não apto(a) a utilizar os dispositivos de visualização no *site*, já que dispositivos de VR podem causar efeitos colaterais se usados inadequadamente ou por usuários propensos a certos sintomas. A empresa Samsung disponibilizou uma lista de precauções (SAMSUNG, 2014) que devem ser tomadas e de efeitos colaterais que podem ser causados pelo uso do dispositivo Gear VR.

A elaboração do questionário de perfil foi baseada na lista de precauções da Samsung e outros materiais relacionadas com precauções e restrições de uso. O questionário completo encontra-se no Apêndice A.

4.4.2 Questionário de Avaliação

O questionário de avaliação que foi utilizado, tanto no teste piloto quanto na avaliação principal, foi baseado no questionário de Gil-Gomez et al. (2013), sendo apresentado no Anexo A.

O questionário original foi traduzido e teve a questão Q11 removida para o presente trabalho, pois trata de reabilitação clínica de pacientes, não se enquadrando no contexto atual.

Finalmente, o questionário traduzido e modificado para o teste piloto e a avaliação principal é apresentado no Apêndice D. O(a) participante após utilizar o *site*, respondeu por meio de um *notebook* o questionário que se encontrava disponível no Google Drive.

4.5 Elaboração do Protocolo

Esta seção visa expor o desenvolvimento do protocolo da avaliação, que foi utilizado tanto no teste piloto, quanto na avaliação principal. As informações abaixo apresentam cada etapa do protocolo.

4.5.1 Seleção de Participantes

A seleção de participante foi dividida em duas etapas, a seleção para o teste piloto, na qual foi necessário somente a identificação de um(uma) participante e a seleção para a avaliação principal, que englobou mais participantes.

4.5.1.1 Seleção para o Teste Piloto

Para o teste piloto é válida a participação de um(uma) participante apenas, sendo que este(a), seja aluno(a) de algum curso de graduação da UNIPAMPA Campus Alegrete.

4.5.1.2 Seleção para a Avaliação Principal

Para definição de número de participantes para a avaliação principal, foi realizado um cálculo de tamanho de amostra válida que representasse a população dos estudantes da UNIPAMPA Campus Alegrete, no *site* SurveyMonkey (SURVEYMONKEY, 2019). O cálculo é feito com o tamanho da população, nível de confiança e margem de erro. Para o valor de população foi definido 1468, de acordo com informação da Secretaria Acadêmica do Campus. Para o nível de confiança, foi atribuída porcentagem de 80% e para a margem de erro foi atribuída porcentagem de 10% , esta última com base em Sauro e Lewis (2012), que justificam a margem de erro de 10% em um teste bicaudal como aceitável para experimentos na indústria. O resultado do cálculo apresenta um tamanho de amostra aceitável de 40 pessoas. Todas pessoas identificadas tiveram que responder o questionário de identificação de perfil de participante, para avaliar se era possível a sua participação na avaliação.

Foram convidados para participar da pesquisa, alunos dos cursos de graduação da UNIPAMPA Campus Alegrete, por meio de convite presencial e enviado por redes sociais. Este convite foi feito pelo próprio pesquisador, além de receber indicações de novos(novas) participantes daqueles(daquelas) que já participaram ou de demais pessoas conhecidas.

4.5.2 Instrumentos utilizados

Em relação aos documentos que foram utilizados tanto no teste piloto, quanto na avaliação principal, temos:

- **Questionário de perfil de participante:** documento para avaliar se o(a) participante estava apto(a) ou não a participar, de acordo com a identificação de seu

perfil. Já que existem perfis de usuários(as) que ao utilizar a VR estão propensos(as) à riscos de saúde. O questionário completo encontra-se no Apêndice A;

- **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE):** caso o(a) participante esteve apto(apta) a participar do teste, mediante resultado do questionário de perfil de participante, ele(ela) teve que ler e assinar o termo, caso tivesse concordado. O termo completo encontra-se no Apêndice B;
- **Termo de Confidencialidade (TC):** documento que garante o sigilo das informações recolhidas. O termo completo está disponível no Apêndice C.

Em relação aos materiais físicos utilizados, temos:

- **Sala:** reservada do Campus Alegrete e do Parque Tecnológico do Pampa (PAMPA-TEC), para a execução do teste piloto e avaliação principal;
- **Notebook:** para que o(a) participante pode interagir com o *site* WebXR e para visualizar o questionário de avaliação disponibilizado no Google Drive. O *Notebook* utilizado é o ASUS K46CA, composto por processador Intel Core i5;
- **Mouse:** para auxiliar a interação do(da) participante com o *site*. O *Mouse* utilizado é o DELL WM126;
- **Smartphones:** o ASUS Zenfone 3 Zoom é utilizado tanto sozinho quanto acoplado no Google Cardboard. Já o Samsung Galaxy S6 é utilizado acoplado no Gear VR;
- **Google Cardboard:** com o *smartphone* Zenfone 3 Zoom acoplado, para o(a) participante interagir com o *site* WebXR e com o *mouse* DELL conectado ao *smartphone* para acionar os botões de navegação no *site*;
- **Gear VR:** com o *smartphone* Samsung Galaxy S6 acoplado, para o(a) participante interagir com o *site* WebXR;
- **Questionário de Perfil, TCLE e TC** impressos para cada um(uma) dos(das) participantes.

4.5.3 Contexto de Execução

O teste piloto e a avaliação principal ocorreram nas instalações da UNIPAMPA Campus Alegrete e do *Parque Científico e Tecnológico do Pampa* (PAMPATEC), em uma sala previamente reservada, contendo todos os equipamentos listados anteriormente.

4.5.4 Preparação e execução

A execução tanto do teste piloto quanto da avaliação principal foi dividida em três momentos: antes, durante e após.

4.5.4.1 Antes da Execução

- Organização do ambiente de realização da execução;
- Agradecimento do aceite do convite ao(à) participante e explicação do objetivo do teste ou avaliação;
- Apresentação do questionário de identificação de perfil ao(à) participante, para análise da viabilidade da participação na avaliação. Caso o(a) participante tivesse se enquadrado no perfil inadequado para execução, o agradecimento e dispensa do(da) participante era realizado;
- Apresentação do TCLE ao(à) participante, para leitura. Caso o(a) participante tivesse aceitado o termo, a assinatura do documento era realizada. Caso o(a) participante não tivesse aceitado o termo, o agradecimento e dispensa do(da) participante era realizado;
- Entrega do TC ao(à) participante, documento que garante o sigilo das informações do(da) participante;
- Apresentação e explicação dos equipamentos para utilização ao(à) participante (Computador, *smartphone*, *smartphone* com Google Cardboard e Gear VR) para visualização do *site* em forma de *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete;

4.5.4.2 Durante a Execução

- Explicação ao(à) participante a sequência de execução, que primeiro é utilizado um dispositivo para visualização do *site* para realização de uma tarefa informada e após, preenchimento do questionário de avaliação;
- Apresentação ao(à) participante o dispositivo para utilização;
- Apresentação ao(à) participante a tarefa para realizar;
- Iniciar a execução;
- Após a conclusão da tarefa ou os 10 minutos excedidos, o(a) participante precisou preencher o questionário de avaliação apresentado no Apêndice D por meio do *notebook*, que estava acessando o questionários disponível no Google Drive. O(a) participante fez essa iteração de realização da tarefa e avaliação no questionário, para os quatro dispositivos.

4.5.4.3 Após da Execução

- Foi feito o agradecimento ao(à) participante pelo tempo cedido na realização do teste piloto ou avaliação principal;

- Como forma de retribuição ao tempo cedido, foi feito o convite e permitido que o(a) participante se divertisse visualizando um passeio de montanha-russa virtual ou uma animação da série *Stranger Things* na aplicação *Face Your Fears* com o dispositivo *Gear VR*. Esta forma de retribuição foi um bom incentivo para que tivesse maior aceitação de participação aos convidados.

4.6 Teste Piloto

O objetivo deste teste foi validar o protocolo criado, avaliar o *site* desenvolvido e se os dispositivos de visualização estavam funcionando corretamente.

A condução do teste piloto foi realizada como se fosse a avaliação principal, seguindo todo o protocolo definido a fim de prevenir eventuais erros. Assim também é possível analisar se a maneira que foi conduzida execução estava clara e objetiva para o(a) participante.

O teste foi realizado com um participante extra, que não participou na avaliação principal. O participante seguiu todas as etapas que os(as) demais participantes também seguiram, desde o preenchimento do questionário de perfil de participante, até o fim da avaliação no preenchimento do questionário de avaliação.

Foram criadas quatro tarefas para o participante realizar no *site*, uma em cada dispositivo de visualização. As tarefas foram:

- Diga três cores de carros que estão no estacionamento do campus;
- Diga o texto que aparece sobre os *banner's* posicionados acima das portas do saguão do campus;
- Diga quantos cachorros você encontra em todo o *tour* do campus;
- Qual o local que há 3 corpos de prova⁴ de concreto empilhados?

4.7 Correção do protocolo de teste

Ao fim do teste piloto, pode-se concluir que o protocolo criado era viável para a avaliação principal. Não foram constatadas necessidades de mudança no protocolo, desta maneira manteve-se a mesma estrutura do protocolo para a aplicação na avaliação principal.

⁴ Amostra de concreto endurecido para realizar ensaios de resistência e verificar se o material está adequado para uso.

4.8 Desenvolvimento da versão final do *site*

A primeira atividade desta etapa foi a nova captura das fotos em 360° da UNIPAMPA. A nova câmera utilizada, a Gear 360 da Samsung (Figura 23), possui resolução melhor que a câmera anteriormente utilizada.

Figura 23 – Imagem da câmera Gear 360



Fonte: <https://www.samsung.com/africa_pt/wearables/gear-360-2017/>

Foram capturadas diversas imagens 360° da UNIPAMPA, contemplando principais locais do Campus, como por exemplo: prédios, restaurante universitário, casa do estudante e outros locais. A Figura 24 apresenta um exemplo de captura de imagem sendo realizada no Campus.

A câmera Gear 360 realiza o salvamento das imagens no formato esférico, como mostrado na Figura 25, de forma análoga ao descrito na seção 4.3. Desta forma, é necessário para inserção no site a conversão da imagem para o formato panorâmico, realizada dessa vez no *software* Cyberlink ActionDirector⁵. O resultado de uma conversão é apresentado na Figura 26.

Após as imagens serem transformadas, foram selecionadas as melhores imagens para serem adicionadas no *site*.

Um total de 90 imagens foram incluídas no *site*, contemplando os principais locais do Campus Alegrete da UNIPAMPA. O grande número de imagens adicionadas é justificado pelo fato de que quanto mais imagens mais próximo são os “pulos” de cenas que o usuário terá que fazer durante o uso do *site*, ou seja, quando o usuário visualizar uma nova cena, esta conterà uma imagem do local próximo do local da cena anterior.

As cenas do *site* possuem os mesmos atributos descritos na seção 4.3.

Após o *site* pronto, foi gerada uma versão para ser hospedada e assim ser possível acessar o *site* por meio de navegadores *web*. O servidor utilizado para hospedagem foi

⁵ Disponível em <<https://www.cyberlink.com/learning/gear-360-actiondirector>>.

Figura 24 – Captura de imagem do Campus com a câmera Gear 360



Fonte: Autoria própria

Figura 25 – Imagem esférica gerada pela câmera Gear 360



Fonte: Autoria própria

o GitHub⁶, na própria conta de usuário do autor. O *site* pode ser visualizado pelo link <<https://adriel07.github.io/>>.

4.9 Aplicação da Avaliação

De acordo com o protocolo criado, o(a) participante convidado e apto à participar é direcionado ao ambiente de avaliação, onde o pesquisador apresenta o presente trabalho

⁶ <<https://github.com/>>

Figura 26 – Imagem transformada de esférica para panorâmica



Fonte: Autoria própria

e inicia a avaliação.

Para cada dispositivo, o(a) participante recebe uma tarefa diferente, tendo as tarefas quatro características diferentes (tarefa fácil, tarefa média, tarefa difícil, e tarefa que necessita de longo percurso no *site*). O(A) participante teve no máximo 10 minutos para realizar cada tarefa.

Para a avaliação principal, foram criadas novas tarefas, diferentes daquelas do teste piloto, com objetivo de contemplar novas cenas que não havia no *site* para o teste piloto.

As tarefas foram:

- **Fácil:** Diga quantos cachorros estão na Entrada Secundária;
- **Média:** Diga quantos estudantes estão na Biblioteca;
- **Difícil:** Encontre e diga as formas geométricas e as respectivas cores nas escadarias do prédio principal do Campus;
- **Longo Percurso:** Vá até a Casa do Estudante e diga o que está escrito no ícone de Informação.

A técnica *Latin Squares Design* (ZAIONTZ, 2018) foi usada para determinar a rotação de dispositivos e tarefas com os(as) participantes como maneira de não usar a mesma sequência. *Latin Squares Design* é uma tabela $n \times n$ preenchida com n símbolos diferentes, de forma que cada símbolo apareça exatamente uma vez em cada linha e exatamente uma vez em cada coluna. A rotação de dispositivo por participante pode ser encontrada na Tabela 2. O modelo para definição de sequência de tarefas por agrupamento de participantes é apresentado na Tabela 3.

Após o 4º participante, é reiniciada a sequência, por exemplo: o participante 5 segue a sequência do participante 1, o participante 6 segue a sequência do participante 2.

Tabela 2 – Modelo *Latin Square* para Participantes e Dispositivos

Participantes	Dispositivos			
Participante 1	Gear VR	Computador	Cardboard	<i>Smartphone</i>
Participante 2	Computador	<i>Smartphone</i>	Gear VR	Cardboard
Participante 3	Cardboard	Gear VR	<i>Smartphone</i>	Computador
Participante 4	<i>Smartphone</i>	Cardboard	Computador	Gear VR

Fonte: Autoria própria

Também foi criada a sequência de tarefas utilizando a técnica *Latin Squares Design*, como pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3 – Modelo *Latin Square* para Participantes e Tarefas

Sequência de Participantes	Tarefas			
1° ao 4° Participante	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3	Tarefa 4
5° ao 8° Participante	Tarefa 2	Tarefa 4	Tarefa 1	Tarefa 3
9° ao 12° Participante	Tarefa 3	Tarefa 1	Tarefa 4	Tarefa 2
13° ao 16° Participante	Tarefa 4	Tarefa 3	Tarefa 2	Tarefa 1

Fonte: Autoria própria

A utilização dos quatro dispositivos são representadas a seguir. Na Figura 27 é representado o uso do dispositivo Cardboard, sendo que para este, um *smartphone* era acoplado no óculos para visualização do site e para realizar as ações do site um *mouse* estava conectado ao *smartphone*. Desta forma o participante segurava o Cardboard para visualização e o *mouse* para acionamento das ações no site (Ex: clique em um botão de navegação).

Na Figura 28 é representado o uso do dispositivo Gear VR, que para visualizar o *site*, um *smartphone* da Samsung era acoplado no óculos e para acionamento dos botões de navegação, o participante encostava o dedo em um sensor que se encontra na lateral do óculos.

O uso do dispositivo computador é apresentado na Figura 29, que para acionar os botões o participante utilizava o *mouse*.

Por fim, na Figura 30 é apresentado o uso do dispositivo *smartphone*, que para acionamento dos botões de navegação, o participante clicava com o próprio dedo na tela onde estava localizado o botão do site.

O pesquisador também registra o tempo gasto pelo participante para concluir cada tarefa (ou, caso não tenha concluído a tarefa, registra o tempo limite). Finalmente, o(a) participante preenche o questionário SEQ de avaliação com suas considerações.

4.10 Coleta e comparação dos dados

Após todas 41 avaliações realizadas, é iniciada a etapa de coleta e comparação dos dados. Como a plataforma para recebimento das respostas dos participantes é o Google

Figura 27 – Representação da utilização do dispositivo Cardboard



Fonte: Autoria própria

Drive, é por meio dela que são gerados os arquivos com todos os dados de respostas para posteriormente serem enviados ao *software* de análise estatística IBM SPSS Statistics⁷.

A plataforma Google Drive permite exportar os dados de resultados por meio de gráficos e planilhas, sendo estas as melhores formas para manipularmos os dados.

Para os dados de perfis de participantes, são gerados gráficos. Já para os resultados das avaliações com o questionário SEQ, o formato de arquivo com os dados foi planilha.

4.10.1 Participantes

51 estudantes de cursos diversos da UNIPAMPA Alegrete foram convidados para participar da pesquisa, por meio de convite pessoal, *on-line* e convites por estudantes que já haviam participado. Desses, apenas 41 participaram efetivamente conforme apresentado detalhadamente na seção 5.3, junto de seus dados demográficos.

⁷ Disponível em <<https://www.ibm.com/products/spss-statistics>>.

Figura 28 – Representação da utilização do dispositivo Gear VR

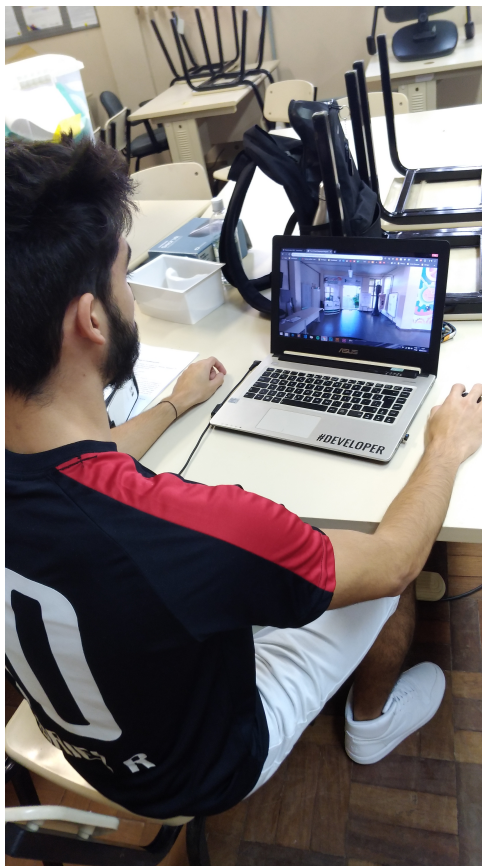


Fonte: Autoria própria

4.11 Compilação dos Resultados

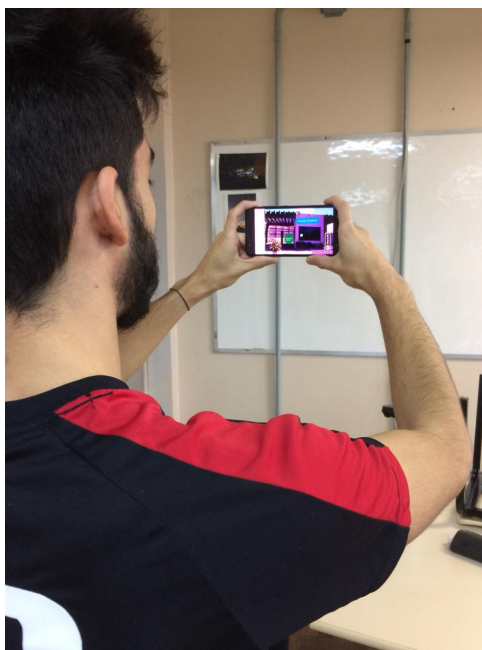
O *software* IBM SPSS Statistics foi escolhido para realizar a análise estatística adequada para os tipos de distribuições dos dados, com comparação de médias das pontuações totais dos questionários e média de tempo dos dispositivos nas tarefas.

Figura 29 – Representação da utilização do dispositivo Computador



Fonte: Autoria própria

Figura 30 – Representação da utilização do dispositivo *smartphone*



Fonte: Autoria própria

5 RESULTADOS

No presente capítulo são apresentados os resultados obtidos com o trabalho, em relação à execução do teste piloto, da avaliação principal, dos estudantes participantes, tempos das avaliações e por fim os dados compilados em resultados.

5.1 Teste Piloto

O teste piloto foi realizado com um aluno de um curso de graduação da UNI-PAMPA Campus Alegrete, seguindo todas as etapas do protocolo de execução.

Foi realizado um sorteio para definição da ordem de dispositivos e tarefas que o participante iria seguir em cada rodada do teste piloto. Na Tabela 4 pode ser visto o resultado do teste piloto, contendo o status da realização da tarefa, a respectiva tarefa e qual dispositivo utilizado.

Tabela 4 – Resultado do Teste Piloto

Rodada	Status	Tarefa	Dispositivo
Rodada 1	Não concluída	Tarefa 4 (Difícil)	<i>Smartphone</i>
Rodada 2	Concluída	Tarefa 1 (Fácil)	Cardboard
Rodada 3	Concluída	Tarefa 3 (Longo Deslocamento)	Gear VR
Rodada 4	Concluída	Tarefa 2 (Média)	Computador

Fonte: Autoria própria

Durante a execução do teste piloto, foi possível identificar algumas oportunidades de melhorias:

- **Haver conexão estável:** entre um rodada de avaliação e outra a conexão com a internet havia caído, o que fez com que a execução levasse mais tempo do que o previsto. Desta forma, será reservada outra sala do Campus Alegrete que tenha uma conexão mais estável, já que a sala que foi realizado o teste piloto costuma haver problemas de sinal da conexão com a internet.
- **Descrição de questão:** No questionário de avaliação, uma das primeiras questões coletadas referia-se à data da execução do teste piloto. Como o texto da questão apenas estava escrito “Data”, o participante achou que se referia à sua data de nascimento, informando assim o dia, mês e ano que nasceu. Para resolver este problema, será reescrito o texto da questão para: “Data da avaliação”.

Também durante a execução do teste piloto surgiram algumas sugestões de melhorias por parte do participante:

- **Imagens escuras:** Algumas imagens possuem partes escuras que dificultam a visualização de informações, principalmente as imagens internas do campus. Esse fato pode ser decorrente das imagens terem sido capturadas durante o dia, fazendo com

que a claridade da luz externa acabe deixando partes das imagens muito claras e parte muito escuras. Para resolver este problema, as imagens internas poderão ser capturadas durante a noite, com as luzes internas dos prédios acesas.

- **Ajustar os botões:** Os botões de navegação entre cenas estão com o texto cortado e também poderiam estar melhor posicionados nas cenas. Para resolver isto, será melhor posicionado os botões na cenas e o texto será corrigido para caso haja quebra de linha, ser separado corretamente.

Os dados coletados pela avaliação deste participante não foram considerados no resultado final do trabalho. Após a finalização do teste piloto, pode-se concluir que o protocolo criado é viável para a avaliação principal.

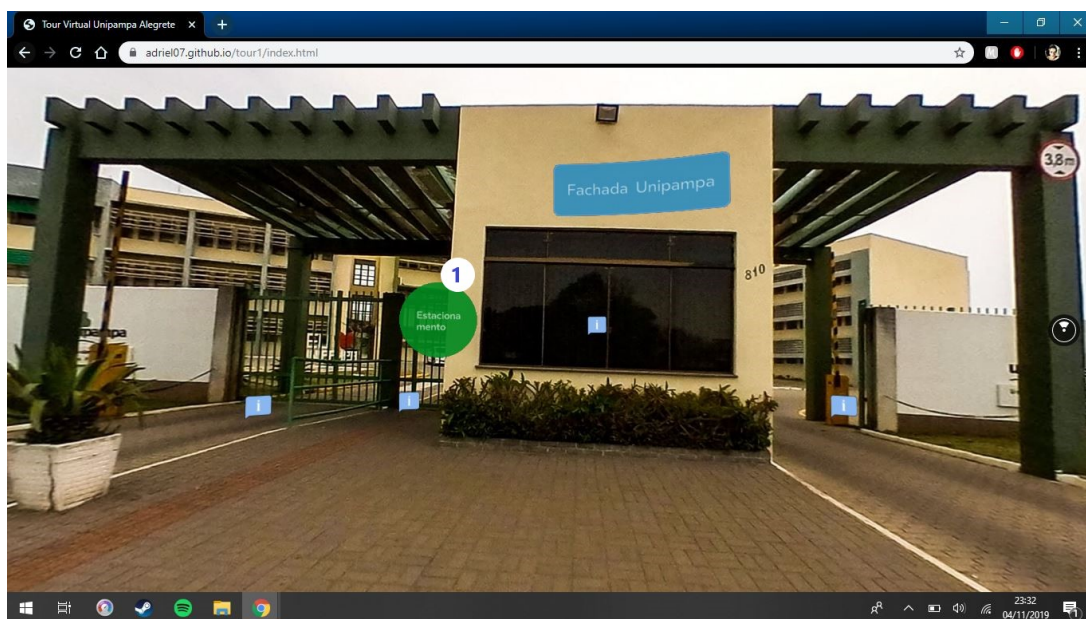
5.2 Aplicação da Avaliação

Foram realizadas as 41 avaliações com alunos da UNIPAMPA Campus Alegrete, conforme o protocolo de avaliação descrito na seção 4.5.

Cada participante teve de realizar as quatro tarefas solicitadas. Um exemplo de realização de tarefa é apresentado a seguir em passo a passo para a tarefa de nível fácil.

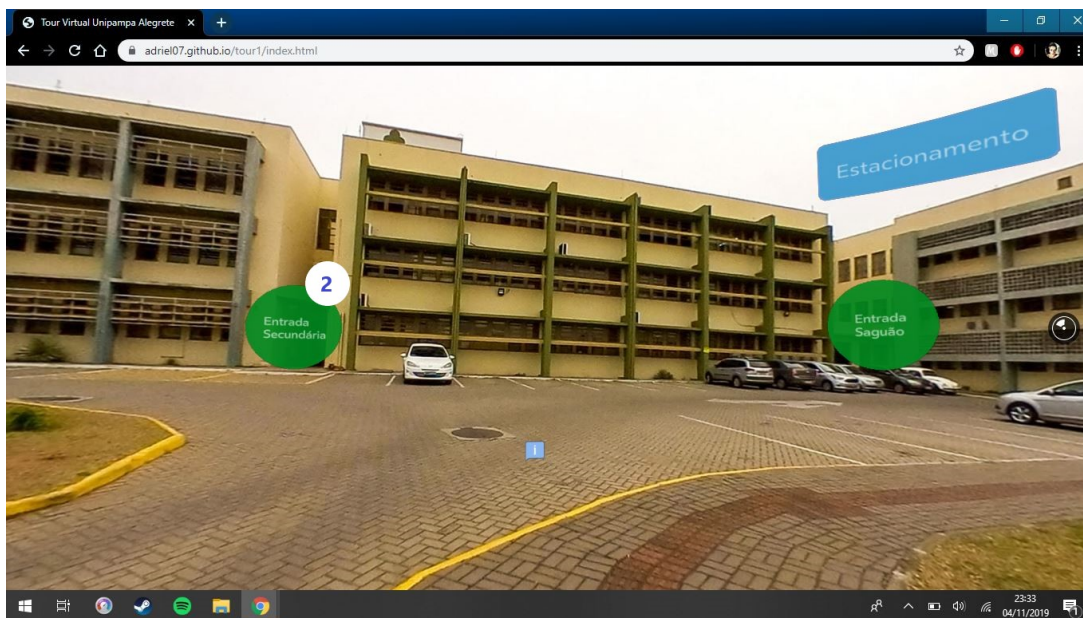
1. Ao acessar o site, o(a) participante visualiza a primeira cena do *tour*, a Fachada da UNIPAMPA (Figura 31).

Figura 31 – Imagem da primeira cena do *tour*



Fonte: Autoria própria

2. Depois, o(a) participante deve acionar o botão de navegação apresentado pelo número 1 (Figura 31), que fará com que o *site* carregue a visualização da cena 2, o Estacionamento da UNIPAMPA (Figura 32).

Figura 32 – Imagem da segunda cena do *tour*

Fonte: Autoria própria

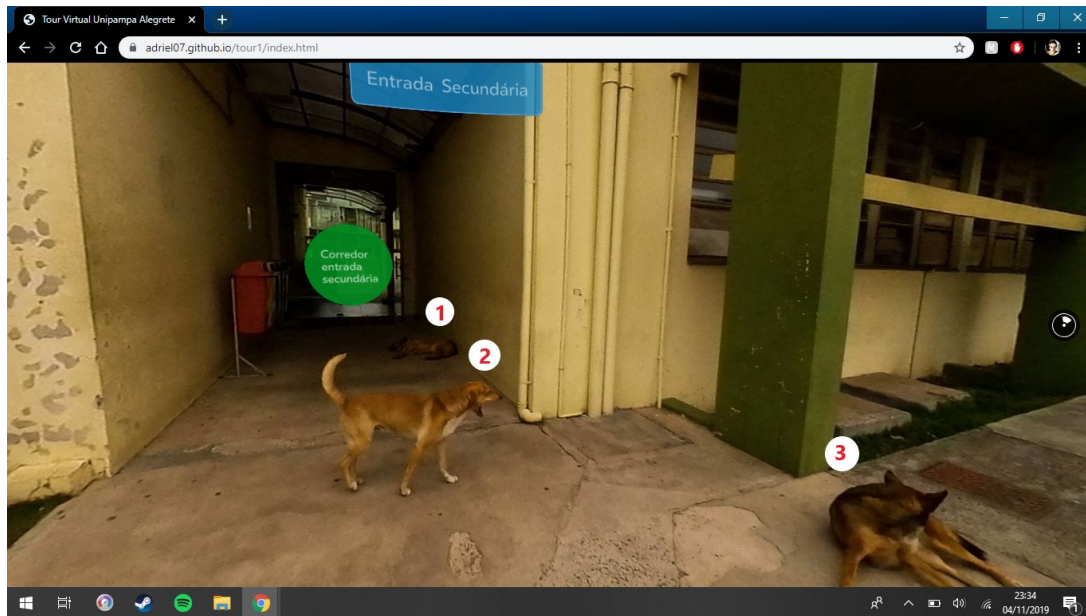
3. Em seguida, o(a) participante deve acionar o botão de navegação apresentado pelo número 2 (Figura 32), que fará com que o site mostre a cena 3, a Entrada Secundária (33).
4. Visualizando a Figura 33 da Entrada Secundária da UNIPAMPA, o(a) participante pode contar o número de cachorros que aparecem na cena, três cães.

Poucos participantes tiveram dificuldades de utilizar os dispositivos, pelo fato de que houve uma breve explicação de como era o funcionamento deles, antes de iniciar as tarefas.

5.3 Participantes

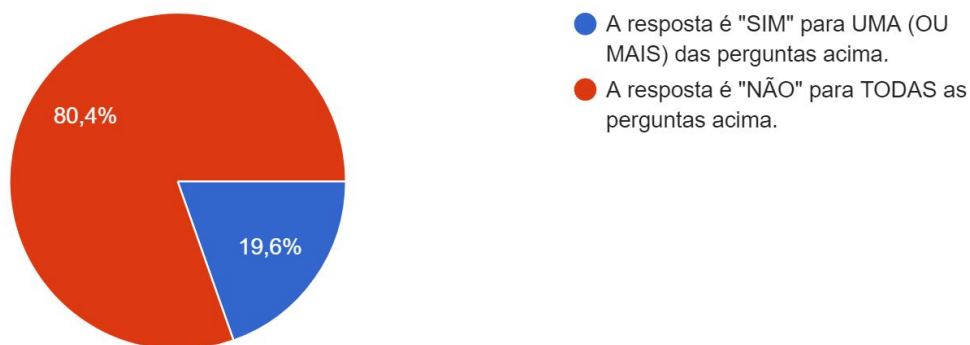
O número total de convidados para participarem da avaliação principal foi de 51 alunos, sendo que destes somente 41 puderam participar. Isto se deve ao fato de que o questionário de perfil de participante (Apêndice A) funciona como um instrumento de triagem.

A questão que poderia ou não tornar o(a) convidado(a) apto(a) para participar da avaliação é apresentada na Figura 34. Nela é possível ver que a maioria dos(as) convidados(as) respondeu “NÃO”, estando apto(a) para participar da avaliação, com o percentual de 80,4%, sendo o número total de 41 participantes desejados.

Figura 33 – Imagem da terceira cena do *tour*

Fonte: Autoria própria

Figura 34 – Pergunta de triagem para os(as) 51 convidados(as)



Fonte: Autoria própria

Os demais dados apresentados nessa seção foram gerados considerando apenas os alunos que participaram efetivamente da pesquisa.

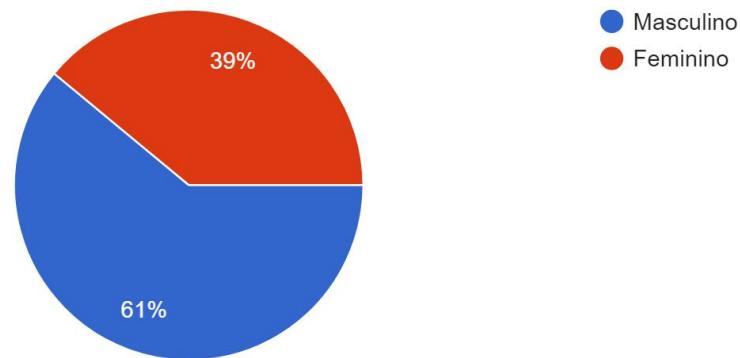
Na Figura 35, é apresentado o gráfico do sexo dos participantes da avaliação principal, sendo a maioria (61%) do sexo masculino. Essa informação foi obtida pela autodeclaração dos participantes.

A distribuição dos cursos dos participantes, sendo todos cursos superiores de bacharelado na UNIPAMPA Campus Alegrete, é apresentada na Figura 36. Essa informação foi obtida a partir da declaração dos participantes.

Os números exatos de participantes por curso são listados a seguir:

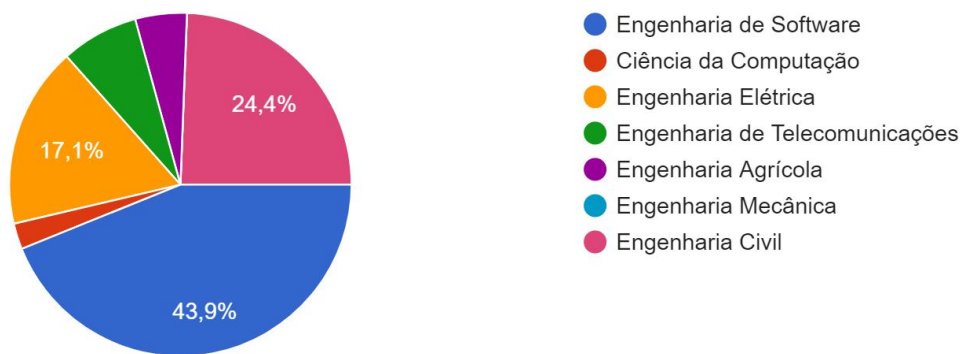
- 18 participantes da Engenharia de Software
- 10 participantes da Engenharia Civil

Figura 35 – Sexo dos Participantes



Fonte: Autoria própria

Figura 36 – Curso dos Participantes



Fonte: Autoria própria

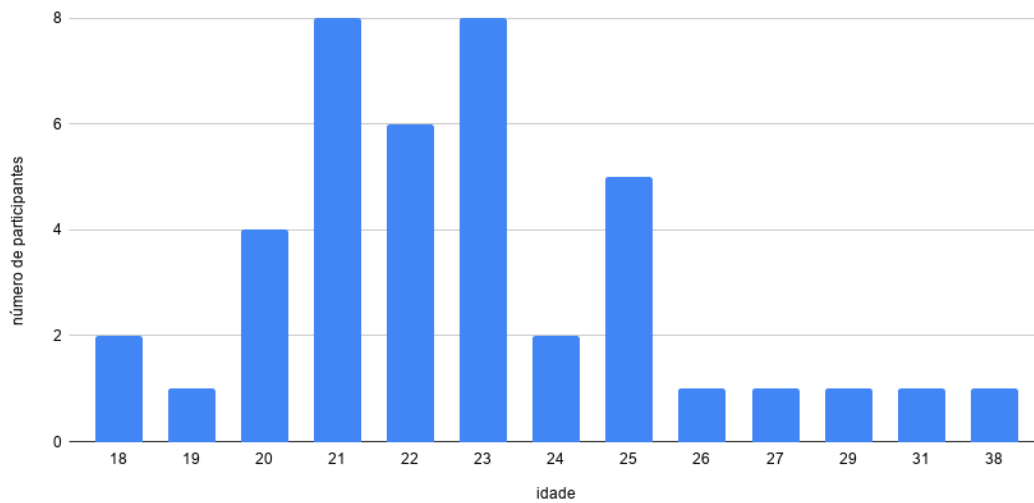
- 7 participantes da Engenharia Elétrica
- 3 participantes da Engenharia de Telecomunicações
- 2 participantes da Engenharia Agrícola
- 1 participante da Ciência da Computação

A média de idade dos participantes é 23 anos, sendo sua distribuição entre 18 anos e 38 anos conforme a Figura 37. Essa informação foi também declarada pelos participantes durante a pesquisa.

A suscetibilidade a enjoo ao andar de carro, ônibus, barco ou avião foi registrada pelo questionário de perfil. A Figura 38 mostra que 23 pessoas (56%) indicaram “NÃO” e 18 pessoas votaram “SIM” (44%), sugerindo uma quantidade significativa de pessoas sensíveis a esses efeitos.

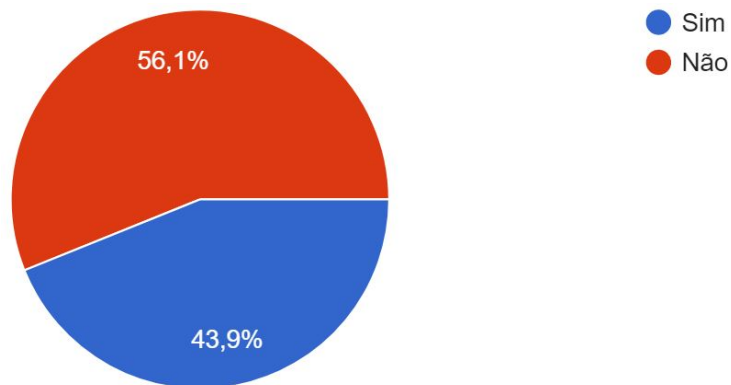
E, para aqueles(as) participantes que responderam já ter tido enjoos, identificamos a baixa frequência de incidência desse efeito. Das 18 respostas, somente uma (5,5%) foi “SIM” (Figura 39). Este(a) participante foi novamente questionado se, mesmo tendo

Figura 37 – Idades dos Participantes



Fonte: Autoria própria

Figura 38 – Quantidade de participantes que já tiveram enjoos em carro, ônibus, barco ou avião



Fonte: Autoria própria

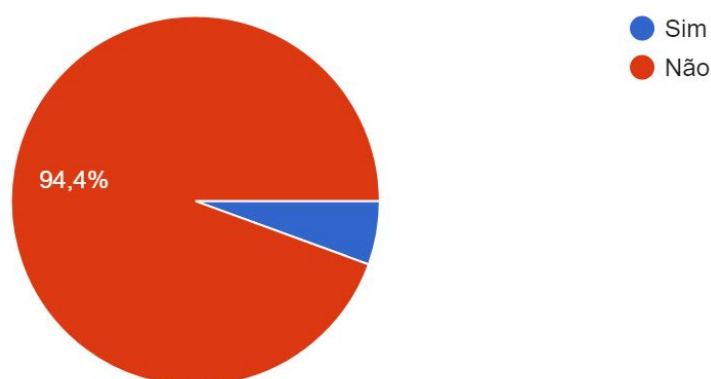
enjoos frequentes em veículos, queria participar da avaliação, tendo como resposta a afirmação de interesse e disponibilidade em participar.

5.4 Pontuações do SEQ

As respostas de cada participante a cada questão em escala Likert do SEQ e para cada dispositivo avaliado estão disponíveis no Apêndice E. Também se encontram no apêndice as respostas descritivas em relação à questão 13 do questionário, relativa ao motivo da sensação de desconforto durante a realização de alguma tarefa.

Para calcular a pontuação global do questionário SEQ, basta somar os valores das respostas do participante, considerando “Nem um pouco” como 1, “Muito” como valor 5 e os demais como valores entre 2 e 4 conforme sua posição. Porém, como as questões

Figura 39 – Identificação da frequência da ocorrência de enjoos



Fonte: Autoria própria

Q7, Q8, Q9, Q10, Q12 e Q13 do questionário têm tom negativo, é necessário realizar a inversão da pontuação (ou seja, uma resposta de pontuação 1 tem um valor final de 5, uma resposta de 2 tem um valor final de 4, uma resposta de 4 tem um valor final de 2, e uma resposta de 5 tem um valor final de 1) antes de calcular o *score* final. A pontuação global do questionário SEQ ajustado varia de 12 pontos (má adequabilidade) até 60 pontos (excelente adequabilidade).

5.5 Tempos

A coleta dos dados de tempo para análise foi realizada no momento da avaliação após o participante concluir a tarefa ou o tempo limite ser atingido. Após todas as avaliações, os tempos foram adicionados em uma planilha, convertidos em segundos (originalmente foram registrados como uma combinação de minutos e segundos), e agrupados por dispositivo.

A planilha contendo os tempos das avaliações agrupadas por dispositivos se encontra no Apêndice F.

5.6 Compilação dos Resultados

Com as respostas coletadas por meio de formulário do Google Drive, os dados foram importados no *software* IBM SPSS Statistics.

No *software*, foi calculada a pontuação total para cada dispositivo em relação às questões do questionário. Também foi calculado o tempo de realização das tarefas pelos participantes, sendo calculado o tempo médio de cada dispositivo em relação às tarefas.

5.6.1 Pontuações

A tabela contendo as pontuações individuais de cada dispositivo nas avaliações está disponível no link: <<http://bit.ly/pontuacoesSEQ>>.

Tabela 5 – Estatística descritiva dos scores dos diferentes dispositivos

	Estatística Descritiva scores			
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Computador	54,4390	5,36213	42,00	60,00
Gear VR	55,6829	4,36714	45,00	60,00
Smartphone	54,3659	5,29507	39,00	60,00
Cardboard	47,6585	8,70807	28,00	59,00

Fonte: Autoria própria

Com os *scores* finais gerados, foi realizado o teste de normalidade Shapiro-Wilk¹ sobre esses dados. O resultado do teste é apresentado na Tabela 6, na qual é possível ver que o p-valor é menor que 0,05 para todos os dispositivos, ou seja, as amostras foram obtidas a partir de uma população com distribuição diferente da distribuição normal.

Tabela 6 – Teste Shapiro-Wilk para normalidade dos *scores* SEQ

	Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	p-valor
Computador	,878	41	0.000
Gear VR	,854	41	0.000
Smartphone	,892	41	0.001
Cardboard	,918	41	0.006

Fonte: Autoria própria

Dado que testes não paramétricos se mostram mais adequados para nossas amostras devido às evidências de distribuição não normal dos dados, foi realizado o teste de Friedman² para analisar as diferenças de postos em várias amostras pareadas. As amostras nesse trabalho representam os diferentes dispositivos usados: computador, *smartphone*, Google Cardboard, e Samsung Gear VR. Na Tabela 7 é possível analisar que a significância (p-valor) também está abaixo de 0,05, indicando que as amostras são diferentes entre si.

Após o teste de Friedman, foi realizado o teste de sinais³ para indicar quais pares amostras são significativamente diferentes entre si, assumindo que as pontuações das amostras não possuem distribuições simétricas. O resultado pode ser visto na Tabela 8.

¹ Este teste de normalidade para amostras pequenas analisa se os dados da amostra vêm de uma população com distribuição normal (ZAIONTZ, 2014a). Um p-valor for superior a 0.05 (confiabilidade de 95%), indica dados provenientes de distribuição não normal.

² O teste de Friedman é um equivalente não paramétrico ao teste ANOVA para medidas repetidas. A diferença de postos equivale, para todos os efeitos, à diferença das medianas das amostras (ZAIONTZ, 2016).

³ O teste de sinais é uma alternativa não paramétrica mais genérica ao teste-t para amostras pareadas (ZAIONTZ, 2014b).

Tabela 7 – Teste de Friedman dos *scores* SEQ nos diferentes dispositivos

	Teste Friedman
N	41
Qui-quadrado	36,159
gl	3
Significância Sig.	0,000

Fonte: Autoria própria

No teste é possível perceber que a significância está abaixo de 0,05 para todos os pares que possuem o dispositivo Cardboard (Cardboard- *smartphone*, Cardboard-Gear VR e Cardboard-computador). Desta forma, conforme a Tabela 5 de estatística descritiva, conclui-se que a pontuação SEQ para Cardboard é significativamente menor que os demais, indicando uma menor adequação.

Não há evidências de diferença significativa entre os demais dispositivos.

Tabela 8 – Teste de sinais dos *scores* SEQ nos diferentes dispositivos

	Teste de Sinais					
	Cardboard - Smart.	Smart. - Gear VR	Smart. - Comp.	Gear VR - Comp.	Cardboard - Comp.	Cardboard - Gear VR
Z	-3,407	-,857	-,167	-1,237	-4,056	-4,902
Sig.	,001	,391	,868	,216	,000	,000

Fonte: Autoria própria

5.6.2 Tempos

A tabela contendo os tempos das avaliações está disponível no link: <<http://bit.ly/temposAvaliacoes>>

Após a conversão dos tempos ser realizada, os dados foram importados para o *software* IBM SPSS Statistics e agrupados por dispositivos. Uma visão geral dos dados pode ser encontrada na Tabela 9.

Tabela 9 – Estatística descritiva do tempo nos diferentes dispositivos

	Estatística Descritiva dos tempos (seg.)			
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Computador	170,2927	162,52127	26,00	600,00
Gear VR	187,2195	157,16958	13,00	570,00
Smartphone	194,4634	160,74282	21,00	600,00
Cardboard	218,7317	174,42119	20,00	600,00

Fonte: Autoria própria

Pode-se perceber na Tabela 9 que o dispositivo Cardboard exigiu, em média, mais tempo para realização das tarefas que os demais e que o computador exigiu menos tempo que os demais. Percebe-se também que o único dispositivo que não exigiu o tempo máximo

na realização de alguma tarefa (ou seja, dispositivo que todos os participantes conseguiram concluir as tarefas em menos de 10 minutos) foi o Gear VR.

O resultado do teste Shapiro-Wilk de normalidade de distribuição é visto na Tabela 10.

Tabela 10 – Teste de normalidade de dados Shapiro-Wilk dos tempos

	Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Significância
Computador	,803	41	,000
Gear VR	,885	41	,001
<i>Smartphone</i>	,865	41	,000
Cardboard	,890	41	,001

Fonte: Autoria própria

É possível ver na Tabela 10 que o valor da significância é menor que 0,05 para todos os dispositivos, ou seja, nenhuma das amostras possui distribuição normal. Desta forma, permanece o uso de testes não paramétricos. O teste de Friedman foi dispensado nesse caso, pois o teste de sinais (Tabela 11) apresenta diretamente a existência de diferenças entre pares de dispositivos.

Percebe-se pela análise da Tabela 11 que o valor da significância é maior que 0,05 para todos os pares de dispositivos, indicando claramente que não há diferença significativa do ponto de vista de tempo para completar as tarefas.

Tabela 11 – Teste de sinais dos tempos nos diferentes dispositivos

	Teste de Sinais					
	Gear VR - Comp.	Smart. - Comp.	Cardboard - Comp.	<i>Smartphone</i> - Gear VR.	Cardboard - Gear VR.	Cardboard - Smart.
Z	-,026	-1,445	-1,069	-,136	-,324	-1,238
Sig.	,979	,148	,285	,892	,746	,216

Fonte: Autoria própria

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são feitas as considerações finais do presente trabalho, além de serem apresentados os principais resultados obtidos, as limitações e os possíveis trabalhos futuros.

Este trabalho partiu da investigação das novas tecnologias e trabalhos realizados em VR e WebXR, com foco em avaliação da interação de usuários, principalmente no que tange às técnicas de avaliação.

Esse estudo buscou avaliar a interação de usuários em diferentes dispositivos de visualização de um *site* em forma de *tour* virtual.

Uma das contribuições é a criação de um *site* de *tour* virtual para a UNIPAMPA Campus Alegrete, utilizando a tecnologia WebXR com o *framework* React 360. Esse *tour* pode ser ampliado e pode fazer parte do portal institucional do campus para orientar estudantes calouros e pessoas interessadas em estudar na instituição.

A avaliação realizada com os(as) 41 participantes demonstrou que o protocolo de execução criado é válido para avaliações semelhantes. O cálculo realizado para definição do número de participantes mostra que há relevância estatística na avaliação, ou seja, o número de participantes representa a população total (alunos da UNIPAMPA Campus Alegrete).

É possível concluir a adequação dos dispositivos medida por meio do questionário SEQ para realização de *tour* virtual respeita a seguinte classificação:

1. Gear VR = Computador = *Smartphone*
2. Cardboard

Com relação aos tempos para completar as tarefas, os dispositivos não apresentam diferenças significativas entre si, embora a taxa de sucesso em completar as tarefas no tempo máximo previsto tenha sido 100% apenas para o dispositivo Gear VR. Com isso em mente, é possível gerar a seguinte classificação relacionada ao desempenho nas tarefas:

1. Gear VR
2. Cardboard = Computador = *Smartphone*

Do ponto de vista da análise das respostas da questão Q13 do questionário SEQ, temos o seguinte agrupamento de considerações por dispositivos:

- **Computador**

- demora para carregar as cenas
- posição de algumas imagens inconsistentes com o sentido do *tour* do participante

- **Gear VR**

- visualização dos textos e botões embaçada
- leves travamentos
- causou tontura

- **Smartphone**

- demora para carregar as imagens
- posição de algumas imagens inconsistentes com o fluxo do *tour* do participante
- leve dor de cabeça
- leve dor nos olhos

- **Cardboard**

- imagens embaçadas
- desconforto
- baixa qualidade das imagens
- difícil leitura das informações
- leve tontura

Com o agrupamento de considerações percebemos que em relação à questão Q13 os dispositivos podem ser classificados na seguinte ordem (os dispositivos com menos considerações negativas ou com problemas considerados menos graves aparecem primeiro):

1. Computador
2. Gear VR
3. *Smartphone*
4. Cardboard

Desta forma, podemos concluir que do ponto de vista da pontuação SEQ o dispositivo Gear VR foi o melhor, mesmo com os participantes relatando considerações negativas para ele. O Gear VR também foi o único dispositivo no qual todos os participantes concluíram as tarefas antes do tempo limite estabelecido.

Já o dispositivo cardboard se mostrou inferior aos demais pela sua pontuação no questionário SEQ, pelas considerações negativas dos participantes e pelo tempo para realização das tarefas com a maior média entre todos os outros.

6.1 Limitações

Entre as dificuldades encontradas no desenvolvimento do presente trabalho, é possível elencar as seguintes:

- Necessidade de câmera específica para capturar imagens 360° com qualidade aceitável;
- Grande número de fotos capturadas, convertidas e configuradas para o *tour*;
- Considerável número de convidados que não puderam participar das avaliações por conta do perfil de participante;
- Tempo elevado para *download* e exibição nas imagens nos dispositivos quando a mais alta qualidade era mantida.

Já as ameaças que podem causar viés e tornar nossos resultados apenas parcialmente corretos, temos:

- A escolha do perfil de participantes de estudantes de curso superior pode não ser a melhor representação dos potenciais usuários do *tour*, como pessoas de baixa escolaridade ou mais velhas por exemplo;
- A escolha e utilização de um questionário padronizado de VR, com característica para usuários em fase de reabilitação;
- A ausência de testes com dispositivos de VR de melhor qualidade como Oculus Rift e HTC Vive.

6.2 Trabalhos Futuros

Como possíveis trabalhos futuros, podem ser elencados:

- Definição de características necessárias ou desejáveis para *sites* em forma de *tour* virtual;
- Estudo e desenvolvimento de melhorias de desempenho do *site* WebXR;
- Adição de novos e melhores dispositivos de visualização de VR para comparação;
- Ampliar a população avaliada para além de estudantes;
- Revalidar a qualidade psicométrica do SEQ quando removida a questão de reabilitação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, I. Rodrigues de. Realidade virtual na web: uma avaliação qualitativa do ponto de vista usuário. Universidade Federal de Pernambuco, 2002. Citado na página 39.
- BARBOSA, S.; SILVA, B. **Interação Humano-Computador**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Elsevier Brasil, 2010. Citado na página 35.
- BUTCHER, P. W.; RITSOS, P. D. **Building immersive data visualizations for the web**. IEEE Conference Publications, 2017. 142–145 p. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10034/620720>>. Citado na página 40.
- COSTA, R. M.; RIBEIRO, M. W. S. **Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre, RS, BR: Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, 2009. ISBN 857669236-8. Citado 3 vezes nas páginas 23, 29 e 30.
- FABROYIR, H.; TENG, W.-C. Navigation in virtual environments using head-mounted displays: Allocentric vs. egocentric behaviors. **Computers in Human Behavior**, v. 80, 11 2017. Citado na página 41.
- FACEBOOK. **React 360 · Create amazing 360 experiences**. 2018. Acessado em: 15 mai. 2018. Disponível em: <<https://facebook.github.io/react-360/>>. Citado na página 33.
- FITZGERALD, D. et al. Usability evaluation of e-motion: A virtual rehabilitation system designed to demonstrate, instruct and monitor a therapeutic exercise programme. **2008 Virtual Rehabilitation, IWVR**, p. 144 – 149, 09 2008. Citado na página 43.
- FRESE, V. C.; MORETTO, M. A.; FRESE, R. A. Utilização do óculos de realidade virtual em simulador de direção. **REVISTA CONVERSATIO**, v. 2, n. 3, p. 134–152, jan 2017. Citado na página 25.
- GIL-GOMEZ, J.-A. et al. Useq: A short questionnaire for satisfaction evaluation of virtual rehabilitation systems. **Sensors**, v. 17, 07 2017. Citado na página 45.
- GIL-GOMEZ, J.-A. et al. Seq: Suitability evaluation questionnaire for virtual rehabilitation systems. application in a virtual rehabilitation system for balance rehabilitation. 05 2013. Citado 2 vezes nas páginas 45 e 48.
- HOWARD, K. **Validating Questionnaires**. 2008. Citado na página 36.
- INSIGHTS, G. Global virtual reality industry to reach \$7.2 billion in revenues in 2017 – road to vr. **Road to VR**, 2017. Acessado em: 15 mai. 2018. Disponível em: <<https://www.roadtovr.com/global-virtual-reality-industry-reach-7-2-billion-revenues-2017>>. Citado na página 23.
- JONES, B.; WALICZEK, N. (Ed.). **WebXR Device API**. 2018. Acessado em: 25 out. 2018. Disponível em: <<https://immersive-web.github.io/webxr/>>. Citado na página 31.
- KALAWSKY, R. S. Vruse—a computerised diagnostic tool: for usability evaluation of virtual/synthetic environment systems. **Applied Ergonomics**, v. 30, n. 1, p. 11 – 25, 1999. ISSN 0003-6870. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687098000477>>. Citado na página 43.

- KAUR, K.; MAIDEN, N. A. M.; SUTCLIFFE, A. G. Design practice and usability problems with virtual environments. 1996. Citado na página 35.
- KIRNER, C.; PINHO, M. S. **Introdução à Realidade Virtual**. São Carlos, SP, Brasil: Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 1997. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações**. Petrópolis, RJ, Brasil: Pré-Simpósio do SVR2007, 2007. Citado na página 35.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. 2007. Citado na página 37.
- KIZONY, R. et al. Short feedback questionnaire (sfq) to enhance client-centered participation in virtual environments. **CyberPsychology Behavior**, v. 9, p. 687–688, 12 2006. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 45.
- LAKATOS, E.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. Atlas, 2005. ISBN 9788522440153. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=r0ruAAAACAAJ>>. Citado na página 35.
- MORIE, J. F. Inspiring the future: Merging mass communication, art, entertainment and virtual environments. **SIGGRAPH Comput. Graph.**, ACM, New York, NY, USA, v. 28, n. 2, p. 135–138, maio 1994. ISSN 0097-8930. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/178951.178973>>. Citado na página 29.
- NIELSEN, J. **Usability Engineering**. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993. ISBN 0125184050. Citado na página 35.
- OPREAN, D. et al. Developing and evaluating vr field trips. **Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**, Springer International Publishing AG, 11 2017. Citado na página 39.
- OSMAN, A.; WAHAB, N. A. Virtual excursions for tiny fingers: A shared experience. p. 1–5, 2011. Citado na página 38.
- RUSU, C. et al. Usability heuristics for virtual worlds. In: . [S.l.: s.n.], 2011. Citado na página 35.
- SAMSUNG. **Samsung Gear VR - User Manual**. 2014. Acessado em: 01 mai. 2019. Disponível em: <http://downloadcenter.samsung.com/content/UM/201412/20141206022122390/GEN_SM-R320_GEAR-VR_English_User-Manual_KK_R5.pdf>. Citado na página 48.
- SATHE, V. et al. Virtual reality websites (vr web). v. 1, p. 647–652, 2017. Citado na página 40.
- SAURO, J.; LEWIS, J. R. **Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research**. 1st. ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2012. ISBN 9780123849687, 9780123849694. Citado na página 49.
- SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. **Understanding virtual reality: Interface, application, and design**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2018. Citado na página 29.

SOTO, R. F. M. **Usabilidad en Mundos Virtuales**. Tese (Doutorado) — PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO, 2011. Citado na página 35.

SURVEYMONKEY. **Calculadora de tamanho de amostra**. 2019. Acessado em: 21 mai. 2019. Disponível em: <<https://pt.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>>. Citado na página 49.

SUTCLIFFE, A.; GAULT, B. Heuristic evaluation of virtual reality applications. **Interacting with Computers**, v. 16, p. 831–849, 08 2004. Citado na página 35.

WITMER, B. G.; SINGER, M. J. Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 7, n. 3, p. 225–240, 1998. Disponível em: <<https://doi.org/10.1162/105474698565686>>. Citado na página 43.

YE, Q.; HU, W.; ZHOU, H. Implementation of webvr-based laboratory for control engineering education based on ncslab framework. **2017 36th Chinese Control Conference (CCC)**, p. 7880–7885, 2017. Citado na página 41.

ZAIONTZ, C. **Shapiro-Wilk Original Test**. 2014. Acessado em: 24 out. 2019. Disponível em: <<http://www.real-statistics.com/tests-normality-and-symmetry/statistical-tests-normality-symmetry/shapiro-wilk-test/>>. Citado na página 68.

ZAIONTZ, C. **Sign Test**. 2014. Acessado em: 24 out. 2019. Disponível em: <<http://www.real-statistics.com/non-parametric-tests/sign-test/>>. Citado na página 68.

ZAIONTZ, C. **Friedman Test**. 2016. Acessado em: 24 out. 2019. Disponível em: <<http://www.real-statistics.com/anova-repeated-measures/friedman-test/>>. Citado na página 68.

ZAIONTZ, C. **Latin Squares Design**. 2018. Acessado em: 14 jun. 2019. Disponível em: <<http://www.real-statistics.com/design-of-experiments/latin-squares-design/>>. Citado na página 55.

Apêndices

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PERFIL

QUESTIONÁRIO DE PERFIL DE PARTICIPANTE

Título do projeto: Avaliação da Interação de Usuários em diferentes dispositivos de visualização de um *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete.

Este questionário tem intuito de identificar o perfil do participante, para validar sua participação na pesquisa.

1. Leia cuidadosamente as perguntas abaixo:

- Você está grávida?
- Você tem menos de 13 anos?
- Você tem mais de 60 anos?
- Você está se sentindo cansado ou cansada (está com fadiga)?
- Você está sob efeito de medicação psicoativa (que altera a função cerebral) como antidepressivos, estimulantes, reguladores de humor, anticonvulsivos, anestésicos, etc.?
- Você está sob efeito de drogas psicoativas (que alteram a função cerebral) como maconha, ecstasy, anfetaminas, etc.?
- Você está sob efeito de álcool ou bebeu quantidades elevadas de álcool há algumas horas?
- Você está com ressaca?
- Você está com problemas digestivos, estomacais ou se sentindo enjoado?
- Você está com dor de cabeça?
- Você tem enxaqueca?
- Você está com dor de ouvido ou fazendo tratamento devido a alguma infecção no ouvido?
- Você está gripado ou resfriado?
- Você está sob estresse intenso nesse momento?
- Você está com ansiedade intensa nesse momento?
- Você tem anormalidades de visão binocular (ou seja, não consegue enxergar bem com algum dos olhos) como estrabismo, ambliopia (também conhecida como olho preguiçoso), miopia e hipermetropia?
- Você tem transtornos psiquiátricos?
- Você tem problemas neurológicos de qualquer natureza (incluindo convulsões)?
- Você tem problemas cardíacos de qualquer natureza?
- Você tem problemas médicos sérios de qualquer natureza?

Marque com um "X" em uma das linhas a seguir, referente a todas as perguntas acima.

_____ A resposta é "sim" para **UMA (OU MAIS)** das perguntas acima.

_____ A resposta é "não" para **TODAS** as perguntas acima.

Caso você tenha escolhido [**A resposta é "sim" para UMA (OU MAIS) das perguntas acima**] infelizmente não é adequado que você participe dessa pesquisa. Agradecemos imensamente o tempo cedido para responder nosso questionário e garantimos que as respostas nesse questionário não serão tornadas públicas. Desta forma, não é necessário responder o restante do questionário, e você pode devolvê-lo para o pesquisador.

2. Caso você tenha escolhido [A resposta é "não" para TODAS as perguntas acima], responda a questão abaixo:

Você já se sentiu enjoado andando de carro, ônibus, barco ou avião?

R: _____

Se você respondeu [*sim*], isso é frequente?

R: _____

Caso você tenha respondido [**sim**] em, pelo menos, uma das perguntas acima, significa que os riscos de se sentir enjoado ou enjoada no teste são maiores que para outras pessoas. Porém, isto não exclui sua participação no teste. Se mesmo assim deseja participar da pesquisa, preencha seu nome e assine esse questionário.

Caso tenhas respondido [**não**] em ambas as perguntas acima e deseja participar da pesquisa, preencha seu nome e assine esse questionário.

Nome do Participante da Pesquisa: _____

Assinatura do Participante da Pesquisa

Local e data _____

**APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do projeto: Avaliação da Interação de Usuários em diferentes dispositivos de visualização de um *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete.

Pesquisador responsável: Jean Felipe Patikowski Cheiran

Pesquisador participante: Adriel Rodrigues

Instituição: Universidade Federal do Pampa – Unipampa

Campus/Curso: Alegrete/Engenharia de Software

Telefone para contato: 51 984121013 / 55 996088979

Local da coleta de dados: _____

Você está sendo convidado para participar, como voluntário, de um experimento de avaliação da Interação de Usuários referente ao Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Bacharelado em Engenharia de Software. Esse TCC tem como objetivo, comparar o uso de 4 diferentes dispositivos de visualização de uma aplicação WebXR: computador pessoal, *smartphone* sem óculos de VR, *smartphone* com GoogleCardBoard e Samsung GearVR. Você pode a qualquer momento pedir esclarecimentos sobre o TCC, os métodos utilizados e os procedimentos do experimento (informações coletadas, armazenamento e uso das informações, pessoas responsáveis pela pesquisa, etc.).

Você também poderá parar de participar a qualquer momento apenas avisando o pesquisador, sem sofrer qualquer tipo de penalidade ou prejuízo.

Após ler e tirar suas dúvidas sobre as informações a seguir, se aceitar participar da pesquisa, assine no final deste documento, que tem duas cópias. Uma delas é sua e a outra será arquivada pelo pesquisador responsável.

O que você precisará fazer nos testes:

1. Ouvir as instruções do pesquisador.
2. Preencher o questionário de perfil.
3. Acessar o site *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete e tentar cumprir as tarefas indicadas pelo pesquisador.
4. Preencher um questionário sobre a experiência ao usar os dispositivos para visualizar o site e ao realizar todas as tarefas.

Riscos que você corre ao participar da pesquisa:

Um conjunto conhecido de efeitos* colaterais podem ocorrer durante ou depois da pesquisa. Eles são listados a seguir.

Efeitos* INCOMUNS e temporários que podem vir a acontecer ao participar da pesquisa:

1. Suor excessivo.
2. Salivação aumentada.
3. Náusea.
4. Desconforto e dores de cabeça ou nos olhos.
5. Sonolência.
6. Fadiga
7. Enjoos.
8. Vista cansada.
9. Olhos tremendo.
10. Visão alterada, dobrada ou borrada.
11. Tontura.
12. Desorientação.

Efeitos* RAROS e temporários que podem vir a acontecer ao participar da pesquisa:

1. Movimentos involuntários.
2. Convulsões.
3. Perda de consciência.
4. Equilíbrio prejudicado.
5. Coordenação olho-mão prejudicada.

Se dentro de oito horas após o teste você sentir algum dos efeitos indicados, você deve imediatamente entrar em contato com os pesquisadores e com o atendimento emergencial do Sistema Único de Saúde para prestação de auxílio.

* Esses efeitos são sintomas de *motion sickness* (também conhecido como *cyber sickness* ou *simulation sickness*) e são decorrentes da exposição a um ambiente virtual, especialmente por meio de óculos de Realidade Virtual (*head-mounted displays*), sendo previstos nos manuais desses dispositivos e podendo afetar uma parcela dos usuários.

Benefícios da pesquisa:

1. Um site em forma de *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete;
2. A avaliação de Experiência de Usuário (UX) a partir do uso de diferentes dispositivos de visualização do site.

Participar dessa pesquisa não gera nenhum custo. Você também não receberá qualquer dinheiro ou ajuda financeira para participar da pesquisa ou chegar ao local dos testes.

Seu nome e outros dados serão mantidos em sigilo, e as informações coletadas na pesquisa (questionário de perfil, respostas dos questionários) serão guardadas pelos pesquisadores responsáveis. Os resultados poderão ser divulgados no texto final do TCC, em publicações ou outras formas de divulgação respeitando sempre o sigilo.

Nome do Participante da Pesquisa: _____

Assinatura do Participante da Pesquisa

Nome do Pesquisador Responsável: _____

Assinatura do Pesquisador Responsável

Local e data _____

APÊNDICE C – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

Título do projeto: Avaliação da Interação de Usuários em diferentes dispositivos de visualização de um *tour* virtual da UNIPAMPA Campus Alegrete.

Pesquisador responsável: Jean Felipe Patikowski Cheiran

Pesquisador participante: Adriel Rodrigues

Instituição: Universidade Federal do Pampa – Unipampa

Campus/Curso: Alegrete/Engenharia de Software

Telefone para contato: 51 984121013 / 55 996088979

Os pesquisadores do presente trabalho se comprometem a preservar a privacidade e o anonimato dos participantes cujos dados serão coletados (1) questionário de perfil, (2) termo de consentimento livre e esclarecido e (3) questionários SEQ preenchidos. Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente para execução da presente pesquisa. As informações somente poderão ser divulgadas preservando o anonimato dos participantes e serão mantidas em poder dos responsáveis pela pesquisa, professor pesquisador Jean Felipe Patikowski Cheiran e acadêmico pesquisador Adriel Rodrigues, por um período de 5 anos. Após este período, os dados serão destruídos.

Alegrete, __ de _____ de 2019.

Jean Felipe Patikowski Cheiran

SIAPE 2078666

.....
Adriel Rodrigues

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Nome do Participante da Pesquisa: _____

Data: ____/____/____

Dispositivo de Visualização:

Samsung Gear VR ()

Smartphone ()

Smartphone com Cardboard ()

Computador ()

Questões	Respostas				
	<i>Nem um pouco</i>				<i>Muito</i>
Q1. Quanto você gostou da sua experiência com o sistema?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q2. Quanto você sentiu estar no ambiente do sistema?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q3. Quão bem-sucedido você estava no sistema?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q4. Até que ponto você conseguiu controlar o sistema?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q5. Quão real é o ambiente virtual do sistema?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q6. As informações fornecidas pelo sistema estão claras?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q7. Você sentiu desconforto durante a sua experiência com o sistema?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q8. Você sentiu tontura ou náusea durante a prática com o sistema?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q9. Você sentiu desconforto ocular durante a prática com o sistema?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q10. Você se sentiu confuso ou desorientado durante sua experiência com o sistema?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Questões	Respostas				
	<i>Muito fácil</i>				<i>Muito difícil</i>
Q11. Você achou a tarefa difícil?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
Q12. Você achou os dispositivos do sistema difíceis de usar?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

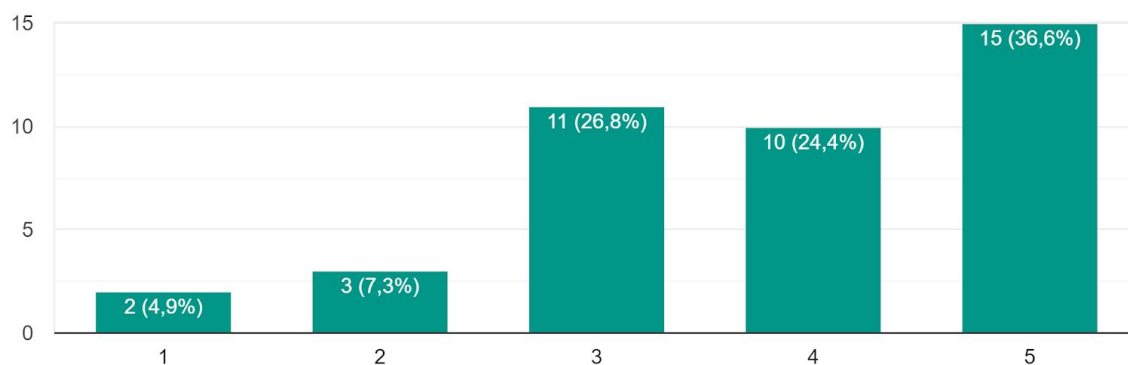
Questão	Resposta aberta: (Não) ou (Sim + razões)
Q13. Se você se sentiu desconfortável durante a tarefa, indique as razões.	

APÊNDICE E – RESPOSTAS DAS AVALIAÇÕES POR DISPOSITIVO

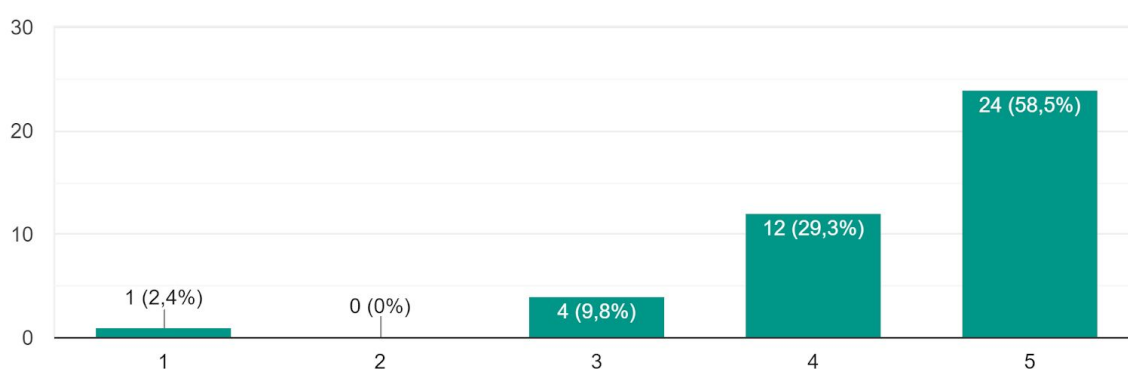
Cardboard

Q1. Quanto você gostou da sua experiência com o sistema?

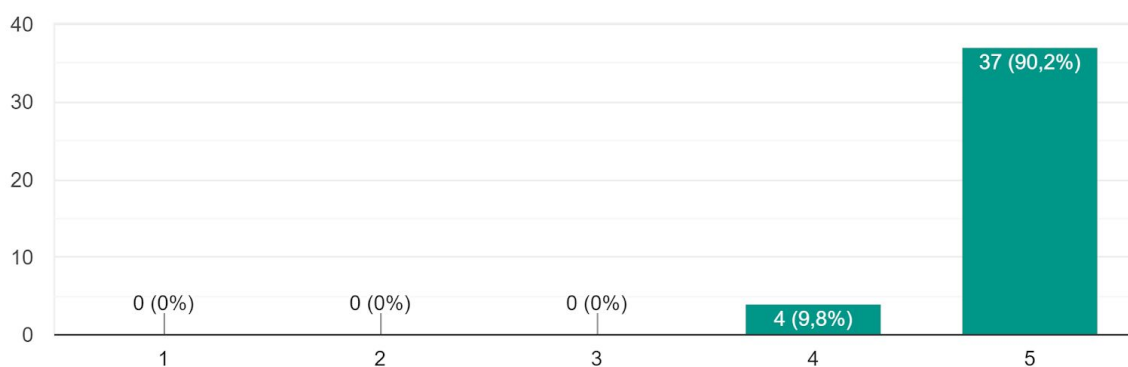
41 respostas



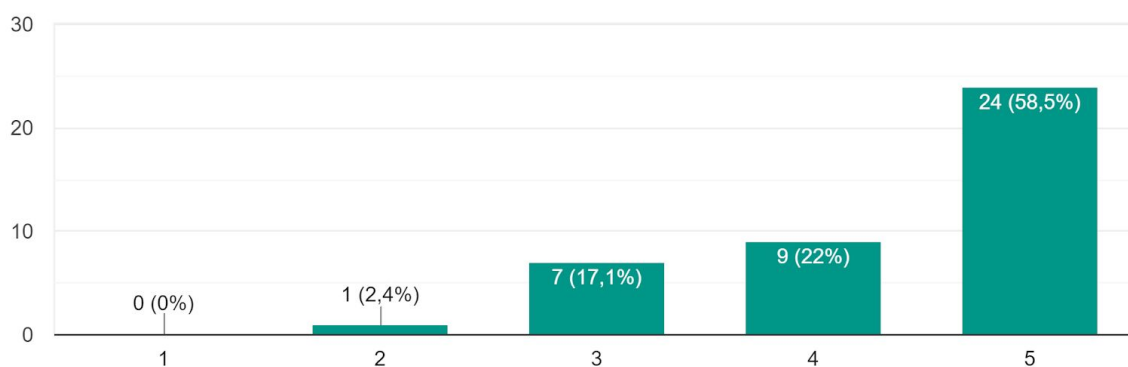
Computador



GearVR



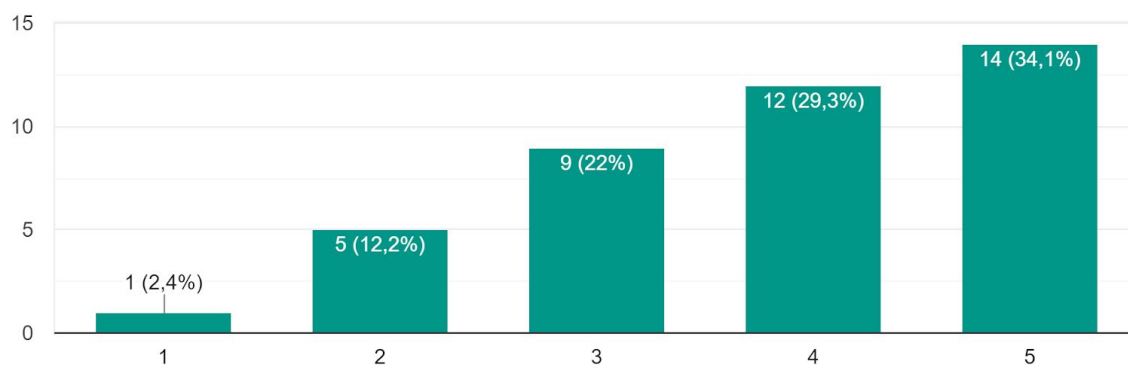
Smartphone



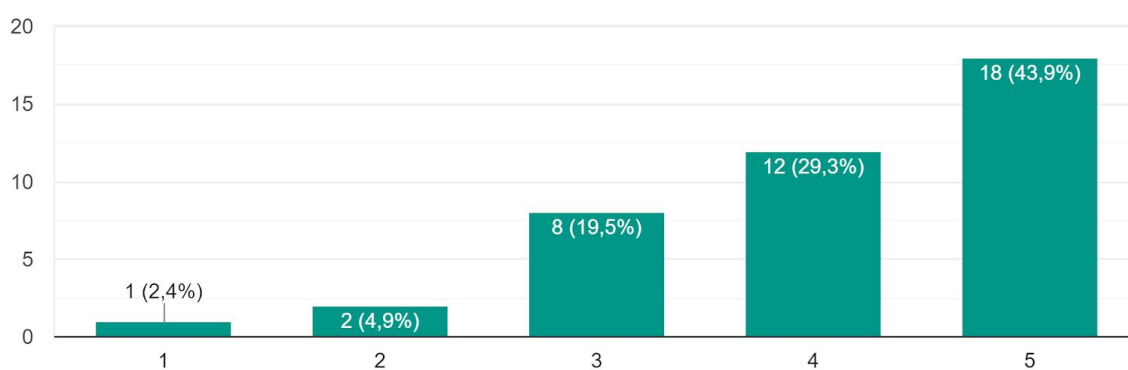
Cardboard

Q2. Quanto você sentiu estar no ambiente do sistema?

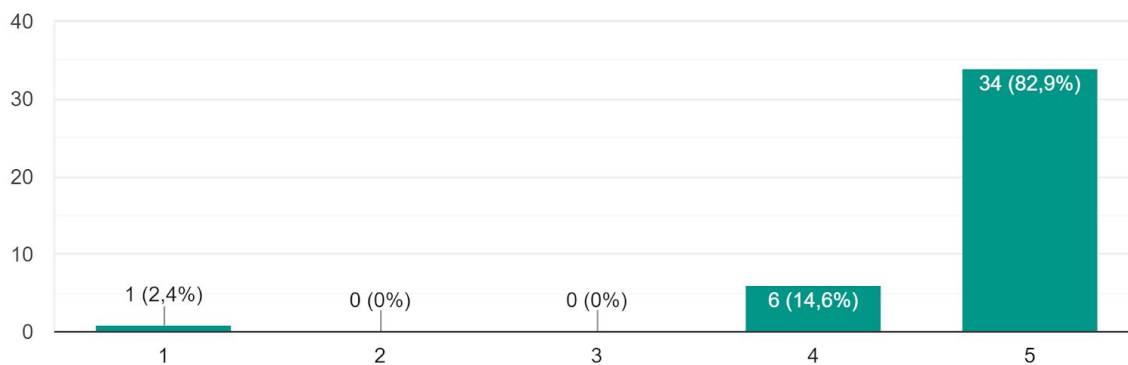
41 respostas



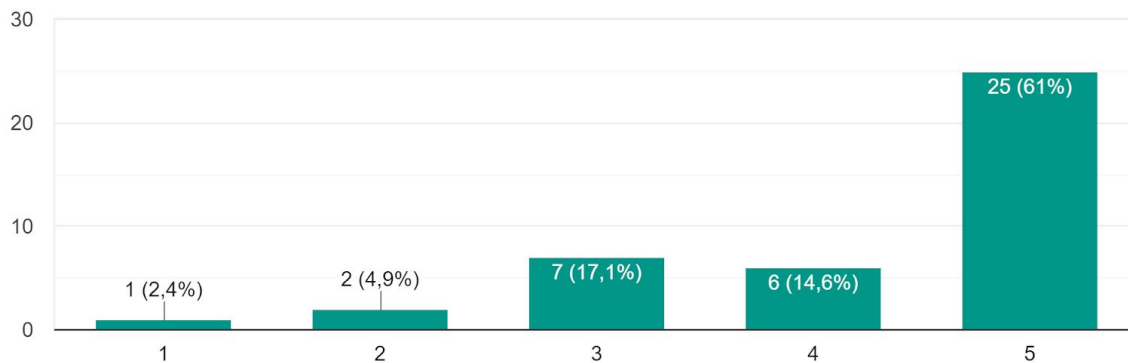
Computador



GearVR



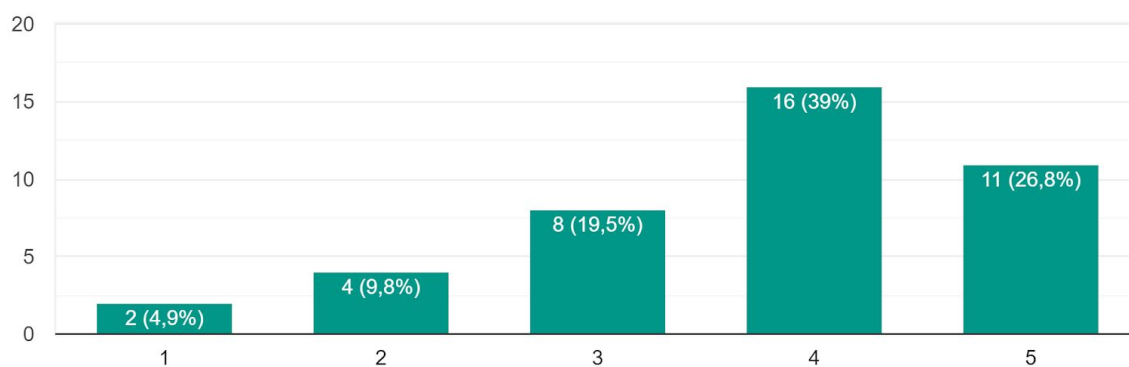
Smartphone



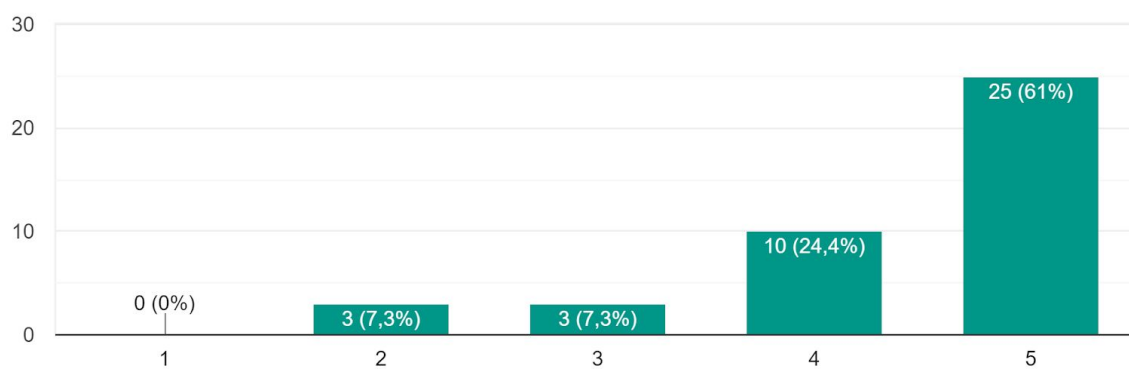
Cardboard

Q3. Quão bem-sucedido você estava no sistema?

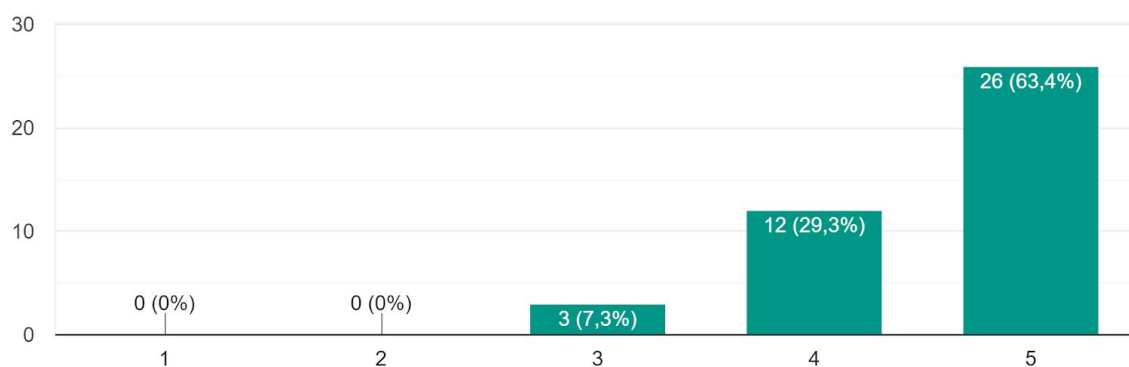
41 respostas



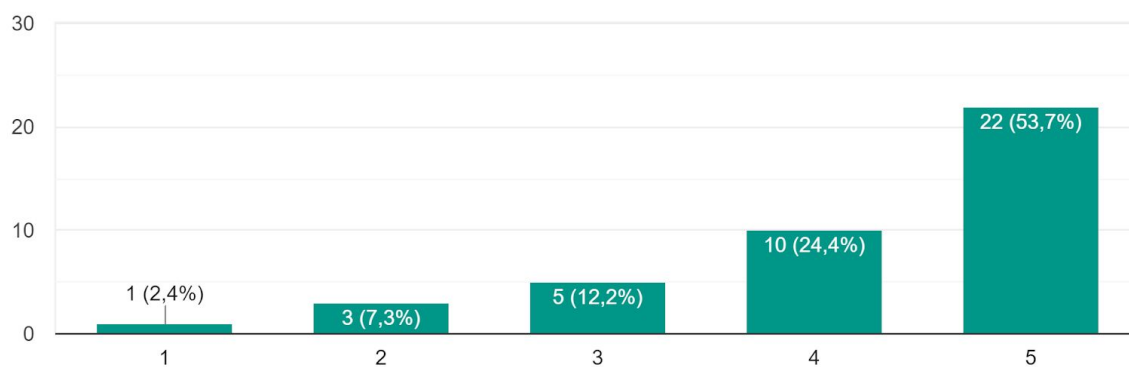
Computador



GearVR



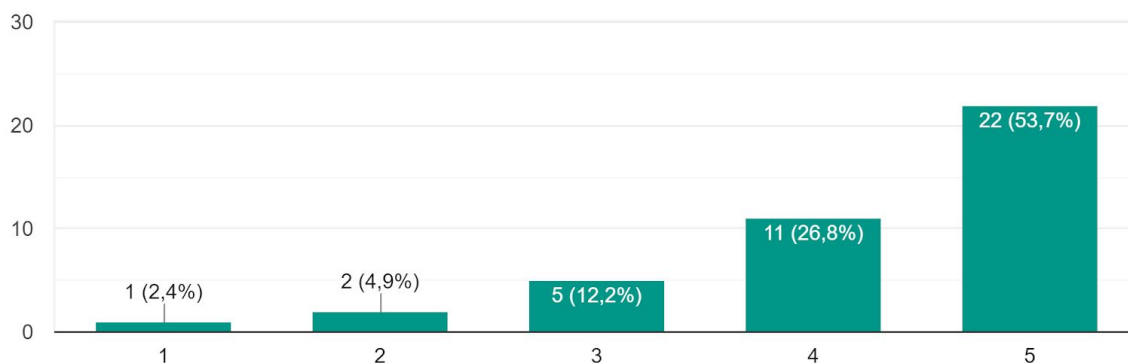
Smartphone



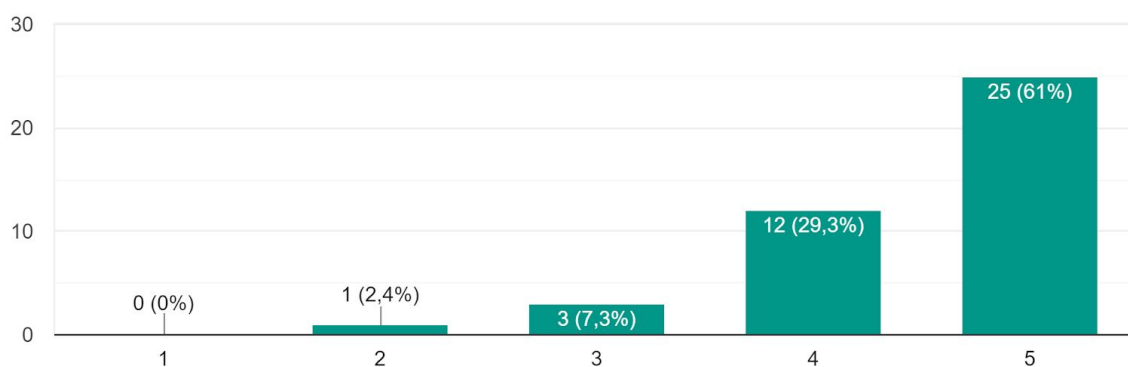
Cardboard

Q4. Até que ponto você conseguiu controlar o sistema?

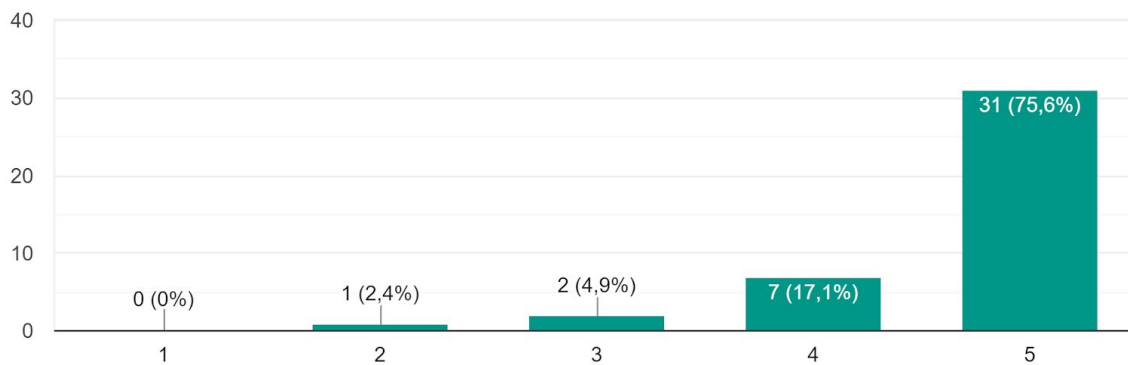
41 respostas



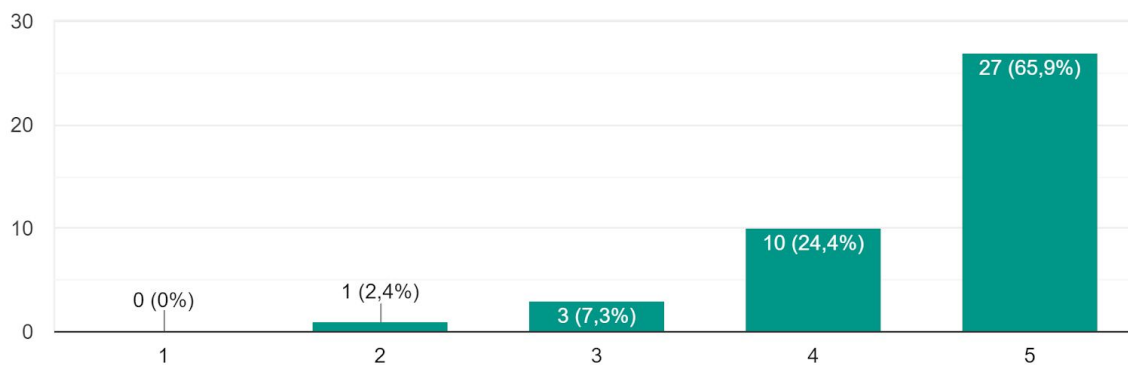
Computador



GearVR



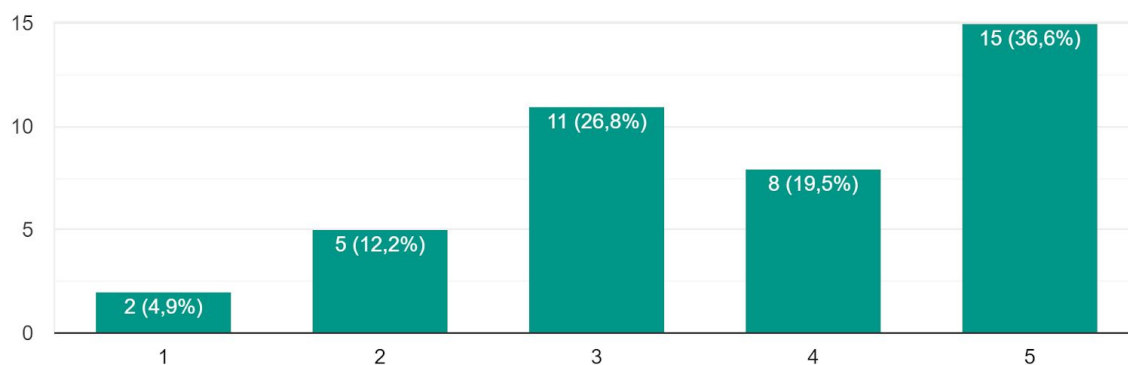
Smartphone



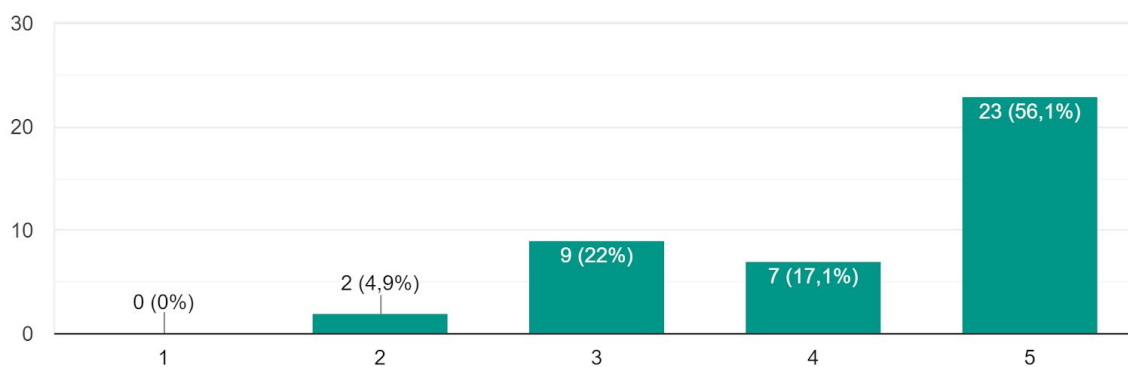
Cardboard

Q5. Quão real é o ambiente virtual do sistema?

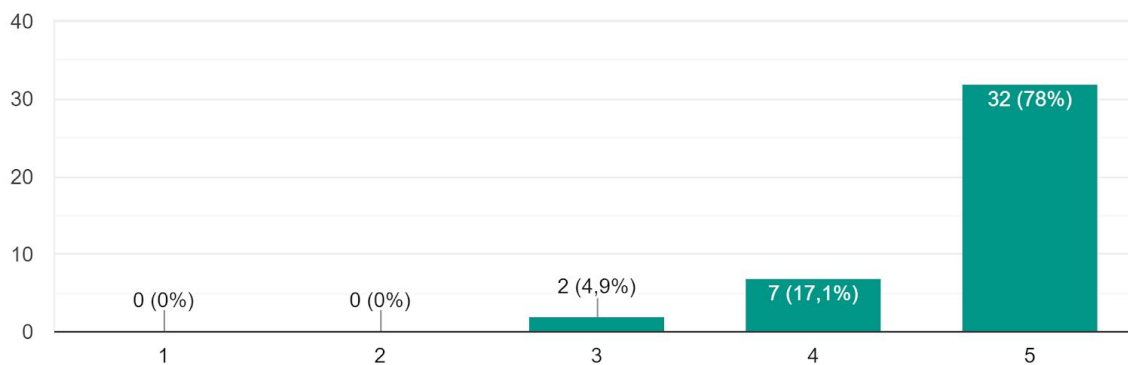
41 respostas



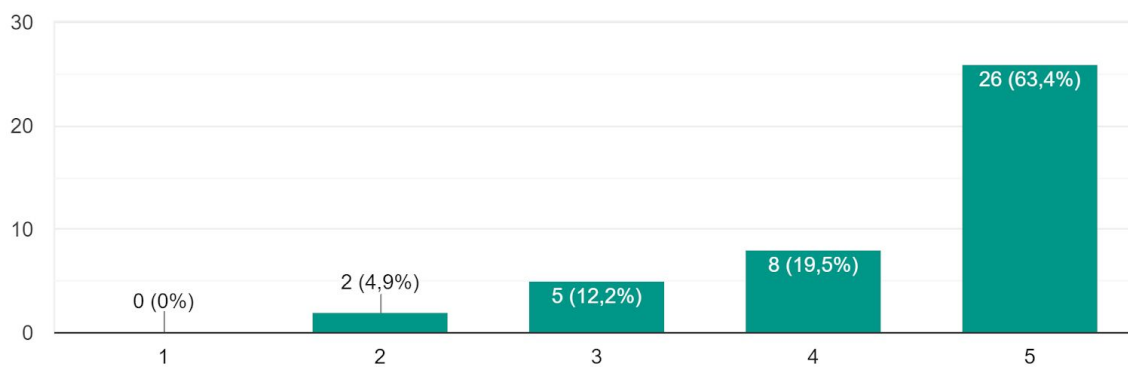
Computador



GearVR



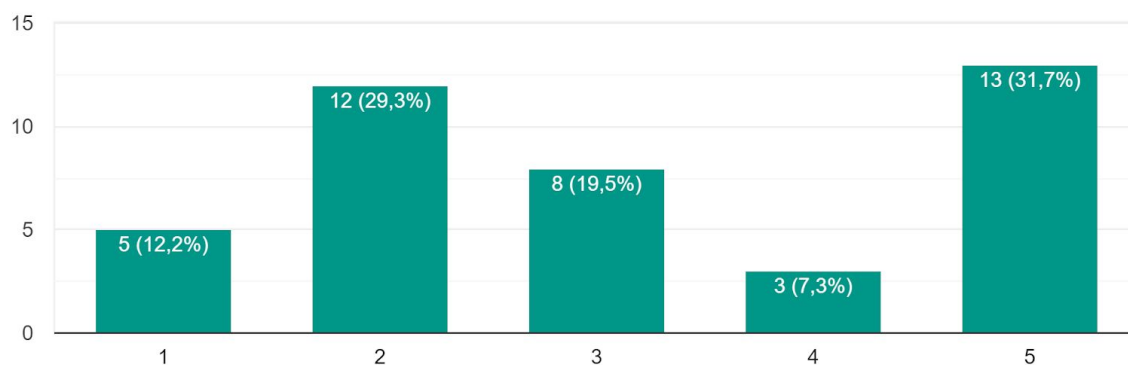
Smartphone



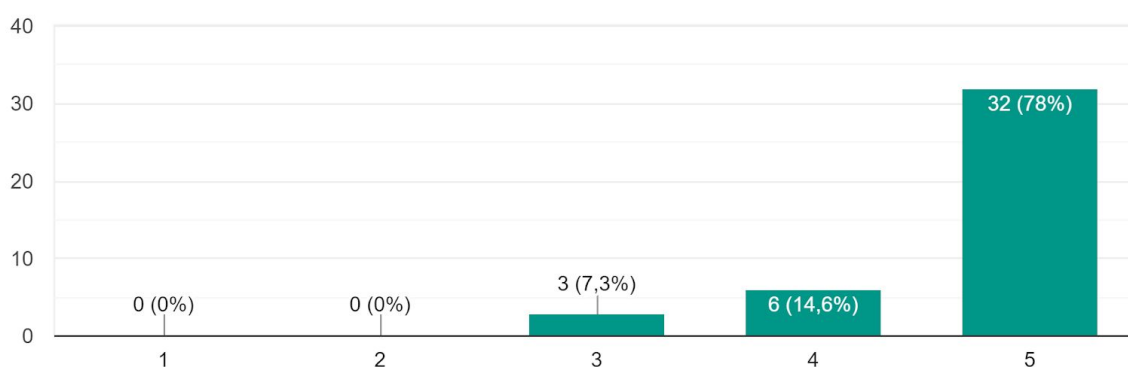
Cardboard

Q6. As informações fornecidas pelo sistema estão claras?

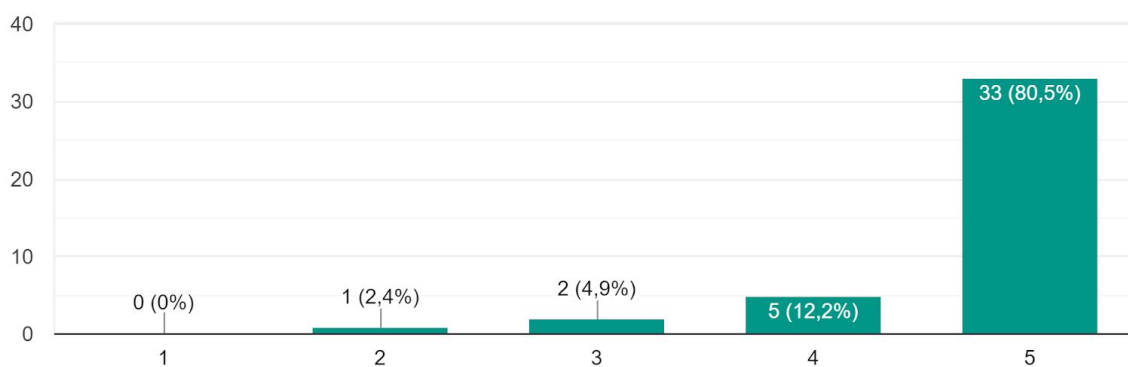
41 respostas



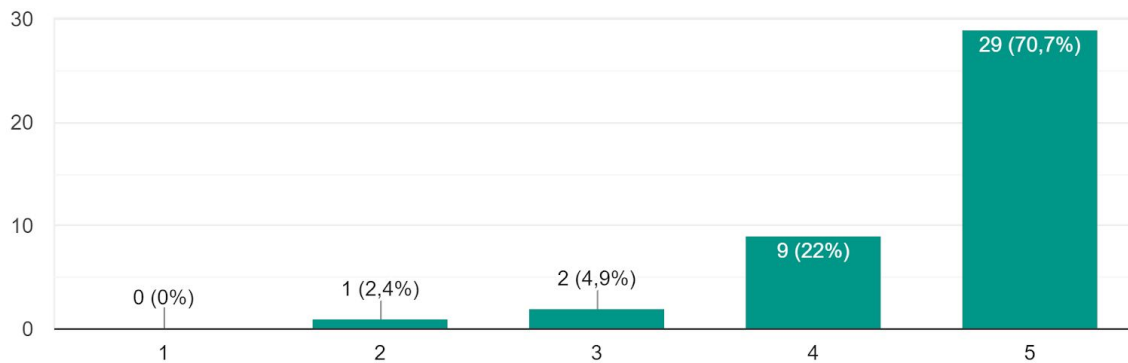
Computador



GearVR



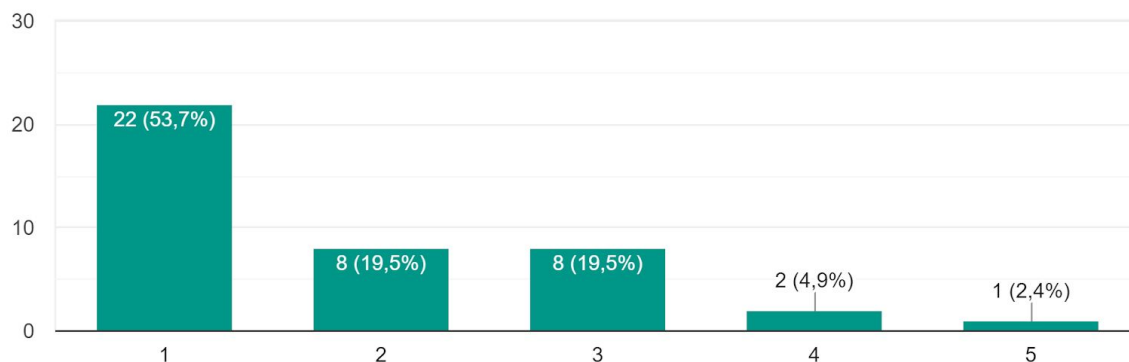
Smartphone



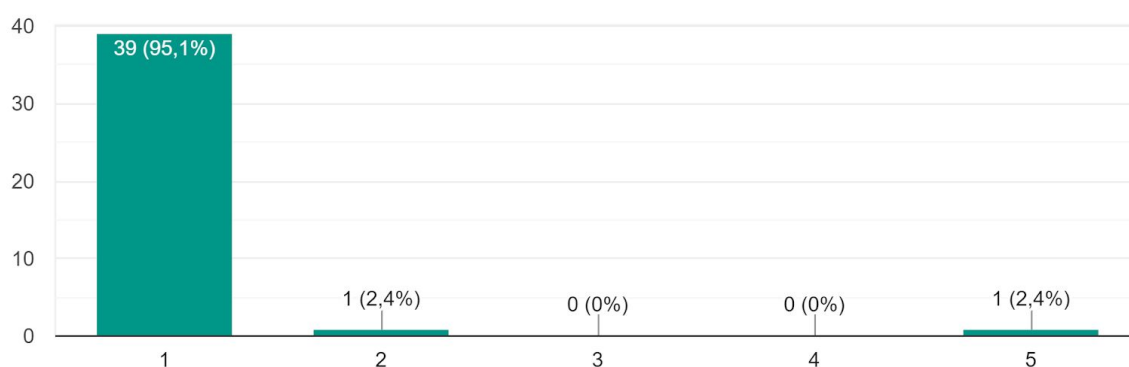
Cardboard

Q7. Você sentiu desconforto durante a sua experiência com o sistema?

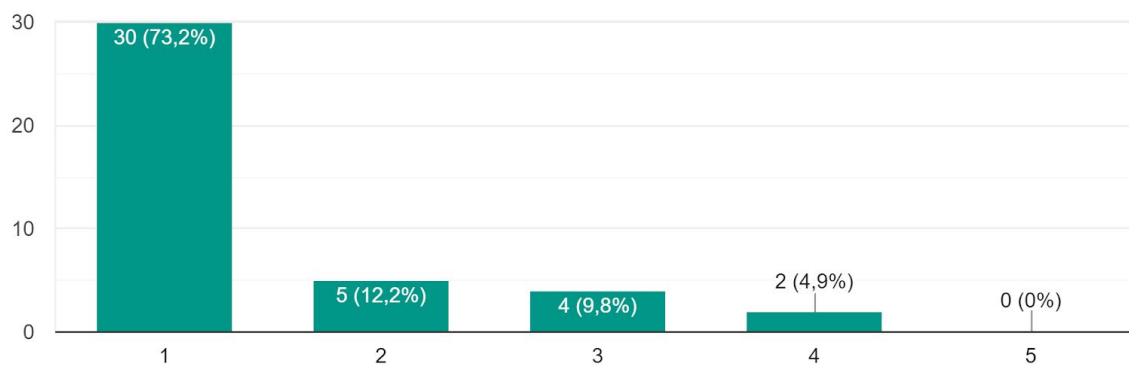
41 respostas



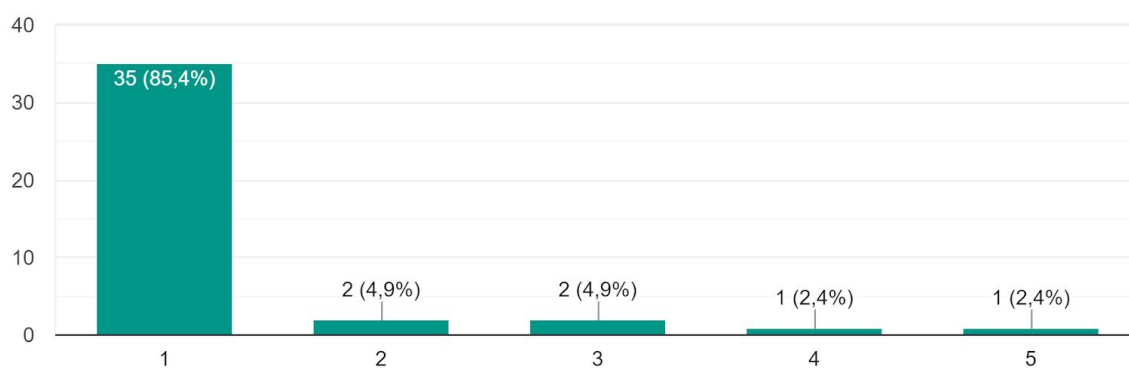
Computador



GearVR



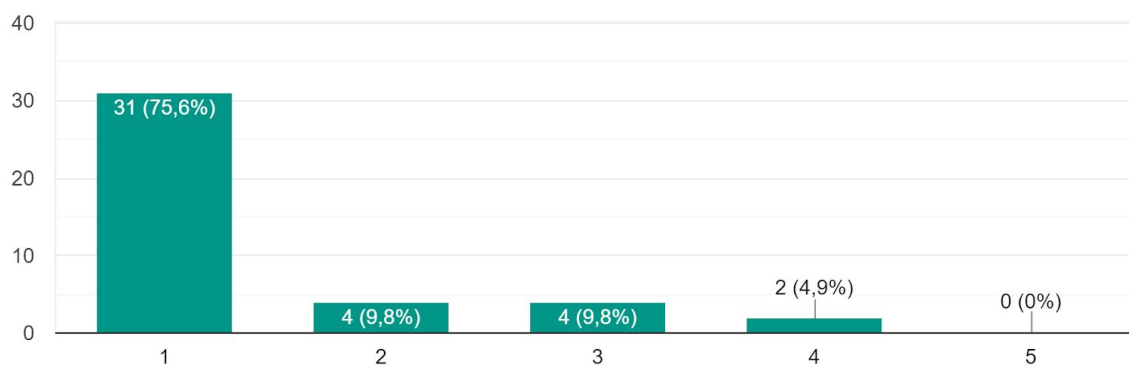
Smartphone



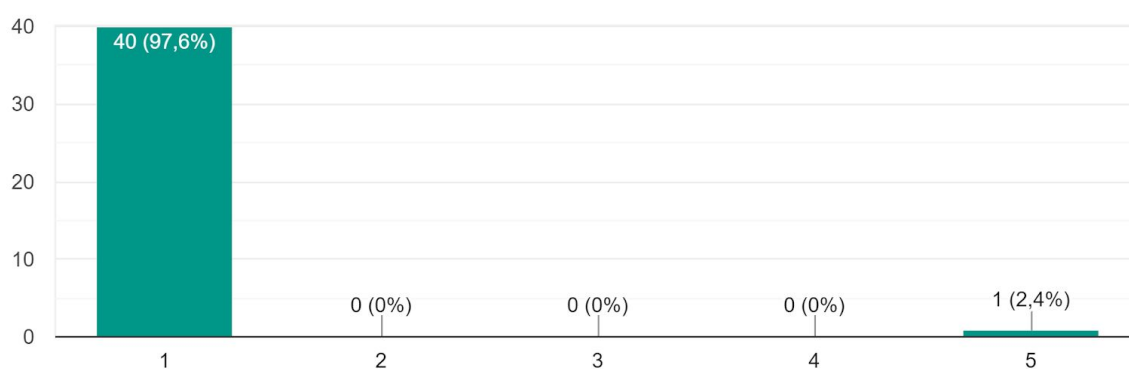
Cardboard

Q8. Você sentiu tontura ou náusea durante a prática com o sistema?

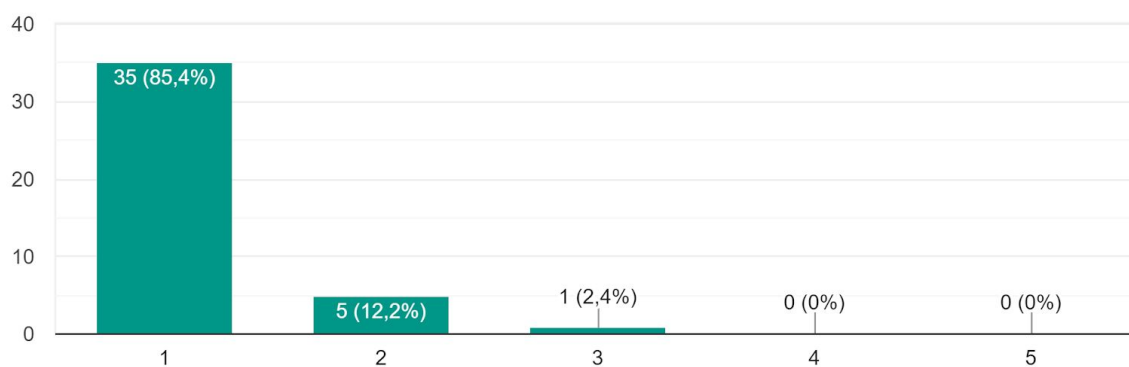
41 respostas



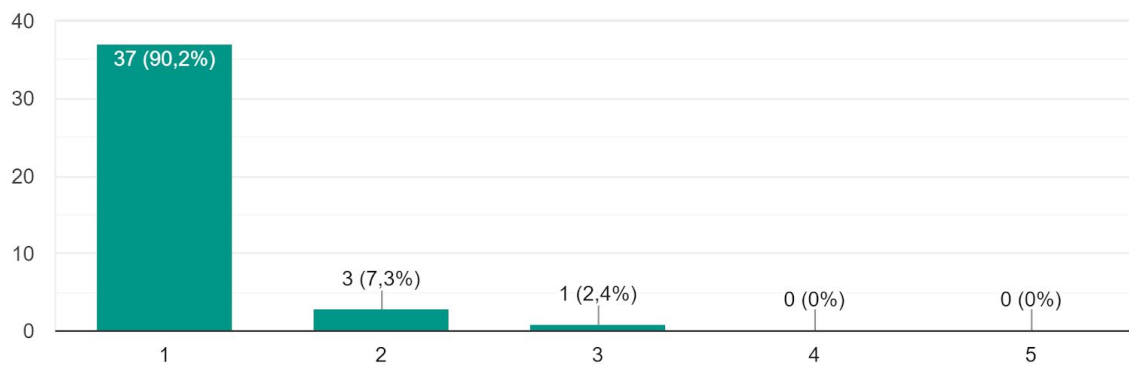
Computador



GearVR



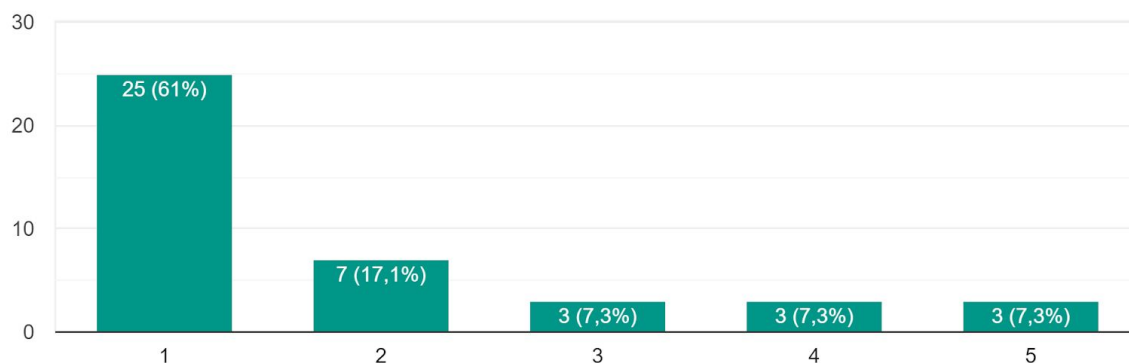
Smartphone



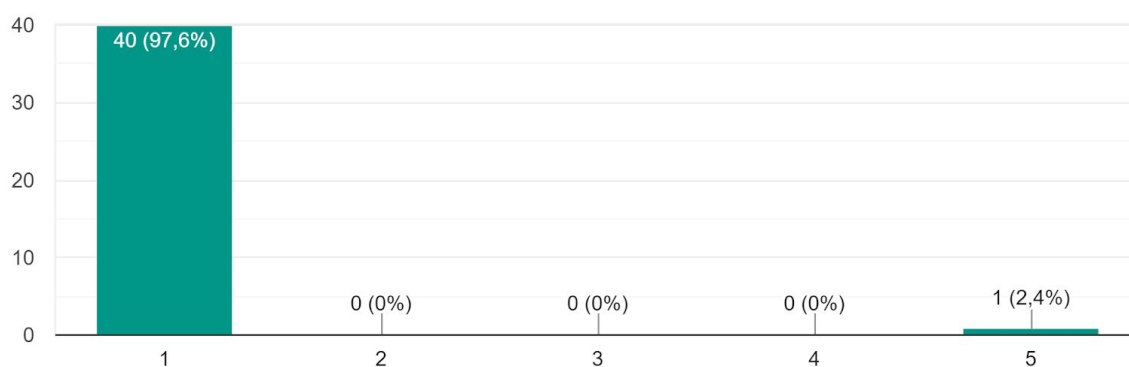
Cardboard

Q9. Você sentiu desconforto ocular durante a prática com o sistema?

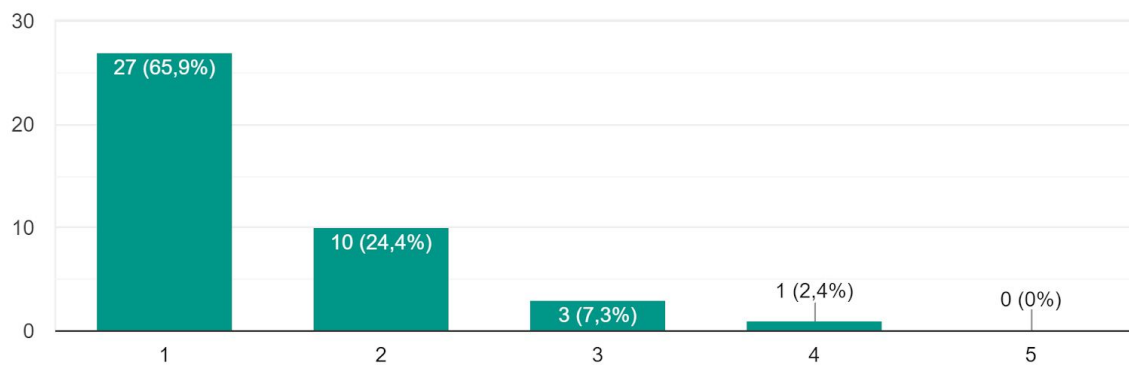
41 respostas



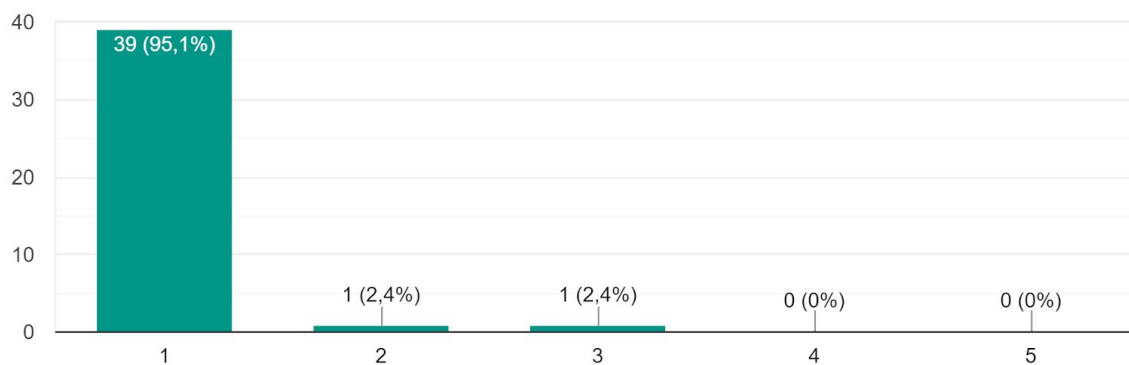
Computador



GearVR



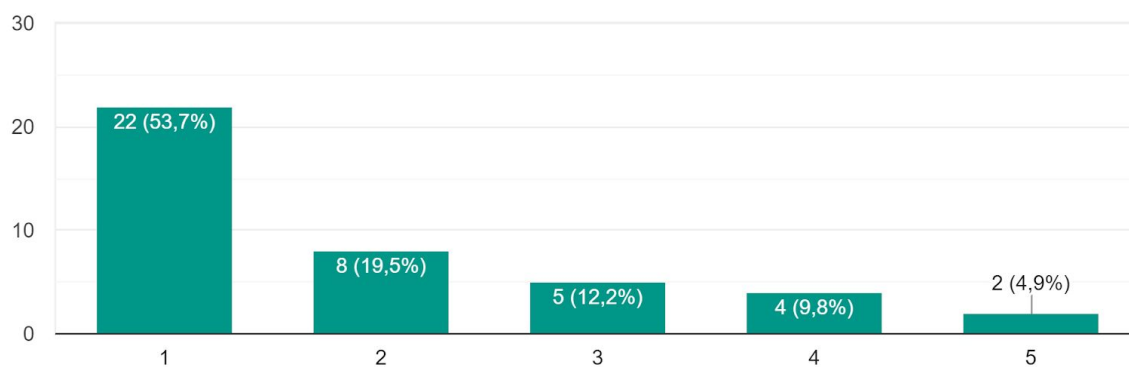
Smartphone



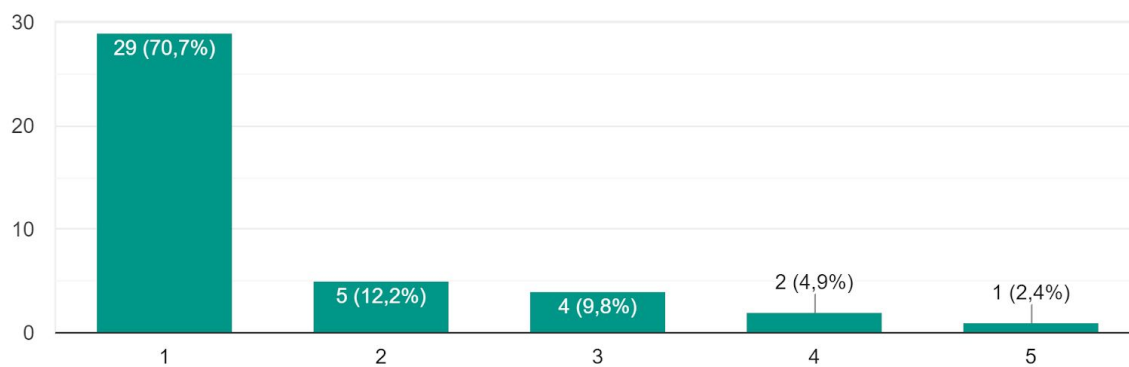
Cardboard

Q10. Você se sentiu confuso ou desorientado durante sua experiência com o sistema?

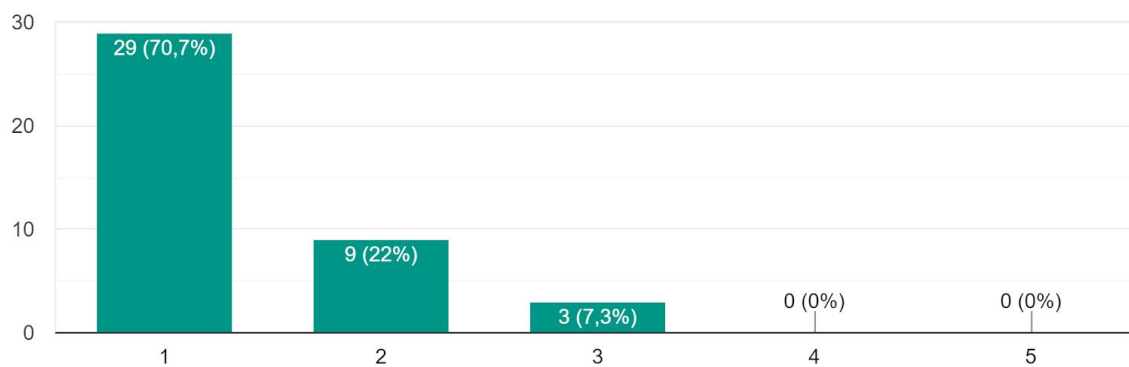
41 respostas



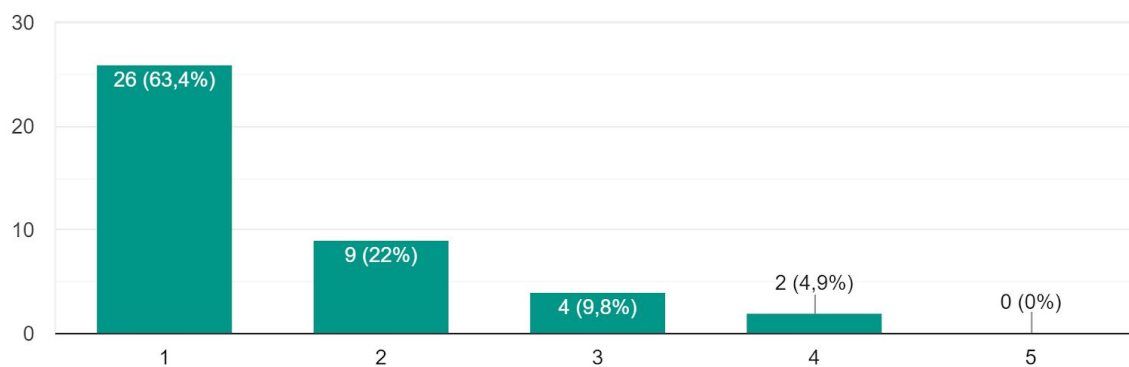
Computador



GearVR



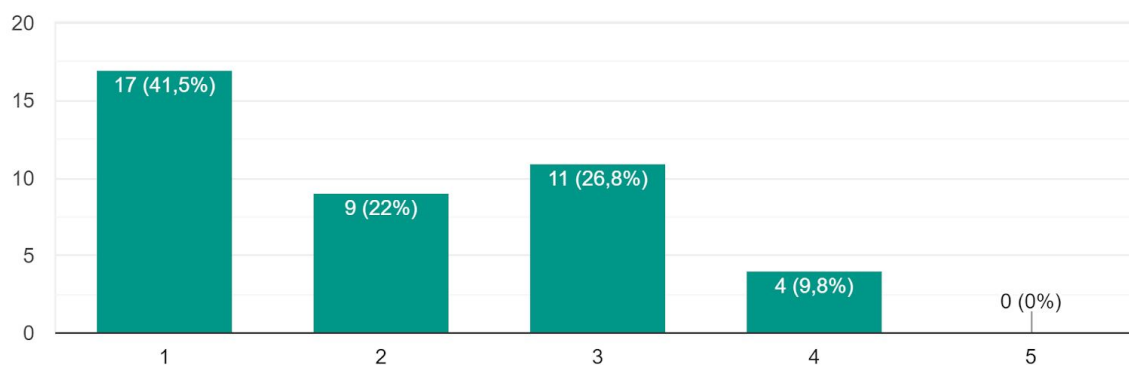
Smartphone



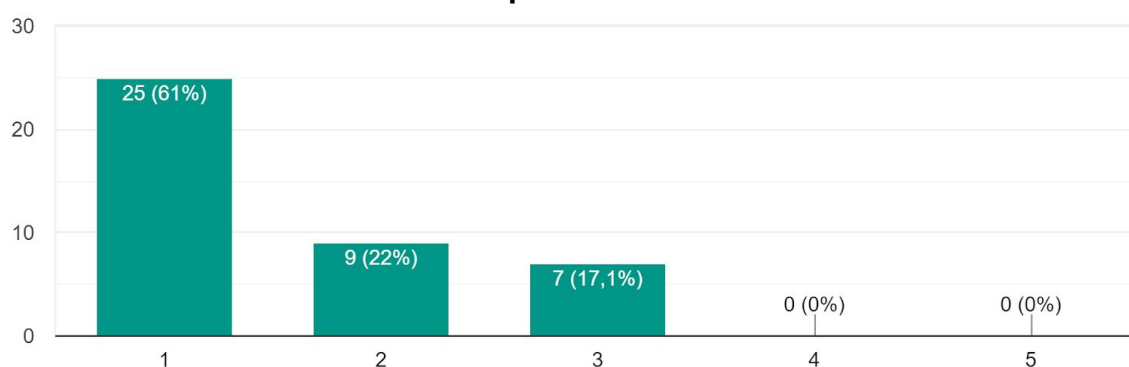
Cardboard

Q11. Você achou a tarefa difícil?

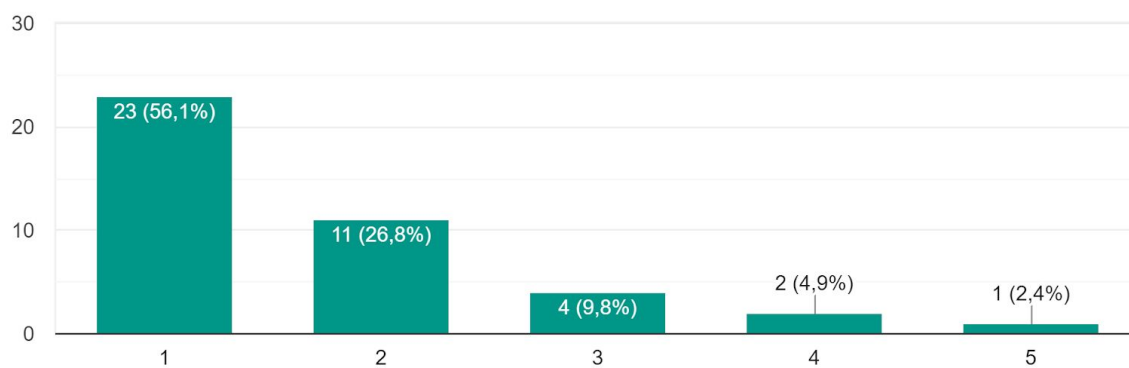
41 respostas



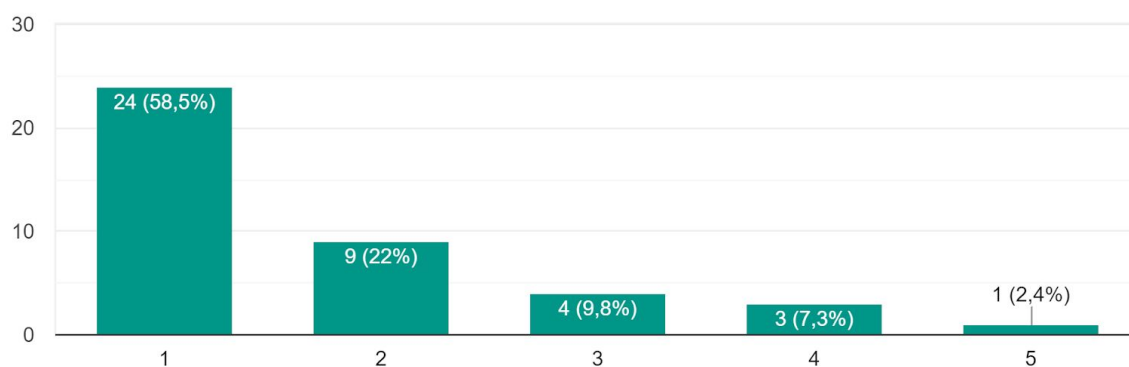
Computador



GearVR



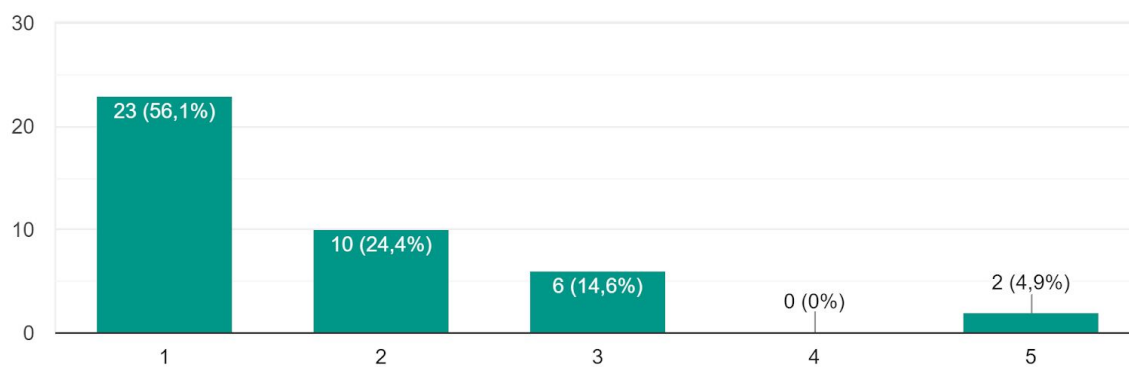
Smartphone



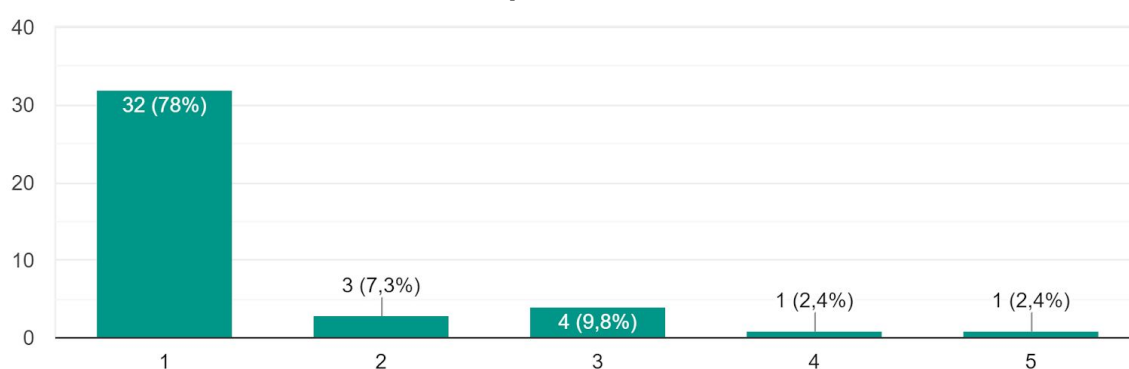
Cardboard

Q12. Você achou o dispositivo difícil de usar?

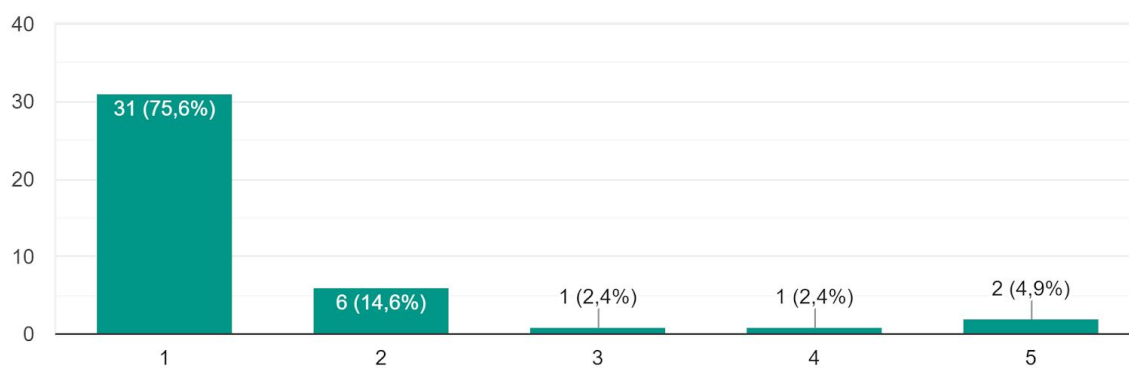
41 respostas



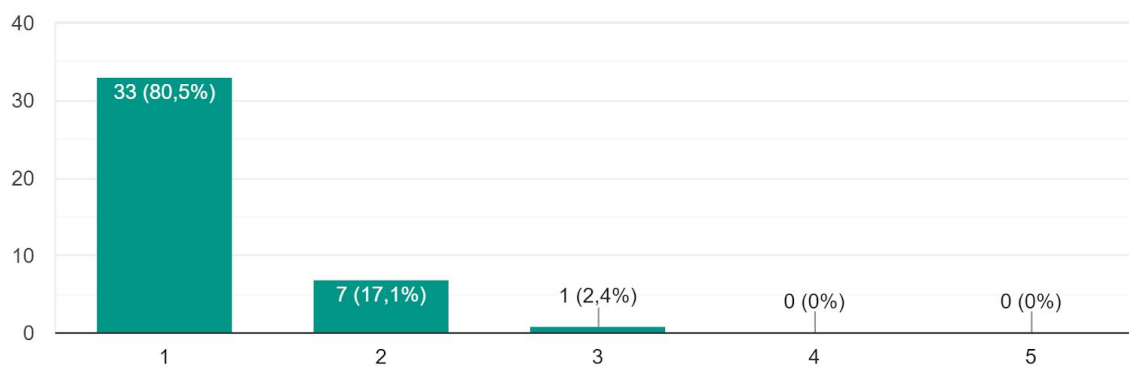
Computador



GearVR



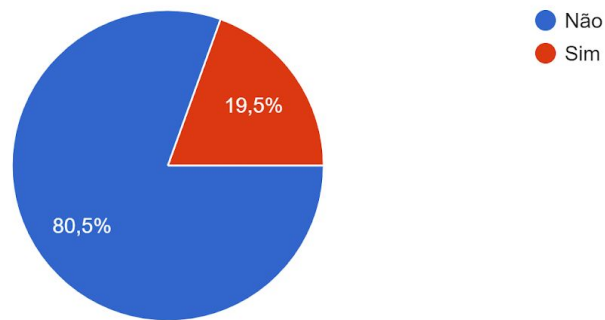
Smartphone



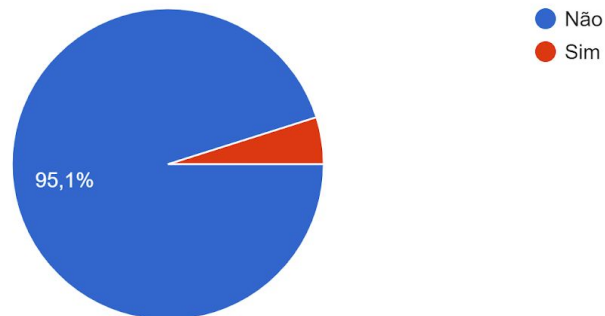
Cardboard

Q13. Você se sentiu desconfortável durante a tarefa?

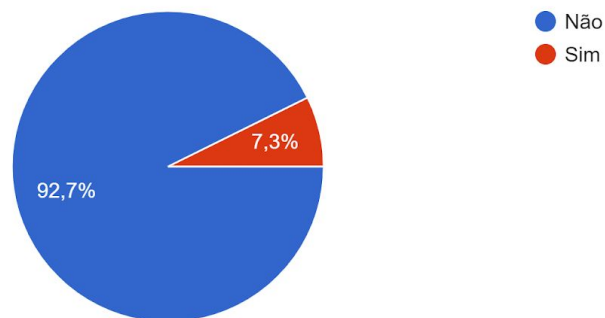
41 respostas



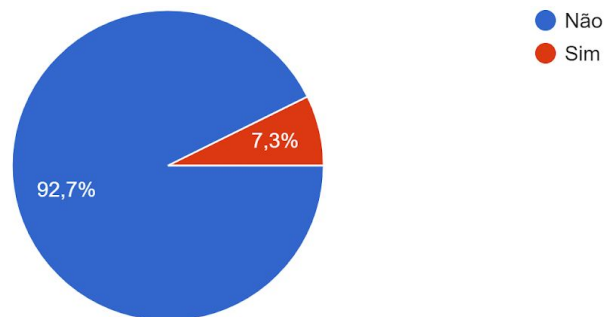
Computador



GearVR



Smartphone



Cardboard

Questão com base na resposta SIM para a questão Q13.

Se você se sentiu desconfortável durante a tarefa, indique as razões.

8 respostas

Por conta da visualização do dispositivo, em algumas situações as imagens apresentadas estavam muito embaçadas fazendo com que tivesse que forçar mais os olhos, causando desconforto.

Baixa qualidade, não conseguia ler nada

Me senti desconfortável em relação a qualidade visual das imagens, onde os botões verdes estavam praticamente impossíveis de ler. Somente consegui realizar a tarefa pois recordava que naquele botão verde estava escrito entrada secundária, da tarefa anterior que fiz.

Por entregar uma visualização de qualidade baixa acabou me deixando desconfortável por ter que forçar muito a visão.

Esse dispositivo causou um pouco de tontura, por causa da baixa resolução.

Imagem ruim. Algumas cenas eu entrava fora de ordem, por exemplo: Entrava na cena de frete e a próxima cena eu estava de costas

Resolução baixa causava desconforto

As imagens são embaçadas e os textos ilegíveis.

Computador

Assim que clicava para acessar outra área o sistema demonstrou um tempo de resposta considerável, não causou desconforto na utilização mas sim por ter que aguardar aparecer os cenários.

Algumas vezes ao navegar a próxima tela carregava virada para onde eu estava, fazendo com que eu precisasse girar 180° para seguir em frente.

GearVR

Em alguns momentos os labels de item de informação, título de cena e botões de navegação estavam embaçados, o que causou desconforto.

Um pouquinho desconfortável, por conta de leves travadas que o sistema apresentou, porém não prejudicaram a experiência, nem a realização da tarefa

Tontura

Smartphone

desconfortável com relação a demora para apresentar as imagens e confuso com relação ao estar virado em uma direção clicar no botão para uma direção e quando entra na próxima cena estar invertida as posições, no caso ter que virar de costa para seguir na direção que estava indo.. (todos dispositivo)

Acredito que por ficar bastante tempo na tarefa, isso causou uma leve dor de cabeça e dor nos olhos

N/A

APÊNDICE F – TEMPOS DAS AVALIAÇÕES

Minutos e Segundos				Segundos			
Computador	GearVr	Smartphone	Cardboard	Computador	GearVr	Smartphone	Cardboard
01:00	00:53	03:00	04:00	60	53	180	240
00:30	04:51	01:00	02:24	30	291	60	144
01:58	01:06	05:40	02:00	118	66	340	120
02:57	03:22	01:37	01:49	177	202	97	109
02:37	00:47	09:38	00:44	157	47	578	44
02:01	00:30	02:11	06:58	121	30	131	418
06:21	06:56	00:34	01:47	381	416	34	107
03:45	09:10	01:32	02:57	225	550	92	177
01:14	09:30	01:09	08:25	74	570	69	505
08:55	04:04	00:21	02:00	535	244	21	120
01:21	01:32	05:23	10:00	81	92	323	600
03:46	01:18	08:33	00:38	226	78	513	38
07:40	03:45	00:37	00:46	460	225	37	46
02:19	00:40	06:46	00:30	139	40	406	30
00:37	04:06	01:31	06:14	37	246	91	374
01:20	01:44	03:35	06:39	80	104	215	399
01:09	00:32	04:34	05:30	69	32	274	330
00:37	03:35	01:10	03:15	37	215	70	195
06:46	01:16	10:00	01:50	406	76	600	110
10:00	01:59	02:04	02:07	600	119	124	127
01:52	00:51	03:22	00:55	112	51	202	55
00:50	00:20	04:02	05:30	50	20	242	330
03:30	05:00	02:40	01:29	330	300	160	89
00:26	06:37	01:38	03:00	26	397	98	180
00:43	07:00	01:00	06:00	43	420	60	360
09:30	04:00	02:00	01:20	570	240	120	80
00:51	00:13	06:20	08:08	51	13	380	488
02:10	01:15	04:30	00:20	130	75	270	20
02:21	04:30	00:35	01:20	141	270	35	80
06:00	00:35	07:40	00:30	360	35	460	30
00:30	05:00	01:48	07:00	30	300	108	420
01:10	00:30	01:45	05:00	70	30	105	300
01:10	00:20	02:45	08:16	70	20	165	496
00:30	05:20	00:57	04:23	30	320	57	263
05:24	01:44	05:00	00:36	324	104	300	36
01:40	03:52	00:39	01:00	100	232	39	60
01:40	01:00	07:33	00:40	100	60	453	40
01:20	00:34	04:16	04:33	80	34	256	273
04:34	06:54	00:50	01:55	274	414	50	115
00:50	03:50	01:08	07:00	50	230	68	420
00:28	06:55	01:30	10:00	28	415	90	600

Anexos

ANEXO A – QUESTIONÁRIO SEQ ORIGINAL

Tabela 12 – Questionário SEQ original

Question	Response				
	<i>Not at all</i>				<i>Very much</i>
Q1. How much did you enjoy your experience with the system?	1	2	3	4	5
Q2. How much did you sense to be in the environment of the system?	1	2	3	4	5
Q3. How successful were you in the system?	1	2	3	4	5
Q4. To what extent were you able to control the system?	1	2	3	4	5
Q5. How real is the virtual environment of the system?	1	2	3	4	5
Q6. Is the information provided by the system clear?	1	2	3	4	5
Q7. Did you feel discomfort during your experience with the system?	1	2	3	4	5
Q8. Did you experience dizziness or nausea during your practice with the system?	1	2	3	4	5
Q9. Did you experience eye discomfort during your practice with the system?	1	2	3	4	5
Q10. Did you feel confused or disoriented during your experience with the system?	1	2	3	4	5
Q11. Do you think that this system will be helpful for your rehabilitation?	1	2	3	4	5
	<i>Very easy</i>				<i>Very difficult</i>
Q12. Did you find the task difficult?	1	2	3	4	5
Q13. Did you find the devices of the system difficult to use?	1	2	3	4	5
Q14. If you felt uncomfortable during the task, please indicate the reasons.	Open response: (No) or (Yes + reasons)				

ÍNDICE

AR, 26, 31, 39

PAMPATEC, 50

RPG, 23

SEQ, 9, 11, 15, 20, 21, 45, 56, 57, 66, 67,
69, 71–73, 113, 114

SFQ, 43, 45

TC, 50, 51

TCC, 13, 43, 44

TCLE, 50, 51

USEQ, 45

VE, 41, 42

VR, 9, 11, 23, 25–27, 29–32, 34–36, 38–
43, 45, 48, 50, 71, 73

WebAR, 26

WebVR, 25, 26, 37, 40, 41

WebXR, 9, 11, 13, 26, 27, 31–33, 42, 45,
50, 71, 73