

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS
PARA AMENIZAR EFEITOS DA
CYBERSICKNESS EM UM AMBIENTE DE
REALIDADE VIRTUAL**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

João Gonçalves Machado

Santa Maria, RS, Brasil

2021

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS PARA AMENIZAR EFEITOS DA CYBERSICKNESS EM UM AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL

João Gonçalves Machado

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de

Bacharel em Ciência da Computação

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Marcia Pasin

**Trabalho de Graduação N. 482
Santa Maria, RS, Brasil**

2021

JOÃO GONÇALVES MACHADO

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS PARA AMENIZAR EFEITOS DA CYBERSICKNESS
EM UM AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Ciência da Computação**.

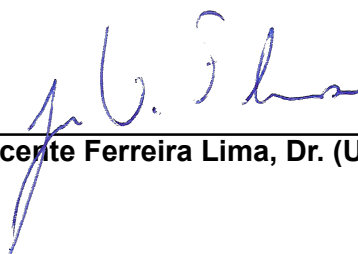
Aprovado em 9 de Fevereiro de 2021:



Marcia Pasin, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



João Carlos Damasceno Lima, Dr. (UFSM)



João Vicente Ferreira Lima, Dr. (UFSM)

RESUMO

Trabalho de Graduação
Curso de Ciência da Computação
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS PARA AMENIZAR EFEITOS DA CYBERSICKNESS EM UM AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL

AUTOR: JOÃO GONÇALVES MACHADO

ORIENTADORA: MARCIA PASIN

Local da Defesa e Data: Santa Maria, 9 de Fevereiro de 2021.

Os *Head Mounted Displays* (HMDs), usados em jogos e aplicações de realidade virtual, podem induzir sintomas de *cybersickness*, que prejudica a experiência e a imersão dos usuários. Sintomas incluem tontura, perda de equilíbrio, dor de cabeça, vertigem e palidez. A maioria dos usuários de HMDs sente um ou mais sintomas de *cybersickness*, que também é um limitante para desenvolvedores de produtos e de jogos para esses ambientes. Muitas técnicas tradicionalmente desenvolvidas para jogos em monitores tradicionais não podem ser aplicadas nos HMDs em realidade virtual. Considerando os problemas da *cybersickness*, o objetivo deste trabalho é verificar a efetividade da aplicação de técnicas para mitigar sintomas de *cybersickness* em HMDs para ambientes de realidade virtual. Foram implementadas duas técnicas, *rotational blur* e *tunneling*, em um ambiente de realidade virtual que induz os efeitos *cybersickness* nos participantes. Como suporte para a implementação, foi utilizado o motor gráfico Unity 3D, que tem compatibilidade com grande parte dos *headsets* de realidade virtual disponíveis no mercado. A minimização dos efeitos da *cybersickness* durante a utilização do ambiente foi avaliada em um experimento preliminar com uso de questionários. As técnicas avaliadas se mostraram efetivas, mas um estudo mais aprofundado ainda precisa ser conduzido.

Palavras-chave: Cybersickness. Headset. Realidade Virtual. Unity.

ABSTRACT

Undergraduate Final Work
Undergraduate Program in Computer Science
Federal University of Santa Maria

EVALUATION OF THE APPLICATION OF TECHNIQUES TO MITIGATE EFFECTS OF CYBERSICKNESS IN A VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT

AUTHOR: JOÃO GONÇALVES MACHADO

ADVISOR: MARCIA PASIN

Defense Place and Date: Santa Maria, February 9th, 2021.

Head Mounted Displays (HMDs), used in games and virtual reality applications, can induce symptoms of cybersickness, which impairs users' experience and immersion. Symptoms include dizziness, loss of balance, headache, dizziness and pallor. Most users of HMDs experience one or more symptoms of cybersickness, which is also a limiting factor for game developers for these environments. Many techniques traditionally developed for games on traditional monitors cannot be applied to virtual reality HMDs. Considering the problem of cybersickness, the objective of this work is to verify the effectiveness of applying techniques to mitigate symptoms of cybersickness in HMDs in virtual reality environments. Two techniques were implemented, rotational blur and tunneling, in a virtual reality environment that induces cybersickness effects in the participants. As implementation support, the Unity 3D graphics engine was used, which is compatible with most of the virtual reality headsets available on the market. Minimizing the effects of cybersickness while using the environment was assessed in a preliminary experiment and using questionnaires. The evaluated techniques proved to be effective, but further study still needs to be conducted.

Keywords: Cybersickness. Headset. Virtual Reality. Unity.

LISTA DE FIGURAS

3.1	Captura de tela do ambiente de RV do jogo do carro.....	19
3.2	Passos do experimentos	21
4.1	Respostas dos questionários.....	24
4.2	Respostas dos questionários (continuação).	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CS	Cybersickness
CSPQ	Cybersickness Profile Questionnaire
CSQ	Cybersickness Questionnaire
HMD	Head Mounted Display
MS	Motion sickness
SSQ	Simulator Sickness Questionnaire
3D	Three Dimensional
UFF	Universidade Federal Fluminense
VR	Virtual Reality
VRSQ	Virtual Reality Sickness Questionnaire

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Motivação	9
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo geral	10
1.2.2 Objetivos específicos	10
1.3 Estrutura do texto	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS	11
2.1 Cybersickness	11
2.2 Teorias da origem da <i>Cybersickness</i>	11
2.3 Fatores causadores da <i>Cybersickness</i>	12
2.3.1 Aceleração	12
2.3.2 Campo de visão	13
2.3.3 Movimentos rotacionais.....	13
2.3.4 Tempo de exposição	13
2.3.5 Quantidade de quadros por segundo	13
2.4 Técnicas para minimizar a <i>cybersickness</i>	13
2.4.1 Diminuição do Campo de visão (FOV) e Tunneling	14
2.4.2 <i>Rotational blur</i>	14
2.4.3 Locomoção por gatilho	14
2.4.4 Locomoção por teletransporte	15
2.5 Medições do nível de <i>cybersickness</i>	15
2.5.1 Simulator Sickness Questionnaire	15
2.5.2 Cybersickness Questionnaire e Virtual Reality Sickness Questionnaire	16
2.6 Trabalhos Relacionados	16
3 METODOLOGIA	18
3.1 Ambiente	18
3.2 Técnicas	19
3.3 Aplicação do experimentos e questionários	20
4 EXPERIMENTOS E RESULTADOS	23
5 CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

As aplicações com Realidade Virtual (RV) existem desde os anos 1960, mas despertaram grande interesse a partir de 2013, quando os primeiros Head Mounted Displays (HMDs) de RV que vieram com seus kits de desenvolvimento de software (SDKs) associados, foram lançados para o público em geral (KEMENY; CHARDONNET; COLOMBET, 2020). A disponibilidade de tecnologias de VR de baixo custo impulsionou a difusão dessas tecnologias em vários campos de aplicação (KEMENY; CHARDONNET; COLOMBET, 2020), com destaque para os videogames, mas também na indústria (BERG; VANCE, 2017), na saúde (RUTHENBECK; REYNOLDS, 2015), na construção (PAES; IRIZARRY, 2018), patrimônio cultural (BEKELE et al., 2018), no treinamento (PRASOLOVA-FORLAND et al., 2017), na educação (MERCHANT et al., 2014), e outros campos de aplicação.

Os HMDs, usados em jogos de RV, podem causar cinetose prejudicando a experiência e a imersão dos usuários. Neste contexto, essa sensação é conhecida como Cybersickness. A CS é uma sensação de mal estar que o usuário sente durante a experiência de RV, e é um grande obstáculo para as pessoas adotarem a tecnologia de RV. CS é um fenômeno que pode durar horas após a experimentação de aplicações de RV, e está ligada a discrepância entre os movimentos percebidos entre os mundos real e virtual (KEMENY; CHARDONNET; COLOMBET, 2020). Sintomas incluem náuseas, tontura, perda de equilíbrio, sudorese, dor de cabeça, vertigem e palidez. Segundo (LAFFONT; HASNAIN, 2017), a maioria dos usuários de HMDs sente um ou mais sintomas de CS. CS também é um limitante para desenvolvedores de produtos e de jogos para esses ambientes. Muitas técnicas tradicionalmente aplicadas em jogos para computadores que utilizam monitores tradicionais não podem ser aplicadas nos HMDs de realidade virtual.

No que diz respeito à CS, técnicas para mitigar o problema tem sido estudadas e implementadas para HMDs (LAFFONT; HASNAIN, 2017; CARNEGIE; RHEE, 2015; FERNANDES; FEINER, 2016; KEMENY et al., 2017; FARMANI; TEATHER, 2018; BUDHIRAJA et al., 2017). Entretanto, essas técnicas ainda precisam ser efetivamente avaliadas. Por esta razão, a efetividade da aplicação destas técnicas para HMDs ainda não foi confirmada pela literatura. Não se sabe ainda com certeza se essas técnicas melhoram realmente os sintomas de CS. Este trabalho contribui neste sentido.

1.2 Objetivos

Nesta seção são apresentados os objetivos deste trabalho. Estão divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Considerando os problemas da CS em ambientes de RV, com o uso de HMDs, o objetivo deste trabalho é verificar a efetividade da aplicação de técnicas para mitigar sintomas de CS. Para tanto foram, implementadas e avaliadas duas técnicas para mitigar a CS, *rotational blur* e *tunneling*, usando o ambiente de RV do jogo do carro, um jogo onde o usuário tem a experiência de dirigir um carro de corrida.

1.2.2 Objetivos específicos

Mais especificamente, este projeto objetiva:

- Aprofundar os conhecimentos sobre CS, realizando uma breve revisão bibliográfica sobre o assunto;
- Desenvolver e aplicar técnicas para um ambiente de RV, o jogo do carro, com o uso de HMD;
- Realizar um experimento com voluntários que usam o HMD e avaliar a eficácia das técnicas para minimizar a CS em um ambiente de RV com HMD.

1.3 Estrutura do texto

Este texto está organizado como segue. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, referenciando trabalhos relacionados a CS, com foco nas principais causas da CS e suas possíveis soluções. O Capítulo 3 apresenta a proposição do trabalho e planejamento do experimento. O Capítulo 4 apresenta a aplicação dos experimentos e resultados. O Capítulo 5 apresenta a conclusão a partir dos resultados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são comentados artigos e trabalhos relacionados a CS. Na primeira parte são abordados os conceitos de CS, após, são apresentadas algumas causas conhecidas da manifestação da CS, são mostradas as técnicas conhecidas para mitigar o desconforto provocado pela CS e também são apresentados os métodos conhecidos para avaliar a CS em usuários, através da medição do nível de sintomas da CS. Ao final do capítulo, são comentados trabalhos relacionados.

2.1 Cybersickness

(REASON; BRAND, 1975) descreve, que durante uma viagem em um veículo, os passageiros podem apresentar uma variedade de sintomas de enjoo. Os sintomas incluem desde desconforto a náuseas, tonturas, vômito e outros sintomas. Comumente, esses sintomas são referidos como *car sickness* (enjoo no carro), *air sickness* (enjoo no ar), *sea sickness* (enjoo do mar), ou mais geralmente *vehicle sickness* (enjoo em veículo). De forma similar, os enjoos provocados pelo movimento no mundo real são conhecidos como *motion sickness* (MS).

CS, também chamada de *Reality Induced Sickness Effects* (VRISE), assim como a *simulator sickness* (enjoo em simulador), produzem efeitos semelhantes aos enjoos provocados pela MS (KEMENY, 2014; MAZLOUMI GAVGANI et al., 2018). Mesmo que as situações que causam o desconforto nos usuários sejam ligeiramente diferentes, esses mecanismos que as causam podem ser explicados da mesma maneira. CS é um fenômeno que envolve náusea e desconforto que podem durar minutos ou horas após experimentar aplicativos de RV, e está ligada às discrepâncias de movimento percebido entre os mundos real e virtual (KEMENY; CHARDONNET; COLOMBET, 2020).

2.2 Teorias da origem da Cybersickness

Segundo (KEMENY; CHARDONNET; COLOMBET, 2020), existem três teorias que tentam explicar a origem da CS:

- teoria do conflito sensorial (*sensory conflict theory*): sugere que a CS é causada pela incompatibilidade entre os sistemas sensoriais envolvidos na percepção do movimento pelo usuário. Acredita-se que o conflito visio-vestibular tem um impacto predominante

na CS;

- teoria ecológica (*ecological theory*): afirma que a CS é causada pelo período prolongado de instabilidade postural do usuário. Acredita-se que instabilidade postural precede o enjoo;
- teoria do veneno (*poison theory*): afirma que os sintomas tem origem em um mecanismo evolutivo, que visa ejetar substâncias tóxicas ingeridas, o que explicaria a náuseas e vômitos.

Ainda é necessário muita pesquisa para descobrir realmente a origem da CS, porém a teoria mais popular é a teoria do conflito sensorial. A teoria do veneno é a mais controversa. Um dos motivos da controversa é que o tempo necessário para a toxina afetar os mecanismos vestibulares de um usuário parece muito longo para provocar o vomito.

2.3 Fatores causadores da *Cybersickness*

Diversos fatores contribuem para que sintomas de enjoo aconteçam durante a imersão em um ambiente de RV. Muitos autores (ZHANG et al., 2016; DORADO; FIGUEROA, 2014; CIRIO et al., 2013; CARNEGIE; RHEE, 2015; FERNANDES; FEINER, 2016; KEMENY et al., 2017) investigam CS. (PORCINO et al., 2017) apresentaram um compilado das principais fatores causadores da CS e técnicas para mitigá-las.

2.3.1 Aceleração

O aumento da aceleração no ambiente de VR pode gerar um conflito sensorial no usuário que causa uma disparidade no cérebro (SO; LO; HO, 2001). De acordo com (METZ, 2016), o problema principal está na duração da mudança de aceleração. A mudança instantânea não provoca tanto desconforto quanto uma aceleração lenta seguida de uma desaceleração lenta. Segundo (PORCINO et al., 2017), a existência de movimentos com aceleração é um fator que contribui para o desconforto em ambientes de VR. Por outro lado, movimentos com alta aceleração tornam a experiência mais confortável.

2.3.2 Campo de visão

A redução do campo de visão em cenas de VR colabora para redução significativa do nível de náusea causado pela CS. Uma estratégia para a redução do campo de visão é chamada de *tunnelling* (FARMANI; TEATHER, 2018). O *tunnelling* reduz o tamanho do campo de visão do usuário exatamente quando a locomoção acontece. Isso reduz os conflitos sensoriais, diminuindo a CS.

2.3.3 Movimentos rotacionais

As rotações dispareas ao movimento de rotação da cabeça do usuário podem causar desconforto. Um exemplo real disso é em uma viagem de carro. Quando o carro realiza curvas, o carro rotaciona. No entanto, os passageiros do carro podem não estar acompanhando este movimento. Uma técnica para mitigar CS foi implementada por (BUDHIRAJA et al., 2017), que aplica um efeito de *blur* gaussiano uniforme durante as rotações. Essa estratégia pode diminuir o mal estar mas também pode comprometer a imersão no ambiente de VR.

2.3.4 Tempo de exposição

Segundo (PORCINO et al., 2017), existe relação entre o tempo de uso dos HMDs e o nível de enjoo dos usuários. (MELO; VASCONCELOS-RAPOSO; BESSA, 2018) sugeriram experiências breves e intervaladas para evitar os sintomas de CS.

2.3.5 Quantidade de quadros por segundo

Segundo (OLANO et al., 1995), a baixa quantidade de quadros por segundo foi um problema importante nas primeiras gerações de HMDs. A baixa qualidade dos vídeos do passado dificultou a produção e a popularização de jogos de RV. É crucial garantir que a aplicação em VR não produza quedas de quadros. No ambiente de VR, isso pode contribuir para causar desconforto aos usuários (PORCINO et al., 2017).

2.4 Técnicas para minimizar a *cybersickness*

Existem muitas técnicas para minimizar os efeitos da CS em ambientes de RV. A aplicação dessas técnicas em ambiente de RV pode reduzir a CS proveniente de mais de uma causa

ao mesmo tempo. Porém, a aplicação dessas técnicas nos ambientes de RV muitas vezes comprometem a imersão do usuário. Na sequência deste texto, são descritas brevemente algumas técnicas conhecidas.

2.4.1 Diminuição do Campo de visão (FOV) e Tunneling

A Diminuição do Campo de visão é uma técnica que modifica o campo de visão para mitigar a CS. Destaca-se o uso de vinhetas, como forma de reduzir a CS (FERNANDES; FEINER, 2016). Vinhetas em uma imagem ou vídeo são áreas escurecidas, desfocadas e/ou dessaturadas tipicamente localizadas nas extremidades.

Outra técnica é chamada de tunneling (FARMANI; TEATHER, 2018). O *tunneling* reduz o tamanho do campo de visão exatamente quando a locomoção acontece, por exemplo. Isso reduz os conflitos sensoriais, diminuindo os sintomas da CS.

2.4.2 *Rotational blur*

A técnica de *blur* provoca um efeito de borrão em uma imagem. Essa técnica pode ser aplicada durante um movimento, para causar a sensação de velocidade. O estudo realizado por (BUDHIRAJA et al., 2017) indica que a aplicação de *blur* em ambientes de VR, durante movimentos de rotação pode ajudar a minimizar o CS.

Reduzir o nível de *blur* pode ser uma medida válida para mitigar o desconforto de origens diversas, como locomoção, aceleração, campo de visão, profundidade de visão e rotação da câmera. A utilização do *blur* restrita ao movimento de rotação da câmera, também conhecido como *rotational blur*, pode ser utilizada com a finalidade de diminuir o desconforto proveniente de locomoção e de rotação da câmera.

2.4.3 Locomoção por gatilho

A técnica de locomoção por gatilho usa um acionador, geralmente por meio de um botão do controle, para realizar uma locomoção instantânea. A locomoção geralmente tem distância fixa, e curta, e acontece na direção na qual o usuário estiver olhando. Como a locomoção ocorre instantaneamente, o desconforto causado pela aceleração são mitigados (SARUPURI et al., 2017).

2.4.4 Locomoção por teletransporte

A técnica de locomoção por teletransporte é semelhante a técnica de locomoção por gatilho. A maior diferença é que com essa técnica o usuário tem liberdade de escolher onde quer ser teletransportado. A técnica de teletransporte é amplamente utilizada nos jogos de RV. Consiste na utilização de um mecanismo para indicar a localização destino da locomoção. No momento que o usuário confirma a ação, geralmente por meio de um botão do controle, ele é teletransportado para o local destino instantaneamente. Assim como a técnica de locomoção por gatilho, a locomoção por teletransporte previne os problemas causados pela aceleração, presentes na locomoção contínua. Porém, essa técnica pode comprometer a imersão do usuário, já que a locomoção por teletransporte é muito menos realista que uma locomoção contínua (LANGBEHN; LUBOS; STEINICKE, 2018).

2.5 Medições do nível de *cybersickness*

Tipicamente, o nível de sintomas de *cybersickness* é medido pelo uso de questionários. O usuário tem uma experiência em um ambiente e reporta as suas sensações através do questionário, que contém perguntas objetivas. (KEMENY; CHARDONNET; COLOMBET, 2020) faz um apanhado dos questionários mais utilizados para medir MS, Simulator Sickness e CS. Segundo o livro, a estimativa subjetiva fornece uma maneira fácil de implementar para medir o nível de CS, uma vez que depende principalmente de questionários para preencher. O uso de questionários tem a vantagem de não necessitar de nenhum dispositivo ou *software* específico para a avaliação dos sintomas da CS.

Na sequência deste texto, são descritas três opções de questionários para medir os sintomas da CS que estão no livro *Getting Rid Of Cybersickness* de (KEMENY; CHARDONNET; COLOMBET, 2020). O Simulator Sickness Questionnaire (SSQ), que é um questionário usado em simuladores de vôo para avaliar os sintomas da Simulator Sickness, e o Cybersickness Questionnaire (CSQ) e o Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ), que são questionários mais específicos para a CS.

2.5.1 Simulator Sickness Questionnaire

Um método muito famoso para medir o enjoo relacionado a imersões em ambientes virtuais é o Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) (KENNEDY et al., 1993). O SSQ foi

proposto em 1993, para propósitos de aviação, em simuladores de vôo. É um dos principais métodos, com mais de 3200 citações de acordo com o Google Scholar, muito mais que os outros questionários. Ele faz um apanhado de 16 itens, os quais são os principais sintomas observados depois da imersão em um ambiente virtual. Os participantes respondem de 0 (nenhum sintoma), até 3 (máximo de sintoma). O score do enjoo é calculado por uma fórmula proposta por (KENNEDY et al., 1993).

A confiabilidade e aplicabilidade do SSQ em ambientes de RV foram muito questionadas. A exposição à RV induz o usuário a diferentes padrões de respostas para o SSQ, em comparação com simuladores de voo e direção, considerando que CS e Simulator Sickness atuam em ambientes distintos (STANNEY; KENNEDY; DREXLER, 1997). Outra crítica abordada em (AMES; WOLFFSOHN; MCBRIEN, 2005), relata que o SSQ não enfoca com importância os sintomas ópticos, uma vez que os HMD de RV podem provocar fortes sintomas ópticos.

2.5.2 Cybersickness Questionnaire e Virtual Reality Sickness Questionnaire

A partir das críticas ao SSQ, foi realizada uma revisão e reformulação do SSQ. O Cybersickness Questionnaire (CSQ) foi apresentado como uma alternativa para observar sintomas de enjoo que geralmente acontecem em RV. O CSQ contém nove itens do SSQ, e considera fatores como tontura e dificuldade de foco (STONE-III, 2017). (KIM et al., 2018) propôs o Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ), empregando nove itens do SSQ, considerando apenas fatores oculomotores e de desorientação (excluindo náusea). Neste trabalho, para avaliar o sintomas da CS, foi usado o VRSQ.

2.6 Trabalhos Relacionados

(BUDHIRAJA et al., 2017) descreve e aplica a técnica de *rotational blur*, para reduzir a CS causada por movimentos rotacionais. Este estudo utilizou do SSQ para mensurar o nível de CS de voluntários. Os resultados mostram que, na maioria dos casos, o *rotational blur* ajudou a diminuir os efeitos da CS, e atrasou o sentimento de enjoo de alguns voluntários. Porém, os resultados não foram estatisticamente significantes, pois o grupo de voluntários era pequeno, e alguns participantes foram afetados negativamente pela técnica.

O campo de visão é essencial para a percepção de velocidade (KEMENY; PANERAI, 2003). Diminuir o campo de visão pode comprometer um pouco essa percepção, o que pode

ser algo relevante se considerarmos um jogo de corrida, ou alguma imersão onde a velocidade é importante. Por outro lado, a redução do campo de visão é uma técnica válida para diminuir os sintomas da CS. (TEIXEIRA; PALMISANO, 2020) comenta sobre os trabalhos de (FERNANDES; FEINER, 2016) e (AL ZAYER et al., 2019), que descobriram que a restrição dinâmica do campo de visão reduz significativamente a CS, se comparado com os métodos estáticos.

3 METODOLOGIA

O planejamento e desenvolvimento do experimento aqui apresentado foi desenvolvido através de uma colaboração com pesquisadores da Universidade Federal de Fluminense (UFF), que possuem amplo conhecimento sobre o estudo e causas de CS, bem como técnicas conhecidas que podem reduzir os efeitos da CS. Desta forma, a escolha das técnicas avaliadas neste trabalho foi baseada em trabalhos já existentes, realizados pelo grupo de pesquisadores da UFF.

Para avaliar a eficácia das técnicas para mitigar os problemas da CS anteriormente apresentados, aqui é aplicada a seguinte metodologia:

- definição de ambiente para o experimento com HMD,
- planejamento experimento, com definição de técnicas a serem testadas,
- definição de questionários de avaliação,
- implementação das técnicas para mitigar a CS em um ambiente de RV com HMD,
- aplicação do experimento: voluntários usam o *headset* e reportam sintomas no ambiente de RV construído propositalmente para estimular a CS, respondendo questionários.
- avaliação de resultados do experimento.

3.1 Ambiente

Para avaliar as técnicas, foi usado um ambiente de VR que é o jogo do carro (PORCINO et al., 2020). Este ambiente foi desenvolvido com o objetivo de induzir a CS, pelo doutorando Thiago Porcino, da UFF, que gentilmente cedeu o projeto da Unity para a realização deste trabalho. Durante a realização da implementação deste trabalho, aconteceu algumas colaborações importantes com o Thiago Porcino e sua orientadora, a Profa. Daniela Trevisan.

No jogo do carro, o usuário dirige um carro em uma pista com curvas, como em uma corrida de Fórmula 1. O usuário tem a visão de quem está sentado dentro da cabine do carro. O usuário, durante o jogo do carro, pode apresentar desconforto provenientes de origens diversas, dentre elas, aceleração, locomoção, campo de visão, profundidade de campo, e rotação da câmera.

Com o estudo conduzido na literatura, foi realizada uma análise preliminar do jogo utilizado no experimento deste trabalho. Nesta análise, foi observada a grande frequência de movimentos rotacionais e mudanças de aceleração do carro. Por esta razão, foi conduzida a etapa que envolve a escolha e implementação de técnicas para mitigar CS em ambientes virtuais e o método de avaliação da efetividade da aplicação das técnicas através de um experimento.

3.2 Técnicas

Foram selecionadas duas técnicas, *rotational blur* e *tunneling*, que tem relação com as possíveis causas de desconforto provocadas no ambiente do jogo. As técnicas foram aplicadas simultaneamente no jogo do carro. Uma captura de tela do ambiente de RV do jogo do carro, sem e com a aplicação das técnicas, é mostrada na Figura 3.1.



(a) sem aplicação das técnicas



(b) com aplicação do *tunneling* rotational blur em um momento de forte rotação

Figura 3.1: Captura de tela do ambiente de RV do jogo do carro.

Segundo (BUDHIRAJA et al., 2017), a utilização do *blur* restrita ao movimento de rotação da camera, também conhecida como *rotational blur*, pode ser utilizada com a finalidade de diminuir o desconforto proveniente de locomoção e rotação da camera. O *rotational blur* é aplicado quando acontecem rotações muito rápidas (por exemplo, quando o carro bate, ou faz uma curva muito rápido). Esta técnica pode ajudar a diminuir os sintomas de mal estar causados pelas fortes rotações no jogo do carro.

A técnica de *tunneling* pode ser utilizada visando diminuir o desconforto proveniente de locomoção e campo de visão. O *tunneling* tem relação com a velocidade e a rotação. Quanto mais rápida a velocidade do carro, menor é o campo de visão do usuário, até um máximo que não comprometa a jogabilidade, o que ajuda a prevenir os efeitos causados pela aceleração, locomoção, e campo de visão.

(KEMENY; PANERAI, 2003) apontam que o campo de visão é essencial para a percepção da velocidade. Portanto, houve um cuidado para que o *tunnelling* não diminuísse tanto o campo de visão a ponto de se tornar prejudicial ao desempenho do jogador. Os estudos sobre *tunnelling* e campo de visão apontaram que a restrição dinâmica era mais promissora para reduzir os efeitos da CS em comparação aos métodos estáticos (FERNANDES; FEINER, 2016) (AL ZAYER et al., 2019). Portanto, neste trabalho, foi utilizado um efeito de *tunnelling* dinâmico, onde o campo de visão do jogador vai ficando menor de acordo com a velocidade e rotação do veículo. Quando o carro sofre uma rotação muito forte, o efeito de *blur* é ativado juntamente com o de *tunnelling*, com a finalidade de diminuir o desconforto provocado pela rotação.

No ambiente do jogo do carro, as técnicas para mitigar a *cybersickness* foram implementadas com suporte da Unity, Engine¹ versão 2019.4.6f1. A Unity Engine oferece compatibilidade com OpenVR² (HTC Vive) e Oculus³, que são HMDs muito populares. A técnica de *rotational blur* foi implementada utilizando *shaders* na Unity, e a técnica do *tunneling* utilizada neste trabalho está disponível na AssetStore⁴.

3.3 Aplicação do experimentos e questionários

Nos experimentos realizados de forma preliminar, voluntários participaram respondendo questionários e jogando duas sessões do jogo do carro: a primeira sessão s_1 e a segunda sessão s_2 . A diferença entre as sessões é que s_1 não utiliza técnicas de redução de CS, e s_2 utiliza as técnicas *rotational blur* e *tunneling* dinâmico. Cada sessão do jogo tem duração de 5 minutos. Os passos dos experimentos são sumarizados na Fig. 3.2.

Inicialmente, cada voluntário responde o *Cybersickness Profile Questionnaire (CSPQ)* (PORCINO et al., 2020) com perguntas sobre idade, gênero, nível de experiência com RV, uso de óculos, problemas de visão, desconforto ao assistir TV, olho dominante, postura que vai estar durante o experimento (sentado ou pé).

Além do CSPQ, os voluntários respondem mais quatro questionários: um antes e outro depois de jogar cada sessão do jogo. Como em (PORCINO et al., 2020), os questionários abordam sintomas de desconforto sentidos pelos usuários, e foram retirados do VRSQ (*Virtual*

¹ <https://unity.com/pt/solutions/game>

² <https://github.com/ValveSoftware/openvr>

³ <https://www.oculus.com>

⁴ <https://assetstore.unity.com/>

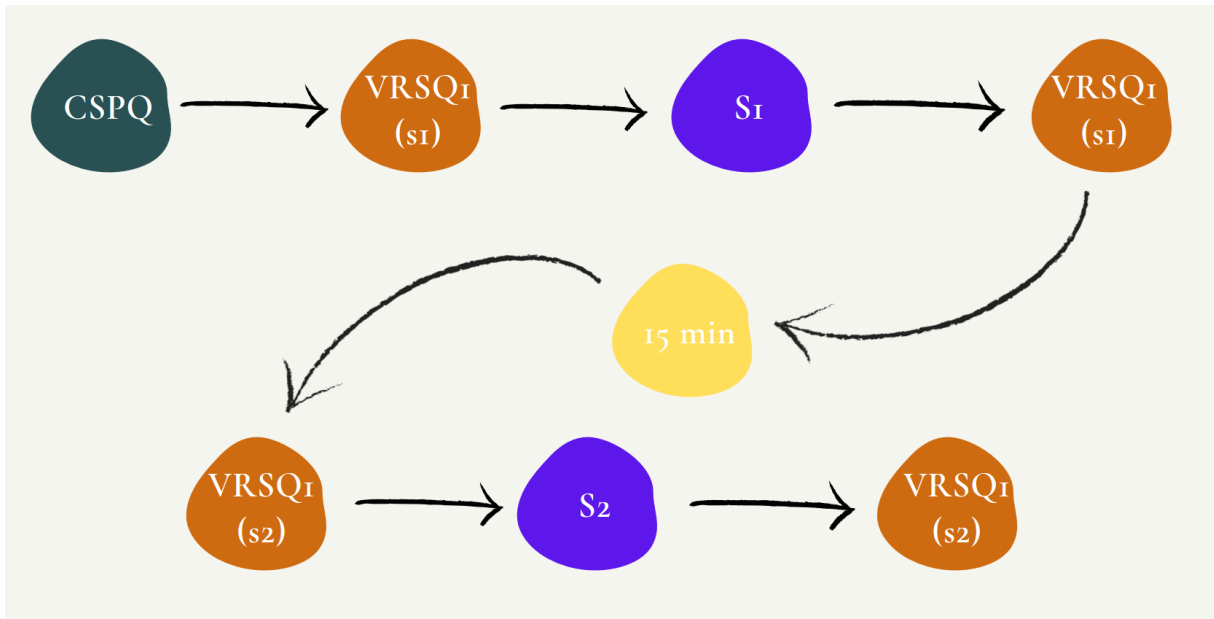


Figura 3.2: Passos do experimentos

Reality Sickness Questionnaire) (KIM et al., 2018) que é uma versão modificada do SSQ (*Simulator Sickness Questionnaire*) para abordar ambientes de RV especificamente. A principal diferença deste questionário com o SSQ é que neste questionário são considerados apenas fatores oculomotores e de desorientação(excluindo Náusea). Os voluntários aguardam um intervalo (15 minutos) entre as sessões para que os sintomas de mal estar de uma sessão não influenciem na outra.

Portanto, cada voluntário segue os seguintes passos:

- responder o CSPQ,
- responder $VRSQ_1(s_1)$ antes de jogar s_1 ,
- jogar s_1 por 5 minutos,
- responder $VRSQ_2(s_1)$ depois de jogar s_1 ,
- respeitar o intervalo mínimo de 15 minutos entre as duas sessões,
- responder $VRSQ_1(s_2)$ antes de jogar s_2 ,
- jogar s_2 por 5 minutos,
- responder $VRSQ_2(s_2)$ depois de jogar s_2 .

Para cada um dos voluntários, foram avaliados os seguintes sintomas, através dos questionários VRSQ: desconforto geral, fadiga (cansaço), fadiga ocular, dificuldade de concentração, dor de cabeça, cabeça pesada, visão embaçada, tontura e vertigem. Os VRSQs, bem como o CSPQ, estão anexos ao volume deste trabalho. O nível de mal estar para cada sintoma pode variar entre 0 (não sentiu o sintoma) e 4 (sentiu muito o sintoma). Para cada sintoma foi feito um gráfico, onde as barras indicam, para cada voluntário, a diferença entre o nível de mal estar antes e depois de cada sessão do jogo s_i , dado pela diferença de cada resposta.

$$R_{VRSQ_2(s_i)} - R_{VRSQ_1(s_i)}. \quad (3.1)$$

Por exemplo, se o voluntário responde que não sente dor de cabeça antes do jogo e que sente dor de cabeça leve depois do jogo, aparece uma barra no gráfico. Se o voluntário responde que não sente dor de cabeça antes do jogo e que depois do jogo continua não sentindo dor de cabeça, nenhuma barra aparece no gráfico. Na sequencia deste texto, os gráficos com as respostas dos questionários são apresentados e os resultados são discutidos.

4 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Neste capítulo, são discutidos os resultados dos experimentos com a aplicação das técnicas *rotational blur* e *tunneling* para mitigar a CS. Para a realização dos experimentos, os voluntários realizaram as atividades descritas no capítulo anterior.

No total, 7 voluntários participaram dos experimentos. O experimento obedeceu as normas para a realização de experimentos com pessoas, foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFSM e foi registrado na Plataforma Brasil. Todos os participantes preencheram o termo de Livre Consentimento e Esclarecimento (TLCE) que se encontra anexo ao final deste volume.

Os dados agregados (somatório para todos os voluntários) com todos os sintomas são apresentados na Fig. 4.1 (a). Os demais resultados, de forma individualizada, são apresentados na sequência: desconforto geral com resultados na Fig. 4.1 (b), fadiga (cansaço) com resultados na Fig. 4.1 (c), fadiga ocular com resultados na Fig. 4.1 (d), dor de cabeça com resultados na Fig. 4.2 (a), cabeça pesada com resultados na Fig. 4.2 (b), dificuldade de concentração com resultados na Fig. 4.2 (c), visão embaçada com resultados na Fig. 4.2 (d), tontura com resultados na Fig. 4.2 (e) e e vertigem com resultados na Fig. 4.2(f).

De forma geral, as respostas dos questionários indicam que houve predominante diminuição na intensidade dos sintomas manifestados em s_2 em relação à s_1 . Em especial, como pode ser observado nos gráfico Fig. 4.1 (a), que apresenta o somatório dos resultados para todos os sintomas em cada versão do jogo, o valor agregado para a versão sem técnicas (s_1) é 39. Enquanto, para versão com as técnicas (s_2), o valor é 18. Ou seja, em s_1 existe maior predominância de barras do que nas respostas referentes à s_2 , que apresenta as respostas com a aplicação das técnicas, indicando que a aplicação das técnicas para mitigar a CS tem efeito positivo, e diminuiu 46.15 por cento dos sintomas gerais.

Porém, se os gráficos dos sintomas separadamente, pode-se ter outra perspectiva. Por exemplo, os sintomas fadiga (cansaço) apresentados na Fig. 4.1 (c) e dificuldade de concentração apresentados na Fig. 4.2 (c) apresentam pioras em s_2 em relação à s_1 .

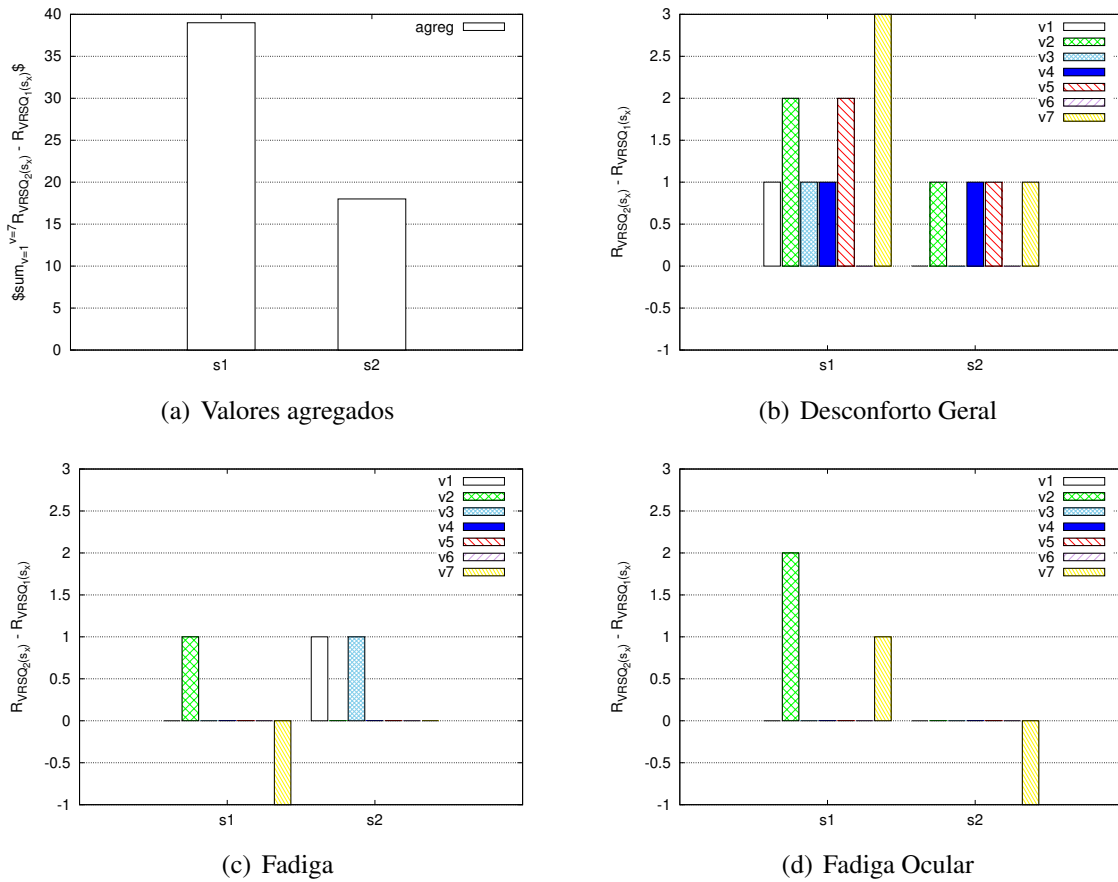


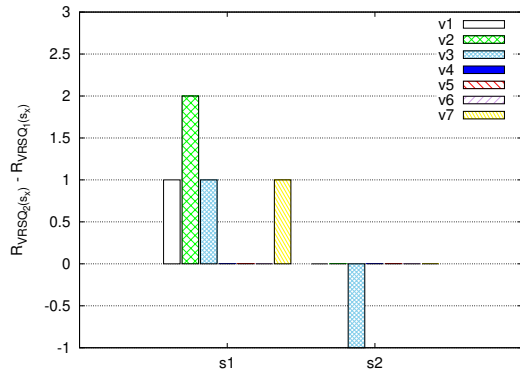
Figura 4.1: Respostas dos questionários.

Para o sintoma visão embaçada Fig.4.2 (d), o resultado geral ficou igual, já que existem duas barras de valor um. Porém, se formos analisar por voluntário, o voluntário v_7 apresentou uma melhora de valor um, de s_1 para s_2 , enquanto o voluntário v_3 apresentou uma piora de valor um, de s_1 para s_2 . Os sintomas que apresentaram os valores mais altos (maior sensação do sintoma), são desconforto geral mostrado na Fig. 4.1(b), tontura mostrado na Fig. 4.2, (e) vertigem mostrado na Fig. 4.2(f) e dor de cabeça mostrado na Fig. 4.2 (a). Esses sintomas são os que apresentaram maior variação de s_1 para s_2 , indicando que as técnicas podem ter ajudado a minimizar a CS para esses sintomas. Destaque para vertigem, onde a soma dos valores das barras para s_1 é 7, e para s_2 é 0, indicando que a sensação do sintoma não existiu durante s_2 .

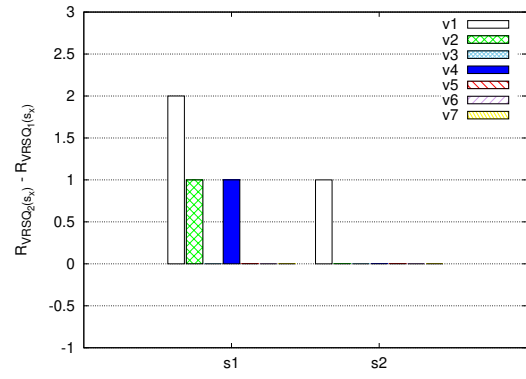
Desconforto geral e tontura são os que tiveram maiores valores para s_1 , e também indicaram muitas melhoras em s_2 . Curiosamente para dor de cabeça, o voluntário v_3 (barra azul clara) informou que a dor de cabeça melhorou durante s_2 , por isso a barra para baixo na Fig. 4.2 (a). Isso também acontece no sintoma de fadiga ocular mostrado na Fig. 4.1 (d) e fadiga cansaço, para o voluntário v_7 (barra amarela). Tanto em fadiga ocular, como em dor de cabeça e tontura, a sensação dos sintomas foi erradicada, inferindo, mais uma vez, que as técnicas podem ter contribuído para diminuir o desconforto provocado por estes sintomas.

Mais especificamente, o voluntário v_2 (barra verde) foi um dos que sentiram mais desconforto em s_1 , e é notável a redução da variação dos seus sintomas em s_2 . Ele comentou que demorou mais tempo para se sentir desconfortável em s_2 . Somente por volta de 3 minutos em s_2 , começou a sentir uma onda de tontura parecida com a que tinha sentido em s_1 .

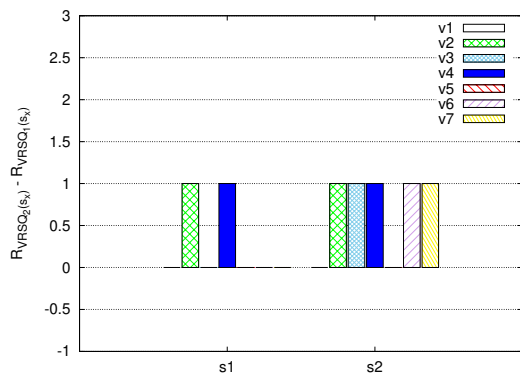
Vale destacar também, que dois voluntários desistiram durante o experimento. Ambos alegaram ter sentido forte enjoo durante s_1 , e não estão contabilizados nos resultados aqui apresentados. Vale destacar também o perfil dos voluntários que fazem parte desta pesquisa. A maioria dos voluntários são do sexo masculino (71,4%), e de faixas etárias semelhantes (18 a 36 anos). Outro ponto que pode ser apontado, é que a maior parte dos voluntários já possui um HMDs (71,4%), portanto, já estavam habituados à imersão em realidade virtual. 85,7% dos voluntários não apresentavam nenhum desconforto antes de realizar o experimento. Dentre os voluntários, 42,9% usam óculos, dentre eles 50% possui miopia, e 50% possui astigmatismo. 28,6% dos voluntários alegaram sentir um pouco de desconforto ao ficar perto da televisão. e 57,1% dos voluntários possui o olho direito como olho dominante. Todos os voluntários jogaram sentados. Finalmente, precisa ser observado que o pequeno grupo de voluntários usado no experimento prejudica a confiabilidade do resultado. O experimento realizado neste trabalho foi



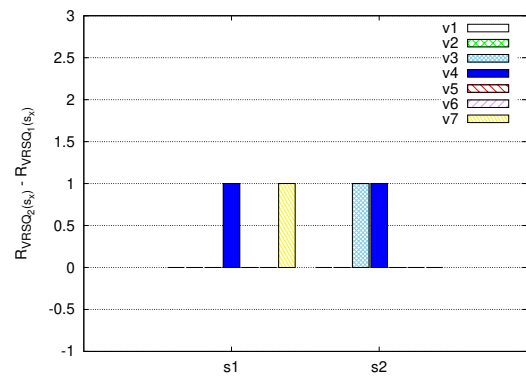
(a) Dor de Cabeça



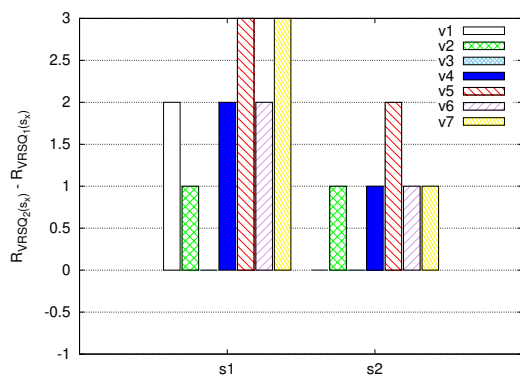
(b) Cabeça Pesada



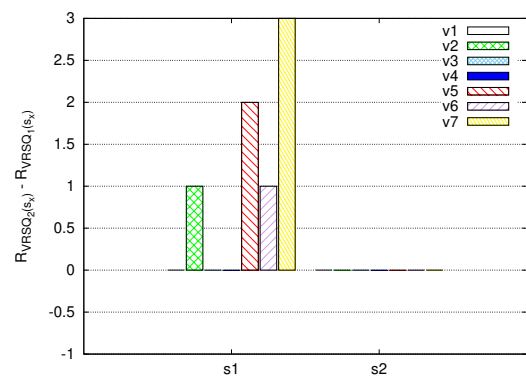
(c) Dificuldade de Concentração



(d) Visão Embaçada



(e) Tontura



(f) Vertigem

Figura 4.2: Respostas dos questionários (continuação).

conduzido em período de distanciamento social devido a pandemia do Covid-19, o que prejudicou a realização dos experimentos pois o compartilhamento do equipamento (HMDs) estava dificultado devido ao risco de contágio. O resultado obtido é preliminar e novos experimentos precisam ser conduzidos com mais participantes.

5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa apresentou uma revisão bibliográfica sobre CS, abordando o problema, principais causas e técnicas conhecidas para diminuir os sintomas. No decorrer da pesquisa foram implementadas duas técnicas para mitigar CS em um ambiente de realidade virtual. Com autorização provida pelos voluntários, foram realizados testes com a utilização de métodos de medição baseados em características subjetivas, por meio de questionários. Os resultados apresentados na pesquisa indicaram minimização dos efeitos da CS. Entretanto, experimentos com mais voluntários deveriam ser realizados para melhorar a confiabilidade dos resultados. A colaboração com pesquisadores da UFF foi de extrema importância para o desenvolvimento da pesquisa e abriu portas para novas colaborações futuras.

Experimentos com mais voluntários devem ser realizados em estudo futuro. Outra atividade que também seria interessante para melhorar a qualidade dos resultados é o uso de outro jogo para aplicar este mesmo experimento, bem como a avaliação de outras técnicas para mitigar os sintomas da CS.

REFERÊNCIAS

- AL ZAYER, M. et al. The Effect of Field-of-View Restriction on Sex Bias in VR Sickness and Spatial Navigation Performance. In: CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2019., New York, NY, USA. **Proceedings...** Association for Computing Machinery, 2019. p.1–12. (CHI '19).
- AMES, S. L.; WOLFFSOHN, J. S.; MCBRIEN, N. A. The Development of a Symptom Questionnaire for Assessing Virtual Reality Viewing Using a Head-Mounted Display. **Optometry and Vision Science**, [S.l.], v.82, p.168–176, March 2005.
- BEKELE, M. K. et al. A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage. **J. Comput. Cult. Herit.**, New York, NY, USA, v.11, n.2, Mar. 2018.
- BERG, L. P.; VANCE, J. M. Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. **Virtual Reality**, [S.l.], v.21, September 2017.
- BUDHIRAJA, P. et al. Rotation Blurring: use of artificial blurring to reduce cybersickness in virtual reality first person shooters. **arXiv:1710.02599**, [S.l.], 2017.
- CARNEGIE, K.; RHEE, T. Reducing Visual Discomfort with HMDs Using Dynamic Depth of Field. **IEEE Computer Graphics and Applications**, [S.l.], v.35, p.34–41, 09 2015.
- CIRIO, G. et al. Kinematic Evaluation of Virtual Walking Trajectories. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, [S.l.], v.19, n.4, p.671–680, 2013.
- DORADO, J. L.; FIGUEROA, P. A. Ramps are better than stairs to reduce cybersickness in applications based on a HMD and a Gamepad. In: IEEE SYMPOSIUM ON 3D USER INTERFACES (3DUI), 2014. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. p.47–50.
- FARMANI, Y.; TEATHER, R. J. Viewpoint Snapping to Reduce Cybersickness in Virtual Reality. **Graphics Interface**, [S.l.], 2018.
- FERNANDES, A. S.; FEINER, S. K. Combating VR sickness through subtle dynamic field-of-view modification. **2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)**, [S.l.], p.201–210, 2016.

KEMENY, A. From Driving Simulation to Virtual Reality. In: VIRTUAL REALITY INTERNATIONAL CONFERENCE, 2014., New York, NY, USA. **Proceedings...** Association for Computing Machinery, 2014. (VRIC '14).

KEMENY, A.; CHARDONNET, J.-R.; COLOMBET, F. **Getting Rid of Cybersickness:** in virtual reality, augmented reality, and simulators. [S.l.]: Springer, 2020. 148p.

KEMENY, A. et al. New VR Navigation Techniques to Reduce Cybersickness. **Electronic Imaging**, [S.l.], v.2017, p.48–53, 2017.

KEMENY, A.; PANERAI, F. Evaluating perception in driving simulation experiments. **Trends in Cognitive Sciences**, [S.l.], v.7, n.1, p.31–37, 2003.

KENNEDY, R. S. et al. Simulator Sickness Questionnaire: an enhanced method for quantifying simulator sickness. **The International Journal of Aviation Psychology**, [S.l.], v.3, n.3, p.203–220, 1993.

KIM, H. K. et al. Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): motion sickness measurement index in a virtual reality environment. **Applied ergonomics**, [S.l.], v.69, p.66–73, 05 2018.

LAFFONT, P.-Y.; HASNAIN, A. Adaptive dynamic refocusing: toward solving discomfort in virtual reality. , [S.l.], p.1–2, 07 2017.

LANGBEHN, E.; LUBOS, P.; STEINICKE, F. Evaluation of Locomotion Techniques for Room-Scale VR: joystick, teleportation, and redirected walking. In: VIRTUAL REALITY INTERNATIONAL CONFERENCE - LAVAL VIRTUAL, New York, NY, USA. **Proceedings...** Association for Computing Machinery, 2018.

MAZLOUMI GAVGANI, A. et al. A comparative study of cybersickness during exposure to virtual reality and "classic" motion sickness: are they different? **Journal of Applied Physiology**, [S.l.], v.125, n.6, p.1670–1680, 2018.

MELO, M.; VASCONCELOS-RAPOSO, J.; BESSA, M. Presence and cybersickness in immersive content: effects of content type, exposure time and gender. **Computers Graphics**, [S.l.], v.71, p.159 – 165, 2018.

MERCHANT, Z. et al. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: a meta-analysis. **Computers Education**, [S.l.], v.70, p.29 – 40, 2014.

METZ, R. Oculus Founder Palmer Luckey on What It Will Take to Make Virtual Reality Really Big. **MIT technology Review**, [S.l.], March 2016.

OLANO, M. et al. Combatting Rendering Latency. In: SYMPOSIUM ON INTERACTIVE 3D GRAPHICS, 1995., New York, NY, USA. **Proceedings...** Association for Computing Machinery, 1995. p.19–ff. (I3D '95).

PAES, D.; IRIZARRY, J. A Usability Study of an Immersive Virtual Reality Platform for Building Design Review: considerations on human factors and user interface. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2018. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2018. p.419–428.

PORCINO, T. et al. Automatic Recommendation of Strategies for Minimizing Discomfort in Virtual Environments. **Proceedings of the IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH) - SeGAH 2020**, [S.l.], Junho 2020.

PORCINO, T. M. et al. Minimizing cybersickness in head mounted display systems: design guidelines and applications. **2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)**, [S.l.], p.1–6, 2017.

PRASOLOVA-FORLAND, E. et al. Active learning modules for multi-professional emergency management training in virtual reality. In: IEEE 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING, ASSESSMENT, AND LEARNING FOR ENGINEERING (TALE), 2017. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2017. p.461–468.

REASON, J. T.; BRAND, J. **Active learning modules for multi-professional emergency management training in virtual reality**. [S.l.]: Academic Press, 1975.

RUTHENBECK, G. S.; REYNOLDS, K. J. Virtual reality for medical training: the state-of-the-art. **Journal of Simulation**, [S.l.], v.9, n.1, p.16–26, 2015.

SARUPURI, B. et al. Triggerwalking: a biomechanically-inspired locomotion user interface for efficient realistic virtual walking. In: SYMPOSIUM ON SPATIAL USER INTERACTION, 5., New York, NY, USA. **Proceedings...** Association for Computing Machinery, 2017. p.138–147.

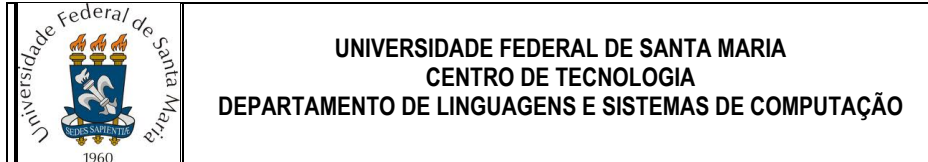
SO, R. H.; LO, W.; HO, A. T. Effects of navigation speed on motion sickness caused by an immersive virtual environment. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [S.l.], v.43, n.3, p.452–461, 2001.

STANNEY, K. M.; KENNEDY, R. S.; DREXLER, J. M. Cybersickness is Not Simulator Sickness. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, [S.l.], v.41, n.2, p.1138–1142, 1997.

STONE-III, W. B. Psychometric evaluation of the Simulator Sickness Questionnaire as a measure of cybersickness. **Graduate Theses and Dissertations. 15429**, Iowa State University, 2017.

TEIXEIRA, J.; PALMISANO, S. Effects of dynamic field-of-view restriction on cybersickness and presence in HMD-based virtual reality. **Virtual Reality**, [S.l.], 2020.

ZHANG, L. L. et al. Motion Sickness: current knowledge and recent advance. **CNS Neuroscience Therapeutics**, [S.l.], p.15–24, 2016.



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Dados de identificação

Título do Projeto: **Estudo de Percepção: Avaliação de Técnicas para Mitigar a Cybersickness em Ambiente de Realidade Virtual**

Pesquisadora Responsável: MARCIA PASIN

Instituição a que pertence a Pesquisadora Responsável: CENTRO DE TECNOLOGIA – UFSM

Telefone para contato da Pesquisadora: (55) 99165 9869

Outras formas de contato com a Pesquisadora: MARCIA@INF.UFSM.BR

Nome do Participante: _____

Responsável legal (quando for o caso): _____

O(A) Sr.(ª) está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa **Estudo de Percepção: Avaliação de Técnicas para Mitigar a Cybersickness em Ambiente de Realidade Virtual**, de responsabilidade da pesquisadora **MARCIA PASIN**. A sua participação é **voluntária** e que este consentimento poderá ser retirado a qualquer tempo, sem prejuízos ou qualquer outra penalização.

Sua participação no projeto consiste no seguinte: você deverá usar o seu **Head Mounted Display (HMD)** e **jogar duas sessões de 5 minutos de um jogo semelhante à Formula 1 ou similar e responder 5 questionários de forma anônima**: um questionário de perfil, e um questionário antes e depois de cada sessão do jogo. A primeira sessão não usa as técnicas para a redução de *cybersickness* e a segunda sessão tem técnicas como tunelamento e *blur*. Você irá perceber essas técnicas como o escurecimento de bordas da imagem ou como aparecimento de névoa na imagem. O tempo total de duração do experimento, inclusive preenchimento de questionários, é de aproximadamente 35 minutos. Segundo estudos **algumas pessoas podem sentir desconforto durante experiências com realidade virtual, como enjoo, dor nos olhos e tontura. Ao realizar este experimento você declara estar ciente que poderá sentir um ou mais sintomas de desconforto causados pelo uso de dispositivos de realidade virtual.**

Este estudo visa entender as causas destes sintomas de desconforto em ambientes de realidade virtual. Este procedimento não apresenta riscos à vida uma vez que nenhum tipo de intervenção será necessário. Sempre haverá um pesquisador disponível remotamente para qualquer manifestação de desconforto que deseje relatar. Não será realizada nenhum tipo de entrevista, e você poderá se retirar da sessão a qualquer momento. A equipe envolvida no estudo na UFSM é composta por um estudante de graduação (João Gonçalves Machado), e pela professora responsável (Dra. Marcia Pasin).

Solicitamos vossa autorização para o uso das respostas dos questionários, de forma anônima, para a produção de artigos técnicos e científicos, assim como o aprimoramento do aplicativo.

Agradecemos vossa participação e colaboração.

TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

Título do projeto: **Aplicação de Experimento: Avaliação de Técnicas para Mitigar a Cybersickness em Ambiente de Realidade Virtual**

Pesquisador responsável: Marcia Pasin

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria

Telefone para contato: (55) 99165 9869

Email: marcia@inf.ufsm.br

Local da coleta de dados: online

Os responsáveis pelo presente projeto se comprometem a preservar a confidencialidade dos dados dos participantes envolvidos no trabalho, que serão coletados por meio de formulários online, no período de novembro 2020 a abril de 2021.

Informam, ainda, que estas informações serão utilizadas, única e exclusivamente, no decorrer da execução do presente projeto e que as mesmas somente serão divulgadas de forma anônima, bem como serão mantidas em um repositório *online* acessível somente mediante senha, pelo período de duração do projeto, sob a responsabilidade de João Gonçalves Machado. Após este período os dados serão destruídos.

Este projeto de pesquisa foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSM em/...../....., com o número de registro Caae

Santa Maria, 14 de outubro de 2020.

.....
Assinatura do pesquisador responsável

Questionário Cybersickness

*Obrigatório

Antes de jogar o JOGO 1

Questionário antes de jogar o JOGO 1

1. Qual seu gênero ? *

Marcar apenas uma oval.

Masculino

Feminino

Outro

2. Qual sua faixa etária? *

Marcar apenas uma oval.

18 a 36

37 a 50

+50

3. Sua frequência de uso de VR *

Marcar apenas uma oval.

Nenhuma

Alguma

Muita

4. Qual seu nível de desconforto agora *

Marcar apenas uma oval.

Nenhum

Algum

Muito

5. Usa óculos? *

Marcar apenas uma oval.

sim

não

6. Possui algum destes problemas de visão? *

Marque todas que se aplicam.

Miopia

Hipermetropia

Astigmatismo

Nenhum

7. Nível de desconforto ao ficar perto da TV *

Marcar apenas uma oval.

- Nenhum
- Um pouco
- Algum
- Muito

8. Qual seu olho dominante? *

Marcar apenas uma oval.

- Esquerdo
- Direito

9. Como vai jogar? *

Marcar apenas uma oval.

- Sentado
- De pé

10. Desconforto geral *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Fadiga(Cansaço) *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Fadiga Ocular *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Falta de Concentração *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Dor de Cabeça *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. "Cabeça Pesada" *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Visão Embaçada *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Tontura *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Vertigem *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Questionário Cybersickness

*Obrigatório

Depois de jogar o JOGO 1

Responder depois de jogar o JOGO 1

1. Desconforto geral *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Fadiga(Cansaço) *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Fadiga Ocular *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Dor de Cabeça *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. "Cabeça Pesada" *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Falta de Concentração *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Visão Embaçada *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Tontura *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Vertigem *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Questionário Cybersickness

*Obrigatório

PAUSA

Espere pelo menos 15 minutos antes de jogar o próximo jogo

Antes de jogar o JOGO 2

Questionário antes de jogar o JOGO 2

1. Desconforto geral *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Fadiga(Cansaço) *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Fadiga Ocular *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Falta de Concentração *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Dor de Cabeça *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. "Cabeça Pesada" *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Visão Embaçada *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Tontura *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Vertigem *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Questionário Cybersickness

*Obrigatório

Depois de jogar o JOGO 2

Responder depois de jogar o JOGO 2

1. Desconforto geral *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Fadiga(Cansaço) *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Fadiga Ocular *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Dor de Cabeça *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. "Cabeça Pesada" *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Falta de Concentração *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Visão Embaçada *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Tontura *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Vertigem *

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Comenta aí!

10. Me diga como foi sua experiência

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários