



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

## **Interação natural em ambientes virtuais para a plataforma WEB**

Matheus Netto

Lajeado, novembro de 2019

Matheus Netto

## **Interação natural em ambientes virtuais para a plataforma WEB**

Projeto de pesquisa desenvolvido na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia da Computação, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador: Prof. Me. Fabrício Pretto

Lajeado, novembro de 2019

## RESUMO

Embora muitos dispositivos de interação tenham sido desenvolvidos para aprimorar a maneira com que interagimos com ambientes virtuais, a Interação Natural (IN) ainda é considerada a mais eficiente. A comunicação humana é naturalmente composta por gestos, expressões e movimentos. Desta forma, o processo de interação torna-se mais intuitivo, pois elimina a necessidade de esforço cognitivo no aprendizado de novos comandos na realização de tarefas. As aplicações *World Wide Web* (WEB) correspondem à plataforma mais utilizada no momento para a criação de novas soluções, no entanto, sua principal forma de interação ainda ocorre por meio de dispositivos tradicionais, como teclado e mouse. Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar um experimento de Interação Natural em ambientes virtuais para a plataforma WEB, em um ambiente interativo, utilizando a tecnologia *Web Graphics Library* (WebGL) e uma câmera digital. Através de técnicas destinadas a computação visual, são realizadas a leitura e interpretação dos movimentos dos usuários em tempo real. A validação dessa solução envolveu alunos dos cursos de computação de uma instituição de ensino superior. Durante os testes, os alunos interagiram através de movimentos naturais, manipulando objetos em um ambiente de Realidade Virtual (RV) em um navegador WEB. Foram avaliados critérios como: processamento dos gestos, desempenho da aplicação no cliente, precisão dos movimentos e usabilidade.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual, Interação Natural, Plataforma WEB, OpenCV, Tensorflow.

## **ABSTRACT**

Although many interaction devices have been designed to enhance the way we interact with virtual environments, Natural Interaction (IN) is still considered the most efficient way of interaction. Human communication is naturally composed of gestures, expressions and movements. In this case, the interaction process becomes more intuitive because it eliminates the need for cognitive effort in learning new commands to perform tasks. World Wide Web (WEB) applications correspond to the most used platform for creating new solutions, however, their main form of interaction still occurs through traditional devices such as keyboard and mouse. Therefore, this paper aims to present a proposal of Natural Interaction in virtual environments for the WEB platform in an interactive environment, using Web Graphics Library (WebGL) technology and a digital camera. Through techniques for visual computing, reading and interpretation of users' movements are performed in real time. The validation of this solution involved students from the computing courses of an educational institution. During the tests, students interacted through natural movements, manipulating objects in a Virtual Reality (VR) environment in a WEB browser. These criteria were evaluated: gesture processing, client application performance, movement accuracy and usability.

**Keywords: Virtual Reality, Natural Interaction, WEB Platform, OpenCV, Tensorflow.**

Dedico este trabalho ao meus pais,  
Claudete Maria Netto e Olmar Netto,  
que me apoiaram durante toda a Graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Claudete e Olmar e à minha irmã Daiane, pela sólida estrutura familiar que sempre representaram e que foi fundamental para minha evolução acadêmica e profissional.

À toda a minha família, em especial as minhas tias/tios, Lisette, Margarete, Janete, Sérgio e minha avó Irena, pela confiança e pelo auxílio com o Financiamento Estudantil, tornando isso tudo possível.

À minha namorada Claudia, pelo apoio e compreensão.

Ao professor orientador Me. Fabrício Preto pelos conselhos e incentivos, pelas críticas, sugestões e todo o conhecimento compartilhado que foram essenciais para a construção deste trabalho. Pelo tempo dedicado nas revisões, encontros e pelo laço de amizade criado.

Ao professor coordenador Dr. Marcelo Gomensoro Malheiros, por permitir que este trabalho fosse realizado.

Aos alunos que dedicaram o seu tempo para realização dos testes.

A todos os professores, colegas, coordenadores amigos que participaram de minha jornada acadêmica.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sensorama Simulator.....	19
Figura 2 - Os três "i" da Realidade Virtual .....	20
Figura 3 - Luva de dados composta pelo mecanismo de fibra óptica .....	22
Figura 4 - Princípio dos seis graus de liberdade.....	23
Figura 5 - Mouse 3D com suporte aos seis graus de liberdade.....	23
Figura 6 - Comparação entre o som 3D e estéreo .....	25
Figura 7 - Exemplo de Sistema de Reação de Força.....	26
Figura 8 - iPhone - Primeira Geração.....	31
Figura 9 - Nintendo Wii .....	32
Figura 10 - Microsoft Kinect.....	32
Figura 11 - Leap Motion .....	33
Figura 12 - Dispositivos com comando de voz.....	33
Figura 13 - Simulador para treinamento no setor elétrico.....	41
Figura 14 - Tela do aplicativo para tratamento de fisioterapia .....	42
Figura 15 - Experimento do Jogo Motion Rehab.....	43
Figura 16 – Aplicativo em Realidade Virtual desenvolvido .....	45
Figura 17 - Diagrama de Classes .....	47
Figura 18 - Experimento sendo executado por um dos participantes .....	49

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Amostra de melhor pontuação (OpenCV) .....	50
Gráfico 2 - Amostra de melhor pontuação (Tensorflow).....	50
Gráfico 3 - Classificação do experimento quanto a facilidade de uso .....	52
Gráfico 4 - Satisfação na realização do experimento através dos movimentos dos punhos ....	53
Gráfico 5 - Classificação do experimento quanto a precisão e qualidade no rastreamento dos movimentos de punhos.....	54

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Desempenho do protótipo em relação as técnicas utilizadas .....	54
--	----

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Conceitos das Interfaces Naturais .....	28
Quadro 2 - Princípios das Interfaces Naturais de Usuário .....	29
Quadro 3 - Lista de Navegadores com suporte a tecnologia WebGL.....	37
Quadro 4 - Informações adicionais incorporados ao cenário virtual .....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
6DOF	Degrees of Freedom – 6 graus de liberdade
API	<i>Application Programming Interface</i>
AVE	Acidente vascular encefálico
BBOX	<i>Bounding Box</i>
COCO	<i>Common Objects in Context</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
HMD	Head-Mounted Display – Capacete de visualização
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
FPS	<i>Frames Per Second</i> – Quadros por segundo
IN	Interação Natural
NUI	<i>Natural User Interface</i> – Interface Natural de Usuário
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
SSD	<i>Single Shot MultiBox Detection</i>
UI	<i>User Interface</i> – Interface do Usuário
WEB	<i>World Wide Web</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	14
1.2 OBJETIVO GERAL .....	14
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	15
1.5 JUSTIFICATIVA.....	15
<b>2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>16</b>
2.1 REALIDADE VIRTUAL .....	16
2.1.1 Histórico .....	17
2.1.2 Fundamentos da Realidade Virtual .....	19
2.1.2.1 Interação .....	20
2.1.2.2 Imaginação .....	20
2.1.2.3 Imersão .....	21
2.1.3 Dispositivos de entrada de dados .....	21
2.1.3.1 Luvas de dados .....	21
2.1.3.2 Dispositivos 6DOF .....	22
2.1.3.3 Outros dispositivos.....	23
2.1.4 Dispositivos de saída de dados.....	24
2.1.4.1 Dispositivos visuais.....	24
2.1.4.2 Dispositivos auditivos .....	24
2.1.4.3 Dispositivos hápticos .....	25
2.2 REALIDADE AUMENTADA.....	26
2.3 INTERAÇÃO NATURAL .....	27
2.3.1 Interface Natural de Usuário .....	27
2.3.1.1 Princípios das Interfaces Naturais de Usuário.....	28
2.3.1.2 Aplicações das Interfaces Naturais de Usuário .....	30
2.3.1.2.1 Telas sensíveis ao toque .....	30
2.3.1.2.2 Controladores com detecção de movimento .....	31
2.3.1.2.3 Reconhecimento de fala .....	33
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
3.1 TIPO DE PESQUISA .....	34
3.1.1 Quanto aos objetivos .....	34

3.1.2 Quanto à natureza da abordagem .....	34
3.1.3 Quanto aos procedimentos técnicos .....	35
3.2 UNIDADE DE ANÁLISE .....	35
3.3 AMOSTRA .....	35
3.4 COLETA DE DADOS .....	36
3.6 FERRAMENTAS E MATERIAL .....	36
3.6.1 WebGL .....	36
3.6.2 A-Frame .....	37
3.6.3 OpenCV .....	37
3.6.4 Tensorflow .....	38
3.6.5 Técnicas para reconhecimento dos movimentos .....	38
3.6.5.1 HAAR .....	38
3.6.5.2 COCO-SSD .....	38
3.7 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO .....	39
<b>4 TRABALHOS RELACIONADOS .....</b>	<b>40</b>
4.1 AMBIENTES TRIDIMENSIONAIS PARA TREINAMENTO NO SETOR ELÉTRICO .....	40
4.2 AUXÍLIO A REABILITAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA ATRAVÉS DA REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA .....	41
4.3 INTERVENÇÃO COM JOGOS DE ENTRETENIMENTO NA ATENÇÃO E NA INDEPENDÊNCIA FUNCIONAL EM IDOSOS APÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO .....	42
<b>5 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>44</b>
5.1 VISÃO GERAL .....	44
5.2 ARQUITETURA .....	46
<b>6 RELATO DA EXPERIMENTAÇÃO .....</b>	<b>48</b>
6.2 TESTE 2 – TENSORFLOW .....	50
6.3 AVALIAÇÃO DAS TÉCNICAS .....	51
6.3.1 Experiência anteriores .....	51
6.3.2 Usabilidade .....	51
6.3.2 Satisfação na realização do experimento através dos movimentos dos punhos .....	52
6.3.3 Precisão e qualidade no rastreamento dos movimentos de punhos .....	53
6.3.4 Desempenho geral do protótipo .....	54
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO AO ESTUDANTE .....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há um certo tempo a Realidade Virtual (RV) fora explorada apenas pela indústria de entretenimento e principalmente no desenvolvimento de jogos. No entanto, alguns dos consoles acabaram destinados também para a área da saúde como uma alternativa e auxílio a tratamentos fisioterapêuticos. Outros experimentos exploraram tratamento de fobias e transtornos psíquicos.

A Realidade Virtual é considerada como uma interface avançada para o usuário que envolve a simulação em tempo real, sob um ambiente tridimensional (3D) e capaz de interagir com múltiplos canais sensoriais. Trata-se de um ambiente sintético, com a possibilidade de imersão, interação, navegação e resposta aos movimentos executados sob este ambiente (BURDEA; COIFFET, 2003).

A Realidade Aumentada (RA), pode ser considerada como o enriquecimento do mundo real por meio da interpolação de objetos virtuais (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). Segundo Kirner apud Bimber (2007). Uma das principais diferenças em relação a Realidade Virtual é no sentido de presença do usuário, em que, na RV a sensação visual é totalmente controlada por meio de um ambiente fictício, enquanto na Realidade Aumentada esta sensação é mantida no mundo real.

Em busca de aperfeiçoar os sistemas de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, a Interação Natural (IN) visa melhorar o modo como o usuário interage com os ambientes virtuais. A Interação Natural é considerada mais intuitiva, pois elimina a necessidade de dispositivos ou aprendizado adicional, facilitando e promovendo uma agradável imersão aos usuários. A Interação Natural é geralmente interpretada por meio da computação visual, através do processamento de imagens brutas. Por meio de câmeras digitais de baixo custo, já é

possível extrair informações essenciais como o reconhecimento facial, o reconhecimento de gestos e movimentos em tempo real (VALLI, 2007).

Dado o avanço computacional, este projeto visa desenvolver uma aplicação a fim de promover o uso da Realidade Virtual e a Interação Natural na plataforma WEB, bem como comparar o desempenho das técnicas utilizadas para o reconhecimento de movimentos e gestos para esta mesma plataforma.

### **1.1 Descrição do Problema**

As aplicações WEB correspondem à plataforma mais utilizada no momento para a criação de novas soluções, no entanto, sua principal forma de interação ainda ocorre por meio de dispositivos tradicionais, como teclado e mouse.

O presente estudo busca promover o uso da Realidade Virtual e a Interação Natural através de técnicas disponíveis para o reconhecimento de gestos e movimentos na plataforma WEB, bem como validar o desempenho e precisão destas técnicas.

### **1.2 Objetivo geral**

Promover o uso da Realidade Virtual e a Interação Natural para a plataforma WEB como alternativa aos meios tradicionais de interação entre o usuário e a máquina, visando uma proposta de baixo custo.

### **1.3 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos tem-se:

- a) Validar o desempenho das técnicas destinadas ao reconhecimento dos movimentos do usuário para a plataforma WEB.
- b) Desenvolver um protótipo não imersivo a fim de validar a Interação Natural em ambientes virtuais com uso da Realidade Virtual na plataforma WEB.
- c) Validar o protótipo com alunos da Universidade do Vale do Taquari - Univates.

#### **1.4 Delimitação do estudo**

A presente pesquisa é focada no reconhecimento dos movimentos dos punhos, fazendo uso dos recursos atualmente disponíveis na plataforma WEB, com intuito de promover a Interação Natural em um ambiente não imersivo.

Foram utilizados conceitos de processamento visual, aprendizado de máquina e redes neurais, os quais não fazem parte da abordagem dessa pesquisa.

Esta pesquisa foi realizada no ano de 2019, na qual, envolveu alunos no segundo semestre para avaliar, gerar informações, observações e conclusões.

#### **1.5 Justificativa**

Este trabalho justifica-se pela necessidade de aprimorar os meios tradicionais de interação entre o usuário e o computador com intuito de explorar a Interação Natural em ambientes de Realidade Virtual para a plataforma WEB.

Para o acadêmico busca-se agregar os conhecimentos destinados ao desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual.

Para instituição, este trabalho é relevante em virtude de produzir conhecimento no uso da Realidade Virtual em plataformas mais acessíveis, do qual, poderá ser destinado para outras disciplinas, como a área da saúde.

Este projeto poderá ser relevante para a sociedade em geral, a fim de instigar outras pesquisas e tecnologias com uso da Realidade Virtual e a Interação Natural.

## 2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Através da Realidade Virtual, já é possível visualizar ambientes remotos com segurança, criar simulações e reviver situações de risco no nosso dia a dia sem equipamentos sofisticados e por meio de dispositivos comuns. O cenário atual da tecnologia RV, apresenta um indício de popularização e disseminação nos próximos anos para plataformas mais acessíveis, como por exemplo, os navegadores WEB.

Neste capítulo é apresentada a Realidade Virtual, a Realidade Aumentada, a Interação Natural e suas aplicações, considerações e utilidades.

### 2.1 Realidade Virtual

A Realidade Virtual é definida como uma interface com o usuário que envolve a simulação em tempo real, em um ambiente tridimensional, gerado por um computador capaz de interagir com os sentidos humanos (auditivo, háptico, visual, olfativo e palato), por meio de dispositivos multissensoriais (BURDEA; COIFFET, 2003).

Em termos de funcionalidade, Burdea (2003) descreve a Realidade Virtual como a existência de um ambiente sintético composto por objetos virtuais. O usuário é capaz de interagir, navegar e receber *feedback* das interações realizadas no mundo sintético. Todo o processo é virtualizado e quanto maior o envolvimento do indivíduo, maiores serão os níveis de imersão no ambiente.

Os ambientes de RV permitem ser observados de diferentes perspectivas e com segurança, pois os elementos reais são transpostos para o ambiente sintético. A manipulação de alguns elementos e o deslocamento tridimensional ocorrem através de mãos ou simples

controles que eliminam recursos complexos e transformam a experiência do usuário em algo agradável (MONTEIRO, 2011).

Kirner, Siscoutto e Tori (2006) destacam a Realidade Virtual como uma técnica avançada de interface, na qual, possibilita a imersão, navegação e interação do usuário a partir de um ambiente tridimensional. Desta forma, o indivíduo manipula, interage e explora os dados em tempo real com seus sentidos naturais. Todo conhecimento físico do mundo real pode ser transferido para o mundo virtual de forma transparente, pois ambos os ambientes possuem características tridimensionais semelhantes.

A interação e imersão necessitam de equipamentos especiais, como capacetes visuais e luvas de dados, por exemplo. Esses dispositivos são capazes de proporcionar a sensação de estar interagindo com um ambiente real e a através das ações naturais do ser humano, como apontar, arrastar e soltar objetos (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Apesar dos grandes avanços destinados a esta área nos últimos anos, seu surgimento foi após a segunda guerra mundial, conforme é descrito na próxima seção.

### **2.1.1 Histórico**

Desde o surgimento dos computadores pessoais, pesquisadores buscam alternativas para que as máquinas se ajustem às pessoas e não o contrário. A evolução do hardware e software tornaram possível a criação de interfaces tangíveis e hápticas, como o mouse e o teclado, por exemplo, possibilitando aos usuários o acesso às aplicações, como se estivessem atuando no mundo real. A realidade virtual surgiu como uma nova geração de interfaces, permitindo uma interação humano-computador mais próxima do natural (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Sua origem fora desenvolvida a partir da criação de simuladores de voo para a força aérea americana após a segunda guerra mundial. No entanto, somente através da indústria de entretenimento que esta área ganhou destaque (MONTEIRO, 2011).

Em 1962, uma máquina denominada Sensorama Simulator (FIGURA 1), fora patenteada por Morton Heilig, como o primeiro meio de entretenimento com uso da tecnologia da Realidade Virtual. O objetivo principal do experimento era a simulação de um passeio de motocicleta pelas ruas de Nova York. Na época, a invenção utilizava artifícios que proporcionavam uma sensação de realismo em uma espécie de cabine. A máquina era composta por ventiladores, imagens tridimensionais, aromas e um assento com vibrações, que

geravam múltiplas sensações ao usuário. Posteriormente, Heilig identificou um potencial para substituir a atual cinematografia, através de uma máscara de simulação tridimensional. Um experimento revolucionário, sem sucesso comercial, mas, precursor no conceito da imersão do usuário em um ambiente sintético e dando início a uma série de experimentos científicos com o uso da Realidade Virtual (BURDEA; COIFFET, 2003).

O ScketchPad desenvolvido por Ivan Sutherland e sucessor aos experimentos de Heilig, possibilitaram a geração de imagens por computador, ao invés de imagens analógicas gerada por uma câmera. No entanto, o poder computacional da época não permitiu a execução da computação gráfica em tempo real (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

A partir da evolução tecnológica dos anos 90, os experimentos foram mais suscetíveis, porém, a transposição do usuário para o ambiente virtual, ainda causava desconforto, exigindo treinamento para utilização dos equipamentos, sem mencionar o alto poder aquisitivo dos mesmos. Problemas que inibiram a popularização da RV (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Atualmente, muitas áreas exploram esta tecnologia além da indústria de entretenimento, desde treinamentos e formação de profissionais da medicina, como na reabilitação, através do tratamento de sequelas motoras e cognitivas (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Figura 1 - Sensorama Simulator



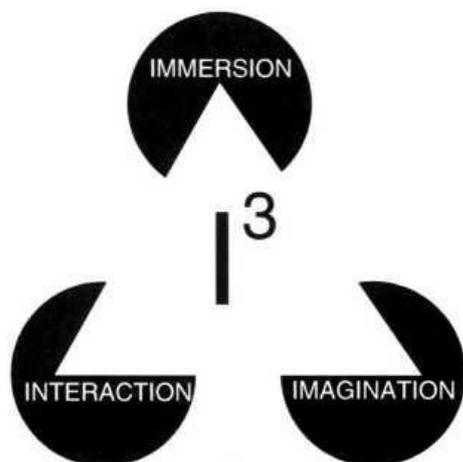
Fonte: Página da decom<sup>1</sup>

## 2.1.2 Fundamentos da Realidade Virtual

Segundo Burdea e Coiffet (2003) a Realidade Virtual é composta por três princípios fundamentais: imersão, interação e imaginação. Denominados como os três “i” da RV (FIGURA 2), no qual será abordado nas próximas seções.

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.decom.ufop.br>>. Acesso em: 28 mai. 2016.

Figura 2 - Os três "i" da Realidade Virtual



Fonte: BURDEA; COIFFET, 2003, p. 18.

### 2.1.2.1 Interação

A interação é considerada um dos fatores mais importante, pois envolve a alteração da aplicação em resposta aos movimentos do usuário. A interação é enriquecida a partir da exploração de sons específicos e a texturização dos elementos no ambiente virtual (MONTEIRO, 2011).

A interatividade é realizada através de dispositivos especiais, que são utilizados para transformar os movimentos humanos em comandos legíveis para o computador, a fim de reproduzi-los no ambiente sintético e permitindo uma resposta para o usuário durante a simulação (BURDEA; COIFFET, 2003).

Os dispositivos de interação são compostos por luvas, que captam os gestos, efeitos sonoros são realizados a partir de algoritmos de áudio 3D e os movimentos do corpo são captados por rastreadores (BURDEA; COIFFET, 2003).

### 2.1.2.2 Imaginação

A imaginação destina-se a motivação do usuário e ao poder de persuasão do sistema RV em engajar o seu completo envolvimento. O envolvimento pode ocorrer de forma passiva, em que, apenas há uma visualização do ambiente virtual sem atuação do usuário ou de forma ativa, com a colaboração do indivíduo no ambiente (MONTEIRO, 2011).

### **2.1.2.3 Imersão**

A imersão consiste em incluir ou sentir-se parte do ambiente sintético. Neste caso, isto ocorre por meio de dispositivos que envolvem múltiplos canais sensoriais e permitem a imersão do usuário por diversas sensações. A sensação de presença do usuário no ambiente pode ocorrer em diferentes níveis, dos quais, são classificados conforme o seu grau de imersão: imersivo, semi-imersivo e não-imersivo (MONTEIRO, 2011).

A realidade imersiva, parte pelo uso de dispositivos tecnológicos, que estimulam as sensações do usuário, como capacetes e luvas. Estes dispositivos sensoriais são capazes de inserir o usuário por completo em um ambiente virtual (MONTEIRO, 2011).

A realidade semi-imersiva ocorre por meio de dispositivos que não inserem o usuário totalmente em um ambiente virtual, como os óculos polarizados, em que, o indivíduo visualiza o ambiente real e o virtual simultaneamente (MONTEIRO, 2011).

A realidade não-imersiva, projeta o usuário mais para o ambiente real do que virtual, faz referência aos dispositivos tradicionais, como os jogos de computadores (MONTEIRO, 2011).

### **2.1.3 Dispositivos de entrada de dados**

Para que seja possível a interação é necessário o uso de interfaces especiais, que possam interpretar os gestos e movimentos humanos, transformando-os em comandos legíveis para o computador. As interfaces de interação variam em termos de funcionalidade e finalidades, pois abrangem múltiplos canais sensoriais. O objetivo destas interfaces, assim como os sistemas RV, é possibilitar a interação com o computador de forma rápida e natural, eliminando recursos adicionais como mouse e teclado (BURDEA; COIFFET, 2003).

#### **2.1.3.1 Luvas de dados**

As luvas de dados permitem que o usuário interaja com o ambiente virtual, através dos movimentos naturais das mãos, tornando a interatividade com o sistema RV mais intuitiva. Existem diversas implementações destes equipamentos, que variam entre sensores mecânicos e de fibra óptica, conforme é apresentado na Figura 3. Atualmente, os dispositivos mais

populares são compostos por fibra óptica. O mecanismo destas luvas é através do princípio de passagem de luz ao dobrar uma das junções. As variações de luz são interpretadas e transmitidas para o computador (KIRNER; SISCOOTTO; TORI 2006).

Figura 3 - Luva de dados composta pelo mecanismo de fibra óptica



Fonte: Página da cescg<sup>2</sup>

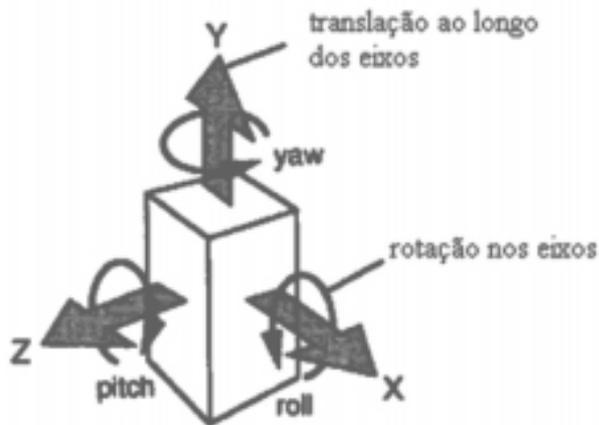
### 2.1.3.2 Dispositivos 6DOF

Os dispositivos 6DOF (6 Degree of Freedom) permitem movimentação em todas as direções no ambiente 3D, inclusive de rotação. Desta forma, possuem seis graus de liberdade (6DOF), no qual, possibilitam três rotações e três translações, conforme é apresentado na Figura 4. Um exemplo de dispositivo 6DOF é apresentado na Figura 5 (KIRNER; SISCOOTTO; TORI, 2006).

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.cescg.org>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

Figura 4 - Princípio dos seis graus de liberdade



Fonte: KIRNER; SISCOOTTO; TORI, 2006, p.40.

Figura 5 - Mouse 3D com suporte aos seis graus de liberdade



Fonte: KIRNER; SISCOOTTO; TORI, 2006, p.392.

### 2.1.3.3 Outros dispositivos

O teclado e mouse, mesmo sendo menos intuitivos, também podem ser utilizados no ambiente virtual como entrada de dados. Geralmente, utilizados para situações de baixo custo com a vantagem de serem conhecidos, reduzindo a complexidade na configuração e programação. Para linha de jogos virtuais e simuladores de voos, normalmente se fazem o uso de *joystick*, pois se assemelham ao controle real de uma aeronave (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

## **2.1.4 Dispositivos de saída de dados**

Através dos dispositivos de entrada de dados é possível a interação do usuário com o sistema RV, como por exemplo, as luvas de dados para manipulação dos objetos. Os dispositivos de saída de dados, são responsáveis por fornecer uma resposta a estas interações. Operam por múltiplos canais sensoriais, como visão, tato e audição (BURDEA; COIFFET, 2003).

### **2.1.4.1 Dispositivos visuais**

Nos sistemas RV o sentido mais estimulado é a visão. As imagens processadas pelo sistema ocular são compreendidas com características de profundidade, distância, posição e tamanho, a partir das informações da paralaxe e a estereoscopia. A estereoscopia, permite ver perspectivas diferentes com cada um de nossos olhos, proporcionando a sensação de profundidade. A paralaxe é destinada para a visualização de imagens diferentes ao alterar a direção da cabeça e conseqüentemente na sensação de movimento. A estereoscopia é gerada por meio de um sistema projetor de imagens diferentes para cada olho, enquanto a paralaxe é gerada pelo aplicativo gráfico (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

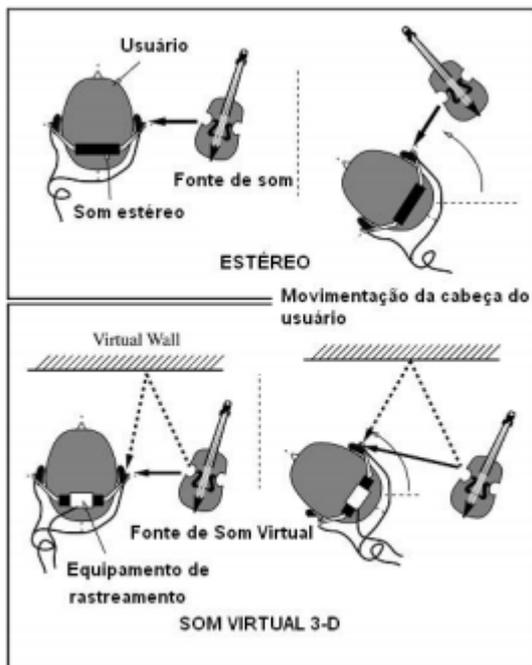
Os dispositivos mais tradicionais para este tipo de finalidade são os vídeos capacetes ou *Head-Mounted Display* (HMD), dos quais, são compostos por lentes especiais que fazem uso da estereoscopia, possibilitando que o usuário se concentre nas imagens que estão a poucos milímetros de distância e obtenha a sensação de profundidade. O dispositivo isola o usuário do mundo real, permitindo a imersão completa do indivíduo (BURDEA; COIFFET, 2003).

### **2.1.4.2 Dispositivos auditivos**

Os dispositivos auditivos oferecem uma percepção 360° do ambiente, enquanto os dispositivos visuais somente o que está a sua frente em um ângulo de 180°. O som permite enriquecer as informações do ambiente, como a sensação de distância, localização, tipo de objeto e o tamanho do cenário (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Através do formato de concha dos ouvidos o sistema auditivo é capaz de coletar as ondas sonoras de diversas direções. A partir disso, o cérebro processa estas informações e consegue determinar o local da fonte sonora. Existem placas específicas de áudio para operarem em conjunto com ferramentas que auxiliam na construção do som tridimensional e que possam ser incorporadas a modelagem do ambiente virtual. A Figura 6 demonstra a diferença entre o som 3D e o tradicional, estéreo (KIRNER; SICOUTTO; TORI, 2006).

Figura 6 - Comparação entre o som 3D e estéreo



Fonte: KIRNER; SISCOOTTO; TORI, 2006, p. 48.

#### 2.1.4.3 Dispositivos hápticos

Os dispositivos hápticos permitem que o usuário obtenha informações sensoriais do tato e ou de força, a fim de receber respostas ao contato com os objetos virtuais e ao manipulá-los. Desta forma, o realismo é enriquecido e aprimorado (BURDEA; COIFFET, 2003).

Os dispositivos hápticos são classificados entre reação de força e reação tátil. A reação tátil, além de permitir a sensação de toque, pode incorporar outras percepções, como rugosidade, temperatura e atrito. A reação de força, fornece as sensações de peso e pressão.

Geralmente, os dispositivos que incorporam a reação tátil, fornecem conjuntamente o sistema de reação de força (NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002).

A Figura 7 apresenta um exemplo de Sistema de Reação de Força.

Figura 7 - Exemplo de Sistema de Reação de Força



Fonte: NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002, p.16.

## 2.2 Realidade Aumentada

Uma das características da Realidade Virtual é a imersão do usuário ao ambiente virtual. Durante esse processo, o indivíduo não possui mais o contato visual com o ambiente real. A RV substitui todos os elementos do ambiente real para o mundo virtual. A Realidade Aumentada é considerada uma variação da RV em virtude de possuir os três princípios fundamentais: interação, imersão e imaginação. No entanto, o ambiente virtual é inexistente na Realidade Aumentada e os objetos virtuais são combinados aos elementos reais (AZUMA, 1997).

A Realidade Aumentada é menos restritiva que a Realidade Virtual. A Realidade Virtual normalmente necessita de ambientes fechados para o uso de equipamentos de visualização. A Realidade Aumentada é independente de ambiente e conseqüentemente mais abrangente. Ambas as tecnologias, contudo, são capazes de proporcionar experimentos coletivos ou individuais (KIRNER; SISCOUTTO, 2007).

A Realidade Aumentada pode ser definida como o enriquecimento do mundo real com objetos virtuais gerados por computador em tempo real, misturando textos, imagens e entre outros elementos (KIRNER; SISCOUTTO, 2007).

Segundo Kirner e Siscoutto apud Bimber (2007), a Realidade Aumentada pode ser comparada com a Realidade Virtual no sentido de aprimorar a cena do mundo real com elementos virtuais, enquanto a Realidade Virtual é gerada totalmente por computador. Outro fator é o sentido de presença do usuário, em que, na Realidade Aumentada é perante o mundo real, enquanto da Realidade Virtual a sensação visual é totalmente computadorizada. Por último, a Realidade Virtual precisa de algum mecanismo para integrar o usuário ao ambiente sintético, enquanto a Realidade Aumentada necessita combinar os dois ambientes.

## **2.3 Interação Natural**

A Interação Natural é definida como uma Interface Natural de Usuário (NUI – *Natural User Interface*), na qual elimina a necessidade de dispositivos ou aprendizado adicional, facilitando e promovendo uma agradável imersão aos usuários (VALLI, 2017).

Através da Interação Natural, os usuários interagem com os objetos, utilizando seus próprios movimentos, expressões e gestos, aumentando o senso de imersão em um ambiente virtual (VALLI, 2017).

Segundo Valli (2017), os dispositivos envolvidos na detecção e interpretação, devem ser capazes de lidar com os comportamentos humanos comuns com precisão. Os dispositivos não podem ser obstrutivos e idealmente imperceptíveis no ambiente.

Desta forma, o processo de interação torna-se mais intuitivo e eficaz, pois elimina a necessidade de esforço cognitivo no aprendizado de novos comandos para a realização de tarefas.

### **2.3.1 Interface Natural de Usuário**

A Interface Natural de Usuário é definida como uma interface com a capacidade de permitir que usuários interajam com os computadores do mesmo modo com os objetos no mundo real. Essa interface é composta por dispositivos que são capazes de interpretar gestos, linguagem corporal, proximidade, posição, entradas de áudio e visuais, direção dos olhos, expressão, localização e toque. A combinação destes dispositivos deve ser realizada de modo que a percepção dos usuários perante a tais mecanismos seja o mais natural possível (FERREIRA apud JAIN, LUND, WIXON, 2014).

Para Wigdor e Wixon (2011) uma Interface Natural de Usuário é uma interface capaz de fornecer uma experiência agradável e de fácil aprendizado, bem como permitir com que o usuário aja e se sinta natural ao executar uma tarefa. Nesta definição o termo “natural” não se refere à interface, mas ao sentimento com que os usuários expressam e à maneira como interagem com ela.

A Interface Natural de Usuário é considerada como a próxima geração de interfaces, bem como uma nova forma de pensar no modo que interagimos com os computadores através das habilidades naturais do ser humano (BLAKE, 2011).

Para Blake (2011), uma NUI é composta por três importantes conceitos, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Conceitos das Interfaces Naturais

<b>Conceito</b>	<b>Descrição</b>
As NUI são projetadas.	Exigem planejamento, pois é necessário cuidado especial para garantir que a as interações sejam apropriadas para o usuário, o conteúdo e o contexto.
As NUI reutilizam as habilidades existentes.	Os usuários são especialistas em muitas habilidades que adquiriram apenas por serem humanos. As NUI permitem que os usuários interajam com computadores usando ações intuitivas, como tocar, gesticular e conversar.
As NUI possuem interação apropriada com o conteúdo.	O foco do aplicativo deve estar no conteúdo e não nos controladores. A interface deve permitir que a interação entre o usuário e o sistema seja a mais apropriada possível, de acordo com o contexto e a situação.

Fonte: Do autor, adaptado de Blake (2011).

### 2.3.1.1 Princípios das Interfaces Naturais de Usuário

As Interfaces Naturais de Usuário ainda são consideradas como um conceito relativamente recente. Apesar disso, alguns princípios foram elaborados de forma exploratória, com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de uma NUI satisfatória (FERREIRA, 2014).

Hinman (2012) defende oito princípios, os quais são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Princípios das Interfaces Naturais de Usuário

<b>Princípio</b>	<b>Descrição</b>
1. Princípio da Estética de Desempenho	A experiência deve ser concentrada no prazer que vem da interação e não da realização.
2. Princípio da Manipulação Direta	Os usuários devem ser capazes de interagir diretamente com o conteúdo. Diferentemente das tradicionais Interface Gráficas, onde o foco está em “O que você vê é o que você recebe”, uma Interface Natural de Usuário deve possuir o objetivo de “O que você faz é o que você recebe”.
3. Princípio de <i>Scaffolding</i>	As NUI devem ser intuitivas, fáceis e divertidas. Os objetos devem se comportar da maneira que os usuários esperam que eles se comportem. Além disso, deve se apresentar dicas de como a interação deve ocorrer e através de poucas informações/opções.
4. Princípio de Ambientes Contextuais	As NUI devem ser responsivas ao ambiente, sugerindo como a próxima interação deva ocorrer.
5. Princípio do <i>Super Real</i>	Os objetos devem ser estendidos de uma maneira lógica que os faça parecer surreais. As NUI devem parecer além de reais, já que o conteúdo pode ser modificado de uma maneira que estende o mundo real.
6. Princípio da Interação Social	As NUI devem ser intuitivas e não exigirem esforço cognitivo. Além disso, devem oferecer oportunidades para que os usuários interagem entre si.
7. Princípio das Relações Espaciais	Nas NUI o conteúdo é representado por objetos, os quais, devem possuir “auras” que ajudem os usuários a entendê-los.

8. Princípio de <i>Seamlessness</i>	O uso de uma NUI deve parecer uniforme para seus usuários, pois a interação entre o usuário e o conteúdo é direta. Não deve haver dispositivos intermediários como teclado e mouse.
-------------------------------------	---

Fonte: Do autor, adaptado de Hinman (2012).

A presente pesquisa possui como objetivo propor uma alternativa aos meios tradicionais de interação com os ambientes em RV através da Interação Natural. Os princípios estabelecidos por Hinman (2012) foram considerados para o desenvolvimento do protótipo, bem como para o questionário de avaliação de efetividade do projeto (APÊNDICE A).

### **2.3.1.2 Aplicações das Interfaces Naturais de Usuário**

Nesta seção são demonstradas algumas aplicações das NUI.

#### **2.3.1.2.1 Telas sensíveis ao toque**

As telas sensíveis ao toque (*Touchscreen*) estão amplamente presentes no nosso cotidiano. Diariamente encontramos dispositivos que usufruem desta tecnologia, como *Smartphones*, *Tablets*, Monitores, Televisões, Caixas de Auto-Atendimento, dentre tantos outros aparelhos (FERREIRA, 2014).

Embora essa tecnologia tenha sido desenvolvida em 1948 por Hugh Le Caine, a sua popularização ocorreu através dos *Smartphones* e mais precisamente no lançamento do modelo fabricado pela Apple Inc. em 2007, denominado como iPhone – Primeira Geração (FIGURA 8) (FERREIRA, 2014).

Figura 8 - iPhone - Primeira Geração



Fonte: Página de suporte da Apple Inc<sup>3</sup> (2019).

### 2.3.1.2 Controladores com detecção de movimento

Controladores com detecção de movimento são dispositivos capazes de reconhecer os movimentos dos usuários, a fim de permitir que a interação entre o computador ocorra através de gestos ou movimentos (FERREIRA, 2014).

A popularização destes dispositivos ocorreu através do Nintendo Wii (FIGURA 9) em 2006. Este modelo era fabricado pela Nintendo of America Inc., o qual utilizava um acelerômetro acoplado a um controle remoto para a captura dos movimentos dos usuários (FERREIRA, 2014).

Além do acelerômetro, alguns dispositivos utilizam uma combinação de luz infravermelha e visão computacional para perceber o movimento dos usuários, como é o caso do modelo fabricado pela Microsoft, conhecido como Kinect (FIGURA 10). A grande vantagem deste dispositivo em relação ao Nintendo Wii é em não necessitar de controle remoto adicional (FERREIRA, 2014).

Outro dispositivo que explora a computação visual é o Leap Motion (FIGURA 11), o qual é composto por duas câmeras revestidas de acrílico, com foco no reconhecimento de gestos e movimentos das mãos (FERREIRA, 2014).

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://support.apple.com/pt-br/HT201296>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

Figura 9 - Nintendo Wii



Fonte: Página da TechTudo<sup>4</sup> (2019).

Figura 10 - Microsoft Kinect



Fonte: Página da Wikipedia<sup>5</sup> (2019).

---

<sup>4</sup> Disponível em <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/nintendo-wii-fim-da-fabricacao-do-console-e-oficialmente-anunciado.html>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

<sup>5</sup> Disponível em <<https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

Figura 11 - Leap Motion



Fonte: Página da Leap Motion<sup>6</sup> (2019).

### 2.3.1.2.3 Reconhecimento de fala

O Reconhecimento de fala permite que usuários interajam com os sistemas através de comandos de voz. A popularização dessa tecnologia ocorreu através dos serviços disponibilizados nos atuais *Smartphones e Smart Devices*, como o Google Voice Search (desenvolvido pela Google LLC), a Siri (desenvolvido pela Apple Inc.) e a Alexa (desenvolvido pela Amazon.com Inc.) (FERREIRA, 2014).

A Figura 12 apresenta alguns dos dispositivos controlados por voz, os quais são comercializados com o serviço da Alexa.

Figura 12 - Dispositivos com comando de voz



Fonte: Página da Amazon Alexa<sup>7</sup> (2019).

<sup>6</sup> Disponível em < <https://www.leapmotion.com/where-to-buy/germany>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://developer.amazon.com/en-IN/alexa/alexa-skills-kit>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

## **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo é descrita a forma de realização da presente pesquisa, a unidade de análise, plano de coleta de dados, ferramentas e material da investigação.

### **3.1 Tipo de Pesquisa**

A classificação da pesquisa adota como base a taxinomia apresentada por Vergara (2010), com a qualificação de dois aspectos: quanto os fins e quantos aos meios de investigação.

#### **3.1.1 Quanto aos objetivos**

Considerando os objetivos desta pesquisa a mesma pode ser considerada aplicada. Para Vergara (2010), a pesquisa aplicada é caracterizada pela necessidade de resolver problemas existentes e motivada pela curiosidade intelectual do pesquisador.

Através da pesquisa aplicada, o presente trabalho possui como objetivo desenvolver uma proposta de Interação Natural em ambientes virtuais para WEB como alternativa aos meios tradicionais de interação.

#### **3.1.2 Quanto à natureza da abordagem**

Quanto à natureza da abordagem, o método de pesquisa pode ser classificado como experimental. Segundo Gil (2002), o experimento representa o melhor exemplo de pesquisa científica, em que o pesquisador é um agente ativo e não um observador passivo. Segundo

Vergara (2010), a pesquisa experimental é investigação empírica, na qual, o pesquisador manipula e controla variáveis independentes, observando as suas variações.

A presente pesquisa caracteriza-se experimental em sua aplicação, pois visa avaliar, junto a um grupo de alunos da Universidade do Vale do Taquari – Univates, as técnicas implementadas no protótipo.

### **3.1.3 Quanto aos procedimentos técnicos**

A pesquisa bibliográfica foi adotada como procedimento técnico para realização do presente trabalho. Segundo Vergara (2010), a pesquisa bibliográfica é o estudo desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, documento eletrônico e basicamente qualquer material que esteja acessível publicamente. Para Gil (2002), a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao pesquisador uma amplitude maior de fenômenos do que poderia investigar diretamente.

### **3.2 Unidade de Análise**

Neste estudo, a unidade de análise corresponde a duas diferentes técnicas para o reconhecimento de movimentos, com a finalidade de validar o melhor desempenho para captação destes movimentos na plataforma WEB.

### **3.3 Amostra**

A presente pesquisa é caracterizada pelo critério de amostra por tipicidade. Segundo Vergara (2010), o critério de amostra por tipicidade é constituído pela seleção de elementos que o pesquisador identifique como representativos da população-alvo.

A amostra referida neste trabalho diz respeito a alunos, maiores de idade, de ambos os sexos, no período de 2019.

### 3.4 Coleta de dados

O plano de coleta de dados foi realizado por observação assistemática e participante. Os alunos interagiram através dos movimentos dos punhos em um ambiente não imersivo. Nenhuma ação invasiva foi requerida durante o experimento e os alunos puderam executar o experimento sentados ou em pé, conforme sua preferência.

### 3.6 Ferramentas e Material

A presente pesquisa baseia-se no referencial teórico pertinente a Interação Natural e a Realidade Virtual. Deste modo, foi desenvolvido um ambiente virtual não imersivo, com intuito de promover a Interação Natural através dos movimentos dos punhos sem o uso de qualquer dispositivo adicional.

O ambiente desenvolvido é caracterizado como uma espécie de jogo de entretenimento em 3D, o qual utilizou a tecnologia *Web Graphics Library* (WebGL) com o auxílio do framework A-Frame. O ambiente é composto por um cenário único, onde o usuário possui a liberdade de executar os movimentos dos punhos no sentido horizontal e vertical.

Os movimentos foram identificados através de uma câmera digital e interpretados por meio de técnicas de computação visual e aprendizado de máquina (*machine learning*) com auxílio das bibliotecas de desenvolvimento *Open Source Computer Vision Library* (OpenCV) e Tensorflow,

A aplicação foi executada a partir de um navegador WEB com suporte a tecnologia WebGL e HTML5.

A efetividade do projeto foi comprovada por meio de um questionário qualitativo, elaborado em conjunto com os princípios das Interfaces Naturais de Usuário, disponível no Apêndice A.

#### 3.6.1 WebGL

WebGL é uma *Application Programming Interface* (API) disponível na linguagem de programação Javascript que oferece suporte para renderização de gráficos 2D e gráficos 3D, a fim de aproveitar a aceleração gráfica de hardware fornecida pelo dispositivo do usuário (MOZILLA, 2019).

A lista de navegadores compatíveis com essa tecnologia é descrita no Quadro 3.

Quadro 3 - Lista de Navegadores com suporte a tecnologia WebGL

<b>Navegador</b>	<b>Versão</b>	<b>Desenvolvedor</b>
Firefox	4+	Mozilla Foundation
Google Chrome	9+	Google LLC
Opera	12+	Opera Software
Safari	5.1+	Apple Inc.
Internet Explorer	11+	Microsoft Corporation
Microsoft Edge	Build 10240+	Microsoft Corporation

Fonte: Do autor, adaptado de MOZILLA.

A presente pesquisa utilizou o navegador Google Chrome para o Sistema Operacional macOS, versão 78.0.3904.87.

### 3.6.2 A-Frame

A-Frame é um framework de código aberto destinado para o desenvolvimento de projetos em Realidade Virtual, o qual permite a criação de ambientes virtuais através de poucas linhas de código em HTML e Javascript (AFRAME, 2019).

A grande vantagem do A-Frame é em abstrair grande parte do desenvolvimento destes ambientes, bem como possibilitar a sua criação através de uma linguagem de marcação como o HTML.

No presente projeto, o A-Frame foi utilizado para criação de todo o ambiente virtual, bem como para auxiliar na manipulação dos objetos no espaço 3D.

### 3.6.3 OpenCV

OpenCV é uma biblioteca de programação de código aberto, com foco no campo da Computação Visual e para aplicações que exigem processamento em tempo real. O OpenCV suporta atualmente uma vasta gama de algoritmos para computação visual, bem como para o aprendizado de máquina.

No presente projeto, a biblioteca OpenCV foi utilizada para o reconhecimento dos movimentos dos punhos através da técnica HAAR, na qual, é descrita na seção 3.6.5.1.

### 3.6.4 Tensorflow

Tensorflow é uma biblioteca de código aberto, destinada para o treinamento e implantação de modelos de aprendizado de máquina. Esta biblioteca é altamente otimizada para operar com recursos da unidade de processamento gráfico (GPU) (TENSORFLOW, 2019).

Neste projeto, Tensorflow é utilizado para a captura dos punhos através de um modelo pré-treinado, destinado originalmente para o reconhecimento das mãos, apresentado como COCO-SSD e descrito na seção 3.6.5.2.

### 3.6.5 Técnicas para reconhecimento dos movimentos

Nesta seção são apresentadas as técnicas utilizadas para o reconhecimento dos movimentos, por meio das bibliotecas de computação visual e aprendizado de máquina.

#### 3.6.5.1 HAAR

HAAR é um algoritmo para detecção de objetos, considerado muito efetivo e desenvolvido por Paul Viola e Michael Jones. Este método possui uma abordagem em aprendizado de máquina, onde uma função é treinada por uma grande quantidade de imagens positivas e negativas (OPENCV, 2019).

Inicialmente o algoritmo necessita de uma grande quantidade de imagens positivas (imagens com os objetos desejados para o reconhecimento automatizado) e posteriormente imagens negativas (imagens sem os objetos desejados para o reconhecimento automatizado), com o objetivo de treinar um classificador e extrair as principais características de um objeto (OPENCV, 2019).

A biblioteca OpenCV disponibiliza um classificador treinado para a detecção dos punhos. Sendo assim, não foi criado um classificador próprio para este projeto.

#### 3.6.5.2 COCO-SSD

Este modelo detecta objetos definidos no conjunto de dados *Common Objects in Context* (COCO), no qual consiste em um conjunto de dados de detecção, segmentação e

rotulação em larga escala de objetos (COCODATASET, 2019). O modelo é capaz de utilizar 90 classes de objetos, devido a utilização da rede de detecção *Single Shot MultiBox Detection* (SSD) (TENSORFLOW, 2019).

No presente projeto, foi utilizado um modelo pré-treinado por Dibia (2019), o qual possui a capacidade de reconhecimento de toda a estrutura da mão independentemente do ângulo de leitura. No entanto, a delimitação deste projeto foi estabelecida apenas para o reconhecimento dos punhos.

### **3.7 Linguagem de programação**

O desenvolvimento foi realizado na linguagem de programação Javascript, HTML e CSS, em virtude de destinar o projeto para a plataforma WEB, bem como por possuir maior vivência neste ambiente nos últimos anos.

## 4 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo serão apresentados trabalhos produzidos pela comunidade acadêmica, os quais possuem relação ao tema deste estudo. Ambos os trabalhos desenvolvem pesquisas em relação ao uso da Interação Natural em ambientes virtuais.

O estudo destes artigos auxiliou na definição do protótipo e na validação do experimento.

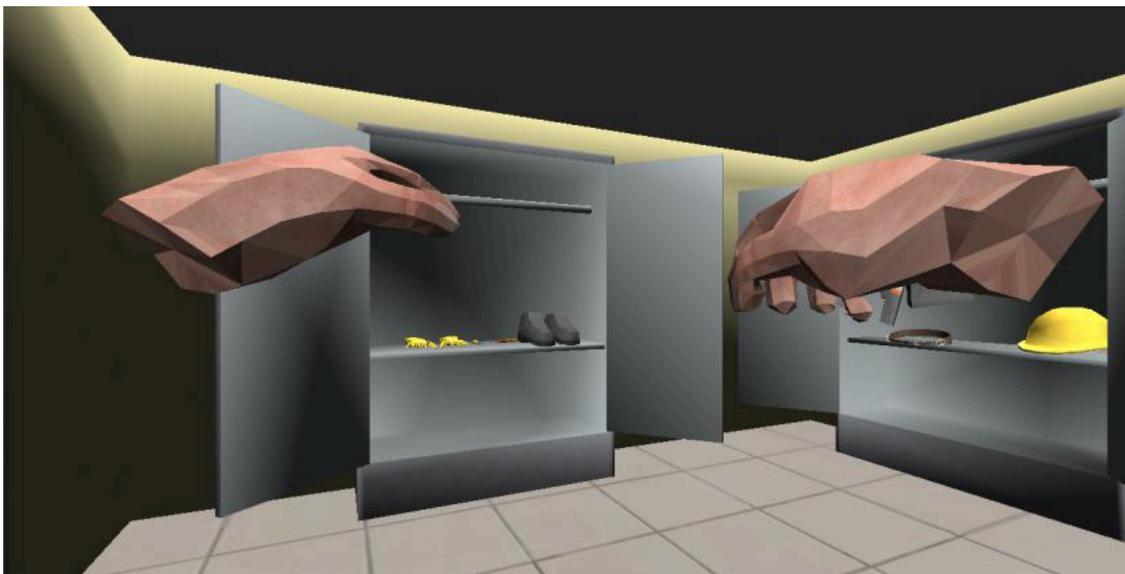
### 4.1 Ambientes Tridimensionais para Treinamento no Setor Elétrico

Castro, Medeiros, Santos, Tavares, Fonseca (2014) apresentam um trabalho para o treinamento do setor elétrico através do uso da Realidade Virtual e a Interação Natural. Os autores utilizaram o simulador ATreVEE 3D, o qual possui o objetivo de auxiliar na capacitação de profissionais no setor elétrico, a fim de reduzir os riscos e acidentes fatais. Os autores buscaram enriquecer a experiência deste simulador através da adição da interação gestual, utilizando o dispositivo de controle Leap Motion para interpretação dos movimentos e gestos das mãos, apresentado na seção 2.3.1.2.2.

O estudo envolveu apenas voluntários da área da computação. No entanto, os autores esperam envolver um número maior de voluntários do setor elétrico, a fim de qualificar o uso da Interação Natural e comparar este cenário com o modo de interação tradicional via mouse e teclado.

A Figura 13 apresenta o simulador ATreVEE 3D.

Figura 13 - Simulador para treinamento no setor elétrico



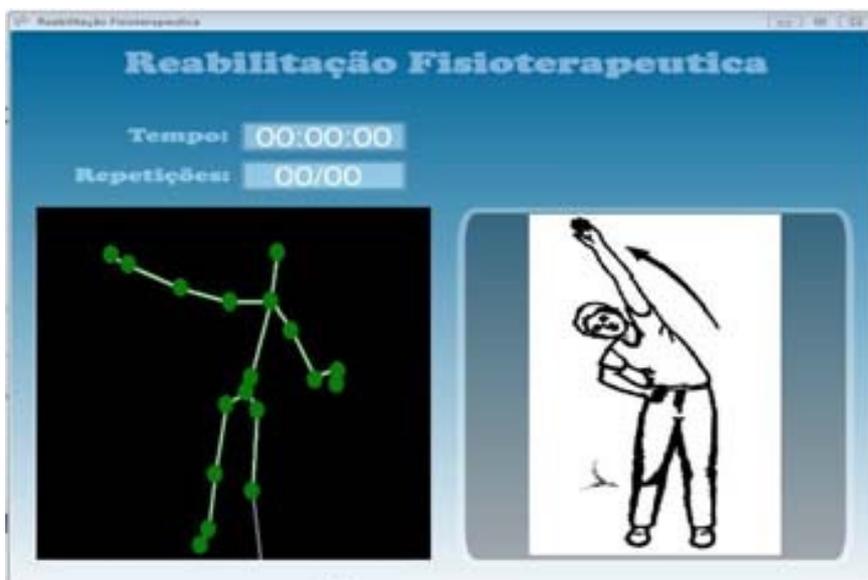
Fonte: CASTRO; MEDEIROS; SANTOS; TAVARES; FONSECA, 2014, p.502.

#### **4.2 Auxílio a reabilitação fisioterapêutica através da Realidade Virtual e Realidade Aumentada**

Fernandes, Santos, Oliveira, Rodrigues, Vita (2014), apresentam um projeto desenvolvido pela Universidade de Uberaba, no auxílio à reabilitação e tratamento de fisioterapia através da Realidade Virtual e Realidade Aumentada. O trabalho desenvolvido consiste em um jogo de entretenimento (FIGURA 14), com o objetivo de simular movimentos do esqueleto, dos quais, foram interpretados pelo dispositivo Kinect, apresentado na seção 2.3.1.2.2.

Em virtude de proporcionar um tratamento de fisioterapia mais personalizado e atrativo aos pacientes, os autores concluíram que a Realidade Virtual é uma ferramenta de contribuição muito significativa para a área da saúde e medicina, uma vez que possibilita também, a manipulação dos dados dos pacientes imediatamente e posteriormente às seções.

Figura 14 - Tela do aplicativo para tratamento de fisioterapia



Fonte: FERNANDES; SANTOS; OLIVEIRA; RODRIGUES; VITA, 2014, p. 39.

#### **4.3 Intervenção com jogos de entretenimento na atenção e na independência funcional em idosos após acidente vascular encefálico**

Colussi, Marchi, Martel (2015), apresentam um estudo realizado no Hospital São José - Centro Regional de Reabilitação Física de Giruá, em relação aos efeitos da intervenção com jogos de entretenimento na atenção e na independência funcional em idosos após acidente vascular encefálico (AVE). Neste projeto é elaborado um jogo de entretenimento denominado Motion Rehab, com o objetivo de auxiliar na realização de exercícios de flexão e abdução de ombro, extensão de cotovelo e extensão e flexão de quadril e joelho, através do sensor de movimentos Kinect.

Os autores concluíram que intervenções com jogos de entretenimento podem ser utilizados de maneira segura e eficiente na reabilitação pós-AVE, onde o Motion Rehab apresentou ser mais uma forma de reabilitação eficaz. No entanto, os autores sugerem a utilização do Motion Rehab em uma maior quantidade de voluntários, a fim de avaliar outros tipos de AVE.

A Figura 15 apresenta o experimento do jogo Motion Rehab com alguns pacientes.

Figura 15 - Experimento do Jogo Motion Rehab



Fonte: COLUSSI; MARCHI; MARTEL, 2015, p. 55.

## 5 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento do protótipo e das aplicações utilizadas neste trabalho para efetuar a validação das técnicas utilizando a biblioteca de desenvolvimento OpenCV e Tensorflow.

### 5.1 Visão Geral

A presente pesquisa possuiu a finalidade de elaborar uma proposta de baixo custo, promovendo a Interação Natural para ambientes em Realidade Virtual na plataforma WEB. Desta forma, foram utilizados equipamentos de baixo custo, como uma câmera digital de uso não profissional (acoplada ao próprio computador) e bibliotecas e frameworks gratuitos comentados na seção 3.6.

Através destas tecnologias e equipamentos, foi desenvolvido um aplicativo passível de configuração, no qual, permitiu a validação das diferentes técnicas através do módulo de reconhecimento de movimentos, ver em 5.2.1.

O cenário desenvolvido constituía na exibição de objetos virtuais, os quais deveriam sofrer intervenção através de uma mira virtual, com intuito de contabilizar pontos para os casos de sucesso, bem como aumentar o engajamento dos usuários através deste desafio.

Foram incorporadas informações adicionais ao cenário virtual, com o objetivo de registrar dados referentes ao desempenho das técnicas utilizadas (QUADRO 4).

O cenário desenvolvido neste projeto (FIGURA 16), foi uma adaptação do jogo de entretenimento *Supercraft Shooter* (SUPERMEDIUM, 2019), em conjunto com alguns componentes disponibilizados pelo framework A-Frame.

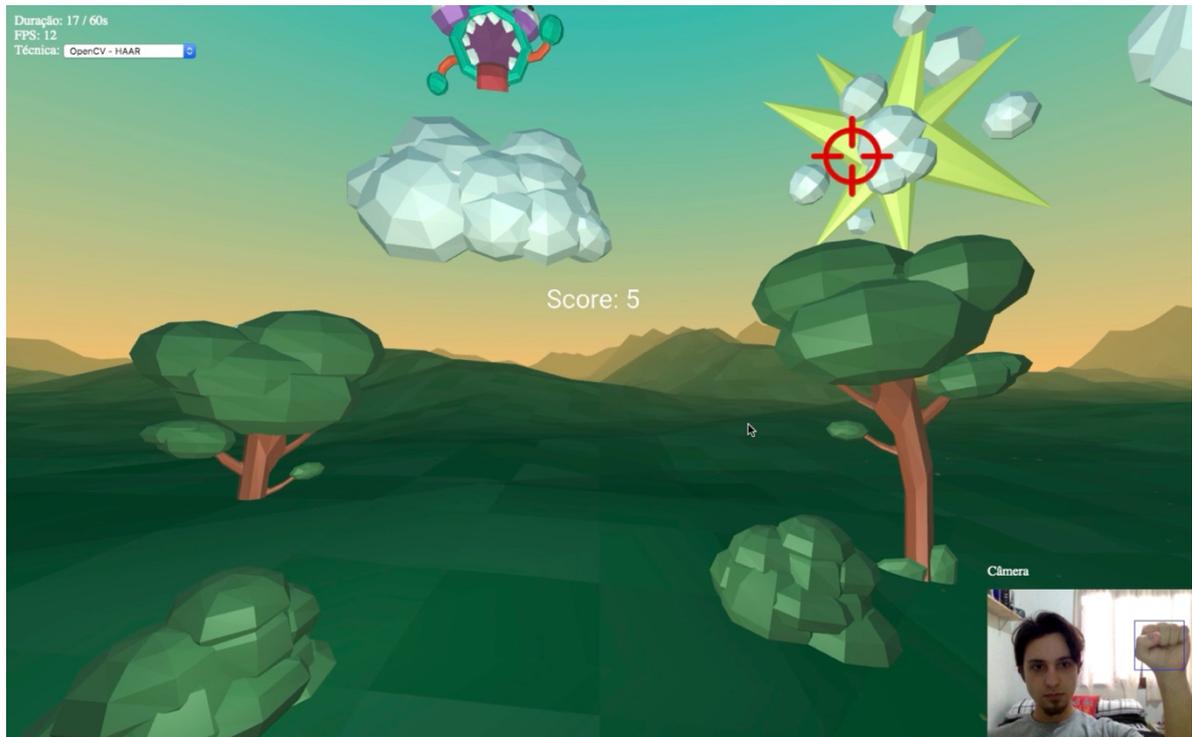
A trilha sonora utilizada foi desenvolvida e disponibilizada gratuitamente por Patrick de Arteaga (PATRICKARTEAGA, 2019).

Quadro 4 - Informações adicionais incorporados ao cenário virtual

Informação	Descrição
Duração	Corresponde a duração do entretenimento, bem como o tempo restante para sua conclusão.
FPS	Corresponde a taxa de quadros por segundo ( <i>Frames per Second</i> ).
Técnica	Corresponde a técnica empregada para o reconhecimento dos movimentos: OpenCV - HAAR ou TensorFlow - COCO-SSD.
Câmera	Corresponde a saída atual da câmera digital, na qual, o usuário é capaz de acompanhar o reconhecimento de seu punho através de um retângulo em destaque azul.
Score	Corresponde a pontuação atual ou ao número de objetos que foram atingidos.

Fonte: Do Autor (2019).

Figura 16 – Aplicativo em Realidade Virtual desenvolvido



Fonte: Do Autor (2019).

## 5.2 Arquitetura

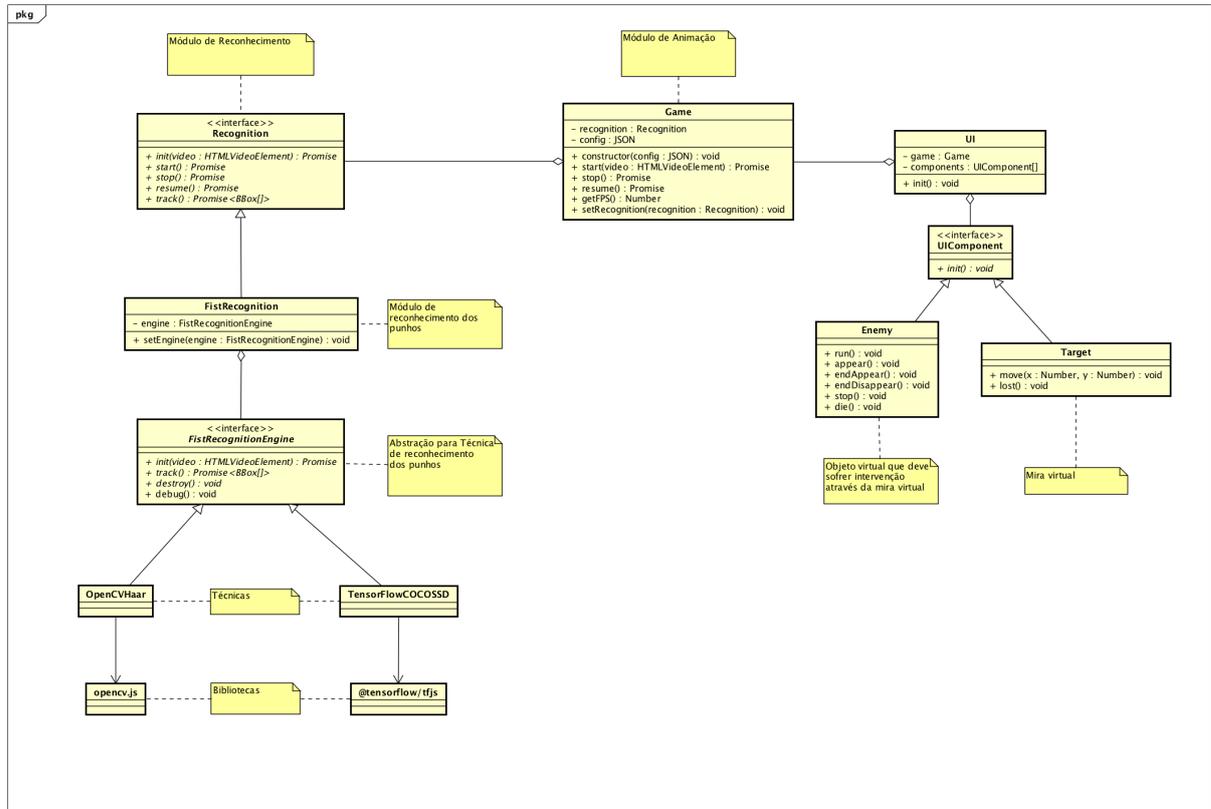
A arquitetura do aplicativo é dividida em módulos, a fim de isolar a camada de visualização e as técnicas empregadas para o reconhecimento dos movimentos. Desta forma, ao acrescentar técnicas adicionais ao projeto não há necessidade de alterações no ambiente virtual e nos demais pontos da aplicação. A divisão em módulos permite também, que o ambiente interativo seja alterado sem afetar o mecanismo de reconhecimento.

O Módulo de Reconhecimento dos Punhos possui a finalidade de abstrair as diferentes técnicas empregadas neste projeto, como HAAR e COCO-SSD. Desta forma, cada técnica recebe uma fonte de dados de uma vídeo câmera através da função *init*, com o objetivo de carregar as dependências necessárias, como os classificadores e/ou modelos pré treinados. Após a inicialização e ativação de uma das técnicas, o Módulo de Animação solicita a leitura de um quadro a partir da função *track*. Esta função possui o objetivo de processar a imagem fornecida pela vídeo câmera em um dado instante e retornar uma lista de objetos denominados como *Bounding Box* (BBOX) nos casos em que detectar alguma informação dos punhos. Os objetos BBOX possuem dados do rastreamento em posições relativas à tela, como as coordenadas do eixo X, Y, largura e altura do objeto detectado.

O Módulo de Animação possui a finalidade de atualizar a posição da mira virtual, bem como identificar os objetos que estão em intersecção através da lista de BBOX detectada. Sendo assim, este módulo possui o objetivo de atualizar a Interface do Usuário (UI - *User Interface*), bem como armazenar a taxa de quadros por segundo, duração do entretenimento, habilitar/desabilitar a depuração e pausar ou continuar o jogo.

A Figura 17 apresenta o Diagrama de Classes pertinente ao protótipo desenvolvido.

Figura 17 - Diagrama de Classes



Fonte: Do Autor (2019).

## 6 RELATO DA EXPERIMENTAÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas as comparações dos resultados de cada técnica, obtidos através do protótipo desenvolvido por meio da experimentação de um grupo de 15 alunos de ambos os gêneros da Universidade do Vale do Taquari - Univates.

O grupo de alunos era composto por estudantes dos cursos de Engenharia de Software, Engenharia da Computação e Design, do primeiro ao oitavo semestre, sendo 80% (oitenta por cento) do sexo masculino e 20% (vinte por cento) do sexo feminino.

Todos os alunos executaram as atividades em um laboratório individualmente, com o objetivo de isolar cada experimento. As atividades foram executadas na posição sentada e divididas em dois momentos: execução e avaliação do experimento.

A execução do experimento foi dividida em quatro tentativas, das quais, constituíam em dois testes de cada técnica, com uma duração de vinte segundos para cada amostra, totalizando oitenta segundos. Após a execução dos testes os alunos realizavam a avaliação do experimento.

Os experimentos foram executados a partir de um MacBook Air (13-inch, Early 2014), constituído de um processador 1,7 GHz Intel Core i7, 8 GB 1600 MHz DDR3, composto por uma placa gráfica Intel HD Graphics 5000 1536 MB (*onboard*), uma Câmera FaceTime HD de 720p, executando o sistema operacional macOS Mojave versão 10.14.6. Utilizou-se também de forma opcional um retroprojetor, com a finalidade de produzir uma experiência mais agradável. A Figura 18 demonstra o experimento sendo executado por um dos participantes.

Figura 18 - Experimento sendo executado por um dos participantes



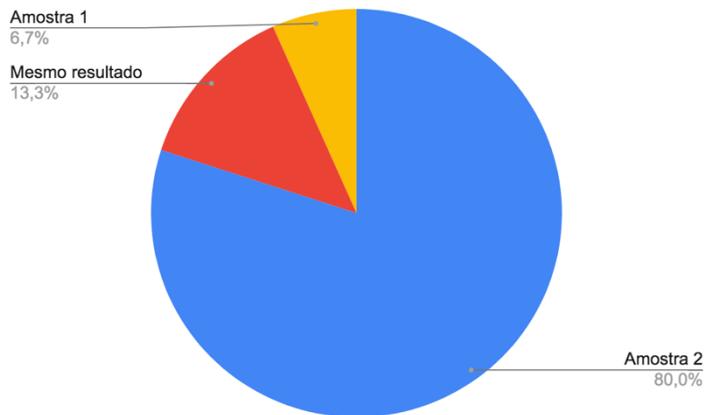
Fonte: Do Autor (2019).

### 6.1 Teste 1 – OpenCV

Neste teste os alunos recebiam uma breve instrução de como o experimento iria ocorrer e como os movimentos deveriam ser realizados. A primeira tentativa era também, o contato inicial com o aplicativo. O Teste 1 era composto pela técnica HAAR implementada pela biblioteca OpenCV e realizado em dois momentos, com a finalidade de coletar duas tentativas.

Os resultados obtidos foram comparados pelo número da pontuação conquistada em cada tentativa (GRÁFICO 1). É possível observar que na segunda tentativa, os alunos obtiveram uma melhor pontuação, provavelmente em virtude de adquirirem a prática do experimento após a realização da primeira tentativa.

Gráfico 1 – Amostra de melhor pontuação (OpenCV)



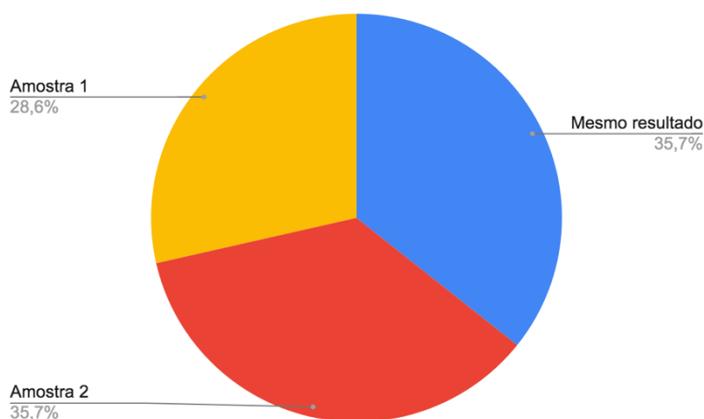
Fonte: Do autor (2019).

## 6.2 Teste 2 – Tensorflow

Neste teste os alunos não receberam instruções adicionais. O Teste 2 era composto pela técnica COCO-SSD implementada pela biblioteca Tensorflow e também foi realizado em dois momentos, a fim de coletar duas tentativas.

Os resultados obtidos foram comparados pelo número da pontuação conquistada em cada tentativa (GRÁFICO 2). Também é possível observar que na segunda tentativa, os alunos obtiveram uma melhor pontuação. No entanto, é possível observar que este índice é significativamente menor em relação ao OpenCV, o que nos leva a considerar uma melhor efetividade do exercício por parte da técnica HAAR.

Gráfico 2 - Amostra de melhor pontuação (Tensorflow)



Fonte: Do autor (2019).

### **6.3 Avaliação das técnicas**

Nesta seção são apresentadas as avaliações dos estudantes coletadas através de um questionário anônimo realizado após o experimento, no qual, está disponibilizado no Apêndice A.

#### **6.3.1 Experiência anteriores**

Cerca de 74% (setenta e quatro por cento) dos participantes não possuíam experiência anteriores em jogos de Realidade Virtual. No entanto, mais de 53% (cinquenta e três por cento) dos estudantes alegaram possuir experiências anteriores em jogos de movimentos corporais.

Pode se observar a partir destes dados, que a popularização de jogos em Realidade Virtual é inferior ao uso de mecanismos que proporcionem o uso da Interação Natural. Sendo assim, observa-se também que pelo menos 50% (cinquenta por cento) dos participantes não possuíam experiência alguma com o uso da Interação Natural como alternativa aos meios tradicionais de comunicação com o computador.

#### **6.3.2 Usabilidade**

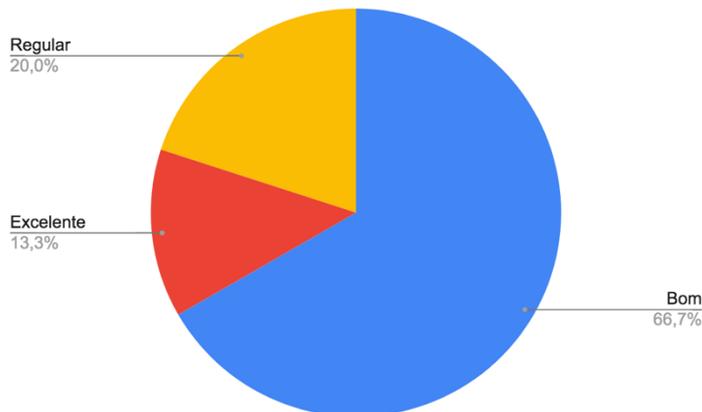
Este quesito buscou avaliar o uso da Interação Natural em relação a sua usabilidade, na qual, deveria eliminar a necessidade de esforço cognitivo no aprendizado e execução do experimento. Os estudantes possuíam apenas algumas informações prévias para execução do experimento. Nenhum teste de aprendizado ou contato com o protótipo foi realizado previamente à execução das tentativas. Os resultados obtidos são apresentados no Gráfico 3.

Cerca de 80% (oitenta por cento) dos participantes avaliaram este quesito como bom ou excelente. E 20% (vinte por cento) dos alunos qualificaram-no como regular. Não houve avaliações negativas, como ruim ou péssimo.

Pode se observar que a usabilidade do protótipo foi de certa forma bem qualificada, pois ao considerar os dados anteriores, cerca de 50% (cinquenta por cento) dos participantes não possuíam experiência alguma em jogos de Realidade Virtual e/ou jogos com movimentos

corporais, o que nos leva a conclusão de que estes participantes não apresentaram dificuldades para execução do experimento.

Gráfico 3 - Classificação do experimento quanto a facilidade de uso



Fonte: Do Autor (2019).

### 6.3.2 Satisfação na realização do experimento através dos movimentos dos punhos

Este critério buscou avaliar a Interação Natural em relação a sensação de executar ações de forma prazerosa e agradável. Desta forma, os participantes avaliaram a sua satisfação quanto a utilização dos punhos como forma de interação.

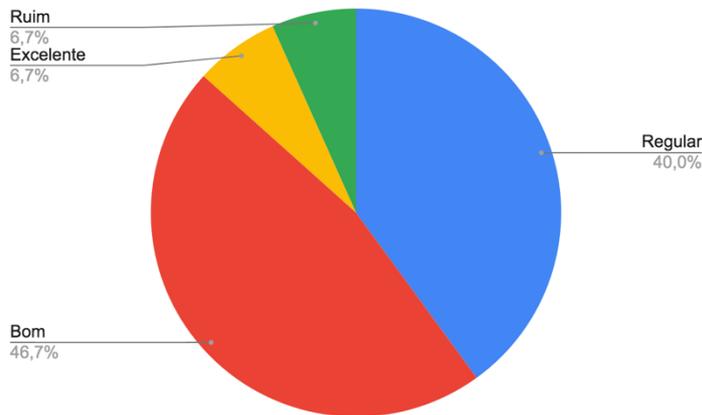
Mais de 92% (noventa e dois por cento) dos participantes relataram o uso dos movimentos dos punhos como forma de interação, regular, boa e excelente. E cerca de 6% (seis por cento) como ruim (GRÁFICO 4).

Observando os comentários qualitativos, um dos motivos pelos quais este quesito obteve avaliações regulares e ruins se deve ao fato de que alguns alunos possuíam tendinite. Desta forma, os movimentos tornam-se cansativos e desconfortáveis devido a extensão do braço e do punho fechado, mesmo que por um período curto de experimentação. A sugestão de melhoria quanto isto, seria a captura dos movimentos da mão, independentemente do punho aberto ou fechado.

Um segundo motivo, seria pelo fato de que a utilização dos punhos não seria tão intuitiva para este tipo de experimento, acarretando certas dificuldades para alguns alunos em manter o punho alinhado ao ângulo de captura da câmera.

Pode se observar também, um terceiro motivo em relação a precisão de captura dos movimentos, do qual, é abordado na próxima seção.

Gráfico 4 - Satisfação na realização do experimento através dos movimentos dos punhos



Fonte: Do Autor (2019).

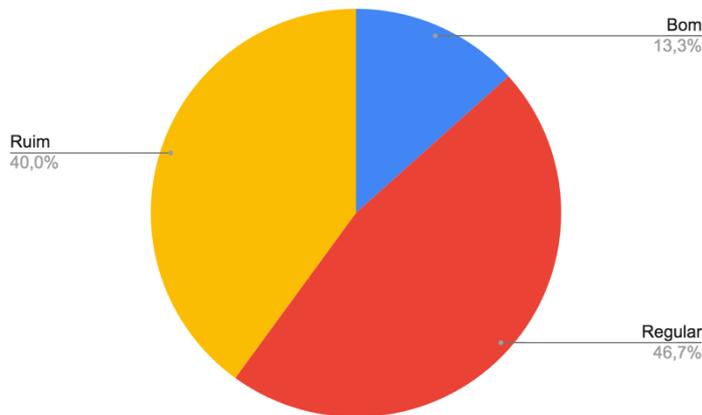
### 6.3.3 Precisão e qualidade no rastreamento dos movimentos de punhos

Este critério teve como objetivo avaliar o desempenho e a precisão das técnicas utilizadas neste projeto (OpenCV e Tensorflow).

Cerca de 80% (oitenta por cento) dos participantes avaliaram este quesito como bom e regular. E 40% (quarenta por cento) qualificaram este quesito como ruim (GRÁFICO 5).

Observando os comentários qualitativos, o principal motivo pelo qual este critério obteve avaliações regulares e ruins se deve ao fato de que ambas as técnicas apresentaram erros na captura dos movimentos. Pode se observar também, que a técnica utilizada pelo Tensorflow foi avaliada negativamente pela grande maioria dos estudantes. No entanto, ambos os métodos apresentaram imprecisões e em certos momentos, capturaram outras partes do corpo erroneamente.

Gráfico 5 - Classificação do experimento quanto a precisão e qualidade no rastreo dos movimentos de punhos



Fonte: Do Autor (2019).

### 6.3.4 Desempenho geral do protótipo

O desempenho geral do protótipo pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Desempenho do protótipo em relação as técnicas utilizadas

Método	FPS
HAAR (OpenCV)	~ 14
COCO-SSD (Tensorflow)	~ 4

Fonte: Do Autor (2019).

Pode se observar que o OpenCV obteve uma melhor taxa de quadros por segundo (FPS) e conseqüentemente uma qualificação melhor. Um dos motivos pelos quais podemos atribuir um melhor desempenho por parte da biblioteca OpenCV, se deve ao fato de que a técnica empregada por esta biblioteca exija menos poder computacional. Um segundo motivo, seria pelo fato de o experimento estar utilizando uma placa gráfica comum, o que impossibilitou a biblioteca Tensorflow de operar de forma otimizada.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora as técnicas tenham apresentado resultados bons e regulares, as expectativas não foram totalmente atingidas. Ambos os métodos apresentaram em certos momentos inconsistências no rastreamento, bem como interpretações errôneas da face do usuário.

Em relação a precisão, a técnica HAAR apresentou melhores resultados na visão dos participantes. Desta forma, foi possível observar que o classificador HAAR, possui um treinamento mais qualificado para o reconhecimento dos punhos. No entanto, cabe ressaltar que o modelo COCO-SSD foi desenvolvido originalmente para o reconhecimento natural das mãos, o que leva a crer que este modelo não focou no treinamento dos punhos, sendo eles abertos ou fechados. Além disso, pode se observar que ambas as técnicas sofreram interferência na luminosidade do laboratório, pois nos testes realizados pelo autor, os métodos apresentaram resultados mais eficientes. Pode se concluir também, que o reconhecimento de punhos é algo complexo devido a falta de características específicas, o que levou os algoritmos a identificarem outras partes do corpo erroneamente.

Em relação ao desempenho, foi possível observar que a técnica HAAR obteve melhores resultados em máquinas com menos recursos gráficos. Em contrapartida, o modelo COCO-SSD poderia apresentar melhores resultados em máquinas com recursos gráficos sofisticados devido a biblioteca Tensorflow ser otimizada para operar com esta tecnologia. Deste modo, em virtude das limitações atuais das CPU, o desempenho do modelo COCO-SSD poderia ser otimizado através da adição de recursos gráficos, porém acarretando custos adicionais ao projeto e fugindo da proposta de baixo custo.

Em relação ao tema proposto, “Interação Natural para ambientes virtuais”, pode-se concluir através do questionário de efetividade, que o uso dos punhos não é algo intuitivo, pois o ser humano geralmente interage com os objetos de outra forma. Além disso, pode se

constatar que em virtude da imprecisão dos algoritmos, as técnicas atuais poderiam ser utilizadas para outros fins, em que a precisão não fosse o fator fundamental.

Por fim, é possível concluir que o conceito de Interação Natural é extremamente complexo de se tanger somente através do processamento visual e aprendizado de máquina. Por exigir um nível de precisão altíssimo, algumas aplicações são inviáveis através das técnicas utilizadas neste projeto. Desta forma, apesar do avanço computacional, em que de fato podemos executar algoritmos complexos diretamente no navegador, os métodos disponíveis ainda precisam ser aperfeiçoados.

Propõe-se, como trabalhos futuros, o aperfeiçoamento das técnicas utilizadas neste trabalho, com o objetivo de viabilizar a Interação Natural em soluções do cotidiano e/ou em outras áreas de negócio. Estas técnicas poderiam ser utilizadas no auxílio ao tratamento de fisioterapia, com o objetivo de estimular a execução de movimentos para a intervenção de objetos. Além disso, tais métodos poderiam ser explorados para o suporte funcional, a fim de auxiliar indivíduos com movimentos limitados, em que padrões de gestos poderiam ser treinados e identificados para realização de determinados comandos. Por fim, propõe-se também a Interação Natural como enriquecimento na experiência de jogos de entretenimento, ambientes em Realidade Virtual e Realidade Aumentada, bem como para interação em ambientes WEB tradicionais.

## REFERÊNCIAS

- AFRAME. **A-Frame**. Disponível em: <<https://aframe.io>>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- AZUMA, Ronal T. **A Survey of Augmented Reality**. In: Presence Teleoperators and Environments 6, Malibu, 1997. Disponível em: <<http://www.ronaldazuma.com>>. Acesso em: 20 abr. 2016.
- BLAKE, Joshua. **Natural User Interfaces in .Net**. Manning Publications Company. 1 ed, 2012.
- BURDEA, Grigore C.; COIFFET, Philippe. **Virtual Reality technology**. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2003.
- CASTRO, Rafael H. A. de; MEDEIROS, Anna C. S.; SANTOS, Felipe G. dos; TAVARES, Tatiana A.; FONSECA, Iguatemi E. da. **A utilização de Interação Natural em Ambientes Tridimensionais para Treinamento no Setor Elétrico**. 3o Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2014. Acesso em: 03 nov. 2019.
- CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015. E-book. Disponível em: <<https://www.univates.br/biblioteca>>. Acesso em: 03 mar. 2016.
- COCODATASET. **COCO Dataset**. Disponível em: <<http://cocodataset.org>>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- COLUSSI, Eliane Lucia; MARCHI, Ana Carolina Bertoletti De; MARTEL, Magliani Reis Fiorin. **Efeitos da intervenção com game na atenção e na independência funcional em idosos após acidente vascular encefálico**. 2015. Acesso em: 16 nov. 2019.
- DIBIA, Victor. **Hadtrack.js: A library for prototyping realtime hand detection (bounding box), directly in the browser**. Disponível em: <<https://github.com/victordibia/handtrack.js/>>. Acesso em: 10 out. 2019.
- FERNANDES, Flávia G.; SANTOS, Sara C; OLIVEIRA, Luciene Chagas O; RODRIGUES, Mylene L; VITA, Stéfano Schwenck B. V. **Realidade Virtual e Aumentada Aplicada em Reabilitação Fisioterapêutica utilizando o Sensor KINECT e Dispositivos Móveis**,

Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <[http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2014/ceel2014\\_artigo005\\_r01.pdf](http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2014/ceel2014_artigo005_r01.pdf)>. Acesso em: 29 mai. 2016.

HINMAN, Rachel. **The Mobile Frontier: A Guide for Designing Mobile Experiences**. 1 ed, 2012.

KIRNER, Claudio. **Introdução à Realidade Virtual**. 1º Workshop de Realidade Virtual, UFSCar, São Carlos, 1997. Disponível em: < <http://www.ckirner.com/download/tutoriais/rv-wrv97.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada - Conceitos, Projeto e Aplicações**. Petrópolis: SBC, 2007.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson; TORI, Romero. **Fundamento e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: SBC, 2006.

MONTEIRO, Carlos Bandeira de Mello. **Realidade virtual na paralisia cerebral**. São Paulo: Plêiade, 2011.

MOZILLA. **WebGL: 2D and 3D graphics for the web**. Disponível em: <[https://developer.mozilla.org/en-US/docs/WEB/API/WebGL\\_API](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/WEB/API/WebGL_API)>. Acesso em: 03 nov. 2019.

NETTO, Antonio V.; MACHADO, Liliâne S.; OLIVEIRA, Marica C. F. **Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações**, São Paulo, 2002. Disponível em: <[http://www.di.ufpb.br/liliane/publicacoes/2002\\_reic.pdf](http://www.di.ufpb.br/liliane/publicacoes/2002_reic.pdf)>. Acesso em: 28 mai. 2016.

PATRICKDEARTEAGA. **Patrick de Arteaga**. Disponível em: <<https://patrickdearteaga.com>>. Acesso em: 03 nov. 2019.

RIBEIRO, Marcos Wagner S.; ZORZAL, Ezequiel R. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências**. XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia: SBC, 2011.

SUPERMEDIUM. **Supercraft: Build VR Sites with Your Hands**. Disponível em: <<https://supermedium.com/supercraft>>. Acesso em: 10 out. 2019.

VALLI, Alessandro. **Notes on Natural Interaction**. 2007.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 12 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

WIGDOR, Daniel; WIXON, Dennis. **Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture**. 1 ed. San Francisco, CA, USA, 2011.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO AO ESTUDANTE

### Questionário ao Estudante:

<p><b>Pergunta 1: Gênero</b></p> <p><input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino</p>
<p><b>Pergunta 2: Qual semestre do curso?</b></p> <p>_____</p>
<p><b>Pergunta 3: Possui experiência anteriores em jogos de Realidade Virtual?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p>
<p><b>Pergunta 4: Possui experiência anteriores em jogos que exigem movimentos corporais?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p>
<p><b>Pergunta 5: Como você classifica o experimento quanto a precisão e qualidade no rastreamento dos movimentos de punhos?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Péssimo <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Excelente</p>
<p><b>Pergunta 6: Como você classifica o experimento quanto a facilidade de uso?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Péssimo <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Excelente</p>
<p><b>Pergunta 7: Como você classifica o experimento quanto a satisfação na utilização dos punhos como forma de interação?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Péssimo <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Excelente</p>

**Pergunta 8: Você enxerga a aplicação dessas técnicas em soluções do cotidiano e/ou algum modelo de negócio?**

Não

Sim Qual(is):

---

**Por favor, deixe registrado sua impressão sobre o experimento, qualquer comentário, crítica ou sugestão será bem-vinda 😊**