



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de Sorocaba

**Guilherme Gaiotto**

**ESTUDOS SOBRE A REALIDADE VIRTUAL  
APLICADA A CIÊNCIA**

Sorocaba  
2022

Guilherme Gaiotto

## **ESTUDOS SOBRE A REALIDADE VIRTUAL APLICADA A CIÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Sorocaba.

Orientador: Prof. Dr. Ivando Severino Diniz

Sorocaba  
2022

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | Gaiotto, Guilherme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| G143e | Estudos sobre a realidade virtual aplicada a ciência / Guilherme Gaiotto. -- Sorocaba, 2022<br>58 p. : il., tabs.<br><br>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba<br><br>Orientador: Ivando Severino Diniz<br>1. Realidade Virtual. 2. Realidade Aumentada 3. Educação 4. Treinamentos 5. Ciências. I. Título. |

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de Sorocaba

## **ESTUDOS SOBRE A REALIDADE VIRTUAL APLICADA A CIÊNCIA**

Guilherme Gaiotto

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Sorocaba

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Ivando Severino Diniz  
UNESP – Campus de Sorocaba  
Orientador

Prof. Dr. Everson Martins  
UNESP – Campus de Sorocaba

Prof. Msc. Lucas Nunes Monteiro  
UNESP – Campus de Sorocaba

Dezembro de 2022

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a meus familiares, amigos e professores que contribuíram para minha formação e para que fosse possível realizar esta etapa de minha vida.

## RESUMO

Ao longo dos anos novas tecnologias surgiram e outras foram aprimoradas, e como as aplicações da realidade virtual são tipicamente multidisciplinares por envolver conceitos de engenharias, física, artes, computação além das especificidades da área em que a solução é aplicada, toda a evolução do âmbito tecnológico beneficia o aprimoramento das técnicas de realidade virtual. Este trabalho aborda e detalha os conceitos que envolvem as tecnologias de realidade virtual e aumentada e a partir de uma revisão bibliográfica de publicações na área, apresenta as aplicações em casos reais dessas tecnologias com foco em soluções voltadas para área de saúde, com o intuito de mostrar que a inserção desta tecnologia tende a ser benéfica. Mostrando que para a área de saúde a evolução da realidade virtual é um ponto de interesse pois a junção dessa tecnologia com algumas práticas no âmbito da saúde, como na etapa de formação profissional, através de simuladores, e em aplicações com pacientes, como em terapias de reabilitação, tendem a apresentar diversos ganhos.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual. Realidade Aumentada. Educação. Treinamentos. Ciências.

## **ABSTRACT**

Over the years new technologies have emerged and others have been improved, and as virtual reality applications are typically multidisciplinary as they involve concepts from engineering, physics, arts, computing in addition to the specificities of the area in which the solution is applied, the entire evolution of the scope technology benefits the improvement of virtual reality techniques. This work addresses and details the concepts that involve virtual and augmented reality technologies and based on a bibliographical review of publications in the area, presents the applications in real cases of these technologies with a focus on solutions aimed at the health area, in order to show that the insertion of this technology tends to be beneficial. Showing that for the health area, the evolution of virtual reality is a point of interest because the combination of this technology with some practices in the health area, such as in the professional training stage, through simulators, and in applications with patients, such as in rehabilitation therapies, tend to present several gains.

**Keywords:** Virtual Reality. Augmented Reality. Education. Training. Sciences.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                          |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 2. 1 - Foto do protótipo do Sensorama.....                                                                                                                        | 14     |
| Figura 2. 2 - Posicionamento dos objetos virtuais no ambiente de realidade aumentada.....                                                                                | 16     |
| Figura 2. 3 - A Aplicação de realidade aumentada com webcam e marcador .....                                                                                             | 16     |
| Figura 2. 4 - Contínuo Real-Virtual, conforme proposta por Milgram et al. ....                                                                                           | 17     |
| Figura 2. 5 – Monitoria em tempo real de temperatura em um motor elétrico com a utilização de uma interface de realidade aumentada. ....                                 | 18     |
| Figura 2. 6 - Sketchpad em operação. Na tela é demonstrada a estrutura de uma ponte. ...                                                                                 | 20     |
| Figura 2. 7 – A esquerda uma vista frontal do HMD e a direita o sistema completo em utilização, com os sensores ultrassônicos acima do usuário.....                      | 21     |
| Figura 2. 8 – Simulador de voo Super Cockpit, demonstrando os controles similares de uma aeronave e o capacete com os visores de CRT sendo utilizado por um usuário..... | 22     |
| Figura 2. 9 - Diagrama de Milgram adaptado para considerar as interações do usuário .....                                                                                | 24     |
| Figura 2. 10 - Evolução da transição do real para o virtual, em função do tempo e da tecnologia a presença do computador .....                                           | 24     |
| Figura 2. 11 – Suporte que possibilita transformar o celular em um HMD da Beetols. ....                                                                                  | 26     |
| Figura 2. 12 - Elementos Chave de um Sistema de Realidade Virtual. ....                                                                                                  | 29     |
| Figura 2. 13 – A esquerda um fone do tipo supra auricular da marca Shure e a direita um exemplo de um fone intra auricular.. ....                                        | 31     |
| Figura 2. 14 – Visões externas do HMD Oculus Quest 2, demonstrando as câmeras de rastreamento de posicionamento e os alto falantes embutidos. ....                       | 33     |
| Figura 2. 15 – Visão das lentes do HMD Oculus Quest 2.. ....                                                                                                             | 33     |
| Figura 2. 16 – Sistema do tipo BOOM montado junto a uma estação de trabalho. ....                                                                                        | 34     |
| Figura 2. 17 – Esquema com a disposição dos elementos que compreendem um sistema do tipo BOOM.....                                                                       | 34     |
| Figura 2. 18 – Esquema mecânico da interação de um usuário com uma interface háptica. ....                                                                               | 35     |
| Figura 2. 19 – A esquerda uma visão do Touch X em comparação com a mão de um usuário. A direita o Touch X sendo utilizado em uma aplicação médica. ....                  | 36     |
| Figura 2. 20 – Hype Cycle para tecnologias emergentes em 2017. ....                                                                                                      | 37     |
| Figura 2. 21 - Hype Cycle para tecnologias emergentes em 2022. ....                                                                                                      | 38     |
| <br>Figura 4. 1 – Crescimento das publicações referente a realidade virtual e aumentada. ....                                                                            | <br>39 |
| Figura 4. 2 – Número de artigos relacionados ao uso da realidade virtual em cursos de ensino de saúde entre 2004 e 2020.....                                             | 40     |
| Figura 4. 3 – Visão do dispositivo háptico Geomatic Touch. ....                                                                                                          | 42     |
| Figura 4. 4 – Interface durante as quatro etapas da cirurgia que o simulador oferece. ....                                                                               | 43     |
| Figura 4. 5 – Simulador de cirurgia por videolaparoscopia LapSIM da Surgical Science. ....                                                                               | 44     |
| Figura 4. 6 - Telas de exercícios do Simulador. A) Dissecção Fina, B) Aplicação de Clipe, C) Coordenação, D) Navegação por Instrumento. ....                             | 45     |
| Figura 4. 7 – Sistema de simulação de coleta de medula óssea. ....                                                                                                       | 46     |
| Figura 4. 8 – Esquema de funcionamento do SITEG, com os diferentes módulos de operação.....                                                                              | 47     |
| Figura 4. 9 – Propriedades visuais e táteis do colo do útero e do canal vaginal para as diferentes patologias.....                                                       | 48     |
| Figura 4. 10- Simulação da biópsia mamária. ....                                                                                                                         | 49     |
| Figura 4. 11 - Sensor eletromagnético de rastreamento de movimento Patriot da fabricante Polhemus.....                                                                   | 50     |
| Figura 4. 12 – Sistema de reabilitação para simular a marcha humana. ....                                                                                                | 51     |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|      |                                 |
|------|---------------------------------|
| VR   | Virtual Reality                 |
| RV   | Realidade Virtual               |
| RA   | Realidade Aumentada             |
| VA   | Virtualidade Aumentada          |
| HMD  | Head Mounted Display            |
| CRT  | Cathodic Ray Tube               |
| I/O  | Input / Output                  |
| BOOM | Binocular Omni-Oriented Monitor |
| HCD  | Head Coupled Display            |
| DP   | Doença de Parkinson             |

## SUMÁRIO

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                 | <b>11</b> |
| <b>1.1. Objetivos.....</b>                                                 | <b>12</b> |
| <b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                                       | <b>13</b> |
| <b>2.1. Tipos de Sistemas de Realidade Virtual .....</b>                   | <b>16</b> |
| 2.1.1. Sistema de Realidade Aumentada .....                                | 17        |
| 2.1.2. Sistema Virtualidade Aumentada.....                                 | 19        |
| 2.1.3. Sistema de Hiper Realidade .....                                    | 19        |
| <b>2.2. Evolução da Realidade Virtual e Aumentada .....</b>                | <b>19</b> |
| 2.2.1. Abordagem Tecnológica.....                                          | 23        |
| <b>2.3. APLICAÇÕES EM REALIDADE VIRTUAL.....</b>                           | <b>25</b> |
| 2.3.1. Aplicação da RV como instrumento de auxílio na educação .....       | 25        |
| 2.3.2. Aplicação da RV e RA como instrumento de auxílio nas ciências ..... | 27        |
| <b>2.4. Ambientes de hardware e software .....</b>                         | <b>28</b> |
| 2.4.1. Tipos de Dispositivos para Interação com a RV .....                 | 30        |
| <b>2.5. Cenário Atual.....</b>                                             | <b>37</b> |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                        | <b>38</b> |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                     | <b>39</b> |
| <b>4.1. Aplicações na área da saúde .....</b>                              | <b>39</b> |
| 4.1.1. Treinamentos de procedimentos cirúrgicos .....                      | 40        |
| 4.1.2. Medicina de Reabilitação.....                                       | 49        |
| <b>5. CONCLUSÃO .....</b>                                                  | <b>53</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                    | <b>54</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Os alunos do século 21 nascem em um ambiente tecnológico, o ambiente escolar exige novas formas e métodos de ensino, as salas de aula se tornam mais envolventes e produtivas para os alunos e o objetivo é produzir melhores resultados educacionais no ponto de partida da construção de seu próprio ensino básico. No entanto, o sistema de ensino no Brasil ainda possui alguns obstáculos a serem superados, principalmente nas escolas de ensino fundamental, onde constatamos que o maior problema educacional é a resistência e o baixo interesse das instituições de ensino em utilizar a tecnologia digital em sua prática educacional diária. Essas novas tecnologias tiveram um grande impacto na educação, criando formas de aprender, disseminando conhecimentos e, principalmente, novas relações professor-aluno. Hoje, há muito foco na melhoria da escola, principalmente nos resultados dos alunos. Nesse contexto, estar informado é um dos fatores-chave. Portanto, as escolas não podem ignorar o processo de desenvolvimento tecnológico ou novas realidades, sob pena de se perderem em todo o processo de reestruturação educacional [Ferreira, 2014, p. 15].

Com a disseminação dos computadores e posteriormente da Internet, tornando o mundo dos negócios mais globalizado e, conseqüentemente, aumentando a competitividade, fez com que até mesmo a construção civil, considerada tradicional e conservadora, buscasse inovar para maior produtividade, qualidade e redução de custos. Como forma de inovação, o uso da computação aplicada tornou-se uma ferramenta essencial no desenvolvimento de projetos. As mudanças nos campos profissionais exigem a introdução consciente de conceitos e ferramentas de computação. O potencial de aplicação da computação na construção civil é enorme. Desde os estágios iniciais do projeto corporativo, passando pelos estudos de viabilidade, croquis, projeto artístico de edifícios; desenvolvimento de projetos arquitetônicos, estruturais e de instalação; nas simulações de desempenho, projetos de produção, projeto do local e gerenciamento de construção; e nas avaliações pós-ocupação, gerenciamento de instalações e a fase de uso da automação predial; até a demolição final e reciclagem de seus resíduos. [Tori et al., 2018] [Pereira, 2020] [De Freitas et al., 2010]

O âmbito da saúde é outra área que pode se beneficiar muito com os avanços da realidade virtual nos meios acadêmicos, podendo se tornar um instrumento muito

efetivo para treinamentos, viabilizado a criação de cenários reais sem riscos a pacientes, uma possível redução de custos com insumos e objetos além de permitir a repetibilidade sem grandes esforços [Nunes *et. al*, 2011]. Ainda no campo das ciências médicas, a parte de reabilitação motora para pacientes que estão passando por algum tipo de fisioterapia a aplicação da realidade virtual nesse ambiente se torna um atrativo com o intuito de melhorar a receptividade e adesão aos tratamentos, pois como alguns procedimentos podem levar tempo e serem repetitivos a inserção desse tipo de tecnologia, trazendo uma interatividade maior, pode ser mais estimulante e menos cansativo para o paciente, trazendo uma eficácia maior para os tratamentos [Balista, 2013].

Diversas são as ciências que podem se beneficiar com a Realidade Virtual e Realidade Aumentada, porém, são tecnologias que dependem de processamento em tempo real e, portanto, são influenciadas por desenvolvimentos na computação tanto do ponto de vista do hardware quanto do software. Além disso, desde que foram criados há décadas, suas definições finalmente foram modernizadas devido a fatores recentes, como a diversidade de plataformas e a disponibilidade de software capaz de lidar com elementos multissensoriais. [Hounsell, Tori, Kirner 2018]

### **1.1. Objetivos**

Realizar estudos sobre as aplicações da realidade virtual às ciências, com foco nas aplicações da área da saúde, trazendo os detalhes e dificuldades das aplicações em cenários reais assim como os benefícios que a utilização das tecnologias em torno da realidade virtual pode trazer, com o objetivo de comprovar, por meio de estudos e publicações, que a realidade virtual é uma ferramenta tecnológica forte que está sendo utilizada para com a finalidade de solucionar problemas de áreas específicas.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O termo realidade virtual à primeira vista pode parecer uma contradição, de algo que é virtual, mas também real. Os ambientes virtuais são reais, são realidade diferentes, criadas de forma artificial, mas a interpretação desse ambiente pelos nossos sistemas sensoriais é igual ao que ocorre no mundo físico, e dependendo do nível de imersão sensorial que a RV pode oferecer as distinções entre o ambiente real e virtual podem ficar menos evidentes. [Coelho, 2016] [Tori et al., 2018]

A realidade virtual é uma tecnologia em constante avanço capaz de iludir os sentidos de seus usuários, indo além da simples reprodução de timbres e imagens de jogos ou filmes, permitindo imersão total em qualquer ambiente simulado, com ou sem interação do usuário. Tudo trespassa por um complexo sistema de computador. [Kirner, Siscoutto, 2007]

O uso do termo realidade virtual se iniciou em 1920, porém, em uma forma diferente que que é conhecida hoje, surgiu primeiramente em um aspecto analógico em um simulador de voo criado por Edwin Albert Link, o Link Trainer e foi continuada nessa mesma abordagem após a Segunda Guerra Mundial pelas forças aéreas dos Estados Unidos. Outro grande contribuinte para o desenvolvimento e popularização da realidade virtual foi a indústria de entretenimento, com o lançamento do Sensorama (Figura 2.1), que era uma cabine que combinava filmes 3D, som estéreo, vibrações mecânicas, aromas, e ar movimentado por ventiladores; tudo isso para proporcionar ao espectador uma viagem multissensorial [Pimentel, 1995].



Figura 2. 1 - Foto do protótipo do Sensorama [Pimentel, 1995].

A Realidade Virtual hoje é baseada em monitores 3D, como monóculos e fones de ouvido, e usado principalmente para entretenimento. No entanto, esse conceito vai além do visual, e ao contrário da crença popular, esta tecnologia já existe há muito tempo. A forma mais simples do funcionamento da RV é por meio de estímulos auditivos e visuais, criando a sensação de que uma pessoa está dentro do jogo ou da cena apresentada, de modo que a realidade virtual geralmente é projetada com o auxílio de fones de ouvido, que acobertam completamente os olhos e os ouvidos para que o usuário não possa ouvir ou ver estímulos externos. [Machado, 1995].

Diane Ackerman, em seu livro *The Natural History of the Senses*, aponta que 70% dos receptores sensoriais humanos estão no olho, conferindo-lhe um enorme “monopólio sensorial” [Jacobson, 1994]. As informações recebidas pelos humanos são da forma de imagens visuais, que são traduzidas pelo cérebro. Diferentemente, os computadores digitais, necessitam de algum dado de entrada que é proveniente de algum dispositivo, tais como, teclados, sensores em geral, câmeras. A realidade virtual atualmente permite que computadores e o cérebro humano atuem de forma cada vez mais integrada [Machado, 1995].

Para alcançar a tecnologia atual, muitos estudos e experimentos foram realizados até que o objetivo principal fosse alcançado, que é a simulação quase perfeita da realidade sem nenhum risco à integridade física e mental do usuário. Um dos fundamentos da ilusão de ótica de uma nova realidade é criar uma realidade existente, e para isso, não basta apenas visualizar uma simples imagem plana.

Penteado (1995, p. 102) explica:

“Usando a visão estereoscópica, a ilusão de profundidade é criada, introduzindo outro elemento imersivo à realidade virtual. Para isso, são criadas duas imagens diferentes, uma para cada olho. O efeito disso é que o encéfalo interpreta as duas imagens como se fossem realmente uma. tecnologias que começaram com fotografias agora são colocadas em filmes e ambientes 3D gerados por computador.” [PENTEADO, 1995, p. 102].

O vocábulo RV é tão amplo que os cientistas, desenvolvedores e pesquisadores geralmente a definem com base em suas próprias experiências. Em suma, a RV é a forma mais avançada de interface de usuário de computador disponível [Hancock, 1995]. É uma interface que simula um ambiente real e permite que os participantes interajam com ele [Latta, 1994], possibilitando que as pessoas possam visualizar, manipular e interagir com representações de alta complexidade [Aukstakalnis, 1992]. É um paradigma no qual os computadores são usados para interagir com coisas que não são reais, mas podem ser percebidas como reais [Hand, 1994].

## 2.1. Tipos de Sistemas de Realidade Virtual

Embora o termo realidade mista seja raramente usado, ele define uma interface que é percebida por meio de um dispositivo tecnológico baseado na superposição de informações virtuais geradas por computador (imagens em movimento, sons espaciais e sensações hápticas) com o ambiente físico do usuário. Quando a informação virtual é trazida para o espaço físico de um usuário usando interações naturais, temos realidade aumentada (Figura 2.2). [Tori, 2018]

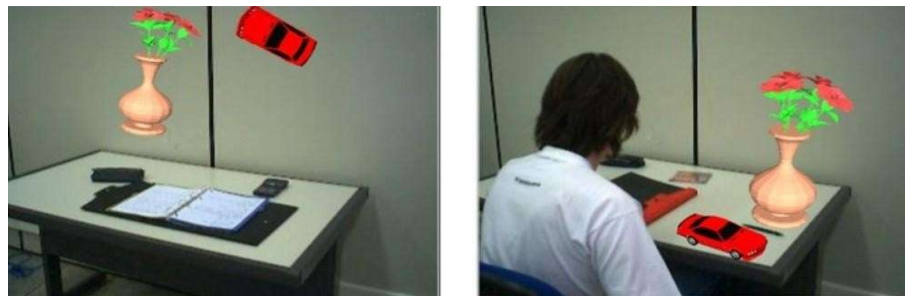


Figura 2. 2 - Posicionamento dos objetos virtuais no ambiente de realidade aumentada [Tori, 2018]

Utilizando uma webcam é possível capturar imagens do ambiente físico e fazer com que pelo computador objetos virtuais sejam introduzidos na imagem disposta no monitor, projetor ou capacete, gerando um ambiente híbrido, como demonstrado na Figura 2.3. [Kirner, 2011]

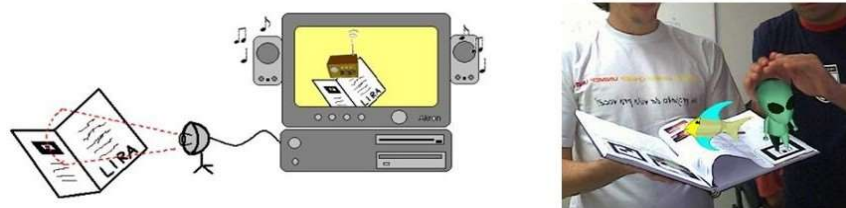


Figura 2. 3 - A Aplicação de realidade aumentada com webcam e marcador

A virtualidade aumenta ocorre quando a informação real é trazida para o mundo virtual por meio de representações do mundo real, onde prevalece a interação virtual. Considerando o Contínuo de Milgram (Figura 2.4) a realidade virtual se encontra na borda direita enquanto o mundo real na borda esquerda e para alcançar a RV passaríamos pela realidade misturada. [Kirner, 2011]

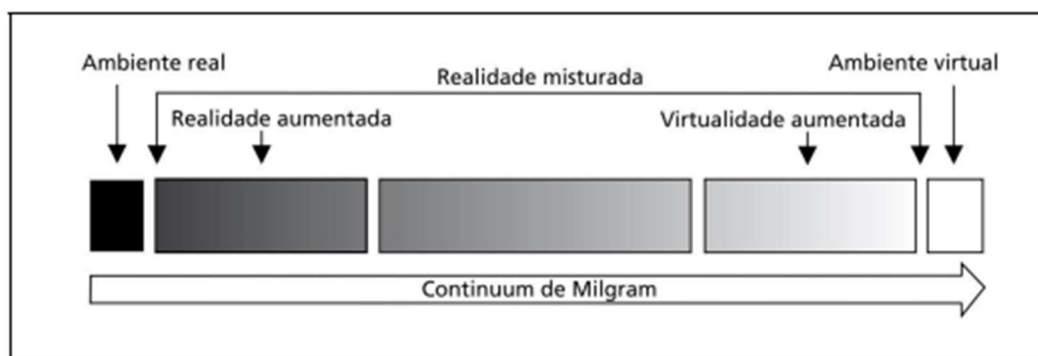


Figura 2. 4 - Contínuo Real-Virtual, conforme proposta por Milgram et al. [Milgram et al., 1994]

### 2.1.1. Sistema de Realidade Aumentada

Os fundamentos da realidade aumentada surgiram na década de 1960, com o pesquisador Ivan Sutherland fazendo duas grandes contribuições, através um artigo dando um vislumbre da evolução da realidade virtual e seu reflexo no mundo real [Sutherland, 1965] e do desenvolvimento de um capacete de visão óptica direta para visualização de objetos 3D em um ambiente real [Sutherland, 1968].

Os primeiros projetos de realidade aumentada surgiram primeiramente na década de 1980, pela Força Aera dos EUA, eram simuladores de voo, onde o cockpit de uma aeronave era simulado, que mesclavam elementos virtuais e físicos. [Kirner, 2007].

Uma das principais diferenças entre a RV e a RA, é que a realidade aumentada não tenta transportar o usuário para um ambiente virtual, e sim transportar elementos virtuais para o ambiente físico, dessa forma as interações com os objetos via RA ocorre de forma mais natural, já que está em ambiente conhecido e por ser mais intuitivo. [Kirner, 2007].

Segundo Azuma (1997) a realidade aumentada pode ser definida como um sistema com três características: combina real e virtual; é interativo em tempo real; e ajusta objetos virtuais em um ambiente 3D.

De outra forma, a realidade aumentada pode ser definida como o enriquecimento do mundo real com informações geradas em tempo real por computadores e adequadamente posicionadas no espaço 3D [Kirner, 2011].

Como a realidade aumentada mantém a sensação de presença do usuário no mundo real, há uma forte tendência de utilizar recursos técnicos invisíveis aos

usuários para liberá-los em seu ambiente. Recursos como rastreamento óptico, projeção e interação multimodal são cada vez mais usados em aplicações de realidade aumentada.

A Figura 2.5 demonstra uma aplicação de realidade aumentada na indústria, onde esta tecnologia está sendo aplicada para realizar a monitoria e avaliação das temperaturas dos componentes de um motor elétrico.

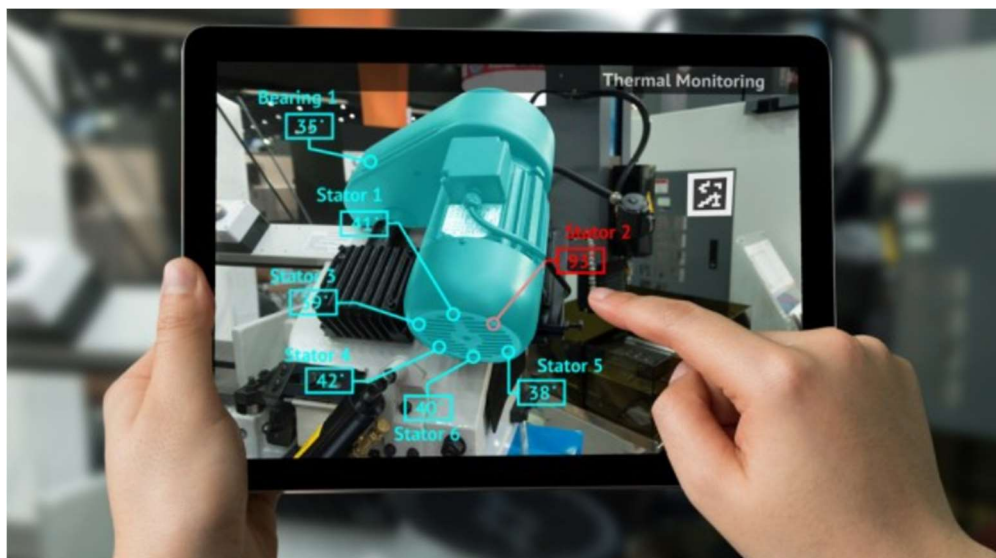


Figura 2. 5 – Monitoria em tempo real de temperatura em um motor elétrico com a utilização de uma interface de realidade aumentada. Disponível em: < <https://pollux.com.br/blog/realidade-aumentada-na-industria-o-que-esta-sendo-feito/>> Acesso em 20 nov. 2022.

Assim como a possibilidade da monitoria de equipamentos de forma prática e sem a necessidade de interação física, já que, basta abrir um aplicativo e apontar a câmera para o objeto ou ambiente que esteja preparado para interagir com a RA, outras possibilidades como a monitoria e manutenção a distância também se tornam viáveis. No âmbito da manutenção em que um operador não consiga realizar o conserto de um equipamento que foi diagnosticado com problema, pode transmitir o cenário que está enfrentando, através de uma câmera, para um especialista, que de forma remota, irá auxiliar na resolução do problema.

A implementação da RA em ambiente industrial, além de trazer uma praticidade e agilidade em algumas operações também acompanha de outros benefícios, como aumento a eficiência e produtividade, redução de custos e aprimoramento de segurança no local de trabalho.

### **2.1.2. Sistema Virtualidade Aumentada**

A virtualidade aumentada ocorre quando elementos reais tem sua representação capturada e transferido para um ambiente virtual, onde podem ser manipulados ou interagidos. As representações desses elementos provenientes do mundo real podem ser traduzidas em objetos estáticos (construções, ferramentas, móveis), ou se referir a avatares de pessoas, mãos, animais. Nesse caso, o avatar é obtido por meio de digitalização e reconstrução 3D em tempo real, preservando o movimento e levando-o para o mundo virtual onde ocorre a interação. [Kirner, 2011].

### **2.1.3. Sistema de Hiper Realidade**

Com o avanço tecnológico constante algumas interações com o ambiente virtual e real tendem a evoluir, elementos, comportamentos e reações virtuais de maior complexidade tendem a serem incorporados a experiencia do usuário, tornando a interface com o espaço virtual mais aprimorada, incorporando objetos virtuais inteligentes à realidade, esse tipo de interação é denominado de hiper-realidade. [Kirner, 2011]. “Hiper-realidade é a capacidade tecnológica de combinar realidade virtual, realidade física, inteligência artificial e inteligência humana, integrando-as de forma natural para que o usuário possa acessá-las” [Tiffin, Terashima, 2001]

De acordo com Kirner e Siscoutto, 2007, Hiper Realidade é o ponto alvo quanto as interfaces de interação entre o mundo virtual e o real, pretendendo melhorar a união entre os dois mundos de forma a potencializar a interação do usuário, criando um ambiente com maior sensação de imersão. [Kirner, Siscoutto, 2007].

## **2.2. Evolução da Realidade Virtual e Aumentada**

Em 1961, os engenheiros da Philco, Comeau e Bryan, criaram um capacete (HMD, Head-Mounted Display) cujo movimento controlava uma câmera remota, permitindo a telepresença de vídeo. [Kirner, 2011].

Ivan Sutherland publicou sua tese de doutorado no MIT em janeiro de 1963 com o nome de Sketchpad, A Human-Machine Graphic Communication System [Sutherland, 1963], representada na Figura 2. 6. O trabalho de Sutherland foi caracterizado por ser a primeira aplicação que utilizava a computação gráfica

interativa. A interação de seleção e desenho de gráficos é realizada no display por meio de uma caneta ótica, complementando as ações do teclado. Com essas publicações algumas palavras chaves utilizadas para definir a RV foram fixadas por Sutherland, tais como dispositivos especiais, interação em tempo real e representações virtuais geradas por computador. [Kirner, 2011].

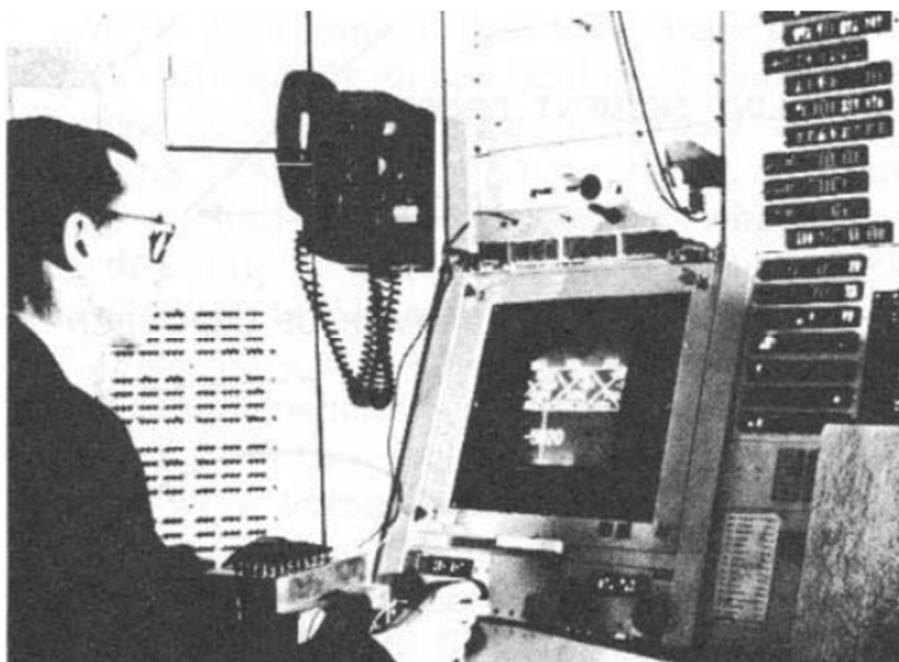


Figura 2. 6 - Sketchpad em operação. Na tela é demonstrada a estrutura de uma ponte (treliça). [Sutherland, 1963]

Em 1965, Sutherland publicou *The Ultimate Display* [Sutherland, 1965], neste trabalho a noção de que um visor poderia reproduzir um cenário em que o usuário conseguiria ver e interagir com elementos em um ambiente virtual foi estabelecido. E em 1968, Sutherland publicou o artigo *A Head-Mounted Three Dimensional Display* [Sutherland, 1968]. O sistema é constituído por um capacete com dois visores do tipo CRT, para que as imagens do ambiente virtual fossem reproduzidas diretamente nos olhos do usuário e um sistema de rastreamento de posição que combinava uma disposição de sensores ultrassônicos e um braço mecânico articulado. Com esse trabalho o conceito de imersão foi definido, sendo um marco na história da RV. A Figura 2.7 apresenta o capacete em uso, sendo a imagem a esquerda uma visão frontal do capacete, mostrando os dois visores de tubo de raios catódicos

posicionados nos olhos do usuário e a figura da direita o sistema completo, com o usuário utilizando o capacete abaixo da área delimitada pelos sensores ultrassônicos, que captavam a direção e sentido da cabeça. [Sutherland, 1968] [Kirner, 2011]

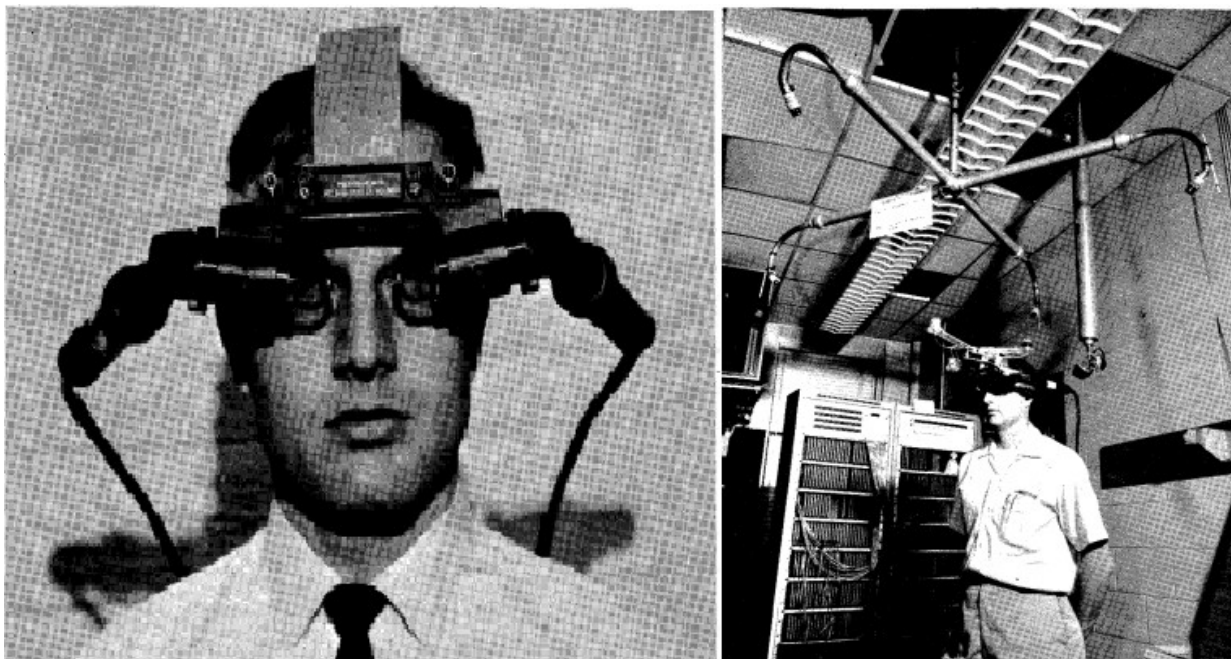


Figura 2. 7 – A esquerda uma vista frontal do HMD e a direita o sistema completo em utilização, com os sensores ultrassônicos acima do usuário. [Sutherland, 1968]

Após as publicações de Sutherland outros acontecimentos notáveis ocorreram na história da RV, segundo [Kirner, 2011]:

- 1977: Desenvolvimento da Luva Dataglove, contribuindo para o aspecto multissensorial da realidade virtual. As luvas não se tornaram um produto comercial até 1985, quando foram introduzidas pela VPL Research.
- 1981: O Super Cockpit Simulator da Força Aérea dos EUA, Figura 2.8, começou a utilizar capacetes de visão óptica, o que permitiu aos pilotos obter um campo de visão mais amplo por meio de informações da aeronave, como indicações visuais de mísseis montados nas asas que podem ser disparados. O display de acrílico permitiu a visualização direta da cena em combinação com a imagem projetada sobreposta, gerada pelo display CRT no capacete.



Figura 2. 8 – Simulador de voo Super Cockpit, demonstrando os controles similares de uma aeronave e o capacete com os visores de CRT sendo utilizado por um usuário.

- 1989a: A Mattel Corporation introduziu a luva Powerglove e o sistema de rastreamento para videogames da Nintendo. Esses produtos não tiveram sucesso no negócio de videogames, mas foram adaptados para os primeiros sistemas populares de realidade virtual baseados em minicomputadores.

- 1989b: O artista e cientista da computação Jaron Lanier cunhou o termo "realidade virtual" para substituir termos semelhantes "mundo virtual" e "realidade artificial".

- 1990: Profa. Thomas Caudell, da Universidade do Novo México, cunhou o termo "realidade aumentada" durante uma visita à Boeing para se referir ao equipamento de realidade virtual que auxilia os funcionários na montagem de eletrônicos de aeronaves.

- 1991a: O primeiro jornal de negócios para a comunidade de realidade virtual e a revista Network Edge é publicada.

- 1991b: Criado por Rend386, software livre (livre e de código aberto) para o desenvolvimento de aplicativos populares de realidade virtual, escrito por Bernie Roehl e Dave Stampe da Universidade de Waterloo.

- 1992a: Surgimento da realidade virtual por projeção, implementada em ambientes de cavernas, como alternativa ao uso de capacetes.

Existem diversos levantamentos de eventos importantes que definem a história da realidade virtual e aumentada, abrangendo pesquisadores pioneiros, projetos, publicações, dispositivos, softwares, empresas, eventos, paradigmas e muito mais. Por exemplo, Sherman e Craig (2003) têm um levantamento cronológico da história da realidade virtual. Por outro lado, Kirner (2007) apresenta uma abordagem cronológica do desenvolvimento da realidade virtual e aumentada, acompanhada de uma análise de eventos técnicos, cujas atualizações são apresentadas a seguir.

### **2.2.1. Abordagem Tecnológica**

A abordagem técnica da evolução da RV e da RA é baseada na análise de alguns parâmetros como, os sistemas, os tipos de interação, o tempo, os tipos de interfaces e a inteligência envolvida para as tecnologias. A Figura 2.9 mostra o diagrama de Milgram, esse diagrama mostra como ocorre a transição entre as realidades, e suas denotações, sendo basicamente separada em três grupos, o ambiente real, que é a realidade com objetos físicos, o ambiente virtual, realidade formada totalmente por objetos virtuais e a realidade misturada, que concatena as duas características. [Kirner, 2011]

No grupo da realidade misturada, que engloba a realidade aumentada e a virtualidade aumentada, a diferença entre o limite dessas duas tecnologias, definida por Kirner, 2011 e Kirner et al. 2007, depende do tipo das interações entre o usuário e os objetos virtuais e reais, se a interação entre usuário e elementos virtuais ocorrer da mesma forma com os elementos reais, isso denotaria a realidade aumentada, ou seja as interações não dependeria de dispositivos especiais de realidade virtual, contudo, se a interação entre usuário e objetos virtuais e reais for por meio de algum dispositivo de realidade virtual, denotaria como virtualidade aumentada. [Kirner, 2011] [Kirner et al., 2007].



Figura 2. 9 - Diagrama de Milgram. [Kirner, 2011]

O diagrama apresentado na Figura 2.10 representa o impacto do avanço tecnológico nos sistemas de interação com as interfaces virtuais, como a realidade aumenta, virtualidade aumentada e a realidade virtual, considerando o grau de inteligência empregado nas soluções para cada período. A representação foi dividida em três períodos, os anos que antecederam 1990, como sendo as raízes da história da tecnologia, entre 1990 e 2000, como sendo a fase da realidade virtual e 2000 em diante como sendo a fase da realidade aumentada. Esse diagrama apresenta apenas um esboço, já que os limites, entre cada período, não são bem definidos já que durante os anos ocorreram sobreposições tecnológicas. [Kirner, 2011]

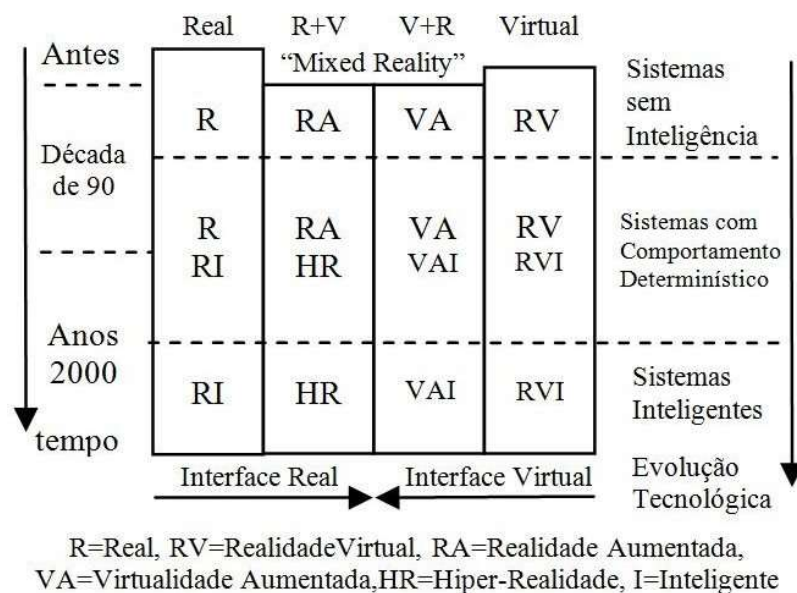


Figura 2. 10 - Evolução da transição entre real e virtual, em relação ao tempo e tecnologia. [Kirner, 2011]

O diagrama da Figura 2.10 mostra que a análise dos diferentes sistemas (RA, HR, VA e RV) com uma abordagem técnica está diretamente ligada com o cenário tecnológico de cada época.

O período que antecede a década de 1990, o nível de inteligência envolvida nos sistemas era baixo e aliado com as limitações computacionais, as interações eram previsíveis e simples. Já na década de 1990 os avanços, principalmente no ramo da computação e telecomunicações os dispositivos e sistemas começaram a agregar um nível de inteligência maior, resultando em interfaces mais interativas e realísticas. A computação ubíqua, inteligência artificial e processamento massivo foram fatores importantes para os avanços na tecnologia, esses fatores também possibilitaram o início de sistemas de rastreamento óptico, ao invés dos sensores ultrassônicos, magnéticos ou mecânicos. [Kirner, 2011]

Da década de 2000 diante o avanço nas diversas tecnologias que estão ligadas a RV e RA, principalmente no âmbito da computação ubíqua, inteligência artificial e Internet, a inteligência empregadas nos sistemas se desenvolveram muito trazendo um comportamento não determinístico, com objetos verdadeiramente inteligentes, que conseguiam reagir de diferentes formas de acordo com o cenário, além de popularizar a tecnologia, tornando-a mais popular e aumentando o interesse na área. [Kirner, 2011]

## **2.3. APLICAÇÕES EM REALIDADE VIRTUAL**

### **2.3.1. Aplicação da RV como instrumento de auxílio na educação**

Por muitos anos nas escolas, o conhecimento foi reservado aos professores, e os livros eram a única ferramenta de pesquisa para os alunos, mas como tudo evolui, os métodos de ensino também devem se adaptar novas exigências da sociedade. Mesmo no século 21, existem instituições e professores que ainda usam métodos de ensino antiquados, e muitos alunos são instruídos de acordo com métodos de ensino tradicionais que consistem no que os educadores dizem e os alunos leem. [Ferreira, 2014] [Fonseca, 2014]

Segundo Lévy (2011), o Google percebe o potencial da realidade virtual na sala de aula e passa a contribuir para o desenvolvimento da região. Em 2015, a empresa anunciou o lançamento do "Google Expeditions", um projeto que visa oferecer passeios virtuais para estudantes em países como Brasil, Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia e Reino Unido. Algumas escolas foram selecionadas para receberem um kit que inclui smartphones, tablets, roteadores e Google Cardboard, suporte para

celular que se transforma em um óculos de realidade virtual feito de papelão. Esse sistema pode levar os alunos a passeios virtuais por lugares como a Planetary Society, na Califórnia, museu Norte-Americano de Estória Natural em Nova York e Versalhes na França. [Lévy, 2011]

Outro exemplo dessas aplicações é a Beetools, onde a empresa utiliza de tecnologias imersivas e com infraestrutura de baixo custo como um diferencial para o aprendizado de idiomas. A Figura 2.11, mostra um dos equipamentos que transforma o celular em um HMD para possibilitar o consumo de conteúdos digitais em realidade virtual e forma rápida e simples.



Figura 2. 11 – Suporte que possibilita transformar o celular em um HMD da Beetols. Disponível em: < <https://www.beetools.com.br/> >. Acesso em 20 nov. 2022.

Segundo a constituição federal do Brasil, as pessoas com necessidades especiais têm hoje o direito de frequentar qualquer escola formal sem qualquer tipo de segregação ou discriminação. [Pau-Brasil, 2005]

No entanto, pessoas com deficiência podem sofrer com discriminação em todos os níveis da sociedade. Especialmente na avaliação do campo educacional, sabe-se que as escolas normais devem se adequar à diversidade de seus alunos, embora essa não seja uma realidade comumente notada no Brasil. [Fonseca, 2014]

O uso da realidade virtual pode ajudar os alunos com diversas dificuldades, como a síndrome de Asperger, que faz parte do espectro do autismo (CEA), também

conhecido como "autismo social". Isso ocorre principalmente porque causa dificuldades na compreensão das interações sociais, atenção e comunicação não verbal. [Fonseca, 2014]

Para ajudar pessoas nesse aspecto a interagir, alguns projetos foram desenvolvidos usando a tecnologia de realidade virtual. Um exemplo é um ambiente de realidade virtual que simula uma cafeteria. Nele, jovens com síndrome de Asperger que estão em fase de transição social, entre 13 e 19 anos, podem navegar por cenas, viajar no espaço, interagir com objetos e com outros usuários, bem como realizar tarefas diárias simples para atingir os objetivos. Os ambientes virtuais são importantes para que os jovens pratiquem tarefas cotidianas e repetitivas e descubram as melhores formas de se conectar com outras pessoas na vida real, o que melhora muito sua qualidade de vida. [Fonseca, 2014]

Estudos anteriores mostraram que as dificuldades de movimento geral, equilíbrio, estrutura corporal e organização espacial em crianças com síndrome de Down podem ser melhoradas com a ajuda da realidade virtual. [Fonseca, 2014].

Suelen Lorenzo, 2009, com a ajuda dos pesquisadores Lígia Braacciali e Rita Araújo, realizou um estudo para mostrar que tipo de intervenções são oferecidas com a realidade virtual, levando em consideração as necessidades psicomotoras de crianças com síndrome de Down. Os participantes do estudo receberam 20 sessões de 40 minutos usando videogames Xbox 360 com sensores Kinect e um CD de jogo de aventura. Devido a fraqueza Então ele jogou por 30 minutos e descansou por cerca de 10 minutos. O objetivo deste estudo foi avaliar o nível de desenvolvimento motor antes e após a intervenção. As aptidões motoras finas e o desenvolvimento da linguagem temporal permaneceram estáveis, mas foram assistidas melhorias nas aptidões motoras gerais (ou seja, grandes movimentos corporais, como pular, chutar), equilíbrio, estrutura corporal e organização espacial. [Lorenzo, 2009]

### **2.3.2. Aplicação da RV e RA como instrumento de auxílio nas ciências**

Como será detalhado na sessão de resultados a RV e a RA são tecnologias que estão tomando espaço no meio das ciências, e algumas áreas de destaque são a de Engenharia Civil, Arquitetura, Engenharia elétrica e Saúde, sendo que as aplicações dentro de cada área é bem diversificada e como alguns estudos sugerem é benéfica em vista da evolução técnica. [Tori, Hounsell, 2018]

Grande parte da evolução tecnológica tem a ver com o nível de inteligência que existe nos sistemas de cada época. Nas abordagens históricas e tecnológicas introduzidas, foi demonstrado que a realidade virtual, a realidade aumentada e a aceleração da mudança abarcam plataformas, ferramentas de software e aplicativos.

Além disso, vale a pena notar que, à medida que os sistemas de realidade virtual e realidade aumentada se tornam mais poderosos e complexos, maior a oportunidade de desenvolver produtos mais amigáveis com alta usabilidade, facilidade de uso e configurações do aplicativo. Esses recursos tornaram os universos virtuais e a realidade aumentada mais populares. Nesse contexto, a realidade virtual e a realidade aumentada estão se estabelecendo como interfaces eficazes, pois, os desenvolvimentos tecnológicos permitem interações tangíveis e multimodais e superam as barreiras das interfaces baseadas em vidraças. [Tori, Hounsell, 2018]

Os resultados dessas mudanças são promissores. E as tecnologias de realidade virtual e aumentada devem permitir grandes inovações tecnológicas e importantes inovações sociais. [Tori, Hounsell, 2018]

## **2.4. Ambientes de hardware e software**

De acordo com Bowman e cols. (2004) e Kelner e Teichrieb (2007), as interações com o ambiente virtual necessitam do componente de hardware, que são os dispositivos de entrada/saída de dados e o sistema computacional, e o software, que integra de forma inteligente as informações. Segundo Gnecco, Guimarães, Damazio (2007), um sistema em realidade virtual pode ser separado em quatro grupos, o ambiente real, físico, o computador (hardware para processamento de dados), dispositivos de interação para entrada e saída de dados e um sistema para visualização.

Segundo Machado e Cardoso (2008) os dispositivos de entrada e saída em um sistema de realidade virtual são responsáveis por aumentar o grau de imersão do usuário ao ambiente virtual. Em um sistema de RV os grupos de dispositivos de entrada e saída, responsáveis pela interface de interação do usuário e o sistema. A Figura 2.12 mostra um esquema com os principais componentes de um sistema de RV. [Machado, Cardoso, 2008].

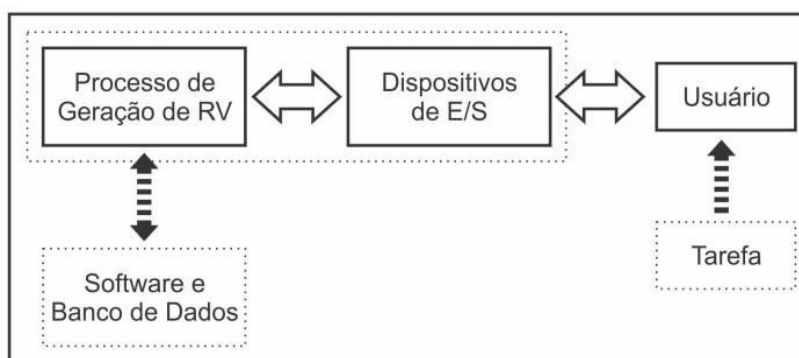


Figura 2. 12 - Elementos Chave de um Sistema de Realidade Virtual [Machado, Cardoso, 2008]

São os dispositivos interativos que fazem com que o usuário possa controlar elementos no ambiente virtual e é de responsabilidade dos sistemas de rastreamento monitorar os movimentos do corpo do usuário, para que essas informações de posição de movimentos sejam interpretadas no mundo virtual e possam transmitir uma visualização respectiva dessa ação, criando uma sensação maior de imersão no mundo virtual. E segundo Machado e Cardoso (2008) um ponto importante para se observar é que os objetos em ambientes virtuais podem se mover em seis graus de liberdade. [Pimentel, 1995] [Botega, Cruvinel, 2009]

Uma parte importante de um sistema de realidade virtual é o componente lógico, peça que realiza a integração e processamento dos dados para formar um ambiente virtual. Para que um sistema de RV seja desenvolvido várias áreas do conhecimento e tecnologias devem ser envolvidas, como na área da computação, para lidar com softwares específicos e linguagens de programação. Em resumo o ambiente de realidade virtual é formado por objetos tridimensionais que possuem regras de funcionamento específicas. [Luz, Kirner, 2006]

Quanto a parcela de ferramentas para desenvolvimento de sistemas em RV, os softwares de alto nível possuem o diferencial que grande parte de conhecimentos de base, como computação gráfica e sistemas operacionais, são incorporados de forma automática, abrindo a possibilidade para que o desenvolvedor foque na criação do mundo e suas regras, além de possibilitarem a reutilização de códigos, para otimizar a criação de mundo virtual. [Gnecco, Guimarães, Damazio, 2007]

Segundo Gnecco, Guimarães e Damazio (2007) a escolha do motor gráfico a ser utilizado depende muito da aplicação final da RV, mesmo as engines tentem ser genéricas, as características do sistema desenvolvido impacta direto na escolha desta, um caso de exemplo é uma solução de RV voltada para visualização e

processamento de dados científicos e outra voltada para entretenimento, jogos de vídeo game, cada aplicação terá requisitos de desempenhos diferentes. Entre os recursos que devem ser buscados em uma engine gráfica, destacam-se o suporte à leitura de formatos de arquivos necessários ou integração com softwares de modelagem; suporte a texturas e animações; suporte à dispositivos de entrada e saída; existência de efeitos gráficos necessários ou desejados para o aplicativo; possibilidade de ser executado facilmente em toda a gama de hardware que for ser utilizada para o ambiente virtual. [Gnecco, Guimarães, Damazio, 2007]

Então a criação de um ambiente virtual requer a possibilidade de modelar o cenário, definindo o ambiente, personagens, objetos, regras de interação e comportamento e os efeitos visuais. [Gnecco, Guimarães, Damazio, 2007].

#### **2.4.1. Tipos de Dispositivos para Interação com a RV**

Como as aplicações de RV baseia-se em criar um ambiente que envolva o usuário, criando uma espécie de isolamento do mundo ao seu redor, a audição e visão, são os principais sentidos que os hardwares de RV procurar explorar. O sentido tátil também pode ser explorado, de acordo com a aplicação, porém, é menos comum.

##### **2.4.1.1. Dispositivos Auditivos:**

Em geral os dispositivos de saída para o estímulo do sentido auditivo são alto-falantes em formato de fones de ouvido, esses podendo ser intra auricular ou supra auricular. A Figura 2.13 mostra os dois tipos de fone, sendo o da direita intra auricular, onde o alto-falante fica parcialmente inserido no ouvido, o representado pela imagem da esquerda é um modelo do tipo supra auricular, onde os alto falantes ficam externos, e geralmente cobrem a orelha.



Figura 2. 13 – A esquerda um fone do tipo supra auricular da marca Shure e a direita um exemplo de um fone intra auricular. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/2016/03/confira-diferencas-entre-os-modelos-de-fones-de-ouvido-e-escolha-o-seu.ghml>>. Acesso em 20 nov. 2022.

#### **2.4.1.2. Dispositivos Visuais**

Existem duas classes de dispositivos de saída de estímulo visual, os capacetes do tipo HMD (Head Mounted Display) e os visores do tipo HCD (Head Coupled Display), também conhecido como BOOM. A principal diferença entre essas duas classes é na forma que os movimentos realizados pelo usuário, sendo que o HMD, utiliza de sensores, que na maioria das vezes são embutidos no próprio dispositivo, para detectar o sentido e direção do aparelho enquanto o segundo, BOOM, depende de o usuário realizar algum comando, via outro dispositivo de entrada, para poder realizar o rastreamento.

Os dispositivos visuais são considerados de extrema importância, pois é o tipo aparato que permite promover um nível de imersão mais forte em um sistema RV. [Netto et al., 2002]

#### **Head-Mounted Display (HMD)**

Os vídeos capacetes do tipo HMD, devido a sua capacidade de gerar uma imersão mais envolvente do usuário, é um dispositivo de RV muito popular. O isolamento que pode ser atingido com esse sistema é um dos principais fatores que

possibilita a imersão mais profunda na RV, além de possuir duas telas, uma para cada olho, que projetam as imagens de forma muito próxima, o sistema também conta com lentes que auxiliam que a imagem permaneça nítida e que o campo de visão seja ampliado, melhorando também o nível de imersão devido a sensação de visão periférica. [Gradescki, 1994; Delaney, 1996].

Muitos dos vídeos capacetes possuem integrados a uma montagem dispositivos de áudio, de forma que toda a solução seja integrada em uma peça única. Além de apresentar todos esses aspectos dos dispositivos de estímulo de saída, que auxiliam a aprofundar na imersão em RV os HMDs funcionam também como dispositivo de entrada de dados, por serem providos de sensores que são utilizados para o rastreamento da posição e orientação da cabeça do usuário. [Gradescki, 1994; Delaney, 1996].

As figuras 2.14 e 2.15 mostram, um exemplo atual de HMD, o Oculus Quest 2, que diferente do primeiro sistema de RV apresentado por Sutherland em 1968, como foi demonstrado na Figura 2.7 do tópico 2.2, onde o sistema de rastreamento de posição era feito por uma disposição de sensores ultrassônicos, que confinavam o espaço de movimentação do usuário, as soluções de HMDs atuais, devido ao avanço tecnológico das diversas áreas de conhecimento, como computação e eletrônica, utilizam sistemas de rastreamento mais modernos e inteligentes, o Oculus 2, por exemplo, possui uma disposição de quatro câmeras na parte frontal do capacete que associado com o software embarcado, realiza todo o rastreamento posicional.



Figura 2. 14 – Visões externas do HMD Oculus Quest 2, demonstrando as câmeras de rastreamento de posicionamento e os alto falantes embutidos. Disponível em <<https://www.meta.com/quest/products/quest-2/>>. Acesso em 20 nov. 2022.



Figura 2. 15 – Visão das lentes do HMD Oculus Quest 2. Disponível em <<https://www.meta.com/quest/products/quest-2/tech-specs/#tech-specs>>. Acesso em 20 nov. 2022.

### BOOM (Binocular Omni-Oriented Monitor)

Os sistemas de Head Coupled Display, ou BOOM, se assemelham muito quanto aos visores com os sistemas HMD, a principal diferença é quanto ao sistema de rastreamento de posição, enquanto nos HMDs o rastreo é uma característica embarcada à solução através de aferições sensoriais, nos sistemas do tipo BOOM, os sensores não são localizados no capacete e sim nas articulações de um braço mecânico em que o capacete é montado, dessa forma a solução de rastreo é mais simplificada, porém, a movimentação espacial é afetada, já que a área que o usuário pode se movimentar é delimitada pelos braços mecânico. A Figura 2.16 demonstra uma aplicação de um sistema do tipo BOOM, e a Figura 2.17 exemplifica o esquema como os elementos que compõem a solução. [Netto et al., 2002]



Figura 2. 16 – Sistema do tipo BOOM montado junto a uma estação de trabalho. [Bolas, 1994]

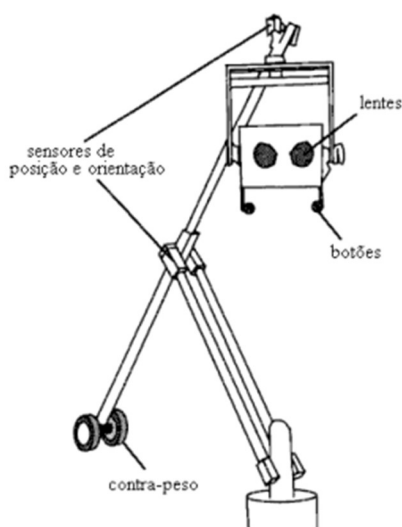


Figura 2. 17 – Esquema com a disposição dos elementos que compreendem um sistema do tipo BOOM. [Pimentel, 1995]

### 2.4.1.3. Dispositivos Hápticos de Interação

Os dispositivos de interação do tipo háptico, ou também dispositivos de reação tátil, diferente dos dispositivos de saída de visão e audição, requerem uma interação eletromecânica com o corpo do usuário já que conseguem oferecer um retorno tátil, através de força e vibração. Então, de acordo com a interação que ocorra dentro do ambiente virtual, o usuário recebe uma resposta física à essa interação. Segundo foi descrito por Bogoni et al. (2015), são 4 os tipos de sensações que pode ser promovida por um dispositivo háptico: pressão, que retorna para o usuário uma sensação de aperto, apreensão, que limita em algum grau de liberdade os movimentos, vibração e retorno de força, que cria uma resistência ao movimento o que exige do usuário que aplique uma força para conseguir movimentar. [Netto et al., 2002]

Os sistemas de interação hápticos, com descrito por Basdogan et al. 2015, possuem um grande desafio, que é de assegurar a estabilidade da resposta ao usuário de acordo com as interações no ambiente virtual, ou seja, que as sensações transmitidas do dispositivo para o usuário não tenham interferências, como por exemplo, trepidações ou movimentos bruscos. A Figura 2.18 mostra uma representação mecânica de um dispositivo háptico, onde os atuadores dependendo da interação que corre no ambiente virtual podem representar uma sensação de força de resistência ou apreensão em algum dos graus de liberdade, que será percebido pela mão do usuário, que está interagindo pela ponta do dispositivo. [Netto et al., 2002]

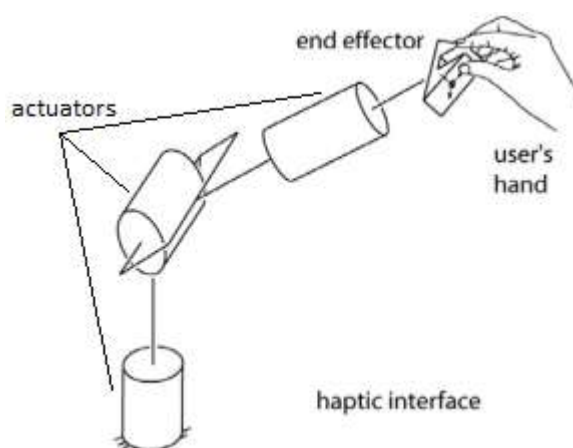


Figura 2. 18 – Esquema mecânico da interação de um usuário com uma interface háptica. [Basdogan, 2015]

A Figura 2.19 mostra um dispositivo háptico atual, o Touch X da fabricante 3D Systems, suas aplicações podem ser variadas, podendo ser utilizado para modelagem e design 3D, treinamento cirúrgico, montagem virtual e outros procedimentos. O Dispositivo permite que objetos 3D no ambiente virtual sejam sentidos pelos usuários, aplicando retorno de força à mão do operador. Sua aplicabilidade se torna interessante no âmbito da Odontologia e Cirurgias pois permite que treinamentos de cirurgia sejam simuladas em ambiente virtual, de forma precisa aprimorando a sensação de um procedimento correto antes de entrar no ambiente clínico. [Netto et al., 2002]



Figura 2. 19 – A esquerda uma visão do Touch X em comparação com a mão de um usuário. A direita o Touch X sendo utilizado em uma aplicação médica. Disponível em <<https://www.3dsystems.com/haptics-devices/touch-x>> Acesso em 20 nov 2022.

## 2.5. Cenário Atual

A realidade virtual, apesar dos grandes avanços nas tecnologias que a cercam, ainda não se mostrou como uma aplicação totalmente difundida o que explica ser um tema com um crescente número de publicações e pesquisas. Porém, de acordo com o Hype Cycle, Ciclo de Hype da Gartner, não pode ser considerada mais como uma tecnologia emergente e sim como um produto já maduro. A Figura 2.20 mostra o gráfico de ciclo de Hype para as tecnologias consideradas como emergentes, publicado pela Gartner em 2017, nesse período a RV se posicionava como uma tecnologia no auge da iluminação (slope of enlightenment) com uma expectativa de alcançar o platô de produtividade nos próximos 2 a 5 anos. Já a Figura 2.21 mostra o mesmo gráfico de ciclo do Hype para as tecnologias emergentes de 2022, nessa disposição a realidade virtual não aparece mais, indicando que deixou de ser considerada como uma tecnologia emergente.

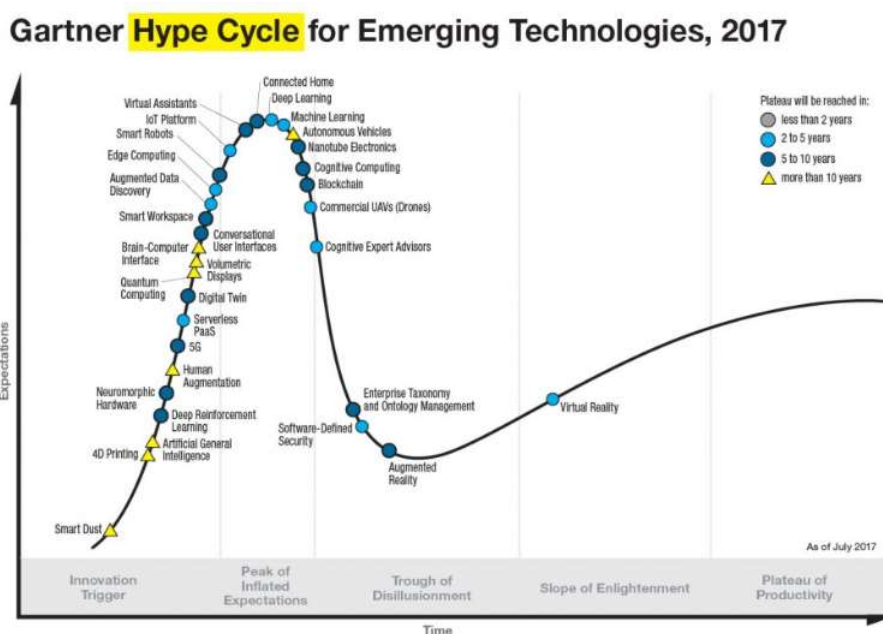


Figura 2. 20 – Hype Cycle para tecnologias emergentes em 2017. Disponível em <<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017>> Acesso em 20 nov 2022.

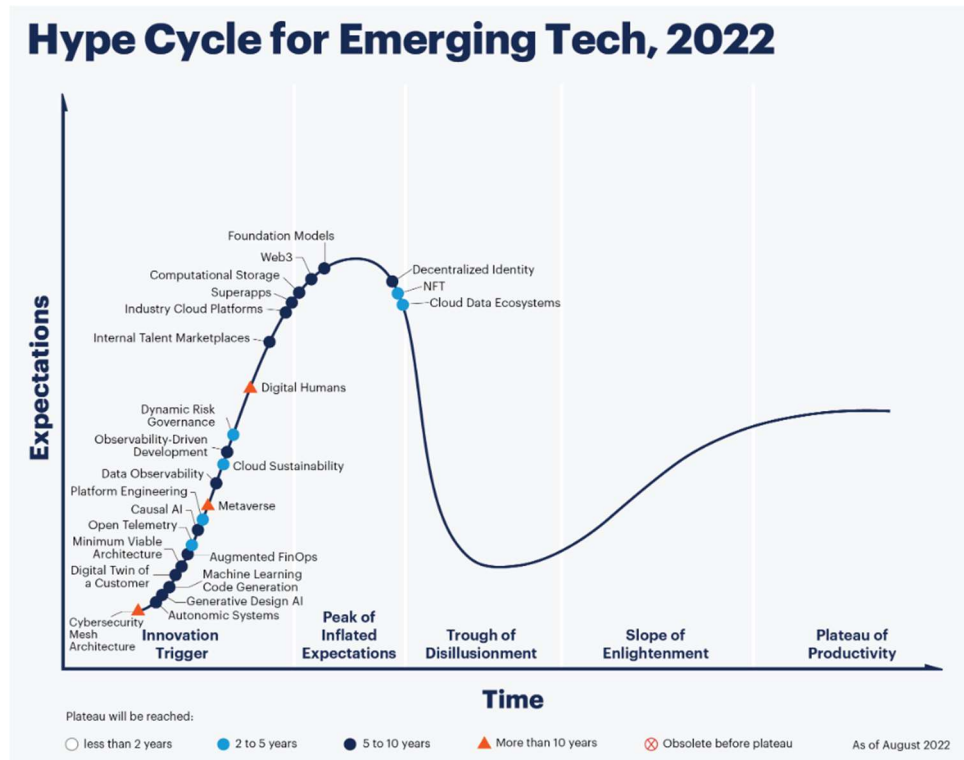


Figura 2. 21 - Hype Cycle para tecnologias emergentes em 2022. Disponível em <<https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2022-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies>> Acesso em 20 nov 2022.

### 3. Materiais e Métodos

Com base em estudos encontradas em diferentes veículos de divulgação científica (CAPES, IEEE Xplore, Google Scholar, Researchr, ACM Digital Library, sciELO, Science Direct, SAGE e Research Gate) para elencar as aplicações e os resultados da RV e RA em diferentes áreas de conhecimento, com o intuito de comprovar a consolidação, engajamento e aplicabilidade da tecnologia nas áreas selecionadas. O levantamento dos dados para embasar os resultados e discussões, os trabalhos, passaram por uma etapa de análise e catalogação detalhada para selecionar as publicações relacionadas à área de saúde.

Após realizar a busca por área de interesse e aplicação, foram selecionados estudos que geraram os dados compilados no capítulo de Resultados e Discussões.

#### 4. Resultados e Discussões

De acordo com os critérios estabelecidos os resultados serão agrupados de acordo com a área do conhecimento abordado. A análise dos estudos selecionados tem como objetivo comum verificar se as tecnologias de realidade virtual e aumentada aplicadas em casos reais podem realmente trazer benefícios comprovados para a área da Saúde.

Tanto a RV quanto a RA vêm apresentando um aumento expressivo na quantidade de artigos publicados pelo IEEE e ACM em níveis mundiais. O gráfico representado na Figura 4.1 mostra o crescimento de artigos de realidade virtual, ambiente virtual e realidade aumentada entre os anos de 1987 e 2012. Mostrando que o interesse nessa área da tecnologia está em expansão, tanto no meio acadêmico quanto comercial. [Hounsell, Tori, Kirner 2018]

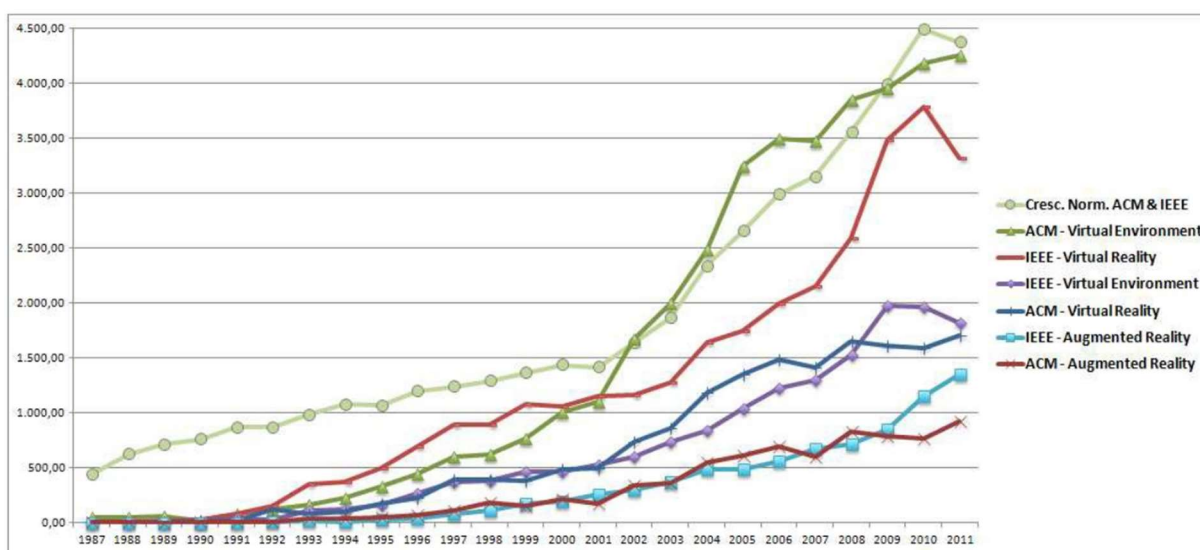


Figura 4. 1 – Crescimento das publicações referente a realidade virtual e aumentada. [Buchinger, Juraszek, Hounsell 2012]

##### 4.1. Aplicações na área da saúde

Como as aplicações na área da saúde são diversas e neste estudo foi escolhida como a de maior ênfase, a análise dos resultados foram agrupadas em três subcategorias, onde, o grupo de medicina de reabilitação tem como foco o estudo de publicações voltadas para terapias de reabilitação motora para pacientes que sofrem

ou sofreram algum tipo de perda nos movimentos. O grupo de medicina do esporte tem como objetivo realizar os estudos das aplicações no âmbito de melhoria na performance atlética. E, por fim, o grupo de treinamentos e procedimentos cirúrgicos tem como objetivo agrupar os resultados de publicações voltadas para a parte de treinamento e procedimentos médicos.

Uma área que vem tomando destaque quanto a aplicação da RV é na etapa de formação dos profissionais ligados a saúde, segundo De Almeida et al. 2021, a quantidade de publicações da área de saúde voltadas para o uso da realidade virtual no ensino em cursos de saúde apresentou um crescimento significativo nos últimos anos, como demonstra o gráfico da Figura 4.2. Esse crescimento faz sentido, já que as tecnologias que englobam os sistemas de RV também estão em evolução, o que aumenta a aplicabilidade da tecnologia em cenários mais específicos.

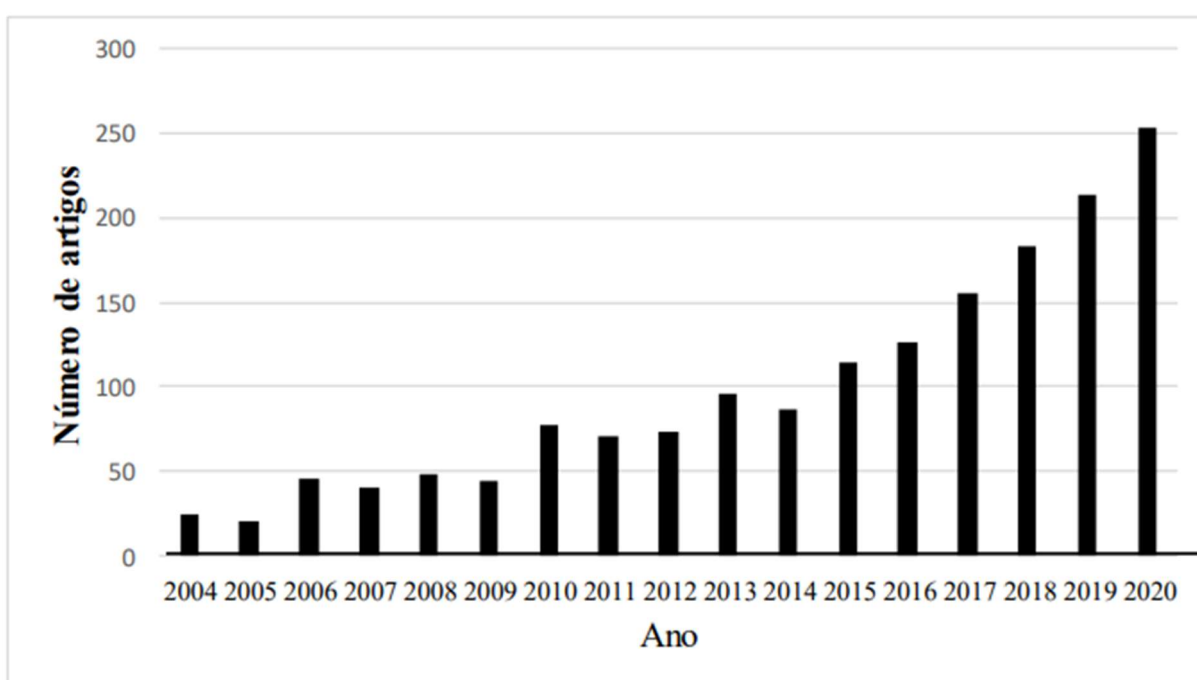


Figura 4. 2 – Número de artigos relacionados ao uso da realidade virtual em cursos de ensino de saúde entre 2004 e 2020. [De Almeida et al. 2021]

#### **4.1.1. Treinamentos de procedimentos cirúrgicos**

A utilização da realidade virtual no meio médico como ferramenta para aprimorar o aprendizado e ganho de experiência em procedimentos pode ser muito benéfica, pois além de abrir a possibilidade de simular diversos cenários, que na realidade podem não ser tão comuns, também apresenta o fator da repetibilidade.

Esses aspectos podem ganhar para o aprendizado no ponto em que durante o período de prática, ou residência médica, os cenários que podem aparecer podem não abranger algumas situações específicas, e nesse ponto a simulação de procedimentos médicos ganha destaque, pois é possível submeter um profissional por diversos casos, preparados na simulação, criando assim uma variedade de cenários que pode não ocorrer durante a residência médica. Dessa forma caso o profissional de saúde venha a interagir com um caso real, este já terá acumulado uma experiência prévia do simulador.

Um ponto muitas vezes comum entre as aplicações voltadas para o ensino em cursos de saúde é a utilização de dispositivos hápticos. Como os procedimentos médicos precisam ter um grau de precisão alto e um grau de sensibilidade nos movimentos realizados, os dispositivos de reação tátil são de grande aplicabilidade, já que além de oferecerem a precisão também oferecem o retorno da ação proferida pelo usuário, e isso se torna muito importante em uma simulação cirúrgica, já que as respostas de resistência e apreensão tornam a simulação mais imersiva e fidedigna.

#### **4.1.1.1. Simulador de cirurgia de catarata**

O simulador de cirurgia de catarata [Toledo, Oliveira, Haack, 2017] e [Toledo, 2017] é um sistema de RV que tem como objetivo auxiliar o aprendizado e aperfeiçoamento de destreza para médicos estudantes da área de Oftalmologia, através de um sistema composto por um dispositivo háptico e um HMD fixo, para se assemelhar ao microscópio utilizado no procedimento real.

A aferição dos movimentos é realizada pelo Geomatic Touch, um dispositivo de reação tátil do tipo de ponteira (Figura 4.3), os movimentos realizados pelo usuário no dispositivo háptico são traduzidos para o ambiente virtual como sendo os movimentos dos instrumentos utilizados durante a operação.



Figura 4. 3 – Visão do dispositivo háptico Geomatic Touch. Disponível em <<https://br.3dsystems.com/haptics-devices/touch>> Acesso em 20 nov 2022.

Um ponto importante durante o desenvolvimento da solução foi o apoio de um cirurgião experiente para que o equipamento háptico fosse calibrado de tal forma que se assemelhasse com as reações táteis de uma cirurgia real.

Além de auxiliar no treinamento dos movimentos praticados durante o procedimento o simulador também conta com a escolha do instrumento correto, de acordo com a etapa da cirurgia, acusando erro na escolha do instrumento caso ocorra uma escolha errada. A Figura 4.4 mostra a interface que o usuário se depara durante as etapas da cirurgia.

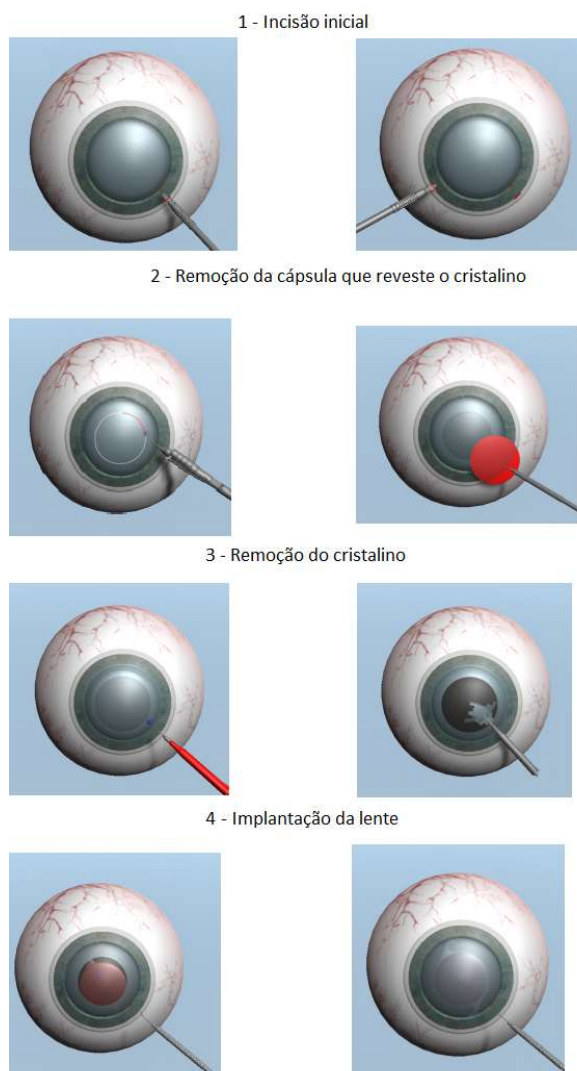


Figura 4. 4 – Interface durante as quatro etapas da cirurgia que o simulador oferece. [Toledo, 2017]

#### 4.1.1.2. Simulador de cirurgia de videolaparoscopia

Os simuladores de cirurgia de videolaparoscopia têm como objetivo funcionar como uma ferramenta auxiliar no treinamento de cirurgias por videolaparoscopia com o intuito de diminuir os casos de erros por parte de cirurgiões em processo de formação, que podem gerar complicações médicas para o paciente que está passando pelo procedimento [Gallagher, O'Sullivan, 2011]. Esse tipo de procedimento mesmo sendo menos invasivo, já que não é necessário abrir a cavidade abdominal pois é necessárias apenas pequenas incisões no abdome do paciente, de forma que um dispositivo com uma microcâmera e outros instrumentos cirúrgicos são inseridos e a cirurgia é acompanhado pelo médico através de um monitor.

O simulador vem sendo utilizado para que as habilidades psicomotoras, que são necessárias durante o procedimento real, sejam desenvolvidas de forma acessível, segura e controlada com o intuito de auxiliar na curva de aprendizado do aluno, sem expor pacientes a riscos procedimentais [Huber, 2017], pois cirurgias minimamente invasivas dependem de habilidades técnicas apuradas. A Figura 4.5 mostra um simulador de videolaparoscopia fabricado pela empresa Surgical Science, o LapSIM.



Figura 4. 5 – Simulador de cirurgia por videolaparoscopia LapSIM da Surgical Science. Disponível em< <https://surgicalscience.com/simulators/lapsim/>> Acesso em 20 nov 2022.

O trabalho realizado por [PORTO et al. 2020] reuniu um grupo de estudantes de medicina da Universidade Luterana do Brasil para averiguar a eficácia do treinamento através de um simulador de videolaparoscopia na formação e desenvolvimento das habilidades cirúrgicas por acadêmicos em formação. A metodologia adotada foi de submeter o grupo de estudantes a um procedimento com um total de 11 exercícios: navegação pela câmera, navegação por instrumento, coordenação, sutura, preensão, corte, inserção de cateter, aplicação de clipe, levantamento e preensão, manipulação de intestino e dissecação fina, duas vezes, de forma que pudesse comparar se um aluno ainda sem experiência cirúrgica pode se

beneficiar de uma simulação de cirurgia por videolaparoscopia. A Figura 4.6 mostra a interface de interação visual d LapSIM, utilizado no estudo.

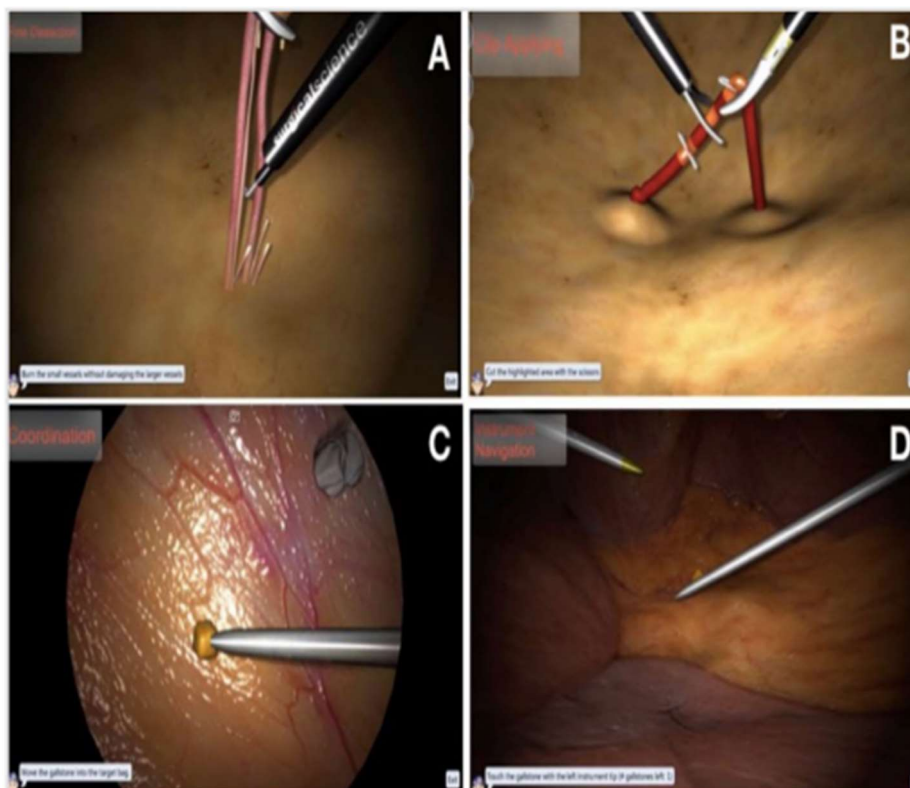


Figura 4. 6 - Telas de exercícios do Simulador. A) Dissecção Fina, B) Aplicação de Clipe, C) Coordenação, D) Navegação por Instrumento. [Porto et al. 2020]

Os resultados obtidos por [Porto et al. 2020] foram positivos, além do tempo médio de cada exercício realizado ter diminuído na segunda execução os tempos de interações com os instrumentos e a coordenação também melhoraram, mostrando que a inserção dessa tecnologia no ensino é benéfica e contribui com a formação de futuros cirurgiões.

#### 4.1.1.3. Simulador de coleta de medula óssea

O simulador de coleta de medula óssea proposto por [Machado, 2003] tem como objetivo simular o procedimento de extração da medula óssea a partir do osso ilíaco, localizado na bacia, região comumente escolhida para realizar a extração, de forma que a sequência das execuções obedeça ao procedimento real e que as sensações táteis do procedimento possam ser percebidas pelo usuário.

O sistema montado é uma solução de RV semi-imersivo e composto por uma tela, que representa o sistema de interação visual, e um dispositivo háptico para simular a manipulação da agulha que é utilizada para realizar a extração da medula. A Figura 4.7 mostra o sistema completo, com o dispositivo de reação tátil, a tela para visualização e a estação de trabalho que realiza o processamento do código.



Figura 4. 7 – Sistema de simulação de coleta de medula óssea. [Machado, 2003]

Segundo [Machado, 2003], o sistema foi avaliado por três médicos e os resultados foram positivos, destacando a facilidade do uso, semelhança da empunhadura do dispositivo háptico com a agulha real e a ausência da necessidade de utilizar equipamento.

#### **4.1.1.4. Simulador de exames ginecológicos**

O sistema interativo de treinamento em exame ginecológico, SITEG, proposto por [Souza et al., 2006] é um sistema de realidade virtual que tem como objetivo oferecer uma ferramenta de treinamento para a identificação de doenças relacionadas ao colo do útero, com o foco em diagnosticar possíveis casos de câncer do colo do útero. Para isso o sistema tem como suporte o treinamento na avaliação dos casos de um colo normal, com Herpes e HPV, pois, estudos recentes mostram que vírus do papiloma humano (HPV) e o Herpesvírus Tipo II (HSV ou Herpes) possuem uma forte

relação com caso de câncer no colo do útero, sendo que em 94% dos casos confirmados do câncer o vírus HPV está presente [Caetano e Caetano 2005].

O sistema do SITEG, assim como os casos demonstrados nos tópicos anteriores, é composto por uma tela, que tem a função de interface de interação visual e um dispositivo háptico, que gera as respostas táteis. A figura 4.8 mostra o esquema de funcionamento do SITEG, onde pode-se observar que existem dois módulos, o de estudo, que tem como objetivo dispor os cenários para que o usuário possa explorar e associar as características de um colo normal, com HPV ou com Herpes, através da análise visual pela tela e pela resposta tátil. O módulo de diagnóstico visa avaliar o usuário, apresentando um cenário sem informações e através das percepções visuais e táteis, preencher uma avaliação do diagnóstico.

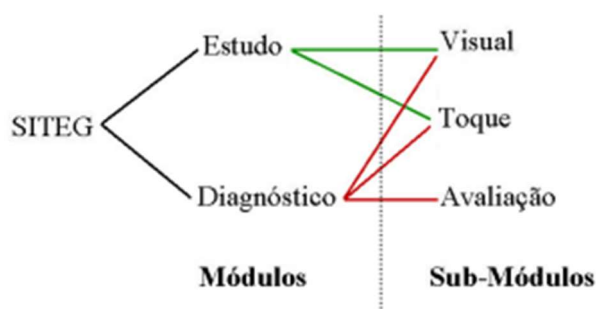


Figura 4. 8 – Esquema de funcionamento do SITEG, com os diferentes módulos de operação. [Souza et al., 2006]

Cada patologia possui algumas características únicas que são simuladas no ambiente virtual para que a simulação se aproxime ao máximo da realidade. A tabela demonstrada pela Figura 4.9 mostra as diferenças que serão convertidas em percepções táteis e visuais na simulação.

| CASO OU<br>PATOLOGIA | PROPRIEDADES     |                          |                          |                                      |
|----------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                      | Coloração        | Textura                  | Viscosidade<br>Associada | Elasticidade do<br>Colo do Útero     |
| Normal               | Rosa             | Lisa                     | não presente             | Semelhante a da<br>Cartilagem Nasal  |
| Herpes Genital       | Branco           | Irregular e<br>Lisa      | Líquido no<br>Interior   | Pequena Constante<br>de Elasticidade |
| HPV                  | Semitransparente | Irregular e<br>Esponjosa | Sólido no<br>Interior    | Alta Constante de<br>Elasticidade    |

Figura 4. 9 – Propriedades visuais e táteis do colo do útero e do canal vaginal para as diferentes patologias. [Souza et al., 2006]

Por ser uma solução que promove treinamento e aprendizado baseado em um cenário real, o SITEG se mostra benéfico para fins didáticos, já que pode ser utilizado de forma mais abrangente e prática.

#### 4.1.1.5. Simulador de biópsia mamária

O simulador de biópsia mamária proposto por [Nogueira, 2018] tem como objetivo simular o procedimento de biópsia de agulha grossa, ou Core Biopsy, utilizada para detectar a presença de neoplasia mamária, o câncer mais comum entre as mulheres [INCA, 2018], afetando cerca de 59700 mulheres entre os anos de 2018 e 2019. O simulador atua no auxílio da descoberta precoce do câncer, que viabiliza tratamentos mais efetivos, com maiores chances de cura.

Como a técnica de agulha grossa requer um nível de conhecimento técnico considerável, e que as sessões de treinamento de prática médica são realizadas em cadáveres ou bonecos, algumas vezes é difícil de representar diferentes cenários e propriedades biomecânicas da mama (quando utilizado bonecos), além de haver um custo associado grande [Gaba, 2009]. O simulador, então, vem como alternativa para auxiliar de forma segura o aprendizado da técnica de agulha grossa.

O simulador é um sistema de RV constituído por uma interface de interação visual, tela, e um dispositivo háptico, que simula a agulha, utilizada no procedimento.

O projeto consistiu em identificar cenários de neoplasia a partir de ressonâncias magnéticas da mama feminina e montar no ambiente virtual um paciente virtual que simule diversos casos. A Figura 4.10 mostra a interface visual do sistema, apresentando o início da etapa do procedimento de agulha grossa.

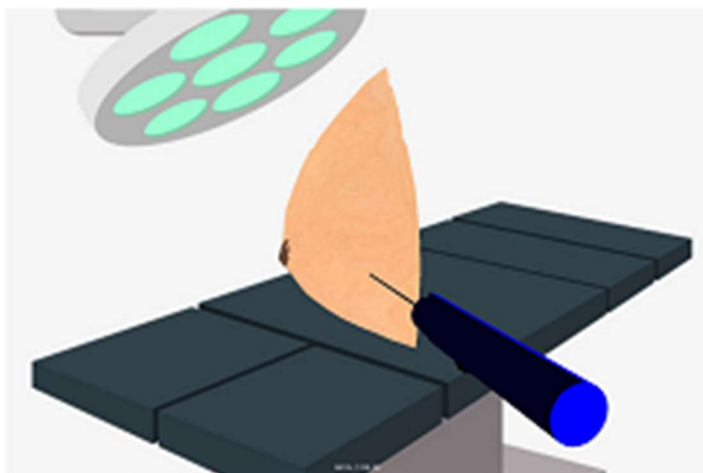


Figura 4. 10- Simulação da biópsia mamária. [NOGUEIRA, 2018]

Analisando os cinco modelos de simuladores apresentados, percebe-se que em todos o dispositivo háptico está presente, e que se mostra uma peça essencial para a solução, pois, para todos os sistemas apresentados o treinamento de um procedimento médico não se resume em apenas saber o passo a passo das ações, mas também em sentir a resposta tátil da ação, pois esta pode fazer com que uma ação ou diagnóstico seja influenciada, de acordo com a sensação tátil transmitida para o usuário.

#### **4.1.2. Medicina de Reabilitação**

Outra área em que a realidade virtual tem espaço é na área de reabilitação, dos mais diferentes tipos, desde o tratamento de disfunções motoras como também no auxílio em terapias. A seguir estão algumas aplicações da RV em diferentes tipos de reabilitação.

##### **4.1.2.1. Reabilitação física de pacientes com doença de Parkinson**

A Doença de Parkinson (DP) é a doença neurodegenerativa com maior incidência na população idosa [Gonçalves, Leite, Pereira 2011], podendo acometer pessoas a partir dos 55 anos que podem vir a apresentar ao menos um dos seguintes sinais: tremor de repouso, a rigidez e, o mais tardio deles, a instabilidade postural. Com isso as terapias físicas e medicamentosas buscam retardar o surgimento e a progressão das alterações cognitivas e físicas [Hughes, Daniel, Kilford, Lees 1992].

O estudo realizado por Hui-Ing Ma et al., 2011, mostra um sistema de realidade virtual constituído por um sensor eletromagnético de rastreamento de movimento (Figura 4.11) e uma tela que contava com óculos polarizados que geravam aos participantes a sensação de imersão estérea, o estudo teve como objetivo criar um sistema que conseguisse avaliar o desempenho motor de pessoas que sofrem de doença de Parkinson para agarrar objetos estacionários e em movimentos e a partir de resultados seguidos avaliar se houve uma melhora no desempenho motor das pessoas com DP utilizando o sistema de RV.



Figura 4. 11 - Sensor eletromagnético de rastreamento de movimento Patriot da fabricante Polhemus. Disponível em <<https://polhemus.com/motion-tracking/all-trackers/patriot>> Acesso em 28 nov 2022

O ambiente virtual criado para os testes com a RV compunha uma rampa onde bolas seriam soltas e o usuário precisaria agarrar o objeto quando este entrasse em uma região delimitada, e o sensor Patriot seria responsável por rastrear o movimento do usuário.

A metodologia adotada por Hui-Ing Ma et al., foi de submeter um grupo de 33 indivíduos com DP por alguns testes motores, sendo que 17 indivíduos foram designados para realizar os testes utilizando o sistema de RV e os outros 16 participantes formaram um grupo de controle, que também executaram um teste de atividades motoras, porém, fora da RV.

O grupo que foi submetido aos testes em RV apresentou uma melhora nos resultados de tempo de reação e movimento, enquanto o grupo de controle não apresentou melhora durante os testes.

#### **4.1.2.2. Reabilitação de déficit motor**

Riva et al. apresenta um sistema de RV que tem como objetivo auxiliar nas terapias de reabilitação de um paciente que sofre de paralisia nos membros inferiores, a solução é formada por um HMD, um andador adaptado e um exoesqueleto, que sustenta o busto e os membros inferiores e equipado com atuadores que replicam os movimentos da marcha humana, de acordo com as interações no ambiente virtual. A Figura 4.12 mostra o sistema completo, com o HMD, o exoesqueleto e o andador.



Figura 4. 12 – Sistema de reabilitação para simular a marcha humana. [Riva et al. 1998]

O estudo realizado concluiu que a solução em RV foi benéfica para o paciente para a melhora de aspectos comportamentais e psicológicos como a autoconfiança, otimismo e motivação.

#### **4.1.2.3. Reabilitação de danos cerebrais**

Segundo Rose et al. os danos cerebrais muitas vezes podem deixar sequelas que fazem com que pessoas desenvolvam sequelas que podem ser agrupadas como disfunções executivas, que é a dificuldade da pessoa afetada de realizar tarefas do cotidiano de forma autônoma, deficiências de memória, déficit de atenção, negligência unilateral e déficit motor.

Rose et al. explica que ao sofrer um dano cerebral a pessoa pode perder o direito de dirigir, já que algumas limitações podem aparecer, tornando o indivíduo inapto para conduzir um veículo. E a decisão de proibição de condução geralmente é decidida por um clínico. Como as sequelas de um acidente cerebral pode variar muito o julgamento de proibição pode ser de difícil diagnóstico e a utilização de uma simulação em RV de condução veicular pode auxiliar tanto no diagnóstico clínico da situação do paciente mas também pode ser uma ferramenta útil em terapias de reabilitação para pessoas que sofreram danos cerebrais, pelo fato de propiciar pensamento cognitivo para conduzir o veículo e também por aliviar a monotonia das sessões terapêuticas [Liu, Miyazaki, Watson 1999].

Liu et al. propôs um sistema de RV para simular a condução veicular, composto com um HMD, volante e pedais de aceleração e frenagem com o intuito de medir a performance de pessoas com danos cerebrais na atividade de conduzir um veículo em vias públicas. O estudo foi realizado com 34 indivíduos sendo dois grupos de 17 cada, onde um dos grupos era de controle, nenhum indivíduo possuía danos cerebrais, e o outro grupo de pessoas com algum tipo de sequela devido ao acidente cerebral. O resultado do estudo foi que o grupo de controle performou melhor em todos os aspectos mensurados na pesquisa, consolidando a confiabilidade do diagnóstico do sistema para identificar possíveis desvios de comportamento durante a direção por pessoas com limitações cerebrais.

Dessa forma o sistema poderia ser explorado tanto pelos clínicos, para realizarem uma perícia mais detalhada da condição do indivíduo quanto a permissão de condução e como treinamento das habilidades de direção por pessoas que possuam algum grau de limitação cerebral, de forma segura e com a possibilidade de simular diversos cenários.

Um ponto que os casos demonstrados possuem em comum é que a inserção da RV nos diferentes tipos de reabilitação pode tornar as terapias envolvidas nos processos da reabilitação mais motivadoras, armazenamento de diagnósticos detalhados, possibilidade de inserir o paciente em cenários que poderiam ser difíceis de replicar na realidade e repetibilidade.

## 5. Conclusão

Este projeto resulta em uma revisão acadêmica de projetos de realidade virtual no âmbito das ciências, em especial da área da saúde, mostrando que as aplicações em cenários reais auxiliam no desenvolvimento técnico, principalmente da área de treinamento via simuladores, onde uma grande gama de cenários pode ser representada, de forma segura, controlada e padronizada.

Com os estudos baseados nas publicações escolhidas, foi observado que a área da saúde pode se beneficiar muito com a evolução da realidade virtual já que durante a formação dos médicos alguns casos não são facilmente reproduzidos para que os alunos possam realizar práticas médicas com a finalidade de ter contato com procedimentos médicos específicos para criarem uma base de conhecimento prévio, antes que precisem aplicar em uma situação real. A inserção de solução com realidade virtual pode tornar muito prático esse primeiro contato dos acadêmicos a situações adversas, além de garantir que uma quantidade maior de alunos será submetida a um mesmo grupo de atividades de práticas médicas.

Portanto, a RV pode se tornar uma ferramenta muito poderosa e indispensável já que vemos cada vez mais o engajamento dessa tecnologia em diversos tipos de aplicações com o intuito de buscar otimizar e trazer praticidade para as soluções.

## REFERÊNCIAS

- FERREIRA, M. J. M. A. Novas Tecnologias na Sala de Aula. A monografia do currículo profissional de base educacional: a prática docente interdisciplinar. Universidade Estadual da Paraíba, Reitor do Ensino Médio, Técnico em Educação a Distância, Departamento PROEAD, Sousa, PB, 2014.
- DOS SANTOS NUNES, Fátima de Lourdes et al. Realidade Virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. Rev. Bras. Eng. Biom, v. 27, n. 4, p. 243-258, 2011.
- BALISTA, Vania Gabriella. Sistema de realidade virtual para avaliação e reabilitação de déficit motor. Proceedings do XII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital, p. 16-18, 2013.
- Tori, Romero. Hounsell, Marcelo da Silva. Kirner, Claudio Introdução a Realidade Virtual e Aumentada. 2018
- Tiffin, John and Terashima, Nobuyoshi. HyperReality. Paradigm for the Third Millennium. 2001
- Pimentel, K. & Blau, B. Teaching your system to share, IEEE Computer Graphics and Application, pp. 60-65, January, 1994.
- Pimentel, K. & Teixeira, K. Virtual reality - through the new looking glass. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1995.
- PEREIRA, Igor Patricio. Realidade Virtual Aplicada na Engenharia. Engenharia Civil-Tubarão, 2020.
- ABRANCHES. Sérgio Paulino. Modernidade e Formação Docente: A Prática de Multiplicadores e Informática na Educação no Núcleo Nordeste de Tecnologia Educacional. Dissertação (Doutor em Educação). Farmacopeia dos Estados Unidos. Ano 2003.
- COELHO, Nuno Mateus. Realidade Virtual “Estado da Arte”. ISLA–Instituto Politécnico de Gestão e Tecnologia, Vila Real, 2016.
- AUKSTAKALNIS, S. & Blatner, D. Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality, Berkeley, CA, 1992.
- AZUMA, Ronald T. A survey of augmented reality. Presence: teleoperators & virtual environments, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.
- Brasil. (2005). Constituição (1988): Constituição da República Federativa do Brasil: Texto Constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com emendas adotadas pelas Emendas Constitucionais nº 1/92 a 46/2005 e Emendas Constitucionais nº 1 a 6/94. Brasília: Senado Federal; Vice-Ministro da Editoração Técnica.

FONSECA, V. Alunos Excepcionais e RV: Uma Perspectiva Multidisciplinar. Porto Alegre: Artmed, 2014.

HANCOCK, D. Perspectives: Virtual Reality in Search of the Middle Ground, IEEE Spectrum, 32(1):68, janeiro de 1995.

HAND, C. Outras Faces da Realidade Virtual, 1ª Conferência Internacional MHVR'94 - Notas de Palestra em Ciência da Computação n.1077, pp. 107-116, eds. Springer, Moscou, Rússia, setembro de 1994.

JACOBSON, L. Realidade virtual em casa. Rio de Janeiro, Berkeley, 1994.

KAYATT, P. M. Realidade Virtual na Sala de Aula: A Revolução das Novas Mídias na Educação. 25 de outubro de 2016.

BOWMAN, Doug et al. 3D User interfaces: theory and practice, CourseSmart eTextbook. Addison-Wesley, 2004.

KELNER, Judith; TEICHRIEB, Veronica. Técnicas de interação para ambientes de Realidade Virtual e Aumentada. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações, v. 53, 2008.

KIRNER, Claudio; KIRNER, Tereza Gonçalves. Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. Cap. v. 1, p. 10-25, 2011.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. In: Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis (RJ), Porto Alegre: SBC. 2007.

DA LUZ, Rodolfo Pinto; KIRNER, Tereza Gonçalves. Processo de desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada, p. 109, 2006.

DE FREITAS, Márcia Regina; RUSCHEL, Regina Coeli. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura. Arquiteturarevista, v. 6, n. 2, p. 127-135, 2010.

DE PAIVA GUIMARÃES, Marcelo; GNECCO, Bruno Barberi; DAMAZIO, Rodrigo. Ferramentas para Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações, p. 109, 2007.

LATTA, J. N. & Oberg, D. J. Modelos Conceituais de Realidade Virtual, IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 23 a 29 de janeiro de 1994.

LÉVY, Pierre. O futuro do pensamento na era da informática. São Paulo: Editora, v. 34, 1993.

LORENZO, S. Design Intradisciplinar no PPGEES/UFSCAR Trabalhos e Dissertações. Revista Brasileira de Educação Especial, Marília, v.15, n.2, p.319-336, 2009.

- MACHADO, L. S.; CARDOSO, A. Dispositivos Para Sistemas de Realidade Virtual. Realidade Virtual e Aumentada: Uma Abordagem Tecnológica – “Livro do Pré-Simpósio, X Symposium on Virtual and Augmented Reality”, João Pessoa-PB, 2008.
- MACHADO, L. S. Conceitos Fundamentais de Realidade Virtual. Monografia, INPE-5975-PUD/025, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP.
- NETTO, Antonio V.; MACHADO, Liliane dos Santos; OLIVEIRA, Maria Cristina Ferreira de. Realidade virtual-definições, dispositivos e aplicações. Revista Eletrônica de Iniciação Científica-REIC. Ano II, v. 2, p. 34, 2002.
- Melo, Carlos Henrique Pereira. Gestão da Qualidade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- PENTEADO, S. O mundo da quinta dimensão. Exame de Informática, pág. 55-60, não. 111, junho de 1995.
- SUTHERLAND, Ivan E. Sketchpad a man-machine graphical communication system. Simulation, v. 2, n. 5, p. R-3-R-20, 1964.
- SUTHERLAND, Ivan. The ultimate display. 1965.
- SUTHERLAND, Ivan E. A head-mounted three dimensional display. In: Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I. 1968. p. 757-764.
- Tales, Fernando. Palmeira 1914: projeto Brasil usa realidade virtual para ensinar história. Ciência e Tecnologia. 2017.
- BOGONI, T.; GOMES, O.; PINHO, M., Sistemas de Realidade Virtual: Que hardware utilizar ? In: Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada, Org. Guimarães, M, Nunes, E., Rieder, R, Hounsell, M, 2015.
- BASDOGAN, C. et al. 3-DOF haptic rendering. Haptic rendering, 2007.
- BOLAS, Mark T. Human factors in the design of an immersive display. IEEE Computer Graphics and Applications, v. 14, n. 1, p. 55-59, 1994.
- BUCHINGER, Diego; JURASZEK, Guilherme Defreitas; HOUNSELL, M. da S. Estudo bibliométrico do crescimento da área de realidade virtual. In: Workshop de Realidade Virtual e Aumentada. 2012. p. 1-4.
- DE ALMEIDA, Valéria Duarte et al. Análise bibliométrica das publicações dos últimos 16 anos sobre o uso da Realidade Virtual como ferramenta de ensino na área da saúde. Research, Society and Development, v. 10, n. 3, p. e40210313523-e40210313523, 2021
- TOLEDO, Letícia Fonseca; OLIVEIRA, Jauvane; HAACK, Rodolfo V. Haptic surgery simulation for cataract. In: 2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR). IEEE, 2017. p. 57-64.

TOLEDO, L. F. Simulador de Cirurgia de Catarata com a Utilização de Dispositivo Tátil. 2017. Laboratório Nacional de Computação Científica, 2017.

PORTO, Júlia Tonietto et al. Uso de simuladores em cirurgia videolaparoscópica na formação médica: estudo prospectivo de coorte com acadêmicos de medicina de uma universidade no Sul do Brasil. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias*, v. 47, 2020.

GALLAGHER, Anthony G.; O'SULLIVAN, Gerald C. *Fundamentals of surgical simulation: principles and practice*. Springer Science & Business Media, 2011.

HUBER, Tobias et al. New dimensions in surgical training: immersive virtual reality laparoscopic simulation exhilarates surgical staff. *Surgical endoscopy*, v. 31, n. 11, p. 4472-4477, 2017.

MACHADO, Liliane dos Santos. A realidade virtual no modelamento e simulação de procedimentos invasivos em oncologia pediátrica: um estudo de caso no transplante de medula óssea. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOUZA, Daniel FL et al. Siteg—sistema interativo de treinamento em exame ginecológico. In: VIII Symposium on Virtual Reality SVR. 2006.

Caetano, R., Caetano C.M.M., (2005) “Custo-Efetividade no Rastreamento do Câncer Cérvico-Uterino no Brasil: Um Estudo Exploratório”. Relatório Técnico, INCRA, Rio de Janeiro.

NOGUEIRA, Vladimir França. Simulação da biopsia mamária por meio de interface háptica. 2018.

BOTEGA, Leonardo Castro; CRUVINEL, Paulo Estevão. Realidade virtual: histórico, conceitos e dispositivos. Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE), 2009.

INCA. Instituto Nacional Do Câncer - Estimativa 2018: Incidência de Câncer no Brasil. Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

GABA, D. M. Do as we say, not as you do: using simulation to investigate clinical behavior in action. *Simul Healthc*. 2009;4(2):67-9.

MA, Hui-Ing et al. Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot trial. *Clinical Rehabilitation*, v. 25, n. 10, p. 892-902, 2011.

Gonçalves GB , Leite MAA , Pereira JS . Influência das distintas modalidades de reabilitação sobre as disfunções motoras decorrentes da Doença de Parkinson. *Revista Brasileira de Neurologia* 2011;47: 22-30

Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinicopathological study of 100 cases. *J Neurol*

LIU, Lili; MIYAZAKI, Masako; WATSON, Benjamin. Norms and validity of the DriVR: A virtual reality driving assessment for persons with head injuries. *Cyberpsychology & Behavior*, v. 2, n. 1, p. 53-67, 1999.

ROSE, F. David; BROOKS, Barbara M.; RIZZO, Albert A. Virtual reality in brain damage rehabilitation. *Cyberpsychology & behavior*, v. 8, n. 3, p. 241-262, 2005.

RIVA, G. et al. VIRTUAL REALITY IN PARAPLEGIA: A VR-ENHANCED ORTHOPAEDIC APPLIANCE FOR WALKING AND. *Virtual environments in clinical psychology and neuroscience: Methods and techniques in advanced patient-therapist interaction*, v. 58, p. 209, 1998.