

Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Reconhecimento de Gestos

Vinícius Maciel¹, Eduardo Ikeda¹

¹Colegiado de Sistemas de Informação – Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
Salvador – BA – Brazil

vinissmaciel@gmail.com, eduardoikeda@outlook.com.br

Abstract. *This paper examines the historical evolution and contemporary applications of Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and Gesture Recognition technologies in human-computer interaction. Starting with historical milestones such as Ivan Sutherland's Sketchpad in 1963, and highlighting the development of devices like the DataGlove and Kinect, the paper explores the fundamentals of these technologies, their current applications, and future trends. A practical example of Gesture Recognition in gaming is provided, along with reflections on its impact on human-computer interaction.*

Resumo. *Este trabalho examina a evolução histórica e as aplicações contemporâneas das tecnologias de Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA) e Reconhecimento de Gestos na interação humano-computador. Começando com marcos históricos, como o Sketchpad de Ivan Sutherland em 1963, e destacando o desenvolvimento de dispositivos como o DataGlove e o Kinect, o trabalho explora os fundamentos dessas tecnologias, suas aplicações atuais e tendências futuras. Um exemplo prático de Reconhecimento de Gestos em jogos é apresentado, junto com reflexões sobre seu impacto na interação humano-computador.*

1. Introdução

A área de interação humano-computador é alvo constante de pesquisas com o intuito de aprimorar o modo como é feita a manipulação de computadores. Até 1963, a interação com a máquina estava restrita a interfaces bidimensionais. No entanto, nesse ano, Ivan Sutherland desenvolveu o Sketchpad, uma aplicação que possibilitou a manipulação de figuras tridimensionais em tempo real através do monitor de um computador, sendo considerado como a primeira aplicação de Realidade Virtual (RV). O programa tinha uma interface computacional que permite ao usuário interagir em tempo real, em um espaço tridimensional gerado por computador, usando seus sentidos através de dispositivos especiais.

Diferentemente da RV, a Realidade Aumentada (RA) mistura elementos virtuais com o mundo real, por meio de uma interação em tempo real e ajustes de objetos virtuais no ambiente 3D. Sutherland também estudou as bases da RA em 1968, quando desenvolveu um capacete de visão ótica direta rastreado para visualização de objetos 3D no ambiente real.

A interação por meio de Reconhecimento de Gestos surge como uma forma mais natural de interação humano-computador, permitindo com que usuários com menos experiência tenham mais facilidade na utilização de sistemas.

Todas as 3 tecnologias citadas anteriormente estão sendo usadas extensivamente em diversas áreas atuais, como Saúde, Indústria, Entretenimento e Educação. Os objetivos do presente trabalho são: realizar a exposição e análise dos aspectos históricos sobre as tecnologias; entender os principais fundamentos envolvidos; evidenciar aplicabilidades atuais; tendências das tecnologias; e expor um exemplo prático da utilização do Reconhecimento de Gestos, mais especificamente um sistema de controle de jogos por meio de gestos com as mãos.

O trabalho está dividido nas seguintes seções: introdução; questões históricas; principais fundamentos; aplicabilidade das tecnologias; tendências; exemplo prático; e conclusão.

2. Questões históricas

2.1. Realidade Virtual (RV)

Como dito na introdução, o conceito da realidade virtual surge a primeira vez com a criação da aplicação por Ivan Sutherland (1963) denominada Sketchpad, sendo a primeira vista algo distante do que é popularmente empregado o termo realidade virtual (RV) nos dias atuais. Mais tarde, Sutherland publica um artigo chamado “A Head-Mounted Three Dimensional Display” (1968) que abordou sobre a criação de um capacete na Universidade de Harvard que faz o uso de telas que usavam CRT para projetar as imagens e rastrear a posição dele por meio de 6 rastreadores mecânicos e ultrassônicos (figura 1).

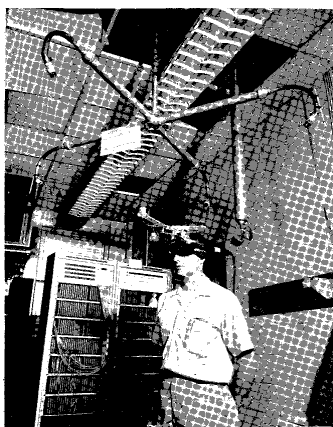


Figura 1. Head-Mounted Display
[Sutherland 1968]

Nas décadas de 70 e 80, começou-se o desenvolvimento de soluções voltadas ao mercado desses dispositivos multisensoriais, como DataGlove pela empresa VPL Research e a Power Glove (figura 2) pela Nintendo que tinham como objetivo fazer o rastreamento da movimentação e orientação das mãos do jogador. Além disso, nessa época também houveram projetos para explorar a visualização da RV como o Virtual Boy da Nintendo que era um óculos com display monocromático que era apoiado em um tripé (figura 2). Na época, essas tecnologias não conseguiram obter grande sucesso no mercado, sendo consideradas grandes falhas.

Já na década de 90, houveram iniciativas dedicadas a publicação e a realização de conferências acadêmicas sobre a temática da Realidade Virtual, como o “CyberEdge



Figura 2. (A) Power Glove. (B) Virtual Boy
[Wikipedia b, Wikipedia c]

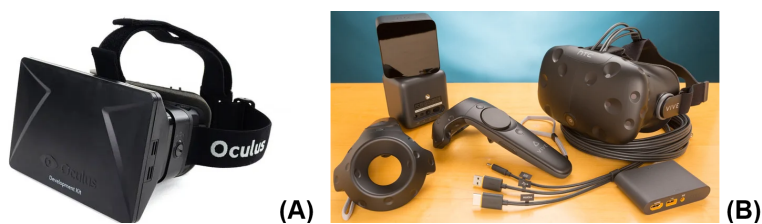


Figura 3. (A) Oculus Rift Gen 1. (B) HTC Vive Gen 1
[Greg Kumparak , Will Greenwald]

Journal” sendo o primeiro periódico comercial, as conferências VRAIS’93 em Seattle e Research Frontiers in Virtual Reality IEEE Workshop em San Jose que posteriormente se juntam e formam a IEEE VR e, por fim, a ocorrência do Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada em São Paulo, sendo posteriormente coordenado pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

Ainda, também houve o desenvolvimento de ferramentas e softwares para o desenvolvimento de soluções para RV como a criação do “Rend386” por Bernie Roehl e Dave Stampe, que foi um software livre e de código aberto para desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual. O lançamento do WorldToolKit pela Sense8 Co., com uma biblioteca em C também destinada ao desenvolvimento de soluções RV. E a criação do Iris Inventor pela Silicon Graphics Inc. (SGI), que era uma ferramenta em C++ para modelagem e visualização 3D que foi uma base para o desenvolvimento posterior de uma Linguagem para Modelagem de Realidade Virtual (VRML) que é um padrão de formato de arquivo aplicado em RV.

Em 2010, surgem alternativas mais viáveis no mercado comercial de óculos de RV pelas empresas HTC Vive e Oculus (figura 3) que trouxeram melhor qualidade dos displays e rastreamento do movimento do usuário. Sendo favorecido em grande parte pela evolução tecnológica de placas gráficas mais poderosas e a existência de displays mais leves e de maior densidade de pixels.

Atualmente, já existem mais recursos voltados a otimização do processamento e experiência de óculos de realidade virtual, como exemplo temos o PSVR2 (figura 4) que possui o rastreamento ocular para economizar o processamento em áreas que não estão em foco, maior taxa de atualização dos displays para evitar o “motion sickness”, uso de tecnologia wireless para evitar problemas com os cabos de vídeo e áudio, câmeras e sensores acoplados para melhor rastreamento da posição do headset e dos controles e



Figura 4. Headset VR do Playstation Gen 2 (PSVR2)
[Sony]

entre outros.

2.2. Realidade Aumentada (RA)

Assim, como dito no tópico anterior, o pesquisador Ivan Sutherland criou o primeiro sistema de realidade aumentada que também teve seu conceito aplicado na realidade virtual. Ele desenvolveu o “head-up mounted display” (1968), por meio dele era possível fazer a projeção de estruturas de interface mais simplificada sobre o mundo real com rastreamento do movimento, esse sistema foi chamado de “Sword of Damocles”.

Em seguida, o termo Realidade Aumentada é formalizado na década de 90, pelos pesquisadores Thomas Caudell e David Mizell que também realizam um comparativo entre a RA e RV trazendo as vantagens de sua aplicação sobre o uso, devido a necessidade de menor poder computacional para seu funcionamento e posicionamento dos elementos no mundo real. Além disso, também aborda aplicações dessa tecnologia na indústria, como o caso da Boeing em que para construir ou realizar as manutenções na aeronave era preciso fazer o acesso a múltiplos manuais que poderiam ser simplificados por meio da aplicação dessa tecnologia no que eles chamam de Heads-Up Display (HUDset) em que existiria uma interface dinâmica que marcaria instruções no mundo real.

Além disso, ainda na década de 90 foram desenvolvidas diversas tecnologias com o intuito de facilitar a aplicação e disseminação da RA para o público, como: o lançamento de do primeiro smartphone pela IBM e Bellsouth (1993), o IBM Simon Personal Communicator (figura 5) representando a miniaturização dessas tecnologias e por tornar mais portátil, a criação de um código quadrado por Jun Rekimoto (1996) para rastreamento de posição para inserção de objetos ou interfaces no mundo real (figura 5), o desenvolvimento de câmera para celulares por Philippe Kahn (1997) para viabilizar o uso da RA em dispositivos portáteis, o aprimoramento do HMD pela Sony com o lançamento do Glasstron (1997) (figura 5) e a criação de um ARToolKit por Hirokazu Kato e Mark Billinghurst (1999) com uma biblioteca pronta para o uso das tecnologias mencionadas anteriormente de rastreamento.

Mais recentemente, temos um processo de evolução das técnicas de rastreamento de ambiente e dos hardwares criados para suportar esse tipo de interação. Como o recurso de rastreamento em tempo real proposto por Daniel Wagner (2008) que otimiza o uso de memória e traz maior velocidade do processamento de imagens, desenvolvimento e hardware pela Google com o lançamento do Google Glass (2012) além da disseminação dos smartphones pela empresas como Samsung, Motorola, LG, entre outras que ajudam a popularizar a tecnologia. Ainda, temos também o desenvolvimento da Realidade Mista que é o meio termo entre RV e RA por dispositivos como Meta Quest 3 (2023)

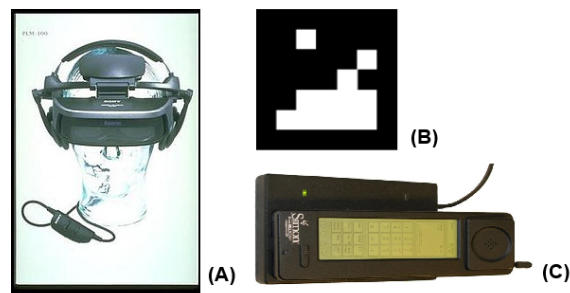


Figura 5. (A) Glasstron (B) Código quadrado de Kim Rekimoto (C) IBM Simon Personal Communicator

[Wikipedia a, Clemens Arth 2015, Robert Sorokanich]

pela empresa Meta e o Apple Vision Pro (2024) (figura 6) que são dispositivos que vem da evolução do HMD que trazem câmeras e processamento embutido para rastreamento do ambiente e a união do real com o virtual.



Figura 6. Apple Vision Pro

[MacRumors Staff]

2.3. Reconhecimento de Gestos

O reconhecimento de gestos, assim como os anteriores, teve seu conceito formado na década de 60 por Ivan Sutherland em seu artigo “The Ultimate Display”. Sua idealização tomou forma por meio da criação do DataGlove por Thomas Zimmerman e Jaron Lanier na década de 80, por meio dessa luva era possível identificar a flexão dos dedos do usuário e assim obter inputs de gestos. Durante o desenvolvimento nos anos seguintes ela passou a possuir duas categorias: a “Active data glove” com sensores para fazer a medição da flexão dos dedos e a “Passive data glove” que faz o uso de um dispositivo de captura externo para reconhecer os gestos.

Ainda na década de 80 houve também o desenvolvimento de algoritmos para o reconhecimento de gestos junto ao reconhecimento de voz para fazer a manipulação de interfaces gráficas por Richard A. Bolt em seu artigo “Put-That-There: Voice and Gesture at the Graphics Interface” (1980).

Em 2010, temos a aplicação do reconhecimento de gestos mais difundida pelo uso do Kinect no Xbox 360, desenvolvido pela Microsoft com produto destinado ao entretenimento e seu funcionamento realizado pelo mapeamento dos gestos por meio de sensores de profundidade e imagem. Por fim, mais recentemente temos o uso de reconhecimento de gestos para manipulação de interface do Apple Vision Pro (2024) junto ao rastreamento do olhar do usuário, por meio desse dispositivo, o gesto é usado para confirmar

as ações do usuário, interagir com janelas flutuantes e em inputs em jogos desenvolvidos especificamente para ele, como é abordado na matéria de [Iniyan E.]. Porém, seu uso ainda está sendo aprimorado para otimizar a responsividade para esse tipo de atividade como é relatado por Linus G. Sebastian em seu canal [Linus Tech Tips].

3. Principais fundamentos

A RV permite criar um ambiente virtual imersivo e interativo, simulando o mundo real, necessitando de software para criação de ambientes 3D e de bibliotecas gráficas como DirectX e OpenGL para a visualização deles. Além disso, também é necessário possuir o hardware de dispositivo de entrada e saída, como óculos de RV, fones, luvas, esteiras e controles.

A RA busca combinar o mundo real com elementos virtuais, precisando de sensores e algoritmos para o rastreamento do ambiente, softwares para criação desses objetos em 3D, e também das mesmas bibliotecas gráficas para fazer essa visualização no ambiente. A diferença em relação a RV é que ela pode ser visualizada por dispositivos portáteis de menor custo como smartphones, além da possibilidade de usar óculos de realidade aumentada.

O reconhecimento de gestos traz uma forma mais natural para a manipulação de interfaces virtuais, sendo composto por movimentos dos dedos, mãos, cabeça, corpo ou expressões do rosto. Podendo ser gestos estáticos, dinâmicos ou mistos. Ele faz o uso de software para o processamento de imagens, rastreamento de movimentos e usa redes neurais para aprimorar a responsividade e a assertividade do reconhecimento. Para o seu funcionamento é necessário usar câmeras para capturar os gestos e, para maior precisão, também o uso de sensores de profundidade.

3.1. Aplicabilidade da tecnologia

Uma das aplicações mais populares de Realidade Virtual, foi a plataforma não imersiva Second Life, lançada em 23 de junho de 2003 por Philip Rosedale, da empresa Linden Lab. Apresentada como um ambiente 3D capaz de simular a vida real e social humana através de avatares, foi classificada na época como uma tecnologia revolucionária e com potencial para transformar as formas de relacionamento da sociedade .

O auge da plataforma foi em 2006, quando alcançou 2 milhões de usuários [Luiz Gustavo Pacete]. Apesar de ter voltado a cena e ter ganhado milhares de novos usuários em 2020 por conta da pandemia, a plataforma não conseguiu manter sua fama por conta de problemas como planos de assinaturas e falta de moderação.

Atualmente, o metaverso surge como um “substituto” da Second Life, este termo indica um tipo de mundo virtual que busca simular o mundo real por meio de dispositivos digitais, podendo fazer uso de realidade virtual e aumentada. A empresa Meta, antigo Facebook, vem buscando integrar o metaverso em sua plataforma e o criador da Second Life alerta a empresa para desafios a serem superados [Alveni Lisboa].

Philip Rosedale afirma que é de extrema importância ter um sistema de moderação para garantir uma convivência harmônica entre os usuários, além de proteger e identificar as pessoas e garantir que ações tomadas no metaverso tenham consequências, porque assim elas manteriam um comportamento correto. Outro ponto destacado por Rosedale

foi a acessibilidade do sistema, pois hoje para acessar o metaverso da Meta é necessário utilizar óculos de VR, mesmo que a empresa já tenha anunciado a intenção de integrá-lo com seus programas já existentes. A necessidade de óculos de VR, boa internet e poder computacional podem dificultar o acesso ao metaverso por conta do alto custo atual. De acordo com o Statista [Bernardo Vianna], em 2021 cerca de 11 milhões de unidades de headsets de VR/AR foram vendidas e a expectativa é que este número chegue a 50 milhões em 2026.

A área de Reconhecimento de Gestos contribui com as áreas de Realidade Virtual e Aumentada permitindo o controle de objetos virtuais utilizando apenas as mãos. Outra aplicação do Reconhecimento de Gestos é o controle de jogos, um exemplo é o famoso Xbox Kinect. Automação residencial, fisioterapia e educação são outros exemplos de áreas que utilizam o Reconhecimento de Gestos como tecnologia auxiliar.

3.2. Tendências

3.2.1. Realidade Virtual e Aumentada

A evolução da RV e RA dependem da diminuição dos custos de implantação e produção de equipamentos e do aumento do desempenho computacional, visto que muitas aplicações ainda são limitadas graficamente por conta disto. Outros limitantes para o avanço da RV são: enjoo causado pela diferença de percepção entre os olhos e o cérebro; peso dos equipamentos; falta de visão periférica do mundo real, podendo causar danos; potencial vício e danos aos olhos [Abhinav Girdhar].

Estes limitantes estão sendo constantemente estudados para que as tecnologias estejam mais presentes no cotidiano popular. Enquanto isso, empresas como a Disney estão inovando cada vez mais criando alternativas que podem ser utilizadas para melhorar a experiência da Realidade Virtual. A empresa em questão está trabalhando em um projeto de uma esteira dinâmica multidirecional, chamada HoloTile (figura 7), onde vários discos acoplados em suas bases em formato de cone giram e se movimentam para acertar a direção em que você está andando com o intuito de te fazer voltar sempre para o meio da esteira.

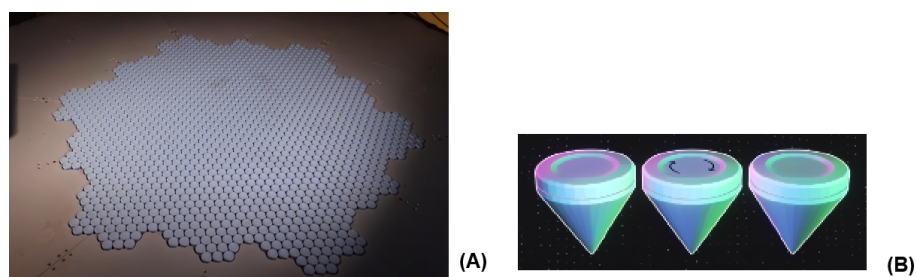


Figura 7. (A) HoloTile (B) Discos.
[Marques Brownlee]

Apesar de ainda sofrer com problemas como alto ruído, sensação de patinação e tamanho reduzido, o projeto ainda fechado ao público tem grande utilidade quando alinhado a dispositivos de VR, por exemplo o Apple Vision, permitindo com que o usuário caminhe na vida real e no ambiente virtual sem causar danos a área real em volta, além de melhorar a diferença de percepção entre os olhos e o cérebro.

3.2.2. Reconhecimento de Gestos

A área de Reconhecimento de Gestos vem ganhando foco na atualidade e diversas tendências buscam inovar a forma como esta tecnologia auxilia os usuários. Com a popularização da inteligência artificial, a extração de dados visuais (gestos) de forma autônoma por meio de redes neurais convolucionais vem crescendo. Além disso, a integração da tecnologia com VR e RA está se tornando mais comum, isso permite interações mais naturais e imersivas em ambientes digitais.

De forma mais ampla, a área vem em uma tendência de facilitar a interação Homem-Máquina, fornecendo uma opção diferente de interface entre os humanos e os sistemas. Esta lógica é aplicada em diversas áreas como jogos, móveis e dispositivos domésticos inteligentes (como lâmpadas e janelas) e até mesmo editores de texto. As possibilidades são infinitas, até a área da saúde vem utilizando o Reconhecimento de Gestos para auxiliar na validação de movimentos de fisioterapia, por exemplo.

4. Exemplo prático

Atualmente, existem inúmeras soluções em Python que trabalham com o reconhecimento de gestos sendo usados como meio alternativo de interagir com os jogos, realizando o papel dos inputs de teclado, mouse e volantes. Essas soluções foram criadas por desenvolvedores independentes e estudantes, estando disponíveis no Github. A solução que será abordada neste artigo foi escrita por [Viet Nguyen], um Engenheiro de Inteligência Artificial da empresa Sporttotal.

A aplicação faz uso da biblioteca TensorFlow, que é popularmente aplicada para machine e deep learning. No projeto ele já carrega alguns dados de reconhecimento de mãos que são importados durante sua execução. Dessa forma, os gestos realizados pelo jogador são interpretados e “traduzidos” para inputs do teclado, necessitando de apenas uma webcam para fazer o uso. Além disso, são usadas as bibliotecas Keyboard e PyKey que são responsáveis por gerenciar os inputs para o computador e a biblioteca Multiprocessing para criar um processo separado para gerir a parte de detecção de mão durante o funcionamento do jogo.

Assim, durante a execução do programa existe uma tela para descrever o que está sendo capturado pela câmera e os comandos que estão sendo executados a partir do gesto. Além disso, nota-se a existência de 3 áreas (figura 8) que diferem bastante das outras soluções encontradas, pois cada área possibilita a execução de movimentos compostos como correr para a direita ou esquerda e pular, possibilitando maior agilidade na hora de jogar.

Para seu melhor funcionamento é necessário que o ambiente esteja bem iluminado e apenas uma mão por vez esteja visível no enquadramento da câmera, pois o input é gerado pela localização e o gesto que está sendo realizado na webcam. O problema dessa solução durante os testes ainda é a existência de um input lag não sendo ideal para aplicações que exigem um baixo tempo de resposta como o caso de um jogo de plataforma “Dininho Adventures”(figura 8) que exige reflexos para desviar de obstáculos.

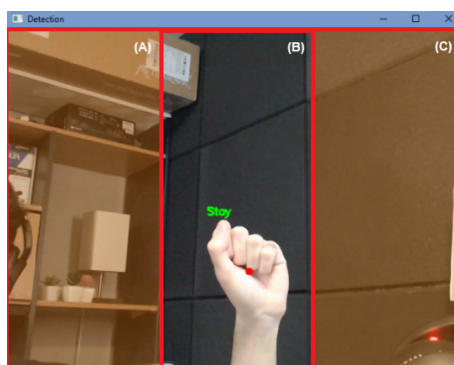


Figura 8. Temos em (A), (B), e (C) gestos realizados a esquerda, centro e direita respectivamente. Em verde temos a ação resultante do gesto.

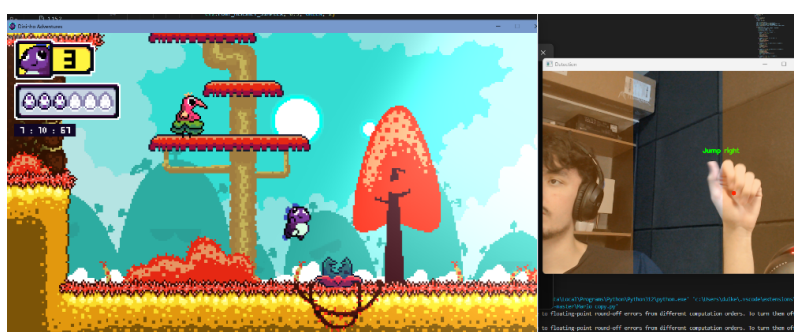


Figura 9. Uso em jogo de plataforma “Dininho Adventure”.

5. Conclusão

Diversas inovações vêm surgindo ao longo do tempo, desde a criação destas tecnologias no âmbito acadêmico até a comercialização delas em aplicações mais avançadas. Apesar das limitações que envolvem o desenvolvimento das áreas, muitas empresas e pesquisadores vêm buscando novas formas de fornecer alternativas de interação entre humanos e computadores.

A esteira HoloTile da Disney e o exemplo prático de controle de jogos por meio de Reconhecimento de Gestos demonstram estes estudos e evoluções. Para o futuro, é esperado que a inteligência artificial aliada às tecnologias citadas desenvolvam ainda mais inovações que permitam novas formas de interação e vençam as limitações existentes.

Referências

[Abhinav Girdhar] Abhinav Girdhar. The limitations of virtual reality. Disponível em: <https://www.appypie.com/virtual-reality-limitations>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Alveni Lisboa] Alveni Lisboa. Criador de second life alerta sobre riscos na proliferação de metaversos. Disponível em: <https://canaltech.com.br/rv-ra/criador-de-second-life-alerta-sobre-riscos-na-proliferao-de-metaver>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Andi Cross] Andi Cross. The evolution of virtual reality: Exploring the past, present and future. Disponível em: <https://www.>

forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2023/11/09/
the-evolution-of-virtual-reality-exploring-the-past-present-and-future/
Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Bernardo Vianna] Bernardo Vianna. Cresce o investimento em tecnologias de realidade expandida. Disponível em: <https://www.insper.edu.br/noticias/cresce-o-investimento-em-tecnologias-de-realidade-expandida/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[CE-RV] CE-RV. Comissão especial de realidade virtual. Disponível em: <https://comissoes.sbc.org.br/ce-rv/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Clemens Arth 2015] Clemens Arth, Lukas Gruber, R. G. T. L. A. M. D. S. D. W. (2015). The history of mobile augmented reality. *Computer Graphics and Vision*.

[Doe-Hyung Lee 2010] Doe-Hyung Lee, K.-S. H. (2010). Game interface using hand gesture recognition. *5th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology*.

[Greg Kumparak] Greg Kumparak. A brief history of oculus. Disponível em: <https://techcrunch.com/2014/03/26/a-brief-history-of-oculus/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Iniyan E.] Iniyan E. Beyond controllers: Apple's vision pro brings hand gestures and eye tracking to virtual worlds. Disponível em: <https://www.encora.com/insights/beyond-controllers-apples-vision-pro-brings-hand-gestures-and-eye-tracking-to-virtual-worlds/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Linus Tech Tips] Linus Tech Tips. Apple vision pro - a pc guy's perspective. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=TuHOf_kZK6Q. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Luiz Gustavo Pacete] Luiz Gustavo Pacete. Second life chega aos 20 anos e mostra que desafio do metaverso é antigo. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2023/06/second-life-chega-aos-20-anos-e-mostra-que-desafio-do-metaverso-e-antigo/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[MacRumors Staff] MacRumors Staff. Apple vision pro, apple's first spatial computer, available now in the u.s. Disponível em: <https://www.macrumors.com/roundup/apple-vision-pro/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Marcos S. Ribeiro 2011] Marcos S. Ribeiro, E. Z. (2011). *Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências*. Sociedade Brasileira de Computação - SBC, única edition.

[Marques Brownlee] Marques Brownlee. I tried a disney secret project! Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=1KEtxTQUzxY/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Mordor Intelligence] Mordor Intelligence. Tamanho do mercado de varejo de reconhecimento de gestos e análise de ações – tendências e previsões de crescimento (2024 – 2029). Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/>

gesture-recognition-in-retail-rfid-touchless-displays-interactive-screen/

Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Praveen Kumar Sharma 2015] Praveen Kumar Sharma, S. S. (2015). Evolution of hand gesture recognition : A review. *International Journal Of Engineering And Computer Science*.

[Robert Sorokanich] Robert Sorokanich. Ibm simon, o smartphone original, completou 20 anos de vida. Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/20-anos-ibm-simon/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Romero Tori 2006] Romero Tori, Cláudio Kirner, R. S. (2006). *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality, única edition.

[Sid Shuman] Sid Shuman. De protótipos à tecnologia do futuro: como o ps vr2 foi construído. Disponível em: <https://blog.br.playstation.com/2023/07/24/de-prototipos-a-tecnologia-do-futuro-como-o-ps-vr2-foi-construido/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Sony] Sony. Especificações técnicas do playstation vr2. Disponível em: <https://www.playstation.com/pt-br/ps-vr2/ps-vr2-tech-specs/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Sushmita Mitra 2007] Sushmita Mitra, T. A. (2007). Gesture recognition: A survey. *IEEE*.

[Sutherland 1968] Sutherland, I. (1968). A head-mounted three dimensional display. *Association for Computing Machinery*.

[Thomas P. Caudell 1992] Thomas P. Caudell, D. W. M. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *IEEE*.

[Viet Nguyen] Viet Nguyen. Airgesture - play games without touching keyboard. Disponível em: <https://github.com/uvipen/AirGesture/tree/master>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Wikipedia a] Wikipedia. Glasstron. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Glasstron/>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Wikipedia b] Wikipedia. Power glove. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Power_Glove. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Wikipedia c] Wikipedia. Virtual boy. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Virtual_Boy. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Wikipedia d] Wikipedia. Virtual reality modeling language. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/VRML>. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Wikipedia e] Wikipedia. Wired glove. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Wired_glove. Acesso em: 20 de Maio 2024.

[Will Greenwald] Will Greenwald. Htc vive review. Disponível em: <https://www.pcmag.com/reviews/htc-vive>. Acesso em: 20 de Maio 2024.