

# Desenvolvimento de Tecnologia Acessível em Realidade Virtual para Inclusão de usuários

Carina Santos Silveira<sup>1</sup>, Ana Nery dos Santos<sup>2</sup>, Cecília dos Santos Oliveira<sup>3</sup>, France Ferreira de Souza Arnaut<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação – Universidade Federal da Bahia (UFBA)  
Rua do Telégrafo, SN - Camaçari - BA, 42802-721 – Brasil

<sup>2</sup>Museu de Ciência e Tecnologia - UNICA  
Rua do Telégrafo, SN - Camaçari - BA, 42802-721 – Brasil

<sup>3</sup>Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação – Universidade Federal da Bahia (UFBA)  
Rua do Telégrafo, SN - Camaçari - BA, 42802-721 – Brasil

<sup>4</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)  
Av. Araújo Pinho, 39 - Canela, Salvador - BA, 40110-150 – Brasil

csssilveira@ufba.br, ananerybahia3@gmail.com, cecilia@ufba.br,  
francearnaut@ifba.edu.br

**Abstract.** *The objective of this research was aimed at developing accessible hardware technology for the use of virtual reality in different environments and by a greater number of people, allowing to mitigate the fact that technological advancement constitutes a social barrier. The applied research used methods and techniques to analyze the technologies available on the market and create an accessible and sustainable VR headset. The technology developed is validated and allows immersive interaction with VR environments, has potential for innovation and creativity, however it presents challenges to be explored. Continuity of research is considered in order to further optimize the user experience.*

**Resumo.** *O objetivo desta pesquisa estava direcionado ao desenvolvimento de tecnologia acessível de hardware para uso da realidade virtual em diversos ambientes e por um maior número de pessoas, permitindo mitigar que o avanço tecnológico constitui-se uma barreira social. A pesquisa aplicada utilizou de métodos e técnicas para análise das tecnologias disponíveis no mercado e criação de um óculo RV acessível e sustentável. A tecnologia desenvolvida é validada e permite interação imersiva com ambientes RV, possui potencial de inovação e criatividade, contudo apresenta desafios a serem explorados. Considera-se a continuidade da pesquisa de modo a otimizar ainda mais a experiência dos usuários.*

## 1. Introdução

A realidade virtual (RV) é uma tecnologia que simula ambientes tridimensionais, permitindo ao usuário interagir com esse espaço de forma imersiva. Segundo Tori e Hounsell (2018), a RV cria experiências que transcendem as limitações do mundo físico, oferecendo novas perspectivas e possibilidades de interação. Essa capacidade de

imersão torna a RV uma ferramenta poderosa, não apenas para entretenimento, mas também para diversas áreas. A RV pode ser compreendida como

O significado de “virtual” é “potencial” (do latim *virtus*, que significa força, energia, potência), ou seja, um elemento virtual é algo que tem potencial para vir a se tornar aquele elemento. (...) O arquivo digital é real e ao mesmo tempo um objeto virtual, ou imagem virtual. (Tori e Hounsell, 2018)

A Realidade Virtual (RV) é, antes de tudo, uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, tendo como características a visualização de, e movimentação em, ambientes tridimensionais em tempo real e a interação com elementos desse ambiente. Além da visualização em si, a experiência do usuário de RV pode ser enriquecida pela estimulação dos demais sentidos como tato e audição. (Tori, Kirner e Siscoutto, 2006)

Realidade Virtual é definida como um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real. (Jerald, 2015)

As aplicações da realidade virtual são vastas e impactantes. Na educação, por exemplo, a RV possibilita a simulação de ambientes históricos ou científicos, permitindo que os alunos vivenciem situações simuladas ou reais para o aprendizado. Na medicina, a tecnologia é utilizada para treinamentos de cirurgias complexas, aumentando a segurança e a eficiência dos procedimentos.

Entretanto, à medida que a realidade virtual se torna mais integrada em nosso cotidiano, é fundamental discutir questões de inclusão e sustentabilidade social. Segundo Tori e Hounsell (2018) apontam que a tecnologia hoje permite o acesso a ambientes sintéticos, imersivos e de alta definição, que conseguem nos transportar para realidades alternativas, a baixo custo. Embora tenha o potencial de democratizar experiências e conhecimento, corre o risco de ampliar desigualdades se não for acessível a todos. A inclusão digital deve ser uma prioridade para garantir que a tecnologia beneficie uma parcela maior da população, e não apenas um grupo privilegiado. Assim, é imprescindível que iniciativas de implementação da RV considerem o acesso às ferramentas, sejam elas um equipamento de última geração como celulares, óculos e computadores, bem como tecnologias que podem ser desenvolvidas pelos próprios usuários como óculos de papel.

Por fim, a relevância da realidade virtual no futuro está intrinsecamente ligada à sua capacidade de promover um desenvolvimento sustentável e inclusivo. É essencial que o debate sobre a tecnologia vá além de suas aplicações imediatas, incorporando questões éticas e sociais. A construção de um futuro onde a realidade virtual possa ser utilizada de maneira equitativa dependerá de ações coletivas que priorizem a inclusão e a responsabilidade social. Somente por meio de um olhar crítico e comprometido podemos garantir que a tecnologia sirva como um vetor de transformação social e não de exclusão.

O objetivo desta pesquisa estava direcionado ao desenvolvimento de tecnologia acessível de hardware para uso da realidade virtual em diversos ambientes e por um maior número de pessoas, permitindo mitigar que o avanço tecnológico constitui-se uma barreira social. Ainda será apresentado um cenário de tecnologias disponíveis e de plataformas para RV. Cabe salientar que a pesquisa é um desdobramento do projeto extensionista ICTI e Elas, voltado para conclusão de meninas no contexto tecnológico

digital, do qual oficinas e experimentação da tecnologia desenvolvida por realizada para testes.

## 2. As tecnologias disponíveis

A proposta de imersão da RV está relacionada com a promoção da ilusão háptica do usuário, através do sistema somestésico, que inclui os sentidos humanos, dentro de um determinado ambiente propositadamente planejado. Ou seja, a ilusão de uma realidade que pode ser percebida através de dispositivos físicos que “enganam” o sistema nervoso humano e promove a interação. O ambiente é criado para emitir sinais visuais, táteis e sonoros como estímulos aos receptores sensoriais do usuário, que reage emocionalmente expressando comportamento corporal, em um “jogo” de percepção e reação.

Além do ambiente virtual criteriosamente desenvolvido por designers, engenheiros, cientistas da computação e/ou profissionais de Interface Humano-Computador (IHC), os dispositivos físicos completam a interação. São estes que levam informações do ambiente virtual aos usuários, promovendo o sentir. Segundo Jerald (2015), existem quatro tipos de ilusões de presença E. A espacial onde o usuário sente-se em determinado local; a ilusão corporal onde o usuário sente que tem um corpo; a ilusão física com a qual o usuário pode interagir com os elementos do ambiente; e a ilusão social com a qual o usuário pode se comunicar com os personagens ou outros usuários do ambiente.

Biocca e Levy (1995 apud Tori e Hounsell, 2018) apontam que o termo Realidade Virtual foi cunhado no final da década de 1980 por Jaron Lanier, artista e cientista da computação que conseguiu convergir dois conceitos aparentemente antagônicos em um novo e vibrante conceito, capaz de captar a essência dessa tecnologia: a busca pela fusão do real com o virtual. Mas foi bem antes, na década de 1960 que Ivan Sutherland criou o primeiro dispositivo de interação virtual - o capacete de RV (Figura 1), que chamou de “Ultimate Display” (Sutherland, 1965) (Packer e Jordan, 2002).



**Figura 1. Primeiro capacete de RV (produzido no final da década de 1960). Fonte: Tori e Hounsell (2018)**

Hoje, o hardware de RV é composto por uma diversidade de dispositivos de entrada e saída que possibilitam interação imersiva com os ambientes virtuais. Entre os dispositivos de entrada, destacam-se rastreadores, luvas eletrônicas, mouses 3D e joysticks, que permitem ao usuário se comunicar de maneira intuitiva com o sistema. Os displays (Figura 2) , por sua vez, são fundamentais como elementos sensoriais de saída, abrangendo não apenas a visão, mas também áudio e feedback tátil, o que intensifica a experiência do usuário. A evolução dos processadores, tanto os principais quanto os de apoio, como os das placas gráficas e sonoras, tem sido crucial para suportar aplicações tridimensionais complexas, refletindo os avanços tecnológicos influenciados pelo mercado de jogos. Dentre os displays podemos citar óculos para RV.



**Figura 2. Displays para interação RV. Fonte: O autor (2024)**

Na pesquisa foi realizado o levantamento dos modelos de óculos RV mais utilizados e disponíveis no mercado, como apresentado no quadro abaixo (Quadro 1).

**Quadro 1. Descrição e custo de óculos RV**

<b>Óculos</b>	<b>Descrição</b>	<b>Custo</b>
<b>Óculos Quest 2</b>	O Oculus Quest é um headset de realidade virtual autônomo, desenvolvido pelo Facebook. Possui uma tela de alta resolução de 1832x1920 pixels por olho, com taxa de atualização de 90Hz e um processador Snapdragon XR2. Os controladores de movimento oferecem rastreamento preciso e o dispositivo está disponível em variantes de armazenamento.	R\$ 3.480,00
<b>Óculos Quest 3</b>	O Meta Quest 3 é um óculos de RV e aumentada independente, projetado pela Meta. Equipado com um processador Snapdragon XR2 Gen 2, 8 GB de RAM e disponível em versões de 128 GB e 512 GB de armazenamento, oferece uma experiência imersiva sem a necessidade de conexão com computadores ou consoles. Com câmeras RGB para visualização do mundo externo, sensores infravermelhos para leitura de gestos, e um ajuste de profundidade.	R\$ 4.089,90
<b>HoloLens 2</b>	O HoloLens 2 é um headset de realidade aumentada (AR) desenvolvido pela Microsoft. Lançado em 2019, ele oferece uma experiência de AR avançada com uma tela de 2K. Equipado com um processador Qualcomm Snapdragon 850, possui rastreamento ocular e gestual para interações naturais. O campo de visão foi aumentado em relação ao seu antecessor, e possui uma estrutura mais leve e confortável para uso prolongado. O HoloLens 2 é projetado principalmente para aplicações empresariais, incluindo treinamento, design e colaboração remota.	R\$ 35.800,00
<b>Valve Index</b>	O Valve Index é um headset de RV desenvolvido pela Valve Corporation, lançado em 2019. Possui uma tela LCD com uma taxa de atualização de até 144Hz, oferecendo uma experiência visual imersiva. O campo de visão é de aproximadamente 130 graus, proporcionando uma visão ampla e envolvente. Os controladores de movimento oferecem um rastreamento preciso e uma variedade de interações, enquanto o sistema de áudio é integrado.	R\$10.498,00
<b>PlayStation VR</b>	O PlayStation VR é um headset de RV desenvolvido pela Sony. Lançado em 2016 para PlayStation 4, experiência de VR com uma tela OLED de 1920x1080 pixels e uma taxa de atualização de até 120Hz, gráficos nítidos e uma experiência visual envolvente. O PlayStation VR utiliza a tecnologia de rastreamento de movimento PlayStation Move e a câmera PlayStation Camera para detectar os movimentos do jogador.	R\$ 4.599,90
<b>HTC Vive Pro 2</b>	O HTC Vive Pro 2 é um headset de RV desenvolvido pela HTC. Equipado com um display de resolução 5K (2448 x 2448 pixels por olho) e uma taxa de atualização de até 120Hz. O campo de visão é de aproximadamente 120 graus. Compatível com o rastreamento de movimento SteamVR. É projetado principalmente para uso em ambientes de jogos e simulação, mas também pode ser utilizado em aplicações de design, treinamento e entretenimento. Compatível com uma ampla variedade de acessórios e software.	R\$ 12.899,00
<b>HTC Vive Cosmos</b>	O HTC Vive Cosmos é um headset de RV lançado pela HTC. Com uma resolução de tela de 2880 x 1700 pixels combinada (ou 1440 x 1700 pixels por olho) e uma taxa de atualização de 90Hz. O campo de visão é de aproximadamente 110 graus. O Vive Cosmos utiliza o rastreamento inside-out, o que significa que os sensores estão embutidos no próprio headset, eliminando a necessidade de sensores externos.	R\$ 9.689,00

<b>Vive Cosmos Elite</b>	O HTC Vive Cosmos Elite é um headset de RV projetado pela HTC. Oferece uma resolução de tela de 2880 x 1700 pixels combinada (ou 1440 x 1700 pixels por olho) e uma taxa de atualização de 90Hz. O campo de visão é de aproximadamente 110 graus. O Cosmos Elite utiliza o rastreamento externo baseado em sensores, que proporciona uma precisão aprimorada e uma experiência de rastreamento mais robusta, ideal para jogos e simulações intensivas.	R\$ 9.698,00
<b>Oculos 3d Realidade Virtual Google Cardboard</b>	Desenvolvido pela Google para ser utilizado com smartphones, o Google Cardboard é feito de papelão e possui um design simples. Ele é compatível com a maioria dos telefones de até 6 polegadas de tamanho, desde que o dispositivo tenha um giroscópio embutido (presente na maioria dos smartphones mais recentes). Usando aplicativos específicos, é possível assistir a vídeos em 360°, jogar jogos de VR, realizar passeios virtuais e participar de diversas experiências interativas.	R\$ 14,90

O ambiente virtual geralmente é modelado em softwares de modelagem 3D e integrado em plataformas que permitem a interação dos usuários. Foram pesquisadas plataformas de integração e visualização do ambiente RV (Quadro 2).

**Quadro 2. Plataformas de integração e visualização do ambiente RV**

<b>Plataformas</b>	<b>Link</b>	<b>Sistema</b>	<b>Descrição</b>
<b>Resonite</b>	<a href="https://resonite.com/">https://resonite.com/</a>	PC Steam	Uma plataforma social em VR (podendo abrir em modo desktop), no qual é possível criar objetos interativos, avatares e mapas com um sistema de programação visual.
<b>Frame</b>	<a href="https://learn.framevr.io/">https://learn.framevr.io/</a>	Web	Plataforma que permite criar seus próprios espaços virtuais em 3D e avatares para interagir com outras pessoas em um ambiente de metaverso. É uma plataforma baseada na web que pode ser acessada a partir de um computador, tablet, smartphone e em óculos RV.
<b>Spatial</b>	<a href="https://www.spatial.io/">https://www.spatial.io/</a>	Web	Plataforma que permite criar seus próprios espaços virtuais em 3D e avatares para interagir com outras pessoas em um ambiente de metaverso. É uma plataforma baseada na web que pode ser acessada a partir de um computador, tablet, smartphone e em óculos RV.
<b>Third Room</b>	<a href="https://thirdroom.io/">https://thirdroom.io/</a>	Web	Plataforma que permite criar seus próprios espaços virtuais em 3D e avatares para interagir com outras pessoas em um ambiente de metaverso. É uma plataforma baseada na web que pode ser acessada a partir de um computador, tablet, smartphone e em óculos de realidade virtual.

<b>Overte</b>	<a href="https://overte.org/">https://overte.org/</a>	PC	Uma plataforma social em VR (podendo abrir em modo desktop) open source, no qual é possível criar objetos interativos, avatars e mapas com programação JavaScript
<b>Aframe js</b>	<a href="https://aframe.io/">https://aframe.io/</a>	Web	Uma framework JavaScript para criação de experiências 3D na web, com possibilidade de acesso em VR
<b>Godot Engine</b>	<a href="https://godotengine.org/">https://godotengine.org/</a>	PC + Quest/Pico	Uma game engine open source que pode ser usada para criar jogos VR
<b>Unity</b>	<a href="https://unity.com/products/unity-engine">https://unity.com/products/unity-engine</a>	PC	Plataforma para criação de jogos e modelos em 3D e 360 e experiências VR

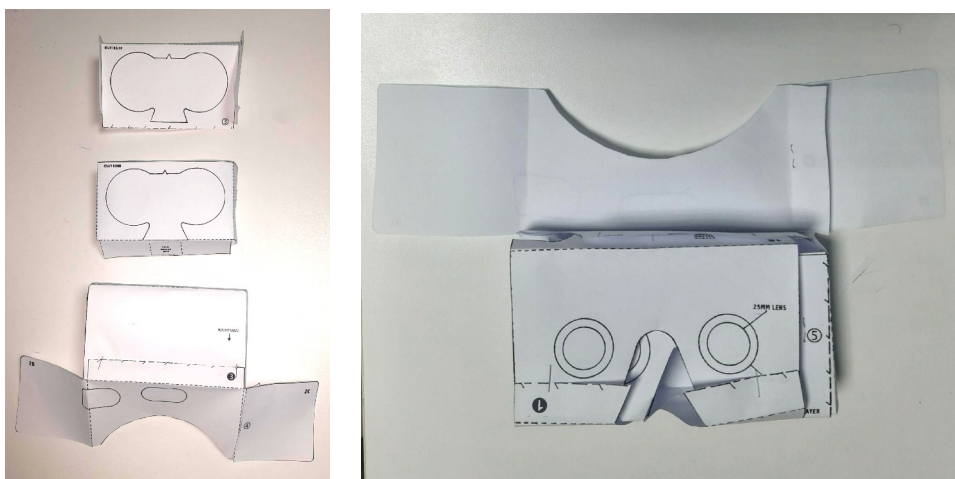
### 3. Desenvolvimento de óculos acessível e sustentável

Löbach (2001, p.17) conceitua Design como a concretização de uma ideia em forma de produtos ou modelos, mediante um processo construtivo resultando em um produto passível de uma produção em série. Neste parecer, entende-se que o produto necessita de técnicas que permita a reprodutibilidade, ou seja, método de projeto que alicercem as propriedades formais, as quais constituem a configuração, e sobretudo, as funções técnicas, operativas, ergonômicas e comunicativas (ROZENFELD et al., 2006). Sendo assim, a atividade de desenvolvimento de um novo produto, em sua complexidade projetual e interdisciplinar, conforme Mike Baxter,

(...) requer pesquisa, planejamento cuidadoso, controle meticuloso e, mais importante, o uso de métodos sistemáticos. Os métodos sistemáticos de projeto exigem uma abordagem interdisciplinar, abrangendo métodos de marketing, engenharia de métodos e a aplicação de conhecimentos sobre estética e estilo. (BAXTER, 2000, p.3).

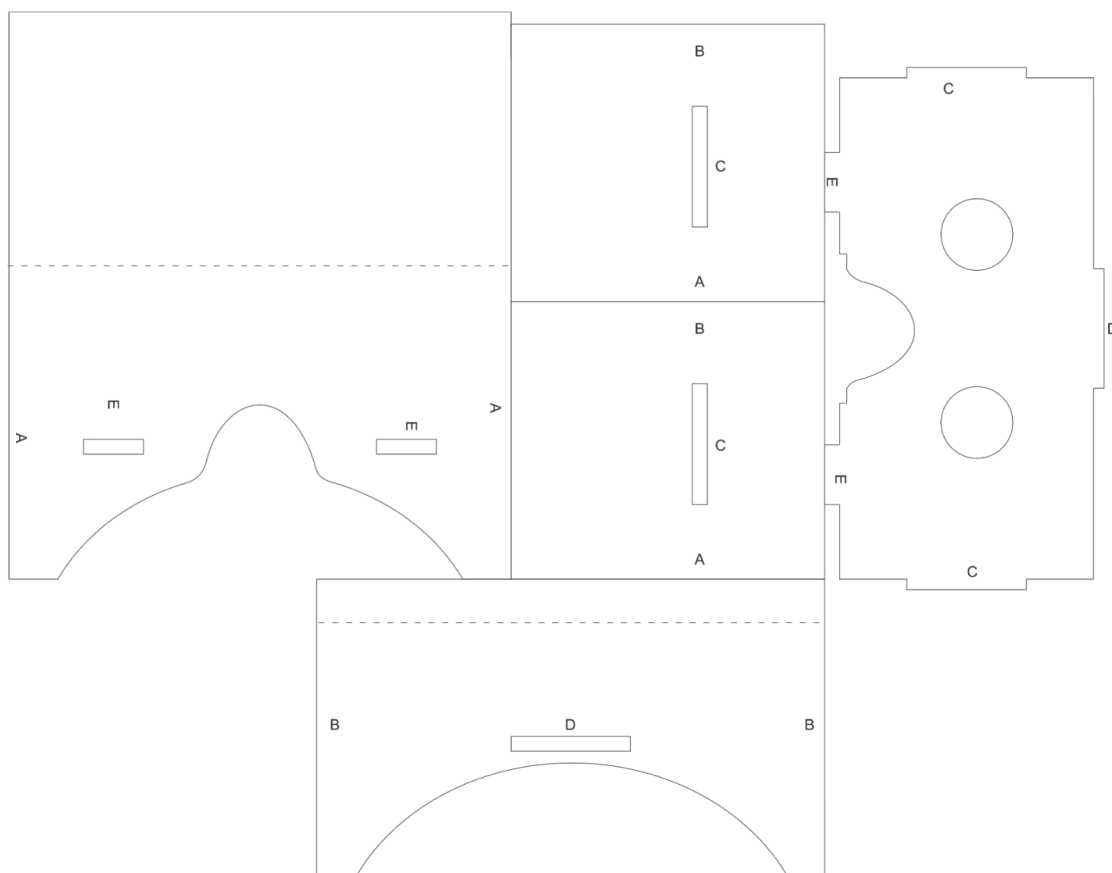
O princípio das bases metodológicas do Design e da modelagem do seu percurso criativo está na delimitação do escopo de um problema através de observações assistemáticas e sistemáticas (MORAES e MONT'ALVÃO, p.7, 2003), sob um cunho empático de compreender o problema e os atores envolvidos. No contexto problematizador compreende-se a necessidade de inclusão de todas as pessoas no âmbito das tecnologias emergentes. Considerando o avanço da RV no mundo, projetar um produto barato e eficiente para futuros profissionais faz-se necessário no avanço tecnológico.

A segunda fase consiste na coleta de dados e análise de similares. O cardboard da google (Figura 3) foi testado como referência de óculos de baixo custo como apresentado no Quadro 1. Contudo o modelo proposto tornou-se problematizador devido a complexidade da sua planificação, necessitando de recortes específicos, difíceis de reproduzir em série de forma manual. O cardboard é composto de 3 estruturas que são cortadas separadamente e montadas.



**Figura 3. Mock'up do cardboard da Google**

Estudos formais preliminares foram desenvolvidos em papelão com a proposta conceitual de reduzir áreas de corte, complexidade dos cortes, minimizar pontos de cola e incluir pontos de encaixe para garantir uma montagem adequada. Nesse sentido foi gerada a planificação apresentada na Figura 4. O óculos proposto consta de 4 peças que, após recortadas, são encaixadas conforme letras indicativas e coladas com cola quente.



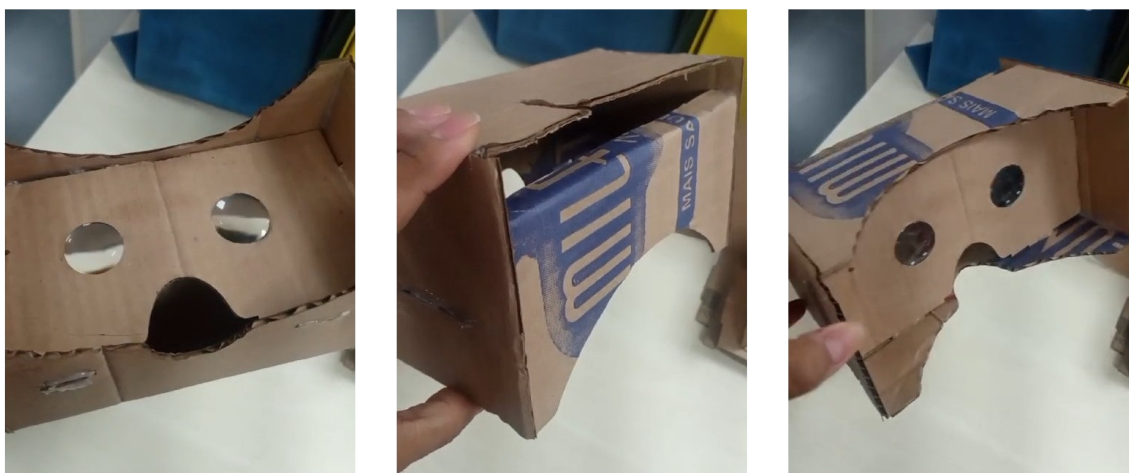
**Figura 4. Planificação do óculos em desenvolvido**

Também foram levantadas informações sobre a produção sustentável de lentes. Considerando a complexidade de produção de lentes em garrafa PET e água, maioria



indicada em sites maker. Além disso, as lentes sustentáveis, pela produção manual, tornavam-se imprecisas e dificultavam o resultado final de visualização do ambiente RV. Deste modo, considerando o custo de aquisição de pares de lentes biconvexas 25mm sem aba, optou pela compra, com custo R\$19,50 por óculos.

Na fase da prototipação, os óculos foram montados e testados com usuários - meninas estudantes do Colégio Estadual Polivalente de Camaçari (Figura 5). A maior dificuldade apresentada por elas estava no ajuste da distância da tela e dos olhos, bem como na estabilidade do smartphone durante o uso, de modo que ao mexer a cabeça o smartphone se mantivesse fixo dentro do óculos. O teste foi realizado com usuários que fizeram a imersão no óculos criado e no Quest 2. Após ajustes a experiência do usuário com o óculos de papelão desenvolvido apresentou resultado satisfatório, em comparação ao Quest 2.



**Figura 5. Protótipo do óculos desenvolvido e testado**

#### **4. Considerações finais**

Conclui-se a pesquisa considerando o objetivo alcançado através do desenvolvimento do óculos RV em papel, com lentes biconvexas e o uso de smartphones para transmissão do ambiente, isto é, uma tecnologia acessível de hardware para uso da RV, que pode incluir uma diversidade maior de público. Contudo, ainda torna-se necessário compreender desafios bem como o potencial de inovação e criatividade que envolve o produto.

Um dos principais desafios está relacionado à durabilidade e robustez do material utilizado. O papelão, apesar de ser uma solução acessível e sustentável, é suscetível ao desgaste, principalmente quando exposto ao uso prolongado ou em ambientes com umidade elevada. Além disso, a ergonomia dos óculos é outro ponto de limitação. Por serem feitos de um material rígido e sem ajustes precisos, muitas vezes o conforto do usuário é comprometido, especialmente durante sessões mais longas de imersão. Do ponto de vista técnico, um dos desafios está na imprecisão da distância entre as lentes e a tela do smartphone, o que pode impactar a qualidade da visualização e provocar fadiga visual.

Algumas soluções e melhorias podem ser implementadas como a utilização de materiais mais resistentes, como papelão tratado ou compostos recicláveis mais duráveis, poderia aumentar a vida útil do dispositivo sem comprometer seu baixo custo.

A inclusão de suportes ajustáveis ou acolchoamento em áreas de contato com o rosto poderia tornar o uso dos óculos mais ergonômico para uma variedade maior de usuários. Quanto ao aspecto técnico, desenvolver um sistema de fixação para o smartphone, garantindo a estabilidade durante o uso, mesmo com movimentos mais intensos da cabeça.

No campo do design, apesar de sua simplicidade estrutural, o dispositivo permite que designers explorem novas formas de desenvolver produtos acessíveis e sustentáveis. O fato de os óculos de papelão poder ser montado manualmente ou em pequena escala abre espaço para personalização e adaptação que atendem a diferentes públicos, desde estudantes, pesquisadores e profissionais da área, o que promove acessibilidade e democratização ao acesso à RV em um cenário onde a tecnologia de ponta, é financeiramente inviável para muitas pessoas. Isso significa que mais indivíduos, escolas e comunidades podem ter contato com a RV e utilizá-la como uma ferramenta de aprendizado, experimentação e inovação.

O protótipo desenvolvido foi entregue ao Colégio Estadual Polivalente de Camaçari, constituiu-se como um exemplo de como essa tecnologia pode ser aplicada de forma prática no contexto educacional, não apenas como uma experiência imersiva, mas também incentivando o uso da criatividade e da inovação no processo de aprendizado, onde os estudantes puderam desenvolver conteúdos e adaptar os óculos para diferentes necessidades, estimulando um ambiente de inovação contínua.

## **7. Referências**

BAXTER, Mike. “Projeto de produto, Guia prático para o Design de novos produtos”. 2 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2000.

JERALD, J. “The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality”. New York: Morgan & Claypool Publishers, 2015.

LÖBACH, Bernd. “Design industrial”. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MORAES, A.; MONT’ALVÃO, C.. “Ergonomia, Conceitos e Aplicações”. Rio de Janeiro: iUsEr, 2003

ROZENFELD, Henrique; AMARAL, Daniel Capaldo. “Gestão de projetos em desenvolvimento de produtos”. São Paulo: Saraiva, 2006.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). “Introdução a Realidade Virtual e Aumentada”. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson Augusto. “Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada”. Editora SBC, 2006.