

| METAVERSO

INTRODUÇÃO

O uso da realidade virtual (RV) e da realidade aumentada (RA) depende, principalmente, de uma aplicação desenvolvida em hardwares e softwares específicos. Nesse sentido, avaliar as opções disponíveis no mercado e considerar os principais desafios do uso dessa tecnologia é uma etapa crucial para alcançar os resultados esperados. A cada dia, diversos setores da sociedade (industrial, saúde, arquitetura, economia etc.) investem mais em ferramentas que permitam avaliar diferentes cenários e situações antecipadamente, considerando principalmente a redução de custo e tempo.

Sob essa perspectiva, esta etapa de estudos tem como objetivos:

- apresentar as principais tecnologias e softwares de realidade virtual, bem como as técnicas de interação existentes;
- exemplificar os tipos de dispositivos para acesso ao metaverso;
- abordar os desafios que os especialistas da área têm apresentado em relação ao acesso ao metaverso.

E seguirá esta estrutura:

- tecnologias e softwares de realidade virtual;
- tipos de dispositivos para acesso ao metaverso;
- principais técnicas de interação;
- desafios de acesso ao metaverso;
- conclusão e próximos passos.

Aproveite e bons estudos!

TEMA 1 – TECNOLOGIAS E SOFTWARES DE REALIDADE VIRTUAL

Há muitas definições de RV, algumas mais focadas em tecnologia, outras na percepção do usuário. Tori e Kirner (2006, p. 6) conceituam da seguinte forma:

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.

Os computadores usados para suportar sistemas de RV variam de dispositivos móveis e computadores pessoais, equipados com placas gráficas adequadas, até estações de trabalho com múltiplos

processadores ou mesmo redes de computadores trabalhando como *grids* ou *clusters*. Na prática, o ambiente computacional deverá ser tal que consiga coordenar a visualização e os sinais de entrada e saída em tempo real com uma degradação aceitável (máximo de 100 ms de atraso e mínimo de 10 quadros por segundo) (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

O sistema deverá possuir canais de entrada e saída para interagir com o usuário. Os canais de entrada são basicamente usados para coletar a posição e orientação da cabeça e das mãos do usuário e, eventualmente, a situação de dispositivos de tato e força. Os canais de saída são usados para a visualização, emissão do som e emissão de reação de tato e força. Dependendo do tipo de sistema de computação e do número de usuários, o banco de dados poderá ser único, replicado ou particionado (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

Vale mencionar que

Um sistema de RV apresenta dois componentes básicos: hardware e software. O hardware engloba os dispositivos de entrada, *displays* multisensoriais, processadores e redes. O software inclui controladores de simulação/animação, ferramentas de autoria, banco de dados de objetos virtuais, funções de interação e interface de entrada e saída. (Tori; Kirner, 2006)

1.1 Hardware

A tecnologia de RV envolve todo hardware utilizado pelo usuário para participar de um ambiente virtual. Estão incluídos aí os rastreadores, os capacetes ou *Head Mounted Device* (HMD), os navegadores 3D, as luvas eletrônicas, os fones de ouvido, e outros dispositivos específicos (Tori; Hounsell; Kirner, 2021). Esses equipamentos são chamados de *dispositivos de entrada de dados*. Os mais comuns são o mouse e o teclado (Figura 1), porém, em se tratando de RV e RA, tais equipamentos são adequados apenas para ambientes não imersivos.

Com o avanço da tecnologia de monitoramento, cada vez mais sistemas procuram deixar o usuário agir/reagir de forma mais natural, ou seja, de forma similar ao que ocorre nos ambientes reais. Para isso, são utilizados dispositivos específicos para cada tipo de situação (os quais serão detalhados na próxima seção) (Costa; Kayatt; Bogoni, 2021).

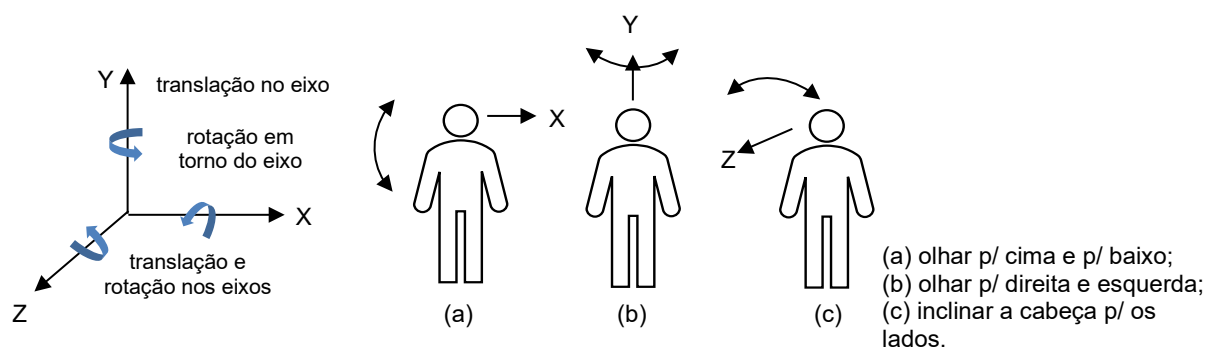
Figura 1 – Mouse e teclado



Crédito: Lucas Seijo/Shutterstock.

A quantidade de graus de liberdade (*Degrees Of Freedom* – DOF) pode ser um fator determinante para a escolha e utilização do dispositivo. Por exemplo, um botão possui apenas um grau de liberdade, pois representa apenas uma unidade de informação, como ligado/desligado. Mas, para identificar um objeto em uma cena 3D, são necessárias seis informações: três que representam a posição do objeto no espaço (x , y , z) e outras três que representam sua orientação (*roll*, *pitch*, *yaw*) (Figura 2). Em alguns casos, são necessários mais graus de liberdade, como para saber a posição dos dedos de uma pessoa. Nesse caso, cada articulação do dedo ou da mão como um todo é considerada como um grau de liberdade (Costa; Kayatt; Bogoni, 2021).

Figura 2 – Navegação com seis graus de liberdade



Fonte: Elaborado com base em Tori; Kirner, 2006, p. 9.

Por fim, vale ressaltar que a integração harmoniosa dos componentes de um ambiente virtual exige vários tipos de controle de software e de equipamentos. “Cada modalidade sensorial requer um controle específico, enquanto uma ação integrada coordena e sincroniza as várias modalidades sensoriais envolvidas”. Recentemente, a explosão da capacidade dos smartphones abriu novas possibilidades de acesso a equipamentos mais baratos e mais potentes, aumentando a qualidade sensorial das experiências imersivas (Costa; Kayatt; Bogoni, 2021).

1.2 Software

Os sistemas de software usados em RV são muito mais complexos que os sistemas convencionais por necessitarem manusear um grande volume de dados oriundos de diversos tipos de dispositivos de entrada e saída, retornando respostas precisas, muitas vezes em tempo real, para manter o sentimento de imersão que esses sistemas proporcionam (Zorzal; Silva; 2021).

O software de RV atua, na fase de preparação do sistema, como software de autoria de ambientes 3D, e na fase de execução, como o *run-time support*. O software de autoria pode envolver: linguagens (como C++, C#, Java ou Python); bibliotecas gráficas (como OpenGL, WebGL ou X3D); ou mesmo *game engines* (como OGRE, Unreal, Unity 3D e outros). Os *game engines* têm sido a opção preferida dos desenvolvedores, principalmente Unreal e Unity 3D, dada a facilidade propiciada por seus ambientes de desenvolvimento, por oferecerem suporte para a maioria dos dispositivos e HMDs do mercado e por gerarem aplicativos e executáveis para diferentes plataformas e sistemas operacionais.

Esses dois *engines* são comerciais, mas oferecem licenciamento gratuito para uso pessoal e/ou sem fins lucrativos (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

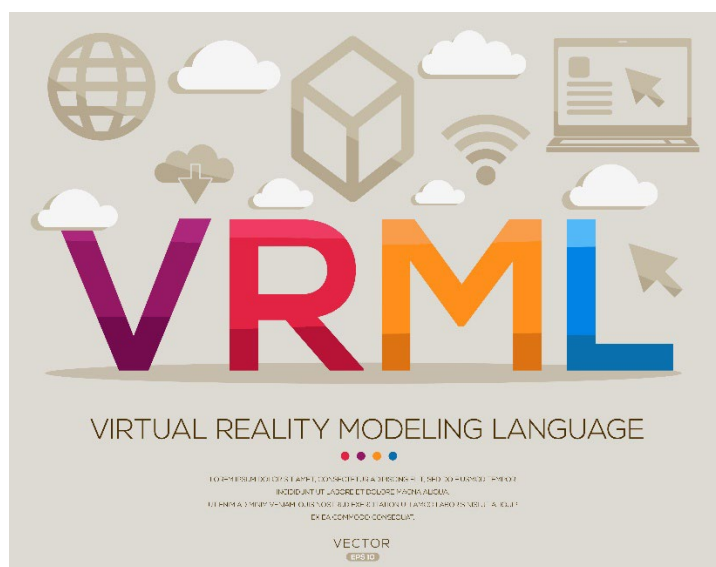
Como *run-time support*, o software de RV deve:

- interagir com os dispositivos especiais;
- cuidar da interface com o usuário;
- tratar de visualização e interação;
- controlar a simulação/animação do ambiente virtual;
- implementar a comunicação em rede para aplicações colaborativas remotas.

Em alguns casos, o software de RV precisa ser complementado com outros recursos, como ocorre com a linguagem WebGL, que deve ser integrada com a linguagem Javascript, para permitir o desenvolvimento de ambientes executados por browsers. Em outros casos, o software de RV possui esses recursos ou módulos opcionais, que permitem seu uso de forma completa, como os ambientes Unity 3D e Unreal (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

A linguagem *Virtual Reality Modeling Language* (VRML) (Figura 3) foi uma das principais ferramentas de disseminação da RV na *web*. Uma vantagem dessa linguagem é que ela pode ser utilizada em qualquer plataforma e é voltada para a modelagem de ambientes tridimensionais. Como sua sintaxe está no formato de texto *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII), isso possibilita que desenvolvedores usem qualquer processador de texto (Zorzal; Silva, 2021).

Figura 3 – Linguagem *Virtual Reality Modeling Language* (VRML)

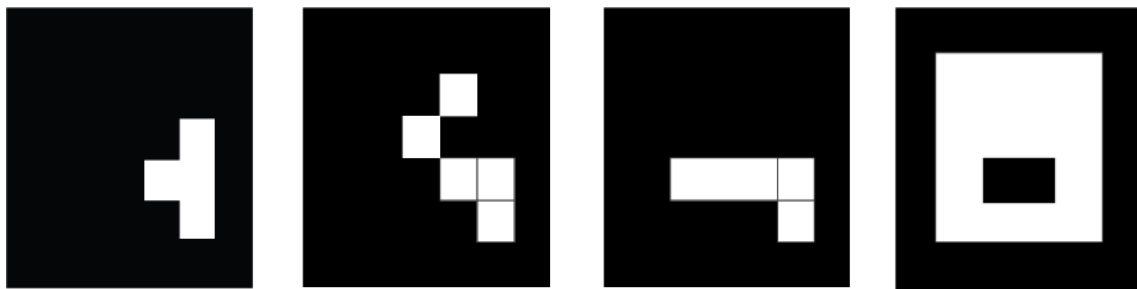


Crédito: khaled/Adobe Stock.

Uma evolução do VRML é o X3D (*Extensible 3D*), no qual foi aproveitado o conceito introduzido pelo VRML, utilizando as premissas básicas e promovendo a ampliação delas com a incorporação de novas funcionalidades. O X3D apresenta maior flexibilidade em relação ao VRML, é um padrão aberto que permite descrever em um arquivo formas geométricas e comportamentos de um ambiente virtual por meio *scripts*. No entanto, assim como na VRML, para que a visualização de arquivos X3D seja possível, se faz necessária a instalação de um *plug-in* específico e a utilização de navegadores compatíveis. (Zorzal; Silva, 2021)

O desenvolvimento de softwares de RA tem sido contínuo e tende a tornar-se cada vez mais sofisticado e completo. Computadores, celulares e tablets modernos garantem maior velocidade de processamento e maior estabilidade no reconhecimento de objetos. Ao desenvolver sistemas de RA, três características básicas devem estar presentes: (a) funções para combinar elementos virtuais em uma cena real; (b) interatividade em tempo real e (c) meios de registrar os objetos virtuais em relação aos objetos reais (Zorzal; Silva, 2021).

Figura 4 – Exemplo de marcadores fiduciais utilizados em aplicações de RA



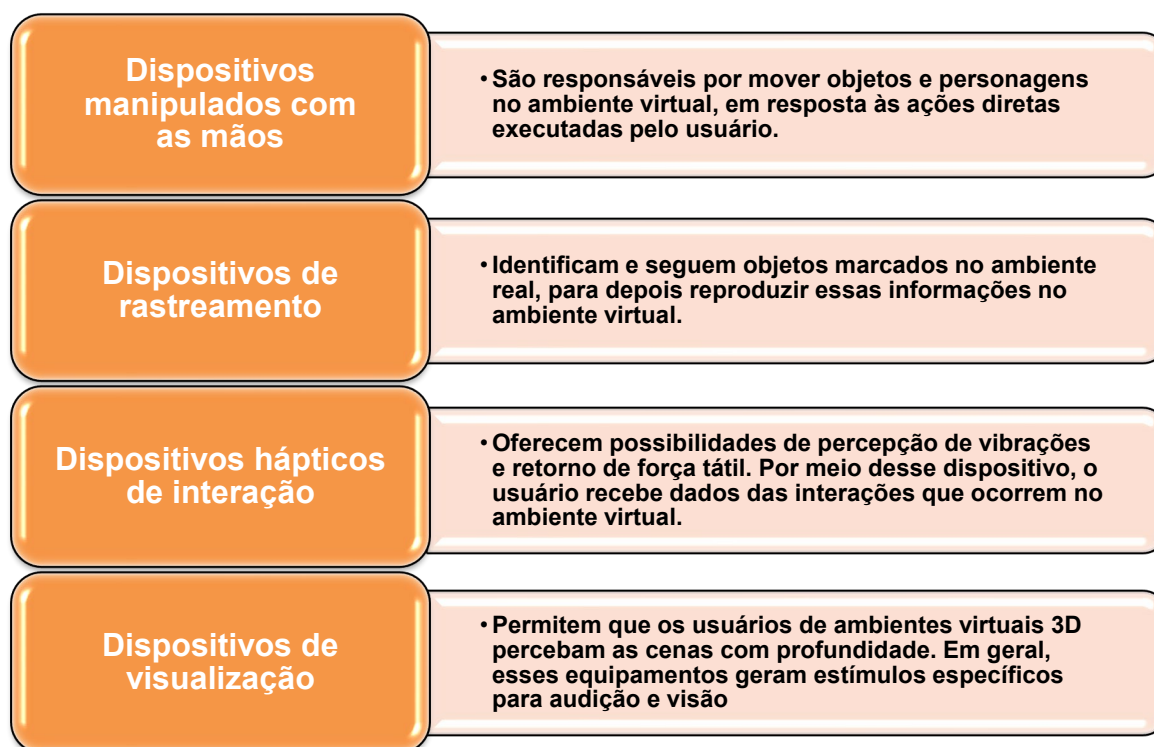
Fonte: Arte/UT; Zorzal; Silva, 2021, p. 132.

As soluções de *software* para desenvolver aplicações de RV e RA vêm evoluindo constantemente. Percebe-se que alguns desafios no desenvolvimento dessas aplicações ainda são objetos de estudos para melhorar a experiência do usuário. A tendência é que as soluções de *software* sejam atualizados com novas técnicas para aperfeiçoar tais desafios. Ainda, é possível o surgimento de novas soluções que permitam o desenvolvimento ágil dessas aplicações para ambientes móveis inteligentes (Zorzal; Silva, 2021).

TEMA 2 – TIPOS DE DISPOSITIVOS PARA ACESSO AO METAVERSO

Como mencionado anteriormente, o acesso ao metaverso e aos ambientes de RV depende, muitas vezes, da utilização de dispositivos específicos. Assim, para que haja interação entre um ambiente real e um ambiente virtual, é necessário que sejam utilizados equipamentos físicos capazes de identificar as alterações que ocorrem no ambiente real. A seguir, serão descritos os principais tipos de dispositivos de entrada de dados e suas tecnologias associadas (Figura 5) (Costa; Kayatt; Bogoni, 2021).

Figura 5 – Principais tipos de dispositivos utilizados para acessar o metaverso



Fonte: Elaborado com base em Costa; Kayatt; Bogoni, 2021.

Os dispositivos manipulados com as mãos são responsáveis por mover objetos e personagens no ambiente virtual, em resposta às ações diretas executadas pelo usuário. Os joysticks são o exemplo mais comum, auxiliando na interação de ambientes imersivos ou não imersivos. Esses equipamentos possuem um conjunto de botões, responsáveis por tarefas discretas, e potenciômetros, responsáveis pela identificação de valores contínuos dentro de um intervalo determinado. Além dos modelos convencionais, há o controle Wiimote, que, além dos botões de comando, possui um sistema inercial de posicionamento e orientação que permite rastreá-lo e, com isso, detectar a velocidade da movimentação do joystick e o ângulo de inclinação (Figura 6) (Costa; Kayatt; Bogoni, 2021).

Figura 6 – Joystick convencional (à esquerda) e Wiimote (à direita)



Crédito: Suradech Prapairat/Shutterstock.

Outro tipo de dispositivo são as telas sensíveis ao toque ou *touchscreen* (Figura 7). Nesse caso, as telas são dispositivos de interação bidimensionais, utilizando um sistema de coordenadas cartesianas (x, y) para identificar a posição que está sendo tocada pelo usuário. Esse equipamento é mais utilizado em ambientes não imersivos, pois é necessário que o usuário tenha a visão da tela para executar as ações (Costa; Kayatt; Bogoni, 2021).

Figura 7 – Equipamento *touchscreen*



Crédito: Pressmaster/Shutterstock.

Outra categoria de dispositivos de entrada de dados são os rastreadores que identificam e seguem objetos marcados no ambiente real, para depois reproduzir estas informações no ambiente virtual. De acordo com Bogoni, Gomes e Pinho (2015), os mais usados no início dos anos 2000 foram os rastreadores mecânicos, eletromagnéticos, ultrassônicos, ópticos e inerciais, cada um com uma tecnologia específica de localização dos marcadores. Atualmente, há ainda os rastreadores de movimentos das mãos, as luvas, que capturam os movimentos das mãos e dos dedos, fazendo com que as respostas do ambiente sejam compatíveis com estes movimentos (Figura 8) (Costa; Kayatt, Bogoni, 2021).

Figura 8 – Luvas utilizadas como rastreadores de movimentos em RV



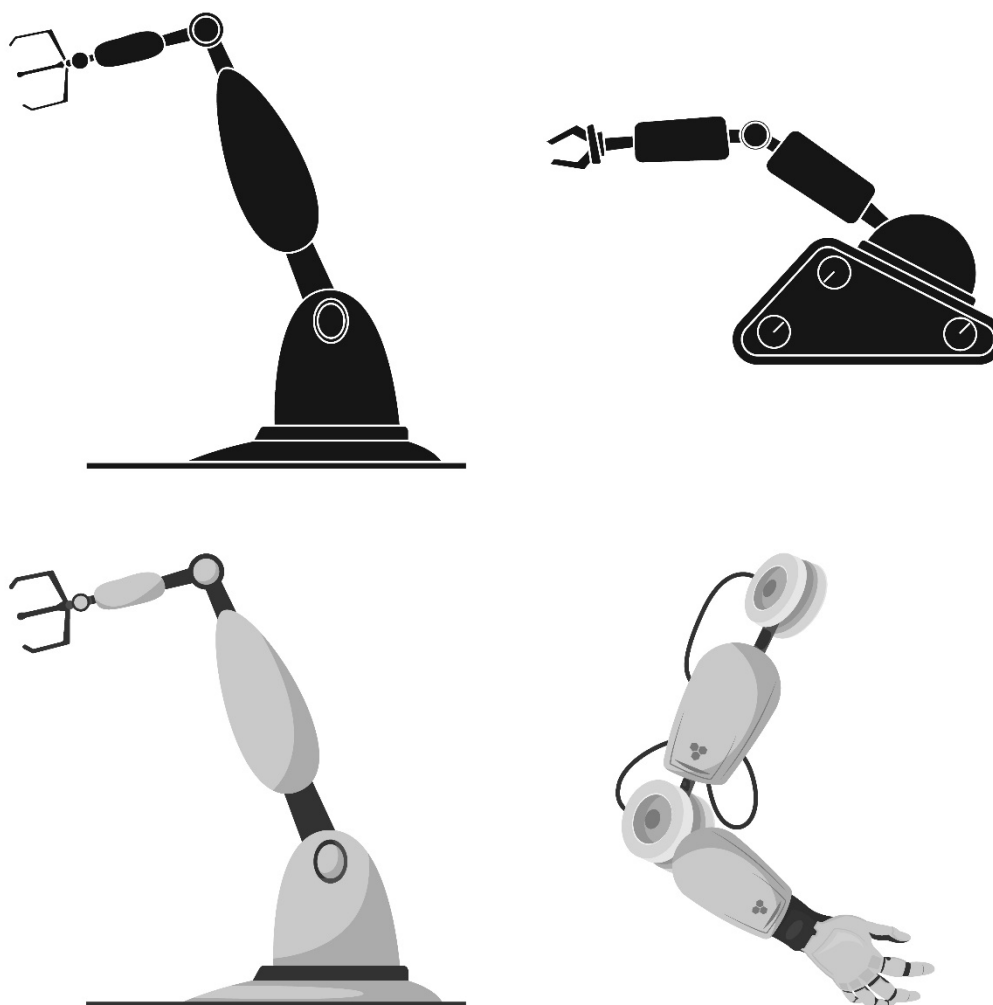
Crédito: Monstar Studio/Shutterstock.

Os dispositivos hápticos (Figura 9) oferecem possibilidades de percepção de vibrações e retorno de força tátil. Por meio desses dispositivos, o usuário recebe dados das interações que ocorrem no ambiente virtual. De acordo com Bogoni, Gomes e Pinho (2015):

- As sensações providas pelos dispositivos hápticos podem ser de 4 tipos:
- i) retorno de aperto, que fornece ao usuário sensação de pressão;
 - ii) retorno de apreensão, que fornece limitação dos movimentos do usuário em algum grau de liberdade;
 - iii) retorno tátil ou de toque, que produz estímulos em forma de sensação de calor, toque ou vibração; e

- iv) retorno de força, que cria forças direcionais exigindo que o usuário empregue força para realizar os movimentos. (Costa; Kayatt, Bogoni, 2021)

Figura 9 – Exemplos de dispositivos hápticos



Crédito: Panda Vector/Shutterstock.

Os equipamentos de visualização permitem que os usuários de ambientes virtuais 3D percebam as cenas com profundidade. Em geral, esses equipamentos disponibilizam também som 3D, o que gera estímulos específicos para os sentidos audição e visão. Os HMDs (Figura 10), por exemplo, inserem os usuários em um mundo gerado pelo computador. “Dependendo do modelo de capacete ou óculos, seus movimentos reais são interpretados e refletem-se na cena apresentada no visor do equipamento” (Costa; Kayatt, Bogoni, 2021).

Figura 10 – Exemplos de HMD



Crédito: Aleksandra Suzi/Shutterstock.

Veja que esse “ equipamento coloca o usuário totalmente imerso no mundo virtual, pois não há possibilidade de enxergar partes do mundo real pelas laterais. Além disso, dá liberdade para o usuário se locomover na cena, e seus movimentos podem ser rastreados por diferentes modelos de rastreadores acoplados aos óculos” (Costa; Kayatt; Bogoni, 2021 p.).

TEMA 3 – PRINCIPAIS TÉCNICAS DE INTERAÇÃO

A interação no mundo virtual busca interfaces intuitivas e transparentes para o usuário, envolvendo, por exemplo, ações como voar, ser teletransportado, pegar objetos, utilizar gestos para comandar o sistema, etc. As interações podem ocorrer em ambientes imersivos, quando realizadas em sistemas baseados em HMDs, por exemplo, e em ambientes não imersivos, quando realizadas em sistemas baseados em monitores ou em projeções simples (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

Além das interações individuais, os sistemas multiusuários vêm propiciando a oportunidade de interação entre várias pessoas dentro do mundo virtual, competindo ou cooperando em determinadas tarefas. O usuário pode simplesmente observar o funcionamento do ambiente virtual simulado animado, tendo uma experiência passiva, ou ser um agente do sistema, interferindo em seu funcionamento (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

As interações do usuário abrangem: navegação, seleção, manipulação e controle do sistema (Laviola et al., 2017).

A navegação refere-se à movimentação do usuário dentro do ambiente virtual, ou seja, a viagem (*travel*), que consiste na movimentação

mecânica no ambiente, e a definição do trajeto (*wayfinding*), que depende do conhecimento e do comportamento espacial do usuário e de elementos de ajuda artificiais como mapas, bússolas, placas de sinalização, objetos de referência, cenários artificiais, trilhas, além de elementos de áudio e de olfato etc. (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

A seleção consiste na escolha de um objeto virtual para ser manipulado. Ela envolve três passos: indicação do objeto; confirmação; e realimentação. A indicação normalmente é feita com os dedos ou com as mãos, dirigindo algum dispositivo de entrada. Ela pode ocorrer por oclusão, toque no objeto, apontamento ou de maneira indireta. O sistema deve mostrar a seleção, usando elementos visuais, auditivos ou hápticos, como mudar cor, piscar, emitir som, emitir reação, etc. Para que a seleção tenha efeito, ela deve ser confirmada, o que pode ser feito, através de eventos tais como: clique do *mouse*, apertado de tecla, gesto, comando de voz ou outra ação. Novamente, deve haver uma resposta, indicando que a ação ocorreu (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

A manipulação de um objeto selecionado consiste na alteração de sua posição, através de translação ou rotação, ou de suas características, envolvendo escala, cor, transparência, textura. O objeto selecionado pode ser também apagado, copiado, duplicado, deformado ou alterado por outras ações. Finalmente, o controle do sistema consiste na emissão de comandos do usuário para serem executados pelo sistema. Os comandos podem ser emitidos através de menus gráficos, comandos de voz, comandos gestuais ou dispositivos de comando específicos (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

TEMA 4 – DESAFIOS DE ACESSO AO METAVERSO

O metaverso é um ambiente virtual completo, que permite a intersecção entre a realidade física e virtual, criando um pequeno universo fora da realidade tangível. Essa integração possibilita que os sentidos humanos, como visão, audição e tato, sejam completamente integrados. Como vimos,

para que ocorra a imersão nesse ambiente, é necessário que o usuário utilize equipamentos especiais, como capacetes, óculos, *headsets* e esteiras omnidirecionais (permitem a movimentação livre do usuário em um pequeno espaço através de uma plataforma móvel que pode se mover em qualquer direção e é controlada por um sistema de computador), entre outros dispositivos que podem ser desenvolvidos futuramente para aprimorar a experiência (Silva, 2023).

Apesar de todos os benefícios e evolução tecnológica, os autores Dionisio, Burns III e Gilbert (2013) indicam fortes limitações que podem influenciar significativamente no desenvolvimento do metaverso, sendo elas:

- a) A necessidade de imersão do usuário no mundo virtual com a utilização de equipamentos para melhorar a experiência pode ser limitante para o uso generalizado;
- b) Limitações na reprodução de outros sentidos, como olfato, paladar, equilíbrio e temperatura, que não são tão fáceis de reproduzir na RV como os sentidos de visão, toque e som;
- c) Dificuldade na reprodução fiel de gestos e expressões humanas pelos avatares para que pareçam mais “vivos”. Uma das alternativas atuais para contornar esse problema é a utilização de detalhes pré-renderizados;

- d) Necessidade de que as roupas e acessórios pareçam mais naturais, acompanhando o realismo de movimento e expressão;
- e) Capacidade de acesso a partir de vários dispositivos e locais, permitindo que o ambiente virtual seja acessado de qualquer lugar e garantindo o armazenamento de experiência e identidade do usuário;
- f) Escalabilidade do mundo virtual, para que ele possa suportar grandes variações de usuários no metaverso sem problemas de conexão;
- g) Interoperabilidade, possibilitando a transição entre sessões virtuais sem interrupções.

Portanto, percebe-se que

o metaverso está prestes a transformar radicalmente a sociedade e a maneira como vivemos, possibilitando que os usuários expressem sua criatividade sem limites. Contudo, esse novo mundo virtual pode enfrentar desafios significativos decorrentes da presença de usuários mal-intencionados. Nesse sentido, é necessário desenvolver sistemas e regras que desencorajem comportamentos antiéticos dentro do metaverso. No entanto, a implementação dessas medidas pode criar um impasse, uma vez que diferentes regiões do mundo possuem regras e normas distintas, o que pode restringir a criação de um metaverso verdadeiramente global (Silva, 2023).

TEMA 5 – CONCLUSÃO E PRÓXIMOS PASSOS

A tecnologia hoje permite o acesso a ambientes sintéticos, imersivos e de alta definição, que conseguem nos transportar para realidades alternativas, a baixo custo. Basta um smartphone para termos acesso a experiências imersivas que, há alguns anos, eram acessíveis a apenas poucos privilegiados com recursos financeiros suficientes para adquirir equipamentos caríssimos. Atualmente, os dispositivos eletrônicos são tão populares quanto as próprias vestimentas, pois tornaram-se itens de uso pessoal, profissional quase que obrigatórios para estabelecer-se socialmente.

O metaverso promete uma experiência cada vez mais profunda no ambiente virtual, no entanto, por mais avançados que estejam os dispositivos e recursos tecnológicos nos dias de hoje, ainda assim esse universo possui limitações e desafios a serem superados pelas grandes empresas da área, principalmente aqueles relacionados à segurança e à privacidade dos dados, devido à utilização indevida e até criminosa das informações dos usuários em softwares e aplicativos de grande alcance. Sendo assim, em uma próxima oportunidade, iremos abordar mais profundamente os requisitos básicos de acesso ao metaverso, a fim de proporcionar uma compreensão detalhada desse novo universo como um ambiente virtual, abordando o que é preciso para acessar esse tipo de conexão.

REFERÊNCIAS

BOGONI, T.; GOMES, O.; PINHO, M. Sistemas de Realidade Virtual: Que hardware utilizar? In: **Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2015.

COSTA, R. M.; KAYATT, P.; BOGONI, T. Hardware. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. S. **Introdução a realidade e aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: SBC, 2021. p. 112-126.

DIONISIO, J. D. N.; BURNS III, W. G.; GILBERT, R. 3D Virtual Worlds and the Metaverse: Current status and future possibilities. **ACM Computing Surveys**, v. 45, n. 3, p. 1-38, 2013.

GIRI, G. S.; MADDAHI, Y.; ZAREINIA, K. An Application-Based Review of Haptics Technology. **Robotics**, v. 10, n. 29, p. 1-18, 2021.

LAVIOLA, J. R. et al. **3D user interfaces: Theory and practice**. Addison-Wesley Professional, 2017.

SILVA, C. M. A. **Um panorama recente do metaverso**: revisão da literatura científica. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres, 2023.

TORI, R.; HOUNSELL, M. S.; KIRNER, C. Realidade virtual. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. S. **Introdução a realidade e aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: SBC, 2021. p. 11-29.

TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos de realidade virtual. In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (Ed.). **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006. p. 2-21.

ZORZAL, E. R.; SILVA, R. L. S. Software. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. S. **Introdução a realidade e aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: SBC, 2021. p. 127-139.