Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.12, 2024
ISSN 2178-6925

REALIDADE VIRTUAL (RV) E SUAS INOVAÇÕES QUE MELHORAM NA APLICAÇÃO MEDICA

VIRTUAL REALITY (VR) AND ITS INNOVATIONS THAT IMPROVE MEDICAL APPLICATION

Matheus Henrique Moreira
Acadêmico de Ciências da Computação, Universidade do Estado de Mato Grosso
Campus Universitário de Barra do Bugres, Brasil
e-mail: matheus.henrique1@unemat.br

Leandro Avelino Mazurek
Prof. Me. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Brasil
e-mail: leandro.mazurek@unemat.br

Raquel da Silva Vieira Coelho
Prof. Ma. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Brasil
e-mail: raquelcoelho@unemat.br

Resumo

A proposta da RV na medicina é revolucionar o diagnóstico, o tratamento e a formação médica através de simulações imersivas e interativas permitindo que médicos pratiquem procedimentos em um ambiente seguro, sem riscos para os pacientes. Isso não apenas aumenta a precisão e a confiança dos profissionais de saúde, mas também melhora os resultados ao permitir um planejamento detalhado e personalizado para cada caso. O artigo tem como objetivo analisar o impacto e a eficácia da RV na prática médica, com foco em suas aplicações e desafios de implementação. O levantamento bibliográfico foi conduzido a partir de uma análise detalhada das principais áreas de aplicação da RV na medicina. Os resultados deste estudo incluem a identificação das aplicações mais relevantes da RV na medicina, bem como uma compreensão aprofundada dos desafios de implementação dessa tecnologia.

Palavras-chave: RV; Medicina; Aplicações; Desafios.

Abstract

The proposal of Virtual Reality (VR) in medicine is to revolutionize diagnosis, treatment, and medical training through immersive and interactive simulations, enabling physicians to practice procedures in a safe environment without risks to patients. This not only enhances the accuracy and confidence of healthcare professionals but also improves outcomes by allowing detailed and personalized planning for each case. The article aims to analyze the impact and effectiveness of VR in medical practice, focusing on its applications and implementation challenges. The literature review was conducted through a detailed analysis of the main areas of VR application in medicine. The results of this study include the identification of the most relevant VR applications in medicine and an in-depth understanding of the challenges associated with implementing this technology.

Keywords: VR; Medicine; Applications; Challenges.

1. Introdução

Uma das maiores inovações que já aconteceram no século XXI foi a

tecnologia da RV; ela revolucionou amplamente diversas áreas, especialmente no setor de saúde. Avanços contínuos em RV trazem uma ampla gama de oportunidades no campo médico, como revolucionar completamente o diagnóstico, tratamento e reabilitação, bem como a prontidão profissional. No entanto, é importante encontrar soluções que desenvolvam e identifiquem as oportunidades em toda a extensão. Portanto, esta pesquisa se aprofunda na capacidade da RV de fornecer vantagens significativas para os pacientes, capacitar profissionais de saúde e fortalecer o sistema de saúde em geral (Riva, 2012).

Além de treinamento e simulações, a RV está cada vez mais sendo utilizada em terapias de reabilitação, bem como em cuidados de saúde mental, fobias, transtorno de estresse pós-traumático (TEPT) e dor crônica. Muitos outros artigos também relatam uma melhora significativa nas condições dos pacientes com a ajuda da intervenção de RV, que permite a exposição gradual e controlada a gatilhos relacionados aos seus sintomas (Freeman *et al.*, 2017).

Embora apresente benefícios, a adoção da RV na prática médica enfrenta obstáculos importantes. A exigência de dispositivos tecnológicos sofisticados, os altos custos e a ausência de normas uniformes para sua aplicação são dificuldades que ainda precisam ser resolvidas (Birckhead *et al.*, 2019).

Contudo, com o progresso constante da tecnologia e o aumento das evidências sobre sua efetividade, acredita-se que a RV tenha um papel cada vez mais destacado na medicina futura.

As conclusões foram formuladas a partir de uma avaliação minuciosa da literatura, ressaltando as vantagens potenciais da RV na área médica, assim como suas aplicações e os desafios que precisam ser enfrentados. Esses achados serão essenciais para entender a função da RV na prática médica e para investigações futuras nesse campo.

2. Realidade Virtual (RV)

A RV consiste na criação de ambientes interativos em três dimensões

que dão aos usuários a impressão de estarem envolvidos ativamente em um espaço virtual (Sherman; Craig, 2002). Desde a sua introdução, a RV tem sido usada em várias áreas, como entretenimento, ensino, saúde e negócios, permitindo diferentes formas de interagir com conteúdo digital e possibilitando experiências altamente imersivas que antes não eram possíveis (Burdea; Coiffet, 2003).

Segundo Santos e Hermosilla (2005), a RV é composta por uma combinação de programas, computadores poderosos e dispositivos periféricos específicos. Isso permite criar cenários gráficos realistas e em 3D, onde as pessoas podem ver e manipular objetos fictícios.

De modo geral, a RV se refere a uma experiência interativa e imersiva que usa imagens tridimensionais geradas em tempo real por um computador (Pimentel; Teixeira, 1995). Essa tecnologia visa dar ao usuário a impressão de estar presente em um mundo virtual (Jacobson, 1994). Os sistemas de RV trabalham com dispositivos extremamente avançados para melhorar a sensação de imersão, como capacetes, óculos especiais e luvas com sensores, entre outros. De acordo com Machado *et al.* (2004), a RV é um campo de estudo multimodal que integra informações de várias disciplinas, como robótica, física, informática, eletrônica e psicologia.

2.1. Conceitos e Definições

Existem várias definições de RV, algumas voltadas para a tecnologia, enquanto outras priorizam a percepção do usuário. Tori e Kirner (2006, p. 6) definem RV da seguinte maneira:

> A 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.

De acordo com Leston (1996, apud Netto, Machado e Oliveira, 2002), o conceito de RV envolve o uso de tecnologias e interfaces que criam ambientes virtuais interativos, proporcionando uma forte sensação de presença tridimensional. Essas tecnologias buscam recriar a experiência de

um ambiente real, permitindo ao usuário interagir com gráficos avançados em um ambiente tecnológico.

Segundo Corrêa e Marques (2009), a RV pode ser considerada como a junção de três fatores: interação, o ambiente reage de acordo com a interação do usuário; envolvimento, o grau de engajamento do usuário em uma aplicação; e imersão, a sensação de estar dentro de um ambiente virtual.

2.2. Realidade Virtual (RV) na medicina

RV é a forma mais avançada de interface do usuário de computador. Com aplicação na maioria das áreas do conhecimento e com um grande investimento das indústrias na produção de hardware, software e dispositivos de entrada e saída especiais, a RV vem se desenvolvendo muito nos últimos anos e indicando perspectivas bastante promissoras para os diversos segmentos vinculados com a área, principalmente a medicina.

Segundo Kneenone *et al.* (2004) o acesso por parte dos estudantes de medicina à simuladores virtuais, permitem à eles um melhor uso da experiência clínica e melhoram a qualidade dos diagnósticos fornecidos por eles.

De acordo com Maran e Glavin (2003) algumas das diversas vantagens dos simuladores virtuais são: a inexistência de riscos para os pacientes e estudantes, a criação de tarefas e cenários por demanda, a possibilidade de repetição no treinamento das perícias, o aumento na retenção e na precisão do aluno, a facilitação da transferência de experiência e a possibilidade de individualização dos casos.

Áreas de saúde têm se beneficiado dos avanços tecnológicos providos pela RV. A RV vem melhorando os procedimentos médicos de forma imediata e palpável. Ela melhora a educação médica e o treinamento de procedimentos com a criação de simulações virtuais e da utilização de dispositivos hápticos. Além disso, ela refina o aproveitamento em diagnósticos médicos, auxilia no tratamento terapêutico, dentre outros. Ela ainda promove uma melhor divisão dos recursos médicos, ligando à medicina aos avanços da tecnologia da informação (Morgan; Westwood,

2003).

3. Aplicações da Realidade Virtual (RV) na medicina

Inicialmente direcionada ao entretenimento e às necessidades das forças armadas americanas, a RV hoje é utilizada em diversas aplicações médicas, como planejamento pré-operatório, assistência, treinamento cirúrgico, terapia virtual, tratamento de deficientes, fisioterapia virtual e ensino. Um dos grandes desafios para o futuro é oferecer aplicações que reproduzam exatamente aquilo que o médico vê e sente na realidade não virtual e que permitam simulação em tempo real.

Kopec *et al*. (2003) destacam que o desenvolvimento de aplicações providas de RV voltadas para o ensino de medicina é uma oportunidade para a prevenção e redução de erros.

Uma das principais aplicações de RV na medicina é o treinamento médico. Neste campo, a tecnologia torna-se uma ferramenta poderosa no aprendizado, pois permite explorar detalhadamente o corpo humano e até treinar procedimentos de forma imersiva e realista, sem colocar em risco a vida dos pacientes. No que se refere aos tratamentos, as aplicações têm sido de grande importância na cura de diversas fobias, tais como medo de altura, de aranhas, de aviões, fobias sociais, entre outras.

A RV oferece simulações realistas para treinamento de habilidades cirúrgicas e procedimentos médicos. Estudos mostram que a RV pode melhorar a precisão e a confiança dos profissionais de saúde ao permitir a prática em um ambiente seguro e controlado (Kasprzak; An; Chen, 2015). Além disso, ela tem sido usada para reabilitação física e cognitiva, proporcionando ambientes interativos que ajudam pacientes a realizar exercícios de reabilitação de maneira mais envolvente e motivadora. Por exemplo, na reabilitação de pacientes com acidente vascular cerebral (AVC) e lesões medulares (Penalver; Martínez; Flores, 2020).

A RV permite a visualização e a prática de procedimentos cirúrgicos complexos, oferecendo aos cirurgiões uma visão tridimensional e a possibilidade de ensaiar antes da realização real das operações. Isso pode

melhorar a preparação e reduzir o risco de complicações (Joshi; Schwartz; Kurtz, 2018).

Pesquisas estão mostrando que a RV vem sendo mais eficiente do que tratamentos convencionais, pois as atividades simuladas são percebidas pelo cérebro como reais. À medida que profissionais da área obtêm resultados satisfatórios utilizando RV, mais se acredita que ela pode se tornar uma ferramenta confiável, beneficiando médicos e pacientes.

3.1. AnatomI 3D: Um Atlas Digital Baseado em Realidade Virtual para Ensino de Medicina

Um Atlas é uma “coleção ordenada de mapas, com a finalidade de representar um espaço dado e expor um ou vários temas”. (Oliveira, 1993, p. 39). Um Atlas Digital é um Atlas que foi concebido através de técnicas computacionais e que consequentemente pode ser acessado através de um computador. Estruturado em um ambiente gráfico, além dos mapas, pode-se contar também com textos, fotografias, dados estatísticos, gráficos e tabelas. Um Atlas Digital tem a capacidade de possibilitar a representação de mudanças temporais, a utilização de som e vídeo, a visualização de detalhes, em diferentes escalas de análise, através da ferramenta de zoom, além da criação de mapas pelos usuários.

Segundo Delazari (2004), em um Atlas Digital a interface é mais fácil, porque o objetivo é a simples visualização da informação, sem nenhum tipo de processamento ou ações mais complexas, sendo que o usuário não precisa ser um especialista para manipulá-lo, já que as ações e os comandos executados são rápidos, os dados visualizados foram anteriormente selecionados e editados não permitindo que ocorram erros, ou seja, a criação de mapas equivocados, pois todo o conteúdo já foi definido anteriormente e, finalmente, o meio de saída é a tela do computador ou a impressão.

Assim sendo, um Atlas Digital pode se tornar um poderoso sistema de informação municipal pela sua capacidade de centralização das informações de diversas secretarias e da exibição de distintos dados associados.

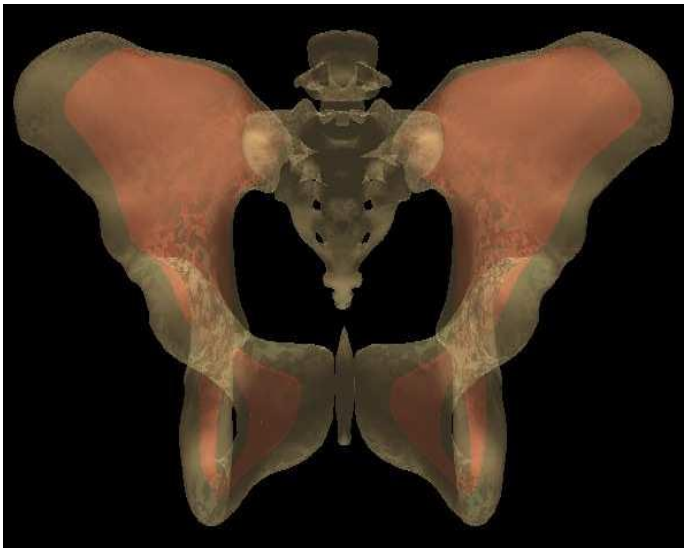
De acordo com Monteiro *et al*. (2006), o AnatomI 3D é um atlas digital

de anatomia em RV, permitindo a visualização interativa de estruturas tridimensionais do corpo humano com informações detalhadas. Possui uma interface intuitiva e suporta visualização estereoscópica para uma imersão completa. Diferencia-se por sua capacidade de imersão simultânea de múltiplos usuários, baixo custo de desenvolvimento, independência entre módulos do sistema e modelos gráficos, além de recursos como seleção de camadas, transparência e interação com as estruturas. Visa proporcionar uma alternativa aos atlas tradicionais, superando suas limitações de manuseio e recursos visuais.

A incorporação de recursos de RV a um atlas médico, como é feita no AnatomI 3D, possibilita uma visualização das estruturas anatômicas de forma mais real, permitindo a imersão do usuário ao mundo virtual, contribuindo para uma interação muito mais intuitiva. Estes recursos, aliados às descrições textuais das estruturas anatômicas que estão sendo analisadas, contribuem ainda mais para a absorção das informações ali disponíveis (Monteiro *et al.*, 2006).

Monteiro *et al.* (2006) discutem que o AnatomI 3D inclui um recurso importante que permite a aplicação de transparência às camadas. Isso facilita a visualização de tecidos mais externos como semitransparentes, possibilitando uma melhor compreensão da localização espacial das estruturas anatômicas em relação ao conjunto de camadas (Figura 1).

Figura 1 - Transparência na bacia, mostrando as camadas da medula e dos ossos.



Fonte: (Monteiro *et al.*, 2006., p. 4).

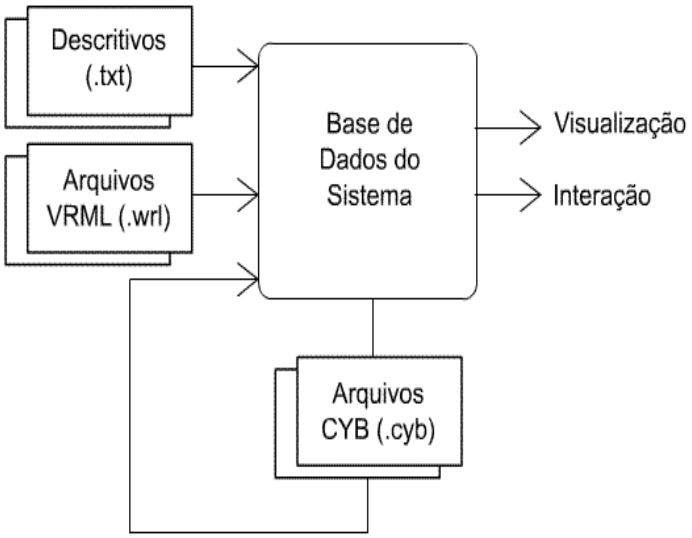
O desenvolvimento do sistema do AnatomI 3D teve como base a utilização de ferramentas de domínio público. Isto possibilitou um custo bastante baixo na sua construção, permitindo que possa ser acessível por um maior número de pessoas. Na implementação do sistema foi utilizada a linguagem de programação orientada a objetos C/C++, tendo como API gráfica a OpenGL e ambiente de desenvolvimento o Fedora Linux 3.0.

Os modelos gráficos utilizados no AnatomI 3D podem ser originados de qualquer editor de objetos tridimensionais. O sistema é capaz de reconhecer arquivos, de objetos gráficos modelados com malhas triangulares, na linguagem de descrição de objetos tridimensionais VRML (1.0 e 2.0), cuja extensão é '.wrl'.

A escolha deste formato foi tomada pelo fato dele já ser bastante difundido, sendo muito utilizado para visualização de objetos tridimensionais na internet. Para possibilitar um melhor desempenho na leitura dos objetos gráficos, é também criado, no momento da leitura de um objeto no formato de arquivo VRML, um formato de arquivo pré-processado (de extensão '.cyb'), contendo todas as informações necessárias à visualização, como por exemplo as normais dos polígonos e vértices. Assim, as leituras seguintes

podem ser realizadas com muito mais agilidade, pois não será mais necessário efetuar os cálculos da obtenção das normais, que requerem muito processamento durante a leitura dos arquivos que contém as informações dos objetos gráficos (Figura 2).

Figura 2 - Diagrama ilustrando entradas e saídas do sistema.



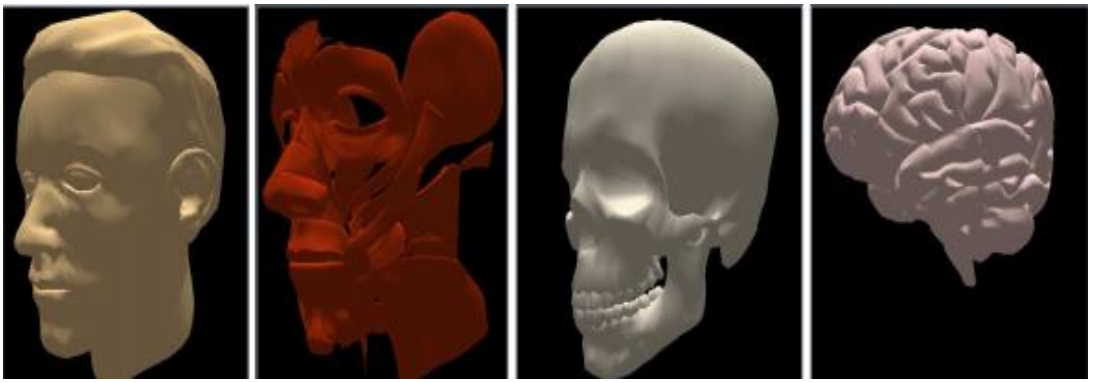
Fonte: (Monteiro *et al.*, 2006, p. 6)

A carga dos dados no sistema é feita com a entrada do arquivo (.wrl ou .cyb) contendo os dados do objeto que será exibido, além da entrada de um arquivo de texto (.txt) contendo as descrições das camadas que serão visualizadas (Figura 2). É possível utilizar no sistema quantas camadas a capacidade do computador utilizado permitir, pois a alocação de memória é feita dinamicamente, não havendo limites pré-estabelecidos no que se refere à quantidade máxima de camadas.

Monteiro *et al.* (2006) explicam que no AnatomI 3D cada camada (representada por arquivos .wrl ou .cyb) é tratada de forma independente, graças ao uso da ED que armazena informações de cada objeto gráfico separadamente. Isso confere maior autonomia aos responsáveis pela modelagem das estruturas anatômicas, pois os artistas gráficos podem focar na criação sem se preocupar com problemas de compatibilidade, desde que respeitem o formato do arquivo, neste caso, o VRML com malha triangular

(Figura 3).

Figura 3 - Camadas da estrutura da cabeça: pele, musculatura, crânio e cérebro



Fonte: (Monteiro *et al*., 2006, p. 6).

Segundo Monteiro *et al*. (2006), o AnatomI 3D proporciona ao usuário completa liberdade de interação com os objetos apresentados, utilizando dispositivos de entrada como mouse e teclado. O mouse é empregado para rotacionar objetos, exibir e selecionar opções do menu, ajustar o zoom, escolher camadas para visualização e controlar o nível de transparência através da modificação dos valores do canal alfa. Já o teclado é necessário para acessar teclas de atalho e ajustar parâmetros como a calibração da paralaxe para estereoscopia. As camadas disponíveis no menu e suas descrições dependem dos arquivos carregados no sistema.

Todos os recursos presentes no AnatomI 3D podem ser utilizados em computadores convencionais sem comprometimento do seu desempenho. Isto também é observado quando são aplicados os métodos de visualização estereoscópica. Esta característica, aliada ao fato do AnatomI 3D ser de uso livre e utilizar ferramentas de domínio público, possibilita que um número maior de pessoas possa ter acesso ao sistema e possa usá-lo sem enfrentar problemas de compatibilidade.

Futuramente, pretende-se incorporar interação háptica ao AnatomI 3D (Burdea; Coiffet, 2003), visando permitir ao usuário tocar as estruturas, identificando as características dos tecidos, como textura e rigidez. Neste

caso o estudante ou usuário do sistema poderá reconhecer e aprender as propriedades relacionadas aos tecidos apresentados.

3.2. CyberMed

O CyberMed é um sistema baseado em RV cujo objetivo é apoiar o ensino e treinamento médico através de explorações interativas do corpo humano e da simulação realista de procedimentos médicos em um ambiente virtual imersivo. O sistema CyberMed é desenvolvido sobre a plataforma VirtWall, um muro virtual baseado em ferramentas de domínio público e equipamentos de baixo-custo. Esta característica é importante para viabilizar economicamente o uso do CyberMed (Machado *et al*., 2004).

Os autores Machado *et al.* (2004) descrevem as principais características do CyberMed, incluindo visualização tridimensional, uso de modelos realistas, interação espacial com sensação de toque, deformação interativa das estruturas tocadas, compartilhamento visual e supervisão/avaliação das ações do usuário.

Para a visualização, o sistema oferece três opções: uma visualização monoscópica e duas estereoscópicas, permitindo observar as imagens em três dimensões. Essas imagens podem ser vistas em um monitor de vídeo convencional ou no muro virtual da plataforma VirtWall, com efeitos estereoscópicos obtidos através de anaglifos ou luz polarizada, facilitando o uso de óculos especiais para visualização. A visualização pode ser compartilhada entre várias pessoas para discussão e troca de opiniões.

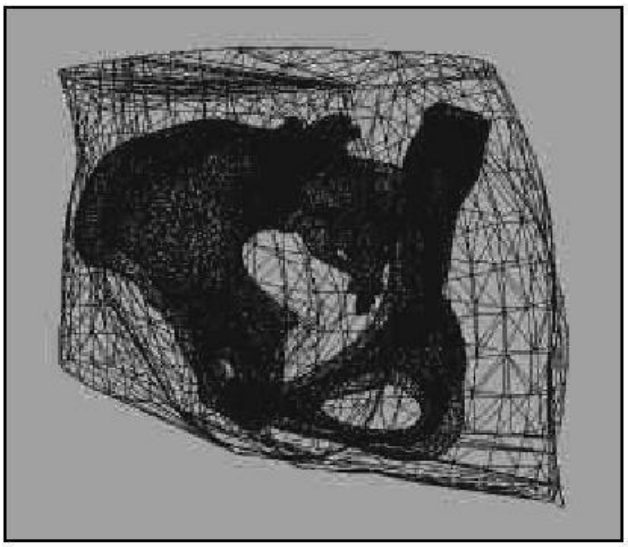
Machado *et al*. (2004) explicam que a interação com o sistema é realizada através de dispositivos convencionais de entrada, como mouse, teclado e joystick, oferecendo controles de translação, rotação e zoom para os objetos. Em certos casos, como durante a simulação de procedimentos médicos, a sensação de toque pode ser necessária para aumentar o realismo. Dispositivos hápticos são utilizados para oferecer feedback tátil durante a interação.

A modelagem dos objetos no sistema pode seguir técnicas de computação gráfica, categorizadas entre métodos puramente geométricos e

métodos baseados em princípios físicos, dependendo da necessidade de realismo e complexidade da simulação. Para avaliar o treinamento realizado, o CyberMed integra uma ferramenta de avaliação do usuário que supervisiona as atividades do usuário, coletando informações durante a interação e comparando-as com modelos prévios que descrevem padrões de conhecimento de especialistas sobre os procedimentos médicos em questão.

Machado *et al.* (2004) destacam que o sistema CyberMed tem sido eficaz na visualização interativa das estruturas do corpo humano, utilizando modelos tridimensionais que reproduzem morfologicamente a bacia, cabeça e coração humanos. Cada um desses modelos é composto por camadas externas e internas que refletem detalhes precisos da anatomia real, sendo elaborados meticulosamente com malhas triangulares, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo da bacia em três camadas: pele, ossos e medula óssea, representado por uma malha triangular.

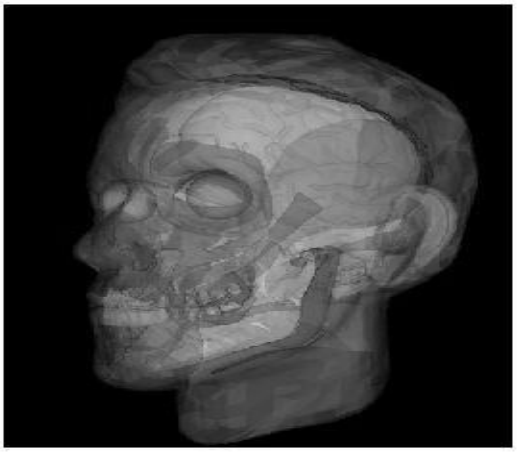


Fonte: (Machado *et al.*, 2004, p.575).

Durante o uso do sistema, é possível adicionar ou remover detalhes dos objetos virtuais, permitindo uma dissecação parcial em tempo real. Além disso, o sistema oferece a capacidade de visualizar as camadas individuais

dos objetos virtuais com semitransparência, destacando as conexões e a disposição de cada uma em relação à estrutura global, conforme representado na Figura 5.

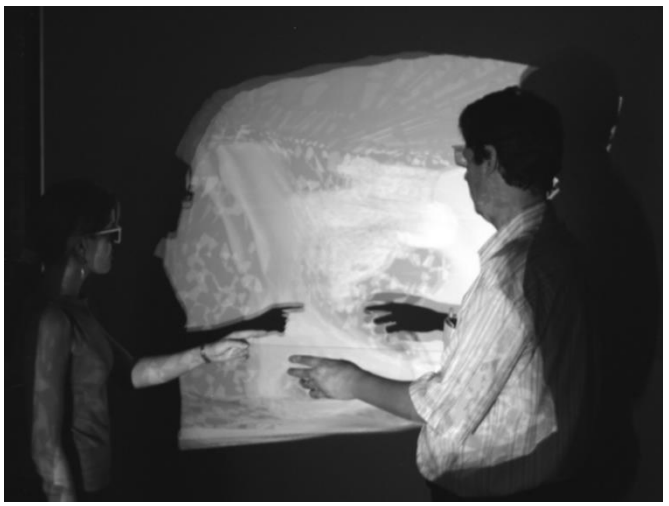
Figura 5 - Cabeça, camadas de pele, músculos, crânio e cérebro.



Fonte: (Machado *et al.*, 2004, p. 575).

O sistema também inclui um conjunto de menus que permitem ao usuário ajustar o nível de semitransparência, selecionar quais camadas do modelo são visíveis e solicitar descrições sobre as estruturas observadas. Quando solicitado, uma nova janela gráfica exibirá um texto explicativo sobre o modelo, fornecendo detalhes específicos sobre cada camada. A Figura 6 ilustra usuários utilizando o sistema para estudar a região pélvica.

Figura 6 - Estudo da região pélvica no CyberMed



Fonte: (Machado *et al.*, 2004, p. 575).

O CyberMed, já em uso para estudos de anatomia humana, oferece vantagens como baixo custo, pois utiliza ferramentas de programação públicas e dispositivos convencionais. Isso facilita sua adoção no ensino, onde o uso de sistemas comerciais similares seria economicamente inviável. Além disso, os sistemas de RV para ensino médico proporcionam treinamento realista, independente da disponibilidade de cadáveres e sem desgaste de modelos. Novos objetos virtuais estão sendo modelados para representar todas as estruturas do corpo humano, enquanto objetos baseados em dados de exames médicos reais estão sendo desenvolvidos para estudar problemas específicos.

4. Desafios de implementação

A RV tem demonstrado grande potencial na área da saúde, sendo aplicada em treinamento médico, reabilitação, tratamento de fobias, entre outros. No entanto, a implementação eficaz dessa tecnologia enfrenta uma série de desafios significativos.

Um dos principais desafios é o custo elevado associado ao desenvolvimento e manutenção de sistemas de RV de alta qualidade, o que pode limitar a acessibilidade e a adoção em instituições de saúde, especialmente em países em desenvolvimento (Birckhead *et al.*, 2019).

Weiss *et al*. (2014) destacam que a RV tem sido utilizada na neuro-reabilitação, mas a necessidade de hardware especializado, como óculos de RV e sensores de movimento, pode ser uma barreira para sua ampla implementação.

Embora a RV tenha demonstrado resultados promissores em diversas aplicações médicas, ainda é necessária a realização de estudos clínicos mais rigorosos para validar sua eficácia em diferentes contextos e para diversos grupos de pacientes. Por exemplo, Li *et al*. (2017) discutem as aplicações da RV na medicina, destacando a necessidade de pesquisas adicionais para confirmar seus benefícios clínicos. Isso é especialmente importante em áreas sensíveis, como o tratamento de transtornos mentais, onde a RV pode ter efeitos adversos se não for adequadamente calibrada e

monitorada (Riva; Gorini; Villani, 2008).

Muitos profissionais podem ser resistentes ao uso de novas tecnologias, devido à falta de treinamento adequado ou à percepção de que a RV é complexa e difícil de integrar nos fluxos de trabalho existentes (Halbig *et al*., 2022). Isso indica a necessidade de programas de treinamento e de uma abordagem gradual para a implementação da RV nas práticas de saúde.

A questão da usabilidade e do conforto dos dispositivos de RV não pode ser ignorada. Problemas como a "ciberenjoo" (cybersickness), que inclui sintomas como náusea e tontura provocados pelo uso prolongado da RV, ainda representam um obstáculo para o uso generalizado dessa tecnologia (Rebenitsch; Owen, 2016).

Um desafio significativo é a necessidade de personalizar as aplicações de RV para diferentes pacientes. As condições de saúde variam amplamente entre os indivíduos, e uma solução única de RV pode não ser eficaz para todos os pacientes. Desenvolver ambientes virtuais que se adaptem às necessidades específicas de cada paciente exige tempo, recursos e expertise, o que pode limitar a escalabilidade das soluções de RV na saúde (Keshner *et al*., 2019).

A falta de interoperabilidade entre os sistemas pode dificultar a adoção da RV, pois os profissionais de saúde precisam de soluções que se integrem facilmente aos seus fluxos de trabalho diários (Kim; Park; Nam, 2015). Além disso, garantir a compatibilidade entre diferentes dispositivos de RV e tecnologias médicas é crucial para a eficácia e eficiência do tratamento.

A RV também levanta questões éticas e de privacidade, especialmente quando utilizada em contextos sensíveis como a psicoterapia e o tratamento de transtornos mentais. A coleta de dados biométricos e comportamentais durante as sessões de RV pode expor informações pessoais dos pacientes, levantando preocupações sobre a segurança e o uso desses dados (Stanney; Hale, 2019). Garantir que os dados sejam protegidos e utilizados de forma ética é um desafio contínuo.

Por ser uma tecnologia relativamente nova, a RV pode ser vista com ceticismo, especialmente por aqueles que não estão familiarizados com suas

aplicações ou que têm preocupações com sua eficácia (Gamito; Pereira; Pimentel, 2019). Superar essa resistência exige educação, treinamento e demonstrações claras dos benefícios da RV na prática clínica.

Além dos problemas de "ciberenjoo" já mencionados, o impacto psicológico do uso prolongado de RV é uma área de preocupação. O uso extensivo de ambientes virtuais pode causar desorientação, problemas de percepção e dificuldades em distinguir entre o mundo virtual e o real, o que pode ser particularmente problemático em contextos terapêuticos (Gorini; Riva, 2008). Avaliar e mitigar esses efeitos adversos é essencial para a aplicação segura da RV na saúde.

5. Considerações Finais

RV no ambiente da medicina representa uma inovação transformadora, proporcionando ambientes simulados que ampliam as possibilidades de treinamento, diagnóstico e tratamento. Com o uso de RV, profissionais de saúde podem treinar procedimentos complexos em cenários virtuais realistas, sem riscos para os pacientes. Essa tecnologia permite a simulação de cirurgias, emergências médicas e outras práticas clínicas, facilitando a aquisição de habilidades técnicas e aprimorando a precisão dos profissionais.

Suas primeiras aplicações evoluíram significativamente desde o entretenimento e nas forças armadas, tornando-se uma ferramenta essencial na medicina moderna. Utilizada para o planejamento pré-operatório, treinamento cirúrgico, reabilitação e até mesmo em terapias de exposição para fobias, as ferramentas de RV oferecem novas possibilidades para o cuidado à saúde, assim como o AnatomI 3D, que permite que os estudantes manipulem e explorem modelos virtuais, visualizando camadas do corpo, interagindo com órgãos e sistemas em escala real e observando as relações espaciais entre as diferentes estruturas. Essa abordagem aumenta a retenção do conhecimento e promove uma experiência de aprendizado mais envolvente e intuitiva. O AnatomI 3D se consolida como uma ferramenta essencial e acessível para o ensino médico, preparando futuros profissionais

de saúde de forma mais eficaz e prática.

Outra ferramenta inovadora é o CyberMed, que possibilita simular cenários clínicos complexos e variados, que vão desde procedimentos de rotina até emergências críticas, proporcionando uma formação mais abrangente e realista. Essa plataforma possibilita o treinamento colaborativo, permitindo que equipes médicas pratiquem a comunicação e o trabalho em grupo, aspectos essenciais para o sucesso em contextos de alta pressão. O CyberMed contribui para a redução de erros médicos e a melhoria da qualidade dos cuidados à saúde, preparando profissionais mais seguros e competentes.

A implementação da RV na medicina oferece uma série de benefícios, mas enfrenta desafios significativos que precisam ser superados para que seu potencial seja plenamente realizado. Entre os principais obstáculos estão os altos custos de aquisição; esses custos limitam o acesso, especialmente para instituições de ensino e hospitais com recursos restritos, questões éticas e de regulamentação, já que o uso de RV na formação médica exige garantias de que os profissionais treinados com essa tecnologia estejam devidamente capacitados para o atendimento real de pacientes, e a manutenção dos equipamentos, que incluem não só dispositivos de hardware, como óculos e sensores, mas também os softwares complexos necessários para criar simulações realistas.

Apesar desses desafios, a RV continua a mostrar resultados promissores, com evidências de que sua utilização pode melhorar a segurança, a precisão e a confiança dos profissionais de saúde. Superar esses obstáculos envolve não apenas avanços tecnológicos, mas também investimentos em infraestrutura, parcerias público-privadas e o desenvolvimento de regulamentos adequados para garantir o uso seguro e eficaz da RV na medicina.

Espera-se que este trabalho contribua significativamente para a discussão e investigação contínuas sobre o uso da RV na medicina, incentivando uma compreensão mais profunda das aplicações e dos benefícios dessa tecnologia no campo da saúde, promovendo avanços

nesse campo em constante evolução.

6. Referências

BIRCKHEAD, B.; KHALIL, C.; LIU, X.; CONOVITZ, S.; RIZZO, A.; DANOVITCH, I.; BULLOCK, K.; SPIEGEL, B. Recommendations for Methodology of Virtual Reality Clinical Trials in Health Care by an International Working Group: Iterative Study. *JMIR Mental Health*, v. 6, n. 1, e11973, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.2196/11973. Acesso em: 11 set. 2024.

BURDEA, G.; COIFFET, P. *Virtual reality technology*. 2. ed. John Wiley & Sons, 2003. Disponível em: www.projetohomemvirtual.com.br. Acesso em: 10 abr. 2024.

CORRÊA, C. G.; MARQUES, F. D. L. D. S. N. Interação com dispositivos convencionais e não convencionais utilizando integração entre linguagens de programação. *Abordagens práticas de realidade virtual e aumentada*, 2009.

DELAZARI, L. S. Atlas Digital. In: COSTA, J. D.; BARROS, L. A. L. (Orgs.). *Geoinformação e geoprocessamento*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. p. 235-254.

FREEMAN, D.; REEVE, S.; ROBINSON, A.; EHLERS, A.; CLARK, D.; SPANLANG, B.; SLATER, M. Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychological Medicine*, v. 47, n. 14, p. 2393-2400, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S003329171700040X. Acesso em: 11 set. 2024.

GAMITO, P.; PEREIRA, A.; PIMENTEL, P. Virtual reality in the assessment and treatment of PTSD: challenges and perspectives. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, v. 15, p. 507-519, 2019.

GORINI, A.; RIVA, G. Virtual reality in the treatment of anxiety disorders: the past and the future. *CyberPsychology & Behavior*, v. 11, n. 5, p. 585-590, 2008.

HALBIG, A.; BABU, S. K.; GATTER, S.; LATOSCHIK, M. E.; BRUKAMP, K.; VON MAMMEN, S. Opportunities and challenges of virtual reality in healthcare – a domain experts inquiry. *Frontiers in Virtual Reality*, v. 3, p. 837616, 2022. DOI: 10.3389/frvir.2022.837616.

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

KIM, K.; PARK, E.; NAM, J. Interoperability of virtual reality systems in healthcare: a challenge for system integration. *Journal of Medical Systems*, v. 39, n. 7, 2015. DOI: 10.1007/s10916-015-0265-3.

JOSHI, R.; SCHWARTZ, J. A.; KURTZ, M. A. Virtual reality in surgical training and planning: A review. *Journal of Surgical Education*, v. 75, n. 2, p. 521-530, 2018.

KASPRZAK, T.; AN, J.; CHEN, Z. The effectiveness of virtual reality for medical education and training: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, v. 17, n. 12, 2015. DOI: 10.2196/jmir.5073.

KESHNER, E. A.; WEISS, P. T.; GEIFMAN, D.; RABAN, D. Tracking the evolution of virtual reality applications to rehabilitation as a field of study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 16, n. 1, p. 76, 2019. DOI: 10.1186/s12984-019-0552-6.

KOPEC, D.; KABIR, M. H.; REINHARTH, D.; ROTHSCHILD, O.; CASTIGLIONE, J. A. Human errors in medical practice: systematic classification and reduction with automated information systems. *Journal of*

Medical Systems, v. 27, n. 4, 2003.

KNEENONE, R. L.; SCOTT, W.; DARZI, A.; HORROCKS, M. Simulation and clinical practice: strengthening the relationship. *Medical Education*, v. 38, n. 10, 2004.

LI, L; HUANG, W; LI, G; LI, Y. Application of virtual reality technology in clinical medicine. *American Journal of Translational Research*, v. 9, n. 9, p. 3867–3880, 2017. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5638741/. Acesso em: 20 abr. 2024.

MACHADO, L. S.; CAMPOS, S. F.; CUNHA, I. L.; MORAES, R. M. de. Cybermed: realidade virtual para ensino médico. In: **III Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica**, 2004, João Pessoa.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.; NUNES, F. L. S. Realidade Virtual: conceitos, dispositivos e aplicações. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2004.

MARAN, N. J.; GLAVIN, R. J. Low- to high-fidelity simulation – a continuum of medical education? *Medical Education*, v. 37, n. 1, p. 22-28, 2003.

MONTEIRO, B. S.; VALDEK, M. C.; CUNHA, I. L.; MORAES, R. M.; MACHADO, L. S. AnatomI 3D: um atlas digital baseado em realidade virtual para ensino de medicina. João Pessoa, 2006.

MORGAN, K. S.; WESTWOOD, J. D. NextMed, health horizon. *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality*, v. 1, p. V, 2003.

NETTO, A. V.; MACHADO, L. S.; OLIVEIRA, M. C. F. Realidade virtual: definições, dispositivos e aplicações. *Revista Eletrônica de Iniciação*

Científica da SBC, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 1-33, 2002.

OLIVEIRA, R. J. Introdução ao Atlas. In: **OLIVEIRA, R. J.** (Org.). *Atlas do Brasil*. São Paulo: Edusp, 1993. p. 39.

PENALVER, J.; MARTÍNEZ, L.; FLORES, J. Virtual reality for stroke rehabilitation: A systematic review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v. 34, n. 5, p. 414-427, 2020.

PIMENTEL, K.; TEIXEIRA, K. Virtual reality - through the new looking glass. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1995.

REBENITSCH, L.; OWEN, C. Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Reality*, v. 20, n. 2, p. 101-125, 2016.

RIVA, G. Virtual reality in clinical psychology. In: **EICHENBERG, C.** (Ed.). *Virtual reality in psychological, medical and pedagogical applications.* InTech, 2012. p. 15-38. DOI: 10.5772/50012.

RIVA, G.; GORINI, A.; VILLANI, D. Presence and relaxation: a comparison of a 3D and a 2D immersive virtual world. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, v. 11, n. 6, p. 591-599, 2008.

SANTOS, V.; HERMOSILLA, L. Realidade virtual na medicina. *Revista Científica Eletrônica de Sistemas de Informação,* v. 1, n. 2, 2005. Faculdade de Ciências Jurídicas e Gerenciais – FAEG/GARÇA. ISSN 1807-1872.

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. Understanding virtual reality: interface, application, and design. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2002.

STANNEY, K. M.; HALE, K. S. Handbook of virtual environments: design, implementation, and applications. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2019.

TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada. Editora SBC, 2006.

WEISS, P. L.; KIZONY, R.; FEINTUCH, U.; KATZ, N. Virtual reality in neurorehabilitation. In: **SELZER, M.; COHEN, L.; GAGE, F.; CLARKE, S.; DUNCAN, P.** (Eds.). *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation.* Cambridge University Press, 2014. p. 192-218.