

# A incorporação das tecnologias de realidade virtual na educação, ciências e saúde: Desenvolvimento de experiências inovadoras em ambientes de metaverso

La incorporación de las tecnologías de realidad virtual en la educación, las ciencias y la salud: desarrollo de experiencias innovadoras en entornos de metaverso

*The Incorporation of Virtual Reality Technologies in Education, Science, and Health: Developing Innovative Experiences in Metaverse Environments*

## AUTORES

**Gustavo de Oliveira Figueiredo\***

[gfigueiredo.ufrj@gmail.com](mailto:gfigueiredo.ufrj@gmail.com)

**Mauricio De Seta\*\***

[mauricio.seta@fiocruz.br](mailto:mauricio.seta@fiocruz.br)

**Ádrivan Machado Henrique\*\*\***

[psicologoadrivanmachado@gmail.com](mailto:psicologoadrivanmachado@gmail.com)

\* Pós-doutorado em Estudos Culturais pela McMaster University (Canadá).

\*\* Mestre em Tecnologia Educacional em Saúde pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ, Brasil). Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz, Brasil).

\*\*\* Mestre em Educação, Ciências e Saúde pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ, Brasil).

## RESUMO:

Neste estudo investigam-se as aplicações e limitações da incorporação de tecnologias digitais emergentes nas áreas da saúde e da educação, com ênfase nos processos de ensino-aprendizagem e nas experiências pedagógicas em ambientes de metaverso. Integrado ao projeto de pesquisa articulado por Figueiredo *et al.* (2022), o trabalho parte das seguintes questões: (1) Que processos psicológicos, somáticos e cinéticos operam quando as pessoas utilizam dispositivos de realidade virtual? (2) Como esse meio virtual pode transformar, de maneira estrutural, as pessoas e a sociedade? (3) O que pode ocorrer quando simulações e experiências concretas são vivenciadas sem a necessidade da infraestrutura física do mundo real? (4) Como criar e promover, de forma ativa, ações em realidade virtual capazes de produzir melhorias socialmente equânimes, sem restringir o mundo real ao nosso redor? (5) Como é sentida e percebida a presença virtual de um indivíduo conectado à realidade por dispositivos digitais? (6) Quais são as características das diferentes concepções de metaverso existentes, suas fragilidades, riscos e potencialidades? (7) Como incorporar essas tecnologias no contexto educacional? (8) Quais são as possíveis aplicações dessas tecnologias emergentes na área da saúde? Para responder a essas questões, realizou-se uma revisão internacional da literatura científica publicada em inglês nos últimos cinco anos, com o objetivo de identificar fundamentos teóricos e metodológicos relevantes. Espera-se que este estudo contribua para a formulação de novas respostas e para o desenvolvimento de projetos de ensino, pesquisa, extensão e inovação tecnológica.

## RESUMEN:

En este estudio se investigan las aplicaciones y limitaciones de la incorporación de tecnologías digitales emergentes en los ámbitos de la salud y la educación, con énfasis en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en las experiencias pedagógicas en entornos de metaverso. Integrado en el proyecto de investigación articulado por Figueiredo *et al.* (2022), el trabajo parte de las siguientes cuestiones: (1) ¿Qué procesos psicológicos, somáticos y cinéticos operan cuando las personas utilizan dispositivos de realidad virtual? (2) ¿Cómo puede este medio virtual transformar estructuralmente a las personas y a la sociedad? (3) ¿Qué puede ocurrir cuando simulaciones y experiencias concretas se viven sin necesidad de la infraestructura física del mundo real? (4) ¿Cómo crear y promover activamente acciones en realidad virtual capaces de generar mejoras socialmente equitativas, sin limitar el mundo real que nos rodea? (5) ¿cómo se siente y

---

percibe la presencia virtual de un ser humano conectado a la realidad mediante dispositivos digitales? (6) ¿Cuáles son las características de las distintas concepciones de metaverso existentes, sus fragilidades, riesgos y potencialidades? (7) ¿Cómo incorporar estas tecnologías en el contexto educativo? (8) ¿Cuáles son las posibles aplicaciones de estas tecnologías emergentes en el ámbito de la salud? Para responder a estas cuestiones, se realizó una revisión internacional de la literatura científica publicada en inglés durante los últimos cinco años, con el fin de identificar fundamentos teóricos y metodológicos pertinentes. Se espera que este estudio contribuya a la formulación de nuevas respuestas y al desarrollo de proyectos de docencia, investigación, extensión e innovación tecnológica.

#### **ABSTRACT:**

This study examines the applications and limitations of incorporating emerging digital technologies in the fields of health and education, with an emphasis on teaching-learning processes and pedagogical experiences in metaverse environments. Integrated into the research project coordinated by Figueiredo *et al.* (2022), the study is guided by the following questions: (1) What psychological, somatic, and kinetic processes operate when individuals use virtual reality devices? (2) How can this virtual medium fundamentally transform individuals and society? (3) What may occur when simulations and concrete experiences are lived without the need for the physical infrastructure of the real world? (4) How can we actively create and promote virtual reality actions capable of producing socially equitable improvements without limiting the real world around us? (5) How is the virtual presence of a human being connected to reality through digital devices experienced and perceived? (6) What are the characteristics of the different existing conceptions of the metaverse, including their weaknesses, risks, and potentialities? (7) How can these technologies be incorporated into the educational context? (8) What are the possible applications of these emerging technologies in the field of health? To address these questions, an international review of scientific literature published in English over the past five years was conducted in order to identify relevant theoretical and methodological foundations. It is expected that this study will contribute to the development of new approaches and conditions for teaching, research, extension, and technological innovation projects.

## 1. Introdução. Realidade virtual e ambientes de metaverso como tecnologias emergentes

Com o avanço tecnológico da microinformática, dos chips e superprocessadores, os computadores e dispositivos móveis são cada vez mais eficientes, o que tem possibilitado a incorporação da realidade virtual e os ambientes de metaverso ao cotidiano de diversos setores, inclusive na educação e na saúde. Conforme García, Ortega e Zednik (2017), o termo realidade virtual (RV) foi cunhado por Lanier na década de 1980, cujos estudos se voltavam para a pesquisa de simuladores multiusuários em ambientes compartilhados online. Já na década de 1990, o termo foi definido por Manetta e Blade (1995) como sendo um sistema de computador usado para criar um mundo artificial no qual o usuário tem a impressão de ter a capacidade de navegar, estar nele e manipular seus objetos.

O conceito de RV foi atualizado por Arbona, Palacios e Rivera (2007) como sendo uma tecnologia que permite a criação de um espaço tridimensional por meio de um computador; isto é, permite a simulação da realidade, com a grande vantagem de que podemos introduzir, no ambiente virtual, elementos e eventos que consideramos úteis, segundo o objetivo a que nos propomos (García, Ortega & Zednik, 2017).

Especificamente no setor educacional, as aplicações da RV deveriam promover diferentes metodologias de ensino que facilitem o processo de ensino-aprendizagem, possibilitando, assim, sua utilização especialmente em experiências práticas. Trata-se de contextos nos quais professores e alunos interagem mediados por tecnologias emergentes, em processos de troca de experiências e aprendizagens.

A experiência de imersão pode oportunizar novas experiências como a manipulação de objetos, visitar lugares e estar em contato com situações que são potencialmente inacessíveis. Desse modo, aproxima-se o imaginário da realidade, incorporando à escola experiências anteriormente inacessíveis (Bailenson, 2018).

Por outro lado, quanto ao conceito de metaverso, este é usado para denominar qualquer espaço digital compartilhado por usuários de sistema operacional que combinam várias tecnologias de RV, realidade aumentada e/ou realidade mista, onde os usuários se comunicam e interagem no mundo digital a partir de seus dispositivos acoplados no mundo real. Um metaverso é, portanto, uma rede de mundos virtuais 3D focada na conexão social.

Na literatura deste estudo, o metaverso foi descrito como uma interação em um mundo virtual único e universal, conectado por meio de computadores. Embora o conceito seja oriundo do livro de ficção científica *Snow Crash* (Stephenson, 1992), posteriormente foi reformulado e incorporado pelos desenvolvedores de sistemas computacionais, principalmente no setor de games.

O metaverso é um ambiente simulado da realidade e o seu desenvolvimento cresceu para incluir reconhecimento facial, processamento de linguagem natural, digitalização de objetos 3D, blockchain e geminação digital. Esta inovação proporcionou aos investigadores e engenheiros a capacidade de expandir significativamente as tecnologias novas e existentes, utilizando métodos adaptáveis para utilização no metaverso (Mejia, Ruiz & Rawat, 2022).

O século XXI se caracteriza pelo avanço da microinformática e das tecnologias digitais, sendo plausível afirmar que a realidade virtual poderá promover uma nova revolução na cultura digital e nas redes sociais, já que as aplicações propostas para a tecnologia virtual e o metaverso

### **PALAVRAS-CHAVE**

Tecnologias emergentes; metaverso; realidade virtual; educação; saúde.

### **PALABRAS CLAVE**

tecnologías emergentes; metaverso; realidad virtual; educación; salud.

### **KEYWORDS**

Emerging technologies; metaverse; virtual reality; education; health.

Recibido:

13/12/2025

Acceptado:

13/05/2026

incluem ambientes de aprendizagem interativos. Entretanto, para Yu (2022), a tecnologia do metaverso está atualmente em desenvolvimento como uma plataforma centrada nas indústrias de informação baseadas em conteúdos e pode ser classificada em quatro categorias: realidade aumentada, *lifelogging*, mundos espelhados e mundos virtuais.

Se por um lado os metaversos estão ainda impedidos de alcançar escalas maiores por falta de infraestrutura para hardware, software e falta de padrões de governança claros, por outro, autores como Bostrom (2011) argumentam que futuros desenvolvimentos tecnológicos, como uma computação gráfica mais realista e melhorias na tecnologia de inteligência artificial, continuarão a incentivar o envolvimento do usuário, o que levará à normalização do uso das tecnologias de RV e dos próprios metaversos.

Embora seja crescente o número de pesquisas sobre o tema, algumas questões continuam a inquietar: Que processos psicológicos, somáticos e cinéticos operam quando as pessoas usam dispositivos de RV? Como esse meio virtual pode transformar fundamentalmente as pessoas e a sociedade? O que pode acontecer quando simulações e experiências concretas são vivenciadas sem a necessidade da infraestrutura física? Como podemos procurar e criar ativamente ações em realidade virtual capazes de melhorar de forma socialmente equânime sem limitar o mundo real ao nosso redor? Como é sentida e percebida a presença virtual de um ser humano conectado à realidade por dispositivos digitais? Quais as características das diferentes concepções de metaverso existentes, suas fragilidades, riscos e potencialidades? Como incorporar essas tecnologias no contexto educacional? Quais as possíveis aplicações dessas tecnologias emergentes na área da saúde?

Para responder a esses questionamentos, foi realizada uma revisão integrativa da bibliografia científica dos campos da educação e saúde sobre aplicações de RV e metaverso. Além disso, busca-se contribuir para a fundamentação teórica e metodológica de novos projetos de ensino, pesquisa, extensão e desenvolvimento tecnológico, explorando as possibilidades e limitações das tecnologias de RV.

## 2. Método

Embora não seja objeto nesse artigo, cabe registrar que este projeto de pesquisa também possui um extenso eixo de experimentação empírica com desenvolvimento de protocolo de coleta de dados e experimentos com a participação de voluntários. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro sob parecer número 5.988.302 (CAAE 66654723.9.0000.5286).

Foi realizado um levantamento da literatura científica internacional publicada em inglês sobre o tema nos últimos cinco anos. Para tal, foram adotados procedimentos de revisão integrativa da literatura que incluíram: 1) busca geral e identificação dos documentos na base de dados do Google Scholar; 2) seleção dos textos para o corpus de análise aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão; 3) inserção dos textos na matriz de análise; 4) leitura completa dos textos e identificação das categorias temáticas; 5) classificação das categorias temáticas agrupadas conforme os conteúdos e análise crítica dos textos que compuseram o corpus da revisão de literatura.

O levantamento bibliográfico ocorreu entre os meses de janeiro e maio de 2023 e foi desenvolvido em cinco passos sequenciais a partir de modelo desenvolvido por Figueiredo e Giroux (2020). Optou-se por utilizar exclusivamente a base de dados do Google Scholar após verificar em fase exploratória anterior do estudo que todos os retornos provenientes de outras bases de dados se repetiam na base do Google, ou seja, esta base de dados é suficientemente abrangente para a identificação de estudos internacionais publicados e revisados por pares. Cabe também informar que não foram utilizadas ferramentas de inteligência artificial no âmbito desta revisão. Todo procedimento foi realizado manualmente pelos autores. Os procedimentos detalhados do levantamento, assim como o número de artigos selecionados para compor o corpus (N), após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, estão detalhadamente descritos a seguir.

Utilizou-se a seguinte chave de busca: ["virtual reality" + "metaverse" + "education" + "health"] com um retorno de 5.482 ocorrências na forma de artigos científicos, livros, dissertações, teses e trabalhos de

conclusão de curso. Entretanto, com objetivo de melhor refinamento foram excluídos os textos cujo idioma principal não era o inglês; documentos que não foram revisados por pares ou que tenham sido publicados anteriormente aos últimos 5 anos (2019 a 2023).

Com a definição desses critérios avançados de busca, identificamos 789 resultados. Em seguida, foi realizada uma análise dos títulos e foram excluídos os textos duplicados, com conteúdo não relacionado ao tema ou fora do escopo e os artigos exclusivamente relacionados aos aspectos clínicos e procedimentais, específicos da área de atenção e cuidados à saúde. Restaram 175 ocorrências após a aplicação desses critérios de inclusão e Exclusão.

Em uma etapa seguinte, foram lidos os resumos disponíveis na base de dados desses 175 documentos, dos quais identificou-se que 42 estavam relacionados ao setor saúde, 48 estavam relacionados ao setor educação e 85 abordavam aspectos mais específicos relacionados às tecnologias. Desses, foram excluídos 31 documentos cujo texto na íntegra não estava disponível em domínio público ou a partir do acesso institucional garantido pelo sistema de bibliotecas da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Com isso, restaram 144 documentos que foram lidos na íntegra.

Após a leitura completa dos textos, mais 69 documentos foram excluídos já que 11 textos eram relacionados exclusivamente ao campo da atenção à saúde ou abordavam aspectos clínicos específicos; além de 58 textos que eram estudos teóricos ou de revisão de literatura sobre o tema das tecnologias emergentes (realidade virtual e/ou metaverso), mas que não se enquadraram no escopo do estudo por não haver qualquer relação nem com a área da saúde e nem com a área da educação, sendo sua grande maioria relacionada a aspectos de sistema computacional, programação, engenharia de rede e conteúdo mais específicos de desenvolvimento tecnológico. Com isso, restaram 75 documentos.

Neste ponto cabe destacar que também houve uma avaliação crítica quanto à qualidade metodológica dos estudos. Além de incluir exclusivamente artigos científicos publicados em revistas científicas revisadas por pares, foram eliminados os textos que não apresentavam metodologia clara e consistente, principalmente quanto aos critérios de fiabilidade científica e detalhamento da técnica de análise dos dados.

Assim, dos 75 documentos restantes, foram excluídas 18 referências pois 12 eram referentes à capítulos de livro publicados por editoras que não possuem comitê editorial científico, 4 textos estavam redigidos em idioma diferente do inglês (1 em japonês, 1 em chinês, 1 em espanhol e 1 em alemão) e 2 textos eram artigos de opinião em páginas de internet específicas de divulgação científica. Desse modo, selecionamos 57 obras para compor o corpus de análise. Sendo 31 artigos de revisão de literatura, 19 ensaios teóricos, 7 estudos empíricos com trabalho de campo em sua coleta de dados.

Os 57 documentos que compõem o corpus de análise (N=57) foram novamente lidos na íntegra e agrupados em quatro categorias temáticas: i) 6 textos relacionados especificamente ao ensino ou formação na área da saúde (N=6); ii) 16 textos relacionados a experiências no campo da educação (N=16); iii) 20 textos relacionados à aplicações na área da saúde (N=20); iv) 15 textos abordando aspectos da tecnologia com experiências, casos e teorias que se aplicam às áreas da educação ou da saúde (N=15). Desses 57 textos que compuseram o corpus de análise desse artigo, 31 deles eram artigos de revisão de literatura, 19 deles eram ensaios teóricos e somente 7 eram estudos empíricos com a realização de trabalho de campo próprio para a coleta de dados.

A análise dos 57 documentos que compõem o corpus do estudo foi desenvolvida ao longo do ano de 2023 pelos pesquisadores adotando-se como referencial a técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (1979). Com a intenção de organizar a discussão dos resultados, foram criadas quatro categorias de análise e organizou-se um quadro contendo a definição das quatro categorias e a referência bibliográfica dos textos que compõem cada uma delas como pode ser observado no quadro 1.

Quadro 1. Definição das 4 categorias temáticas e suas respectivas referências bibliográficas a partir da análise do corpus de documentos da revisão de literatura (N=57)

| CATEGORIAS DE ANÁLISE                                                                                                   | DEFINIÇÃO DA CATEGORIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Experiências e aplicações das tecnologias de realidade virtual e metaverso na área da saúde (n= 20)                     | Estudos que investigam aplicações das tecnologias de realidade virtual e metaverso em diversos campos na área da saúde. Analisam as potencialidades e os riscos associados ao uso dos dispositivos. Discutem os principais desafios desde o acesso aos equipamentos, as barreiras socioeconômicas e os aspectos culturais até àqueles relacionados à privacidade dos dados e segurança dos usuários num setor onde a sensibilidade das informações é evidente como na saúde. Debatem sobre os efeitos na saúde com ênfase para o risco de vício, a alta prevalência de náusea, tonteira e enjoo e, mesmo que em menor prevalência, alterações fisiológicas, biomecânicas e subjetivas.                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Colak & Haberal (2022)<br>Wang, <i>et al.</i> (2022)<br>Riva, <i>et al.</i> (2021)<br>Pensieri & Pennacchini (2014)<br>Bale, <i>et al.</i> (2022)<br>Mejia & Danda (2022)<br>Kawarase, Mrudul, <i>et at.</i> (2022)<br>Prasetyo (2022)<br>Rose, Brooks & Rizzo (2005)<br>Perra, <i>et al.</i> (2023)<br>Hilken & Debbie (2022)<br>Walters, <i>et al.</i> (2022)<br>Nikolaou, Schwabe & Boomgaarden (2022)<br>Pimentel, <i>et al.</i> (2021)<br>Conner, <i>et al.</i> (2022)<br>Spano, <i>et al.</i> (2023)<br>Yang, <i>et al.</i> (2022)<br>Chen, Donghua & Zhang (2022)<br>Mukhopadhyay (2021)<br>Bojic (2022) |
| Experiências e aplicações das tecnologias de realidade virtual e metaverso no campo do ensino e formação em saúde (n=6) | Estudos que investigam aspectos mais específicos das tecnologias de realidade virtual e metaverso no contexto do ensino e educação de profissionais de saúde. Discutem o aumento considerável do uso das tecnologias emergentes aplicados na formação em saúde nas especialidades de cardiologia, anatomia, cirurgia, neurologia e neuroanatomia. Procura-se definir as características necessárias a formação dos profissionais de saúde e os critérios para seleção das plataformas de ensino e aprendizagem, a definição dos objetivos educacionais e a criação de novas atividades educativas de acordo com os softwares disponíveis. Discutem o alto investimento necessário para a oferta de novas experiências educativas com essas tecnologias.                                                                                                                                                                                                                              | Sandrone (2022)<br>Yu (2022)<br>Adnan & Xiao (2023)<br>Vandermolen, <i>et al.</i> (2022)<br>Zafar, <i>et al.</i> (2022)<br>Lopez, <i>et al.</i> (2021)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Experiências e aplicações das tecnologias de realidade virtual e metaverso na área da educação (n=16)                   | Estudos que investigam experiências com tecnologias de realidade virtual e metaverso no contexto educacional. Avaliam os benefícios e riscos do uso das tecnologias no contexto de sala de aula e discutem limitações técnicas na maioria das instituições de ensino. Analisam o crescimento das publicações após a covid19 com o surgimento de novas questões de pesquisa relacionadas ao metaverso no contexto educacional, entretanto na prática, ainda há uma grande carência na formação dos professores quanto ao tema das tecnologias educacionais. Analisam como o uso na formação de professores pode ser eficaz para a simulação de diversos ambientes, contextos e situações de ensino, favorecendo a experimentação prática. Refletem que além das implicações curriculares e pedagógicas, as tecnologias emergentes afetaram o próprio modelo do negócio no setor educacional privado e sobre a necessidade de se discutir o poder das big tech nos dados dos usuários. | Onggirawan, <i>et al.</i> (2023)<br>Hwang & Chien (2022)<br>Reyes, <i>et al.</i> (2023)<br>Asad; <i>et al.</i> (2021)<br>Mistretta (2022)<br>Zhang, <i>et al.</i> (2022)<br>Huang, <i>et al.</i> (2023)<br>Beck & Perkins (2014)<br>Correia, <i>et al.</i> (2012)<br>Kim, Lee & Thomas (2012)<br>Cyphert, Wurtz & Duclos (2013)<br>Mystakidis & Christopoulos (2022)<br>Netland & Hines (2021)<br>Alam (2021)<br>Kinsner (2021)<br>Almenara, Ortiz & Cejudo (2022)                                                                                                                                              |

|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspectos tecnológicos e de desenvolvimento computacional em realidade virtual e metaverso (n=15) | Estudos que investigam aspectos sociais, técnicos e computacionais das tecnologias emergentes. Refletem sobre os riscos relacionados à segurança dos dados e privacidade dos usuários dos dispositivos de realidade virtual e ambientes de metaverso. Pesquisam soluções para a interoperacionalidade, escalabilidade e duração de baterias, necessário para uma experiência imersiva de melhor qualidade. Analisam aspectos que representam um risco de manter a reprodução da desigualdade no acesso aos equipamentos de realidade virtual, podendo também incluir preconceitos de algoritmos ou outras novas formas de exclusão social e digital, demandando uma regulamentação, o que também é apresentado como a possibilidade de uma agenda que estabeleça políticas públicas eficazes de estímulo à inovação e desenvolvimento tecnológico. | Dincelli & Yayla (2022)<br>Koohang, <i>et al.</i> (2023)<br>Xanthidou, Aburumman & Ben-Abdallah (2022)<br>Lee, <i>et al.</i> (2021)<br>Chen, <i>et al.</i> (2022)<br>Jabar, <i>et al.</i> (2022)<br>Zhang, <i>et al.</i> (2022)<br>Ali, <i>et al.</i> (2022)<br>Huang, <i>et al.</i> (2022)<br>Chow, <i>et al.</i> (2022)<br>Egliston & Carter (2021)<br>Van-der-Merwe (2021)<br>Wang, <i>et al.</i> (2022)<br>Lee, <i>et al.</i> (2022)<br>Dozio, <i>et al.</i> (2022) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Elaboração própria (2023).

### 3. Resultados

#### 3.1. Experiências e aplicações das tecnologias de realidade virtual e metaverso na área da saúde (n=20)

Estudos que investigam aplicações das tecnologias de RV e metaverso em diversos campos na área da saúde. Analisam as potencialidades e os riscos associados ao uso dos dispositivos. Discutem os principais desafios desde o acesso aos equipamentos, as barreiras socioeconômicas e os aspectos culturais até àqueles relacionados à privacidade dos dados e segurança dos usuários num setor onde a sensibilidade das informações é evidente como na saúde. Debatem sobre os efeitos na saúde com ênfase para o risco de vício, a alta prevalência de náusea, tonteira e enjoo e, mesmo que em menor prevalência, alterações fisiológicas, biomecânicas e subjetivas.

Quadro 2. Panorama das aplicações e evidências sobre RV e metaverso na saúde (N=20)

| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS         | ANÁLISE DE CONTEÚDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Perra, A., <i>et al.</i> (2023).   | Foi realizada uma meta-análise de ensaios clínicos que usaram realidade virtual imersiva para reabilitação psiquiátrica em pacientes com comprometimento cognitivo leve, esquizofrenia ou demência leve. A maioria dos estudos utilizou cenários ecológicos e mostrou melhorias em todos os domínios cognitivos.                                           |
| Spano, G., <i>et al.</i> (2023).   | Examinaram os efeitos da imersão virtual nos resultados psicológicos e psicofisiológicos, identificando melhorias no humor, controle do estresse e capacidade restaurativa.                                                                                                                                                                                |
| Bale, A. S., <i>et al.</i> (2022). | Analisa o metaverso e seus impactos nos humanos. Afirma que a realidade virtual e a realidade aumentada são amplamente usadas para melhorar a experiência do usuário. E grandes empresas de tecnologia estão construindo seus metaversos, mas é crucial investigar as preocupações das pessoas e os impactos mentais, físicos e psicológicos do metaverso. |
| Bojic, L. (2022).                  | Propõe que futuras investigações examinem os efeitos da realidade virtual na psicologia, criatividade e imaginação de indivíduos e grupos. Também discute a identidade virtual como um direito humano e os algoritmos como um bem público que deve ser regulado socialmente.                                                                               |

|                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chen, D., & Zhang, R. (2022).                        | Discutem que ainda existem desafios nas atualizações tecnológicas, na gamificação dos serviços médicos, na proteção da privacidade dos pacientes e na prevenção do vício e do uso da tecnologia como fuga da realidade.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Colak, M. Y., & Haberal, M. (2022).                  | As aplicações da RV em transplantes incluem a formação de cirurgiões, promoção de doações, recuperação e alocação de enxertos, diagnóstico de rejeição, e tratamento de complicações pós-transplante. O estudo conclui que tecnologias emergentes podem ser usadas na tomada de decisão clínica na área médica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Conner, N. O., <i>et al.</i> (2022).                 | Identificaram que o enjoo durante o uso de dispositivos de realidade virtual é muito prevalente, com uma frequência superior ao aceitável. Relatos de outras alterações fisiológicas, biomecânicas e subjetivas também foram comuns. Para mitigar os sintomas, foram definidos padrões técnicos para os equipamentos, incluindo diretrizes de campo de visão, resolução, taxa de quadros, latência e movimento de fótons. Outros fatores, como a intensidade do conteúdo, velocidade de navegação, volume de exibições oscilatórias, duração da imersão e necessidade de equilíbrio postural, podem agravar os sintomas. |
| Hilken, T., & Debbie, I. (2022).                     | Propõem uma agenda de pesquisa para investigar os mecanismos psicológicos das tecnologias emergentes em quatro áreas: inovação, sustentabilidade e bem-estar do consumidor, equilíbrio entre valor e privacidade, e novos modos de impacto.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Kawarase, M., Mrudul, A., <i>et al.</i> (2022).      | Analisando os domínios do metaverso na saúde, destaca-se sua flexibilidade para o desenvolvimento profissional na medicina, incluindo simulações cirúrgicas, conferências, reuniões, estudo de casos e projetos de pesquisa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Mejia, J. M. R., & Rawat, D. B. (2022).              | Sobre o metaverso na medicina afirma que a saúde busca implementar suas qualidades para melhorar a prática médica, a experiência do paciente e a acessibilidade. No entanto, alerta que a integridade dos dados dos pacientes, críticos e altamente privados, pode não ser garantida.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Nikolaou, A., Schwabe, A., & Boomgaarden, H. (2022). | Após uma revisão sistemática da literatura sobre mudança de atitudes sociais, conclui que as experiências imersivas com realidade virtual influenciam as atitudes sociais positivas significativamente, mais do que as experiências não imersivas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Prasetyo, J. (2022).                                 | Identifica que os serviços educacionais para formação profissional em saúde e os serviços especializados de atenção à saúde serão os setores mais impactados a curto prazo, identificando uma ênfase exponencial nos campos de comunicação clínica, cardiologia e imagens médicas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Walters, R. K., <i>et al.</i> (2022).                | Afirmam que tecnologias de realidade expandida são usadas na indústria farmacêutica para pesquisa, concepção e desenvolvimento de medicamentos. É possível visualizar e interagir com estruturas moleculares em 3D, modificando-as em tempo real, tornando essas tecnologias valiosas para aprimorar a produção de medicamentos.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Wang, X., <i>et al.</i> (2022).                      | Encontraram evidências positivas de que a meditação com RV pode trazer benefícios à saúde e consideram que o design de ambientes e o acesso aos dispositivos de tecnologia representam oportunidades de pesquisa e desafios para o futuro.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Yang, D., <i>et al.</i> (2022).                      | Organizaram um painel internacional de especialistas para registrar consensos sobre o tema. O estudo conclui que é viável implementar três funções básicas das tecnologias emergentes na área médica: percepção abrangente, transmissão confiável e processamento inteligente. Segundo os autores, o metaverso permitirá educação médica, popularização científica, consultas, diagnóstico, investigação clínica e cuidados de saúde.                                                                                                                                                                                    |
| Pimentel, D., <i>et al.</i> (2021).                  | Afirmam que as tecnologias remotas podem ter eficácia limitada em contextos clínicos e sociais. Identificam relevantes barreiras sociais e econômicas para se atingir o verdadeiro potencial das tecnologias de realidade virtual aplicadas à saúde mental: sociocultural, conteúdo, acessibilidade, cadeia de abastecimento e design equitativo.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Riva, G., <i>et al.</i> (2021).                      | Afirmam que uma característica fundamental do metaverso é constituir-se num elo entre os mundos virtual e físico: (a) o comportamento no mundo físico influencia a experiência no mundo virtual e, (b) o comportamento no mundo virtual influencia a experiência no real.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mukhopadhyay, A. K. (2021).                        | Discute a interface entre as dimensões filosóficas e clínicas da Consciência sobre a natureza (concreta ou virtual) da Realidade. Segundo a pesquisa, no metaverso a consciência-como-tal, a consciência-como-experimentada e a consciência-como-articulada foram hibridizadas e a cosmovisão inspirada na Multiversidade, em termos de realidade não dual, pode contribuir para a possibilidade de novos paradigmas que possam considerar a realidade como um espaço-tempo não determinado, mais fluido e menos fragmentado. |
| Pensieri, C., & Pennacchini, M. (2014).            | Em um estudo de meta-análise, analisaram 197 publicações e encontraram 4 áreas de aplicação da realidade virtual na área de Medicina: Interface de Comunicação; Educação Médica; Simulação Cirúrgica e Psicoterapia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Rose, F. D., Brooks, B. M., & Rizzo, A. A. (2005). | Afirmam que a realidade virtual pode auxiliar na reabilitação de deficiências causadas por danos cerebrais, incluindo lesões específicas, deficiências de memória, capacidade espacial, atenção e negligência visual unilateral. O estudo conclui que a realidade virtual será fundamental na avaliação e reabilitação cognitiva futura.                                                                                                                                                                                      |

Fonte: Elaboração própria (2024).

### 3.2. Experiências e aplicações das tecnologias de realidade virtual e metaverso no campo do ensino e formação em saúde (n=6)

Estudos que investigam aspectos mais específicos das tecnologias de RV e metaverso no contexto do ensino e educação de profissionais de saúde. Discutem o aumento considerável do uso das tecnologias emergentes aplicados na formação em saúde nas especialidades de cardiologia, anatomia, cirurgia, neurologia e neuroanatomia. Procura-se definir as características necessárias para a formação dos profissionais de saúde e os critérios para seleção das plataformas de ensino e aprendizagem, a definição dos objetivos educacionais e a criação de novas atividades educativas de acordo com os softwares disponíveis. Discutem o alto investimento necessário para a oferta de novas experiencias educativas com essas tecnologias.

Quadro 3. Panorama das tecnologias aplicadas à educação em saúde (N=6)

| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS       | ANÁLISE DE CONTEÚDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adnan & Xiao (2023)              | Afirmam que as tecnologias digitais estão transformando o ensino de anatomia na saúde. Entre 156 cursos estudados, 35% usaram impressão 3D, 24,2% realidade aumentada (AR), 22,3% realidade virtual (VR), 11,5% programas baseados na web e 4,5% aplicativos para tablets. A AR e VR foram as mais adotadas para anatomia médica e cirúrgica, enquanto a impressão 3D é comum em enfermagem e odontologia. |
| Sandrone (2022)                  | Aponta desafios para implementar o metaverso na educação médica, incluindo custos elevados e efeitos colaterais como desconforto ocular e fadiga. A seleção da plataforma é crucial, dependendo do orçamento para a infraestrutura digital local e da integração com sistemas existentes de aprendizagem.                                                                                                  |
| Vandermolen <i>et al.</i> (2022) | Afirmam que a integração da tecnologia no currículo levou à necessidade de residentes se tornarem “cardiologistas digitais”, capazes de usar ferramentas digitais para prática clínica, ensino e formação, mantendo a capacidade de análise humana essencial para um atendimento centrado no paciente.                                                                                                     |
| Yu (2022)                        | A investigação atual conclui que o potencial do metaverso não é pequeno no mundo da educação física, porém, o desenvolvimento do ambiente tecnológico ainda está em seu estágio rudimentar e seu uso relacionado às disciplinas resume-se ao nível do jogo educativo                                                                                                                                       |

Zafar *et al.* (2022)

A educação médica enfrenta o desafio do crescente conhecimento e o aumento das tecnologias disruptivas, que pode tornar obsoleta a abordagem tradicional. Com o momento atual, é crucial preparar os médicos para um mundo digitalmente conectado. Esta digitalização dos cuidados e da educação é uma oportunidade e um desafio. A educação médica contemporânea deve adotar princípios híbridos, móveis, de realidade mista, acesso aberto, colaborativos, revisados por pares, inteligentes, baseados em jogos para formar neurologistas digitais.

Lopez *et al.* (2021)

Concluem que o metaverso está transformando a formação de profissionais de saúde por meio de realidade virtual ou mista, mas enfrenta desafios tecnológicos e sociais para uma adoção generalizada. Democratizar essas experiências é crucial para torná-las acessíveis, reduzindo custos de concepção, criação e implementação no metaverso para estudantes e profissionais da saúde.

Fonte: Elaboração própria (2024).

### 3.3. Experiências e aplicações das tecnologias de realidade virtual e metaverso na área da educação (n=16)

Estudos que investigam experiências com tecnologias de RV e metaverso no contexto educacional. Avaliam os benefícios e riscos do uso das tecnologias no contexto de sala de aula e discutem limitações técnicas na maioria das instituições de ensino. Analisam o crescimento das publicações após a covid-19 com o surgimento de novas questões de pesquisa relacionadas ao metaverso no contexto educacional. Entretanto, na prática ainda há uma grande carência na formação dos professores quanto ao tema das tecnologias educacionais. Analisam como o uso na formação de professores pode ser eficaz para a simulação de diversos ambientes, contextos e situações de ensino, favorecendo a experimentação prática. Refletem que além das implicações curriculares e pedagógicas, as tecnologias emergentes afetaram o próprio modelo do negócio no setor educacional privado e sobre a necessidade de se discutir o poder das big tech nos dados dos usuários.

Quadro 4. Panorama das experiências e evidências sobre RV e metaverso na educação (N=16)

| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                            | ANÁLISE DE CONTEÚDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Huang <i>et al.</i> (2023)                            | Os autores, com base na revisão de 46 estudos empíricos, identificaram que: i) os programas de formação baseados em realidade virtual visavam principalmente professores em formação e que simulavam com frequência situações de ensino; ii) a realidade virtual tem sido utilizada com mais frequência para promover o conhecimento processual; iii) a maioria dos estudos relatou resultados positivos em relação aos resultados pretendidos e a eficácia da RV foi medida principalmente pelos autorrelatos dos professores. |
| Onggirawan <i>et al.</i> (2023)                       | Afirmam que a maioria dos professores e alunos ainda não sabem como utilizar o metaverso no processo de ensino-aprendizagem. Os resultados da pesquisa revelam que devido à crescente curiosidade sobre as tecnologias emergentes, os alunos não só gostam de usar o mundo virtual, como há um aumento considerável nas notas de disciplinas práticas, podendo assim, integrar e correlacionar melhor o conhecimento de diferentes disciplinas.                                                                                 |
| George-Reyes, Ramírez-Montoya, & López-Caudana (2023) | Uma revisão sistemática da literatura analisou 231 investigações correlacionando metaverso e educação 4.0, revelando que: i) houve um grande aumento de publicações desde 2022; ii) o metaverso predomina nas indústrias de design, algoritmos e vendas; iii) existe uma forte colaboração entre pesquisadores dos EUA, Coreia do Sul, China, Reino Unido e Japão para desenvolver a infraestrutura 4.0; iv) há diversas pesquisas sobre metaverso e design de avatares como estratégias educativas.                            |
| Almenara, Ortiz, & Cejudo (2022)                      | Discutem possibilidades e limitações didáticas para o desenvolvimento de experiências pedagógicas no contexto do ensino superior e destacam a importância de fomentar iniciativas locais lideradas pelos próprios professores já que com a redução dos custos dos equipamentos, esse ecossistema de tecnologias emergentes terá um forte nível de penetração em escolas e universidades num horizonte temporal de 3 a 5 anos.                                                                                                   |

|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hwang & Chien (2022)              | Afirmam que a maioria dos educadores podem não estar cientes das características do metaverso e desconhecer as potenciais aplicações dessas tecnologias emergentes. Desse modo, justificam a necessidade de investimento em pesquisas sobre aplicações do metaverso e da inteligência artificial em contextos educacionais.                                                                                                                                                                                                       |
| Mistretta (2022)                  | Pontua que de certo modo o metaverso é um ambiente virtual 3D que já é habitado e assimilado prazerosamente pelos sujeitos alunos na forma de personalização de avatares com a desmaterialização e digitalização de suas personas a exemplo: espaços multiplayer como o The Sims, o Roblox ou o Minecraft.                                                                                                                                                                                                                        |
| Mystakidis & Christopoulos (2022) | Consideram que a atitude dos professores é um fator crítico de sucesso para qualquer inovação na aprendizagem baseada na tecnologia. Afirmam que essas alternativas podem potencialmente melhorar os benefícios cognitivos e os resultados de aprendizagem, mas realçaram ainda as deficiências que os designers instrucionais devem considerar ao integrá-las em contextos diferentes.                                                                                                                                           |
| Zhang <i>et al.</i> (2022)        | Interpreta que a pandemia da COVID-19 forçou a humanidade a repensar a forma como ensinamos e aprendemos. E o metaverso, um espaço digital 3D misturado com o mundo real e o mundo virtual, é anunciada como uma tendência da educação futura, com grande potencial na aprendizagem colaborativa, no ensino de idiomas, no desenvolvimento de competências e na educação inclusiva.                                                                                                                                               |
| Alam (2021)                       | Afirma que numerosos estudos já demonstraram a eficácia da incorporação da tecnologia de realidade estendida no ensino superior, mas que pouco se discute sobre como Projetar Ambientes de Aprendizagem Imersivos no Ensino Superior usando tecnologias de realidade virtual.                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Asad <i>et al.</i> (2021)         | Afirmam que a realidade virtual é utilizada como ferramenta pedagógica para diversas áreas disciplinares por incentivar o envolvimento. Ajuda os alunos envolverem-se num ambiente virtual e a experimentarem a sensação de presença nele com grande potencial para aprimorar a aprendizagem experiencial e o desenvolvimento de habilidades práticas e atitudes de alteridade.                                                                                                                                                   |
| Kinsner (2021)                    | Evidencia a possibilidade de uso da tecnologia dos gêmeos digitais para uma estratégia de educação personalizada ou uma abordagem de aprendizagem dos sujeitos ao longo da vida.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Netland & Hines (2021)            | Realizaram um estudo empírico a partir de seis cursos internacionais inteiramente em realidade virtual em tempo real com a participação de 117 pessoas numa rede formada por mais de 50 organizações. Nestes cursos, participantes localizados em todo o mundo puderam interagir uns com os outros por meio do metaverso.                                                                                                                                                                                                         |
| Beck & Perkins (2014)             | Descreveram as metodologias de pesquisa educacional para ambientes de mundo virtual de desktop no ensino superior. A pesquisa indicou uma prevalência de estudos em pequena escala, com pouca investigação em avaliação de programas e desenvolvimento. Recomenda-se que desenvolvedores tornem seus aplicativos de mundo virtual de código aberto e promovam colaborações com pesquisadores pós-modernos para abordar questões cruciais de equidade, gênero, política e cultura.                                                 |
| Cyphert, Wurtz, & Duclos (2013)   | Consideram que a atitude dos professores é crucial para o sucesso de inovações na aprendizagem tecnológica. Afirmam que, embora possam melhorar benefícios cognitivos e resultados de aprendizagem, há deficiências que designers instrucionais devem abordar ao integrá-las em contextos variados.                                                                                                                                                                                                                               |
| Correia <i>et al.</i> (2012)      | Propõem uma agenda de pesquisa para explorar como os mundos virtuais 3D podem se tornar ecossistemas de aprendizagem colaborativa. O estudo revela que os esforços em mundos virtuais estabeleceram uma base para compreender o uso da realidade virtual em cenários multidisciplinares, como ensino à distância, formação, tratamentos terapêuticos e interação social. No entanto, faltam pesquisas sobre fatores socioculturais e econômicos, avaliação do uso em cuidados à saúde e exploração crítica da segurança de dados. |
| Kim, Lee, & Thomas (2012)         | Afirmam que os mundos virtuais são utilizados principalmente para a simulação do espaço, e são utilizados de diferentes maneiras dependendo da disciplina e do escopo temporal. Os mundos virtuais são cada vez mais utilizados em contextos de aprendizagem colaborativa e as abordagens experimentais são cada vez mais utilizadas pelos pesquisadores.                                                                                                                                                                         |

Fonte: Elaboração própria (2024).

### 3.4. Aspectos tecnológicos e de desenvolvimento computacional em realidade virtual e metaverso (n=15)

Estudos que investigam aspectos sociais, técnicos e computacionais das tecnologias emergentes. Refletem sobre os riscos relacionados à segurança dos dados e privacidade dos usuários dos dispositivos de RV e ambientes de metaverso. Pesquisam soluções para a interoperacionalidade, escalabilidade e duração de baterias, fatores necessários para uma experiência imersiva de melhor qualidade. Analisam aspectos que representam um risco de manter a reprodução da desigualdade no acesso aos equipamentos de RV, podendo também incluir preconceitos de algoritmos ou outras novas formas de exclusão social e digital, demandando uma regulamentação, o que também é apresentado como a possibilidade de uma agenda que estabeleça políticas públicas eficazes de estímulo à inovação e desenvolvimento tecnológico.

Quadro 5. Panorama dos aspectos tecnológicos e computacionais em RV e metaverso (N=15)

| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | ANÁLISE DE CONTEÚDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Koohang <i>et al.</i> (2023) | Concordam com a tese de que o metaverso é a próxima geração da Internet e afirmam que as áreas de marketing, turismo, manufatura, gestão de operações, educação, indústria varejista, serviços bancários, saúde e gestão de recursos humanos provavelmente serão os setores mais impactados pelo uso de um metaverso imersivo.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Ali <i>et al.</i> (2022)     | Afirmam que o metaverso será crucial para cidades inteligentes, mas alerta para desafios de privacidade e segurança. A integração de mídias e o rápido processamento de dados são essenciais para garantir a segurança e informação dos residentes, levantando preocupações sobre escalabilidade e interoperabilidade. Os autores propõem uma arquitetura teórica do metaverso, destacam o interesse global das empresas, identificam ameaças significativas e discutem o papel da infraestrutura de comunicação na coleta de informações para operações eficientes. |
| Chen <i>et al.</i> (2022)    | Os autores reafirmam a ideia de que o suporte tecnológico do metaverso é baseado no amadurecimento de inúmeras tecnologias relacionadas. Portanto, não há dúvida de que os riscos de segurança do desenvolvimento do metaverso podem ser mais proeminentes e complexos.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Chow <i>et al.</i> (2022)    | Discutem que apesar da atenção, do investimento e da promessa do metaverso, existem várias questões de segurança cibernética que devem ser abordadas antes do metaverso ser adotado na prática para aplicações sérias.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Dincelli & Yayla (2022)      | Em uma análise com abordagem nos recursos tecnológicos para uma realidade virtual imersiva afirmam que os recentes avanços oferecem novas oportunidades para organizações e pesquisadores. Por meio de uma revisão de literatura que incluiu 151 estudos identificam desafios estratégicos na implementação do metaverso distribuídos em cinco categorias: incorporação, interatividade, navegabilidade, capacidade sensorial e de criação.                                                                                                                          |
| Dozio <i>et al.</i> (2022)   | Apresentam uma metodologia de design afetivo para realidade virtual e afirmam que os mundos virtuais são reconhecidos como um meio valioso para fornecer conteúdo emocional. A criação de ambientes virtuais eficazes pode ser conseguida explorando diversas oportunidades: criando mundos artificiais capazes de gerar diferentes histórias, misturando pistas sensoriais e tornando tudo interativo.                                                                                                                                                              |
| Huang <i>et al.</i> (2022)   | Analisam a perspectiva de interações imersivas multiplayer com feedback entre os usuários, o mundo digital e o mundo físico e apresentam o protótipo de uma plataforma de interação multiplayer baseada em uma estrutura colaborativa. Além disso, avaliam como abordagens centralizadas e dispositivo-a-dispositivo podem ampliar a eficiência e flexibilidade das interações. Por fim, apontam soluções potenciais para permitir interações multijogador mais estáveis e de maior qualidade no metaverso.                                                          |

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jabar <i>et al.</i> (2022)                  | Analisa o impacto social da tecnologia de realidade virtual na sociedade e discorre que os humanos são criaturas sociais que costumavam interagir diretamente e à medida que a tecnologia avançava, as interações humanas foram profundamente impactadas. Concluem que ao menos esses três impactos na sociedade precisam ser considerados: Ilusão de Presença Social, Incorporação Virtual e Efeito Proteus. Os autores recomendam também algumas maneiras de se criar um ambiente seguro, como educar o público sobre a tecnologia RV e regular limites de idade para acessar determinados ambientes e conteúdo. |
| Lee <i>et al.</i> (2022)                    | As tecnologias midiáticas imersivas são fundamentais na quarta revolução industrial, abrangendo desde realidade aumentada/virtual até o metaverso. Essas tecnologias convergentes combinam óptica, eletrônica e inteligência artificial para avançar em técnicas como extração de dados 3D e otimização de conteúdo, visando superar limitações atuais.                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Wang <i>et al.</i> (2022)                   | Avanços recentes em tecnologias emergentes como realidade estendida, inteligência artificial e blockchain estão transformando o metaverso de uma ideia de ficção científica em uma realidade iminente. No entanto, questões sérias de privacidade e segurança, derivadas das tecnologias subjacentes ou emergentes no novo ecossistema digital, podem limitar seu amplo desenvolvimento.                                                                                                                                                                                                                           |
| Xanthidou, Aburumman, & Ben-Abdallah (2022) | Estes autores compartilham de que a tecnologia é aplicável numa vasta gama de domínios empresariais e científicos e remodelará a forma como as atividades humanas serão realizadas no futuro.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Zhang <i>et al.</i> (2022)                  | Estes autores compreendem que a inteligência artificial está avançando rapidamente devido ao aumento do poder computacional e das arquiteturas de software. O gêmeo digital, que integra dados de sensores através de algoritmos avançados, está se tornando uma tecnologia crucial que conecta os mundos físico e virtual.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Egliston & Carter (2021)                    | Concluíram que o uso intensivo de dados não traz benefícios absolutos, mas está repleto de desigualdades de poder. É um dispositivo que tem o potencial de exacerbar a desigualdade de riqueza, instituir preconceitos algorítmicos e trazer novas formas de exclusão digital. Será necessária uma intervenção regulamentar à medida que a RV se tornar mais amplamente adotada na sociedade.                                                                                                                                                                                                                      |
| Lee <i>et al.</i> (2021)                    | Os autores destacam o conceito de ecossistema virtual, centrado em fatores como Avatar, Criação de Conteúdo, Economia Virtual, Aceitabilidade Social, Segurança e Privacidade, e Confiança e Responsabilidade. Para eles, o metaverso é uma Internet imersiva, global, unificada, persistente e compartilhada. Apesar de parecer futurista, tecnologias emergentes como realidade aumentada, 5G e Inteligência Artificial indicam que o "big bang" digital do ciberespaço está próximo.                                                                                                                            |
| Van-der-Merwe (2021)                        | O autor argumenta que a proliferação de mundos online e a interface virtual/real ("phygital") tornam a investigação social e cultural contemporânea especialmente relevante. Aplicando os seis requisitos de heterotopia de Foucault, conclui-se que os ambientes online são intrinsecamente heterotópicos. Isso levanta questões sobre governança, financiamento e regulamentação desses espaços virtuais, bem como a importância das identidades virtuais em comparação com as interações da vida real.                                                                                                          |

Fonte: Elaboração própria (2024).

## 4. Conclusões

Quanto às experiências e aplicações na área da saúde, existem inúmeras evidências de possíveis aplicações das tecnologias de RV e metaverso. Entretanto, parece haver uma maior potencialidade para áreas de: comunicação clínica e interface com os pacientes; simulação cirúrgica; psicoterapia e formação de profissionais de saúde. Ainda existem importantes barreiras sociais e econômicas para a expansão da utilização dessas tecnologias emergentes na área da saúde e deve-se ficar atento aos riscos de vício à tecnologia. Quanto aos efeitos adversos, a náusea, além de outras alterações fisiológicas, biomecânicas e subjetivas necessitam de melhor avaliação. Além disso, os estudos revelam grande preocupação com os riscos associados à segurança e privacidade de dados do usuário no mundo virtual. Alguns estudos debatem a necessidade de um ecossistema próprio para a área da saúde de forma a garantir integridade do usuário.

Parece haver um bom êxito das tecnologias com potenciais de interatividade pelo setor da saúde, tanto para a formação profissional quanto para o desenvolvimento do trabalho. Ainda será necessário aprofundar estudos sobre a natureza filosófica da RV e discutir sobre os aspectos legais, éticos e políticos relacionados ao excesso de poder das corporações com a informação produzida a partir dos dados e indicadores coletados.

Especificamente quanto ao campo do ensino em saúde e da formação de profissionais de saúde, pode-se concluir que a crescente digitalização não só do ensino, mas também em saúde, representam uma oportunidade de avanço. No entanto, dependem do enfrentamento de desafios, por exemplo, maior investimento tecnológico em equipamentos e dispositivos de RV. Entretanto, destaca-se que existem desafios relacionados aos impedimentos socioeconômicos que limitam o acesso às ferramentas e experiências.

É importante destacar o aumento considerável do uso das tecnologias emergentes principalmente no ensino interativo de anatomia nas especialidades de cirurgia, neurologia, neuroanatomia e formação em cardiologia. Apresentando evidências positivas no desenvolvimento de competências clínicas.

Quanto às experiências e aplicações na educação, há um consenso de que a pandemia de Covid-19 causou um colapso nas salas de aula e acelerou a transição para contextos híbridos. Isso evidenciou a necessidade de melhorar a presença virtual de estudantes, professores e trabalhadores remotos. Apesar do aumento nas publicações sobre o metaverso na educação após a pandemia, ainda há uma grande carência na formação de professores sobre tecnologias educacionais.

De acordo com os resultados, o uso na formação de professores tem sido eficaz para a simulação de diversos ambientes, contextos e situações de ensino, favorecendo antecipação prática. Indicadores apresentados pelos estudos comprovam que o uso da tecnologia desperta o interesse nos estudantes causando efeitos positivos.

É importante também destacar a necessidade de investigações que estudem as desigualdades provocadas pela adoção das tecnologias de forma não equânime, além da influência dos fatores socioeconômicos e culturais na qualidade da experiência e as escolhas relacionadas ao mundo virtual. Também faltam estudos mais específicos para analisar questões pós-modernas como gênero, equidade, política, identidade e cultura.

As pesquisas coincidem em apontar que as tecnologias de RV e metaverso possuem um enorme potencial futuro, mas há desafios que impedem a sua utilização em maior escala. Os desafios técnicos são os maiores e mais específicos para o uso da RV em tempo real, de forma simultânea por muitos participantes, independente do mundo virtual escolhido.

Também, quanto aos aspectos tecnológicos em RV e metaverso, pode-se concluir que embora existam relevantes problemas técnicos e operacionais a serem enfrentados, o metaverso imersivo pode ser considerado como o Big-Bang de um novo mundo virtual. Os desafios tecnológicos mais citados incluem o alto consumo de energia, a necessidade frequente de recarregar baterias, além de problemas de escalabilidade e interoperabilidade. Embora haja progressos nos sistemas inteligentes, como robôs, casas, carros e dispositivos vestíveis, integrar essas tecnologias e garantir uma capacidade de processamento computacional adequada ainda é um grande desafio.

Além do investimento em uma infraestrutura de comunicação adequada, existe a necessidade da formação de capacidades técnicas ligadas à imersão, interatividade, navegabilidade, capacidade sensorial e capacidade de criação. Existe uma confluência identificada nos estudos sobre a importância da tecnologia do gêmeo virtual, que apoiado pela inteligência artificial, tem alto potencial no auxílio a tomada de decisões complexas e é bastante eficiente quando utilizado na compreensão de problemas complexos do cotidiano.

Quadro 6. Síntese conclusiva metaverso e RV na Educação e Saúde

| CONCLUSÃO                                                     | DESCRIÇÃO                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Aumento da Eficiência na Formação de Recursos Humanos      | Assegura a qualidade da educação apesar do elevado número de estudantes, abordando problemas como a escassez de campos de prática no currículo.                                                                                                                                            |
| 2. Singularização do ensino                                   | Permite ajustar o tempo de aprendizagem às características metacognitivas de cada estudante, oferecendo maior flexibilidade no percurso de formação ao longo do currículo de graduação.                                                                                                    |
| 3. Aperfeiçoamento de professores universitários              | Promove ações de aperfeiçoamento em conceitos político-pedagógicos contemporâneos e capacita no uso de tecnologias de realidade virtual/híbrida/ aumentada, estimulando a pesquisa e o desenvolvimento de novos métodos, meios e técnicas de ensino-aprendizagem.                          |
| 4. Desenvolvimento de Novas Estratégias Educacionais          | Estimula a aplicação em diversas situações de formação e capacitação permanente de recursos humanos, especialmente na saúde e formação de professores da educação básica. Enfatiza o treinamento de usuários, prevenção de riscos e aprendizado sobre o uso responsável da tecnologia.     |
| 5. Desafios na Avaliação e Produção de Materiais Educacionais | Desafia a desenvolver sistemas de avaliação para o uso dessas tecnologias e planejar, elaborar e produzir processos e materiais educativos para o formato de realidade virtual, explorando os diversos formatos, significados e linguagens que os ambientes de metaverso tornam possíveis. |

Fonte: Elaboração própria (2024).

Pesquisas sobre fatores centrados no usuário mostram interesse na personalização de avatares, segurança e criação de contas, produção de conteúdo, economia virtual, aceitabilidade social, confiança e responsabilidade. É crucial investigar a construção de identidades virtuais e os efeitos dessas vivências, bem como os riscos para o desenvolvimento da personalidade dos usuários. Embora seja possível usar mundos virtuais imersivos com segurança, é necessário educar o público sobre a tecnologia e discutir limites de idade para acesso. Além disso, há o risco de desigualdade no acesso aos equipamentos de RV, preconceitos de algoritmos e cyberbullying, o que demanda regulamentação.

Desenvolver processos educacionais que favoreçam a alienação de professores ou profissionais de saúde por meio da tecnologia seria um retrocesso. É preciso criticar a ideologia da técnica, que propaga a ideia de que a formação humana pode se resumir a objetos de aprendizagem ou recursos tecnológicos emergentes. Muitas vezes, essa visão alienante sugere que a tecnologia, por si só, pode formar seres humanos críticos e comprometidos com a realidade social. A cadeia produtiva da indústria da informação e entretenimento pode criar uma democratização aparente, sem eliminar as contradições do sistema produtivo. Embora a tecnologia possa reduzir sofrimento e miséria e ajudar na formação de um sujeito com compreensão histórica, a ideologia da racionalidade tecnológica enfraquece essa formação.

Por fim, aspectos relacionados à segurança, privacidade e gerenciamento de identidades virtuais trazem riscos e desafios que demandam soluções. Há uma necessidade crescente de se fazer um debate crítico sobre as relações de poder e jogos de interesses das grandes companhias de comunicação e tecnologia no gerenciamento dos dados dos usuários. Por isso, questões críticas como segurança de dados e acúmulo de poder precisam ser tratadas em uma política de acesso aos dados com uma regulação pública rígida desse setor.

Historicamente, a incorporação das tecnologias de informação e comunicação tem multiplicado alternativas pedagógicas e proporcionado avanços didáticos. No entanto, cabe aos professores e à comunidade escolar escolherem as dinâmicas que melhor se adequam ao contexto local. Por fim, é imprescindível que se garanta a segurança dos usuários, a privacidade dos dados produzidos com o uso das tecnologias e que se estabeleça critérios de bioética a se seguir para garantir o bem-estar, a saúde e a segurança nos ambientes virtuais e metaversos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adnan, S., & Xiao, J. (2023). A scoping review on the trends of digital anatomy education. *Clinical Anatomy*, 36(3), 471–491. <https://doi.org/10.1002/ca.23991>
- Alam, A. (2021). Notice of Retraction: Designing XR into higher education using immersive learning environments. In *2021 International Conference on Advances in Computing, Communication, and Control (ICAC3)* (pp. 1–9). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICAC353642.2021.9697130>
- Ali, M., Naeem, F., Kaddoum, G., & Hossain, E. (2022). Metaverse communications, networking, security, and applications. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2212.13993>
- Almenara, J. C., Ortiz, R. V., & Llorente Cejudo, M. C. (2022). Ecosistema de tecnologías emergentes: Realidad aumentada, virtual y mixta. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 7–22.
- Arbona, C., Rivera, R., & Palacios, R. (2007). El uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación en psicología clínica. *UOC Papers*, 4, 1–8.
- Asad, M. M., Naz, A., Churi, P., & Tahanzadeh, M. M. (2021). Virtual reality as pedagogical tool to enhance experiential learning. *Education Research International*, 2021, Article 7061623. <https://doi.org/10.1155/2021/7061623>
- Bailenson, J. (2018). *Experience on demand: What virtual reality is, how it works, and what it can do*. W. W. Norton.
- Bale, A. S., et al. (2022). A comprehensive study on metaverse and its impact on humans. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2022, Article ID 123456.
- Bardin, L. (1979). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Beck, D., & Perkins, R. (2014). Review of educational research methods in desktop virtual world environments. *Journal For Virtual Worlds Research*, 7(1).
- Bojic, L. (2022). Metaverse through the prism of power and addiction. *European Journal of Futures Research*, 10(1), 1–24.
- Bostrom, N. (2011). *The future of immersive technologies*. Media Grid Archive.
- Chen, D., & Zhang, R. (2022). Exploring research trends of emerging technologies in health metaverse. *SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3998068>
- Chen, Z., Wu, J., Gan, W., & Qi, Z. (2022). Metaverse security and privacy. In *2022 IEEE International Conference on Big Data* (pp. 2950–2959). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BigData55660.2022.10020345>
- Chow, Y.-W., Susilo, W., Li, Y., Li, N., & Nguyen, C. (2022). Visualization and cybersecurity in the metaverse. *Journal of Imaging*, 9(1), 11. <https://doi.org/10.3390/jimaging9010011>
- Figueiredo, G. O., et al. (2022). *A incorporação das tecnologias de realidade virtual na educação e na saúde e desenvolve experiências pedagógicas em ambientes de metaverso*. Projeto de Pesquisa. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Figueiredo, G. O. & Giroux, H. A. (2020). Political education against inequalities and citizenship for democracy: international scientific literature review after twenty years of neoliberalism (1999-2019). *Revista de Estudos Teóricos y Epistemológicos en Política Educativa*, 5, e2016900. <https://doi.org/10.5212/retepe.v.5.16900.021>
- Stephenson, N. (1992). *Snow Crash*. Bantam Books.
- Yu, J.-E. (2022). Exploration of educational possibilities by four metaverse types in physical education. *Technologies*, 10(5), 104. <https://doi.org/10.3390/technologies10050104>
- Zhang, X., Chen, Y., Hu, L., & Wang, Y. (2022). The metaverse in education. *Frontiers in Psychology*, 13, 6063. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.606306>

### Agradecimentos:

Os autores agradecem a colaboração de toda equipe de pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro e da Escola Nacional de Saúde Pública que participaram desta iniciativa. Agradecemos especialmente à Prof.<sup>a</sup> Eliane Brígida Moraes Falcão, Prof. André Bocchetti, Prof.<sup>a</sup> Andréa Costa e Silva, Prof.<sup>a</sup> Cristina Vermelho, Prof. Maurício Peixoto; e aos Mestres Carlos Henrique Dantas, Bárbara de Mello e Chreiva Magalhães, assim como, não poderíamos deixar de reconhecer a importância dos mestres da Tecnologia que tornaram viáveis os experimentos com Realidade Virtual e Ambientes de Metaverso - Caldas e Alex. Também agradecemos a todos os voluntários participantes da fase empírica e experimental do projeto de pesquisa. Este projeto de pesquisa obteve apoio financeiro por meio de concorrência em edital público da Fundação COPPETEC para Projetos Especiais e foi aprovado para receber financiamento pelo Parque Tecnológico da Universidade Federal do Rio de Janeiro.