

Desafios e oportunidades do metaverso na Educação: uma análise das funções cognitivas e implicações pedagógicas

Samara da Silva Brito ^{[1]*}, Francisco Petrônio Alencar de Medeiros ^[2]

^[1] brito.samara@academico.ifpb.edu.br, ^[2] petronio@ifpb.edu.br. Instituto Federal da Paraíba (IFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil
Autora correspondente

Resumo

A era da revolução tecnológica apresenta um cenário repleto de desafios e oportunidades em diversas esferas, com destaque para a educação, que tem se mostrado receptiva às inovações, incluindo o Metaverso. Fundamentado teoricamente como um ambiente virtual coletivo, imersivo e persistente na construção do conhecimento, o Metaverso é reconhecido por sua capacidade de estimular processos neuropsicológicos, como atenção, percepção e motivação, potencialmente enriquecendo o processo de ensino e aprendizagem. Este estudo, conduzido como um mapeamento sistemático ou revisão de escopo visa investigar as funções cognitivas no contexto da aprendizagem no Metaverso, utilizando uma abordagem interdisciplinar baseada na Tecnologia e na Psicologia. A metodologia adotada abrange um estudo exploratório e descritivo, desde a definição das questões de pesquisa até a seleção criteriosa de fontes e a análise dos dados coletados. Os resultados obtidos revelam que os ambientes imersivos do Metaverso têm potencial para servir como poderosas ferramentas educacionais, capazes de promover a construção e o registro do conhecimento sob a mediação do docente, além de estimular aspectos cognitivos e sociais dos alunos. No entanto, surgem preocupações pertinentes em relação a possíveis sobrecargas cognitivas dos estudantes e questões éticas e de segurança, especialmente devido à exploração inicial desses ambientes na educação.

Palavras-chave: aprendizagem; cognição; educação; metaverso.

Challenges and opportunities of the metaverse in Education: an analysis of cognitive functions and pedagogical implications

Abstract

The era of technological revolution presents a scenario filled with challenges and opportunities in various spheres, particularly in education, which has shown itself receptive to innovations, including the Metaverse. Theoretically grounded as a collective, immersive, and persistently constructive virtual environment, the Metaverse is recognized for its ability to stimulate neuropsychological processes such as attention, perception, and motivation, potentially enriching the teaching and learning process. This study, designed as a systematic mapping or scoping review, aims to investigate cognitive functions in the context of learning in the Metaverse, employing an interdisciplinary approach based on Technology and Psychology. The methodology encompasses exploratory and descriptive studies, from defining research questions to carefully selecting sources and analyzing collected data. Findings reveal that immersive Metaverse environments have the potential to serve as powerful educational tools, capable of fostering knowledge construction and retention under teacher mediation, while also stimulating cognitive and social aspects of students. However, there are pertinent concerns regarding potential cognitive overload among students and ethical and safety issues, particularly due to the initial exploration of these educational environments.

Keywords: cognition; education; learning; metaverse.

1 Introdução

Por muito tempo, a instituição escolar se constituiu como o espaço privilegiado e único para a transmissão do conhecimento. Com a transição das sociedades industriais para as sociedades tecnológicas, a partir do século XX, os fluxos comerciais e informacionais se intensificaram (Morin, 2011). Contribuindo para essa evolução, a pandemia da COVID-19 precipitou uma urgência de imersão generalizada de crianças, jovens e adultos em ambientes virtuais de ensino, como resposta à

política de distanciamento social da Organização Mundial da Saúde. Isso trouxe muitos desafios pedagógicos, já que, em um ambiente virtual, processos psicológico-educacionais como a atenção, a motivação e a interação sofrem modificações radicais. A utilização do Metaverso como recurso educacional pré-pandêmico já apontava para seu potencial inovador, mas, após a crise de saúde pública, esse conceito ganhou maior ênfase (Danylec *et al.*, 2022).

Segundo López, Chaux e Alvarez (2022), o termo "Metaverso" é a junção das palavras "meta", que significa virtual, e "verso", que se refere ao universo, correspondendo a um ambiente imersivo, coletivo e persistente, no qual o sujeito pode participar em tempo real da representação de um mundo virtual. Outra característica dessas plataformas é a conectividade e a interatividade, que viabilizam o compartilhamento de informações simultâneas com rapidez, facilidade e eficiência por meio de ferramentas de colaboração como bate-papo, transmissão de arquivos, ferramentas de trabalho colaborativo, entre outras (Ye; Wang, 2022). Moita e Pereira (2007) afirma que os ambientes imersivos colaborativos acentuam cognitivamente e socialmente os usuários, facilitando diálogos, compreensão e aprendizado. Ao discutir o processo de aprendizagem, este é compreendido pelo termo 'plasticidade cerebral', que são alterações funcionais e estruturais nas sinapses de acordo com a necessidade do organismo, estando intimamente ligada à memória. Memória e aprendizagem estão associados aos processos neuropsicológicos como atenção, percepção, motivação, pensamentos e outros (Brandão, 2002).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é apresentar uma pesquisa exploratória sobre as funções cognitivas no processo de aprendizagem no Metaverso. Os objetivos específicos são mensurar a eficiência do Metaverso para a aprendizagem de acordo com as respostas das funções cognitivas, afetivas e individuais, além de contribuir para aprimorar as ferramentas tecnológicas para aprendizagem. Diante desse cenário em transformação, o presente mapeamento sistemático fez um recorte sobre o tema, focando nos aspectos cognitivos do sujeito mobilizados em situação virtual, de modo que se possam avaliar as potencialidades e limites do uso dos ambientes de Metaverso nos processos de aprendizagem, articulando os campos interdisciplinares da Tecnologia e Psicologia. Por fim, o presente mapeamento justifica-se por contribuir para o avanço do conhecimento sobre as possibilidades de uso dos ambientes virtuais, especificamente o Metaverso, no processo de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo, sintetizando o estado da arte e mapeando lacunas de pesquisas em um tema ainda recente.

Para proporcionar uma visão clara da estrutura deste artigo, detalhamos as seções principais: primeiramente, será apresentado o referencial teórico, onde foi revisada as principais teorias e estudos relacionados ao tema. Em seguida, foi descrito o método da pesquisa, detalhando a definição das questões de pesquisa, o processo de coleta dos estudos primários relevantes, bem como os critérios de exclusão e a triagem dos artigos selecionados. Posteriormente, foram discutidos os resultados obtidos e suas implicações no campo de estudo. O artigo foi concluído com as considerações finais, ressaltando as principais contribuições e limitações da pesquisa. Finalmente, foi apresentado os agradecimentos, informações sobre financiamento, possíveis conflitos de interesse e as referências bibliográficas.

2 Referencial teórico

O modelo de cientificidade e de produção de conhecimento sofreu mutações ao longo do tempo, dentro de um mundo globalizado e interconectado, onde processos disciplinares segmentados foram rapidamente substituídos por processos complexos, de interdependência entre as partes e de integração de múltiplos saberes (Morin, 2011). Atualmente, vivemos em uma sociedade informacional baseada no poder da informação (Roszak, 1988, *apud* Moita; Pereira, 2007), saindo de um processo meramente de reprodução para um processo de constante construção.

Do ponto de vista da produção e transmissão de conhecimentos, Wang (2022) discorre sobre três tradições históricas que marcam a modernidade: a primeira tradição corresponde ao empirismo do conhecimento em uma relação linear; a segunda consiste em treinamento com base em estímulo-resposta; e a terceira tradição é postulada a partir do construtivismo, para o qual o sujeito pratica a autoexploração, permitindo expressar-se, criar e expor sentimentos apoiados na percepção e interpretação pessoal. Além dessas, existe o modelo cognitivo que não traz uma visão aprofundada da mente no que diz respeito às emoções e acaba apresentando uma visão restrita do pensamento e do

aprendizado, permitindo ao sujeito monitorar e autorregular seus processos cognitivos (Goleman, 1995). Draxler *et al.* (2022) compararam processos metacognitivos e de aprendizagem mecânica no contexto educacional, concluindo que os alunos que utilizam a metacognição (monitoramento e autorregulação dos processos cognitivos) tiveram melhores resultados comparados aos que empregam a aprendizagem mecânica (metodologia na qual o professor ministra determinado conhecimento ao aluno e este absorve o conteúdo de forma passiva).

Com os avanços tecnológicos recentes, a temática Metaverso vem ganhando visibilidade junto à população em geral, que, mesmo sem conhecimento especializado, se vê imersa nessas novas maneiras de funcionar cognitivamente, agir e interagir socialmente. Na atualidade, é fundamental explorar recursos tecnológicos que capacitam os aprendizes a construir seu conhecimento diante da vasta informação disponível, sendo as tecnologias imersivas uma opção para tornar a educação mais dinâmica e criativa (Moita; Pereira, 2007). O termo "Metaverso" é a junção das palavras "meta", que significa virtual, e "verso", que se refere ao universo. A imersão consiste no sujeito poder vivenciar um mundo virtual, geralmente através da criação de avatares que podem representar o alter ego (um segundo 'eu') dos usuários e mergulhar completamente em uma simulação de mundo real, usando gráficos 3D ou imagens em 360°. O Metaverso é um ambiente imersivo, coletivo e persistente, no qual o sujeito pode participar em tempo real da representação de um mundo virtual (López; Chau; Alvarez, 2022), cada vez mais sofisticado, conforme se verifica um expressivo aumento nos investimentos em tecnologias hápticas para acentuar as sensações táteis de variações dinâmicas de pressão, forças de cisalhamento e temperatura (Calabrò *et al.*, 2022). Assim, o ambiente imersivo constitui um espaço de emulação do mundo real que causa uma sensação ilusória de lugar e realidade por meio da exposição a estímulos, artefatos, avatares, arquitetura, infraestrutura e regras (Uspensky; Guga, 2022)

A conectividade e a interatividade no Metaverso viabilizam que todas as pessoas do mundo compartilhem informações simultaneamente com rapidez, facilidade e eficiência, utilizando-se de ferramentas de colaboração como bate-papo, compartilhamento de arquivos, ferramentas de trabalho colaborativo e outras (Ye; Wang, 2022). O emprego do Metaverso em ambientes de ensino, considerando processos pedagógicos de aprendizagem, constitui um dos âmbitos mais desafiadores e promissores para a sociedade tecnológica atual. López, Chau e Alvarez (2022) defendem o Metaverso como um ambiente propício para a aprendizagem, por conseguir simular ambientes de risco e/ou custo elevado, reproduzir espaços referentes ao passado ou ao futuro e trabalhar habilidades como pensamento estratégico e holístico, auxiliando na resolução de problemas e treinamento de habilidades vivenciadas no mundo real. Moita e Pereira (2007) afirmam que "é possível, através do processo colaborativo, a criação de ambientes de imersão cognitiva e social, a partir das quais se desenham as redes que ligam pessoas e ideias, formas de dialogar, compreender e aprender em um suporte digital".

Os processos cognitivos nos ambientes do Metaverso têm despertado reflexões entre teóricos, e, neste contexto, serão apresentados alguns trabalhos relevantes sobre o tema. Yang e Gu (2022) observaram que o modelo de ensino a distância no Metaverso pode aumentar a capacidade cognitiva e melhorar o processo de aprendizagem, por acentuar a autonomia do aprendiz com relação à organização de horários e conteúdos para estudo, promovendo maior retenção de informações e criatividade. Cerasa *et al.* (2022), por outro lado, relacionam o Metaverso com o cérebro à luz da neurociência, pois ambos simulam previamente eventos sensoriais; ou seja, enquanto o cérebro interpreta anteriormente as vivências reais, o Metaverso expõe imagens como se fosse o mundo real e 'confunde' o cérebro, que as interpreta do mesmo modo que uma experiência real, afirmando que os avatares são processados no cérebro como pessoas. Já Penny *apud* Uspensky e Guga (2022) denota que a compreensão do mundo e a exploração do mundo são partes de um mesmo processo, pois a interação dinâmica entre cérebro, corpo e mundo faz com que haja uma inter-relação entre inteligência, pensamento, percepção e cognição.

Ao adentrar na temática do Metaverso e buscar compreender o processo de aquisição de conhecimento, sabe-se que a atividade humana é seletiva e direcionada, partindo dos interesses, intenções ou tarefas imediatas. A aprendizagem é melhor compreendida pelo termo 'plasticidade cerebral', que são alterações funcionais e estruturais nas sinapses de acordo com a necessidade do organismo, portanto, estando intimamente ligada à memória, pois os três fatores que permeiam esse processo são a aquisição, o armazenamento (retenção) e a evocação das informações (Brandão, 2002).

Afirma-se que, pelo circuito de Papez, a memória de longo prazo estaria vinculada ao sistema límbico e, sendo assim, remetida aos processos emocionais (Brandão, 2002). Para Kress (2010) apud Lee e Hwang (2022), a memória está relacionada com os sentidos humanos, como visão, audição, linguagem, gestos e/ou espaço para a aquisição e manutenção de conhecimento. Lee e Hwang (2022) destacam que a tecnologia digital tem se tornado uma ferramenta importante para a criação de ambientes de aprendizagem, os quais proporcionam múltiplas oportunidades de estímulo aos sentidos e, conseqüentemente, uma maior fixação do conteúdo na memória.

Um detalhe importante é que a memória e a aprendizagem estão associadas aos processos neuropsicológicos como atenção, percepção, motivação, pensamentos e outros. Algumas das principais funções cognitivas visando uma maior compreensão sobre o tema são abordadas a partir daqui. Inicia-se pela atenção, que é uma função que seleciona e direciona os processos mentais organizados, respondendo apenas aos estímulos que despertem interesse, intenções ou tarefas imediatas. Sendo assim, esse processo de atenção seletiva é ativo e corresponde a componentes de alerta, de concentração, de seleção, de perscrutação e de exploração. Alguns autores afirmam que a respiração e a frequência cardíaca também podem ser consideradas alterações de estado de atenção seletiva (Brandão, 2002). Dessa forma, conforme Kandel (2009) apud Endo e Roque (2017), a atenção atua como um “filtro” que seleciona estímulos para processamentos adicionais e já a percepção consiste no processo de seleção, organização e interpretação de estímulos, transformando-os em uma imagem coerente e significativa (Lamb; Hair; McDaniel, 2012 apud Endo; Roque, 2017). Lee e Hwang (2022) acrescentam que o aprendizado de forma virtual auxilia a sustentação da atenção, tornando a aquisição de conhecimento mais emocionante e divertida.

No estudo da motivação, entende-se que essa é uma energia interna do sujeito que conduz sua conduta em prol de adquirir algo do seu desejo, seja algo abstrato ou não. Embora a motivação não seja diretamente observável, pode-se inferir que ela tem implicações diretas no processo de aprendizagem do sujeito, impulsionando-o à busca do conhecimento e mantendo-o nessa ação. Nesse sentido, o professor é responsável por desenvolver estratégias que superem problemas motivacionais dos seus alunos, construindo crenças educacionais positivas e propiciando um ambiente de sala de aula prazeroso, para que o aluno ative seu sentimento de pertença, como, por exemplo, o aluno perceber que suas dúvidas e pedidos de ajuda são legitimados. Além disso, o professor também promove motivação sendo um modelo de pessoa motivada, tendo papel fundamental para potencializar o processo de ensino-aprendizagem (Lourenço; Paiva, 2022).

Diversas teorias têm sido propostas para estudar a motivação e suas implicações na educação. Heider (1970) apud Lourenço e Paiva (2022.) desenvolveu a Teoria de Atribuição da Causalidade, que procura explicar o comportamento humano e os eventos da vida. As teorias cognitivas atuais da motivação consideram importante o estudo das crenças, valores e emoções dos indivíduos (Martini; Boruchovitch, 2004 apud Lourenço; Paiva, 2022). A Teoria da Autodeterminação, de Deci e Ryan (1985, 2002), sugere que a motivação pode ser intrínseca (inata e instintiva) ou extrínseca (recompensas externas) (Lourenço; Paiva, 2022). A Teoria da Excitação ou Ativação afirma que tanto altos níveis quanto baixos níveis de excitação são desagradáveis e podem afetar as tarefas cognitivas e motoras, podendo causar excesso de carga cognitiva ou tédio, respeitando a singularidade de cada um (Hockenbury; Hockenbury, 2003). Por fim, a motivação hedônica é caracterizada pelo sentimento de felicidade, como, por exemplo, quando se conhece e se utiliza uma nova tecnologia (Yang; Ren; Gu, 2022).

Nos contextos educacionais, é responsabilidade do professor desenvolver estratégias para superar problemas motivacionais dos alunos, construindo crenças educacionais positivas e propiciando um ambiente de sala de aula prazeroso, para que os alunos ativem seu sentimento de pertencimento. Além disso, o professor pode ser um modelo de pessoa motivada, desempenhando um papel fundamental para potencializar o processo de ensino-aprendizagem (Lourenço; Paiva, 2022).

A percepção é considerada a capacidade cognitiva responsável pela identificação e reconhecimento de estímulos. A reação de orientação espacial por meio da visão e movimentação da cabeça é a primeira resposta à percepção, ativando a sensação da presença de um objeto e, por fim, a percepção que o identifica e o conecta a representações abstratas armazenadas na memória. A atenção voluntária difere do estado de alerta, que tem caráter direcional e seletivo (Brandão, 2002). Makransky e Klingenberg (2022) afirmam que a realidade virtual (RV) imersiva proporciona um alto nível de

fidelidade psicológica, permitindo que o usuário crie a percepção de estar fisicamente no espaço virtual e receba *feedback* imediato, sem restrições de tempo e/ou localização, transcendendo a maiores níveis de prazer e motivação intrínseca. Um aspecto relevante, segundo Zallio e Clarkson (2022), é o cuidado em assegurar a segurança mental e cognitiva, pois o ruído excessivo, a informação avassaladora, o assédio comportamental, verbal ou visual podem originar emoções como fadiga, depressão ou constrangimento, levando a uma perda de autoconfiança ou mesmo a consequências de maior impacto para o usuário.

No entanto, os períodos prolongados de concentração ininterrupta podem levar à fadiga cognitiva, diminuindo a capacidade de percepção e dificultando o processamento de informações. Dessa maneira, o projetista instrucional – seja a pessoa técnica ou o próprio professor –, tem o papel crucial de desenvolver ambientes e atividades que possam ser realizados pelos discentes sem que haja perda significativa nas suas funções cognitivas e sem que os recursos tecnológicos desconsiderem o comportamento humano, resultando assim em um sistema que funcione de forma eficiente e minimize falhas e ruídos na execução das tarefas (Ye; Wang, 2022).

O foco principal da imersão em ambientes de RV, aumentada ou mista na educação não é apenas proporcionar o sentimento de presença, mas também criar um espaço favorável para interações entre docentes e discentes, como afirmam Yang, Ren e Gu (2022), corroborando o entendimento sociológico de Durkheim (1975) de que a educação é um processo de socialização que pode variar de acordo com o tempo e o meio. Kruppa (1994) caracterizou o processo educativo como uma modificação constante entre os indivíduos, sendo ambos, o aprendiz e o educador, agentes no processo de interação social. Voltando ao tema das interações virtuais, Owens *et al.* (2011) destacaram que os "metaversos" favorecem experiências sociais e interativas que estão em constante construção e tentam suprimir a percepção de separação física, usando a metáfora do mundo real, de modo que a interação social tanto influencia como é influenciada pela tecnologia.

Os efeitos cognitivos e socioafetivos com o uso de RV foram reconhecidos por Lee e Hwang (2022), que verificaram que o uso no Metaverso auxilia na retenção de informações e favorece o desempenho acadêmico, com um crescimento de 30% em média quando comparado aos métodos tradicionais (Uspensky; Guga, 2022). Zallio e Clarkson (2022) estimam que 25% da população usará o Metaverso pelo menos uma hora por dia, e Gartner (2021) *apud* Shin (2022) prevê que 30% da população adotará o Metaverso até 2027 para diversos fins, como trabalho, entretenimento, educação e interação social. Portanto, enquanto a educação digital disponibiliza o conteúdo de forma unidirecional, o Metaverso extrapola esse conceito e transforma a educação em multidimensional com interações e conexão social (Lee; Hwang, 2022).

Considerando-se que o entendimento atual acerca da produção de conhecimentos reconhece a presença de múltiplos aspectos constituintes, incluindo os aspectos neuropsicológicos associados, como atenção, percepção, motivação, pensamentos e outros, conforme descrito por Brandão (2002), a relação entre o sujeito conhecedor e os objetos do conhecimento, tais como a realidade física e o mundo social, é fundamental. Nesse sentido, a inclusão de recursos de ambientes virtuais, como o Metaverso, torna-se essencial para atualizar esse campo plural. Oliveira e Silva (2021) afirmam que é mais motivador e interativo avaliar características não observáveis, como as funções cognitivas, utilizando-se de um procedimento não tradicional como a informática, pois isso coloca o indivíduo como agente ativo do processo. Já Santana *et al.* (2015) pontuam a RV como técnica capaz de exercitar as áreas cerebrais referentes à atenção, concentração, percepção visual, orientação espacial, memorização, organização, criatividade, sequência lógica e aprendizagem. Indicações assim são promissoras, mas ainda vêm acompanhadas de inúmeras incertezas, o que torna pertinente este estudo para que se possam tirar inferências mais fundamentadas e contextualizadas sobre o uso da RV e do Metaverso para a educação.

3 Método da pesquisa

O estudo proposto é um mapeamento sistemático ou revisão de escopo, conduzido como um estudo exploratório e descritivo sobre o tema (Moher; Stewart; Shekelle, 2015). De acordo com Arksey e O'Malley (2005), o mapeamento permite analisar a extensão, o alcance e a natureza dos fenômenos da questão abordada, identificar lacunas no estado da arte e verificar se há necessidade de

realizar uma revisão sistemática. O planejamento do mapeamento inclui a definição do protocolo de pesquisa, com foco na direção do estudo e permitindo a replicação por outros pesquisadores. Travassos (2007) sugere que o planejamento do mapeamento deve incluir a definição dos objetivos, questões de pesquisa, *strings* de busca, métodos de execução e análise dos dados, seleção de mecanismos de busca e seleção de estudos. O mapeamento foi detalhado com base nas orientações de Petersen *et al.* (2008), abordando a definição das questões de pesquisa, coleta de estudos primários relevantes, critérios de exclusão e triagem dos artigos selecionados, extração das respostas das questões de pesquisa de cada texto selecionado e discussão dos dados.

Após a coleta de dados relevantes, utilizou-se o método de análise de conteúdo para tratar e analisar as informações dos artigos selecionados como em Chizzotti (2001) *apud* Silva (2015). Adotou-se o método de abordagem indutivo para observar e relacionar eventos a fim de inferir uma verdade geral a partir da generalização entre fenômenos e fatos semelhantes, em conjunto com o Método de Comparações Constantes, que auxilia na categorização das informações, atribuindo códigos aos trechos dos textos (Jacinto, 2010).

3.1 Definição das questões de pesquisa

Tradicionalmente, o estudo dos processos de produção de conhecimento era de responsabilidade da epistemologia, um ramo da filosofia que investiga as condições universais e naturais que conectam um sujeito a um objeto a ser conhecido. No entanto, com as rápidas transformações do século XX, esse modelo entrou em crise, abrindo caminho para o surgimento da Sociologia do Conhecimento, que considera o pensar, investigar, conhecer, aprender e ensinar como processos sociais e históricos de produção cultural de significados (Berger; Luckmann, 1985). Giddens (1991) argumenta que a velocidade característica da modernidade implica que novos processos devam ser avaliados reflexivamente, à medida que emergem em cada configuração. Isso parece ser verdadeiro no caso do Metaverso, que não pode ser avaliado pelos conhecimentos tradicionalmente acumulados no campo da educação. Em vez disso, é necessário investigá-lo no contexto atual, com outras ferramentas.

Para mapear todo o conhecimento recente sobre as funções cognitivas na aprendizagem no Metaverso, foi crucial restringir o escopo do estudo e examinar cuidadosamente os artigos para obter respostas precisas para as seguintes questões: 1) Qual é o objetivo principal dos trabalhos?; 2) Quais áreas do conhecimento são abordadas no processo de ensino e aprendizagem nos trabalhos analisados?; 3) Quais plataformas são mais utilizadas e quais delas trazem recursos específicos para o processo de aprendizagem?; 4) Quais funções cognitivas são abordadas no processo de ensino e aprendizagem no Metaverso?; 5) Quais métodos de pesquisa são abordados nos trabalhos analisados?; e, por fim, 6) Quais são as limitações ou dificuldades encontradas nos trabalhos analisados? Para tanto, realizou-se uma coleta minuciosa dos artigos científicos mais relevantes em relação a estas questões.

3.2 Coleta de estudos primários relevantes

A coleta de estudos primários iniciou-se a partir de uma demanda de pesquisa e, em seguida, pela definição dos mecanismos de busca. Devido à temática e segurança das bases, as pesquisas foram realizadas nos indexadores IEEE, Scopus, ACM, Science Direct e Wiley, a partir da string de busca: “*metaverse*” AND “*learning*” OR “*education*” OR “*teaching*” AND “*cognitive*” OR “*cognition*” OR “*brainsciences*”, visando contemplar os três principais conceitos do estudo. A busca nos mecanismos retornou 277 artigos.

A ferramenta de gestão utilizada foi o Parsifal para facilitar a realização do mapeamento sistemático, visto que detecta automaticamente os artigos duplicados e gerencia o processo de seleção (Derneval; Coelho; Bittencourt, 2020).

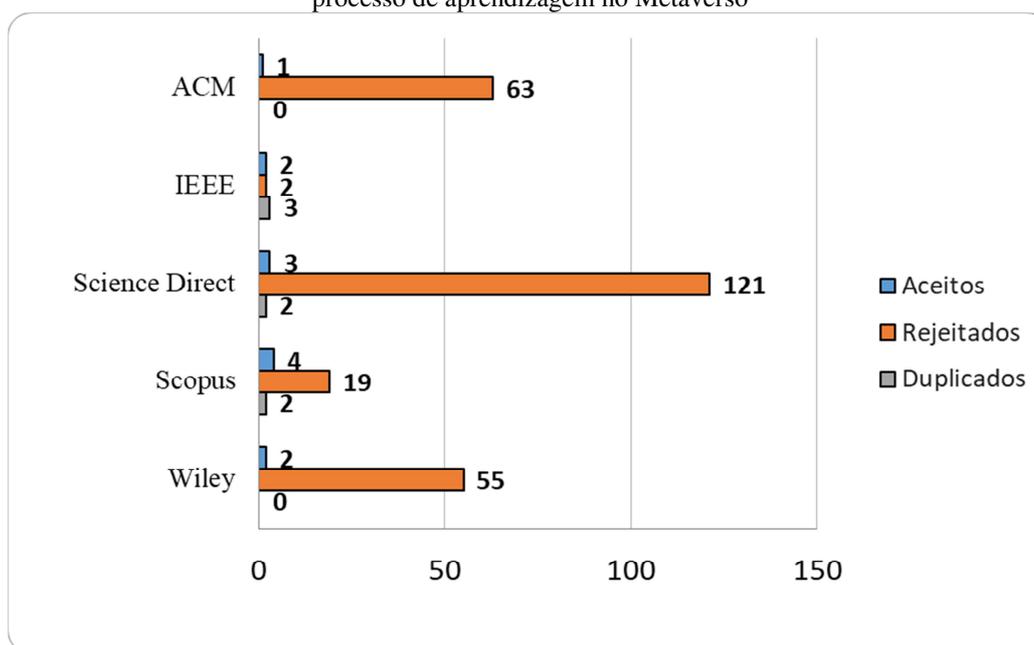
3.3 Critérios de exclusão e triagem dos artigos selecionados

A seleção dos estudos primários baseou-se nos seguintes critérios de exclusão: 1) Artigos incompletos (excluindo *abstracts*, apresentações, editoriais, etc.); 2) Artigos não escritos em inglês ou

português; 3) Artigos fora do período de 2011 a 2023; 4) Artigos sem acesso à versão completa pelo portal de periódicos da CAPES; 5) Artigos não diretamente relacionados com a temática de investigação das funções cognitivas no processo de aprendizagem no Metaverso.

Na primeira etapa do mapeamento sistemático, os títulos, resumos e palavras-chave dos 277 artigos foram lidos e analisados, resultando em 12 estudos que passaram nos critérios de exclusão para a etapa de leitura integral dos artigos, visando responder às questões de pesquisa. Como resultado final, a Figura 1 apresenta a quantidade de artigos buscados nos mecanismos de busca e a quantidade de artigos incluídos com base nos critérios de exclusão.

Figura 1 – Artigos aceitos, rejeitados e duplicados no mapeamento sistemático sobre as funções cognitivas no processo de aprendizagem no Metaverso



Fonte: dados da pesquisa

Na segunda etapa do mapeamento sistemático, os 12 artigos incluídos foram lidos na íntegra para responder às questões de pesquisa, cuja discussão é apresentada na seção 4 deste trabalho.

4 Resultados e discussão dos dados

À medida que as sociedades se tornam cada vez mais multifacetadas e plurais, é essencial repensar o papel da educação. A ciência pedagógica tem evoluído significativamente ao longo dos anos, beneficiando-se das contribuições de diversos campos, como a sociologia, a psicologia, as neurociências e a informática. As mudanças na forma de educar e transmitir conhecimento estão ocorrendo em ritmo acelerado, impulsionadas pelo avanço constante das tecnologias de computação e telecomunicações, que abrangem o universo virtual da internet. A pandemia de Covid-19, um evento histórico imprevisível, também teve um impacto substancial no desenvolvimento de novas tecnologias educacionais, ao praticamente paralisar o mundo "real", mas encontrar nos meios "virtuais" uma alternativa para a continuidade, com ampla repercussão na educação. Embora o ensino à distância já existisse, sua importância e alcance foram amplificados pela pandemia, resultando em inovações tecnológicas e reflexões político-pedagógicas sobre o uso de ambientes virtuais na educação. O Metaverso na realidade virtual - recurso tecnológico imersivo, coletivo e persistente - pode ser considerado "real" à medida que pode ser experienciado de alguma forma, representando um novo mundo repleto de possibilidades, engendrando ambientes diversos e gerando situações e eventos que produzem efeitos.

Este mapeamento sistemático das produções científicas sobre as implicações dos processos cognitivos decorrentes do uso do ensino em ambiente de Metaverso revelou um crescimento

substancial de estudos nesse campo interdisciplinar. Os resultados indicam que entre 2012 e 2020 apenas dois artigos foram publicados sobre a temática abordada. E, nos últimos três anos, de 2021 a 2024, o mapeamento incluiu dez estudos relevantes, confirmando um aumento no interesse em explorar recursos tecnológicos que contribuam para a educação, sincronamente com o início da pandemia da COVID-19 até os dias atuais, e reforçando o perfil do novo sujeito discente, mais informatizado e ativo em seu processo de aprendizagem. Além disso, a temática do Metaverso ganhou destaque com investimentos significativos e prioritários de grandes empresas de tecnologia, como o Facebook, que passou a se chamar Meta.

A seguir, são apresentadas as respostas para a primeira questão de pesquisa, relacionada aos objetivos dos artigos selecionados. Todos os estudos visavam mensurar o processo de aprendizagem no Metaverso. Os objetivos gerais e específicos foram categorizados em duas áreas: avaliação da aprendizagem no Metaverso, considerando ou não aspectos cognitivos específicos, e/ou estudo/treinamento de conhecimentos em áreas determinadas. Por exemplo, Nunes *et al.* (2017) avaliaram a eficiência da solução Sloodle em integrar mundos virtuais à aprendizagem de ambientes virtuais. Hwang (2023) analisou as características do uso do Metaverso na educação maker e sua eficácia no processo de aprendizagem, mas sem aprofundamento nos aspectos cognitivos. Garcia *et al.* (2023) projetaram um ambiente para adaptar a aprendizagem às experiências do aluno, e Zhao, Zhao e Wan (2022) exploraram o impacto social do Metaverso em termos de inclusão, diversidade, equidade, acessibilidade e segurança.

Por outro lado, Pigultong (2022) focou em avaliar nuances entre grupos de alunos no uso de um Metaverso em um Ambiente Virtual de Aprendizagem e verificar a eficácia cognitiva dos participantes. De forma semelhante, Lo e Tsai (2022) proporcionaram um ambiente de realidade virtual (VRAM) para leitura de um livro ilustrado, visando uma experiência imersiva em educação sobre recursos hídricos e avaliando a experiência de fluxo, motivação de aprendizagem, interação, autoeficácia e presença. Zhang *et al.* (2023) compararam o processo de aprendizagem no Metaverso com o uso de videoconferências para verificar se o Metaverso proporciona maior qualidade de ensino online devido ao maior envolvimento e autenticidade contextual. A revisão sistemática de Dincelli e Yayla (2022) expôs e examinou as vantagens dos recursos tecnológicos imersivos e suas contribuições para a disciplina de sistemas de informação, podendo ser categorizada como um artigo de avaliação.

Além disso, Danylec *et al.* (2022) investigaram as condições de atenção e visualização que influenciam motoristas na condução de trens e propuseram treinamentos em ambiente de Metaverso para percepção de perigos reais. Quintana e Fernández (2015) focaram na intensificação da aprendizagem dos alunos na "Formação Inicial de Docentes" utilizando os Metaversos Second Life e OpenSim para o projeto TYMMI. Guo e Gao (2022) desenvolveram um mundo virtual para melhorar o processo de ensino e aprendizagem de inglês, avaliando índices fisiológicos dos participantes, incluindo o nível de ação do corpo, o nível de pensamento e de participação das emoções, atitudes e valores dos aprendizes. Franco *et al.* (2023) utilizaram jogos sérios digitais, a partir de recursos tecnológicos imersivos e gêmeos digitais, para integrar alunos e população em estudos sobre eficiência energética, focando na educação e na aquisição de conhecimento.

A segunda questão de pesquisa tratou das áreas de conhecimento abordadas pelos artigos incluídos no mapeamento. Observou-se que os estudos em plataformas imersivas cobriram áreas diversas como tecnologia, pedagogia, ciências naturais e línguas. Nunes *et al.* (2017) focaram na disciplina de algoritmos, visando minimizar ou erradicar a evasão escolar. Pigultong (2022) continuou estudos de tecnologia para a Educação à Distância (EaD) em um ambiente imersivo que facilitava a gestão colaborativa do aprendizado entre professores e alunos. Zhang *et al.* (2023) e Garcia *et al.* (2023) também abordaram a área tecnológica, com foco na educação para o grupo de escolas FEU (Far Eastern University) e em um programa de animação e desenvolvimento de jogos, respectivamente.

Estudos como os de Guo e Gao (2022) e Hwang (2023) abordaram o ensino de inglês em ambientes projetados para interação entre professores e alunos. Danylec *et al.* (2022) exploraram a segurança pública na indústria ferroviária, abordando melhorias em treinamentos de motoristas com o uso de recursos tecnológicos. Lo e Tsai (2022) projetaram o Metaverso VRAM para ensino sobre hidrologia e conservação de água e solo. Franco *et al.* (2023) focaram na gestão de energia, incluindo energias renováveis e redes inteligentes para sustentabilidade. Quintana e Fernández (2015) visaram

melhorar práticas pedagógicas com recursos inovadores para futuros professores. Zhao, Zhao e Wan (2022) destacaram o Metaverso como um recurso para gestão de aprendizagem por meio de tutoria inteligente, conectando interessados. Dincelli e Yayla (2022) revelaram que a aplicação de recursos tecnológicos imersivos beneficia diversas áreas como educação, saúde, viagem, varejo, gestão, computação colaborativa e social, e estudos de interação humano-computador, incluindo funções humanas primárias de cognição, movimento físico, sentidos e emoções.

Em relação à terceira questão de pesquisa, os artigos que desenvolveram ou utilizaram plataformas imersivas existentes avaliaram a aprendizagem e disseminaram conhecimento aos alunos, mas não detalharam os recursos específicos utilizados. No entanto, consideraram que o ambiente imersivo proporciona maior experiência e colaboração entre os alunos, associando-se ao processo de aprendizagem. Além disso, alguns artigos enfatizaram que um planejamento adequado do ambiente imersivo pode evitar uma carga cognitiva excessiva e, assim, favorecer ainda mais o processo de ensino-aprendizagem.

A revisão sistemática de Dincelli e Yayla (2022) não mencionou plataformas específicas, enquanto Guo *et al.* (2022) associaram várias tecnologias digitais sem detalhar as plataformas. Nunes *et al.* (2017) integraram o ambiente Moodle com o Opensim Virtual World, e Pigultong (2022) adotou a plataforma space.oi dentro do Learning Management System. Zhao, Zhao e Wan (2022) propuseram uma tutoria inteligente na estrutura do Metaverso educacional (PLSEM). Hwang (2023) utilizou a plataforma Frame VR, compatível com dispositivos diversos. Franco *et al.* (2023) usaram o Smart Grid MR para pesquisa sobre gestão de energia. Zhang *et al.* (2023) adotaram o Metaverso Virbela e a ferramenta Tencent Meeting para videoconferências. Quintana e Fernández (2015) projetaram a ilha TYMMI com Second Life e OpenSim. Três artigos destacaram a construção de novas plataformas: Lo e Tsai (2022) com uma arquitetura de RV 3D (VRAM) com animações de objetos, vídeos e interação entre os usuários e o conteúdo; Danylec *et al.* (2022) com o Driver Training Framework para motoristas de trem, e Garcia *et al.* (2023) com o Miles Virtual World, incorporando *lifelogging* e mundos espelhados.

A quarta questão da pesquisa aborda as funções cognitivas e seus aspectos relacionados no contexto do processo de aprendizagem no Metaverso. Esta pesquisa sobre estudos primários indica que os processos cognitivos humanos são fundamentais para a articulação dos embates entre o real e o virtual, ou melhor, da "realidade do virtual", visto que o metaverso oferece amplas possibilidades de relações interpessoais entre professores e estudantes, bem como um campo expandido de alternativas de engajamento, favorecendo experiências enriquecedoras de aprendizado. Devido às várias semelhanças e algumas divergências nos estudos analisados, apresentaremos detalhes sobre cada artigo, seguidos por um quadro que esclarecerá as palavras-chave abordadas pelos pesquisadores: atenção, percepção, memória, concentração, melhoria cognitiva e motivação. Dos doze artigos incluídos, quatro focaram exclusivamente em aspectos específicos da cognição, enquanto os outros oito abordaram dois ou mais desses aspectos.

Nunes *et al.* (2017) descobriram que a RV imersiva mantém os alunos motivados e concentrados, com interface clara, controles simples e feedback instantâneo, resultando em maior atenção comparada ao ensino tradicional de algoritmos. Quintana e Fernández (2015) destacaram que as tecnologias de informação e comunicação são essenciais no ensino superior, promovendo aprendizado, interatividade e habilidades cognitivas, através do projeto imersivo TYMMI, que potencializa o reforço do conteúdo, criatividade, pensamento crítico e motivação dos alunos. Segundo Pigultong (2022), o estado de maior imersão impacta a cognição, intensificando o incremento cognitivo do sujeito. Danylec *et al.* (2022) exploraram diversas funções cognitivas, incluindo atenção sustentada, seletiva, dividida e alternada, avaliando a carga cognitiva e atenção através do movimento e dilatação pupilar via rastreamento ocular, além de examinarem a percepção de risco associada ao tempo de reação em cenários específicos.

Lo e Tsai (2022) afirmaram que, durante o uso da aplicação, a percepção temporal foi alterada devido à experiência de fluxo – caracterizada por uma total imersão na atividade em execução, gerando uma sensação de distorção do tempo. Além disso, verificaram um aumento na cognição humana com a utilização do modelo de aprendizagem VR VRAM, além de uma elevação na motivação para a aprendizagem. Garcia *et al.* (2023) abordaram um dos aspectos fundamentais para o aprendizado, que é a motivação, a qual foi incentivada pela interação social ampliada, consolidando

relações mais próximas e profundas. Os autores referem-se ao maior sucesso acadêmico decorrente da adoção do advento tecnológico do Metaverso, que, ao proporcionar um ambiente colaborativo, amplifica o senso de comunidade entre os usuários.

Os resultados apresentados por Zhao, Zhao e Wan (2022) demonstraram que, durante o estado de fluxo – caracterizado por participação ativa e total imersão no ambiente virtual –, ocorreram mudanças neurofisiológicas associadas a maior atenção, concentração, motivação, redução da carga cognitiva, aumento da capacidade de processamento de informações e aprendizagem, desde que o Metaverso esteja adequadamente projetado para fins educacionais. Hwang (2023) constatou um aumento na cognição criativa e na memória ao se adotar uma abordagem inovadora, mas observou que a tecnologia, por si só, não assegura a motivação para o aprendizado. A teoria da educação *maker* no Metaverso, contudo, revelou um aumento significativo nos índices de motivação devido ao estado de automotivação que incentivava os participantes a buscarem e construírem conhecimento. Por sua vez, o estudo de Franco *et al.* (2023) focou exclusivamente na motivação. Ainda que não tenha sido observada uma motivação intrínseca – um desejo inicial do próprio sujeito –, houve uma redução significativa na desmotivação. Isso sugere que o ambiente imersivo colaborativo encoraja alunos e professores a produzir conhecimento com mais facilidade e engajamento.

O Quadro 1 resume as principais palavras-chave utilizadas pelos autores ao tratar das funções cognitivas no processo de aprendizagem no Metaverso.

Quadro 1 – Funções cognitivas abordadas nos artigos

Autores dos artigos selecionados	Melhora cognitiva	Atenção	Percepção	Memória	Motivação	Concentração
Danylec <i>et al.</i> (2022)	–	X	X	–	–	–
Dincelli <i>et al.</i> (2022)	X	X	X	–	X	–
Franco <i>et al.</i> (2023)	–	–	–	–	X	–
Garcia <i>et al.</i> (2023)	–	–	–	–	X	–
Guo e Gao (2022)	X	–	X	–	X	–
Hwang (2023)	X	–	–	X	X	–
Lo <i>et al.</i> (2022)	X	–	X	–	X	–
Nunes <i>et al.</i> (2017)	–	X	–	–	X	X
Pigultong (2022)	X	–	–	–	–	–
Quintana <i>et al.</i> (2015)	X	–	–	X	X	–
Zhang <i>et al.</i> (2023)	–	–	–	–	X	–
Zhao <i>et al.</i> (2022)	–	X	X	–	X	X

Fonte: dados da pesquisa

A quinta questão de pesquisa abordada neste mapeamento sistemático refere-se aos métodos de pesquisa utilizados pelos autores, incluindo o tipo de estudo, o ambiente do Metaverso empregado, as técnicas e as ferramentas para coleta e análise dos dados. Diversas ferramentas metodológicas, como questionários, diários de bordo, atividades neurológicas e corporais, têm convergido para a ideia da eficiência e eficácia do uso do Metaverso no processo de aprendizagem. Observou-se que os estudos selecionados não seguiram um caminho metodológico único, dada a abrangência da temática de aprendizagem no Metaverso. Destaca-se, entretanto, a metodologia de estudo comparativo entre grupo experimental e grupo controle, que permitiu uma análise mais rigorosa dos efeitos da aprendizagem no Metaverso. Adicionalmente, pesquisas que envolveram testes de conhecimento específicos revelaram-

se particularmente relevantes, oferecendo detalhes sobre a eficácia das estratégias educacionais implementadas nesse ambiente virtual inovador.

Nunes *et al.* (2017) iniciaram a pesquisa com uma revisão teórica sobre o déficit de aprendizagem na disciplina de algoritmos. Em seguida, integraram os ambientes MOODLE e Opensim Virtual World para realizar um estudo de caso com 34 alunos. Utilizou-se um questionário e um estudo comparativo, aplicando o teste de Wald-Wolfowitz e ferramentas como IBM SPSS, teste de Shapiro-Wilk e Levene. Quintana e Fernández (2015) conduziram uma pesquisa quanti-qualitativa sobre o projeto TYMMI com 29 estudantes da Formação Inicial de Professores na Universidad Católica de la Santísima Concepción. Os participantes optaram entre os ambientes virtuais Second Life ou OpenSim. A avaliação empregou dois instrumentos: uma planilha de desempenho em sete domínios e uma pesquisa com respostas abertas sobre a percepção da prática docente, além do Diário de Bordo do aluno. Garcia *et al.* (2023) também conduziram um estudo quanti-qualitativo, focando em fatores relacionados à Teoria da Presença Social Corporificada com 52 participantes do programa de tecnologia da informação, analisando: corporificação, co-presença, agência, imersão e relacionamento social.

Pigultong (2022) investigou 105 alunos da Universidade Verde utilizando o Metaverso, acessado via Wi-Fi e internet móvel 4G, integrado ao Learning Management System por meio da aplicação space.oi. Foram realizados pré-testes e pós-testes sobre conteúdos específicos, para coletar dados e analisar as pontuações e interpretações cognitivas dos grupos. Danylec *et al.* (2022) aplicaram um teste visual para criar perfis de 20 motoristas, seguido de um questionário e uma experiência de RV com rastreamento ocular para avaliar a percepção e consciência situacional. A experiência foi complementada com uma maquete modular para obter respostas táteis, sendo realizada uma análise qualitativa sobre atenção e percepção visual de perigos, verificando o tempo de resposta e o nível de atenção aos estímulos. A plataforma HP Omnicept, combinada com o HP Reverb G2, foi utilizada para medir e monitorar movimentos oculares, direção do olhar, tamanho da pupila e pulso dos participantes.

Na pesquisa de Lo *et al.* (2022), um experimento foi conduzido com 44 estudantes de informática da Universidade de Ciência e Tecnologia em Taiwan. A criação do Metaverso VRAM baseou-se na teoria cognitiva de aprendizagem multimídia (CTML), respeitando os princípios de design: multimídia, contiguidade espacial e temporal, coerência, sinalização, segmentação, redundância, modalidade e voz. Inicialmente, os participantes responderam um pré-teste e um pós-teste sobre 15 vídeos 3D VR acerca da conservação de água e solo, para avaliar a experiência de fluxo, motivação de aprendizagem, interação de aprendizagem, autoeficácia e presença, além de interação com um gêmeo digital. Franco *et al.* (2023) usaram a metodologia da Rede Inteligente MR 2.0, baseada no jogo educativo Smart Grid MR, para estudar aprendizagem, motivação, ciberdoença, imersão e presença com mestrandos da Université de Picardie Jules Verne, na França. O experimento foi filmado e os áudios, processados e categorizados.

Lo e Tsai (2022) conduziram um experimento com 44 estudantes de informática da Universidade de Ciência e Tecnologia em Taiwan. O Metaverso VRAM foi criado com base na teoria cognitiva de aprendizagem multimídia (CTML), respeitando os princípios de design multimídia, contiguidade espacial e temporal, coerência, sinalização, segmentação, redundância, modalidade e voz. Os participantes responderam pré-testes e pós-testes sobre 15 vídeos 3D VR relacionados à conservação de água e solo, avaliando a experiência de fluxo, motivação de aprendizagem, interação de aprendizagem, autoeficácia e presença, além da interação com um gêmeo digital. Franco *et al.* (2023) utilizaram a metodologia da Rede Inteligente MR 2.0, baseada no jogo educativo Smart Grid MR, para estudar aprendizagem, motivação, ciberdoença, imersão e presença com mestrandos da Université de Picardie Jules Verne, na França. O experimento foi filmado e os áudios processados e categorizados.

Dincelli e Yayla (2022) conduziram uma revisão sistemática com base em uma narrativa híbrida para descrever o estado da arte sobre a RV imersiva em HDM e fornecer um embasamento teórico para futuras indicações quanto ao tipo de pesquisa. Os autores revisaram 362 artigos sobre "realidade virtual" nos bancos de dados da Web of Science (WoS), AIS, eLibrary e sites de periódicos, no período de 1965 a 2021, selecionando 151 e categorizando-os em linhas de pesquisa como: indústria de RV imersiva (treinamento e educação, saúde, serviços e setores de varejo) e estudos sobre

o efeito da realidade imersiva em indivíduos e grupos (gerenciamento e organização e interação humano-computador). A análise considerou a perspectiva de recursos tecnológicos, identificando os recursos de incorporação, navegabilidade, capacidade sensorial, interatividade e capacidade de criação. Para classificar os níveis de concordância dos resultados e avaliar a confiabilidade inter-examinador, foi utilizado o coeficiente kappa de Cohen, revelando um grau elevado de concordância.

Guo e Gao (2022) aplicaram uma metodologia que combinou redes neurais convolucionais (CNN) e recorrentes (RNN) para reconhecer emoções dos alunos a partir de exames de eletroencefalograma (EEG). O experimento, envolvendo 15 participantes, utilizou vídeos com emoções como paz, tristeza, medo e felicidade. Durante a imersão em cenários de ensino de inglês, os alunos realizaram exames de EEG em modelos de ensino sequencial, exploração abrangente e construção colaborativa. Zhao, Zhao e Wan (2022) investigaram a aprendizagem imersiva através da estrutura educacional no Metaverso (PLSEM), que integra tecnologias como RV, 5G, inteligência artificial e computação em nuvem. O estudo ressaltou que a plataforma permite o monitoramento em 4K HD dos alunos, fornecendo *feedback* inteligente para avaliar e compreender suas reações ao conteúdo.

O estudo comparativo de Hwang (2023) envolveu 60 calouros do departamento de Língua e Cultura Inglesa da Faculdade de Humanidades da Coreia do Sul, sem conhecimento prévio em educação *maker*. Os estudantes foram divididos em dois grupos: um experimental, utilizando Metaverso Frame VR com produção em 3D e NFTs, e um grupo controle, que teve acesso a vídeos disponibilizados em um site. O professor atuou como facilitador e mediador, oferecendo *feedback* construtivo e intervenções conforme necessário. O estudo de Zhang *et al.* (2023) envolveu 28 estudantes da Universidade de Correios e Telecomunicações de Nanjing (China), segmentado em pré-teste, intervenção e pós-teste. Após a intervenção, foram aplicados dois questionários para avaliar aprendizagem e presença social. A análise dos dados foi realizada utilizando SPSS 25.0 e JASP, com um teste *t* de amostras pareadas e estimativa do tamanho do efeito utilizando o *d* de Cohen.

A última questão de pesquisa abordada refere-se às limitações e dificuldades técnicas observadas nos artigos analisados. Em resumo, os artigos destacaram diversas limitações e dificuldades técnicas, tais como problemas de conectividade, equipamentos inadequados e falta de habilidades tecnológicas. Adicionalmente, foram mencionados efeitos adversos à saúde dos usuários e a negligência em aspectos de privacidade e ética dos dados coletados. Outros problemas identificados incluíram limitações metodológicas, como a ausência de testes de conhecimento e a influência dos chamados "efeito novidade" e "efeito Rosenthal". O estado da arte também alerta para os riscos potencializados de sobrecarga mental dos estudantes. Uma das soluções propostas é o desenvolvimento de ambientes de aprendizado customizados, para adequar cada propósito educacional às possibilidades de metaversos disponíveis no mercado. Estudos mais aprofundados sobre o "design para ambientes imersivos de aprendizagem" são necessários para criar aplicações que atendam às necessidades do planejamento pedagógico e respeitem as limitações inerentes a cada ser humano quanto às suas habilidades, capacidades e respostas cognitivas. Por fim, o uso recente do Metaverso tem apresentado desafios para os estudantes. Uma introdução mal orientada pode resultar em resistência ao novo e desperdício de oportunidades de desenvolvimento. Cada estudante é singular e mobiliza processos cognitivos de maneira diferente, o que pode resultar em bloqueios ou na abertura de novas possibilidades e significados.

Dentre os artigos selecionados, as limitações e dificuldades encontradas por Quintana e Fernández (2015) foram que os participantes enfrentaram dificuldades técnicas relacionadas ao uso de áudio, chat, inacessibilidade de alguns vídeos, problemas de conectividade, navegadores e placas gráficas, além de uma carência em habilidades tecnológicas direcionadas à educação. Guo e Gao (2022) observaram que o grau de interação e imersão estagnou à medida que a novidade dos recursos tecnológicos diminuiu, indicando limitações no uso dos equipamentos. Pigultong (2022) identificou que a velocidade da internet foi a principal dificuldade na pesquisa, dificultando o processo de aprendizagem. Nunes *et al.* (2017) verificaram que a implementação do Sloodle exigia muitos detalhes, sendo que o excesso de informações e elementos no Metaverso poderia prejudicar a concentração, resultando em sobrecarga cognitiva dos usuários, além de limitações técnicas relacionadas à sobrecarga de tráfego na rede e na interface de comunicação do servidor.

Na revisão sistemática conduzida por Dincelli e Yayla (2022), observou-se negligência em

relação à privacidade e ética dos dados, uma vez que HMDs e periféricos (como controladores de movimento, câmeras infravermelhas e luvas hápticas) coletam dados dos usuários de forma invasiva, acessando preferências, ações, reações físicas e emocionais, entre outros. Um problema adicional é a combinação de realidade virtual com inteligência artificial, que reduz as interpretações e o controle humano sobre as decisões algorítmicas. Além disso, o uso desses dispositivos pode causar enjoo, reforçar comportamentos indesejados, promover a fuga da realidade pela substituição sensorial e/ou desencadear emoções negativas, como estresse, medo, ansiedade, raiva e tédio. Utilizar a RV imersiva pode também dificultar a conclusão de atividades devido ao elevado grau de complexidade das mesmas.

As dificuldades relatadas por Zhao, Zhao e Wan (2022) e Lo e Tsai (2022) incluíram consequências físicas como tontura, náuseas, enjoo ou tensão ocular, que poderiam afetar a experiência imersiva e a aprendizagem dos participantes. O artigo de Zhang *et al.* (2023) apresentou limitações devido à falta de investigação dos resultados reais de aprendizagem, em função da ausência de testes de conhecimento, além da possibilidade de existir o "efeito novidade" - dado que o recurso é novo e ainda pouco difundido em contextos escolares - e o "efeito Rosenthal", que se refere ao aumento do desempenho devido à expectativa elevada do usuário. Garcia *et al.* (2023) afirmaram que seu estudo foi limitado pela exclusão de constructos como personalização do avatar, exploração da identidade, itens virtuais, comunicação, entretenimento, autonomia, liberdade de expressão, realismo, desafios, experiências compartilhadas e sentimento de pertencimento.

Outros artigos discutiram questões adicionais sobre limitações e dificuldades. Lo e Tsai (2022) destacaram que o aplicativo utilizado foi projetado apenas para a versão Android. Danylec *et al.* (2022) indicaram que a pesquisa foi limitada a apenas 12 possíveis eventos de perigos internos e externos, sendo necessário realizar testes de competência periodicamente. Franco *et al.* (2023) observaram que o jogo estudado era simétrico, não abordando jogos assimétricos que pudessem avaliar o processo de aprendizagem de forma ampla. Hwang (2023) relatou que o teste levou cerca de um ano para ser concluído e que poderiam haver diferenças na homogeneidade dos grupos devido ao intervalo de tempo. Além disso, variáveis ambientais e pessoais de cada aluno, que poderiam influenciar níveis mais elevados de criatividade ao longo do tempo, foram desconsideradas.

Em termos gerais, as pesquisas interdisciplinares sobre o uso do Metaverso na educação apresentam um balanço favorável a respeito do assunto. Os resultados sugerem que o Metaverso é um recurso válido de ensino, com níveis de eficácia comparáveis a outros recursos de aprendizagem, favorecendo o desenvolvimento cognitivo dos alunos. Contudo, questões relacionadas à usabilidade, acessibilidade, inclusão, segurança, e outras preocupações éticas, morais, jurídicas e sociais ainda precisam ser resolvidas. Reconhece-se, porém, o vasto conjunto de possibilidades a ser explorado e as melhorias necessárias. A convergência dos temas e conclusões a partir dos dados analisados identificou efetivamente tendências, conferindo validade científica ao presente trabalho e posicionando-o como uma fonte relevante para futuros desenvolvimentos na área.

Por fim, a análise dos artigos selecionados para este mapeamento sistemático identificou diversas características dos ambientes imersivos e de sua utilização, singularidades nos experimentos e conteúdos, a integração de várias tecnologias para a otimização do Metaverso, potenciais benefícios para a educação em diversas áreas, bem como preocupações decorrentes de ser uma tecnologia relativamente nova e sujeita a problemas éticos e de segurança, além de possíveis limitações dos ambientes virtuais que podem influenciar negativamente o processo de ensino-aprendizagem.

5 Considerações finais

As considerações finais deste estudo destacam a relevância e a necessidade de adaptação da educação às transformações tecnológicas e sociais contemporâneas, assim como o crescente interesse em explorar as potencialidades do metaverso. As características do metaverso, como audiovisual, persistência, imersão, colaboração e construção incremental, apresentam grande potencial para o desenvolvimento cognitivo e motivacional dos alunos, elementos mobilizados em todas as experiências educativas, seja com recursos tradicionais ou com novas possibilidades virtuais. Além disso, a inovação tecnológica representada pelo metaverso tem o potencial de revolucionar a educação, promovendo um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e inclusivo, capaz de atender às necessidades atuais dos alunos. Dessa forma, restringir o uso do metaverso a um mero recurso limita

todas as suas potencialidades.

Como resultado desta pesquisa, conclui-se que os objetivos propostos foram satisfatoriamente alcançados, proporcionando *insights* valiosos sobre as tecnologias desenvolvidas para o processo de aprendizagem. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa exploratória detalhada sobre as funções cognitivas no processo de aprendizagem no metaverso. Posteriormente, foram analisadas as respostas às questões de pesquisa dos artigos selecionados. Este estudo também evidenciou a importância do aprimoramento das ferramentas tecnológicas para a aprendizagem. Em síntese, a pesquisa revelou que as plataformas imersivas, embora variáveis em suas abordagens e recursos específicos, demonstram um potencial significativo para melhorar a experiência e a colaboração dos alunos, impactando positivamente o processo de aprendizagem.

Sugere-se que estudos futuros, especialmente aqueles de aplicação prática, aprofundem o conhecimento sobre como o metaverso pode promover maior autonomia e pensamento crítico no processo de aprendizagem. Também se recomenda uma investigação mais detalhada sobre os recursos específicos e tecnologias hápticas utilizados em plataformas imersivas para educação. Novas pesquisas são necessárias para garantir o uso eficaz do Metaverso na produção de conhecimento, considerando a segurança mental e cognitiva dos alunos. Embora o metaverso represente um avanço significativo, a sua integração bem-sucedida no sistema educacional dependerá de um equilíbrio entre inovação tecnológica e a consideração cuidadosa dos fatores humanos e pedagógicos, sendo necessário envolver continuamente pesquisadores, professores, estudantes e desenvolvedores de tecnologias na construção de aplicações ajustadas aos objetivos educacionais.

Sugere-se que estudos futuros, especialmente aqueles de aplicação prática, aprofundem o conhecimento sobre como o metaverso pode promover maior autonomia e pensamento crítico no processo de aprendizagem. Recomenda-se também uma investigação mais detalhada sobre os recursos específicos e tecnologias hápticas utilizados em plataformas imersivas para educação. Novas pesquisas são necessárias para garantir o uso eficaz do metaverso na produção de conhecimento, considerando a segurança mental e cognitiva dos alunos. Embora o metaverso represente um avanço significativo, sua integração bem-sucedida no sistema educacional dependerá de um equilíbrio entre inovação tecnológica e a consideração cuidadosa dos fatores humanos e pedagógicos, sendo necessário envolver continuamente pesquisadores, professores, estudantes e desenvolvedores de tecnologias na construção de aplicações ajustadas aos objetivos educacionais.

Agradecimentos

À Instituição Federal da Paraíba e todos aqueles que contribuíram de alguma forma, para a realização deste trabalho.

Financiamento

Este estudo recebeu apoio financeiro na forma de bolsa de mestrado da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPIPG) pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

ARKSEY, H.; O'MALLEY, L. Scoping studies: towards a methodological framework. **International Journal of Social Research Methodology**, v. 8, n. 1, p. 19-32, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>.

BERGER, P. L.; LUCKMANN, T. **A construção social da realidade**: tratado de sociologia do conhecimento. 25. ed. Petrópolis: Vozes, 1985.

BRANDÃO, M. L. **Psicofisiologia**: as bases fisiológicas do comportamento. São Paulo: Atheneu, 2002.

CALABRÒ, R. S.; CERASA, A.; CIANCARELLI, I.; PIGNOLO, L.; TONIN, P., IOSA, M.; MORONE, G. The arrival of the metaverse in neurorehabilitation: fact, fake or vision? **Biomedicines**, v. 10, n. 10, 2602, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines10102602>.

CERASA, A.; GAGGIOLI, A.; MARINO, F.; RIVA, G.; PIOGGIA, G. The promise of the metaverse in mental health: the new era of MEDverse. **Heliyon**, v. 8, n. 11, e11762, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11762>.

DANYLEC, A.; SHAHABADKAR, K.; DIA, H.; KULKARNI, A. Cognitive implementation of metaverse embedded learning and training framework for drivers in rolling stock. **Machines**, v. 10, n. 10, 926, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines10100926>.

DERMEVAL, D.; COELHO, J. A. P. M.; BITTENCOURT, I. I. Mapeamento sistemático e revisão sistemática da literatura em informática na educação. *In*: JAQUES, P.; SIQUEIRA, S.; BITTENCOURT, I.; PIMENTEL, M. **Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação**: abordagem quantitativa. Porto Alegre: SBC, 2020. (Série Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação, v. 2). Disponível em: https://metodologia.ceie-br.org/wp-content/uploads/2019/11/livro2_cap3.pdf. Acesso em: 24 mai. 2024.

DINCELLI, E.; YAYLA, A. Immersive virtual reality in the age of the Metaverse: a hybrid narrative review based on the technology affordance perspective. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 31, n. 2, 101717, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2022.101717>.

DRAXLER, F.; HIRSCH, L.; LI, J.; OECHSNER, C.; VÖLKEL, S. T.; BUTZ, A. Flexibility and social disconnectedness: assessing university students' well-being using an experience sampling chatbot and surveys over two years of COVID-19. *In*: 2022 ACM DESIGNING INTERACTIVE SYSTEMS CONFERENCE, 7., 2022, Virtual Event Australia. **Proceedings [...]**. Australia: ACM, 2022. p. 217-231. DOI: <https://doi.org/10.1145/3532106.3533537>.

DURKHEIM, E. **Educação e Sociologia**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1975.

ENDO, A. C. B.; ROQUE, M. A. B. Atenção, memória e percepção: uma análise conceitual da Neuropsicologia aplicada à propaganda e sua influência no comportamento do consumidor. **Intercom: Revista Brasileira de Ciências da Comunicação**, v. 40, n. 1, p. 77-96, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-5844201715>.

FRANCO, A. A.; LOUP-ESCANDE, E.; LOISEAUX, G., CHOTARD, J.-N.; ZAPATA-DOMINGUEZ, D.; CIGER, J.; LECLERE, A.; DENISART, L.; LELONG; R. From battery manufacturing to smart grids: towards a metaverse for the energy sciences. **Batteries & Supercaps**, v. 6, n. 1, e202200369, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/batt.202200369>.

GARCIA, M. B.; ADAO, R. T.; PEMPINA, E. B.; QUEJADO, C. K.; MARANAN, C. R. B. MILES Virtual world: a three-dimensional avatar-driven Metaverse inspired digital school environment for FEU Group of Schools. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATION AND MULTIMEDIA TECHNOLOGY, 7., 2023, New York. **Proceedings [...]**. ACM: New York, 2023. p. 23-29, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1145/3625704.3625729>.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora UNESP, 1991.

GOLEMAN, D. **Inteligência emocional**: a teoria revolucionária de quem define o que é ser inteligente. Rio de Janeiro: Objetiva, 2011.

GUO, H; GAO, W. Metaverse-powered experiential situational English-teaching design: an emotion-based analysis method. **Frontiers in Psychology**, v. 13, 859159, 2022. DOI:

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.859159>.

HOCKENBURY, D. H.; HOCKENBURY, S. E. **Descobrimdo a Psicologia**. São Paulo: Manole, 2003.

HWANG, Y. When makers meet the metaverse: effects of creating NFT metaverse exhibition in maker education. **Computers & Education**, v. 194, 104693, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104693>.

JACINTO, S. S. **Um mapeamento da pesquisa sobre a influência da personalidade da engenharia de software**. 2010. Dissertação. (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/2340>. Acesso em: 24 mai. 2024.

KRUPPA, S. **Sociologia da Educação**. São Paulo: Cortez, 1994.

LEE, H. J.; HWANG, Y. Technology-enhanced education through VR-making and metaverse-linking to foster teacher readiness and sustainable learning. **Sustainability**, v. 14, n. 8, 4786, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14084786>.

LO, S.-C.; TSAI, H.-H. Design of 3D virtual reality in the metaverse for environmental conservation education based on cognitive theory. **Sensors**, v. 22, n. 21, 8329, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22218329>.

LÓPEZ, G. A.; CHAUX, H. R.; ALVAREZ, F. A. C. The university in the metaverse. Proposal of application scenarios and roadmap model. In: CONGRESO DE TECNOLOGÍA, APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA (TECHNOLOGIES APPLIED TO ELECTRONICS TEACHING CONFERENCE, 15., 2022, Teruel. **Proceedings [...]**. Teruel: IEEE, 2022. p. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1109/TAAE54169.2022.9840630>.

LOURENÇO, A. A.; PAIVA, M. O. A. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Ciências & Cognição**, v. 15, n. 2, p. 132-141, 2010. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212010000200012. Acesso em: 24 mai. 2024.

MAKRANSKY, G.; KLINGENBERG, S. Virtual reality enhances safety training in the maritime industry: an organizational training experiment with a non-WEIRD sample. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 38, n. 4, p. 1127-1140, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12670>.

MOHER, D.; STEWART, L.; SHEKELLE, P. All in the family: systematic reviews, rapid reviews, scoping reviews, realist reviews, and more. **Systematic Reviews**, v. 4, 183, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-015-0163-7>.

MOITA, F.; PEREIRA, M. Z. Educação, tecnologia e comunicação: os jogos eletrônicos e as implicações curriculares. In: SILVA, E. M.; MOITA, F.; SOUSA, R. P. (org.). **Jogos eletrônicos: construindo novas trilhas**. Campina Grande: Ed. UEPB, 2007. p. 99-116.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 4. ed. Porto Alegre: Sulina, 2011.

NUNES, F. B.; HERPICH, F.; AMARAL, E. M. H.; VOSS, G. B.; ZUNGUZE, M. C.; MEDINA, R. D.; TAROUÇO, L. M. R. A dynamic approach for teaching algorithms: integrating immersive environments and virtual learning environments. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 25, n. 5, p. 732-751, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/cae.21833>.

OLIVEIRA, C. H. A.; SILVA, J. R. P. Avaliação psicológica na recuperação funcional através da realidade virtual: uma nova perspectiva. **Psicologia e Saúde em Debate**, v. 7, n. 1, p. 77-93, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22289/2446-922X.V7N1A6>.

OWENS, D.; MITCHELL, A.; KHAZANCHI, D.; ZIGURS, I. An empirical investigation of virtual world projects and metaverse technology capabilities. **ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems**, v. 42, n. 1, p. 74-101, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1145/1952712.1952717>.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVALUATION AND ASSESSMENT IN SOFTWARE ENGINEERING (EASE)*, 12., 2008. Italy. **Proceedings [...]**. ACM: Italy, p. 68-77, 2008. DOI: <https://doi.org/10.14236/ewic/EASE2008.8>.

PIGULTONG, M. Cognitive impacts of using a metaverse embedded on learning management system for students with unequal access to learning resources. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND EDUCATION TECHNOLOGY (ICIET)*, 10., 2022, Matsue. **Proceedings [...]**. Matsue: IEEE, 2022. p. 27-31. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIET55102.2022.9779045>.

QUINTANA, M. G. B.; FERNÁNDEZ, S. M. A pedagogical model to develop teaching skills. The collaborative learning experience in the Immersive Virtual World TYMMI. **Computers in Human Behavior**, v. 51, Part B, p. 594-603, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.016>.

SANTANA, C. M. F.; LINS, O. G.; SANGUINETTI, D. C. M.; SILVA, F. P.; ANGELO, T. D. A.; CORIOLANO, M. G. W. S.; CÂMARA, S. B.; SILVA, J. P. A. Efeitos do tratamento com realidade virtual não imersiva na qualidade de vida de indivíduos com Parkinson. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 18, n. 1, 2015, p. 49-58, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-9823.2015.14004>.

SHIN, D. The actualization of meta affordances: conceptualizing affordance actualization in the metaverse games. **Computers in Human Behavior**, v. 133, 107292, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107292>.

SILVA, A. M. **Metodologia da pesquisa**. 2. ed. Fortaleza: EDUECE, 2015.

USPENSKI, I.; GUGA, J. Embodying metaverse as artificial life: at the intersection of media and 4E cognition theories. **Philosophy and Society**, v. 33, n. 2, p. 326-345, 2022. DOI: <https://doi.org/10.2298/FID2202326U>.

WANG, S. A Bodies-on museum: the transformation of museum embodiment through virtual technology. **Curator. The Museum Journal**, v. 66, n. 1, p. 107-128, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/cura.12534>.

YANG, F.; REN, L.; GU, C. A study of college students' intention to use metaverse technology for basketball learning based on UTAUT2. **Heliyon**, v. 8, n. 9, e10562, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10562>.

YE, P.; WANG, F.-Y. Parallel population and parallel human: a cyber-physical social approach. **IEEE Intelligent Systems**, v. 37, n. 5, p. 19-27, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/MIS.2022.3208362>.

ZALLIO, M.; CLARKSON, P. J. Designing the metaverse: a study on inclusion, diversity, equity, accessibility and safety for digital immersive environments. **Telematics and Informatics**, v. 75, 101909, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2022.101909>.

ZHANG, Y.; LUO, H.; LIU, Y.; CHENG, W. Is metaverse better than video conferencing in promoting social presence and learning engagement?. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT EDUCATION AND INTELLIGENT RESEARCH (IEIR), 2023, Wuhan. **Proceedings [...]**. Wuhan: IEEE, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEIR59294.2023.10391262>.

ZHAO, Z.; ZHAO, B.; WAN, X. Research on personalized learning space in educational metaverse. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND EDUCATIONAL INFORMATIZATION (CSEI). 4., 2022, Taiyuan. **Proceedings [...]**. Taiyuan: IET, p. 245-248, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1049/icp.2022.1479>.

Revista Principia - Early View