

Compreendendo a Interação Colaborativa e Inclusão de Pessoas com Deficiência em Ambientes de Metaverso para Ensino a Distância: Um Quase-Experimento e Suas Implicações para o DALverse

Title: *Understanding Collaborative Interaction and Inclusion of People with Disabilities in Metaverse Environments for Distance Learning: A Quasi-Experiment and Its Implications for DALverse*

Título: *Comprendiendo la Interacción Colaborativa y la Inclusión de Personas con Discapacidad en Entornos de Metaverso para la Educación a Distancia: Un Cuasi-Experimento y sus Implicaciones para DALverse*

Adson Roberto Pontes Damasceno

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

ORCID: [0000-0001-6570-4103](https://orcid.org/0000-0001-6570-4103)

adson.roberto@uece.br

Eduardo Alves Lima Caldas

Universidade Federal do Ceará (UFC)

ORCID: [0009-0006-5568-3525](https://orcid.org/0009-0006-5568-3525)

adm.eduardoalves@alu.ufc.br

Francisco Carlos de Mattos Brito Oliveira

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

ORCID: [0000-0003-3389-3143](https://orcid.org/0000-0003-3389-3143)

fran.oliveira@uece.br

José Vinícius Vieira Lima

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

ORCID: [0000-0001-6161-9374](https://orcid.org/0000-0001-6161-9374)

jvinicius.vieira@uece.br

Lidiane Castro Silva

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

ORCID: [0000-0002-7857-1714](https://orcid.org/0000-0002-7857-1714)

lidiane.castro@aluno.uece.br

Resumo

A pandemia de COVID-19 acelerou transformações significativas na educação, impulsionando a adoção de tecnologias digitais para o ensino remoto e promovendo mudanças nos processos de ensino e aprendizagem. Essas mudanças buscaram aprimorar o engajamento, a participação e o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos. Diante desse cenário, muitos professores adaptaram metodologias para intensificar a interação, a motivação e o aprendizado dos estudantes. Nesse contexto, o metaverso emergiu como uma alternativa inovadora para ampliar a interação e a imersão dos alunos em ambientes virtuais de aprendizagem. Assim, este estudo investiga o uso do metaverso como um ambiente colaborativo para o Ensino a Distância (EaD), com um foco especial na inclusão de Pessoas com Deficiência (PcD). Para isso, foi conduzido um quase-experimento na plataforma DALverse, analisando como indivíduos com deficiência auditiva e física interagem, se engajam e avaliam a acessibilidade nesse ambiente. A pesquisa envolveu 34 participantes, incluindo estudantes e tutores, que realizaram atividades educacionais no metaverso utilizando recursos como avatares personalizados, chat textual e por voz, lousa digital interativa e compartilhamento de tela. A partir de um estudo misto (quantitativo e qualitativo) baseado em um survey, foram analisadas métricas relacionadas à motivação, colaboração e usabilidade, com ênfase na acessibilidade para PcD, buscando compreender suas dificuldades e direcionar estratégias para aumentar sua inclusão e autonomia no uso do metaverso na educação. Os resultados indicaram evidências positivas na percepção dos alunos, sugerindo que o metaverso pode ser uma abordagem inovadora para o ensino e a aprendizagem a distância. Além disso, os achados indicam que o metaverso pode promover um aprendizado mais imersivo.

Cite as: Damasceno, A.R.P., Lima, J.V.V., Caldas, E.A.L., Silva, L.C & Oliveira, F.C.M.B. (2024). Compreendendo a Interação Colaborativa e Inclusão de Pessoas com Deficiência em Ambientes de Metaverso para Ensino a Distância: Um Quase-Experimento e Suas Implicações para o DALverse. Revista Brasileira de Informática na Educação, vol, 1027-1061. <https://doi.org/10.5753/rbie.2025.5140>.

e colaborativo, embora desafios de acessibilidade ainda precisem ser superados. Com base nas experiências adquiridas com o ensino remoto durante a crise sanitária, este trabalho contribui para o avanço da pesquisa sobre inclusão digital no metaverso, incentivando educadores a refletirem sobre práticas educacionais mais acessíveis e equitativas na nova realidade pós-pandemia.

Palavras-chave: Pandemia; Metaverso; Aprendizagem Colaborativa e Imersiva; Ensino e Aprendizado Remoto; Pessoas com Deficiência.

Abstract

The COVID-19 pandemic accelerated significant transformations in education, driving the adoption of digital technologies for remote learning and promoting changes in teaching and learning processes. These changes aimed to enhance student engagement, participation, and the development of critical thinking. In this context, many educators adapted methodologies to intensify student interaction, motivation, and learning. As a result, the metaverse emerged as an innovative alternative to expand student interaction and immersion in virtual learning environments. Thus, this study investigates the use of the metaverse as a collaborative environment for Distance Education (DE), with a special focus on the inclusion of People with Disabilities (PWD). To achieve this, a quasi-experiment was conducted on the DALverse platform, analyzing how individuals with hearing and physical disabilities interact, engage, and assess accessibility within this environment. The research involved 34 participants, including students and tutors, who carried out educational activities in the metaverse using features such as customized avatars, text and voice chat, an interactive digital whiteboard, and screen sharing. Through a mixed-method study (quantitative and qualitative) based on a survey, metrics related to motivation, collaboration, and usability were analyzed, with an emphasis on accessibility for PWD, aiming to understand their challenges and guide strategies to enhance their inclusion and autonomy in using the metaverse for education. The results provided positive evidence from students' perceptions, suggesting that the metaverse can be an innovative approach to distance teaching and learning. Furthermore, the findings indicate that the metaverse can foster more immersive and collaborative learning experiences, although accessibility challenges still need to be addressed. Based on experiences gained from remote teaching during the health crisis, this study contributes to advancing research on digital inclusion in the metaverse, encouraging educators to reflect on more accessible and equitable educational practices in the post-pandemic reality.

Keywords: Pandemic; Metaverse; Collaborative and Immersive Learning; Remote Teaching and Learning; People with Disabilities.

Resumen

La pandemia de COVID-19 aceleró transformaciones significativas en la educación, impulsando la adopción de tecnologías digitales para la enseñanza remota y promoviendo cambios en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Estos cambios buscaron mejorar el compromiso, la participación y el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes. Ante este escenario, muchos docentes adaptaron metodologías para intensificar la interacción, la motivación y el aprendizaje de los estudiantes. En este contexto, el metaverso emergió como una alternativa innovadora para ampliar la interacción y la inmersión de los estudiantes en entornos virtuales de aprendizaje. Así, este estudio investiga el uso del metaverso como un entorno colaborativo para la Educación a Distancia (EaD), con un enfoque especial en la inclusión de Personas con Discapacidad (PcD). Para ello, se llevó a cabo un cuasi-experimento en la plataforma DALverse, analizando cómo las personas con discapacidad auditiva y física interactúan, se involucran y evalúan la accesibilidad en este entorno. La investigación involucró a 34 participantes, incluidos estudiantes y tutores, que realizaron actividades educativas en el metaverso utilizando recursos como avatares personalizados, chat de texto y voz, pizarra digital interactiva y uso compartido de pantalla. A través de un estudio mixto (cuantitativo y cualitativo) basado en una encuesta, se analizaron métricas relacionadas con la motivación, la colaboración y la usabilidad, con énfasis en la accesibilidad para PcD, con el objetivo de comprender sus dificultades y orientar estrategias para aumentar su inclusión y autonomía en el uso del metaverso en la educación. Los resultados indicaron evidencia positiva en la percepción de los estudiantes, lo que sugiere que el metaverso puede ser un enfoque innovador para la enseñanza y el aprendizaje a distancia. Además, los hallazgos indican que el metaverso puede promover un aprendizaje más inmersivo y colaborativo, aunque aún deben superarse desafíos de accesibilidad. Basándose en las experiencias adquiridas con la enseñanza remota durante la crisis sanitaria, este trabajo contribuye al avance de la investigación sobre la inclusión digital en el metaverso, alentando a los educadores a reflexionar sobre prácticas educativas más accesibles y equitativas en la nueva realidad pospandemia.

Palabras clave: Pandemia; Metaverso; Aprendizaje Colaborativo e Inmersivo; Enseñanza y Aprendizaje Remotos; Personas con Discapacidad.

1 Introdução

A pandemia da COVID-19 apresentou desafios para a educação em todo o mundo, mas, ao mesmo tempo, acelerou a adoção de novas tecnologias de comunicação *on-line* no campo educacional. Isso gerou mudanças e reflexões sobre as formas de ensinar e aprender (Viner et al., 2020). Assim, a transição das atividades presenciais para o ensino remoto trouxe desafios para a comunidade escolar. Muitos professores se sentiram despreparados para adaptar suas aulas a esse novo formato, enquanto lutavam para captar a atenção dos alunos em meio à concorrência das tecnologias, como o uso dos *smartphones* e redes sociais. Com isso, buscou-se por alternativas que pudessem promover a interação e a imersão dos alunos nos ambientes de aprendizado, destacando a adaptação de técnicas de aprendizagem ativa e o uso das mesmas tecnologias que competiam pela atenção dos estudantes (Burgess & Sievertsen, 2020; Farghally et al., 2021).

Dessa forma, Van der Merwe (2021) ressalta que a pandemia incentivou alunos e professores a passarem mais tempo em ambientes *on-line* e virtuais, experimentando novas tecnologias e integrando-as à sua rotina educacional diária. Sendo assim, estudos destacam a importância da realização de pesquisas e inovações sobre a transformação digital, especialmente na educação, com ênfase na inclusão e acessibilidade para promover justiça social e equidade (Lima et al., 2023). Nesse cenário, os cursos de Educação a Distância (EaD) em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) têm sido utilizados como ferramentas interativas para aprimorar a experiência dos usuários. Um exemplo é a plataforma Dell Accessible Learning (DAL), que conta com mais de 60.000 usuários, incluindo alunos, professores e tutores, em um ambiente de ensino remoto (A. Damasceno et al., 2024; A. R. Damasceno et al., 2020; Nascimento et al., 2017; Silva et al., 2014).

Embora diversas estratégias de aprendizado estejam sendo pesquisadas e desenvolvidas para conciliar o ensino teórico e prático no ambiente virtual da plataforma DAL, essa temática ainda apresenta oportunidades para inovações que possam potencializar esse tipo de aprendizado (A. Damasceno et al., 2023, 2024, 2024). Principalmente, porque novas tecnologias disruptivas estão sendo incorporadas continuamente, com destaque para o metaverso, que é um ambiente virtual que permite simular ações do mundo real (Davis et al., 2009). É importante destacar que o metaverso já se consolidou na educação, especialmente durante a pandemia, que acelerou a transformação digital e reconfigurou a experiência educacional. Esse período exigiu as instituições de ensino a aprimorarem suas metodologias para aumentar o engajamento e a retenção dos alunos (Lin et al., 2022). Estudos apontam diversos contextos onde o metaverso tem sido potencialmente aplicado, incluindo a educação médica, enfermagem e saúde; educação científica; treinamento militar; formação industrial; e aprendizado de línguas (Hwang & Chien, 2022; Jovanović & Milosavljević, 2022).

Dada essa abrangência, a EaD pode se beneficiar das tecnologias do metaverso, de forma a utilizar ferramentas que possam aprimorar a experiência do usuário em um ambiente interativo voltado para o ensino remoto. Para isso, Valente et al. (2020) destacam a importância de correlacionar atividades práticas e teóricas nesse ambiente. Assim, surge uma oportunidade para desenvolver soluções para a plataforma DAL, com base no metaverso, a fim de utilizar essa tecnologia disruptiva para potencializar abordagens pedagógicas baseadas na ação-reflexão-ação. Essas abordagens propiciam cenários educacionais projetados para o desenvolvimento de competências alinhadas às características da era da informação, mantendo os alunos (principalmente os com deficiência) engajados na busca por novos conhecimentos (Kye et al., 2021).

Diante desse cenário, os metaversos oferecem realidades virtuais imersivas com aplicações

significativas na EaD. Segundo Damasceno et al. (2023), a integração do metaverso com tecnologias assistivas pode impulsionar avanços educacionais e garantir uma participação inclusiva. Os autores observam que, ao empregar metaversos na educação, mais pessoas tendem a se envolver ativamente. No entanto, pesquisadores apontam que a adoção do metaverso na EaD enfrenta desafios significativos que impactam sua eficácia. Isso porque é fundamental criar um ambiente virtual inclusivo que atenda a uma ampla gama de necessidades dos participantes. Complementarmente Tlili et al. (2022) ressaltam que a acessibilidade financeira representa um obstáculo para classes sociais mais vulneráveis, sendo essencial que esses indivíduos tenham acesso à educação como uma oportunidade de transformação. Além disso, é importante centralizar pesquisas que considerem as necessidades dos alunos com deficiências, dado os desafios que enfrentam no ambiente educacional e no acesso às tecnologias assistivas.

Motivado por essas evidências, este trabalho apresenta um estudo quasi-experimental que investiga o uso do metaverso como um ambiente colaborativo de aprendizado na EaD, levando em consideração as particularidades das Pessoas com Deficiência (PcD). O estudo foi realizado com uma turma do curso de Metodologia Ágil de Desenvolvimento de Software na plataforma DAL, com o objetivo de analisar a percepção dos alunos em relação: (i) ao uso do metaverso como um ambiente de aprendizado inclusivo e; (ii) à motivação dos alunos decorrente da utilização desse espaço em um contexto remoto. Os resultados indicam que os estudantes tiveram uma percepção positiva do metaverso como um ambiente de aprendizado para o ensino remoto, destacando que ele os motivou a se envolver ativamente nas atividades didáticas propostas. A pesquisa também sugere que a imersão e interatividade proporcionadas pelo metaverso são fatores-chave para aprimorar a experiência educacional, promovendo um aprendizado mais engajado, colaborativo e equitativo.

Por fim, além desta Seção introdutória, o trabalho apresenta a Seção 2, que aborda os conceitos fundamentais da pesquisa, e a Seção 3, que relata e compara estudos relacionados ao escopo deste estudo. A Seção 4 descreve a concepção das tarefas, considerando o uso do metaverso como suporte para o aprendizado remoto, enquanto a Seção 5 detalha o planejamento do estudo. Na Seção 6, são apresentados os resultados e análises obtidos. Finalmente, a Seção 7 traz as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica

Esta Seção apresenta os conceitos teóricos essenciais para a pesquisa, abordando EaD, metaverso, seu papel na educação e tecnologias assistivas para acessibilidade.

2.1 O Papel da EaD na Educação

A EaD tem desempenhado um papel relevante na democratização do acesso ao ensino, permitindo maior flexibilidade e autonomia aos estudantes. O avanço das tecnologias digitais e o crescimento das plataformas de *Learning Management Systems* (LMS) têm transformado os modelos educacionais, proporcionando ambientes interativos e colaborativos que ampliam as possibilidades de ensino e aprendizagem (Cavus, 2015). A EaD não apenas remove barreiras geográficas e temporais, mas também atende a um público diversificado, incluindo adultos que precisam equilibrar trabalho e estudos, bem como indivíduos com necessidades educacionais específicas (Al-Arimi, 2014). Com isso, a efetividade desse modelo depende de estratégias instrucionais adequadas, combinando abordagens assíncronas e síncronas para otimizar o engaja-

mento e a retenção do conhecimento (Martin & Oyarzun, 2018). Além disso, pesquisas indicam que um dos desafios centrais da EaD é a necessidade de suporte institucional sólido, garantindo infraestrutura tecnológica adequada e promovendo a capacitação docente para o desenvolvimento de metodologias eficazes (Uvalić-Trumbić & Daniel, 2014). Nesse sentido, o aprimoramento contínuo das práticas educacionais e a adoção de padrões de qualidade são essenciais para consolidar a EaD como uma alternativa viável e eficiente na educação contemporânea.

Com base nesse contexto, a EaD está intimamente relacionada à aprendizagem aberta e à educação ao longo da vida, promovendo uma abordagem contínua para a aquisição de conhecimento. O *e-learning* desempenhou um papel essencial na expansão dos sistemas de educação *on-line*, permitindo que instituições de ensino alcancem um público mais amplo e diversificado (da Silva Abbad, 2007). Deste modo, muitas universidades têm se dedicado ativamente à criação e aprimoramento de ferramentas *on-line*, investindo em tecnologias que facilitam a aprendizagem. Na Europa, iniciativas como os *Massive Open Online Courses* (MOOCs) têm sido amplamente promovidas, proporcionando acesso a cursos de alta qualidade de forma gratuita ou a baixo custo. Além disso, o uso do *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* (Moodle) tem se disseminado globalmente, oferecendo uma plataforma flexível para a gestão de cursos *on-line* (Sabbatini, 2007).

A EaD tem se consolidado como uma alternativa estratégica para democratizar o ensino superior, proporcionando flexibilidade e acesso ampliado ao conhecimento. O avanço das tecnologias digitais possibilita ambientes interativos e colaborativos, tornando o ensino mais dinâmico. Contudo, sua efetividade requer planejamento pedagógico, infraestrutura adequada e capacitação docente contínua. Um dos desafios emergentes é a inclusão de PCD, exigindo tecnologias assistivas e ambientes virtuais imersivos para garantir equidade. O futuro da EaD no ensino superior aponta para um modelo híbrido e inclusivo, baseado em novas tecnologias, metodologias ativas e práticas inovadoras para um aprendizado acessível e de qualidade.

Recentemente, destacou-se o conceito de Ensino Remoto de Emergência (ERE), que ganhou relevância durante o surto da COVID-19. O ERE refere-se à rápida transição para o ensino *on-line* em resposta a crises, destacando a necessidade de adaptações rápidas e eficazes para garantir a continuidade da educação em situações adversas. Esse fenômeno não apenas ressaltou a importância da EaD, mas também evidenciou a necessidade de estratégias robustas e inclusivas para atender às diversas demandas dos alunos. Isso porque, de acordo com Behar (2020), o termo “remoto” refere-se à distância geográfica, indicando que o ensino ocorre longe do espaço físico da instituição. Assim, o ERE surgiu como uma solução temporária, mas apresenta desafios significativos. Diferente da EaD, que é planejada e estruturada para o ensino mediado por tecnologia, o ERE foi implementado de maneira abrupta, sem tempo adequado para capacitação docente, adaptação curricular ou infraestrutura tecnológica adequada (Hodges et al., 2020). Deste modo, essa falta de planejamento impactou diretamente a qualidade do ensino, resultando em dificuldades pedagógicas e técnicas.

Considerando as particularidades tanto da EaD quanto do ERE, Dahan et al. (2022) ressaltam que a tecnologia do metaverso representam uma das oportunidades educacionais em desenvolvimento. Isso acontece devido a esses recursos oferecerem experiências de aprendizagem virtuais interativas, permitindo que os usuários explorem conteúdos de maneira dinâmica e envolvente por meio de tecnologias avançadas. Os metaversos oferecem ambientes de aprendizagem imersivos que podem transformar a interação dos alunos com o conhecimento, promovendo uma experiência educacional rica e colaborativa.

A crescente adoção do metaverso na educação tem sido impulsionada por diversas plata-

formas que oferecem experiências imersivas para o ensino e a aprendizagem. Entre as principais plataformas de metaverso utilizadas no contexto educacional, destaca-se o *Second Life*, uma das primeiras a ser amplamente adotada para simulações educacionais e interações sociais no ensino superior (Davis et al., 2009). O *Mozilla Hubs* vem ganhando espaço como uma alternativa de código aberto para a criação de salas de aula virtuais interativas, permitindo a participação de estudantes por meio de avatares em ambientes personalizáveis (Mystakidis, 2022). Além disso, plataformas como *AltspaceVR* e *Spatial* oferecem espaços colaborativos para aprendizagem imersiva, facilitando atividades como palestras, seminários e treinamentos técnicos em realidade virtual (Lin et al., 2022). Mais recentemente, o *FrameVR* tem sido utilizado para criar salas de aula tridimensionais acessíveis diretamente pelo navegador, sem necessidade de equipamentos especializados (Tlili et al., 2022).

2.2 Metaverso

O termo “metaverso” foi introduzido em 1992 no romance “*Snow Crash*”, de Neal Stephenson. Na narrativa, o protagonista se transporta para um universo virtual *on-line*, assumindo a forma de um avatar para escapar dos desafios de sua realidade. O termo é uma combinação de “meta”, que significa virtual, com “verso”, que se refere a um mundo ou universo (Stephenson, 2003). Atualmente, o metaverso é um conceito em constante evolução, sendo continuamente enriquecido por diferentes participantes que o interpretam e moldam de maneiras únicas.

É possível encontrar uma variedade de definições sobre o metaverso. Neste sentido, Ritterbusch e Teichmann (2023) apresentam 21 definições de diferentes autores, abrangendo perspectivas da Ciência da Computação, Ciências Sociais e Medicina. Diante da variedade de definições e abordagens sobre o metaverso, este estudo adota a perspectiva proposta por Davis et al. (2009), que caracteriza os metaversos como mundos virtuais tridimensionais imersivos, onde os usuários interagem por meio de avatares tanto entre si quanto com agentes de software, utilizando a metáfora do mundo real. Essa definição amplia e generaliza conceitos anteriores de mundos virtuais, destacando o potencial do metaverso para promover colaboração e superar barreiras geográficas e tecnológicas na interação digital. Segundo Ning et al. (2023), do ponto de vista técnico, a forma como os humanos se comunicam está em constante evolução (como ilustra a Figura 1). Essa inovação tecnológica, juntamente com a integração de novas tecnologias e aplicações da internet, também tem avançado significativamente.

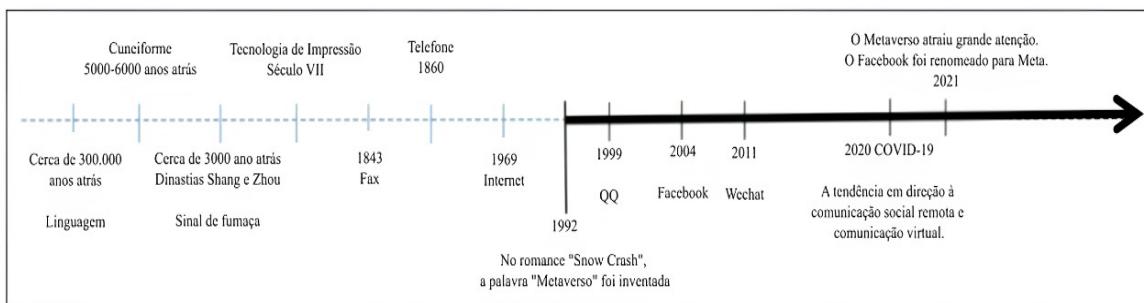


Figura 1: Linha do tempo do desenvolvimento dos métodos de comunicação.

É importante destacar o panorama das publicações relacionadas ao metaverso. De acordo com Ning et al. (2023), em novembro de 2021, foram registradas 211 publicações sobre o

metaverso na base de dados da *Web of Science*¹ (ver Figura 2). A partir dessa Figura, é possível identificar a evolução do metaverso em quatro estágios: (i) estágio embrionário; (ii) estágio primário; (iii) estágio vazio; e (iv) estágio de desenvolvimento. A primeira publicação sobre o metaverso na *Web of Science* ocorreu em 1998. Durante o estágio embrionário, na ausência de ferramentas técnicas, a literatura e a arte serviram como veículos para o estudo do metaverso, exemplificado por filmes e livros que exploram esse universo. Para validar a classificação dos estágios de desenvolvimento do metaverso com base no número de publicações relacionadas, realizou-se uma nova investigação, resultando em 191 estudos sobre o tema na base de dados da *SCOPUS*², como ilustrado na Figura 2. Os dados obtidos na pesquisa confirmam a segmentação dos quatro estágios mencionados anteriormente.

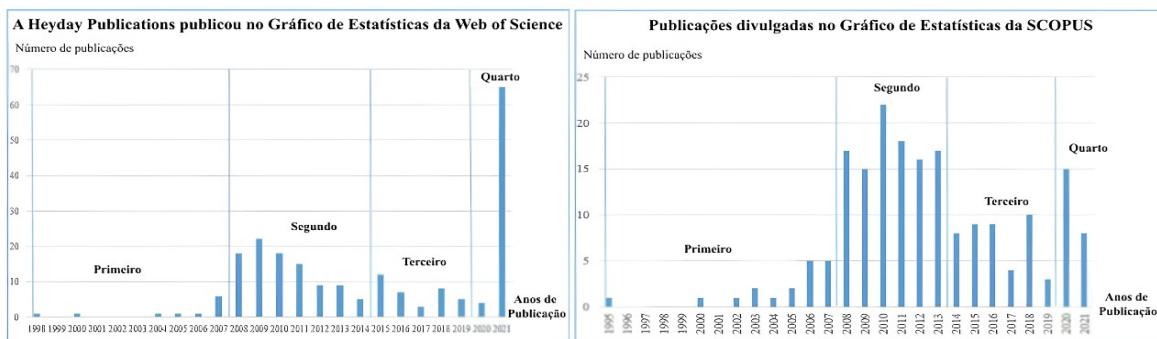


Figura 2: Publicações relacionadas ao metaverso.

Neste sentido, Ning et al. (2023) destacam que, no início do século XXI, o desenvolvimento de tecnologias de realidade virtual e computação gráfica estabeleceu as bases técnicas para o surgimento do conceito de metaverso. Os videogames surgiram como uma nova plataforma para explorar esse potencial, com exemplos notáveis como *Roblox*, lançado em 2006, e *Minecraft*, lançado em 2009, que inspiraram intensas discussões sobre o tema. No entanto, o desenvolvimento do metaverso e seus modelos de negócios ainda não estão totalmente maduros, enfrentando desafios de interação, limitações computacionais, questões éticas, preocupações com a privacidade e riscos de dependência em ambientes virtuais. Além disso, o avanço tecnológico da época dificultou o progresso significativo do metaverso, levando a um declínio no interesse em pesquisas a partir de 2013.

Em 2020, com a eclosão da pandemia de COVID-19 e a subsequente transição para encontros virtuais, juntamente com os avanços nos jogos imersivos, houve um impulso renovado no campo da tecnologia, reacendendo o debate sobre o conceito de metaverso. Conforme a literatura, esse ano pode ser considerado um marco inicial para o metaverso, caracterizado como um estágio de desenvolvimento significativo. Nesse contexto, o metaverso incorporou elementos como 5G, computação em nuvem, visão computacional, *blockchain*, inteligência artificial e outras tecnologias de ponta que estão se desenvolvendo rapidamente (Ning et al., 2023). Assim, o metaverso tem sido explorado em diversos cenários, incluindo o educacional.

2.2.1 Metaverso na Educação

De acordo com Lin et al. (2022), a educação tradicional enfrenta várias limitações persistentes, como a falta de conteúdo envolvente, a baixa motivação dos alunos, restrições temporais e spa-

¹Web of Science: <https://www.webofscience.com/>

²Scopus: <https://www.scopus.com/home.uri>

ciais, e a dificuldade de tornar conceitos abstratos mais tangíveis. No entanto, os autores afirmam que o rápido avanço das tecnologias de comunicação na internet, aliado ao desenvolvimento de plataformas de hardware, à descentralização, à fusão da realidade virtual com a realidade aumentada e à crescente Interação Humano-Computador (IHC), sugere que a integração do metaverso na educação é uma possibilidade viável.

Isso se deve ao fato de que a realidade digital oferece uma experiência imersiva para os usuários, permitindo que as tecnologias superem as limitações de tempo e espaço. A imersão pode aprofundar significativamente a compreensão dos conteúdos, aumentando a experiência de aprendizado dos alunos e o desenvolvimento de competências e habilidades (Lin et al., 2022). O metaverso é um vasto *framework* que integra diversos recursos digitais inovadores. Entre os inúmeros benefícios desse ambiente, destacam-se a interação, a autenticidade e a portabilidade. Como consequência, é essencial que o novo sistema educacional seja reformulado para garantir sua acessibilidade e sustentabilidade. O uso do metaverso na educação inclui: **Conexão**. A possibilidade de se conectar remotamente, comunicar e interagir com outras pessoas a qualquer hora e em qualquer lugar. No conceito de "veja o que eu vejo", por exemplo, os avatares podem visualizar uns aos outros enquanto coexistem no mesmo mundo virtual, criando assim oportunidades para novos relacionamentos; **Estudo**. A imersão na educação proporciona um aprendizado envolvente e interativo, facilitando o treinamento de forma divertida e eficaz; **Personalizado**. A humanização permite que os alunos criem avatares personalizados de acordo com suas preferências, refletindo sua identidade e estilo únicos. **Exploração**. Proporciona uma experiência imersiva, permitindo viagens a eventos históricos de forma segura e a baixo custo; **Visualização**. Os alunos podem observar elementos difíceis de perceber no mundo real, como moléculas e células biológicas em perspectiva microscópica; **Baixos riscos de operação**. Os alunos podem realizar treinamentos em experimentos de alto risco, como trabalhar com materiais químicos inflamáveis ou simulações de acidentes aéreo, com um risco operacional reduzido; **Tempo e espaço irrestritos**. O metaverso educacional supera limitações de tempo e espaço, permitindo a recriação de eventos históricos e a exploração de ambientes tropicais por alunos de regiões temperadas, sem depender da imaginação ou de recursos tradicionais como livros e vídeos.

Com base nesses elementos, Lin et al. (2022) abordam a integração da educação tradicional com a Web 2.0 por meio de MOOCs, ressaltando limitações como a falta de conteúdo envolvente e a baixa participação dos alunos. Com a chegada iminente da Geração Z, a qual está familiarizada com a educação *on-line*, é essencial preparar-se para uma nova revolução nos modelos educativos. Assim, aproveitar o potencial do metaverso pode ser particularmente vantajoso, pois oferece interatividade, autenticidade e experiências imersivas. De acordo com Fernandes e Werner (2022) , o metaverso representa um novo paradigma em construção, onde plataformas sociais e imersivas de realidade virtual se integrarão a diversos tipos de aplicações.

Sendo assim, o metaverso oferece um ambiente interoperável que promove a interação e a motivação dos alunos, apoioando o engajamento e a aprendizagem colaborativa. As formas de comunicação e relacionamento entre os avatares, bem como a interação com os recursos e objetos no metaverso, o diferenciam dos ambientes virtuais de aprendizado tradicionais. Além de integrar ferramentas clássicas, como chats, avaliações, fóruns e bibliotecas virtuais, a interação proporcionada pelo metaverso transforma a perspectiva de engajamento dos alunos, tornando as atividades mais lúdicas e motivadoras (Moreira de Classe et al., 2023).

De forma complementar, Mystakidis (2022) ressalta que em contextos educacionais, uma questão fundamental a ser considerada é a escolha do metaverso, especialmente no que diz respeito à sua inclusão para os alunos. As decisões sobre essa escolha devem ser cuidadosamente

avaliadas, pois influenciam diretamente se o metaverso poderá se consolidar como uma tecnologia convencional para o *e-learning*. Neste contexto, Ball (2022) evidencia que as aplicações do metaverso devem funcionar como ferramentas relevantes para as PCD. Isso porque é necessário garantir a importância que o metaverso seja acessível a esses indivíduos, reconhecendo-os como valiosos colaboradores. O autor enfatiza a importância de integrar o uso do metaverso com tecnologias assistivas, que são fundamentais para garantir a acessibilidade tanto à informação quanto ao ambiente físico (Vianna & Pinto, 2017).

2.3 Tecnologias Assistivas

As tecnologias assistivas podem ser entendidas como um conjunto diversificado de ferramentas, serviços e práticas projetadas para minimizar os desafios enfrentados por indivíduos com deficiência (Melo et al., 2020). O termo é utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para ampliar habilidades funcionais das PCD e, consequentemente, promover vida independente e inclusão. Embora as tecnologias assistivas possam ter um impacto significativo na vida das PCD, facilitando o exercício de seus direitos humanos e liberdades fundamentais, o acesso a essas tecnologias ainda é limitado em muitos países (dos Santos-Zingale & Ann McColl, 2006; Maya Dhungana, 2006).

Neste cenário, a Organização Mundial da Saúde estima que, em países de baixo e médio rendimento, apenas 5 a 15% das pessoas que necessitam de tecnologias assistivas têm acesso a elas. Além disso, menos de 3% dos aparelhos auditivos necessários nesses países são realmente disponibilizados (Organization et al., 2004). A situação se agrava pelo fato de que esses dispositivos muitas vezes são fornecidos sem a devida consideração para os serviços associados que poderiam apoia-los (Oderud, 2000). Sendo assim, torna-se promissor implementar medidas de tecnologias assistivas para atender às diretrizes da convenção sobre os direitos das PCD.

No contexto da EaD, as tecnologias assistivas desempenham um papel relevante na prática diária dos AVAs, promovendo transformações educacionais significativas. A integração das tecnologias da informação na educação não apenas facilita o acesso, mas também aumenta a participação de alunos, independentemente de suas capacidades ou limitações. As tecnologias assistivas são projetadas para ampliar as capacidades funcionais das PCD, criando um ambiente de aprendizado mais inclusivo e acessível. Essa ampliação de capacidades se entrelaça de forma essencial com as interações desses indivíduos com os dispositivos, evidenciando a necessidade de investigar como esses dois campos se inter-relacionam. Essa exploração é fundamental para fomentar não apenas a inclusão, mas também a autonomia dos alunos, permitindo que eles se tornem participantes ativos e engajados em seu processo educativo.

2.4 Avaliação de Ambientes de Aprendizagem *On-line* e Motivação

A avaliação da motivação dos alunos em AVAs pode ser realizada por meio de diversos instrumentos, além do *Constructivist On-line Learning Environment Survey* (COLLES) utilizado neste estudo. Entre as principais alternativas, destaca-se a *Motivated Strategies for Learning Questionnaire* (MSLQ), desenvolvida por Pintrich et al. (1991), que avalia componentes motivacionais e estratégicos da aprendizagem em ambientes acadêmicos. Outra abordagem é a *Intrinsic Motivation Inventory* (IMI) (Inventory, 1994), proposta por Deci e Ryan (1985), que mede aspectos como interesse, esforço percebido e valor subjetivo da atividade. Além disso, a *Academic Motivation Scale* (AMS), baseada na Teoria da Autodeterminação de Vallerand et al. (1993), permite uma análise mais detalhada dos fatores motivacionais extrínsecos e intrínsecos.

Considerando o foco deste estudo na inclusão de PCD, é fundamental ampliar o instrumento adotado para incorporar elementos que avaliem a acessibilidade e a autonomia desses indivíduos no metaverso. Conforme Baker (2007), compreender a psicologia dos ambientes de sala de aula é essencial tanto em cursos presenciais quanto em contextos de educação *on-line*. Com isso, é necessário o desenvolvimento de instrumentos para avaliar esses ambientes. Uma dessas escalas de medição foi proposta por Taylor e Maior (2000), sendo conhecida como COLLES. Inicialmente, a pesquisa concentrou-se na percepção de motivação e aprendizagem dos participantes, utilizando o COLLES e um conjunto de questões baseadas na Teoria da Autodeterminação. No entanto, um segundo momento da investigação foi dedicado à coleta de relatos de experiência de PCD, buscando compreender suas dificuldades e obter *insights* sobre recursos que poderiam ser implementados para promover maior acessibilidade. A análise dessas informações permitirá a formulação de diretrizes para aprimorar a inclusão e a autonomia das PCD no metaverso, alinhando-se ao objetivo de tornar a EaD mais equitativo e acessível.

O questionário COLLES foi desenvolvido para avaliar a percepção dos alunos sobre um ambiente de aprendizado *on-line*, com foco nos princípios pedagógicos. Para Taylor e Maior (2000), tradicionalmente, o COLLES é composto por itens em Escala *Likert*, organizados nas seguintes categorias: relevância (o quanto significativo é o aprendizado *on-line*); reflexão (em que medida o ambiente *on-line* estimula o pensamento reflexivo); interatividade (a capacidade do ambiente em permitir a interação); auxílio do professor (se o ambiente oferece suporte do professor), auxílio dos colegas (se o ambiente favorece e incentiva o aprendizado colaborativo entre os alunos); e interpretação (a qualidade da comunicação entre todos os participantes).

Além de avaliar a percepção dos alunos sobre o ambiente de aprendizagem, é fundamental investigar o aspecto motivacional associado ao seu uso. Assim, a teoria da autodeterminação é amplamente utilizada na análise e compreensão da motivação humana (Gagné & Deci, 2005). Para Deci e Ryan (2000), essa teoria não considera a motivação como um fenômeno único, mas como composta por diferentes tipos. Os mais comuns são: a motivação intrínseca, que ocorre quando a pessoa se sente motivada por interesse próprio ou automotivação, e a motivação extrínseca, que é impulsionada por fatores externos, como recompensas e outros estímulos.

Conforme Oliveira et al. (2020), fatores como motivação, engajamento, diversão e outras emoções positivas são essenciais no processo de ensino e aprendizagem. Segundo a teoria da autodeterminação, os alunos apresentam um desempenho superior, aprendem de forma mais eficaz e sentem-se mais motivados quando possuem um elevado nível de motivação intrínseca em relação ao contexto ou à tarefa (Nakulla & Toshalis, 2012). Por essa razão, esta pesquisa utilizou o questionário COLLES, que foi complementado com questões específicas sobre a motivação dos alunos, fundamentadas na teoria da autodeterminação. Essa abordagem permitiu analisar se os alunos se sentiram motivados ao utilizar o metaverso como ambiente de aprendizagem na EaD. As questões foram elaboradas com base no trabalho de Oliveira et al. (2020).

3 Trabalhos Relacionados

Esta Seção revisa estudos relacionados, identificando lacunas e oportunidades, além de comparar abordagens, tecnologias e metodologias já exploradas.

Diversos estudos destacam a utilização do metaverso em contextos educacionais (ver Tabela 1). No trabalho proposto por Masferrer et al (2014), os autores relataram experiências com tecnologias de metaverso, como *Second Life* e *OpenSimulator*, que foram implementadas como

ambientes de aprendizagem. Os autores observaram que esses ambientes proporcionaram resultados superiores em comparação a outras plataformas de ensino *on-line*. Por sua vez, Jeon (2021) conduziu um estudo investigando o uso do metaverso para promover interação e comunicação eficaz entre estudantes em contextos educacionais remotos. Os resultados indicaram que o metaverso aumentou a satisfação dos alunos em relação às aulas, em comparação a ambientes remotos baseados em videochamadas, impactando positivamente o aprendizado. No estudo de Kim et al. (2022), os autores realizaram uma análise empírica sobre os fatores que influenciam a aceitação de ambientes de aprendizagem baseados em metaverso, utilizando realidade virtual com estudantes de ensino superior. O estudo revelou que o ambiente desempenhou um papel significativo na intenção de uso, sendo considerado útil para o processo de aprendizagem.

Tabela 1: Características dos trabalhos relacionados.

Autor(es) e Ano	Objetivo Principal	Tecnologias/ Plata-formas Utilizadas	Metodologia	Resultados Principais	Diferenciais
Masferrer et al. (2014)	Avaliar o impacto do metaverso no aprendizado.	<i>Second Life, OpenSimulator</i>	Estudo de caso	Desempenho superior comparado a outras plataformas <i>on-line</i> .	Foco na comparação de desempenho entre ambientes.
Jeon (2021)	Estudar interação e comunicação no metaverso.	Não especificado	Pesquisa empírica	Aumento da satisfação dos alunos e impacto positivo no aprendizado.	Ênfase na comunicação e satisfação em ambientes remotos.
Kim et al. (2022)	Analizar fatores que influenciam a aceitação do metaverso.	Realidade Virtual	Análise empírica	Ambiente desempenha papel significativo na intenção de uso e foi útil para o aprendizado.	Análise da aceitação com estudantes de ensino superior.
Jovanović e Milosavljević (2022)	Promover aprendizado colaborativo em um mundo virtual gamificado.	Plataforma <i>Vortex</i>	Estudo experimental	Resultados educacionais significativos comparados às plataformas tradicionais durante a pandemia.	Uso de gamificação em ambientes de aprendizagem.
Classe, Castro e Oliveira (2023)	Investigar o metaverso no ensino híbrido e sua motivação.	<i>Gather</i>	Estudo quasi-experimental	Evidências positivas sobre a eficácia do metaverso no aprendizado e estímulo à motivação dos alunos.	Aplicação ao ensino híbrido e foco em lições aprendidas da pandemia.
Onggirawan et al. (2023)	Realizar revisão sistemática sobre vantagens e desvantagens do metaverso.	Não especificado	Revisão sistemática	Preferência dos alunos pelo metaverso e a necessidade de pesquisas adicionais sobre disciplinas e níveis educacionais.	Análise sistemática de literatura sobre vantagens e desvantagens do metaverso.
Alfaisal, Hashim e Azzan (2022)	Analizar pesquisas sobre aplicações do metaverso na educação.	Não especificado	Revisão de 41 estudos	Identificação do Modelo de Aceitação de Tecnologia como abordagem predominante.	Uso do <i>SmartPLS</i> para validação de modelos.
Seigneur e Choukou (2022)	Garantir acessibilidade no metaverso para PCD.	Realidade Virtual, Realidade Aumentada	Proposta de diretrizes preliminares	Necessidade de mais estudos sobre representação e acessibilidade para PCD.	Proposta de design inclusivo baseada em testes empíricos com PCD.
Fernandes e Werner (2022)	Discutir desafios de acessibilidade em sistemas imersivos.	Não especificado	Revisão bibliográfica	Identificação de desafios e oportunidades para inclusão de PCD.	Incentivo a discussões sobre acessibilidade na comunidade de IHC.
Damasceno et al. (2023)	Explorar lacunas de acessibilidade no metaverso para ensino remoto.	<i>DALverse</i>	Revisão e análise crítica	Lacunas identificadas em estudos sobre acessibilidade no ensino remoto.	Foco na relação entre motivação, aprendizagem, e acessibilidade.

Jovanović e Milosavljević (2022) apresentaram a plataforma *VoRtex*, um mundo virtual gamificado projetado para promover o aprendizado colaborativo. Os resultados mostraram que a plataforma gerou resultados educacionais significativos em comparação às tradicionais plataformas de ensino *on-line* durante a pandemia de COVID-19. No estudo de Classe, Castro e Oliveira (2023), uma investigação foi conduzida sobre o uso do metaverso como ambiente de aprendizagem para o ensino híbrido, os autores utilizaram um estudo quasi-experimental com alunos de ensino superior. A pesquisa analisou a percepção dos alunos e sua motivação ao utilizar essa abordagem. Os resultados indicaram evidências positivas de que o metaverso foi eficaz como ambiente de aprendizado, além de estimular a motivação dos alunos nas atividades

didáticas. A pesquisa conclui ressaltando as lições aprendidas durante a pandemia e propondo o metaverso como uma solução viável para apoiar o ensino híbrido.

Onggirawan et al. (2023) realizaram uma revisão sistemática sobre as vantagens e desvantagens dos espaços educacionais no metaverso. Os resultados mostraram que os alunos preferem o metaverso para aprimorar sua compreensão em comparação com métodos tradicionais. No entanto, destacaram a necessidade de mais pesquisas para identificar as disciplinas e níveis educacionais mais adequados. Embora o metaverso apresente um grande potencial educacional, o papel dos professores e pais é fundamental para mitigar possíveis desvantagens. Considerando o mesmo cenário de investigação da literatura, Alfaaisal, Hashim e Azizan (2022) avaliaram 41 pesquisas publicadas entre 2011 e 2022, analisando as aplicações do metaverso na educação com base em modelos de sistemas de informação. Os autores identificaram o Modelo de Aceitação de Tecnologia como a abordagem predominante para prever a adoção do metaverso, e o *SmartPLS* como uma ferramenta eficaz para validar esses modelos.

Neste artigo, também é abordado o metaverso como um ambiente educacional. Seu uso no contexto educacional oferece oportunidades para explorar mundos virtuais, visando engajar os alunos e aprimorar o processo de ensino e aprendizagem remoto. Este trabalho destaca o metaverso como um ambiente educacional remoto, ressaltando uma lacuna identificada por Seigneur e Choukou (2022), que enfatizam a importância de garantir que PCD tenham acesso igualitário ao metaverso. Contudo, apontam que a acessibilidade e a representação adequadas ainda não foram suficientemente abordadas, especialmente em ambientes de realidade virtual. Eles sugerem que o metaverso possui o potencial de promover a inclusão, mas que mais pesquisas são necessárias para entender como essas pessoas desejam ser representadas. Os autores propõem a realização de estudos com PCD e a formulação de diretrizes preliminares de design, que poderão ser refinadas após testes empíricos com realidade virtual e aumentada.

Além dessas lacunas, destaca-se também a adversidade identificada por Fernandes e Werner (2022), que oferecem uma visão geral sobre acessibilidade em sistemas imersivos, com foco no metaverso. Eles identificam desafios e oportunidades para a inclusão de PCD e incentivam mais discussões na comunidade de IHC, propondo mecanismos para garantir o acesso ao metaverso por todos. Os autores concluem que ainda há um longo caminho a percorrer para assegurar o pleno acesso das PCD a esses ambientes. Por fim, como apontado por Damasceno et al. (2023), existe uma ausência de estudos sobre o metaverso no ensino remoto que investiguem a questão da acessibilidade no contexto educacional. Sendo assim, este artigo se destaca por abordar essa lacuna, focando na motivação e aprendizagem em relação aos três pilares: metaverso, educação e acessibilidade.

4 O Metaverso como Ambiente de Aprendizagem Remoto

Esta Seção explora o metaverso como ferramenta educacional, detalhando sua implementação, funcionalidades e impacto na experiência de aprendizado dos alunos.

Os metaversos visam expandir o mundo real para ambientes virtuais, tornando-se, portanto, potencialmente úteis como espaços de aprendizagem para apoiar o ensino a distância. Diante disso, este trabalho procura investigar tanto a percepção dos alunos quanto sua motivação ao utilizar essa tecnologia como suporte para a realização de atividades didáticas em aulas remotas.

Neste artigo, a tecnologia de metaverso escolhida foi o DALverse. De acordo com Damasceno et al. (2024), o DALverse é um dos produtos desenvolvidos em um laboratório de desenvolvimento e inovação, assim como outros, STUART (A. R. Damasceno et al., 2020) e o JLOAD (Silva et al., 2014). Ao acessar a plataforma DAL, os alunos matriculados têm acesso à

sala "Metaverso", onde podem personalizar seus avatares, escolhendo entre três opções: masculino, feminino ou um avatar robô sem gênero. As funcionalidades do DALverse proporcionam uma experiência interativa, permitindo que os alunos socializem com tutores e colegas, troquem conhecimentos por meio de chat de voz e texto, e realizem atividades colaborativas em uma lousa interativa. Entre as principais ferramentas estão um auditório virtual imersivo, recursos de comunicação e um quadro interativo para colaboração.

Em conformidade com Kye et al. (2021), a priorização dessas funcionalidades visa promover uma identificação ágil dos alunos com os ambientes representados, procurando prevenir a sensação de estranheza. Essa abordagem, por sua vez, promove uma interação mais fluida dos alunos com o ambiente e os objetos, facilitando sua familiarização com a tecnologia. A seguir, estão detalhadas as principais funcionalidades do DALverse: **Entrada no ambiente**. Ao acessar a plataforma DAL, o aluno matriculado em um curso pode entrar na sala "Metaverso". O usuário pode definir seu nome e escolher entre três tipos de avatares pré-definidos para representá-lo no ambiente: perfil masculino, perfil feminino ou um avatar sem gênero, representado pelo robô STUART; **Locomoção do avatar**. O usuário pode navegar pelo ambiente em uma perspectiva de primeira pessoa, utilizando as setas do teclado e o mouse para controlar sua locomoção. A Figura 3 ilustra essa funcionalidade e a escolha dos avatares.



Figura 3: Escolha de avatar e avatares circulando pelo DALverse.

Avatares. O sistema oferece três modelos de avatar: um feminino, um masculino e um robô. Exceto o robô, cada avatar possui cinco movimentos: para frente, para trás, para a direita, para a esquerda e em repouso. O avatar robô flutua nas mesmas direções. O sistema interpreta e reproduz esses movimentos, proporcionando uma sensação realista de deslocamento dentro do ambiente virtual; **Recurso de acessibilidade**. Implementado na interface 2D do sistema, o recurso de alto contraste tem como objetivo aumentar a legibilidade entre os componentes do quadro branco e da imagem do chat, especialmente para usuários com baixa visão. A Figura 4 ilustra essa perspectiva, além de mostrar a representação do movimento dos avatares.

Comunicação por voz. Os usuários podem interagir na sala virtual pelo microfone, enriquecendo a experiência de interação; **Comunicação textual (chat)**. Os usuários também podem interagir por meio de chat de texto, enviando mensagens de forma privada ou para a sala geral; **Quadro virtual**. Para simular um ambiente de sala de aula colaborativa, foi desenvolvido um quadro branco virtual com ferramentas como borracha, lápis e opções de inserção de texto em diferentes cores e tamanhos. Apenas um usuário pode usar a ferramenta por vez, enquanto outros podem solicitar a edição do quadro utilizando seu "tablet" virtual. Isso garante maior controle sobre os recursos e segurança no ambiente de aprendizagem (ver Figura 5); **Compartilhamento de tela**. Como proprietário do quadro branco, o usuário pode transmitir uma guia do navegador, uma janela de aplicativo ou a tela inteira do dispositivo, com ou sem áudio, para o quadro digital.



Figura 4: Avatar e movimentação do usuário em alto contraste (quadro branco e *chat*).

Isso permite que tutores e alunos apresentem seus trabalhos, tirem dúvidas e mostrem outras aplicações externas de seus computadores. A Figura 5 apresenta esse cenário.



Figura 5: Atividade de comunicação por voz, compartilhamento de tela e colaboração no quadro.

A escolha do DALverse como plataforma de metaverso para este estudo baseia-se em fatores estratégicos e acadêmicos. Primeiramente, o DALverse foi desenvolvido em laboratório de inovação do qual alguns pesquisadores tem acesso para experimentação, permitindo uma integração mais eficiente com a plataforma. Além disso, a DAL já tem se destacado no meio acadêmico e científico por trazer inovação ao prover inclusão digital e autonomia para PcD, um dos focos centrais deste trabalho. Dada a proposta deste estudo de investigar a interação colaborativa em um ambiente metaverso educacional, a escolha do DALverse foi natural, pois trata-se de uma plataforma desenvolvida especificamente para fins educacionais, o que a diferencia de outras soluções mais genéricas de metaverso.

Além da integração com a DAL, o DALverse oferece recursos inovadores que se destacam quando comparadas a outras plataformas. Entre eles, destaca-se um auditório virtual imersivo, um sistema de comunicação textual e por voz, além de um quadro interativo para colaboração. Esses recursos diferem das plataformas generalistas de metaverso, que focam em entretenimento ou socialização. O DALverse foi concebido para oferecer suporte pedagógico a aulas e atividades acadêmicas, proporcionando um ambiente acessível para PcD. A pesquisa se beneficiou do acesso prévio a um grupo de participantes com deficiências que já utilizavam ou haviam utilizado a plataforma DAL, facilitando comparações entre a experiência na DAL sem metaverso e a DAL integrada ao DALverse. Esse diferencial metodológico permitiu avaliar impactos da inclusão de um ambiente metaverso e, principalmente, coletar percepções de PcD sobre os recursos de acessibilidade disponíveis e aqueles que ainda precisam ser aprimorados, um dos desafios destacados na literatura sobre acessibilidade em ambientes virtuais imersivos.

A escolha do curso utilizado neste trabalho decorreu de um estudo piloto com três parti-

pantes, o que permitiu identificar um cenário experimental adequado para a análise de motivação e percepção de aprendizagem no metaverso. O curso selecionado apresentava vantagens importantes: (i) era um curso de curta duração, permitindo que os participantes completassem a experiência dentro do período de análise experimental; e (ii) os conteúdos abordados no curso eram compatíveis com a proposta do estudo, incluindo componentes interativos que podiam ser trabalhados de forma colaborativa no ambiente metaverso. O estudo piloto ajudou a definir a configuração ideal das tarefas, assegurando que a estrutura metodológica fosse adequada para avaliar tanto a interação colaborativa quanto os *insights* sobre acessibilidade. Esse planejamento garantiu que o experimento tivesse rigor científico, minimizando variáveis externas que pudessem comprometer a análise dos resultados.

Neste estudo, o uso do metaverso foi concebido para atender à demanda de aulas na EaD para dois tópicos trabalhados no curso de Metodologia Ágil de Desenvolvimento de Software, abordando conteúdos pedagógicos como: (i) o triângulo de restrições; e (ii) e o modelo cascata de desenvolvimento de software (conforme ilustrado na Figura 6).

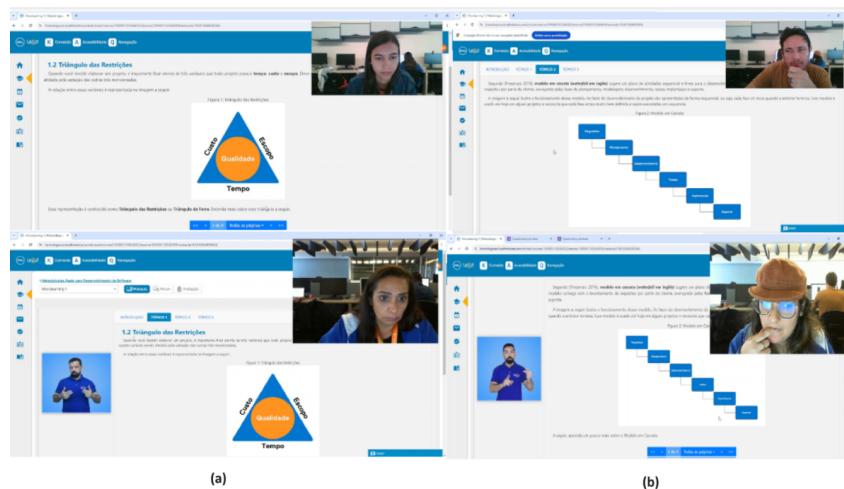


Figura 6: Indivíduos ouvintes e surdos acessando conteúdos e interagindo no curso na plataforma DAL.

O objetivo educacional foi permitir que os alunos identifiquem contextos e aplicações dessas estruturas e componentes. A interação entre alunos e professores foi facilitada por meio de recursos do metaverso, incluindo a criação de avatares, comunicação via chat e voz, acesso a computadores com internet, materiais de estudo, webaulas e vídeos relacionados ao curso. Além disso, atividades e exercícios estavam disponíveis para os alunos. As atividades para alunos e tutores incluíram uma variedade de interações, utilizando recursos do metaverso que se alinhavam aos seus objetivos. Essas atividades foram concebidas para integrar a DAL ao DALverse (o metaverso da DAL), proporcionando uma experiência imersiva e interativa aos participantes. Os principais objetivos foram: apresentar o metaverso e o conteúdo pedagógico, avaliar o aprendizado dos alunos e promover a construção colaborativa do conhecimento. Com base em um conjunto de tarefas, desenvolveu-se o seguinte cenário:

- **Tarefa 0 – Apresentação e definição de metaverso:** “metaverso é a combinação de “meta” (que significa além) e “verso” de universo, indicando a próxima geração da internet, onde os usuários, representados por avatares, podem interagir entre si e com aplicativos de software em um espaço virtual tridimensional. Os metaversos são mundos virtuais tridimensionais imersivos, nos quais as pessoas interagem tantoumas com as outras

quanto com o ambiente, utilizando a metáfora do mundo real, mas sem suas limitações físicas.”

- **Tarefa 1 – Navegação livre (todos os recursos disponíveis conforme a escolha do usuário):** “*antes de começarmos as tarefas do teste, gostaria que você explorasse a aplicação livremente. Isso permitirá que você conheça os componentes da tela, compreenda seu funcionamento e se familiarize com o ambiente.”*
- **Tarefa 2 – Localizar fisicamente outro usuário no metaverso e aproximar-se dele (recursos testados: entrada no ambiente, avatar e locomoção do avatar):** “*Maria é uma colaboradora da DELL que recentemente se matriculou em um curso da DAL baseado no metaverso. Ao acessar o sistema e participar da aula, ela sentiu a necessidade de procurar outro usuário na sala do metaverso. Se você estivesse no lugar de Maria, como faria para encontrar outro usuário dentro da aplicação?”*
- **Tarefa 3 – Comunicar-se com outro usuário (recursos testados: comunicação por voz e chat de texto):** “*João trabalha na DELL e recentemente acessou um curso da DAL no metaverso. Ele descobriu que pode se comunicar com outros usuários nesse ambiente e deseja esclarecer uma dúvida com o tutor. Se você estivesse no lugar de João, como faria para se comunicar com os outros usuários?”*
- **Tarefa 4 – Usar a lousa para fazer uma anotação. Observação: se a lousa estiver em uso, você pode solicitar permissão e aguardar sua vez (recurso testado: quadro branco virtual):** “*Júlia é aluna de um curso da DAL no metaverso. Em um determinado momento, ela percebeu a necessidade de organizar suas ideias para compartilhar soluções de exercícios com colegas e tutores, e decidiu usar a lousa para fazer uma anotação. Se você estivesse no lugar de Júlia, como utilizaria esse recurso?”*
- **Tarefa 5 – Transmitir sua tela:** “*agora que João aprendeu a se comunicar com outros usuários e a usar a lousa para fazer anotações no ambiente metaverso da DAL, ele gostaria de transmitir sua tela. Se você estivesse no lugar de João, como utilizaria esse recurso?”*
- **Tarefa 6 – Acessar o curso de Metodologia Ágil para Desenvolvimento de Software da DAL (recurso testado: consumir conteúdo didático da aula):** “*Lara, aluna da DAL, aprendeu a navegar no ambiente educacional do metaverso e já utilizou diversos recursos. Agora, ela deseja assistir à aula e praticar. Para isso, pretende acessar o curso de Metodologia Ágil para Desenvolvimento de Software e estudar os conteúdos. Se você estivesse no lugar de Lara, como faria para acessar a aula e os conteúdos dos tópicos?”*
- **Tarefa 7 – Atividade colaborativa entre alunos sobre o conteúdo da aula (recurso testado: colaboração entre alunos utilizando os componentes do metaverso):** “*Pedro e Lara são alunos do curso de Metodologia Ágil para Desenvolvimento de Software da DAL. A tutora designou uma atividade sobre o triângulo de restrições (tópico 1 do curso), e eles devem desenhar o triângulo de forma colaborativa, (Figura 7 e 8). Se você estivesse no lugar de Pedro ou Lara, como abordaria essa atividade em parceria com um colega?”*
- **Tarefa 8 – Desafio Colaborativo proposto pelo tutor no metaverso (recurso testado: colaboração entre alunos e entre alunos e tutores utilizando os componentes do metaverso):** *Helena é tutora do curso de Metodologia Ágil para Desenvolvimento de Software da DAL. Para exercitar o aprendizado dos alunos, ela propõe um desafio no*

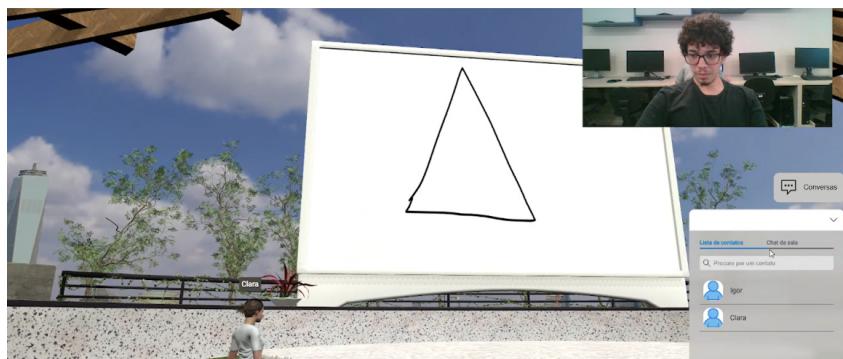


Figura 7: Aluno resolvendo atividade do triângulo de restrições do curso da DAL no metaverso.



Figura 8: Aluno compartilhando conhecimento com colega de curso.

metaverso, (Figura 9). De forma colaborativa, ela inicia a construção do modelo cascata de desenvolvimento de software (tópico 2 do curso), desenhando as caixas referentes a cada fase do processo. Os alunos Jorge e Raquel devem, juntos, preencher essas caixas com o nome de cada etapa do processo, (Figura 10). Ao final, eles combinam e escolhem um deles para transmitir a tela, apresentando a solução final que construíram, (Figura 11). Se você estivesse no lugar de Jorge ou Raquel, como abordaria esse desafio?"

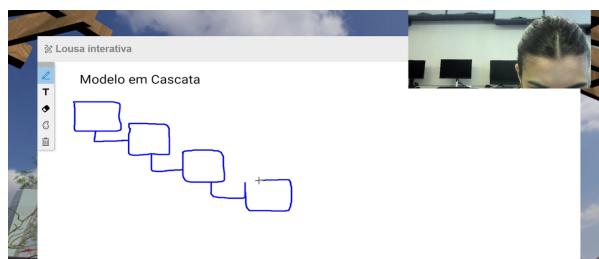


Figura 9: Tutora passando desafio no metaverso.

Para a realização deste estudo, o DALverse ofereceu um ambiente *on-line* de suporte a atividades para o ensino à distância, criando um espaço interoperável que favorece a interação e a motivação dos alunos, além de promover o engajamento e a aprendizagem colaborativa. As formas de comunicação e relacionamento entre avatares, bem como a interação com os recursos e objetos no metaverso, distinguem-no dos ambientes virtuais de aprendizado tradicionais. O DALverse incorpora recursos clássicos como chats, avaliações, fóruns e bibliotecas virtuais, além de proporcionar uma dinâmica de interação do metaverso, o que tende a transformar a perspectiva de engajamento dos alunos, tornando as atividades mais lúdicas e motivadoras.

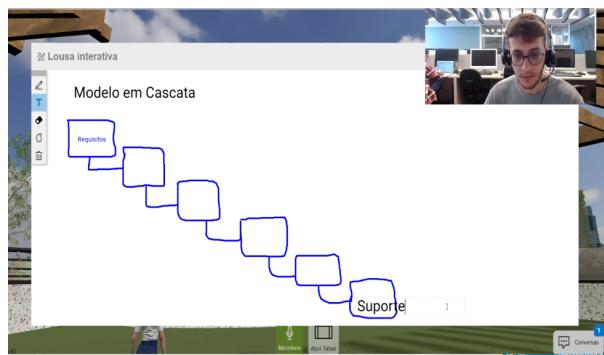


Figura 10: Aluno solucionando desafio passado pela tutora no metaverso.

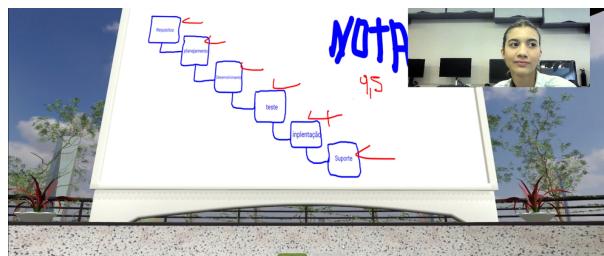


Figura 11: Tutora corrigindo atividade colaborativa no metaverso e apresentando a correção para a turma.

A Figura 12 apresenta as etapas metodológicas da pesquisa, separadas em dois momentos: i) modelagem da tarefa (descrita nesta Seção) - que consiste em estabelecer o ambiente metaverso, definir o conteúdo educacional (Metodologia Ágil para Desenvolvimento de Software), definir objetivos de aprendizagem (tópicos 1 e 2) e elaboração das tarefas de acordo com os objetivos de aprendizagem definidos e; ii) definição do estudo - que consiste na parte do rigor científico para a execução, coleta e análise de dados e a apresentação dos resultados. A Seção a seguir detalha o segundo momento dessa abordagem metodológica.

5 Estrutura Metodológica do Estudo

Esta Seção apresenta a metodologia da pesquisa, detalhando o delineamento experimental, critérios de seleção dos participantes, instrumentos de coleta de dados, hipóteses e métricas de análise.

Nesta pesquisa, a avaliação empírica foi estruturada em cinco etapas de um estudo quasi-experimental: (i) definição do objetivo; (ii) planejamento; (iii) execução; (iv) análise dos resultados; e (v) conclusões. Essa metodologia seguiu os *guidelines* propostos por Campbell & Stanley (2015). Essa abordagem foi escolhida porque os quasi-experimentos são menos controlados do que os experimentos tradicionais, não exigindo a seleção aleatória de participantes, mas ainda mantendo um rigor comparável ao dos experimentos clássicos (Cook & Campbell, 2007). A seguir as etapas conduzidas são detalhadas:

5.1 Definição do estudo

Para garantir uma melhor organização e clareza na definição deste estudo, foi adotada a abordagem GQM (Goal-Question-Metric) (Basili, 1992). O objetivo é descrever a análise do DALverse

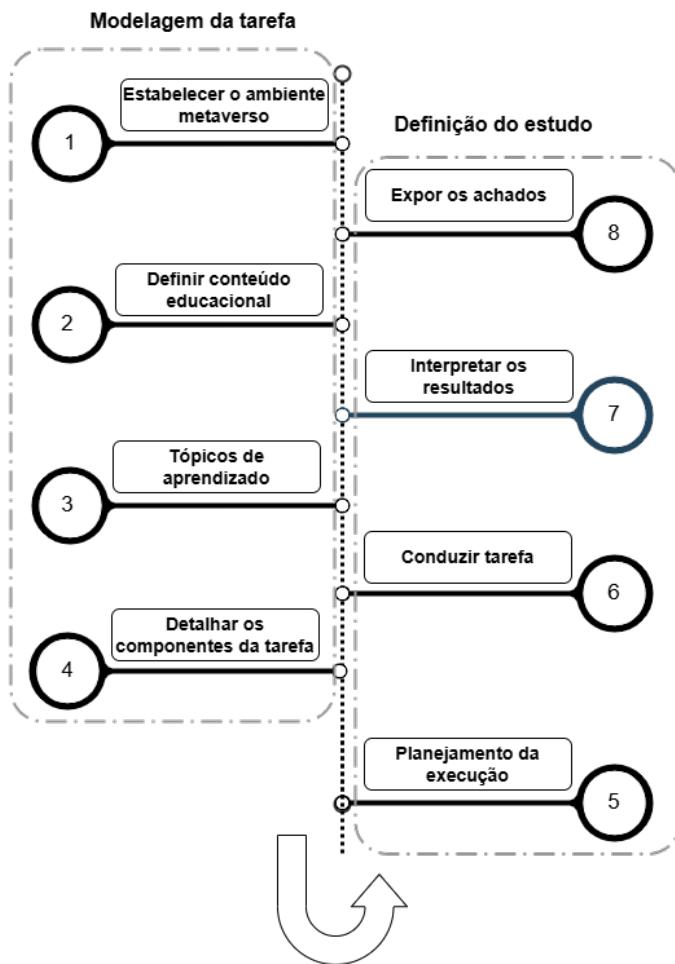


Figura 12: Etapas metodológicas da pesquisa.

(metaverso) com o intuito de avaliar: (i) seu uso como um ambiente colaborativo de aprendizagem; e (ii) a motivação gerada pelo uso desse ambiente, do ponto de vista dos alunos, no contexto do ensino à distância em uma turma do curso de Metodologia Ágil para Desenvolvimento de Software da plataforma DAL. As questões de pesquisa foram desenvolvidas com base nas categorias do COLLES e na teoria da autodeterminação para motivação (supracitadas na Subseção 2.4). Na sequência, elaborou-se as hipóteses (apresentadas na Tabela 2). As métricas utilizadas incluíram o coeficiente *Alpha de Cronbach* para avaliar a confiabilidade dos questionários, além de estatísticas descritivas como média, moda, mediana e desvio padrão.

Tabela 2: Hipóteses da pesquisa sobre a relação entre o ambiente de aprendizagem remoto e a motivação dos alunos.

Hipótese	Dimensão analisada	Descrição
H1	Relevância - REL	O metaverso foi um ambiente de aprendizagem relevante para o ensino remoto
H2	Reflexão - RFX	O metaverso estimulou o pensamento reflexivo dos alunos
H3	Interação - INT	O metaverso permitiu e colaborou com o diálogo educativo entre os alunos
H4	Apoio aos Colegas - APO	O metaverso apoiou o auxílio e colaboração entre os alunos
H5	Interpretação - COMP	O metaverso facilitou a comunicação e o entendimento entre alunos e professores
H6	Motivação - MTV	Os alunos se sentiram motivados com o uso do metaverso

5.2 Planejamento do Estudo

5.2.1 Participantes

Para a definição e seleção dos participantes, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão, os quais estão detalhados a seguir: (i) **Critérios de Inclusão**. Para que um participante fosse considerado válido para este experimento, era necessário: Participantes com ensino fundamental completo (para garantir a compreensão das interações e tarefas do teste); Participantes que já conhecem a DAL em um ambiente sem metaverso, a fim de permitir uma comparação com o metaverso e Indivíduos com experiência no uso de navegadores web e plataformas de EaD, para que a resistência seja em relação à tecnologia testada, e não à falta de familiaridade com a internet; (ii) **Critérios de Exclusão**. Se o participante atender a todos os critérios de inclusão, ainda assim não poderá participar do experimento se: Tiver interagido previamente com qualquer funcionalidade do DALverse; Possuir certificado de realização do curso a ser realizado no experimento; Tiver deficiência motora nos membros superiores (pois precisa usar mouse e teclado para locomoção no ambiente) e Tiver deficiência visual (pois o leitor de tela NVDA não funciona no DALverse).

5.2.2 Método

- **Perfil dos participantes:** Os participantes deste estudo formam um grupo heterogêneo, o que favorece a generalização dos resultados. Antes da realização do experimento, foram coletados dados sobre o perfil dos participantes, incluindo nome, idade, tipo de deficiência, gênero, nível de escolaridade e experiência com navegadores em plataformas de EaD.
- **Detalhamento da realização dos testes:**
 1. **Etapa 1 – Preparação:** nesta etapa, foi aplicado inicialmente um questionário para identificar os perfis dos participantes. Em seguida, foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que informou os participantes sobre o experimento. O termo esclareceu que os participantes iriam realizar um teste de usabilidade e acessibilidade da ferramenta, solicitando autorização para gravar a interação a fim de permitir a análise dos dados. Todas as informações dos participantes foram mantidas em sigilo.
 2. **Etapa 2 – Apresentação:** antes de iniciar o experimento, foram apresentadas aos participantes as atividades a serem realizadas, o curso que seria oferecido e a plataforma virtual onde o curso seria ministrado. Também foi feita uma introdução ao ambiente metaverso, destacando seu espaço imersivo para socialização, interação e colaboração.
 3. **Etapa 3 – Aplicação dos testes:** os participantes realizaram as atividades do curso de Metodologia Ágil para Desenvolvimento de Software (tópico 1 e tópico 2) na plataforma DAL. Além das atividades propostas, como exercícios e avaliações, foram incentivados a utilizar o DALverse para realizar tarefas adicionais. Durante essas atividades, foram observados não apenas o desempenho dos participantes, mas também suas interações com a plataforma e com o DALverse. Foram registrados o índice de engajamento/motivação e a percepção de colaboração dos participantes durante as atividades.
 4. **Etapa 4 – Coleta de resultados:** além dos resultados coletados durante o experimento, os participantes responderam a um questionário sobre a experiência

vivenciada ao realizar as atividades do curso e o suporte que o DALverse proporcionou. Nele, foram consultadas as opiniões dos usuários sobre a influência do DALverse em seu aprendizado, além de sugestões para melhorias e ajustes, tanto para futuros protocolos de pesquisa quanto para as funcionalidades desse ambiente imersivo baseado em metaverso. Essa fase também incluiu a aplicação do *System Usability Scale* (SUS), pontuando 75.2 apontando boa usabilidade. Além disso, coletamos o SUS separado para deficientes auditivos, obtendo pontuação 60.3, que segundo a tabela de pontuação de aceitabilidade se enquadra em "aceitável", mas precisa de melhorias. O Apêndice B³ apresenta uma lista de achados, que servirão de insumos para futuras pesquisas e ficará disponível para a comunidade acadêmica e científica.

5. **Etapa 5 – Análise de resultados:** nesta fase, foram analisados os dados coletados durante o experimento, conforme a metodologia proposta, para verificar a validade das hipóteses. Também foram consideradas sugestões para possíveis melhorias nas funcionalidades do DALverse. A análise dos dados foi realizada utilizando a plataforma *Google Colab*⁴, com a linguagem *Python*, e o intervalo de significância foi fixado em 95% ($\alpha=0,05$) para a interpretação dos resultados das técnicas estatísticas de inferência. Após a tabulação, os dados foram apresentados por meio de gráficos, tabelas e quadros. Para validar a confiabilidade dos itens dos questionários COLLES e de motivação (teoria da autodeterminação), foi aplicado o coeficiente *Alpha de Cronbach*. Além disso, o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para avaliar a distribuição dos dados (Shapiro & Wilk, 1965).

5.2.3 Procedimento

O estudo foi realizado no Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (LEAD). Foram recrutados 41 participantes, com o intuito de manter uma reserva para eventuais desistências. Ao final, 34 indivíduos foram avaliados, incluindo PcD e tutores. A pesquisa seguiu um delineamento quasi-experimental, com uma avaliação empírica estruturada em etapas específicas.

Para compreender os desafios enfrentados pelos alunos na interação com a plataforma DAL, foi realizada uma análise estruturada envolvendo a equipe pedagógica e os tutores da plataforma. Considerando a experiência desses profissionais no acompanhamento dos estudantes, incluindo PcDs e não PcDs, a equipe contribuiu para o mapeamento de cenários reais que refletem as dificuldades mais comuns no processo de ensino-aprendizagem a distância. Essas informações foram fundamentais para orientar o planejamento das tarefas do estudo, de modo que as atividades propostas não apenas simulassem situações autênticas do ambiente educacional, mas também incentivasse a interação colaborativa entre os participantes. A escolha das atividades foi baseada na expertise da equipe pedagógica da DAL, que possui um conhecimento aprofundado sobre as dificuldades e necessidades dos alunos. Dessa forma, foram selecionadas situações que frequentemente surgem no suporte pedagógico cotidiano, garantindo que os desafios apresentados no estudo fossem representativos da realidade dos estudantes. Essa abordagem permitiu avaliar, de forma mais precisa, como o metaverso poderia influenciar a colaboração, o engajamento e a motivação dos alunos, proporcionando *insights* sobre a eficácia desse ambiente virtual para a EaD.

Os métodos de análise e avaliação foram implementados em uma condição experimental

³Apêndices: <https://tinyurl.com/Apendice-RBIE-2024>

⁴Plataforma Google Colab: <https://colab.google/>

que integrava a plataforma DAL ao DALverse. O estudo ocorreu no contexto do curso de Metodologia Ágil de Desenvolvimento de Software, com a participação de 30 alunos e 4 tutores. Os participantes tinham idades que variavam entre 26 e 56 anos ou mais, distribuídos da seguinte forma: 3,3% entre 26 e 35 anos, 53,3% entre 36 e 45 anos, 33,3% entre 46 e 55 anos e 10% com 56 anos ou mais. A maioria dos participantes era do sexo masculino (60%), e entre eles, 60% não tinham experiência prévia com tecnologias de metaverso.

Em relação ao uso de *web browsers* e plataformas de EaD, 53,3% se classificaram como de nível médio e 46,7% como avançado. Quanto ao nível de instrução, 40% tinham ensino médio, 3,3% estavam com a graduação incompleta, 26,7% haviam concluído a graduação, 3,3% tinham pós-graduação incompleta e 26,7% possuíam pós-graduação completa. Embora a utilização do metaverso fosse obrigatória no curso, a participação na pesquisa, por meio dos questionários COLLES e de motivação, foi voluntária e sem qualquer tipo de compensação.

Nenhum dado sensível ou pessoal que pudesse identificar os participantes foi coletado ou analisado. Todas as informações sobre o propósito da pesquisa foram claramente apresentadas, e o consentimento para a participação foi documentado por meio do TCLE, disponibilizado no início do questionário de coleta de dados. O estudo teve suas questões éticas aprovadas por um comitê de ética em pesquisa com seres humanos sob o número CAAE nº 81662224.6.0000.5534.

5.2.4 Grupos e Instrumentalização

Os grupos foram organizados de forma a otimizar os testes, levando em consideração a logística, como a necessidade de intérpretes para os participantes surdos. Inicialmente, planejou-se uma amostra de 41 indivíduos, mantendo 4 como reserva para eventuais desistências, visando um total de 37 participantes. No entanto, devido a circunstâncias adversas, conseguimos uma amostra final de 34 participantes, distribuídos conforme segue: (i) **Grupo A:** 11 indivíduos com deficiência física e 2 tutores, totalizando 13 participantes. A intervenção consistiu no uso do DALverse, um ambiente educacional baseado em metaverso e (ii) **Grupo B:** 19 indivíduos surdos e 2 tutores, totalizando 21 participantes. A intervenção envolveu o uso do DALverse, um ambiente educacional baseado em metaverso.

O instrumento utilizado para coletar as opiniões dos alunos sobre o uso do metaverso como ambiente de aprendizagem na EaD foi um questionário com 23 afirmações (conforme apresentado na Tabela 3). Esse questionário abrangeu questões de motivação (5 afirmações) e do COLLES (18 afirmações). As respostas foram registradas em uma Escala *Likert* de 7 pontos, variando de 1 (discordo totalmente) a 7 (concordo totalmente). A coleta de dados foi realizada de forma eletrônica, utilizando o *Google Formulários*, com as respostas armazenadas no *Google Planilhas*. Cada resposta foi coletada individualmente e de maneira independente, garantindo que a participação de um aluno não interferisse na de outro. A análise dos dados adotou uma abordagem quantitativa, organizando e resumindo as respostas em figuras e tabelas. As informações foram tratadas com técnicas de estatística descritiva, correlações e testes de inferência para verificar as hipóteses formuladas. Os dados coletados durante esse processo podem ser visualizados ao clicar neste *link*⁵. Os dados referentes aos relatos de experiência de alunos⁶ e tutores⁷ também foram armazenados no *Google Planilhas*.

⁵Dados brutos: <https://tinyurl.com/Dados-RBIE-2024>

⁶Relato dos alunos: <https://bit.ly/Relatos-alunos-RBIE-2024>

⁷Relato dos tutores: <https://bit.ly/Relatos-tutores-RBIE-2024>

Tabela 3: Questionário sobre o uso do metaverso como ambiente de aprendizagem.

Questionário	Categorias	Itens	Descrição
Motivação	Motivação extrínseca	EXT	Só usei o metaverso porque devo usar na disciplina.
	Motivação introjetada	IDENT1	O uso do metaverso me faz aprender coisas novas.
		IDENT2	Uso do metaverso é importante para minha formação com o conteúdo da disciplina.
	Motivação intrínseca	INTRISC	Usei o metaverso porque gostei de usá-lo na disciplina.
Desmotivação		DES	Não tenho mais vontade de usar o metaverso.
COLLES	Relevância	REL01	Minha aprendizagem ficou localizada em assuntos da disciplina, ou seja, consegui aprender assuntos da disciplina com mais foco usando o metaverso.
		REL02	O que eu estou aprendendo é importante para a disciplina.
		REL03	O que eu aprendi tem boas conexões com as atividades da disciplina.
	Reflexão	RFX01	Eu refleti sobre como eu aprendo.
		RFX02	Fiz reflexões críticas sobre minhas próprias ideias.
		RFX03	Fiz reflexões críticas sobre as ideias dos outros participantes.
		RFX04	Fiz reflexões críticas sobre os conteúdos do curso.
	Interação	INT01	Eu expliquei minhas ideias para os outros participantes.
		INT02	Pedi aos outros alunos explicações sobre as ideias deles.
		INT03	Os outros participantes me pediram explicações sobre as minhas ideias.
		INT04	Os outros participantes me fizeram perguntas sobre o conteúdo.
	Auxílio do colega	APO01	Os outros participantes me encorajaram a participar.
		APO02	Os outros participantes elogiaram as minhas contribuições.
		APO03	Os outros participantes estimaram as minhas contribuições.
		APO04	Os outros participantes demonstraram empatia quando me esforcei para aprender.
	Interpretação	COMP01	Eu comprehendi bem as mensagens dos outros participantes.
		COMP02	Os outros participantes compreenderam bem as minhas mensagens.
		COMP03	Eu comprehendo bem as mensagens do professor.

5.2.5 Ameaças de Validade do Estudo

As principais ameaças identificadas e as medidas adotadas para mitigá-las estão detalhadas na Tabela 4. A tabela apresenta as principais ameaças à validade deste estudo e os tratamentos implementados para reduzi-las.

5.2.6 Execução do Estudo

A utilização do metaverso como ambiente de aprendizado para na EaD ocorreu entre 09 e 14 de outubro de 2024, envolvendo 30 alunos e 4 tutores, todos os quais concordaram em participar e responder aos questionários.

Tabela 4: Principais ameaças de validade deste estudo.

Tipo	Ameaça	Descrição	Tratamento
Ameaça de Conclusão	Poder estatístico do método de análise	O método estatístico usado podendo chegar a uma conclusão incorreta.	Foram aplicadas escalas e métodos estatísticos mais condizentes com os dados.
	Viés na seleção de dados	Favorecimento de dados pelo pesquisador	Os dados usados foram publicados para que as análises possam ser repetidas por outros.
Ameaça Interna	Falta de treinamento	Quando o participante não sabe como operar o objeto de estudo	O estudo começou com a explicação sobre os objetivos e é feita uma demonstração do uso das funcionalidades da plataforma de metaverso com a participação dos alunos.
	Desgaste do participante	Influenciando no comportamento em estudos que exigem muito esforço.	O estudo foi projetado para ser executado no intervalo de tempo entre 60 a 120 minutos .
	Imitação	Ocorre quando um dos participantes imita o outro.	As respostas ao questionário foram executadas de maneira independente entre os participantes.
Ameaça de Construção	Expectativa do pesquisador	Influência consciente ou não dos pesquisadores sobre os participantes.	A tarefa foi planejada para que o professor fizesse intervenções mínimas, apenas em momentos sobre as funcionalidades do metaverso ou não clareza no entendimento de exercícios. Em relação à resposta ao questionário, o professor não se envolveu.
	Instrumentação	Caso os instrumentos do estudo não sejam adequados.	Foram usados questionários e escalas usados por outros estudos, sendo feita a análise da confiabilidade das respostas.
	Limitação tecnológica	Diz a respeito à limitação da tecnologia em relação ao estudo realizado.	Para minimizar as ameaças relacionadas à tecnologia, foram disponibilizadas apenas as funcionalidades essenciais para a realização das atividades do curso, como materiais didáticos, áreas de trabalho em grupo, chat e compartilhamento de tela, entre outras.
Ameaça Externa	Planejamento	Uso de métodos científicos que possam ser replicados.	A avaliação foi planejada com base nas definições de estudos quasi-experimentais já existentes.
	Generalização	Consiste da capacidade de generalizar os dados para uma população maior que a dos participantes.	A amostra limitada de participantes, composta exclusivamente por estudantes da DAL, representa uma ameaça à generalização dos resultados. No entanto, acredita-se que os achados possam ser aplicáveis a outros cursos. Para reduzir essa ameaça, seria necessário replicar o estudo em disciplinas e contextos diversos, com uma amostra maior e mais heterogênea, o que permitiria uma análise mais abrangente e conclusões mais robustas sobre o uso de metaversos no ensino e aprendizagem a distância.

6 Análise e Resultados

Esta Seção analisa os resultados, comparando-os a estudos anteriores e interpretando-os com base na teoria, fornecendo evidências para responder às perguntas de pesquisa e testar as hipóteses.

6.1 Confiabilidade do Questionário

Para a validação da confiabilidade dos itens dos questionários COLLES e motivação, foi utilizado o método estatístico da análise do coeficiente *Alpha de Cronbach*. De acordo com Cronbach (1951), os valores do *alpha* são interpretados da seguinte forma: (i) **Valores superiores a 0,9**: são considerados excelentes; (ii) **Acima de 0,8**: são considerados bons; (iii) **Acima de 0,7**: são considerados aceitáveis; (iv) **Acima de 0,6**: são considerados questionáveis; (v) **Acima de 0,5**: são considerados pobres e (vi) **Valores iguais ou inferiores a 0,5**: são considerados inaceitáveis.

No entanto, conforme afirmam Freitas and Rodrigues (2005), em estudos empíricos, valores de *Alpha de Cronbach* entre 0,6 e 0,7 podem ser considerados aceitáveis, argumento este utilizado na análise da confiabilidade apresentada neste artigo. A Tabela 5 apresenta a estatística descritiva, incluindo o coeficiente *Alpha de Cronbach*. De modo geral, o questionário alcançou um valor de *alpha* de 0,96, indicando uma excelente confiabilidade nas respostas dos alunos. Ao analisar individualmente as categorias de motivação e do COLLES, observa-se que o menor valor de *alpha* se refere à motivação (0,63 - aceitável). Isso sugere que, apesar de ser inferior às demais categorias, a confiabilidade das respostas dos participantes é ainda considerada aceitável.

Tabela 5: Hipóteses da pesquisa em relação ao ambiente de aprendizagem remoto e a motivação.

Escala	Dimensão	Item	Média Ponderada	Moda	Desvio Padrão	Mediana	Alpha
Motivação	Motivação Extrínseca	EXT	5.67	7	1.77	6	0.63
	Motivação Introjeta	IDENT1	6.47	7	1.01	7	
		IDENT2	6.13	7	1.25	7	
	Motivação Intrínseca	INTRISC	5.93	7	1.55	6.5	
COLLES	Desmotivação	DES	3.17	1	2.39	2	
	Relevância	REL_C1	5.97	7	1.45	6.5	0.91
		REL_C2	6.27	7	1.28	7	
		REL_C3	5.87	7	1.63	6.5	
	Reflexão	RFX1	6.07	7	1.20	6	0.92
		RFX2	5.53	7	1.93	6	
		RFX3	5.67	7	1.79	6	
		RFX4	5.67	7	1.65	6	
	Interação	INT1	5.77	7	1.72	6.5	0.93
		INT2	5.63	7	1.71	6	
		INT3	5.50	7	1.83	6	
		INT4	5.60	7	1.59	6	
	Auxílio dos Colegas	APO1	5.43	7	1.87	6	0.86
		APO2	5.90	7	1.58	6	
		APO3	5.87	7	1.83	7	
		APO4	6.13	7	1.22	6	
	Interpretação	COMP1	6.40	7	0.97	7	0.80
		COMP2	6.50	7	1.04	7	
		COMP3	6.33	7	1.58	7	
Confiabilidade Geral							0.96

6.2 Ambiente de Aprendizado Para o Ensino a Distância

Ao analisar as respostas dos estudantes ao questionário COLLES (Figura 13), observa-se que todas as dimensões (REL, RFX, INT, APO e COMP) apresentam valores medianos superiores a 6 pontos. Esse resultado indica um alto grau de concordância entre os alunos sobre a eficácia e a relevância do metaverso como ambiente de aprendizagem para a EaD. A consistência nas respostas sugere que os estudantes reconhecem aspectos positivos em todas as dimensões avaliadas, refletindo uma experiência de aprendizado interativa e reflexiva, além de um forte engajamento e apoio. Além disso, a menor variação em algumas dimensões, como REL e

COMP, sugere consenso sobre a importância desses aspectos para a aprendizagem. Por outro lado, dimensões como INT e APO apresentam leve dispersão, indicando que, embora haja concordância geral, alguns estudantes podem ter tido percepções diferentes quanto à intensidade desses fatores.

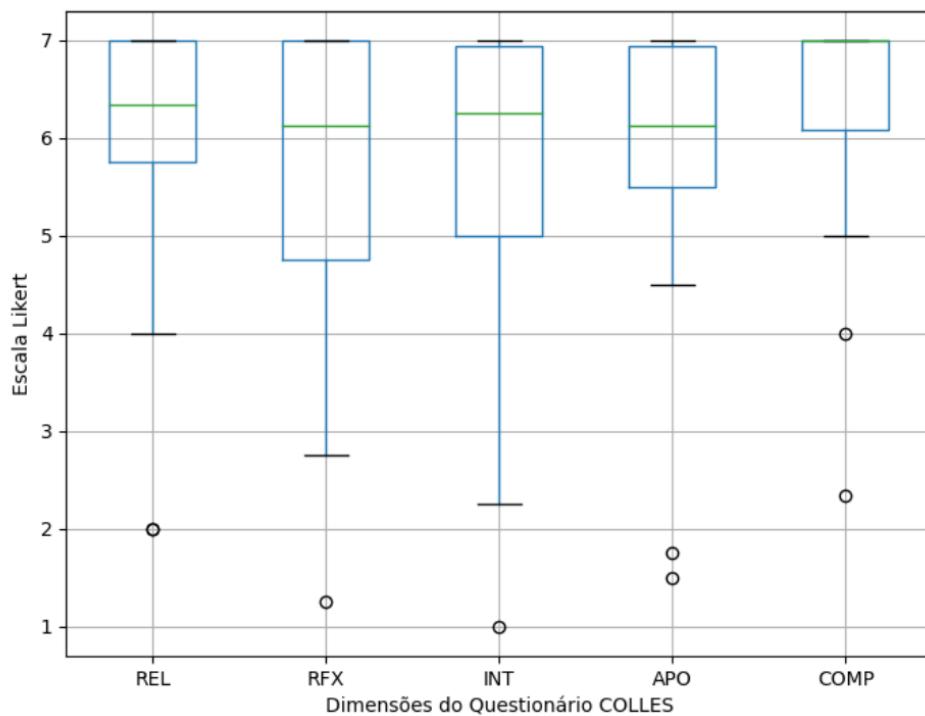


Figura 13: Percepção dos alunos sobre o uso do metaverso como ambiente de aprendizagem à distância.

Ao analisar a variância das respostas, observa-se que a maioria delas está acima da percepção de neutralidade (4 - “não concordo, nem discordo”), especialmente nas dimensões de reflexão e apoio aos colegas. Essa tendência não sugere baixa concordância, já que a mediana se aproxima dos 6 pontos. Portanto, há evidências de que os alunos tiveram uma percepção positiva sobre o uso do metaverso como ambiente de aprendizado *on-line* no contexto de EaD abordado neste estudo.

Ao observar a distribuição dos dados, nota-se que as respostas para as dimensões “REL” (Relevância), “RFX” (Reflexão) e “COMP” (Interpretação) têm uma mediana próxima de 6 na Escala *Likert*, indicando alta concordância. Isso sugere que os alunos consideraram essas dimensões bastante relevantes e positivas no contexto do metaverso como ambiente de aprendizagem. Entretanto, algumas dimensões, como “REL”, “INT” (Interação), “APO” (Apoio aos colegas) e “COMP”, apresentam *outliers*, que refletem alunos com percepções mais baixas, pontuando entre 1 e 3 na escala. Essa variação nas experiências individuais pode indicar áreas a serem exploradas para intervenções pedagógicas que atendam essas percepções minoritárias.

A análise da amplitude interquartil (IQR) revela uma dispersão moderada a alta em algumas dimensões, como “RFX” e “INT”. Isso sugere que, embora muitos alunos tenham tido uma percepção positiva, existe uma diversidade de opiniões sobre esses aspectos, indicando que o impacto do metaverso nessas áreas poderia ser aprimorado para oferecer uma experiência mais uniforme. A dimensão “APO” apresenta uma mediana semelhante à de outras dimensões, mas com uma distribuição menos concentrada no topo, o que pode indicar uma percepção mista em relação ao suporte recebido no ambiente virtual.

6.3 Motivação dos Estudantes em Relação ao Metaverso

A análise das motivações dos estudantes em relação ao uso do metaverso (Figura 14) revela que, em três das quatro dimensões avaliadas — motivação externa (EXT), motivação identificada (IDENT) e motivação intrínseca (INTRINSC) — as medianas estão próximas a 6 na Escala *Likert*. Esses resultados indicam um alto grau de concordância, sugerindo que a maioria dos alunos tem uma percepção positiva do metaverso como um ambiente de aprendizagem motivador. A presença de motivações externas, como recompensas ou aprovação, aliada a motivações mais profundas, como a identificação com os objetivos de aprendizagem (IDENT) e o interesse intrínseco pelo conteúdo (INTRINSC), reforça a ideia de que o metaverso estimula diferentes formas de engajamento entre os alunos.

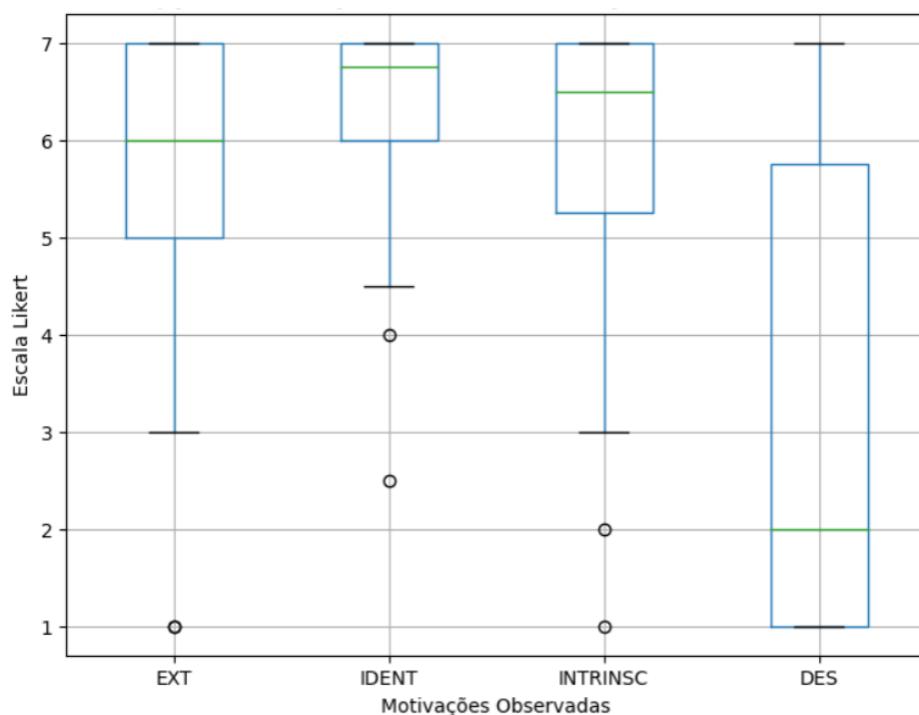


Figura 14: Percepção da motivação dos alunos no uso do Metaverso.

A dimensão de motivação externa (EXT) revela uma variação significativa, com alguns *outliers* abaixo de 4, o que indica que, embora a maioria dos estudantes reconheça a relevância de fatores externos para sua motivação no metaverso, uma pequena parcela não os considera tão importantes. Em contrapartida, a motivação identificada (IDENT) apresenta uma dispersão menor, com valores concentrados em torno de 6, sugerindo um consenso mais forte sobre sua importância. Isso indica que os alunos percebem valor pessoal e utilidade no uso do metaverso para sua aprendizagem.

Quanto à motivação intrínseca (INTRINSC), os resultados mostram uma mediana próxima de 6 e uma variação moderada, indicando que muitos estudantes encontram satisfação interna e interesse nas atividades realizadas no metaverso, percebendo-as como envolventes e significativas. Esse aspecto é especialmente relevante, pois a motivação intrínseca tende a promover um engajamento mais duradouro e genuíno, sugerindo que o metaverso efetivamente contribui para uma experiência de aprendizagem atrativa. Por outro lado, a desmotivação (DES) apresenta uma mediana mais baixa, próxima a 2, com uma ampla variação de valores, indicando que a maioria dos alunos não se sente desmotivada no metaverso. Contudo, a presença de *outliers* mais altos

sugere que alguns estudantes vivenciaram certo nível de desmotivação, embora essa percepção seja minoritária. A alta dispersão nessa dimensão indica que a experiência no metaverso pode não ser igualmente positiva para todos os alunos, ressaltando uma possível área para melhorias pedagógicas que possam mitigar esses casos de desmotivação.

Um aspecto relevante para a análise da motivação dos participantes está na novidade da experiência no metaverso, uma vez que a interação com esse ambiente foi um critério de inclusão para o recrutamento. Estudos anteriores indicam que o primeiro contato com tecnologias inovadoras pode gerar um efeito inicial de fascínio e engajamento, conhecido como o efeito da novidade (Davis et al., 2009). Isso significa que, em um primeiro momento, os participantes podem demonstrar um entusiasmo elevado devido à experimentação de um ambiente desconhecido, o que pode influenciar positivamente suas respostas sobre motivação e percepção de aprendizagem. No entanto, é essencial considerar a sustentabilidade desse efeito ao longo do tempo. Embora a introdução de um novo ambiente possa elevar o engajamento inicial, a manutenção da motivação requer que o metaverso ofereça benefícios pedagógicos concretos, como suporte à aprendizagem ativa, interação significativa entre os participantes e acessibilidade aprimorada para PCD. Neste estudo, a análise dos relatos dos participantes revelou que, após um período inicial de adaptação, a motivação passou a estar mais associada à usabilidade e à aplicabilidade do ambiente para as atividades educacionais do que apenas ao caráter inovador da plataforma.

6.4 Análise das Hipóteses

Embora as Figuras 13 e 14 sugiram uma percepção positiva dos alunos em relação ao uso do metaverso como ambiente de aprendizagem em contextos de ensino a distância e na motivação, essas observações devem ser confirmadas por análises estatísticas. Esse tipo de análise fortalece as evidências e conclusões obtidas na estatística descritiva, além das figuras e tabelas, promovendo reflexões sobre potenciais generalizações e futuros estudos. Para verificar as hipóteses estabelecidas no planejamento do estudo (Tabela 2), as médias ponderadas de cada categoria do COLLES e dos índices de motivação foram submetidas a testes estatísticos de normalidade e inferência (Tabela 6).

Tabela 6: Análise das hipóteses do estudo..

Hipótese	Normalidade*	Inferência*	Tamanho de Efeito	Resultado
H1	0,0000037	$1.499318e^{-06}$	0,60 (pequeno)	ACEITA
H2	0,0001720	$1.560499e^{-06}$	0,67 (médio)	ACEITA
H3	0,0001762	$1.697732e^{-06}$	0,67 (médio)	ACEITA
H4	0,0000202	$1.707444e^{-06}$	0,63 (pequeno)	ACEITA
H5	0,0000001	$1.048463e^{-06}$	0,60 (pequeno)	ACEITA
H6	0,0066211	$1.745657e^{-06}$	0,60 (pequeno)	ACEITA

*A análise do *p-value* considerou *alpha* = 0,05.

Para decidir qual o teste estatístico de análise de hipótese mais apropriado a um determinado conjunto de dados amostrais é necessário, em primeiro lugar, analisar se eles seguem o comportamento de normalidade (Allua & Thompson, 2009). Devido ao tamanho da amostra (quantidade de dados) coletada ser pequena, o teste de normalidade mais indicado é o teste de *Shapiro-Wilk* (Shapiro & Wilk, 1965). Por meio deste teste, foi identificado que os dados de todas as categorias do COLLES e a motivação não seguem um comportamento de normalidade (*p-value* < 0,05). Por este motivo, o teste de hipótese mais indicado é o teste de *Wilcoxon*, em conjunto com o teste *Vargha and Delaney* para estimar o tamanho de efeito (Crowder, 2017).

A análise das hipóteses do estudo, apresentada na Tabela 6, utilizou testes estatísticos específicos para avaliar normalidade, inferência e o tamanho de efeito dos dados. Cada uma das hipóteses (H1 a H6) foi testada com um conjunto de métodos estatísticos com um nível de significância de 0,05. Os valores de *p-value* para todas as hipóteses foram inferiores a 0,05, indicando que os dados não seguem uma distribuição normal. Esse resultado justifica o uso de testes não paramétricos para a análise inferencial. A inferência foi realizada com o teste de *Wilcoxon*, adequado para dados que não apresentam normalidade. O *p-value* gerado para cada hipótese foi extremamente baixo (variando entre $1,048463e^{-06}$ e $1,745657e^{-06}$), indicando uma diferença estatisticamente significativa para cada hipótese testada.

Dessa forma, todas as hipóteses foram aceitas com base nos resultados obtidos no teste de *Wilcoxon*. O tamanho do efeito foi avaliado com a métrica de *Vargha e Delaney*. Os valores de tamanho de efeito encontrados variaram entre pequeno (0,60 e 0,63) e médio (0,67). A interpretação dos tamanhos de efeito complementa a análise inferencial, fornecendo informações sobre a magnitude da diferença observada. Embora todas as hipóteses apresentem diferenças significativas, o efeito varia de pequeno a médio, indicando uma magnitude de efeito mais sutil para algumas hipóteses (pequeno) e mais pronunciada para outras (médio). Com isso, entende-se que os resultados observados neste estudo apontam para a existência de evidências de que há percepção positiva dos alunos sobre o uso do metaverso como ambiente de aprendizado para a EaD, sendo um fator motivacional nas aulas no contexto abordado neste trabalho.

6.5 Avaliação Qualitativa da Experiência dos Participantes

Além dos resultados quantitativos obtidos a partir dos questionários aplicados, a análise qualitativa dos relatos de experiência dos alunos e tutores reforça as percepções positivas sobre o uso do DALverse como um ambiente colaborativo de aprendizagem em EaD. Os depoimentos evidenciaram que a imersão e a interação no metaverso contribuíram para o engajamento e a percepção de aprendizado dos participantes.

Os estudantes destacaram que a experiência no DALverse influenciou o aprendizado ao proporcionar novas formas de interação e colaboração. Exemplos incluem comentários como: (i) "*Influenciou bastante no meu aprendizado, além de ser uma ótima ferramenta para estudo.*" – [Participante aluno 21]; e (ii) "*Aprender coisas novas de formas interativas.*" – [Participante aluno 23]. Além disso, a percepção sobre as ferramentas disponíveis na plataforma foi avaliada positivamente. Recursos como lousa interativa e bate-papo receberam comentários positivos e foram considerados como essenciais para a socialização e colaboração: (i) "*Gostei bastante da ferramenta da lousa e do bate-papo, os dois auxiliam bastante na socialização.*" – [Participante aluno 18]; (ii) "*A tecnologia ajuda a aprender sem precisar estar presencialmente, e os colaboradores interagem bem com os outros.*" – [Participante aluno 29].

Outro dado relevante foi a preferência pela interação no ambiente metaverso em comparação com a versão convencional da plataforma DAL, evidenciado pelo fato de que 76,7% dos participantes optaram pelo uso do DALverse, enquanto 26,7% preferiram a versão convencional sem metaverso. Essa discrepância pode estar relacionada às barreiras de acessibilidade enfrentadas pelos participantes surdos, conforme identificado nos relatos.

Os tutores também expressaram percepções positivas sobre o impacto do DALverse na aprendizagem dos alunos: (i) "*O DALverse torna o exercício mais colaborativo, contribuindo para a aprendizagem e tornando a interação mais ágil entre alunos e tutor.*" – [Tutor 1]; e (ii) "*Considero a ferramenta muito inovadora e bem autoexplicativa, o que facilita a comunicação dos alunos de diversos perfis e com diversas limitações.*" – [Tutor 2]. Além disso, os

tutores enfatizaram a imersão e interatividade como diferenciais essenciais da plataforma: (i) "*A imersão e a interatividade do DALverse são realmente incríveis. Estar num ambiente virtual que simula uma sala de aula 3D traz uma sensação de estar "presente" de verdade, mesmo sendo à distância.*" – [Tutor 3]; e (ii) "*A plataforma facilitade a resolução das atividades, uma vez que a mesma nos permite uma interação mais precisa com os alunos.*" – [Tutor 4].

Baseando-se nessas evidências, destaca-se a necessidade de continuar aprimorando a acessibilidade do DALverse, especialmente para alunos com deficiência auditiva, os quais relataram dificuldades no uso da plataforma. A análise qualitativa reforça a validade dos resultados quantitativos, evidenciando que o metaverso pode ser um recurso pedagógico inovador e colaborativo.

7 Considerações finais

Esta Seção resume as principais conclusões do estudo, destacando suas contribuições teóricas e práticas, além de discutir limitações e sugestões para pesquisas futuras.

As lições aprendidas durante a pandemia da COVID-19 foram fundamentais para acelerar a adoção de diversas tecnologias voltadas para o ensino e a aprendizagem remotos, além de estimular reflexões sobre os paradigmas educacionais. Embora o conceito de ensino remoto não seja novo, ele ganhou destaque no mundo “pós-pandêmico”. Impulsionado por essas experiências, o ensino remoto traz novas reflexões, desafios e oportunidades para a comunidade educacional. Nesse contexto, alunos e professores precisam de ferramentas que facilitem discussões, colaboração e a construção conjunta do conhecimento, independentemente de sua localização.

Em ambientes de ensino e aprendizagem a distância, o metaverso surge como uma alternativa viável. Com sua capacidade de expandir o mundo real para mundos virtuais, ele oferece uma abordagem eficaz para promover a interação entre alunos e professores no ensino remoto. Esta pesquisa teve como objetivo investigar o uso do metaverso como ambiente de aprendizagem para a EaD e a motivação dos alunos ao utilizá-lo. Para isso, foi criado um mundo virtual que espelha o mundo real, utilizando o DALverse, onde os alunos participaram de aulas, atividades, exercícios em grupo e outras tarefas.

Após a análise quantitativa dos dados do questionário, encontraram-se evidências de que os alunos participantes concordaram que o metaverso utilizado ofereceu um bom suporte como ambiente de aprendizagem para a EaD, motivando-os a participar das atividades propostas por satisfação pessoal. Assim, considera-se que o principal objetivo da pesquisa—analisar o metaverso como ambiente de aprendizagem para o ensino à distância foi alcançado. No entanto, o estudo apresenta algumas limitações. A principal delas é a dificuldade de generalizar os resultados para outras turmas e níveis de ensino. Os resultados refletem a percepção dos alunos em relação ao contexto específico que vivenciaram, sendo necessário realizar novas investigações em contextos diversos para permitir reflexões sobre possíveis generalizações.

Uma limitação deste estudo refere-se à motivação dos alunos. Embora o uso do metaverso tenha despertado o interesse dos estudantes, não está claro se esse engajamento foi influenciado pela “novidade” da ferramenta. Além disso, a pesquisa não avaliou a aprendizagem dos alunos com base em suas notas, o que impossibilitou determinar quantitativamente se o metaverso, como ambiente de aprendizado para a EaD, contribui para a melhoria do desempenho acadêmico. No entanto, abordamos essa questão qualitativamente, por meio de relatos de experiências

e depoimentos de alunos e tutores, proporcionando uma análise inicial sobre o impacto do metaverso na aprendizagem, ver Apêndice A⁸. Essas questões necessitam de investigação em estudos futuros para que possamos generalizar os resultados apresentados.

Há evidências de que, no contexto apresentado, o uso do metaverso como ambiente de aprendizado contribuiu para a motivação dos alunos em um curso de educação a distância da DAL. Embora a aplicação do metaverso em contextos educacionais não seja um tema novo, a principal contribuição deste artigo reside na introdução de novas propostas tecnológicas para o ensino e aprendizagem em EaD, com um enfoque especial no suporte a PcD. Dessa forma, as abordagens e resultados discutidos aqui podem abrir oportunidades para futuras pesquisas no campo da informática na educação e *e-learning*.

O estudo também apontou desafios na implementação do metaverso, especialmente relacionados à acessibilidade. Questões sobre como tornar o ambiente mais inclusivo para alunos com deficiência foram levantadas, com sugestões de melhorias para futuras implementações. Pesquisas futuras podem incluir avaliações quantitativas do desempenho acadêmico, correlacionando notas e aprendizados com a utilização do metaverso. Outro aspecto a ser considerado é a experiência de alunos com deficiência, que pode enriquecer a discussão sobre acessibilidade e inclusão em ambientes virtuais. Assim, novas investigações podem contribuir para o desenvolvimento de melhores práticas e tecnologias no ensino a distância.

⁸Apêndices: <https://tinyurl.com/Apendice-RBIE-2024>

Referências

- Al-Arimi, A. M. A.-K. (2014). Distance learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 152, 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.159> [GS Search].
- Alfaisal, R., Hashim, H., & Azizan, U. H. (2022). Metaverse system adoption in education: a systematic literature review. *Journal of Computers in Education*, 1–45. <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00256-6> [GS Search].
- Allua, S., & Thompson, C. B. (2009). Inferential statistics. *Air Medical Journal*, 28(4), 168–171. <https://doi.org/10.1016/j.amj.2009.04.013> [GS Search].
- Baker, J. (2007). Constructivist online learning environment survey. Em *Handbook of Research on Electronic Surveys and Measurements* (pp. 299–301). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-59140-792-8.ch036> [GS Search].
- Ball, M. (2022). The Metaverse: what it is, where to find it, and who will build it. 2020. [GS Search].
- Basili, V. R. (1992). *Software modeling and measurement: the Goal/Question/Metric paradigm*. [GS Search].
- Behar, P. A. (2020). O ensino remoto emergencial e a educação a distância. *Rio Grande do Sul: UFRGS*, 14(8). [GS Search].
- Burgess, S., & Sievertsen, H. H. (2020). Schools, skills, and learning: The impact of COVID-19 on education. *VoxEu.org*, 1(2), 73–89. [GS Search].
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (2015). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Ravenio books. [GS Search].
- Cavus, N. (2015). Distance learning and learning management systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 872–877. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.611> [GS Search].
- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2007). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Figures. <https://doi.org/10.1086/345281> [GS Search].
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555> [GS Search].
- Crowder, M. J. (2017). *Statistical analysis of reliability data*. Routledge. <https://doi.org/10.1201/9780203738726> [GS Search].
- da Silva Abbad, G. (2007). Educação a distância: o estado da arte e o futuro necessário. *Revista do Serviço Público*, 58(3), 351–374. <https://doi.org/10.21874/rsp.v58i3.178> [GS Search].
- Dahan, N. A., Al-Razgan, M., Al-Laith, A., Alsoufi, M. A., Al-Asaly, M. S., & Alfakih, T. (2022). Metaverse framework: A case study on E-learning environment (ELEM). *Electronics*, 11(10), 1616. <https://doi.org/10.3390/electronics11101616> [GS Search].
- Damasceno, A., Silva, L., Barros, E., & Oliveira, F. (2024). DALverse: Assistive Technology for Inclusion of People with Disabilities in Distance Education through a Metaverse-Based Environment. *2024 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, 142–146. <https://doi.org/10.1109/ICALT61570.2024.00047> [GS Search].
- Damasceno, A., Silva, L., Barros, E., & Oliveira, F. Metaverse4Deaf: Assistive Technology for Inclusion of People with Hearing Impairment in Distance Education Through a Metaverse-Based Environment. Em: Em *Proceedings of the 16th International Conference on Computer Supported Education - Volume 1: CSEDU*. INSTICC. SciTePress, 2024, 510–517. ISBN: 978-989-758-697-2. <https://doi.org/10.5220/0012700200003693> [GS Search].
- Damasceno, A., Soares, P., Santos, I., Souza, J., & Oliveira, F. (2023). Assistive Technology for Distance Education in Metaverse-Based Environment: A Rapid Review. *Anais do*

- XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 693–706. <https://doi.org/10.5753/sbie.2023.234543> [GS Search].
- Damasceno, A. R., Martins, A. R., Chagas, M. L., Barros, E. M., Maia, P. H. M., & Oliveira, F. C. (2020). Stuart: an intelligent tutoring system for increasing scalability of distance education courses. *Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3424953.3426640> [GS Search].
- Davis, A., Murphy, J., Owens, D., Khazanchi, D., & Zigurs, I. (2009). Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses. *Journal of the Association for Information Systems*, 10(2), 1. <https://doi.org/10.17705/1jais.00183> [GS Search].
- dos Santos-Zingale, M., & Ann McColl, M. (2006). Disability and participation in post-conflict situations: the case of Sierra Leone. *Disability & society*, 21(3), 243–257. <https://doi.org/10.1080/09687590600617428> [GS Search].
- Farghally, M. F., Mohammed, M., Mahmoud, H. F., Ellis, M., Haqq, D., Domino, M., Jones, B., & Shaffer, C. A. (2021). The Online Transition of Two CS Courses in Response to COVID-19. *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 1251–1251. <https://doi.org/10.1145/3408877.3439571> [GS Search].
- Fernandes, F., & Werner, C. (2022). Accessibility in the Metaverse: Are We Prepared? *Anais do XIII Workshop sobre Aspectos da Interação Humano-Computador para a Web Social*, 9–15. <https://doi.org/10.5753/waihews.2022.226618> [GS Search].
- Freitas, A. L. P., & Rodrigues, S. G. (2005). A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. *Simpósio de Engenharia de produção*, 12(2005), 07–09. <https://doi.org/10.13140/2.1.3075.6808> [GS Search].
- Gagné, M., & Deci, E. L. (2005). Self-determination theory and work motivation. *Journal of Organizational behavior*, 26(4), 331–362. <https://doi.org/10.1002/job.322> [GS Search].
- Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. *Educause Review*. <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning> [GS Search].
- Hwang, G.-J., & Chien, S.-Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.caai.2022.100082> [GS Search].
- Inventory, I. M. (1994). Intrinsic motivation inventory (IMI). *The Intrinsic Motivation Inventory, Scale description*, 1–3. [GS Search].
- Jeon, J. H. (2021). A study on education utilizing metaverse for effective communication in a convergence subject. *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication*, 13(4), 129–134. <https://doi.org/10.7236/IJIBC.2021.13.4.129> [GS Search].
- Jovanović, A., & Milosavljević, A. (2022). VoRtex Metaverse platform for gamified collaborative learning. *Electronics*, 11(3), 317. <https://doi.org/10.3390/electronics11030317> [GS Search].
- Kim, K., Yang, E., & Ryu, J. (2022). Work-in-progress—the effect of students' perceptions on intention to use metaverse learning environment in higher education. *2022 8th international conference of the immersive learning research network (ilrn)*, 1–3. <https://doi.org/10.23919/iLRN55037.2022.9815996> [GS Search].
- Kye, B., Han, N., Kim, E., Park, Y., & Jo, S. (2021). Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of educational evaluation for health professions*, 18. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32> [GS Search].

- Lima, J. V. V., Santos, W. B., Rodrigues, C., & Alencar, F. (2023). Digital Transformation in the Public Sector: Preliminary Results of a Tertiary Literature Review. *2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–7. <https://doi.org/10.23919/CISTI58278.2023.10211796> [GS Search].
- Lin, H., Wan, S., Gan, W., Chen, J., & Chao, H.-C. (2022). Metaverse in education: Vision, opportunities, and challenges. *arXiv preprint arXiv:2211.14951*. <https://doi.org/10.1109/BigData55660.2022.10021004> [GS Search].
- Martin, F., & Oyarzun, B. (2018). Distance learning. *Foundations of learning and instructional design technology*, 787–816. [GS Search].
- Masferrer, J. Á. R., Sánchez, F. E., & Hernández, D. F.-O. (2014). Experiences complementing classroom teaching with distance seminars in metaverses and videos. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 16(4), 1–12. <https://doi.org/10.4018/jcit.2014100101> [GS Search].
- Maya Dhungana, B. (2006). The lives of disabled women in Nepal: vulnerability without support. *Disability & society*, 21(2), 133–146. <https://doi.org/10.1080/09687590500498051> [GS Search].
- Melo, A. C. C., Souza, E. P. R., & Lima, J. V. V. (2020). A Tecnologia Assistiva e a Inclusão Educacional de Pessoas com Deficiência: um mapeamento sistemático da literatura. *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 782–791. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2020.782> [GS Search].
- Moreira de Classe, T., Gomes de Oliveira, E., & Moreira de Castro, R. (2023). Metaverso como Ambiente de Aprendizagem Ativa para o Aprendizado Híbrido. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 31. <https://doi.org/10.5753/rbie.2023.2908> [GS Search].
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2 (1), 486–497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031> [GS Search].
- Nakulla, M., & Toshalis, E. (2012). Motivation, engagement and student voice. *Jobs For the Future, Nellie Mae Education Foundation*. Retrieved on December, 5, 2012. [GS Search].
- Nascimento, M. D., Queiroz, B., Guimaraes, M., Silva, L. C., Soares, E., Oliveira, F., Ribeiro, D., & Ferreira, C. (2017). Aprendizado acessível. *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, 6(1), 110. <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/wcbie/article/view/7374> [GS Search].
- Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., Ding, J., & Daneshmand, M. (2023). A survey on the metaverse: The state-of-the-art, technologies, applications, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3278329> [GS Search].
- Oderud, T. (2000). Assistive Technology for People with Disabilities in Namibia and Zimbabwe. *Report STF78 A, 900525*. [GS Search].
- Oliveira, N. J., Procaci, T. B., & Siqueira, S. W. (2020). Captura da aceitação do blackboard e do tipo de motivação de alunos de cursos presenciais de Ciências Exatas em uma universidade privada. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 28, 229–259. <https://doi.org/10.5753/RBIE.2020.28.0.229> [GS Search].
- Onggirawan, C. A., Kho, J. M., Kartiwa, A. P., Gunawan, A. A., et al. (2023). Systematic literature review: The adaptation of distance learning process during the COVID-19 pandemic using virtual educational spaces in metaverse. *Procedia Computer Science*, 216, 274–283. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.137> [GS Search].
- Organization, W. H., et al. (2004). Guidelines for hearing aids and services for developing countries. *Organization WHO, ed. Geneva, Switzerland*. [GS Search].

- Pintrich, P. R., et al. (1991). A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). [GS Search].
- Ritterbusch, G. D., & Teichmann, M. R. (2023). Defining the metaverse: A systematic literature review. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3241809> [GS Search].
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020> [GS Search].
- Sabbatini, R. M. (2007). Ambiente de ensino e aprendizagem via Internet: a Plataforma Moodle. *Instituto EduMed*, 7. [GS Search].
- Seigneur, J.-M., & Choukou, M.-A. (2022). How should metaverse augment humans with disabilities? *13th Augmented human international conference*, 1–6. <https://doi.org/10.1145/3532525.3532534> [GS Search].
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591> [GS Search].
- Silva, L. C., de MB Oliveira, F. C., De Oliveira, A. C., & De Freitas, A. T. (2014). Introducing the jload: A java learning object to assist the deaf. *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 579–583. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2014.169> [GS Search].
- Stephenson, N. (2003). Snow crash: a novel. Spectra. *Novel. Spectra*. [GS Search].
- Taylor, P., & Maor, D. (2000). Assessing the efficacy of online teaching with the Constructivist On-Line Learning Environment Survey. *Flexible futures in tertiary teaching. Proceedings of the 9th Annual Teaching Learning Forum*, 2–4. [GS Search].
- Tlili, A., Huang, R., Shehata, B., Liu, D., Zhao, J., Metwally, A. H. S., Wang, H., Denden, M., Bozkurt, A., Lee, L.-H., et al. (2022). Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 9(1), 1–31. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00205-x> [GS Search].
- Uvalić-Trumbić, S., & Daniel, J. (2014). A Guide to Quality in Post-Traditional Online Higher Education. *Academic Partnerships*, 5(08), 2015. [GS Search].
- Valente, G. S. C., de Moraes, É. B., Sanchez, M. C. O., de Souza, D. F., & Pacheco, M. C. M. D. (2020). O ensino remoto frente às exigências do contexto de pandemia: Reflexões sobre a prática docente. *Research, Society and Development*, 9(9), e843998153–e843998153. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8153> [GS Search].
- Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., Blais, M. R., Brière, N. M., Senécal, C. B., & Vallières, É. F. (1993). Academic motivation scale (AMS-C 28), college (CEGEP) version. *Educational and Psychological Measurement*, 52(53), 1992–1993. [GS Search].
- Van der Merwe, D. (2021). The metaverse as virtual heterotopia. *3rd world conference on research in social sciences*, 1. <https://doi.org/10.33422/3rd.socialsciencesconf.2021.10.61> [GS Search].
- Vianna, W. B., & Pinto, A. L. (2017). Deficiência, acessibilidade e tecnologia assistiva em bibliotecas: aspectos bibliométricos relevantes. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 22, 125–151. <https://doi.org/10.1590/1981-5344/2951> [GS Search].
- Viner, R. M., Russell, S. J., Croker, H., Packer, J., Ward, J., Stansfield, C., Mytton, O., Bonell, C., & Booy, R. (2020). School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: a rapid systematic review. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 4(5), 397–404. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(20\)30095-X](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(20)30095-X) [GS Search].