

Análise de Viabilidade de um Laboratório Virtual Imersivo de Redes de Computadores como Ferramenta de Apoio às Práticas de Ensino

ERBERSON EVANGELISTA VIEIRA (IFPB, Campus João Pessoa), FRANCISCO PETRÔNIO DE A. MEDEIROS (IFPB, Campus João Pessoa)

E-mails: erberson.vieira@ifpb.edu.br, petronio@ifpb.edu.br.

Área de conhecimento:(Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação.

Palavras-Chave: Realidade Virtual, Metaverso, Redes de Computadores, Ensino à Distância, TAM, NASA TLX.

1 Introdução

As Tecnologias da Informação e Comunicação desempenham um papel fundamental na educação, conectando estudantes ao mundo real por meio de ferramentas digitais (WAGNER et al., 2013). A Base Nacional Comum Curricular reconhece a importância da tecnologia na construção do conhecimento (BRASIL, 2022). Neste sentido, destacam-se abordagens como Realidade Aumentada, Realidade Virtual e Realidade Mista. O conceito de Metaverso, que integra realidades física e virtual (LÓPEZ; CHAUX; ALVAREZ, 2022); (RITTERBUSCH; TEICHMANN, 2023), tem ganhado destaque na educação, impulsionado por investimentos corporativos e pelo avanço das interações online (META, 2021). A crescente dificuldade de manutenção de laboratórios físicos, devido a custos elevados e limitações de infraestrutura, tem incentivado a adoção de abordagens híbridas (ALSALAH et al., 2022). A combinação de laboratórios tradicionais com Ambientes Virtuais Imersivos surge como alternativa viável para cursos que demandam práticas experimentais, como as engenharias (SCHMITT; TAROUÇO, 2008). Em especial, laboratórios virtuais são promissores para a Educação a Distância, proporcionando acesso ampliado e experiências colaborativas entre alunos e professores (AMARAL et al., 2011).

Dado esse contexto, o presente estudo buscou investigar a viabilidade de um laboratório virtual imersivo para o ensino de Redes de Computadores. O objetivo geral deste estudo foi desenvolver e avaliar a viabilidade de um laboratório virtual imersivo como ferramenta de apoio ao ensino prático introdutório em Redes de Computadores. Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos: investigar o uso de ambientes virtuais na educação, destacando suas vantagens, desvantagens, benefícios e recursos tecnológicos utilizados, bem como os desafios e limitações envolvidos; definir o conteúdo, as práticas pedagógicas, as atividades práticas e os equipamentos utilizados nos cursos de Redes de Computadores para serem testados no ambiente virtual; e realizar um benchmark sobre engines, ferramentas e plataformas voltadas para a educação em ambientes virtuais imersivos.

2 Materiais e Métodos

A metodologia foi estruturada em quatro fases para o desenvolvimento e avaliação do laboratório virtual imersivo NetVerse Edu. Na Fase I, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (2012–2022) sobre ambientes virtuais imersivos na educação e sua aplicação no ensino de Computação. A Fase II envolveu entrevistas semiestruturadas com professores da área de Redes de Computadores do IFPB Campus João Pessoa, realizadas via Google Meet entre 10 e 20 de novembro de 2023. As entrevistas, com roteiro de nove questões, abordaram o uso de laboratórios, conteúdos, equipamentos, softwares e desafios. Os dados coletados, somados à análise documental de planos de ensino dos cursos Técnico em Informática, Tecnólogo em Redes e Sistemas para Internet do IFPB, foram analisados por codificação aberta. Foram definidas oito categorias: frequência de uso dos laboratórios, disciplinas, conteúdos, equipamentos e recursos, softwares, práticas a distância, desafios e sugestões. Os resultados evidenciaram a importância dos laboratórios, a semelhança entre conteúdos nos diferentes cursos, o uso recorrente de simuladores e dificuldades relacionadas à infraestrutura e acesso. Com base nesses dados, foram definidos os cenários de interação e os requisitos do ambiente virtual imersivo.

A Fase III correspondeu à modelagem e codificação do ambiente virtual imersivo NetVerse Edu, desenvolvido com Unity 3D e XR Interaction Toolkit. O SDK Photon Unity Networking (PUN) foi empregado para suporte multiusuário, persistência, sincronização e comunicação por voz. Objetos 3D foram obtidos do Sketchfab e modelos personalizados criados no Blender. O ambiente inicial, produto mínimo viável (MVP), incluiu: tela de identificação de usuário; sala de boas-vindas com instruções, acessibilidade em LIBRAS e seleção de avatar; tutorial interativo com atividade sobre o Modelo OSI (Figura 1); sala de equipamentos; quiz sobre Redes de Computadores; e auditório para aulas expositivas. Como atividade principal foi

desenvolvido o Laboratório de Endereçamento IP (Figura 2), que permite configurar IPs em dispositivos virtuais (switch, access point, servidor, firewall, smartphone, notebook, desktop) e visualizar a conexão entre os dispositivos em um dashboard. Um vídeo de demonstração do MVP está disponível em: <https://youtu.be/7Qs9x5CaIr0>.

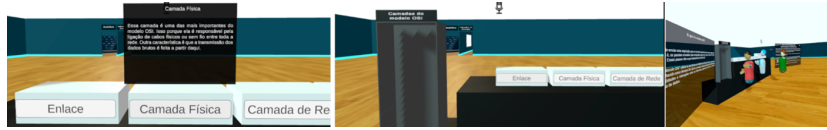


Figura 1: Telas da Atividade do Modelo OSI

A Fase IV consistiu no estudo de viabilidade e avaliação da plataforma. Nove participantes (cinco discentes de Computação do IFPB João Pessoa, três de Santa Rita e um docente) utilizaram o ambiente com óculos Oculus Quest 2 no Laboratório de Realidade Virtual e Aumentada (LARA) do IFPB. A aceitação da tecnologia foi avaliada com um questionário baseado no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM), considerando Utilidade Percebida, Facilidade de Uso e Intenção de Uso. A carga de trabalho percebida pelos usuários também foi mensurada e avaliada com o NASA Task Load Index (NASA TLX), considerando as seguintes dimensões: demanda mental, demanda física e temporal, esforço, desempenho e frustração.



Figura 2: Laboratório de Endereçamento IP

3 Resultados e Discussão

A análise com o TAM (Figura 3) indicou uma percepção majoritariamente positiva quanto à Utilidade Percebida do NetVerse Edu como ferramenta de apoio ao ensino de redes. Todos os participantes consideraram a ferramenta útil para a familiarização com equipamentos e compreensão de conceitos, embora um tenha discordado da eficácia da interação em cenários práticos. A Facilidade de Uso Percebida também foi bem avaliada, com destaque para a navegação e o conforto na execução das tarefas; alguns participantes sugeriram melhorias na usabilidade dos controles. Quanto à Intenção de Uso, 44% demonstraram interesse em utilizar o ambiente regularmente e 89% o recomendariam. A hesitação quanto ao uso contínuo pode estar relacionada a limitações de conteúdo, experiência de uso ou preferências individuais; houve relatos de fadiga durante os testes. Com base nas sugestões, foram incorporadas atividades colaborativas (sala de equipamentos, quiz) e adicionados feedbacks visuais e textuais para aprimorar a usabilidade e interatividade.

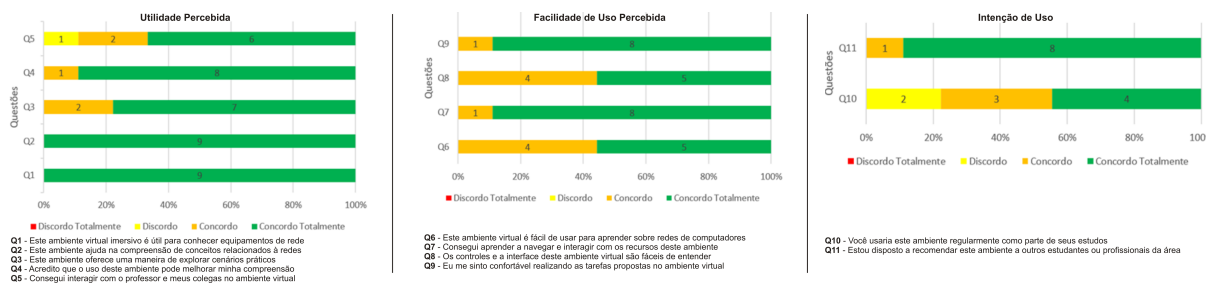


Figura 3: Resultados TAM sobre a Utilidade Percebida, Facilidade de Uso e Intenção de Uso

A avaliação da carga de trabalho (Figura 4), com o NASA TLX, complementou o TAM. A demanda mental foi classificada como alta (média de 65,56), assim como a demanda física (média de 50), indicando exigência cognitiva e esforço corporal nas interações. A demanda temporal foi moderada (média de 41,11), e o esforço geral alto (média de 60). O desempenho

foi considerado médio (média de 22,22), e a frustração, baixa (média de 8,89), indicando baixa ocorrência de obstáculos ou desconfortos relevantes o que sugere que, apesar das altas demandas mental e de esforço, os participantes não enfrentaram grandes obstáculos ou desconfortos significativos.

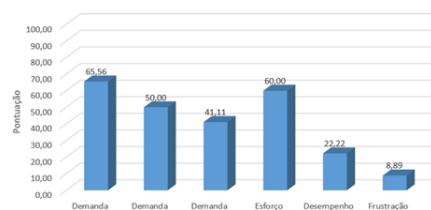


Figura 4: Média das dimensões do NASA - TLX

Em síntese, os resultados mostram que o ambiente virtual imersivo NetVerse Edu foi percebido como uma ferramenta útil e, embora desafiadora em termos de demanda mental e esforço físico, proporciona uma experiência de aprendizagem produtiva com baixos níveis de frustração.

4 Considerações Finais

A tecnologia e a educação evoluem de forma interdependente, com ferramentas tecnológicas desempenhando um papel fundamental no ensino-aprendizagem. Tecnologias imersivas, como Realidade Aumentada, Virtual e Mista, apresentam potencial, mas ainda enfrentam desafios como exclusão digital, altos custos, escassez de conteúdo didático e infraestrutura inadequada. A pesquisa acadêmica contribui para enfrentar essas limitações. Neste cenário, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a viabilidade de um ambiente virtual imersivo para o ensino de redes de computadores, analisando a aceitação dos estudantes e a carga de trabalho percebida. O estudo representa uma iniciativa pioneira no Instituto Federal da Paraíba na aplicação dessa tecnologia ao ensino de computação.

A revisão sistemática inicial identificou limitações em plataformas proprietárias quanto à manutenção, acessibilidade e desenvolvimento de ambientes imersivos de propósitos específicos, além de relatos de desconforto físico e escassez de estudos voltados a pessoas com deficiência. Em relação à viabilidade, o ambiente virtual imersivo NetVerse Edu mostrou-se viável para apoiar o ensino de Redes de Computadores, com uso de ferramentas open source que eliminaram a dependência de plataformas proprietárias e possibilitam flexibilidade e expansão para outras áreas da computação. A continuidade do projeto é sustentada pela expertise adquirida e pela infraestrutura do LARA no IFPB Campus João Pessoa.

Quanto à aceitação da tecnologia, o ambiente virtual imersivo foi bem aceito pelos estudantes, que reconheceram a utilidade do NetVerse Edu para a familiarização com equipamentos e compreensão de conceitos técnicos. A facilidade de uso também foi bem avaliada, indicando um design acessível. No entanto, a intenção de uso regular apresentou variações, apontando possíveis barreiras à adoção contínua, apesar do valor atribuído à ferramenta. Em relação à carga de trabalho, os estudantes relataram alta demanda mental e de esforço, refletindo a complexidade cognitiva das tarefas. As demandas física e temporal foram percebidas como moderadas. Apesar disso, os níveis de frustração foram baixos, sugerindo uma experiência exigente, porém controlada. Melhorias foram implementadas com base no feedback dos usuários para otimizar a experiência.

Este estudo apresenta como limitação o tamanho reduzido da amostra, composta por nove participantes, o que pode restringir a generalização dos resultados. A pequena amostragem pode refletir um grupo relativamente homogêneo em termos de experiência e familiaridade com tecnologias imersivas, limitando a representatividade da diversidade de perfis de usuários. Para mitigar essa limitação, futuras pesquisas incluirão uma amostra mais ampla e heterogênea, considerando diferentes níveis de conhecimento técnico, faixas etárias e experiências prévias com ambientes imersivos. Essa ampliação visa proporcionar uma avaliação mais abrangente da utilidade percebida, facilidade de uso e aceitação da plataforma. Um outro estudo já está em andamento no grupo de pesquisa, com foco na análise comparativa das percepções de usuários em diferentes plataformas.

Como trabalhos futuros, propõe-se adaptar o NetVerse Edu para smartphones e computadores, ampliando a acessibilidade e possibilitando estudos comparativos de usabilidade e aceitação entre plataformas. Sugere-se integrar simuladores de redes (como GNS3 e Cisco Packet Tracer) aos objetos virtuais e aplicar novamente os modelos NASA TLX e TAM para

avaliar carga cognitiva e aceitação, comparando com a versão imersiva. Também se recomenda investigar a acessibilidade para pessoas com deficiência, identificando barreiras e propondo soluções para ambientes mais inclusivos.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Edital nº 16/2022 – Programa de Incentivo à Qualificação dos Servidores do IFPB (PIQIFPB); Edital nº 10/2024 – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para Projetos de Pesquisa, Inovação, Desenvolvimento Tecnológico e Social com Foco na Educação a Distância (PIDETEC-EaD). As opiniões, hipóteses, conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es) e não refletem necessariamente as opiniões do IFPB.

Referências

- ALSALEH, S. et al. Reimagine lab: Bridging the gap between hands-on, virtual and remote control engineering laboratories using digital twins and extended reality. *Ieee Access*, IEEE, v. 10, p. 89924–89943, 2022.
- AMARAL, É. M. H. d. et al. Laboratório virtual de aprendizagem: uma proposta taxonômica. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação*. Porto Alegre, RS, 2011.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. 2022. <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>, Accessed: 10 October 2024.
- LÓPEZ, G. A. M.; CHAUX, H. R.; ALVAREZ, F. A. C. The university in the metaverse. proposal of application scenarios and roadmap model. p. 1–9, 2022.
- META. *Apresentando Meta: uma empresa de tecnologia social*. 2021. <<https://tinyurl.com/2y97kzpu>>, Accessed: 15 October 2024.
- RITTERBUSCH, G. D.; TEICHMANN, M. R. Defining the metaverse: A systematic literature review. *Ieee Access*, IEEE, v. 11, p. 12368–12377, 2023.
- SCHMITT, M. A. R.; TAROUÇO, L. M. R. Metaversos e laboratórios virtuais: possibilidades e dificuldades. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS, 2008.
- WAGNER, R. et al. Using 3d virtual learning environments in new perspective of education. p. 1–6, 2013.