ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Explorando a Realidade Virtual como Ferramenta Pedagógica na Análise de Projetos Arquitetônicos

Exploring Virtual Reality as a Pedagogical Tool in Architectural Project Analysis

Juliana Bambini Mandola
Universidade Estadual de Londrina | Londrina | Brasil | juliana.bambini@gmail.com
César Imai
Universidade Estadual de Londrina | Londrina | Brasil | cimai@uel.br

Resumo

A indústria da construção tem investido em ferramentas tecnológicas, como a Realidade Virtual (RV), visando facilitar a análise e compreensão dos projetos arquitetônicos. A utilização de ferramentas avançadas para visualizar espaços projetados não se limita apenas aos profissionais de projeto, mas também se mostra uma poderosa ferramenta de aprendizagem para estudantes. Este trabalho tem como objetivo analisar o potencial de aplicação de ferramentas de RV e simulações imersivas no processo de concepção e desenvolvimento de propostas arquitetônicas no contexto educacional. A metodologia aplicada consistiu em uma Avaliação Pré-Projeto conduzida com alunos do terceiro ano, onde foram desenvolvidas propostas de projeto para os espaços que compunham o programa de necessidades de um Centro Cultural, de Lazer e Esporte. Foi estipulado o desenvolvimento de duas a quatro propostas de projeto para cada ambiente, com o intuito de incentivar a discussão a partir da análise de circulação, leiaute, dimensionamento e iluminação. Os resultados indicaram que as simulações imersivas contribuíram significativamente para a discussão dos diferentes projetos. Os estudantes consideraram a RV uma ferramenta de significativa contribuição para o avanço do desenvolvimento dos projetos. A contribuição deste estudo reside na capacidade de aprimorar a comunicação, a compreensão e a avaliação dos alunos em aspectos espaciais do projeto arquitetônico.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Projeto Arquitetônico. Educação. Simulações Virtuais Imersivas.

Abstract

The construction industry has been investing in technological tools, such as Virtual Reality (VR), to facilitate the analysis and comprehension of architectural projects. The use of advanced tools to visualize designed spaces is not limited to design professionals but also proves to be a powerful learning tool for students. This study aims to analyze the potential application of VR tools and immersive simulations in the design and development process of architectural proposals. The applied methodology consisted of a Pre-Project Evaluation conducted with third-year students, where project proposals were developed for the spaces comprising the program requirements of a Cultural, Leisure, and Sports Center. The development of two to four project

Como citar:
MANDOLA, J.; IMAI, C. Explorando a Realidade Virtual como Ferramenta Pedagógica na Análise de Projetos Arquitetônicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

proposals for each environment was stipulated to encourage discussion based on the analysis of circulation, layout, dimensions, and lighting. The results indicated that immersive simulations significantly contributed to the discussion of the different projects. The students considered VR to be a tool of substantial contribution to the advancement of the projects. The contribution of this study lies in its ability to enhance students' communication, understanding, and evaluation of spatial aspects in architectural projects.

Keywords: Virtual Reality. Architectural Design. Education. Immersive Virtual Simulations.

INTRODUÇÃO

A tecnologia para apresentação e discussão dos projetos arquitetônicos está evoluindo rapidamente [1]. Diante da transformação industrial e do avanço tecnológico, a indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) têm migrado de um modo tradicional de projeto baseado em desenhos para uma abordagem com ferramentas tecnológicas, uma vez que os métodos convencionais não conseguem atender às crescentes demandas dessa indústria [2][3][4].

Nos últimos anos, especialmente no campo da educação e formação, a pesquisa envolvendo o uso da Realidade Virtual (RV) tem aumentado gradualmente [1]. Inicialmente desenvolvida para o campo do entretenimento, a RV tem sido utilizada para proporcionar aos estudantes um ambiente visual e interativo, com alto nível de imersão, que permite a compreensão mais facilitada dos espaços e lugares arquitetônicos [5][6]. Apesar dos métodos tradicionais de representação, como esboços e desenhos, auxiliarem no entendimento de organização e as relações espaciais dos ambientes, eles não permitem uma experiência imersiva para a discussão do projeto [7].

Por meio deste processo, a ferramenta digital transcende sua função de mera visualização e se torna uma metodologia eficiente para alcançar propostas aprimoradas de projeto [7]. A integração de ferramentas digitais tem auxiliado estudantes e arquitetos a manifestarem rapidamente um ambiente tridimensional e a explorar diversas opções composicionais e espaciais.

Embora as aplicações de RV na arquitetura geralmente se concentrem em práticas de construção para fins comerciais, muitos estudos também utilizam a RV para fins educacionais [8]. Estudos anteriores demonstram que a RV tem auxiliado no ensino de projeto arquitetônico e no entendimento dos processos que compõem as etapas da construção [9][10].

Entretanto, ainda existem muitas lacunas para explorar no ensino, uma vez que a tecnologia ainda não foi totalmente testada quanto à sua adequação e capacidade com paradigmas emergentes de educação em cursos na área de AEC [11]. Sabe-se que o desenvolvimento de projetos exige uma ampla gama de abordagens criativas, e atualmente, os alunos estão sendo incentivados a empregar diversas ferramentas digitais durante o processo de idealização para fortalecer os conceitos de projeto [7].

Desta forma, este artigo tem como objetivo analisar o potencial de aplicação de ferramentas de RV e simulações imersivas no processo de concepção e desenvolvimento de propostas arquitetônicas no contexto educacional. Essa pesquisa

encontra-se aprovada na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP e no Comitê de Ética em Pesquisa sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 79227624.0.0000.5231 e parecer número 6.828.441.

METODOLOGIA

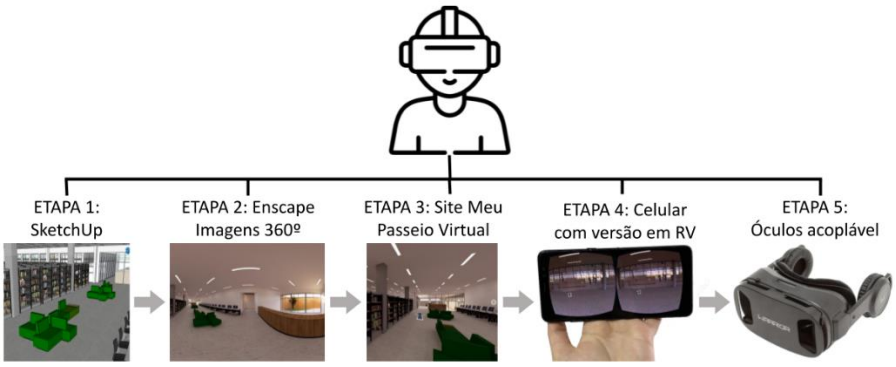
A metodologia aplicada consistiu em uma Avaliação Pré-Projeto conduzida durante o quinto semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina, nas disciplinas de Ateliê e Metodologia de Projeto. Os alunos desenvolveram diferentes propostas de projeto para os espaços que compunham o programa de necessidades do Centro Cultural, sendo eles: recepção, biblioteca, academia, quadra poliesportiva, área de recreação, auditório, área da piscina e lanchonete.

Foram estipuladas de duas a quatro propostas de projeto para cada ambiente, no intuito de incentivar a discussão de alternativas de projetos por meio da análise de circulação, leiaute, dimensionamento e iluminação. Para a avaliação dos projetos, foi desenvolvido um protocolo pré-estabelecido para a aplicação de simulações virtuais imersivas, visando à análise das experiências de potenciais usuários durante a imersão na RV dos ambientes planejados.

DESENVOLVIMENTO DOS AMBIENTES VIRTUAIS

O desenvolvimento dos ambientes foi realizado de acordo com as etapas descritas a seguir (Figura ***1***).

Figura 1 - Etapas para desenvolvimento do ambiente virtual



Fonte: Os autores

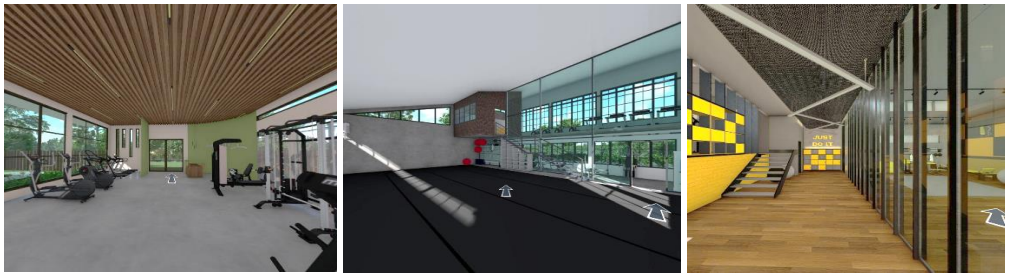
Inicialmente, os projetos de cada ambiente foram desenvolvidos em equipes e a modelagem foi realizada no programa SketchUp conforme os leiautes propostos (etapa 1). Em seguida, na etapa 2, os ambientes foram renderizados com auxílio do programa Enscape, gerando imagens panorâmicas 360°. Na sequência, as imagens foram hospedadas no site “Meu Passeio Virtual” para serem utilizadas no ambiente virtual imersivo (etapa 3).

Uma vez inseridas as imagens no site, os links foram abertos nos smartphones disponibilizados (etapa 4) e estes foram acoplados aos óculos de RV para processamento da simulação virtual. O ambiente virtual foi reproduzido a partir do uso dos óculos de RV Warrior 3D com Headphone JS086 (etapa 5).

Para cada ambiente, foram selecionados diversos pontos de observação que proporcionam a melhor visualização do local. Ao ingressar no ambiente virtual, os entrevistados eram direcionados para diferentes perspectivas através de setas indicativas. Para exemplificar, as figuras abaixo ilustram três propostas realizadas pelos alunos para a área da academia e biblioteca.

Figuras 2, 3 e 4: Diferentes propostas da academia

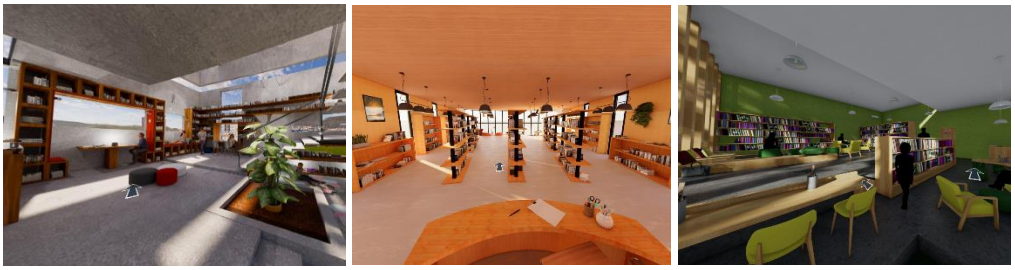
Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3



Fonte: Os autores

Figuras 5, 6 e 7: Diferentes propostas da biblioteca

Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3



Fonte: Os autores

Após a finalização dos ambientes virtuais, foi elaborado um questionário constituído por perguntas abertas, fechadas (dicotômicas e de múltipla escolha), compostas e de opinião. Desta forma, os equipamentos e documentos utilizados para a realização das simulações foram: Questionário impresso para condução da pesquisa e anotações; Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) impresso para leitura e assinatura dos respondentes; óculos de RV; smartphone; álcool líquido e flanela para higienização dos óculos durantes as simulações.

A pesquisa foi conduzida em duas etapas. Na primeira etapa, foi elaborado um questionário para analisar as propostas dos projetos. Foram feitas simulações com potenciais usuários de cada tipologia espacial, sendo aplicadas a pelo menos trinta pessoas para cada ambiente. O critério de inclusão dos participantes nesta fase consistiu em usuários que frequentam ambientes com usos semelhantes aos analisados, sem distinção de idade ou sexo, mas que não possuíam familiaridade com o processo de concepção de projetos. Participaram desta etapa 198 respondentes. As simulações com os participantes iniciaram-se após uma breve apresentação do estudo e das orientações preliminares. Primeiramente, os participantes foram inseridos em um primeiro ambiente projetado, onde as perguntas concentraram-se exclusivamente na análise desse espaço. Em seguida, os participantes foram inseridos nos demais ambientes projetados para que pudessem analisá-los e compará-los com o primeiro. Após essa etapa, foram aplicadas questões relacionadas à comparação entre os

diferentes leiautes. Por fim, foram realizadas perguntas sobre a usabilidade dos óculos e a compreensão dos ambientes analisados.

A segunda etapa consistiu na avaliação da experiência com os discentes da disciplina, sendo os respondentes apenas os alunos que participaram do desenvolvimento dos ambientes do projeto, totalizando 75 participantes. Todos os participantes de ambas as etapas assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes de iniciar sua participação na pesquisa.

A seguir, serão apresentadas as análises dos resultados das duas etapas: simulação com os entrevistados e a avaliação dos discentes.

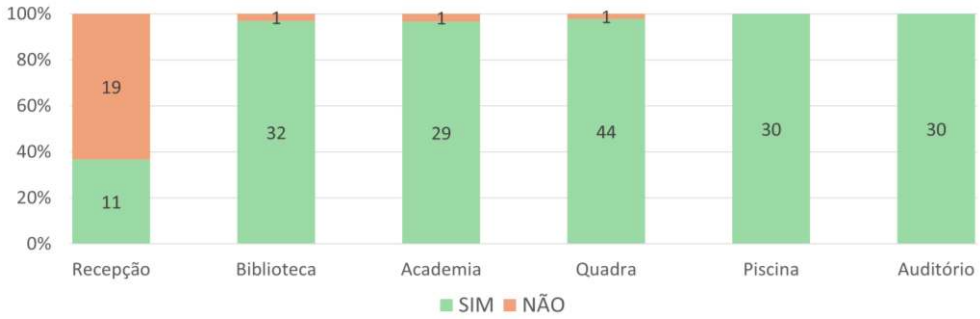
RESULTADOS

Os resultados são apresentados com base em duas análises principais: inicialmente, as respostas dos participantes foram examinadas em relação à discussão sobre os ambientes virtuais visitados; posteriormente, foi realizada uma análise da experiência de ensino a partir das opiniões e respostas dos alunos.

SIMULAÇÃO COM OS ENTREVISTADOS

A simulação virtual teve início em uma exploração livre do primeiro projeto. Quando questionados sobre a capacidade de identificar o ambiente (Figura 8), a maioria dos participantes respondeu positivamente. No entanto, houve considerável confusão na recepção, onde os entrevistados confundiram o ambiente com outras funções, como: área de lazer, galeria de arte (2 menções), museu (4 menções), showroom, centro de exposições (7 menções), escritório, coworking, local de convivência e local de estudo.

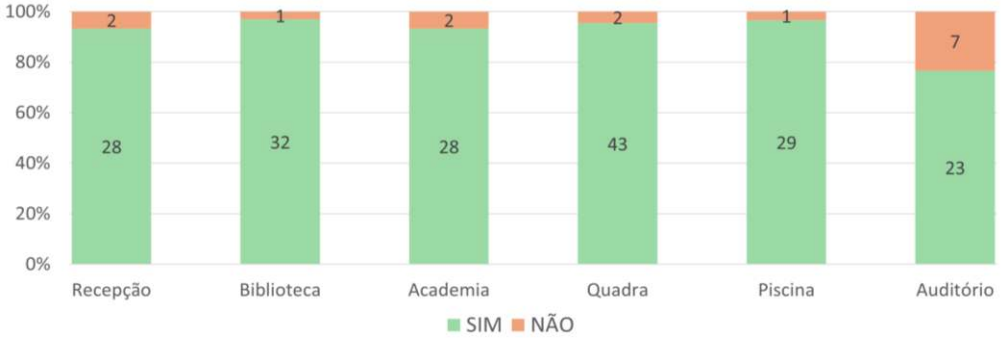
Figura 8: Gráfico das respostas à pergunta "Você consegue identificar qual ambiente está sendo representado?"



Fonte: Os autores

Posteriormente, foi perguntado aos entrevistados se compreendiam os materiais utilizados nas paredes, pisos, móveis e objetos do ambiente. Novamente, a maioria respondeu afirmativamente (Figura 9). As respostas negativas estavam relacionadas a elementos específicos do projeto, como os materiais empregados no teto, nas paredes, nas estruturas e nos pilares.

Figura 9: Gráfico das respostas à pergunta: "Você compreende os materiais utilizados na parede, piso, móveis e objetos?"

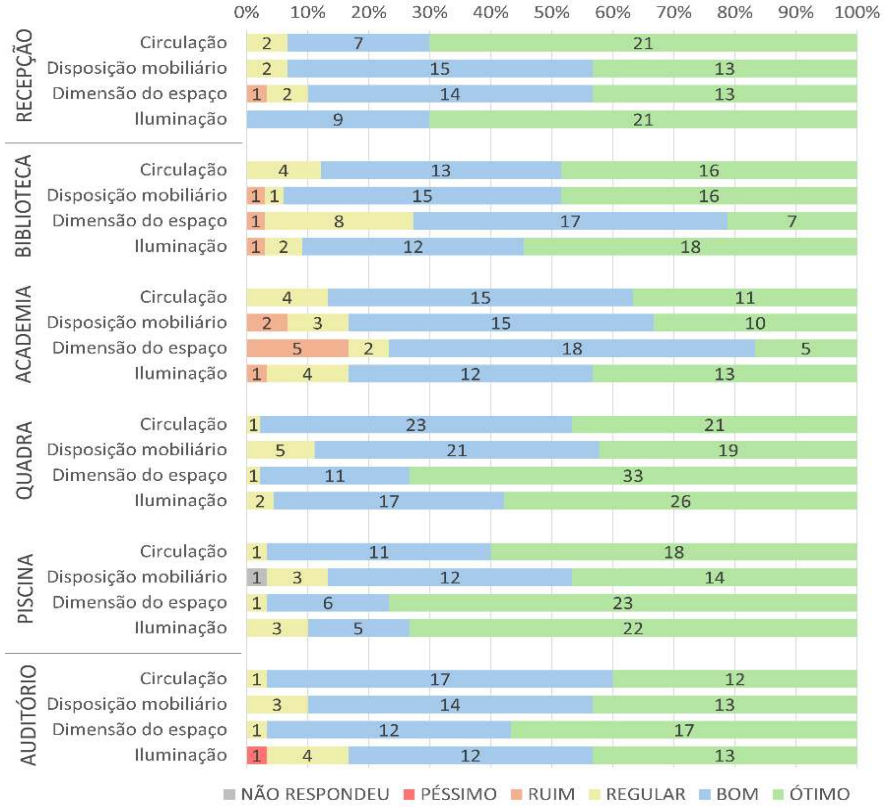


Fonte: Os autores

De forma geral, é possível avaliar que mesmo sem identificar os ambientes com suas respectivas atividades, a representação tridimensional imersiva com mobiliários traz a direta correlação, sendo facilmente identificável. Apesar da obviedade espacial da maioria dos ambientes, ainda assim, mais de um terço dos respondentes identificaram a recepção, ainda que não possuísse um arquétipo mais estabelecido. Toda a correlação de ambientes, mobiliários e materiais indica claramente que a experiência prévia da vida de cada entrevistado maximiza a compreensão sobre qualquer detalhe apresentado, indicando que, provavelmente, somente podemos discutir e avaliar sobre ambientes que possuímos alguma familiaridade e que a discussão será mais proveitosa quanto maior for esse domínio.

Após este primeiro contato, os entrevistados foram solicitados a opinar sobre aspectos de circulação, disposição do mobiliário, dimensão do espaço e iluminação (Figura 10).

Figura 10: Gráfico da análise dos componentes do primeiro projeto



Fonte: Os autores

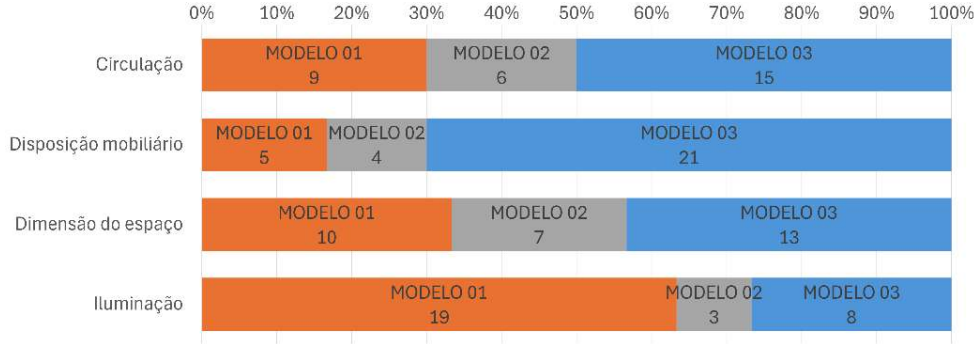
É possível notar que uma considerável parcela das respostas apresentou uma avaliação favorável, variando entre os níveis ‘bom’ e ‘ótimo’, em relação aos ambientes apresentados. Entretanto, não obstante a predominância de respostas positivas, alguns aspectos negativos foram identificados e são suscetíveis a reformulações no projeto.

Foi observado um espectro variado de respostas durante a análise, englobando desde observações genéricas, como a limitação de espaço e a falta de organização do mobiliário, até aspectos mais específicos, como a insuficiência de elementos de acessibilidade (incluindo corredores com dimensões inadequadas para cadeirantes e a ausência de escadas e rampas), além de deficiências na funcionalidade dos equipamentos em determinados ambientes (exemplificado pela inadequação do posicionamento das esteiras na academia). Esta abordagem permitiu a identificação de áreas de melhoria, indicando uma aplicabilidade efetiva da ferramenta de RV na coleta de opiniões sobre os aspectos mencionados.

Outro aspecto importante que pode ser inferido no levantamento é a grande aprovação dos ambientes. Ainda que possamos identificar aspectos qualitativos dos projetos, como iluminação ampla, permeabilidade visual, espaços sem grandes conflitos de circulação e variação de materiais e acabamentos equilibrada, um aspecto a ser considerado é uma possível tendência positiva da avaliação devido ao instrumento de imersão possibilitar uma experiência mais próxima ao real, o que não era algo rotineiro aos entrevistados. A identificação tridimensional de ambientes, por fotos ou imagens computadorizadas, é a principal fonte de referência do perfil do público entrevistado, que indicou a imersão como uma experiência inovadora.

Posteriormente, os entrevistados foram expostos aos demais projetos, sendo permitido circular livremente pelos ambientes. Após essa interação, foi solicitado que indicassem qual modelo melhor atendeu aos parâmetros previamente analisados. Para exemplificar, as respostas obtidas no ambiente da academia estão apresentadas abaixo (Figura 11).

Figura 11: Gráfico dos votos para o ambiente da academia



Fonte: Os autores

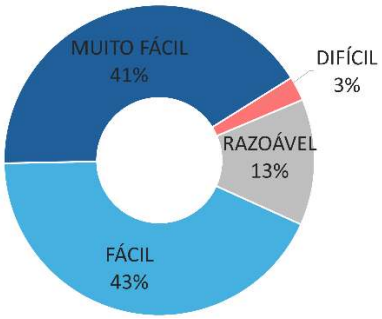
Observou-se que os votos atribuídos aos ambientes variavam conforme os aspectos específicos avaliados. A apresentação de diferentes alternativas de projeto indicou resultados, em sua maioria, de grande variação na avaliação dos diferentes projetos. A valorização de diferentes aspectos por grupos de entrevistados, indica a natural idiossincrasia individual de preferências por aspectos espaciais. Um exemplo claro

dessa indicação é que um mesmo ambiente era escolhido pelos entrevistados por ter uma ampla iluminação, enquanto outros o rejeitavam por ter uma iluminação excessiva.

Por fim, foram realizadas perguntas acerca da usabilidade dos óculos e da compreensão dos ambientes analisados.

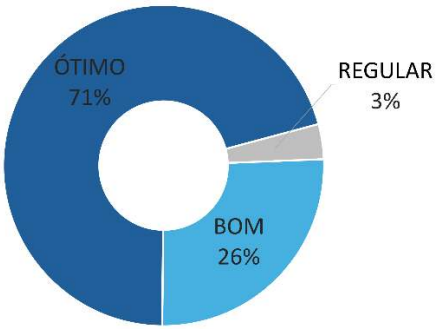
Quando questionados sobre a facilidade ou dificuldade do uso dos óculos, a grande maioria relatou uma experiência positiva, totalizando 82 respostas para 'muito fácil' e 85 para 'fácil' (Figura 12). Apenas 16% responderam 'razoável' ou 'difícil'. Os motivos foram: falta de familiaridade com a ferramenta; leves tonturas e enjoos durante o uso; incômodo dos óculos; dificuldade em utilizar as setas para se locomover no projeto.

Figura 12: Gráfico das respostas à pergunta "Qual foi o nível de facilidade/dificuldade na utilização dos óculos 3D?"



Fonte: Os autores

Figura 13: Gráfico das respostas à pergunta "Qual o seu nível de compreensão do projeto representado na RV?"

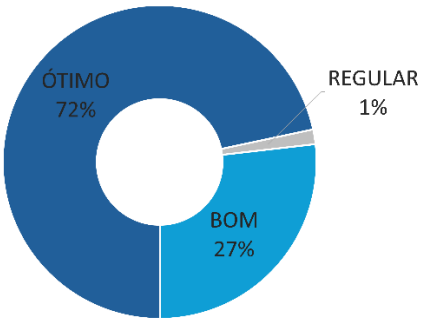


Fonte: Os autores

Quando questionados sobre o nível de compreensão do ambiente virtual, as respostas foram predominantemente positivas (Figura 13), com 140 respondentes classificando como 'ótimo' e 51 como 'bom'. Aqueles que avaliaram a compreensão como 'regular' mencionaram incertezas sobre a compreensão do ambiente virtual e dúvidas em relação a detalhes específicos dos projetos.

Por fim, perguntou-se aos entrevistados como eles avaliavam a representação do projeto no ambiente virtual. Novamente, as respostas foram predominantemente positivas, com a maioria classificando a experiência como 'ótimo' (142 menções) e 'bom' (53 menções). Aqueles que avaliaram a experiência como 'regular' (3 menções) levantaram questões relacionadas ao conforto no uso dos óculos e à dificuldade em identificar todos os aspectos do projeto.

Figura 14: Gráfico das respostas à pergunta "Como você avalia a representação deste ambiente no modelo virtual?"



Fonte: Os autores

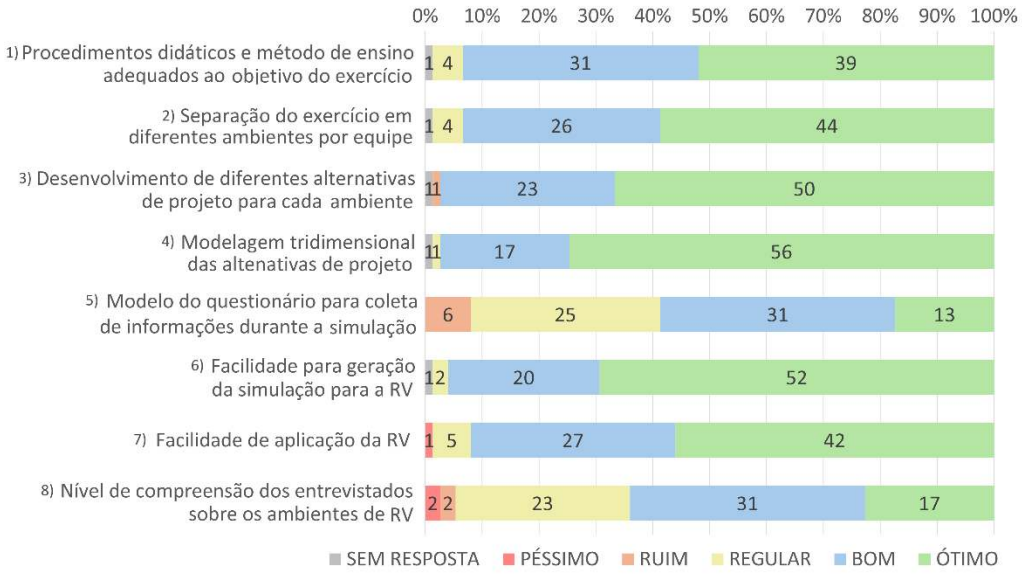
Desta forma, apesar da avaliação ter sido predominantemente positiva, reformulações futuras podem ser desenvolvidas para solucionar os problemas identificados, minimizar desconfortos físicos e maximizar a experiência dos usuários.

AVALIAÇÃO DOS DISCENTES

Após a conclusão da aplicação com os entrevistados, a pesquisa avançou para a segunda etapa. Solicitou-se que os discentes respondessem a uma avaliação sobre a experiência realizada. Um total de 75 alunos participaram do questionário, cujas análises podem ser observadas na Figura 15 apresentada a seguir.

A maioria dos estudantes expressou uma avaliação favorável em relação à atividade desenvolvida, com especial ênfase na apreciação dos procedimentos didáticos e o método de ensino aplicados durante a atividade (item 1). Também se destacaram positivamente a separação e desenvolvimento de diferentes alternativas por equipe (itens 2 e 3) e a aplicação modelagem tridimensional das alternativas de projeto (item 4). Os estudantes ressaltaram que a criação de ambientes diversos propiciou a especialização das equipes em cada área específica, promovendo, assim, a partilha de conhecimentos entre os colegas, visando a uma compreensão mais aprofundada e apreciativa dos detalhes exclusivos de cada área.

Figura 15: Gráfico da avaliação da atividade em RV pelos discentes



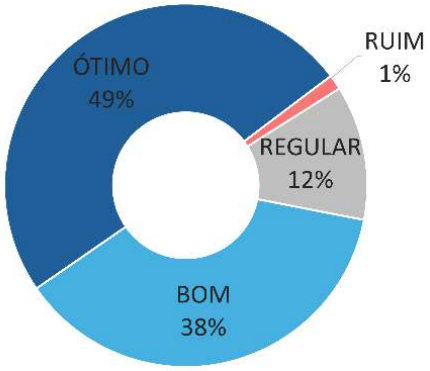
Fonte: os autores

Dois aspectos emergem da análise da figura acima: primeiramente, a avaliação menos favorável sobre a aplicação da simulação a partir do modelo de questionário (item 5). Algumas observações ressaltaram a extensão prolongada da simulação, sugerindo que esta poderia ser simplificada e conter um menor número projetos, dado que entrevistas longas tendiam a fatigar os entrevistados. Também foi sugerido a redução na quantidade de perguntas no questionário.

Outro aspecto menos favorável identificado foi o nível de compreensão dos entrevistados sobre os ambientes de RV (item 8), conforme relatado pelos estudantes. Algumas observações sugeriram que o emprego de terminologia técnica e o uso de

termos pouco familiares aos leigos podem ter representado obstáculos, indicando a possibilidade de se adotar uma linguagem menos técnica durante as entrevistas, visando uma participação mais efetiva na simulação.

Figura 16: Gráfico da aprendizagem do aluno sobre as temáticas de projeto estudadas

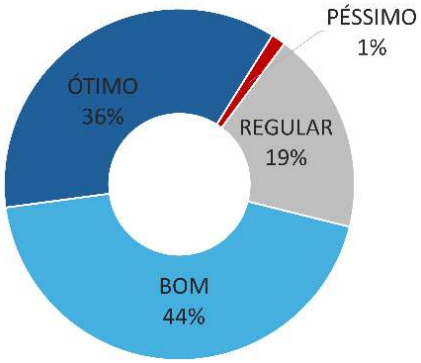


Fonte: Os autores

Quanto ao nível de aprendizagem dos alunos sobre as temáticas, estes emitiram uma avaliação positiva, conforme evidenciado pelo Figura 16. Observações adicionais indicaram que a abordagem prática por meio da RV foi destacada como um dos métodos mais eficazes para a aplicação concreta dos conhecimentos adquiridos em sala de aula. As avaliações 'regular' e 'ruim' foram devido ao curto tempo para discussão e aplicação dos resultados.

Outro aspecto relevante reside na aplicabilidade dos conhecimentos apreendidos para o exercício projetual em Ateliê. É notável que uma parcela significativa dos alunos julgou como 'ótimo' e 'bom' a aplicação dos conhecimentos adquiridos no processo de elaboração do projeto do Centro Cultural (Figura 17). Contudo, os pontos de crítica expressos pelos alunos que avaliaram o desempenho como 'regular' e 'péssimo' abrangem novamente a escassez de tempo disponível para aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da disciplina no projeto do Centro Cultural.

Figura 17: Gráfico da aplicabilidade dos conhecimentos apreendidos para o exercício projetual em Ateliê



Fonte: Os autores

CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar o potencial de aplicação de ferramentas de RV e simulações imersivas no processo de concepção e desenvolvimento de propostas arquitetônicas no contexto educacional. As atividades desenvolvidas permitiram a coleta de dados em conjunto com potenciais usuários, cujas análises das considerações levantadas contribuíram significativamente para o desenvolvimento do projeto de um Centro Cultural, de Lazer e Esporte na disciplina de Ateliê.

Em uma análise inicial, os resultados indicaram que os entrevistados foram capazes de identificar os ambientes e materiais utilizados no projeto, bem como se locomover

pelo espaço utilizando as setas indicativas. A metodologia aplicada de circulação no ambiente imersivo e subsequente avaliação permitiu uma análise mais aprofundada e contextualizada das preferências dos usuários, simulando condições reais de visualização dos projetos.

Também foi possível aferir que as simulações contribuíram significativamente para a discussão de diversos aspectos de projeto, incluindo questões de leiaute, circulação, dimensionamento e iluminação. As respostas obtidas nas análises dos ambientes também ofereceram insights valiosos que podem resultar em diretrizes projetuais e garantir que os projetos finais atendam de maneira mais eficaz às demandas e expectativas dos usuários.

A avaliação multicritério permitiu uma análise mais detalhada dos pontos fortes e fracos de cada projeto, oferecendo uma visão holística que pode guiar melhorias específicas em cada ambiente. A possibilidade de integrar características distintas de diferentes projetos viabiliza a criação de um modelo híbrido que maximize os benefícios percebidos pelos usuários, contribuindo para um ambiente mais funcional e adaptável. Essa abordagem flexível no processo de projeto assume relevância significativa para a prática pedagógica dos estudantes, viabilizando a exploração das potencialidades projetuais mediante a incorporação de uma nova ferramenta de representação.

Por fim, os alunos expressaram aprovação e destacaram a significativa contribuição deste exercício para o avanço dos projetos em desenvolvimento na disciplina de Ateliê. Segundo suas considerações, o exercício promoveu uma reflexão mais abrangente sobre a perspectiva do usuário dos espaços concebidos, mitigando assim a tendência de limitação das avaliações dos projetos ao escopo acadêmico tradicional.

Estudos futuros poderiam explorar as metodologias imersivas para novas aplicações no contexto do processo de projeto em colaboração com os discentes, abrangendo o desenvolvimento de novas ferramentas de avaliação e representação, bem como a investigação de novas abordagens pedagógicas que incorporem esses avanços tecnológicos. As dificuldades relatadas também forneceram insights valiosos para melhorias futuras, incluindo ajustes nos óculos e nos ambientes virtuais para aumentar o conforto e a implementação de interfaces de navegação mais intuitivas.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

[1] HOU, N.; NISHINA, D.; SUGITA, S.; JIANG, R.; KINDAICHI, S.; OISHI, H.; SHIMIZU, A. Virtual reality space in architectural design education: Learning effect of scale feeling**. Building and Environment**, Volume 248, p. 1-11, 2024, ISSN 0360-1323. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111060

[2] CHI, H.-Y.; JUAN, Y.-K.; LU, S. Comparing BIM-Based XR and Traditional Design Process from Three Perspectives: Aesthetics, Gaze Tracking, and Perceived Usefulness. **Buildings**, Volume 12, p. 1-15, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12101728

[3] POTSELUYKO, L.; RAHIMIN, F. P.; DAWOOD, N.; ELGHAISH, F.; HAJIRASOULI, A. Game-like interactive environment using BIM-based virtual reality for the timber frame self-build housing sector. **Automation in Construction**, Volume 142, p. 1-18, 2022, ISSN 0926-5805. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104496

[4] HAJIRASOULI, A.; BANIHASHEMI, S.; DROGEMULLER, R. FAZELI, A.; MOHANDES, S. R. Augmented reality in design and construction: thematic analysis and conceptual frameworks. **Construction Innovation**, Volume 22, p. 412-443, 2022. DOI: https://doi.org/10.1108/CI-01-2022-0007

[5] MAZHAR, A. A.; AL RIFAEE; M.M. A systematic review of the use of virtual reality in education. In: **2023 International Conference on Information Technology (ICIT)**, Amman, Jordan, p. 422–427, 2023. DOI: 10.1109/ICIT58056.2023.10225794

[6] TAN, Y.; XU, W.; LI, S.; CHEN, K. Augmented and Virtual Reality (AR/VR) for Education and Training in the AEC Industry: A Systematic Review of Research and Applications. **Buildings**, Volume 12, p. 1-25, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12101529

[7] KWAK, E. Impact of the digital design process in an architectural engineering technology program: Integration of advanced digital tools (work in progress). In: **2023 ASEE Annual Conference & Exposition**, Baltimore, Maryland, p. 1-12, 2023. DOI: https://doi.org/10.18260/1-2--43497

[8] GEBCZYNSKA-JANOWICZ, A. Virtual reality technology in architectural education. **World Transactions on Engineering and Technology Education**, Volume 18, p. 24-28, ISSN: 1446-2257, 2020.

[9] SHIMOKAWA, Y.; KOBAYASHI, R. Practice of architectural education DX using virtual space: Real-scale observation and discussion of architectural. **KIT progress 31**, p. 64–73, 2023.

[10] AHMAD, K.B.; HUSSAIN, H.A.; MOSTAFA, Z.A. The application of virtual reality technology in architectural pedagogy for building constructions. **Alexandria Engineering Journal**, Volume 58, p. 713–723, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.06.002

[11] WANG, P.; PENG, WU, P.; WANG, J. CHI, H.-L.; WANG, X. A Critical Review of the Use of Virtual Reality in Construction Engineering Education and Training. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Volume 15, p. 1-18, 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph15061204