SBQP 2023
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Sustentabilidade e Responsabilidade Social no Projeto. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PROGRAU) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). De 16 a 18 de Novembro, Pelotas, RS, Brasil.

AVALIAÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL IMERSIVO A PARTIR DE UMA MODELAGEM BIM: Potenciais para o desenvolvimento de projetos colaborativos[1]

MANDOLA, Juliana Bambini (1); MESIANO, Allan Jhonathan (2); IMAI, César (3)

(1) Universidade Estadual de Londrina, juliana.bambini@gmail.com

(2) Universidade Estadual de Londrina, allan.jmesiano@uel.br

(3) Universidade Estadual de Londrina, c.imai@uel.br

RESUMO

As ferramentas digitais trazem novas abordagens na resolução dos problemas de projeto em relação aos procedimentos tradicionais. A velocidade do surgimento de ferramentas e processos podem demandar uma constante atualização dos processos de projeto. A utilização de instrumentos como o Building Information Modeling (BIM) e a Realidade Virtual (RV) vem ganhando destaque na discussão do projeto, sendo uma das vertentes que pode ser mais explorada nesses processos. Entretanto, faltam pesquisas que explorem como estas ferramentas podem fomentar a discussão projetual entre os agentes envolvidos e permitir a realização de alterações em tempo real em um processo colaborativo. O objetivo deste artigo é verificar o potencial de ferramentas de interação disponíveis em um programa que permite a realização de atividades no ambiente virtual imersivo a partir de uma modelagem BIM. Um estudo piloto foi realizado com três arquitetos que possuem ampla experiência em escritórios de projeto de Arquitetura, para discutir as potencialidades e as limitações deste processo. Foram desenvolvidas simulações e aplicado um protocolo de entrevistas. Dessa forma, buscou-se identificar como pode ocorrer a sua aplicabilidade em um processo colaborativo envolvendo arquitetos, projetistas de outras especialidades e os usuários/clientes. Os resultados indicam um bom potencial para o uso das ferramentas em diversos aspectos do processo de projeto.

Palavras-chave: *BIM. Realidade Virtual. Ambientes Virtuais Imersivos. Processo de projeto.*

ABSTRACT

Digital tools bring new approaches to problem-solving in design compared to traditional procedures. The speed at which tools and processes emerge may require a constant updating of design processes. The use of instruments such as Building Information Modeling (BIM) and Virtual Reality (VR) has gained emphasis in design discussions, being one of the aspects that can be further explored in these processes. However, research exploring how these tools can

[1]MANDOLA, Juliana Bambini; MESIANO, Allan Jhonathan; IMAI, César. AVALIAÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL IMERSIVO A PARTIR DE UMA MODELAGEM BIM: Potenciais para o desenvolvimento de projetos colaborativos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2023, Pelotas. **Anais**... Pelotas: PROGRAU/UFPEL, 2023. p. 01-11. DOI https: //doi.org./ 10.46421/sbqp.v3i.4009

foster design discussions among involved agents and enable real-time modifications in a collaborative process is lacking. The objective of this article is to assess the potential of interactive tools available in a program that allows activities in the immersive virtual environment based on BIM modeling. A pilot study was conducted with three architects who have extensive experience in architectural design offices to discuss the potentialities and limitations of this process. Simulations were developed and an interview protocol was applied. The aim was to identify how its applicability can occur in a collaborative process involving architects, designers from other specialties, and users/clients. The results indicate good potential for the use of these tools in various aspects of the design process.

***Keywords**: BIM. Virtual Reality. Immersive Virtual Environments. Design Process.*

1 INTRODUÇÃO

Os processos de projetos arquitetônicos estão sendo discutidos há várias décadas (LAWSON, 2011), onde os desafios tornam-se cada vez mais complexos e exigem novas abordagens, não só multidisciplinares, mas também interdisciplinares (BARROS, 2021). Os instrumentos de desenvolvimento do projeto não abordam apenas a especialidade da Arquitetura e demandam uma compreensão ampla de todos os componentes que envolvem o edifício, gerando cada vez mais desafios para os profissionais. Os métodos e tecnologias convencionais não conseguem responder às crescentes exigências desta indústria, sendo que um dos desafios do processo de projeto está em fornecer meios de representação que facilitem a compreensão e a comunicação de todas as partes interessadas envolvidas (POTSELUYKO et al, 2022; SATEEI; ROUPÉ; JOHANSSON, 2022). Sendo assim, torna-se cada vez mais importante a comunicação interna da equipe de projeto e externa com os demais participantes, tais como os usuários.

Estudos focados em métodos e instrumentos estruturados para a colaboração mútua parece ser uma abordagem interessante para promover a discussão dos problemas complexos identificados, uma vez que facilita o trabalho dos profissionais envolvidos e melhora a comunicação entre os agentes do processo (BRAVO; BOHEMIA, 2019). O uso de ferramentas virtuais imersivas baseadas na tecnologia do Building Information Modelling (BIM) e da Realidade Virtual (RV) podem ser um importante instrumento nos ambientes colaborativos para a discussão do projeto em Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Os modelos BIM podem possuir uma grande quantidade de informação, demandando aprimoramentos tanto nos processos de modelagem quanto na coordenação e compatibilização de projetos, tendo como característica principal o intercâmbio de informações com intuito de melhorar a tomada de decisão pelos projetistas em fases preliminares de projeto (BARROS; LIBRELOTTO; MEDINA, 2020). Bignoto (2019) ainda afirma que o sistema BIM é um grande banco de dados, pois ele não só mostra a geometria da construção em 3D, mas também especifica todos os seus pontos e oferece muito mais informações que modelos CAD. O desenvolvimento BIM faz com que se experimente mais, reduz grandemente os conflitos e erros, além de agilizar o trabalho, quantificar e prever os aspectos dentro das esferas de projeto. Desta forma, a partir da adoção do processo de projeto baseado em BIM, um novo paradigma de projeto tem sido concebido, apresentando um cenário favorável para o avanço de práticas de projeto colaborativo e integrado (BIGNOTO, 2019).

Entretanto, ainda existem dúvidas sobre como e de que forma essas ferramentas apoiam a comunicação técnica e a tomada de decisões dos agentes do processo (ASTANEH ASL; DOSSICK, 2022). Atualmente, existe uma falta de compreensão crítica

sobre o desenvolvimento teórico e técnico de ambientes virtuais imersivos para apoiar a colaboração no projeto arquitetônico (YU et al, 2022). Embora estas tecnologias ofereçam um grande potencial para integrar os processos de todo o ciclo de vida de um ativo construído, há uma falha inerente na estrutura desta tecnologia de modelagem, onde a complexidade dos fluxos de trabalho e processos técnicos limita ainda mais a possibilidade de envolvimento com clientes, proprietários e outros profissionais nos processos de tomada de decisão (POTSELUYKO et al, 2022).

Pesquisas recentes (GUO; WANG; WANG, 2023; BUHAMMOOD et al, 2020; GEGANA, 2019) já apresentam estudos com foco na viabilização da integração entre BIM e ambientes virtuais imersivos, onde se torna possível inserir os modelos realizados em BIM dentro dos softwares sem a perda dos dados e informações importantes dos projetos. Porém, de acordo com Buhammood et al (2020), os recursos de visualização dos modelos BIM não estão sendo totalmente explorados, em parte devido à sua capacidade interativa limitada. Guo, Wang e Wang (2023) ainda afirmam que a sincronização do BIM em conjunto com a RV é uma tecnologia que está apenas no começo de sua aplicação, podendo apresentar grandes contribuições no futuro ao utilizá-las na criação de novos espaços virtuais para discussão do projeto.

Uma outra característica presente nas atuais pesquisas da área é a falta de dados projetuais e técnicos na elaboração e viabilização dos ambientes imersivos. De acordo com Buhammood et al (2020), enquanto as simulações imersivas são poderosas em visualização e interações na indústria de jogos, a literatura sugere uma falta de compreensão da aplicabilidade dos mesmos na construção, uma vez que as informações presentes nos programas de elaboração do projeto não conseguem ser transferidas para estes ambientes virtuais criados.

Devido à carência de pesquisas que explorem como estas ferramentas podem fomentar a discussão do projeto, torna-se necessário a realização de novos estudos que permitam a investigação de interações realizadas em tempo real, assim como compreender a sua aplicabilidade em conjunto com os diversos agentes do projeto, sendo eles arquitetos, projetistas de outras especialidades e os usuários/clientes. A partir de pesquisas anteriores realizadas, acredita-se que a utilização da RV, empregada em conjunto com o BIM, pode ser uma ferramenta promissora, se explorada e aplicada adequadamente.

Propõe-se, nesta pesquisa, explorar as ferramentas de interação disponíveis em um programa que permite a realização de atividades no ambiente virtual imersivo a partir de uma modelagem BIM, podendo colaborar na discussão e desenvolvimento do projeto. Esta pesquisa tem o potencial de auxiliar a comunicação entre os agentes nos processos de projeto arquitetônicos, assim como permitir que a troca de informações seja mais clara e objetiva.

Essa pesquisa encontra-se aprovada na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP e no Comitê de Ética em Pesquisa sob o Parecer 4.693.775, emitido no dia 05 de maio de 2021.

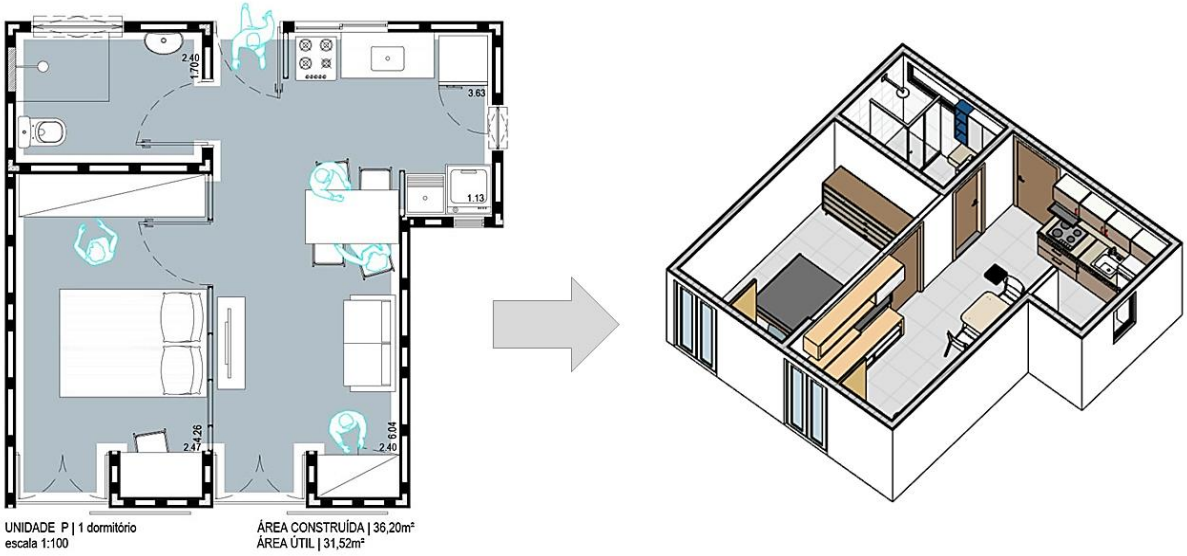
2 METODOLOGIA

Um estudo piloto, de caráter exploratório, foi realizado para verificar a usabilidade e eficácia da ferramenta proposta, assim como identificar potencialidades e limitações ao ser inserida na discussão do projeto. Importante ressaltar que nesta etapa da pesquisa, o estudo piloto não visa respostas definitivas, mas sim identificar as falhas, explorar os potenciais e aperfeiçoar o processo para futuras etapas.

Para a realização do estudo piloto, foi desenvolvido uma simulação virtual imersiva a partir de um protocolo pré-estabelecido, o qual consiste na simulação virtual aplicada em conjunto com uma entrevista semiestruturada.

Para o desenvolvimento da simulação, definiu-se um projeto base para ser reproduzido no ambiente virtual. O projeto escolhido foi um dos ganhadores do concurso realizado pelo Instituto de Arquitetos do BRASIL do Distrito Federal (IAB-DF), que tinha como objetivo a realização de uma Habitação de Interesse Social com aplicações de conceitos de sustentabilidade, eficiência energética e processos construtivos industrializáveis e/ou reaplicáveis, adaptáveis às diferentes Zonas Bioclimáticas do Brasil[2]. O arquiteto responsável disponibilizou e autorizou o uso das plantas e desenhos para que o ambiente fosse representado no ambiente virtual. A habitação é constituída por uma cozinha/lavanderia, uma sala, um banheiro e um quarto. A partir dos desenhos disponibilizados, os ambientes foram modelados no programa Autodesk Revit de acordo com o layout proposto no projeto (Figura 1).

Figura 1 – Planta baixa do projeto e modelagem 3D no programa Autodesk Revit



Fonte: Cedido pelos autores do projeto (2023), adaptado pelos autores (2023)

Uma vez realizada a modelagem 3D, o arquivo foi exportado em formato .ifc e inserido no programa BIMXplorer[3], o qual pode ser considerado como um visualizador em tempo real rápido e fácil de usar, projetado especificamente para lidar com modelos feitos em BIM. Este programa foi escolhido por oferecer diferentes ferramentas de interação e permitir a realização gratuita de testes. Ainda que seja apenas um programa a ser utilizado, as possibilidades exploradas contemplam atividades comuns ao processo projetual tradicional e trazem importante reflexão sobre uma diferente forma de avaliar o projeto em RV, ainda que limitada pelo uso do software específico.

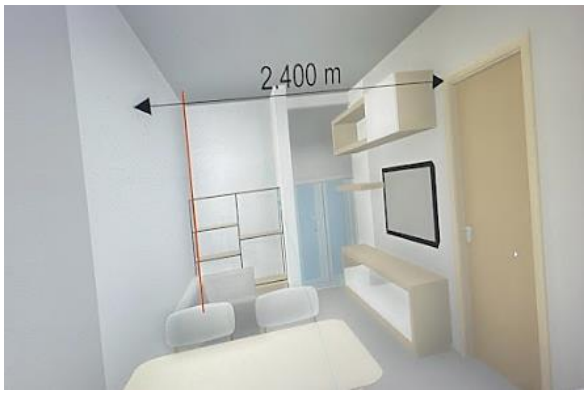
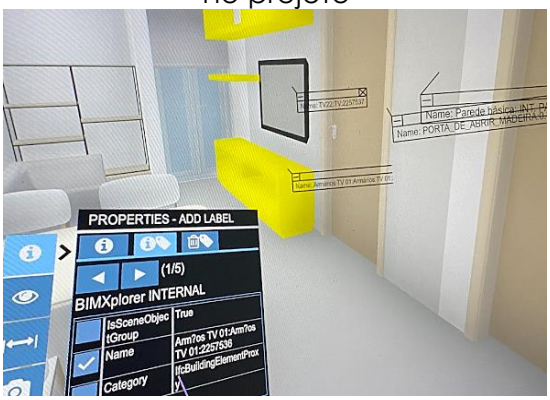
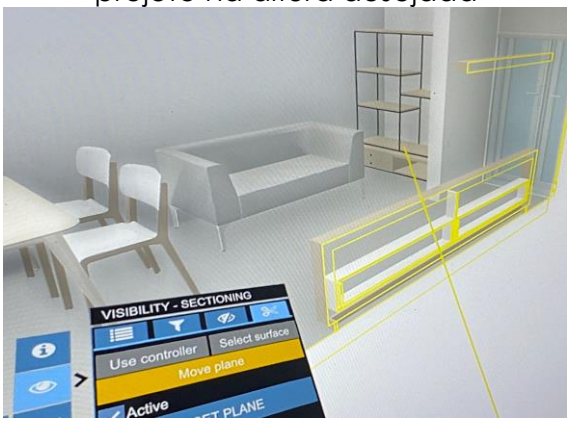
O programa BIMXplorer apresenta seis ferramentas que possibilitam realizar interações e alterações no projeto existente, as quais estão descritas no quadro a

[2] Acesso aos ganhadores do concurso: https://concursosdeprojeto.org/2021/06/19/premiados-habitacao-de-interesse-sustentavel/

[3] Fonte: https://www.bimxplorer.com/

seguir (Quadro 1).

Quadro 1 – Descrição das ferramentas

Medições do projeto Descrição: A ferramenta permite medir o ambiente a partir de pontos de referência 	**Especificações dos objetos** Descrição: A ferramenta permite visualizar as especificações dos objetos no projeto 
Esconder/exibir objetos Descrição: A ferramenta permite esconder e exibir qualquer objeto (paredes, móveis,...) do projeto 	**Seções no desenho** Descrição: A ferramenta permite realizar seções verticais e horizontais do projeto na altura desejada 
Anotações com marcações 3D Descrição: A ferramenta permite realizar diversas anotações a partir de uma marcação 3D livre 	**Capturas de tela** Descrição: A ferramenta permite registrar capturas de tela do projeto, incluindo as alterações realizadas 

Fonte: Autores (2023)

Desta forma, a partir da modelagem 3D da residência em conjunto com o Oculus Quest, foi possível entrar no ambiente virtual (Figura 2).

Figura 2 – Ambiente virtual a partir do uso dos Oculus Quest



Fonte: http://www.oculus.com/quest (2020), autores (2023)

Por se tratar de uma pesquisa exploratória das interações no ambiente virtual, com base de discussão qualitativa, foram escolhidos apenas três arquitetos para validar os potencias da ferramenta, considerando a ampla atuação destes na área do projeto de Arquitetura e Urbanismo para o estudo piloto desta pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos foram analisados buscando identificar como os participantes identificam aspectos de projeto e interagem no ambiente simulado através da percepção do espaço e usabilidade da ferramenta. Os arquitetos respondentes serão identificados como participantes A, B e C.

As perguntas iniciais tinham como objetivo identificar o perfil dos participantes. Quando questionado sobre o tempo em que o participante atua na profissão, as respostas variaram entre 38 e 41 anos, tanto na prática de projeto em escritório de arquitetura, quanto na docência. Após o primeiro contato, iniciou-se a simulação dentro do ambiente virtual imersivo para análise das questões pré-estabelecidas.

Avaliação Geral do Projeto

A simulação teve início em uma primeira avaliação geral do projeto no ambiente virtual. Inicialmente, foi solicitado que o participante explorasse livremente os cômodos da habitação. Todos os participantes conseguiram identificar quais eram os ambientes em que estavam inseridos, assim como identificar quais eram os materiais utilizados nas paredes, pisos, móveis e objetos.

Posteriormente, foram questionados aspectos relacionados ao projeto, como espaço

de circulação, disposição do mobiliário, dimensões dos ambientes e iluminação. Analisando os ambientes do projeto da habitação, de uma forma geral, os participantes avaliaram o projeto com resultados positivos entre "Ótimo" e "Bom" para todos os aspectos.

Testes das Ferramentas de Interação

A segunda etapa caracteriza-se pela realização dos testes com as seis ferramentas de interação no ambiente virtual. Após as atividades de interação no ambiente simulado, os participantes foram questionados sobre o nível de utilidade das ferramentas e qual o potencial de aplicação entre diferentes participantes, tais como projetistas, especialistas em outras áreas ou usuários/clientes (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Respostas à pergunta "A ferramenta é útil para ser discutida com quem?"



Fonte: Autores (2023)

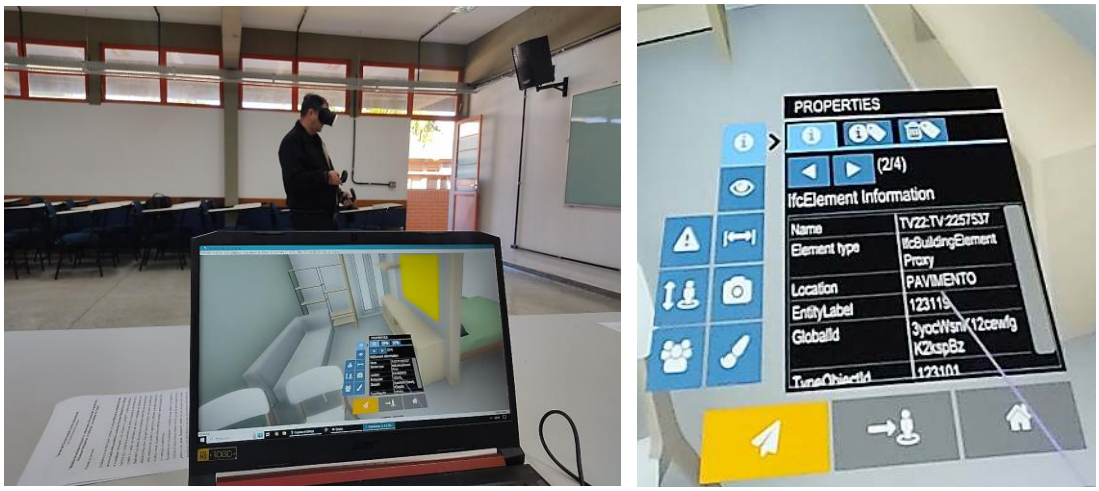
Com relação à primeira ferramenta "Medir os ambientes", todos os participantes a consideraram "Muito útil", assim como destacaram ser uma ferramenta que pode ser utilizada com projetistas, especialistas de outras áreas e usuários/clientes. O participante A comentou que esta ferramenta permite a validação do projeto, sendo uma ferramenta que pode ser principalmente utilizada com os clientes. O participante B ainda ressaltou que esta ferramenta facilita a comunicação com empreiteiros nas diversas fases do projeto.

Outra ferramenta unanimemente avaliada como "Muito Útil" foi a "Realizar cortes no desenho". O arquiteto A e B consideraram-na importante para todos, pois com os cortes é possível visualizar todos os componentes do edifício, facilitando inclusive na especificação de materiais e nos detalhes do projeto. Entretanto, o arquiteto C constatou ser mais importante para os projetistas e especialistas de outras áreas, visto que esta ferramenta permite analisar tecnicamente o projeto e possivelmente encontrar problemas.

Apesar de todos os participantes terem avaliado a ferramenta "Mostrar especificações dos objetos" como "Muito útil", as justificativas foram diferentes. Os participantes B e C reforçaram a importância do uso em conjunto com os clientes/usuários por facilitar a visualização dos materiais e revestimentos. Entretanto, o participante A ressaltou ser uma ferramenta mais avançada e mais difícil de entender, o que a torna indiferente para ser aplicada com usuários e mais útil para

orçamentos e níveis altos de discussão do projeto. É possível visualizar na Figura 3 as especificações analisadas pelo participante A, o qual ressaltou que os códigos utilizados nos objetos podem comprometer o entendimento do projeto.

Figura 3 – Especificações analisadas pelo Participante A

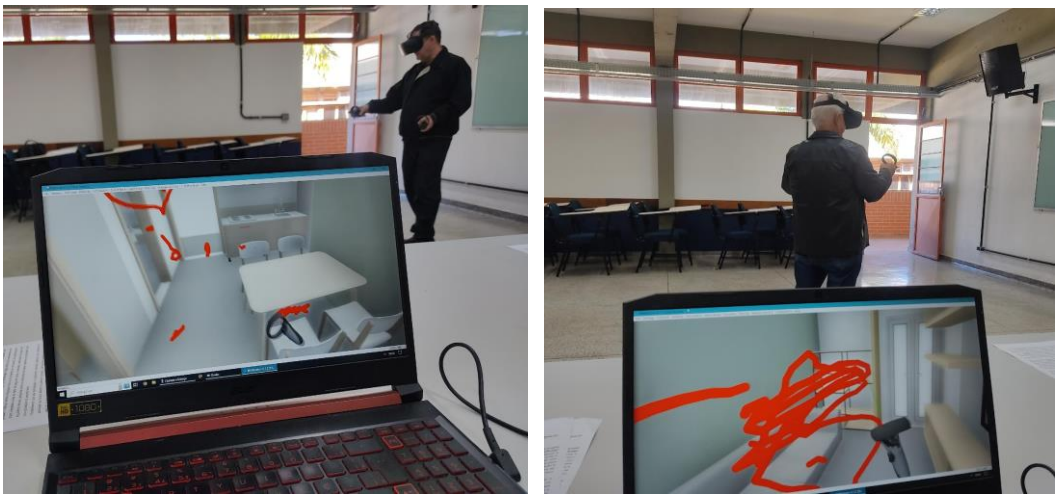


Fonte: Autores (2023)

A ferramenta "Esconder/exibir objetos" causou unanimidade nas respostas. Todos os arquitetos a consideraram "Muito útil", entretanto, apontaram apenas os usuários/clientes como possíveis utilizadores desta ferramenta, visto que o cliente pode se sentir fazendo parte do processo de projeto, opinando sobre disposição, leiaute ou circulação. O arquiteto B ainda apontou uma menor utilidade para os projetistas, pois os mesmos já possuem maior entendimento sobre os aspectos do projeto. Apesar dos apontamentos, os participantes concluíram ser uma ferramenta muito objetiva, a qual ajuda a entender e sentir o espaço, além de ampliações, reduções e flexibilidade espacial.

A quinta ferramenta "Anotações com marcações 3D" foi outra que apontou maiores controvérsias. O arquiteto A considerou-a "Inútil", pois como as anotações ficam "no ar", acabam confundindo o entendimento em relação ao espaço e não permitem selecionar um objeto em específico para realizar as anotações. Já o arquiteto C considerou-a "Útil" para todos os envolvidos, uma vez que a ferramenta permite apontar com mais precisão questões específicas do projeto, principalmente com os usuários. Por fim, o arquiteto B a considerou "Muito Útil" com todas as pessoas envolvidas por ser objetiva e facilitar o entendimento. É possível visualizar os testes realizados nas figuras abaixo (Figura 4 e 5).

Figuras 4 e 5 – Anotações realizadas pelos participantes A e B



Fonte: Autores (2023)

Por fim, a ferramenta "Realizar capturas de tela" foi apontada como "Muito útil" pelos arquitetos A e B, onde o primeiro disse que remonta à uma releitura tradicional de se enxergar o projeto 3D, entretanto, imerso na Realidade Virtual, sendo interessante para identificar e demarcar partes para serem analisadas futuramente. O arquiteto B acredita que essa ferramenta é muito importante para todos, pois o fato de fotografar e registrar os espaços 3D facilita discussões e pode ser mais fácil de mostrar algum elemento específico no projeto. O arquiteto C considerou a ferramenta como "Útil", destacando que mesmo que você percorra o ambiente virtualmente, você pode registrar os espaços, imprimi-los e continuar a discussão posteriormente. De fato, todos os projetistas consideraram esse hibridismo uma boa ferramenta que mescla a RV e o já conhecido 3D para discutir o projeto em etapas futuras.

Questões Finais

Após os testes com as ferramentas de interação, foram realizadas questões gerais que visavam analisar a usabilidade dos óculos e dos controles, assim como a utilização do menu interativo durante a simulação.

De uma forma geral, a avaliação da simulação foi positiva, onde os arquitetos consideraram ter sido "Muito fácil" e "Fácil" a utilização dos óculos e dos controles durante o processo. Apesar de alguns arquitetos comentarem sobre uma dificuldade inicial no uso do menu, após uma primeira experiência na realização das interações, eles avaliaram como fácil e intuitivo dar continuidade às tarefas.

Quando questionados se os participantes tinham algum comentário, sugestão ou crítica sobre a simulação, todos reagiram positivamente sobre a experiência. Elogios como "muito interessante" e "espetáculo" fizeram parte de suas considerações, mas complementaram com sugestões para futuras simulações, como a inserção de novas discussões do projeto e análise dos sistemas estruturais durante a colaboração entre equipes.

4 CONCLUSÕES

O objetivo desta pesquisa foi verificar o potencial das ferramentas de interação em um ambiente virtual imersivo a partir de uma modelagem BIM. O estudo piloto foi necessário para a coleta de informações dos três arquitetos participantes, os quais permitiram identificar a utilidade e aplicabilidade das ferramentas envolvendo arquitetos, projetistas de outras especialidades e os usuários/clientes.

De uma forma geral, a simulação teve boa receptividade por todos os participantes, onde eles foram capazes não só de identificar e avaliar características da habitação, como também realizar as interações e modificações em tempo real no projeto apresentado. As ferramentas de interação com maior destaque foram "Medir os ambientes" e "Realizar capturas de tela", tendo sido avaliadas para aplicar com todos os agentes do processo de projeto.

A análise dos resultados obtidos revelou potenciais aspectos que poderão ser abordados futuramente em desdobramentos da pesquisa. Uma questão a ser investigada é a possível diferença de atuação da profissão de cada arquiteto, uma vez que a inserção em diferentes contextos e processos de projeto, como por exemplo os tamanhos das equipes, as tipologias dos projetos realizados e os clientes atendidos por cada arquiteto/equipe pode impactar o uso e a importância de cada procedimento.

Algumas das ferramentas utilizadas podem ser desenvolvidas e ajustadas para melhorar a interação com a simulação e a qualidade das informações coletadas:

- Inserir novas ferramentas de interação, como: trocas de cores e materiais nos móveis, paredes e pisos, análises de orientação solar e iluminação;
- Utilizar texturas mais realistas no ambiente virtual, uma vez que a falta de realismo pode apresentar uma limitação na compreensão do projeto;
- Possibilitar a análise de sistemas estruturais em etapas futuras, possivelmente com o uso da ferramenta "Realizar cortes no desenho", para auxiliar na identificação de problemas de compatibilização de projetos;
- Realizar ajustes na ferramenta "Anotações em marcação 3D" para que as anotações não fiquem 'voando' no ambiente virtual.

Esta pesquisa encontra-se nas etapas iniciais da exploração do uso do BIM em conjunto com a RV, onde futuramente pretende-se aprofundar na aplicação das ferramentas exploradas, assim como buscar novas ferramentas que possam colaborar na comunicação do processo de projeto e ampliar a base de levantamentos com projetistas para validar os procedimentos e usuários para testar a aplicabilidade em diferentes grupos de forma mais quantitativa.

REFERÊNCIAS

ASTANEH ASL, B.; DOSSICK, C.S. **Immersive VR versus BIM for AEC Team Collaboration in Remote 3D Coordination Processes.** Buildings 2022, 12, 1548. https://doi.org/ 10.3390/buildings12101548

BARROS, G. G. **Desafios para Abordagens Baseadas em Projeto: Projetistas como facilitadores no projeto participativo.** In: Divergências e Convergências: Arquitetura, Urbanismo e Design, p 150-159, 2021.

BARROS, R. A. M L.; LIBRELOTTO, L.; MEDINA, F. **Modelo BIM integrado gerindo o fluxo de informações no processo de projeto.** PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção. 11. e020010. 10.20396/parc.v11i0.8653830. 2020.

BRAVO, Ú.; BOHEMIA, E. **Roles of Design Processes Models as Didactic Materials.** Conference Proceedings of the Academy for Design Innovation Management, v. 2, n. 1, 30 out. 2019.

BIGNOTO, C. C. A **Realidade Virtual no Plano de Implementação BIM.** Trabalho de Conclusão de Curso - Especialização em Sustentabilidade e Gestão do Ambiente Construído em Engenharia de Materiais e Construção - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

BUHAMMOOD, A. H.; ABANDA, H.; GARSTECKI, P.; MANJIA, M. B; PETTANG, C.; & ABDULLAHI, A. M. **Coupling BIM and Game Engine Technologies for Construction Knowledge Enhancement.** International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations (IJGCMS), 12(4), 38-63, 2020.

GEGANA, G.; THIODORE, J.; GUNAWAN, F. **Study of Lighting and Material Iterations in Full Scale Model Using Virtual Reality and Interactive Architectural Representation.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 238. 2019.

GUO, S.; WANG, J.; WANG, Y. **BIM + VR Based Synchronization and Interactive Technology in Interior Design.** In: CTMCD 2022, ACSR 99, pp. 855–862, 2023. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-046-6_97

LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

POTSELUYKO, L.; RAHIMIAN, 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.** In: Automation in Construction, Volume 142, 2022, 104496, ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104496.

SATEEI, S.; ROUPÉ, M.; JOHANSSON, M. **Collaborative Design Review Sessions in Virtual Reality: Multi-scale and multi-user.** In: Proceedings of the 27th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), Volume 1, 29-38, 2022.

YU, R.; GU, N.; LEE, G.; KHAN, A. **A Systematic Review of Architectural Design Collaboration in Immersive Virtual Environments.** Designs 2022, 6, 93. https://doi.org/ 10.3390/designs6050093