

## REALIDADE VIRTUAL VERSUS REALIDADE FÍSICA NA EXPERIÊNCIA ARQUITETÔNICA DO USUÁRIO: UMA REVISÃO

### *VIRTUAL REALITY VERSUS PHYSICAL REALITY IN ARCHITECTURAL USER EXPERIENCE: A REVIEW*

Isabela Guesser Schmitt<sup>1</sup>

Isabella Cubas da Silva Cruz<sup>2</sup>

Nathalia Borsatto D'Agostin<sup>3</sup>

Vanessa Casarin<sup>4</sup>

#### Resumo

No que se refere a experiência do usuário, no campo do Design, dada a escala dos objetos, é possível produzir protótipos de produtos para uma avaliação prévia dos usuários antes de irem ao mercado. Na Arquitetura, isso dificilmente é possível, e os modelos apresentados aos usuários em potencial têm cada vez mais se apresentado de modo virtual, no que se convencionou chamar “metaverso”. Neste sentido, este estudo busca investigar em que medida a realidade virtual (RV) consegue representar o objeto (edifício) na experiência arquitetônica do usuário, através de uma Revisão Sistemática de Literatura. Os resultados indicam que a RV é geralmente vista de maneira positiva pelos usuários, proporcionando boa sensação de imersão e uma melhor compreensão dos espaços arquitetônicos. Porém, foram identificadas limitações nos estudos, relacionadas à motivação do usuário em relação ao software/tecnologia e pelas limitações do software/tecnologia em si. Em síntese, a RV desempenha um importante papel na experiência do usuário, principalmente em contextos de visualização, validação e pré-ocupação, mas ainda carece de maiores avanços em termos de experiências multissensoriais, para além da percepção visual.

**Palavras-chave:** realidade virtual; experiência do usuário; experiência arquitetônica.

#### Abstract

In terms of user experience in the field of Design, it is possible to produce prototypes of products for preliminary evaluation before commercializing it. In Architecture, this is not always possible, and the models presented to potential users are increasingly being presented virtually, in what has been conventionally called the “metaverse”. In this sense, this study seeks to investigate to what extent virtual reality (VR) can represent the object (building) in the architectural experience of the user, through a Systematic Literature Review. The results indicate that VR is generally viewed positively by users, providing a good sense of immersion and a better understanding of architectural spaces. However, limitations in the studies were

---

<sup>1</sup> Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, isagschmitt@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5732-0924.

<sup>2</sup> Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, iicubas@hotmail.com; ORCID: 0009-0002-1330-7223.

<sup>3</sup> Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, nathaliadagostin@gmail.com; ORCID: 0009-0005-6922-0217.

<sup>4</sup> Professora Doutora, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, vanessa.casarin@ufsc.br; ORCID: 0000-0002-4447-7869.

identified, related to the motivation of user in relation to the software/technology and the limitations of the software/technology itself. In summary, VR plays an important role in the user experience, especially in contexts of visualization, validation, and pre-occupation, but it still lacks greater advances in terms of multisensory experiences, beyond visual perception.

**Keywords:** virtual reality; user experience; architectural experience.

## 1. Introdução

No que se refere a experiência do usuário, no campo do Design, dada a escala dos objetos, é possível produzir protótipos de produtos para uma avaliação prévia do usuário antes de irem ao mercado. Na Arquitetura, isto dificilmente é possível, e os modelos apresentados aos usuários em potencial têm cada vez mais se apresentado de modo virtual, e neste contexto, está o que se convencionou chamar “metaverso”, ou seja, um mundo virtual criado digitalmente que permite interações entre uma realidade simulada e usuários.

A experiência do usuário ou UX (*user experience*) é um termo cunhado por Norman (2006) que descrevia inicialmente a experiência dos usuários nas páginas digitais da internet. Na área do Design, esse conceito tem sido integrado nos processos de projeto em que a peça central é a interação entre usuário e produto, sejam eles produtos digitais e/ou protótipos físicos (Garcez et al., 2021).

Na Arquitetura, também temos exemplos de métodos e técnicas que visam integrar o usuário no processo de projeto, no entanto, pouco ainda se tem explorado sobre a avaliação da experiência do usuário quando temos uma escala de análise mais ampla como as edificações e ambientes urbanos.

Nesse sentido, uma das tecnologias e ferramentas digitais emergentes na arquitetura são os ambientes imersivos, proporcionados pela realidade virtual (RV). O uso dessa tecnologia tem resultado em representações de modelos arquitetônicos mais dinâmicos e realistas, onde o usuário é “transportado” para um ambiente no qual ele não está presente fisicamente, mas recebe estímulos sensoriais capazes de criar a sensação de presença real no espaço (Brandão et al., 2018).

Segundo Fox et al. (2018) o uso da RV mais popular atualmente é no campo do entretenimento, principalmente para criação de mundos virtuais em jogos para videogames. Outros campos também têm se apropriado dos recursos da RV, como por exemplo, as simulações e treinamentos de profissionais da indústria, medicina, educação e serviço militar (Fox et al., 2018).

A utilização da RV na arquitetura tem se mostrado promissora nas diversas etapas de desenvolvimento e execução de projetos. Bhonde, Zadeh e Staub-French (2022) apontam que os recursos da RV, combinados com o uso do BIM (*Building Information Modeling*), têm sido empregados na resolução de conflitos de projeto por permitirem interações e simulações dos elementos em tempo real.

É por meio da modelagem e simulação computacional que a RV se desenvolve na arquitetura, produzindo um ambiente tridimensional virtual em que o usuário interage por meio de estímulos sensoriais, principalmente os de percepção visual (Brandão et al., 2018). Esses estímulos, e a experiência do usuário como um todo, podem diferir dependendo do quão imersivo o espaço é apresentado, podendo ser classificados em ambientes de alta imersão e ambientes de desktop de baixa imersão. A principal diferença é que os ambientes altamente

imersivos são percebidos como parte da pessoa, enquanto os ambientes de baixa imersão não estão conectados ao corpo do usuário (Saorin, 2023).

Segundo Bernal et al. (2022, p. 3, tradução nossa), “a presença é a experiência subjetiva (ilusão) de estar em um lugar e está intimamente relacionada à imersão”. Na prática, o grau de imersão impacta diretamente na sensação de “presença”, ou seja, no quanto o usuário “sente” que a RV é real (Fonseca et al., 2021).

Atualmente existe um grande portfólio de tecnologias com diferentes interfaces, dispositivos, sensores e gráficos para geração de ambientes altamente imersivos, um exemplo são os *head-mounted displays* (HMDs), popularmente conhecidos como óculos VR (Bernal et al., 2022).

Outra opção de sistema de virtualização imersiva são as “cavernas digitais” ou CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*), onde o ambiente virtual é projetado nas paredes e no chão, possibilitando ao usuário visualizar e manipular o cenário virtual através de dispositivos de interação como joysticks, óculos, luvas, roupas etc. (Bernal et al., 2022). Em geral, o sistema CAVE requer um espaço físico mais amplo e maior investimento em infraestrutura e equipamentos em comparação aos sistemas HMDs.

Os recursos dos sistemas HMDs e CAVE contribuem na melhoria do grau de imersão, presença e interatividade do usuário, conforme aponta Globa et al. (2022). Ainda segundo os autores, a receptividade do uso da RV na arquitetura está vinculada a três categorias principais: 1) visualização de informações sensoriais, 2) interação de informações sensoriais e 3) manipulação de informações sensoriais.

Uma das formas de se avaliar a aceitação da RV são as pesquisas de experiência do usuário, que tem como intuito capturar as percepções e respostas dos usuários durante o uso de um sistema ou produto (Saorin, 2023). Essas avaliações, de acordo com o questionário padronizado e validado por Tcha-Tokey et al. (2016), são baseadas em 10 componentes principais: presença, engajamento, imersão, fluxo, habilidade, emoção, motivação, usabilidade, adoção de tecnologia, julgamento e consequência da experiência. Ainda sobre a avaliação da experiência do usuário, a literatura aponta que obter a sensação de presença e imersão são os principais desafios ao se projetar ambientes em RV (Saorin, 2023).

Apesar da tecnologia de RV ter avançado nos últimos anos, ainda é um campo de pesquisa a ser explorado, principalmente em termos de aprimoramento da comunicação de projeto, pois ainda há limitações quanto a visualização e interação por parte dos usuários de maneira mais eficaz. Além disso, ressalta-se que faltam análises sobre como os usuários respondem aos espaços e ambientes sensoriais projetados em RV, com foco em aspectos relacionados à percepção, satisfação e/ou expectativas. Nesse contexto, este estudo busca responder, a partir de uma revisão sistemática de literatura, se os recursos tecnológicos da realidade virtual são capazes de representar a realidade física do edifício - nos aspectos espaciais e sensoriais - na experiência arquitetônica do usuário.

## 2. Metodologia

Esta revisão sistemática de literatura (RSL) tem por objetivo responder a seguinte pergunta de pesquisa: “Em que medida a realidade virtual (RV) consegue representar a realidade física do edifício na experiência do usuário em Arquitetura e Urbanismo?”

Para isso, a presente RSL segue as diretrizes de Kitchenham (2004) em suas três fases

principais: planejamento, condução e relato de revisão. Como ferramenta de apoio foi utilizado o *Software State of Art Through Systematic Review* (StArt) versão 3.0.3 beta para os processos de filtragem e extração de conteúdo dos artigos selecionados.

O critério de inclusão adotado para seleção dos artigos foi o de considerar somente estudos primários que abordam a relação entre a realidade virtual e a realidade física do edifício na experiência do usuário, e destes artigos em periódicos e com assinatura institucional. Já como critérios de exclusão foram considerados os seguintes tópicos: a) artigos que tratam exclusivamente de realidade aumentada ou mista, b) artigos que não realizaram testes com usuários e c) artigos que comparam somente a relação entre realidade virtual e representação bidimensional (2D).

Torna-se importante pontuar que alguns artigos que passaram pelos critérios de inclusão não abordam diretamente a comparação entre edificações reais e a realidade virtual das mesmas. Isso ocorreu pelo fato de que esses artigos possuíam como população teste pessoas já habituadas com o meio a ser analisado. Nesse sentido, foi levado em consideração a memória e o conhecimento prévio dos usuários sobre o ambiente a ser analisado e, por esse motivo, foram considerados elegíveis nos critérios de seleção da RSL.

A busca foi realizada na base de dados *Web of Science*, no mês de setembro de 2023, a partir da seguinte *string* de busca: (“*user experience*” OR “*experience*”) AND (“*architectural design*” OR “*architecture*” OR “*architectural model*”) AND (“*virtual environment*” OR “*virtual reality*” OR “*virtual model*”) AND (“*prototype*” OR “*interaction*” OR “*usability*”). Ressalta-se que não houve limitação temporal na busca, como também limitação em relação aos sujeitos da pesquisa.

O processo de seleção ocorreu em duas etapas onde, primeiramente, foram analisados os títulos e resumos dos artigos coletados e, posteriormente, a leitura completa dos mesmos. Na primeira filtragem os artigos foram incluídos ou excluídos conforme definição dos critérios de elegibilidade adotados. Após essa etapa, os artigos que passaram pelos critérios de inclusão foram lidos na íntegra para análise completa de seus conteúdos e, na sequência, os artigos selecionados na segunda etapa foram avaliados através de um formulário de extração de dados.

A fim de compilar os dados dos artigos de forma mais completa, o software Microsoft Excel foi utilizado para tabulação de conteúdo. Através desse recurso, foram extraídas informações essenciais para melhor compreensão dos estudos selecionados, tais como: a) ano, b) título do artigo, c) autores, d) revista, e) tipo de RV utilizada, f) população teste, g) ambiente analisado, h) lacuna de pesquisa, i) objetivo, j) metodologia, k) resultados encontrados e l) discussão.

### 3. Resultados e Discussão

A *string* de busca na base de dados *Web of Science* encontrou 114 artigos. Após a leitura completa dos títulos e resumos de cada um dos artigos encontrados, foram aceitos 19 artigos com potencial de inclusão. Na segunda rodada de avaliação, após a leitura dos artigos na íntegra, 5 artigos atenderam a todos os critérios de inclusão. Na figura 1 é apresentado o fluxograma das etapas da RSL.

Figura 1: Fluxograma das etapas da RSL.



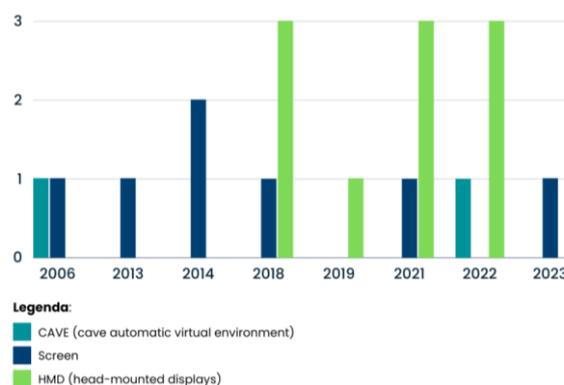
Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Os artigos não incluídos, numa análise geral, tratam de estudos que abordam, principalmente: (1) a experiência do usuário em jogos virtuais e aplicativos, (2) a utilização da RV como recurso educacional, (3) para treinamentos e simulações em áreas como a da saúde (cirurgias) e engenharias (operacional), (4) aplicação de testes de usabilidade diversos, (5) interações colaborativas remotas e, (6) comparativo entre RV e representação bidimensional (2D). Os artigos enquadrados nos itens 2 e 3 não foram incluídos por tratarem exclusivamente da dinâmica de interação entre usuários, sem considerar a influência do ambiente físico na interação.

Os artigos lidos na íntegra foram avaliados através de um formulário de extração de dados, onde foram coletadas as seguintes informações: nome dos autores e periódico, tipo de RV (CAVE, *screen* ou HMDs), população teste, ambiente analisado, lacuna de pesquisa, objetivo principal, metodologia empregada, resultados encontrados e conclusões.

A Figura 2 a seguir apresenta a relação entre o ano de publicação dos artigos lidos na íntegra (n=19) e o tipo de RV utilizada nos estudos.

Figura 2: Ano de publicação e tipo de RV adotada no estudo.

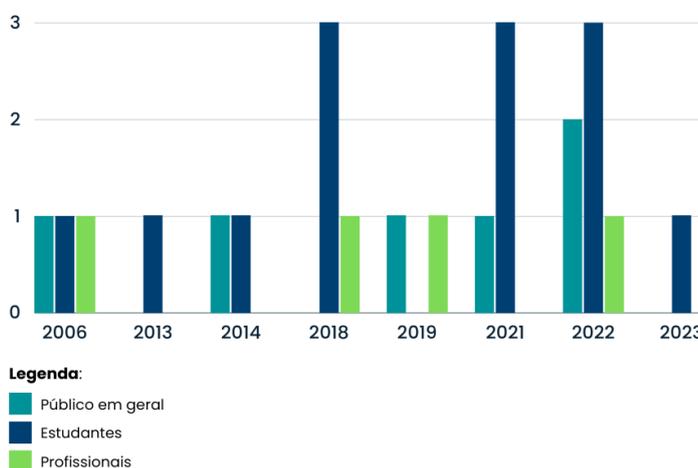


Fonte: Elaborado pelas Autoras.

A partir da Figura 2 é possível observar uma crescente no número de publicações que tratam da relação entre o uso da RV e a experiência arquitetônica do usuário, bem como uma tendência pela utilização de equipamentos que proporcionam ambientes altamente imersivos (HMDs e CAVE).

A Figura 3 compila os principais grupos de população teste envolvidos nos artigos lidos na íntegra (n=19). Retrata as características principais da amostra de participantes dos artigos, categorizados em: público em geral, estudantes e profissionais das áreas de Arquitetura, Design e Engenharias. No panorama apresentado é possível concluir que são poucos os estudos que envolvem uma amostra mais diversificada e que integrem a percepção de diferentes usuários. E que há uma concentração de estudos que utilizam como população teste estudantes de graduação e pós-graduação das áreas de Arquitetura, Design e Engenharias.

**Figura 3: Ano de publicação e características da amostra.**



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

A Tabela 1 apresenta uma visão geral dos estudos selecionados e sintetiza os principais achados, agrupados por: autores e ano de publicação, objetivo, RV utilizada, população teste, metodologia e principais resultados.

**Tabela 1: Síntese dos artigos selecionados.**

Autores / Ano	Objetivo	Tipo de RV	População teste	Metodologia	Principais resultados
Westerdahl, B. et al. (2006)	Analisar comparativamente e a experiência arquitetônica do usuário em um modelo de RV e no modelo construído da edificação.	CAVE	Público em geral	Oficina e questionário	O modelo de RV foi considerado com alto grau de realidade e útil para tomada de decisão sobre o futuro ambiente interno de trabalho.

Autores / Ano	Objetivo	Tipo de RV	População teste	Metodologia	Principais resultados
Fonseca, D. et al. (2018)	Avaliar a percepção espacial dos usuários em edifícios históricos utilizando a RV.	Screen	Estudantes	Oficina e entrevista	Os resultados mostraram uma falta de usabilidade do sistema, no entanto, os alunos demonstraram compreender melhor as características do museu devido aos conteúdos multimídia (RV de baixa imersão e vídeo-guia).
Bjorn, P. et al. (2021)	Explorar o potencial da RV em práticas projetuais cooperativas em um ambiente de saúde.	HMDs	Público em geral	Oficina e entrevista	Os participantes consideraram o ambiente imersivo útil na avaliação de diferentes layouts e para condução de tarefas cooperativas de trabalho no ambiente simulado (quartos de pacientes).
Bernal, I. F. M. et al. (2022)	Avaliar o uso da RV como ferramenta de formação profissional de técnicos de subestação de energia elétrica.	CAVE	Estudantes e público em geral	Oficina e questionário	Os resultados experimentais mostram que a usabilidade do sistema foi considerada aceitável, gera uma boa sensação de imersão e demonstra ser adequada para treinamentos profissionais.
Bhonde, D.; Zadehm, P.; Staub-French, S. (2022)	Avaliar o potencial da RV no treinamento de profissionais da área de Operação e Manutenção de Edifícios.	HMDs	Público em geral	Oficina e questionário	Os resultados sugerem que não houve diferença significativa no uso de métodos de comunicação de projeto em RV e em modelos tradicionais (desenhos 2D) na fase de Operação e Manutenção de Edifícios.

Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Dos 5 artigos analisados, 4 deles foram publicados nos últimos cinco anos (2018 a 2023), destacando assim a atualidade desse campo de pesquisa. Em relação aos meios de publicação não houve uniformidade de periódicos, pois cada artigo foi divulgado em revistas distintas, estas relacionadas aos campos da Arquitetura, Design, Experiência do Usuário, Ciência da Computação e Engenharias.

Dos artigos selecionados, identifica-se uma predominância na aplicação de oficinas, questionários e entrevistas como estratégia metodológica. Observou-se que em geral, na etapa inicial dos estudos foram realizadas as oficinas, seguida da aplicação dos questionários e a condução das entrevistas para a avaliação da experiência dos usuários.

Com base nas informações da Tabela 1 também é possível identificar que, em termos de estudos com usuários, há dois grupos mais comuns de população teste: estudantes e público em geral. No grupo de estudantes, grande parte dos estudos incluiu estudantes de graduação e pós-graduação nas áreas de Arquitetura, Design e Engenharias, que possuíam ou não experiência prévia em RV.

Por outro lado, no grupo “público geral” não houve consenso em relação à amostra, pois os estudos englobam usuários distintos. Os artigos de Westerdahl et al. (2006), Bjorn et al. (2021), Bernal et al. (2022) e Bhone, Zadeh e Staub-French (2022), envolveram, respectivamente, funcionários de um prédio de escritórios, profissionais da área da saúde, técnicos de subestação de energia e profissionais da área de Operação e Manutenção de Edifícios.

Em relação aos objetivos não foi identificado grande uniformidade entre os estudos, pois os artigos apresentaram focos e direcionamentos distintos. O estudo de Westerdahl et al. (2006), por exemplo, teve como objetivo analisar até que ponto os usuários leigos consideram o modelo de RV adequado para tomada de decisões de um futuro ambiente de trabalho. Na pesquisa os participantes puderam experienciar diferentes propostas de layout de escritórios em RV, e numa etapa posterior, a comparação com a realidade física do edifício construído.

Outro estudo que relaciona o uso da RV para tomada de decisões de projeto é a pesquisa de Bjorn et al. (2021). No artigo tem-se como foco explorar como a interação arquitetônica do usuário em ambientes virtuais pode apoiar práticas cooperativas em ambientes hospitalares. Para isso, foram incluídos como participantes profissionais da área da saúde, que a partir do uso da RV identificaram erros funcionais críticos de projeto que não eram facilmente detectados por meios de outros tipos de representações gráficas de Arquitetura.

Já os artigos de Bernal et al. (2022) e Bhone, Zadeh e Staub-French (2022) exploram o uso da RV como uma ferramenta de treinamento e formação profissional. No primeiro estudo, avaliou-se até que ponto os ambientes imersivos são adequados para formação profissional de operadores de subestações de energia com foco na segurança (redução de riscos e interrupções). E no segundo, buscou-se explorar o uso da RV em revisões de projeto por profissionais da área de Manutenção e Operação de Edifícios. Com esse intuito, o estudo contou com a participação de profissionais dessa área, como eletricitas, encanadores e instaladores de vapor, que avaliaram o ambiente imersivo de uma sala de máquinas.

Por fim, em relação aos objetivos, a pesquisa de Fonseca et al. (2018) tem como proposta avaliar a percepção espacial de usuários em edificações do patrimônio histórico (museus), utilizando recursos da RV com conteúdo de vídeo-guia móvel para fins educacionais. Os estudos citados reforçam o amplo uso da abordagem colaborativa e tecnológica da RV em múltiplos contextos e aplicações profissionais.

Quanto ao tipo de RV utilizada, observa-se uma crescente no uso de dispositivos que proporcionam ambientes de alta imersão nos últimos anos, a exemplo dos óculos de realidade virtual (HMDs) e CAVE.

A partir da síntese dos resultados, foi identificado que dentre os 5 artigos analisados, 4 deles apresentaram como resultado a satisfação por parte dos usuários em relação às experiências (sensoriais e espaciais) proporcionadas pela RV. Além disso, evidenciaram que o uso dessa tecnologia contribuiu positivamente para a melhor compreensão dos espaços arquitetônicos e apoiou processos de aprendizagem em campos diversos: educacionais e de treinamentos profissionais.

No artigo de Fonseca et al. (2018), por exemplo, cujo objetivo era avaliar a percepção espacial de edifícios históricos utilizando RV, os estudantes obtiveram uma melhor compreensão das características do museu devido aos conteúdos multimídia apresentados pela RV. Além disso, os participantes apontaram como aspecto positivo o uso dos conteúdos virtuais para visualizar informações adicionais sobre projetos arquitetônicos. A experiência visual proporcionada pela RV durante a visita em edificações históricas ajudou na focalização da informação por parte dos estudantes, principalmente os participantes com TDAH.

Os participantes do estudo de Westerdahl et al. (2006), que analisaram comparativamente a experiência arquitetônica em um modelo de RV e posteriormente no edifício construído, relataram que o modelo de RV forneceu informações bastante próximas sobre a edificação real que foi experienciada em uma segunda etapa da pesquisa. Desse modo, o modelo de RV foi avaliado de forma positiva por oferecer uma compreensão elevada sobre como seria o futuro ambiente de trabalho, sendo considerado útil em tomadas de decisões de projeto.

De forma similar, os participantes do estudo de Bjorn et al. (2021), cujo objetivo era explorar o potencial da RV em práticas projetuais cooperativas, destacaram que o ambiente imersivo proporcionou uma boa experiência em simular um hospital real, permitindo aos usuários avaliar diferentes layouts e vincular suas percepções sobre o trabalho cooperativo no ambiente analisado.

A Figura 4 apresenta um dos cenários deste experimento conduzido por Bjorn et al. (2021) em um ambiente hospitalar. Neste cenário, os participantes utilizam um HMD e controladores manuais para interagir na plataforma *Unity Engine*, amplamente empregada na criação de ambientes de jogos e realidade virtual. Uma câmera externa registra toda a movimentação dos dois participantes (imagem inferior na Figura 4), enquanto a visão deles dentro do ambiente imersivo é capturada (imagens superiores representadas na Figura 4). Na cena, os participantes estão simulando uma tentativa de ressuscitação em um paciente sofrendo parada cardíaca. A pessoa em pé observa um relógio na parede para orientar o tempo do procedimento (imagem no canto superior esquerdo da figura), enquanto a pessoa abaixada realiza a RCP (reanimação cardiopulmonar) (o que a pessoa abaixada observa está representado na imagem do canto superior direito da figura).

No estudo de Bernal et al. (2022), que avaliou o uso da RV como uma ferramenta de formação profissional, considerou os recursos adequados para este fim, pois os participantes relataram uma boa sensação de imersão e que o sistema se mostrou adequado para treinamentos profissionais de equipes.

Apenas um estudo, de autoria de Bhone, Zadeh e Staub-French (2022), cujo objetivo era explorar o potencial da RV no treinamento de profissionais da área de Operação e Manutenção de Edifícios, constatou que o sistema de RV não gerou uma diferença significativa

no desempenho dos usuários em comparação aos modelos tradicionais de comunicação de projeto como por exemplo, desenhos técnicos bidimensionais e modelagens 3D. Além disso, a pesquisa constatou que a experiência profissional dos participantes em relação ao ambiente analisado não teve impacto significativo em seu desempenho na utilização da RV. Os autores ressaltam que a falta de experiência dos participantes com a RV pode ter influenciado sua percepção da tecnologia, o que demonstra a necessidade de fomentar a expansão e o acesso a esses recursos, a fim de gerar dados mais precisos a respeito da eficácia da sua utilização.

**Figura 4: Exemplo de uso de RV em práticas cooperativas.**



Fonte: Bjorn et al. (2021, p. 272).

A Figura 5 ilustra parte do experimento conduzido por Bhone, Zadeh e Staub-French (2022). Neste experimento, o participante utiliza um conjunto de equipamentos de RV (HMD e dois controladores manuais), movendo-se livremente pelo espaço e manipulando os controladores para interagir com objetos no ambiente virtual. É possível observar na Figura 5, que o pesquisador observa na tela o que o participante visualiza através dos óculos de realidade virtual.

**Figura 5: Exemplo de uso de RV para treinamento profissional.**



Fonte: Bhone, Zadeh e Staub-French (2022, p. 260).

Além disso, destaca-se que todos os artigos relataram dificuldades e limitações nos estudos, categorizados em duas frentes principais, a primeira se dá pela motivação do usuário em relação ao software/tecnologia e a segunda pelas limitações do software/tecnologia em si. A Tabela 2 apresenta uma síntese das limitações dos estudos e as potencialidades do uso da RV com base nos estudos selecionados.

**Tabela 2: Síntese das limitações e potencialidades da RV nos artigos selecionados.**

Autores / Ano	Tipo de RV	Limitações	Potencialidades
Westerdahl, B. et al. (2006)	CAVE	Falta de experiência dos usuários com o uso de computadores e nível de escolaridade da população teste.	Possibilitou compreender como seria o futuro ambiente de trabalho dos participantes e útil para tomada de decisões de projeto.
Fonseca, D. et al. (2018)	Screen	Perda de sincronização entre a posição do usuário e os conteúdos multimídia em tempo real.	Proporcionou uma melhora significativa na compreensão espacial de áreas complexas pelos estudantes, especialmente aquelas com diagnóstico de TDAH.
Bjorn, P. et. al. (2021)	HMDs	Falta de abordagens metodológicas que contemplem o usuário final como ator cooperativo no processo de projeto.	Possibilitou aos participantes experienciar o ambiente simulado de forma cooperativa e vivenciar práticas de trabalho, importantes para validação de projeto em ambientes hospitalares.
Bernal, I. F. M. et al. (2022)	CAVE	Obsolescência tecnológica, motivação do usuário (curva de aprendizado) e desenvolvimento de melhorias (limitações dos softwares atuais).	Proporcionou boa sensação de imersão e fluidez, demonstrando que o sistema é adequado para treinamentos profissionais.
Bhonde, D.; Zadeh, P.; Staub-French, S. (2022)	HMDs	Falta de fomento para expansão e acesso aos recursos da RV por usuários leigos.	Forneceu entradas de projeto 33% mais rápidas e mais precisas em comparação com modelos tradicionais.

Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Com base nos resultados apresentados, nos destaques sobre as potencialidades e limitações do uso da RV na arquitetura, retoma-se a pergunta inicial de pesquisa: “Em que medida a realidade virtual (RV) consegue representar a realidade física do edifício na experiência do usuário em Arquitetura e Urbanismo?”.

A partir dos estudos recuperados na RSL percebe-se que o uso da RV na arquitetura está em curso, ou seja, são observados avanços na tecnologia em termos de imersão e como ferramenta para tomada de decisões de projeto. No entanto, existem limitações importantes a

serem ajustadas para que possa de fato proporcionar uma experiência do usuário mais próxima da realidade vivida.

#### 4. Considerações Finais

A presente revisão sistemática de literatura buscou identificar se os recursos tecnológicos proporcionados pela realidade virtual são capazes de representar a realidade física do edifício na experiência arquitetônica do usuário. A sistematização dos artigos possibilitou refletir sobre a temática, principalmente em termos de metodologia, características da população teste, tipo de RV mais utilizadas, potencialidades e limitações do sistema.

Ao observar os sujeitos que participaram das pesquisas, verificou-se que poucos artigos englobam uma amostra populacional mais diversificada, ocorrendo uma predominância de estudos que incluem apenas estudantes e/ou profissionais da área da Arquitetura, Design e Engenharias e áreas associadas à Operação e Manutenção (eletricistas, encanadores e técnicos de subestação).

Ao direcionar as investigações para participantes que possivelmente já dispõem de certo conhecimento sobre os aspectos relacionados à sua área de atuação, exclui-se a possibilidade de trabalhar com o público leigo que, por sua vez, possuem percepções espaciais e entendimento sobre projetos distintos. Nesse sentido, ressalta-se a importância de considerar, para pesquisas futuras, as diferentes percepções espaciais que arquitetos e o público geral apresentam, a fim de enriquecer e ampliar o estudo.

Quanto à estratégia metodológica, identificou-se um padrão de métodos e técnicas: oficinas ou workshops, questionário e entrevista. No entanto, poucos estudos aplicaram questionários padronizados e validados, a exemplo do QUXiVE (*questionnaire on user experience in immersive virtual environments*) (Tcha-Tokey, 2016).

Além disso, os artigos selecionados não apresentaram uma uniformidade em relação aos objetivos principais e o tipo de RV utilizada, sendo possível observar que este pode ter sido um fator limitante para responder à pergunta de pesquisa proposta na RSL. Tendo em vista que foram encontradas diferenças significativas no senso de presença e imersão dependendo do tipo de dispositivo utilizado, bem como o elemento comparativo (edificação virtual versus edificação real, técnicas de representação convencionais versus realidade virtual).

A partir dos resultados encontrados, concluiu-se que o uso da RV, mais especificamente os ambientes altamente imersivos, são um campo de pesquisa emergente na Arquitetura e Urbanismo, bem como em áreas afins. Os estudos mais recentes evidenciam o surgimento de novos dispositivos e recursos tecnológicos que buscam suprir as limitações dos softwares atuais.

Ressalta-se que a RV desempenha um papel importante na experiência do usuário, principalmente em contextos de visualização, validação e pré-ocupação, mas ainda é um recurso que carece de maiores avanços em termos de experiências multissensoriais, para além da percepção visual. Nesse sentido, pontua-se também a importância de realizar mais investigações que possam auxiliar no escopo de informações a respeito da eficácia desse recurso, colaborando com melhorias para o seu desenvolvimento e com o crescimento dessa área de estudo.

## Referências

- BERNAL, Iván F. Mondragón; LOZANO-RAMÍREZ, Natalia E.; CORTÉS, Julian M. Puerto; VALDIVIA, Sergio; MUÑOZ, Rodrigo; ARAGÓN, Juan; GARCÍA, Rodolfo; HERNÁNDEZ, Giovanni. An immersive virtual reality training game for substations evaluated in terms of usability and engagement. **Applied Sciences**, 2022.
- BHONDE, D.; ZADEH, P.; STAUB-FRENCH, S. Evaluating the use of virtual reality for maintainability-focused design reviews. **Journal of Information Technology in Construction**, 2022.
- BJØRN, Pernille; WULFF, Mark; PETRÆUS, Mathias Schmidt; MØLLET, Naja Holten. Immersive cooperative work environments (CWE): designing human-building interaction in virtual reality. **Computer Supported Cooperative Work**, 2021.
- BRANDÃO, Guilherme Valle Loures; do AMARAL, Wilian Daniel Henriques; de ALMEIDA, Caio Augusto Rabite; CASTAÑON, Jose Alberto Barroso. Virtual reality as a tool for teaching architecture. **Computer Science book series**, 2018.
- FONSECA, David; NAVARRO, Isidro; de RENTERIA, Isabela; MOREIRA, Fernando; FERRER, Álvaro; de REINA, Oriol. Assessment of wearable virtual reality technology for visiting world heritage buildings: an educational approach. **Journal of Educational Computing Research**, 2018.
- FONSECA, David; CAVALCANTI, Janaina; PEÑA, Enric; VALLS, Victor; SANCHEZ-SEPÚLVEDA, Mónica; MOREIRA, Fernando; NAVARRO, Isidro; REDONDO, Ernesto. Mixed assessment of visual serious games applied in architectural and urban design education. **Sensors**, 2021.
- FOX, Dylan; PARK, Sophie So Yeon; BORCAR, Amol; BREWER, Anna; YANG, Joshua. Element selection of three-dimensional objects in virtual reality. **Computer Science book series**, 2018.
- GARCEZ, Leticia V. M.; FERRARI, Ana L. M.; GUIMARÃES, Isabela S.; BOTURA JR, Galdenoro. UX e Design Inovação: evoluções metodológicas no processo de construção de apps. **Revista Design e Tecnologia – Projetos**, Rio Grande do Sul, 2021.
- GLOBA, Anastasia; WANG, Rui; TOKEDE, Olubukola; KHOO, Chin Koi. Pre-occupancy evaluation of buildings in VR: development of the prototype and user studies. **Architectural Science Review**, 2022.
- NORMAN, Donald A. **O design do dia a dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.
- SAORIN, Jose Luis; CARBONELL-CARRERA, Carlos; JAEGER, Allison J.; DÍAZ, Dámari Melián. Landscape design outdoor-indoor VR environments user experience. **Land**, 2023.
- TCHA-TOKEY, Katy; CHRISTMANN, Olivier; LOUP-ESCANDE, Emilie; RICHIR, Simon. Proposition and Validation of a Questionnaire to Measure the User Experience in Immersive Virtual Environments. **International Journal of Virtual Reality**, 2016.
- WESTERDAHL, Borje; SUNESON, Kaj; WERNEMYR, Claes; ROUPÉ, Mattias; JOHANSSON, Mikael; ALLWOOD, Carl Martin. User's evaluation of a virtual reality architectural model compared with the experience of the completed building. **Automation in Construction**, 2006.