

O impacto da realidade virtual na educação em *design*: evidências, lacunas e oportunidades a partir de uma revisão sistemática

The impact of virtual reality in design education: evidence, gaps, and opportunities from a systematic review

El impacto de la realidad virtual en la educación en diseño: evidencias, brechas y oportunidades a partir de una revisión sistemática

Fabiano Burgo, doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), mestre em Design pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e professor adjunto do Departamento de Design e Moda (DDM) da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

E-mail: fburgo@uem.br  <http://orcid.org/0000-0002-4063-2753>

César Imai, doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (USP), professor associado do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e do Programa Associado da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e da UEL de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UEL.

E-mail: cimai@uel.br  <http://orcid.org/0000-0002-6959-4420>

Para citar este artigo: BURGO, F.; IMAI, C. O impacto da realidade virtual na educação em *design*: evidências, lacunas e oportunidades a partir de uma revisão sistemática. *Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 285-306, 2026.

DOI 10.5935/cadernospos.v26n1p285-306

Submissão: 2025-09-10

Aceite: 2025-11-27



Este artigo está licenciado com uma Licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional

Resumo

Este artigo analisa o impacto do uso de ferramentas de realidade virtual (RV) no processo de ensino-aprendizagem em *design* de produto, por meio de uma revisão sistemática de literatura (RSL). A pesquisa foi metodologicamente estruturada com base no *framework* PICO (População, Intervenção, Comparação e *Outcome*), que orientou a busca nas bases Scopus, Web of Science e SciELO. Os resultados revelam um campo de pesquisa em maturação, com predominância de estudos de abordagem experimental que investigam a RV em comparação com métodos tradicionais, como o esboço manual e a modelagem CAD. As evidências encontradas apontam consistentemente para um impacto positivo da RV no engajamento dos estudantes e no aprimoramento de competências projetuais, especialmente no desenvolvimento da percepção espacial e na qualidade dos projetos conceituais. As variáveis mais frequentemente mensuradas para aferir tais resultados foram “usabilidade e satisfação”, “engajamento e atitudes” e “desempenho e qualidade do projeto”. Conclui-se que a RV se apresenta como uma intervenção pedagógica viável e eficaz. Contudo, foram identificadas lacunas de conhecimento significativas: uma forte concentração geográfica de estudos na Ásia e na Europa, com mínima representação sul-americana, e a carência de investigações sobre a integração curricular da tecnologia em longo prazo, para além de tarefas isoladas. Diante disso, destaca-se a necessidade de fomentar pesquisas contextualizadas à realidade brasileira para subsidiar a implementação de *frameworks* pedagógicos inovadores que integrem ferramentas de RV aos currículos dos cursos de *design*.

Palavras-chave: Realidade virtual; Ensino de *design*; *Design* de produto; Tecnologias imersivas; Ensino-aprendizagem de adultos.

Abstract

This article analyzes the impact of virtual reality (VR) in product design education through a systematic literature review (SLR). Structured by the PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome) framework, the research involved systematic searches across the Scopus, Web of Science, and SciELO databases. Results indicate a maturing research field, predominated by experimental studies comparing VR with traditional methods like hand sketching and CAD modeling. Evidence consistently shows a positive impact on student engagement and design competencies, particularly in spatial perception and conceptual design quality. Key measured variables include “usability and satisfaction”, “engagement and attitudes” and “performance and project quality”. This investigation concludes that VR is a viable and effective pedagogical intervention. However, significant knowledge gaps were identified: a strong geographical concentration of studies in Asia and Europe, with very limited research from the South American context, and a lack of investigation into long-term curricular integration beyond isolated tasks. Therefore, this study highlights the need for research contextualized to the Brazilian reality to support the creation of innovative pedagogical frameworks that effectively integrate VR tools into design curricula.

Keywords: Virtual reality; Design education; Product design; Immersive technologies; Adult teaching and learning.



Resumen

Este artículo analiza el impacto de la realidad virtual (RV) en la enseñanza del diseño de producto mediante una revisión sistemática de literatura (RSL). La investigación se basó en el marco PICO (Población, Intervención, Comparación, *Outcome*) para guiar la búsqueda en las bases de datos Scopus, Web of Science y SciELO. Los resultados revelan un campo de investigación en maduración, dominado por estudios experimentales que comparan la RV con métodos tradicionales como el boceto a mano y el modelado CAD. La evidencia apunta consistentemente a un impacto positivo de la RV en la implicación de los estudiantes y en la mejora de competencias proyectuales, sobre todo en la percepción espacial y la calidad de los diseños conceptuales. Las variables más medidas incluyen “usabilidad y satisfacción”, “implicación y actitudes” y “desempeño y calidad del proyecto”. Se concluye que la RV es una intervención pedagógica viable y eficaz. Sin embargo, persisten lagunas de conocimiento significativas: una fuerte concentración geográfica de estudios en Asia y Europa, con mínima investigación en el contexto sudamericano, y la falta de análisis sobre la integración curricular a largo plazo. Por ello, se destaca la necesidad de fomentar investigaciones contextualizadas a la realidad brasileña para implementar marcos pedagógicos innovadores que integren la RV en los planes de estudio de diseño.

Palabras clave: Realidad virtual; Enseñanza del diseño; Diseño de producto; Tecnologías inmersivas; Enseñanza-aprendizaje de adultos.

INTRODUÇÃO

A realidade virtual (RV) apresenta um alto potencial para transformar o mundo real e a maneira como a sociedade interage e o modifica (Rubio-Tamayo; Barrio; García, 2017; Tamayo, 2019). Nesse sentido, é importante que a própria educação em *design* seja inserida nesse contexto, sendo necessário para tanto buscar evidências, encontrar lacunas e delimitar oportunidades para que se verifique que impacto a integração da RV tem no processo de ensino-aprendizagem dos *designers*.

A RV, como definição, pode ser compreendida por um ambiente que combina gráficos computacionais gerados em tempo real, tecnologias de rastreamento corporal, áudio/vídeo, toque e outros dispositivos de entrada e saída sensorial que pode ser experimentado por indivíduos e gerar interações que fazem com que o usuário perceba-o como se fosse um ambiente real (Wang; Tsai; Wang, 2011; Jerald, 2016). Versões diferentes de RV têm sido desenvolvidas e implementadas, cada qual com um nível de imersão e complexidade técnica, desde sistemas mais básicos, que fazem uso de dispositivos móveis e monitores convencionais, até soluções mais complexas e aprimoradas, que envolvem simuladores avançados e dispositivos específicos que trazem uma imersão completa no ambiente virtual (Muhanna, 2015).



Os custos e a complexidade envolvidos no emprego da RV têm se tornado cada vez mais acessíveis, permitindo encontrar opções adequadas para atender a diferentes necessidades (Svidt; Sørensen, 2016) oferecendo ambientes tridimensionais interativos e imersivos a projetistas, ampliando assim sua capacidade em explorar soluções para problemas. No entanto, sua implementação ainda enfrenta desafios, como a escassez de conteúdos específicos e a necessidade de abordagens inovadoras quanto à adoção de ferramentas tecnológicas na formação dos profissionais de *design*.

Este estudo é parte integrante de uma investigação em nível de doutorado que tem a intenção de verificar se a integração da RV no processo de ensino-aprendizagem em cursos de graduação em *Design* traz ganhos significativos quanto ao desenvolvimento de competências pelos estudantes e na qualidade dos projetos desenvolvidos. Especificamente, é apresentado aqui um recorte cujo objetivo é identificar, por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), o estado da arte e as lacunas de conhecimento relacionadas ao tema. Esse recorte, em questão de número de estudos, encontra nos países asiáticos o maior foco, com a Europa em seguida, as Américas em terceiro lugar e com os demais divididos entre países do Oriente Médio e da Oceania.

Uma questão bem articulada é o alicerce para uma pesquisa de qualidade (Richardson *et al.*, 1995), e, para que seja possível realizar uma investigação bem-sucedida, é necessário que esta seja formulada de forma clara, focada e respondível (Davies, 2011; Nishikawa-Pacher, 2022). Na área de *design*, com uma complexidade de elementos a serem investigados aliada a uma subjetividade bastante proeminente, a definição de uma questão de pesquisa ao mesmo tempo abrangente e sintética tem um impacto direto na qualidade do estudo, já que uma indagação mal estruturada pode levar a uma coleta de literatura incongruente, dados não relacionados e autores desconectados da investigação (Davies, 2011; Goldschmidt; Matthews, 2022). Nesse contexto, a presente pesquisa adotou um princípio metodológico focado na elaboração de uma questão que melhor sintetizasse o estudo pretendido, encontrando no *framework* PICO um modelo bastante relevante.

O PICO foi originalmente concebido como um recurso de memorização na área da medicina para auxiliar a formulação de questões clínicas na busca por respostas precisas na literatura científica da área (Richardson *et al.*, 1995; Davies, 2011). Sua estrutura foi desenhada para decompor uma dúvida clínica em seus quatro componentes anatômicos essenciais, facilitando a busca por evidências (Richardson *et al.*, 1995):

- **P – Patient/Problem:** características mais importantes do paciente/problema de interesse;
- **I – Intervention:** principal intervenção, tratamento ou exposição considerada;



- **C – Comparison:** principal alternativa à intervenção (placebo, outro tratamento ou a ausência de intervenção);
- **O – Outcome:** desfecho clínico ou efeito de interesse.

A principal vantagem do PICO é sua capacidade de transformar uma dúvida ampla em uma questão bem construída e focada, não apenas orientando o pesquisador, mas também otimizando a busca por literatura relevante ao fornecer palavras-chave estruturadas e específicas (Davies, 2011). Embora concebido em um contexto clínico, a utilidade do PICO rapidamente transcendeu a área, sendo adaptado para outros campos de estudo com modificações simples (como a substituição de “paciente” por “população”), permitindo assim uma compreensão e aplicação mais amplas e abstratas (Davies, 2011, p. 76).

A principal fundamentação para o uso do PICO em áreas não clínicas, como o *design*, vem da proposta de um “esquema PICO universal” (Nishikawa-Pacher, 2022, p. 3), argumento pelo qual se pode inferir que os componentes do modelo corresponderiam a quatro elementos universais de toda pesquisa: **P** – representa o objeto de pesquisa ou a unidade de observação do estudo; **I** – denota a aplicação de um método, teoria ou tecnologia que se deseja investigar; **C** – refere-se às teorias ou métodos alternativos à intervenção aplicada ou, na ausência desses, à hipótese nula (suposição de que a intervenção não produz efeito); **O** – simboliza o objetivo da geração de conhecimento, ou seja, a explicação ou o efeito que se pretende alcançar ou medir.

Essa reinterpretação desconecta o PICO de uma terminologia essencialmente clínica, transformando-o em uma ferramenta metodológica poderosa para estruturar uma questão de pesquisa de forma lógica e sistemática. A própria prática de adaptar *frameworks* de outros campos é validada na pesquisa em *design* como uma forma de evitar “reinventar a roda”, aproveitando ferramentas consolidadas para gerar novo conhecimento (Goldschmidt; Matthews, 2022).

Essa abordagem traz as seguintes vantagens e pontos fortes para a estruturação desta pesquisa: melhoria na clareza e no foco do estudo, direcionamento metodológico, otimização da revisão de literatura e comunicabilidade e transparência da investigação (Nishikawa-Pacher, 2022).

A adoção do PICO, fundamentada em sua universalidade e capacidade de abstração, portanto, confere a este estudo um nível de rigor metodológico, clareza conceitual e foco operacional essenciais para investigar com profundidade o impacto de novas tecnologias no ensino de projeto de produto.



METODOLOGIA

Uma vez que o *framework* PICO universal tenha sido adotado como princípio metodológico guia para o desenvolvimento desta RSL, a questão central desta pesquisa foi decomposta da seguinte forma:

- **P:** estudantes de ensino superior de Design de Produto;
- **I:** uso de ferramentas imersivas de RV;
- **C:** métodos de ensino-aprendizagem tradicionais;
- **O:** melhoria na aprendizagem do desenvolvimento de projeto de produto.

Sintetizando a questão de pesquisa estruturada em PICO:

- Em estudantes de ensino superior de Design de Produto (**P**), o uso de ferramentas imersivas de RV (**I**), comparado aos métodos de ensino tradicionais (**C**), resulta em uma melhoria na aprendizagem do desenvolvimento de projeto de produto (**O**)?

Na sequência, foram definidas palavras-chave para cada componente PICO e, com base nestas, elaboradas *strings* de busca aplicadas nas bases de dados¹ Scopus, Web of Science (WoS) e SciELO. A relação de publicações obtida (Scopus – 527; WoS – 114; SciELO – 1) foi validada no sentido de excluir referências duplicadas, obtendo-se um total de 536.

A seguir, foram estabelecidos critérios de elegibilidade para a triagem (*screening*): envolve estudantes de ensino superior; o contexto é o ensino de *design* de produto, *design* industrial ou áreas de *design* diretamente relacionadas; utiliza explicitamente RV imersiva como ferramenta de ensino ou aprendizagem; reporta ou avalia algum resultado relacionado à aprendizagem ou ao processo de *design*.

Por meio da leitura de títulos e resumos, 466 referências foram excluídas e 70 selecionadas para leitura do texto completo. No entanto, não foi possível ter acesso a 26 publicações, e o número final de textos analisados foi 44. Realizaram-se, então, fichamentos conforme o seguinte protocolo: identificação; verificação final dos critérios de inclusão; caracterização da pesquisa; extração de dados (PICO); anotações do revisor.

Ao final dessa etapa foram identificadas quatro referências desalinhadas ao tema desta pesquisa, sendo excluídas da análise final.

Os dados obtidos foram então organizados e dispostos em quadros e tabelas, aplicando-se uma análise quantitativa para destacar e descrever os métodos,

¹ As buscas foram limitadas a publicações feitas nos últimos 15 anos.



as ferramentas e os princípios de pesquisa mais empregados. Esses elementos foram então relacionados à questão de pesquisa, empregando o protocolo PICO como guia para a discussão e posterior conclusão do estudo.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

O Quadro 1 evidencia que os quatro tipos de pesquisa mais empregados foram estudo de caso (25%), quase experimento (20%), revisão de literatura (20%) e experimento (12,5%). Ressalta-se que alguns estudos empregaram mais de um tipo de pesquisa, como Díaz González *et al.* (2025), que declararam fazer uso de estudo de caso aliado a quase experimento, por exemplo.

Tipo de pesquisa	N	%	Referências
Estudo de caso	10	25%	(Dorta; Kinayoglu; Boudhraâ, 2016; Camba; Soler; Contero, 2017; González, 2018; Damgrave; Lutters; Putnik, 2019; Koohgilani; Glithro; Bohemia, 2019; Evans; Soderlund, 2020; Zhang; Ranscombe, 2021; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Liao, 2024; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)
Quase experimento	8	20%	(Rahimian; Ibrahim, 2011; Jimeno-Morenilla <i>et al.</i> , 2016; Shih <i>et al.</i> , 2019; Halabi, 2020; Henrich <i>et al.</i> , 2021; Jalil <i>et al.</i> , 2022; Rossoni <i>et al.</i> , 2024; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)
Revisão de literatura	8	20%	(Berni; Borgianni, 2020; Hamurcu; Timur; Rizvanoğlu, 2020; Liu <i>et al.</i> , 2021; Hamad; Jia, 2022; Jindal; Mittal; Bansal, 2023; Jiawei; Mokmin; Shaorong, 2024; Lee; Chen, 2024; Nazlidou <i>et al.</i> , 2024)
Experimento	5	12,5%	(Huang; Chen, 2019; Huang; Lin; Cai, 2021; Huang; Lee, 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud <i>et al.</i> , 2023)
Estudo qualitativo	3	7,5%	(Hamurcu, 2018; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Zhang <i>et al.</i> , 2023)
Desenvolvimento de sistema	2	5%	(Pan <i>et al.</i> , 2021; Zhang, 2023a)
Método misto	2	5%	(Mohamed; Sicklinger, 2022; Taylor, 2023)

Quadro 1: Tipos de pesquisa empregados nos estudos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As revisões de literatura trazem casos como o de Berni e Borgianni (2020), que apresentam um panorama do uso da RV na pesquisa em *design*, em especial nas fases iniciais do processo; Hamurcu, Timur e Rizvanoğlu (2020) discutem o *status* atual e o potencial do uso da RV na educação em *design*; Hamad e Jia (2022) focam fornecer uma visão geral das aplicações e limitações da RV na educação; Liu *et al.* (2021) investigam as potenciais aplicações da tecnologia imersiva, desde a geração de conceitos até a montagem do produto final; Lee e Chen (2024) revisam a aplicação de RV na educação em *design*, propondo uma ferramenta de prototipagem de baixa curva de aprendizado; Jindal, Mittal e Bansal (2023) investigam o uso e os resultados de aplicações de RV na educação em engenharia;



Jiawei, Mokmin e Shaorong (2024) exploram a tendência de desenvolvimento da RV na educação relacionada a cursos de Design de Produto; e Nazlidou *et al.* (2024) objetivam fornecer uma visão geral das tecnologias interativas usadas na educação, examinando sua integração no processo de aprendizagem.

Nos estudos com abordagens experimentais (57,5%), Koohgilani, Glithro e Bohemia (2019), Zhang e Ranscombe (2021) e Hamurcu, Timur e Rizvanoglu (2023) focaram explorar a característica de visualização no ambiente RV, por vezes empregando comparações com mecanismos tradicionais; já Dorta, Kinayoglu e Boudhraâ (2016), Camba, Soler e Contero (2017), González (2018), Damgrave, Lutters e Putnik (2019), Evans e Soderlund (2020) e Díaz González *et al.* (2025) exploraram ambientes colaborativos, enquanto Dorta, Kinayoglu e Boudhraâ (2016), González (2018), Damgrave, Lutters e Putnik (2019) e Díaz González *et al.* (2025) focam processos de *design* mais complexos, que envolvem outros tipos de técnicas de criação para além da RV, como desenhos e modelagem 3D tradicionais.

Sobre os estudos com quase experimentos, Rahimian e Ibrahim (2011), Shih *et al.* (2019), Halabi (2020), Henrich *et al.* (2021), Jalil *et al.* (2022), Rossoni *et al.* (2024) e Díaz González *et al.* (2025) empregaram o desenvolvimento de artefatos físicos diretamente no ambiente RV, enquanto Jimeno-Morenilla *et al.* (2016) fizeram uso apenas da característica de visualização da plataforma.

Já nos experimentos, apenas Chaniaud *et al.* (2023) não envolveram o projeto de um artefato, focando apenas a construção 3D de objetos originalmente apresentados em representações 2D. Todos os estudos relatam curtas durações das tarefas no ambiente RV, partindo de dez minutos e não ultrapassando 40 minutos.

Sobre a incidência de grupos de controle, é possível verificar no Quadro 2 que em 100% dos quase experimentos eles estavam presentes, enquanto 80% dos experimentos contaram com estes e apenas 20% dos estudos de caso o fizeram.



Tipo de pesquisa	Grupo de controle (n)	%	Média de participantes (n)	Referências
Quase experimento	Sim (8)	100%	54,5	(Rahimian; Ibrahim, 2011; Jimeno-Morenilla <i>et al.</i> , 2016; Shih <i>et al.</i> , 2019; Halabi, 2020; Henrich <i>et al.</i> , 2021; Jalil <i>et al.</i> , 2022; Rossoni <i>et al.</i> , 2024; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)
Experimento	Sim (4)	80%	31,0	(Huang; Lin; Cai, 2021; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud <i>et al.</i> , 2023; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)
	Não (1)	20%	50,0	(Huang; Lee, 2022)
Estudo de caso	Não (8)	80%	38,0	(Dorta; Kinayoglu; Boudhraâ, 2016; Camba; Soler; Contero, 2017; González, 2018; Damgrave; Lutters; Putnik, 2019; Koohgilani, Glithro; Bohemia, 2019; Evans; Soderlund, 2020; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Liao, 2024)
	Sim (2)	20%	16,5	(Zhang; Ranscombe, 2021; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)

Quadro 2: Emprego de grupos de comparação/controle nas abordagens experimentais.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos quase experimentos, Rahimian e Ibrahim (2011), Shih *et al.* (2019), Halabi (2020) e Díaz González *et al.* (2025) empregaram métodos tradicionais de desenho como elemento de comparação, enquanto Jimeno-Morenilla *et al.* (2016), Henrich *et al.* (2021) e Rossoni *et al.* (2024) usaram *softwares* CAD tradicionais e Jalil *et al.* (2022) fez uso apenas de aulas expositivas para esse fim.

Já nos experimentos, Huang e Chen (2019), Huang, Lin e Cai (2021) e Banerjee, Chowdhury e Yein (2023) empregaram a comparação com o desenvolvimento em *softwares* CAD tradicionais, enquanto Chaniaud *et al.* (2023) adotaram desenhos convencionais como elemento comparativo; apenas Huang e Lee (2022) não empregaram um grupo de controle, pois, segundo os autores, trata-se de um estudo exploratório com a intenção de explorar fatores no ambiente RV.

Nos estudos de caso, somente Zhang e Ranscombe (2021) e Díaz González *et al.* (2025) declararam fazer uso de grupos de controle. No entanto, embora a maioria dos autores não tenha declarado os terem empregado, somente González (2018), Damgrave, Lutters e Putnik (2019) e Evans e Soderlund (2020) não apresentaram nenhum outro tipo de comparação relacionada à intervenção analisada, e os demais autores fizeram uso do recurso dentro dos próprios grupos de estudo, por vezes avaliando os participantes em momentos distintos. Ainda sobre os métodos comparativos, os estudos mencionaram comparar as tarefas no ambiente RV com as feitas em dispositivos convencionais (*laptops*), métodos tradicionais de ensino (aulas expositivas, palestras, vídeos etc.), esboços manuais e modelagem digital convencional em *softwares* CAD.

Sobre o número de participantes, a média geral é de aproximadamente 41, sendo o quase experimento o tipo de estudo que fez uso do maior número (média de 54,5), enquanto os estudos de caso com grupo de controle registraram a menor



média (16,5). É importante ressaltar que os diferentes métodos de coleta de dados e abordagens de pesquisa utilizados têm um impacto direto no número de participantes, já que os estudos feitos por períodos de tempo maiores e envolvendo disciplinas de cursos de graduação/pós-graduação tenderam a apresentar maior número de participantes.

Conforme já apontado, outro ponto relevante é a análise das ferramentas e dos mecanismos de coleta de dados empregados nos estudos (Quadro 3).

Método de coleta de dados	N	%	Referências
Questionário	18	45%	(Jimeno-Morenilla <i>et al.</i> , 2016; Huang; Chen, 2019; Shih <i>et al.</i> , 2019; Evans; Soderlund, 2020; Halabi, 2020; Henrich <i>et al.</i> , 2021; Huang; Lin; Cai, 2021; Bernardo; Duarte, 2022; Huang; Lee, 2022; Jalil <i>et al.</i> , 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud <i>et al.</i> , 2023; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Liao, 2024; Rossoni <i>et al.</i> , 2024; Siena <i>et al.</i> , 2024; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)
Avaliação de projetos	14	35%	(Dorta; Kinayoglu; Boudhraâ, 2016; Jimeno-Morenilla <i>et al.</i> , 2016; Camba; Soler; Contero, 2017; González, 2018; Damgrave; Lutters; Putnik, 2019; Huang; Chen, 2019; Shih <i>et al.</i> , 2019; Evans; Soderlund, 2020; Halabi, 2020; Henrich <i>et al.</i> , 2021; Huang; Lin; Cai, 2021; Chaniaud <i>et al.</i> , 2023; Lee; Chen, 2024; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)
Escalas	14	35%	(Hamurcu, 2018; Huang; Chen, 2019; Shih <i>et al.</i> , 2019; Evans; Soderlund, 2020; Halabi, 2020; Henrich <i>et al.</i> , 2021; Huang; Lee, 2022; Jalil <i>et al.</i> , 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud <i>et al.</i> , 2023; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Rossoni <i>et al.</i> , 2024; Siena <i>et al.</i> , 2024; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)
Entrevistas	10	25%	(Hamurcu, 2018; Henrich <i>et al.</i> , 2021; Zhang; Ranscombe, 2021; Huang; Lee, 2022; Jalil <i>et al.</i> , 2022; Mohamed; Sicklinger, 2022; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Taylor, 2023; Zhang <i>et al.</i> , 2023; Liao, 2024)
Revisão sistemática de literatura (RSL)	10	25%	(Berni; Borgianni, 2020; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2020; Liu <i>et al.</i> , 2021; Hamad; Jia, 2022; Mohamed; Sicklinger, 2022; Jindal; Mittal; Bansal, 2023; Jiawei; Mokmin; Shaorong, 2024; Lee; Chen, 2024; Nazlidou <i>et al.</i> , 2024)
Observação	7	17,5%	(Rahimian; Ibrahim, 2011; Camba; Soler; Contero, 2017; González, 2018; Koohgilani; Glithro; Bohemia, 2019; Henrich <i>et al.</i> , 2021; Huang; Lin; Cai, 2021; Taylor, 2023)

Quadro 3: Métodos de coleta de dados empregados nos estudos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O método mais empregado foi o questionário (45%), que costuma ser instrumentalizado na forma de formulários *on-line* com questões abertas e fechadas, por meio das quais os participantes fornecem dados autorrelatados sobre suas percepções de usabilidade dos sistemas empregados, conhecimento específico prévio/posterior às tarefas desempenhadas, além de engajamento e satisfação.

Na sequência há a avaliação de projetos (35%), cujos artefatos são compostos de entregáveis oriundos de tarefas desempenhadas pelos participantes caracterizados por pôsteres, apresentações, relatórios, esboços e projetos 3D que são então avaliados quanto à sua qualidade conceitual e de execução de acordo com

parâmetros definidos em cada pesquisa. É bastante comum a composição de bancas de especialistas para realizar a referida avaliação, sendo esta evidenciada nos estudos de Jimeno-Morenilla *et al.* (2016), Huang e Chen (2019), Huang, Lin e Cai (2021) e Chaniaud *et al.* (2023).

Um total de 35% também empregou escalas para operacionalizar a obtenção de dados dos participantes, as quais são sempre relacionadas a algum outro instrumento objetivando medir níveis de desempenho, percepção, cargas cognitivas e outros tipos de variáveis. São apontadas algumas escalas específicas, como *Task Load Index* – Nasa-TLX (Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023), *System Usability Scale* – SUS (Huang; Chen, 2019; Huang; Lin; Cai, 2021; Huang; Lee, 2022; Chaniaud *et al.*, 2023) e *Knowledge and Prior Study Inventory* – KPSI (Jalil *et al.*, 2022) e *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* – Utaut (Zhang *et al.*, 2023), sendo a escala Likert citada como o instrumento mais empregado para captar variações de completude e intensidade nas avaliações e/ou respostas.

Quanto ao uso de entrevistas (25%), elas costumam ser organizadas na forma de questões abertas com roteiros estruturados e/ou semiestruturados, com sua utilização predominante na forma de discussões coletivas.

A observação (17,5%) tende a ser direta, exclusivamente qualitativa e registrada na forma de anotações referentes a fases específicas das atividades desempenhadas. Rahimian e Ibrahim (2011), no entanto, reforçam que esse tipo de análise demanda o estabelecimento de um esquema de codificação bastante detalhado para que se reflita em objetivos claros e dados quantificáveis. Os demais métodos relatados atuam de forma complementar a estes apontados.

O Quadro 4 traz uma relação de variáveis encontradas, categorizadas em usabilidade e satisfação, engajamento e atitudes, desempenho e qualidade do projeto, processo de *design* e aprendizagem, carga cognitiva, métricas de uso e interação e aceitação da tecnologia.



Variáveis medidas	N	%	Referências
Usabilidade e satisfação	17	42,5%	(Huang; Chen, 2019; Koohgilani, Glithro; Bohemia, 2019; Shih <i>et al.</i> , 2019; Huang; Lin; Cai, 2021; Zhang; Ranscombe, 2021; Huang; Lee, 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud <i>et al.</i> , 2023; Jindal; Mittal; Bansal, 2023; Rossoni <i>et al.</i> , 2024; Siena <i>et al.</i> , 2024; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)
Engajamento e atitudes	13	32,5%	(González, 2018; Hamurcu, 2018; Koohgilani; Glithro; Bohemia, 2019; Henrich <i>et al.</i> , 2021; Hamad; Jia, 2022; Mohamed; Sicklinger, 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Taylor, 2023; Jiawei; Mokmin; Shaorong, 2024; Nazlidou <i>et al.</i> , 2024; Rossoni <i>et al.</i> , 2024)
Desempenho e qualidade do projeto	11	27,5%	(Jimeno-Morenilla <i>et al.</i> , 2016; Camba; Soler; Contero, 2017; González, 2018; Damgrave; Lutters; Putnik, 2019; Halabi, 2020; Huang; Lin; Cai, 2021; Pan <i>et al.</i> , 2021; Bernardo; Duarte, 2022; Chaniaud <i>et al.</i> , 2023; Zhang, 2023b; Díaz González <i>et al.</i> , 2025)
Processo de <i>design</i> e aprendizagem	10	25,0%	(Lin; Hsu, 2017; González, 2018; Damgrave; Lutters; Putnik, 2019; Evans; Soderlund, 2020; Jalil <i>et al.</i> , 2022; Zhang, 2023a; Lee; Chen, 2024; Liao, 2024)
Carga cognitiva	6	15,0%	(Rahimian; Ibrahim, 2011; Liu <i>et al.</i> , 2021; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud <i>et al.</i> , 2023; Rossoni <i>et al.</i> , 2024)
Métricas de uso e interação	6	15,0%	(Dorta; Kinayoglu; Boudhraâ, 2016; Henrich <i>et al.</i> , 2021; Bernardo; Duarte, 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud <i>et al.</i> , 2023)
Aceitação da tecnologia	2	5,0%	(Banerjee, Chowdhury e Yein, 2023; Zhang <i>et al.</i> , 2023)

Quadro 4: Variáveis medidas nos estudos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A maioria dos estudos (42,5%) adotou variáveis referentes à usabilidade e satisfação do sistema empregado, nos quais foram coletadas informações referentes à percepção de usabilidade, satisfação, experiência, interatividade, preferências, precisão, demanda de uso, retenção de conhecimento, aprendizagem, expectativas, acessibilidade e lealdade do usuário.

No grupo de engajamento e atitudes (32,5%), elencaram-se variáveis compostas por opiniões, impressões subjetivas, compreensão de conceitos, colaboração, interesse, criatividade, motivação, habilidades e presença.

Em desempenho e qualidade do projeto (27,5%), os dados coletados referem-se a qualidade do projeto, desempenho acadêmico, precisão do *design*, qualidade e tempo de renderização dos projetos.

Já em processo de *design* e aprendizagem (25%), as variáveis foram a conversão do problema em solução, compreensão do projeto, percepção espacial, colaboração, eficiência e iniciativa. Quanto a esse tópico em específico, Chaniaud *et al.* (2023) empregam o *Mental Rotation Test* (MRT), com foco em registrar e analisar a capacidade de percepção espacial dos participantes do estudo, enquanto Jimeno-Morenilla *et al.* (2016) fazem uso do *Torrance Test of Creative Thinking* (TTCT), com a intenção de coletar dados padronizados quanto à criatividade dos integrantes.



Sobre carga cognitiva e métricas de uso e interação (10%), foram obtidos dados a respeito de tempo de execução, quantidade de erros, ações cognitivas, desempenho, movimentos e envolvimento dos participantes.

Por fim, a aceitação da tecnologia (5%) era composta de expectativa de desempenho, esforço, influência social e condições facilitadoras.

Quanto aos dispositivos e sistemas mais empregados, há uma grande variedade, verificando-se que, quanto ao *hardware* utilizado, os *Head Mounted Displays* (HMD) representam o tipo mais comum – no total foram 26 HMD: HTC Vive (5), HTC Vive Pro (2), Oculus Rift (4), Oculus Quest (1), Oculus/Meta Quest 2 (4), Microsoft HoloLens (3), Microsoft HoloLens 2 (1), Oculus Touch (1), HP Reverb G1 (1), HMDs não especificados (4). É comum verificar o uso de um mesmo tipo de dispositivo em múltiplos estudos com o envolvimento de um mesmo grupo de pesquisadores, evidenciando a intenção de otimizar investimentos institucionais.

Sobre os *softwares*, percebe-se uma variedade ainda maior, muitas vezes devido à multiplicidade dos objetivos dos estudos, que faz com que estes sejam selecionados de acordo com as tarefas e interações pretendidas. No entanto, podem-se destacar cinco *softwares*: Unity (8), Gravity Sketch (5), Autodesk 3dsMax (4), Autodesk VRED (3) e SolidWorks (3). Todos esses sistemas são direcionados à criação, modelagem e renderização 3D, e o Gravity Sketch é o único exclusivo para plataformas RV.

Por fim, os países asiáticos são os responsáveis pelo maior foco de estudos, com 13 – Taiwan (6), China (3), Índia (1), Malásia (1) e Ásia-Pacífico (1); a Europa vem em segundo lugar, com dez – Reino Unido (2), Turquia (2), Alemanha (1), Espanha (1), França (1), Itália (1), Noruega (1) e Europa (1); em terceiro lugar, as Américas representam sete estudos – Estados Unidos (3), México (2), Brasil (1) e Canadá (1); e os demais estudos se dividem entre países do Oriente Médio e da Oceania.

DISCUSSÃO

A metodologia de pesquisa predominante revela um campo de estudo em maturação, já que a relevante soma de estudos com abordagens experimentais (57,5%) sinaliza um movimento para além da exploração exclusivamente teórica sobre o tema, com a busca da validação de hipóteses gerando evidências robustas relacionadas à aplicação da RV no processo de ensino-aprendizagem de *design*. Um exemplo dessa complexidade metodológica, com a adoção de diferentes instrumentos de investigação, é trazida em trabalhos como o de Díaz González *et al.* (2025), que declararam o uso combinado de estudo de caso e quase experimento para enriquecer suas análises.

Quanto à **População (P)**, a análise revela que as pesquisas costumam empregar participantes tanto de cursos de graduação quanto de pós-graduação para



investigar o impacto das intervenções. O número de participantes varia consideravelmente entre os diferentes tipos de pesquisa – a média geral foi de aproximadamente 41, e os quase experimentos utilizaram o maior número de integrantes (média de 54,5), enquanto os estudos de caso com grupos de controle registraram a menor média (16,5). É importante ressaltar que os métodos de coleta de dados e as abordagens de pesquisa tiveram um impacto direto nesse número – os estudos que se estenderam por períodos maiores e integrados a disciplinas de cursos de graduação ou pós-graduação tendem a apresentar mais participantes.

No que concerne à **Intervenção (I)**, nos estudos de caráter experimental é possível identificar certos padrões e particularidades: os procedimentos adotados são estruturados em torno de tarefas específicas, com durações controladas e, na maioria dos casos, comparadas a métodos convencionais.

Nos experimentos e quase experimentos, o foco principal deu-se na elaboração de artefatos diretamente no ambiente RV: exemplificando, Banerjee, Chowdhury e Yein (2023) empregaram como tarefa o desenvolvimento de uma garrafa de água; Chaniaud *et al.* (2023) exigiram o desenvolvimento de uma prateleira e um *buffet* com base em imagens 2D; Huang, Lin e Cai (2021) envolveram o projeto de um *mouse* de computador; Halabi (2020) solicitou aos participantes que desenvolvessem uma cozinha acessível a cadeirantes; Huang e Chen (2019) empregaram a elaboração de um carro de brinquedo; e Shih *et al.* (2019) focaram no projeto de um conjunto de mesa, cadeira e xícara.

Já os estudos de caso exploraram diferentes facetas do processo de *design* em RV: alguns investigaram a característica de visualização do ambiente imersivo (Hamurcu, 2018; Koohgilani; Glithro; Bohemia, 2019; Liao, 2024), por vezes, em comparação com mecanismos tradicionais, enquanto outros aprofundaram-se no processo de criação (Dorta; Kinayoglu; Boudhraâ, 2016; Damgrave; Lutters; Putnik, 2019), com alguns empregando ambientes colaborativos (Evans; Soderlund, 2020), e outros analisando processos de *design* mais complexos que integravam a RV com outras técnicas, como desenhos e modelagem 3D tradicionais (Dorta; Kinayoglu; Boudhraâ, 2016; González, 2018; Díaz González *et al.*, 2025).

Um achado consistente nos estudos experimentais foi a curta duração das tarefas realizadas no ambiente de RV: as intervenções costumavam partir de dez minutos e comumente não ultrapassavam 40 minutos. Essa limitação pode ser reflexo de uma estratégia deliberada para mitigar a carga cognitiva e o potencial desconforto físico associado a um uso mais prolongado dos dispositivos.

A **Comparação (C)** com métodos de ensino convencionais foi um elemento metodológico crucial na maioria dos estudos experimentais, e as estratégias de controle mais comuns incluíram a comparação com métodos e ferramentas já consolidados no *design* (esboços ou modelagem 3D em *softwares* CAD). Métodos tradicionais de desenho foram empregados como mecanismo de comparação



em estudos como os de Rahimian e Ibrahim (2011), Shih *et al.* (2019) e Díaz González *et al.* (2025), enquanto pesquisas como as de Jimeno-Morenilla *et al.* (2016), Henrich *et al.* (2021) e Rossoni *et al.* (2024) utilizaram *softwares* CAD como elemento comparativo.

A avaliação dos **Resultados (O)** foi multifacetada: os questionários (45%) foram amplamente utilizados para capturar dados autorrelatados sobre as percepções dos estudantes, alinhando-se ao conjunto de variáveis mais investigada, usabilidade e satisfação (42,5% dos estudos); a avaliação de projetos focou resultados tangíveis, analisando a qualidade conceitual e de execução de artefatos, como esboços e modelos 3D, contando frequentemente com o rigor avaliativo de bancas de especialistas, como evidenciado nos trabalhos de Jimeno-Morenilla *et al.* (2016) e Chaniaud *et al.* (2023), entre outros.

Para mensurar os desfechos de forma quantitativa, diversas escalas padronizadas foram empregadas, como o Nasa-TLX, utilizado para medir a carga cognitiva; a SUS, para avaliar a usabilidade; o KPSI, para medir o inventário de conhecimento prévio dos participantes do estudo (Huang; Chen, 2019; Jalil *et al.*, 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023).

Outras variáveis importantes coletadas incluíram “engajamento e atitudes” (32,5%) e “desempenho e qualidade do projeto” (27,5%), sendo a busca por dados padronizados sobre os processos cognitivos reforçada pela utilização de testes validados, como o MRT, empregado por Chaniaud *et al.* (2023), e o TTCT, empregado por Jimeno-Morenilla *et al.* (2016).

CONCLUSÕES

A convergência da RV com a educação e a sociedade é percebida como uma tendência contemporânea, com a literatura analisada indicando que as tecnologias imersivas encontram um vasto campo de crescimento nesse contexto, com potencial para aumentar a produtividade e a qualidade em todas as etapas do desenvolvimento de produtos (Shih *et al.*, 2019; Berni; Borgianni, 2020; Liu *et al.*, 2021; Bernardo; Duarte, 2022; Zhang, 2023b; Zhang, 2023a; Liao, 2024; Nazlidou *et al.*, 2024).

Uma possível integração entre aspectos humanos e tecnologia promete otimizar não só a produtividade, mas também os métodos criativos, consolidando o papel da RV em diferentes etapas do processo de *design* (Shih *et al.*, 2019; Berni; Borgianni, 2020; Liu *et al.*, 2021; Bernardo; Duarte, 2022; Zhang, 2023b; Zhang, 2023a; Liao, 2024; Nazlidou *et al.*, 2024). A RV se apresenta como uma ferramenta pedagógica bastante valiosa, especialmente quando integrada a abordagens de aprendizagem baseadas em projetos e centradas no estudante (Dorta; Kinayoglu; Boudhraâ, 2016; Jimeno-Morenilla *et al.*, 2016; Camba; Soler; Contero, 2017; Damgrave; Lutters; Putnik, 2019; Koohgilani; Glithro; Bohemia, 2019; Evans;



Soderlund, 2020; Halabi, 2020; Hamurcu; Timur; Rizvanoğlu, 2020; Jalil *et al.*, 2022; Mohamed; Sicklinger, 2022; Taylor, 2023; Rossoni *et al.*, 2024).

Enfoques pedagógicos que combinam métodos tradicionais com ferramentas RV podem potencializar o desenvolvimento de habilidades espaciais nos estudantes de *design* (González, 2018; Hamurcu, 2018; Zhang; Ranscombe, 2021; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Jindal; Mittal; Bansal, 2023; Zhang, 2023b; Jiawei; Mokmin; Shaorong, 2024; Díaz González *et al.*, 2025). Tais abordagens conferem aos estudantes uma responsabilidade significativa no processo de ensino-aprendizagem, aprimorando suas competências em lidar com complexidades e incertezas inerentes ao processo de *design* e, ao mesmo tempo, melhorar suas habilidades para desenvolver soluções de alta qualidade e relevância para a sociedade (Dorta; Kinayoglu; Boudhraâ, 2016; Jimeno-Morenilla *et al.*, 2016; Camba; Soler; Contero, 2017; Damgrave; Lutters; Putnik, 2019; Koohgilani; Glithro; Bohemia, 2019; Evans; Soderlund, 2020; Halabi, 2020; Hamurcu; Timur; Rizvanoğlu, 2020; Jalil *et al.*, 2022; Mohamed; Sicklinger, 2022; Taylor, 2023; Rossoni *et al.*, 2024).

As ferramentas de modelagem 3D baseadas em RV oferecem uma experiência mais engajadora, agradável e colaborativa quando comparadas com o CAD tradicional, melhorando a usabilidade e a criatividade de seus usuários, mostrando-se promissoras para as fases conceituais do processo de design (Rahimian; Ibrahim, 2011; Lin; Hsu, 2017; Huang; Chen, 2019; Henrich *et al.*, 2021; Huang; Lin; Cai, 2021; Pan *et al.*, 2021; Hamad; Jia, 2022; Huang; Lee, 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud *et al.*, 2023; Lee; Chen, 2024; Siena *et al.*, 2024).

A adoção da RV na educação em *design* enfrenta desafios significativos – o esboço e a modelagem em RV são inerentemente mais complexos que os métodos tradicionais, exigindo habilidades visuoespaciais mais desenvolvidas e uma curva de aprendizado acentuada para novos usuários (Rahimian; Ibrahim, 2011; Lin; Hsu, 2017; Huang; Chen, 2019; Henrich *et al.*, 2021; Huang; Lin; Cai, 2021; Pan *et al.*, 2021; Hamad; Jia, 2022; Huang; Lee, 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud *et al.*, 2023; Lee; Chen, 2024; Siena *et al.*, 2024). Estudantes e instrutores expressam preocupação quanto ao potencial impacto negativo no desenvolvimento de habilidades manuais essenciais e no conhecimento de materiais, além de barreiras como a usabilidade das ferramentas e a falta de interação física proporcionada pelos dispositivos (González, 2018; Hamurcu, 2018; Zhang; Ranscombe, 2021; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Jindal; Mittal; Bansal, 2023; Zhang, 2023b; Jiawei; Mokmin; Shaorong, 2024; Díaz González *et al.*, 2025). Diante disso, torna-se essencial que os estudantes dominem as habilidades fundamentais do *design*, como o esboço tradicional, antes de se aprofundarem na complexidade das ferramentas digitais (Rahimian; Ibrahim, 2011; Lin; Hsu, 2017; Huang; Chen, 2019; Henrich *et al.*, 2021; Huang; Lin; Cai, 2021; Pan *et al.*, 2021; Hamad; Jia, 2022; Huang; Lee, 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud *et al.*, 2023; Lee; Chen, 2024; Siena *et al.*, 2024).



Quanto aos aspectos técnicos relacionados à RV, questões como a precisão (na qual o CAD tradicional ainda apresenta melhor desempenho), custos, dificuldades técnicas e enjoo de movimento representam desafios importantes a serem superados (Rahimian; Ibrahim, 2011; Lin; Hsu, 2017; Huang; Chen, 2019; Henrich *et al.*, 2021; Huang; Lin; Cai, 2021; Pan *et al.*, 2021; Hamad; Jia, 2022; Huang; Lee, 2022; Banerjee; Chowdhury; Yein, 2023; Chaniaud *et al.*, 2023; Lee; Chen, 2024; Siena *et al.*, 2024).

Por fim, a experiência educacional assume um papel crucial na formação das atitudes dos futuros profissionais de *design*, sendo fundamental que as instituições de ensino superior (IES) proporcionem acesso e treinamento adequados de ferramentas RV, permitindo assim que os estudantes atinjam um nível de proficiência necessário às demandas do ambiente profissional (González, 2018; Hamurcu, 2018; Zhang; Ranscombe, 2021; Hamurcu; Timur; Rizvanoglu, 2023; Jindal; Mittal; Bansal, 2023; Zhang, 2023b; Jiawei; Mokmin; Shaorong, 2024; Díaz González *et al.*, 2025). Nesse contexto, são imprescindíveis o desenvolvimento de currículos bem estruturados e a formulação de propostas metodológicas robustas que possam medir objetivamente o impacto da RV (Dorta; Kinayoglu; Boudhraâ, 2016; Jimeno-Morenilla *et al.*, 2016; Camba; Soler; Contero, 2017; Damgrave; Lutters; Putnik, 2019; Koohgilani; Glithro; Bohemia, 2019; Evans; Soderlund, 2020; Halabi, 2020; Hamurcu; Timur; Rizvanoğlu, 2020; Jalil *et al.*, 2022; Mohamed; Sicklinger, 2022; Taylor, 2023; Rossoni *et al.*, 2024), tendo como objetivo final consolidá-la como uma plataforma que permita colaboração e ofereça o equilíbrio necessário entre as interações nos mundos físico e virtual (Shih *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2021; Bernardo; Duarte, 2022; Zhang, 2023b; Zhang, 2023a; Liao, 2024; Nazlidou *et al.*, 2024).

REFERÊNCIAS

- BANERJEE, S.; CHOWDHURY, A.; YEIN, N. User experience evaluation of a virtual reality tool used for 3D modelling in industrial design education: A study in the Indian context. *Designs*, v. 7, n. 5, 2023.
- BERNARDO, N.; DUARTE, E. Immersive virtual reality in an industrial design education context: what the future looks like according to its educators. *Computer-Aided Design and Applications*, v. 19, n. 2, p. 238-255, 2022.
- BERNI, A.; BORGIANNI, Y. Applications of virtual reality in engineering and product design: why, what, how, when and where. *Electronics (Switzerland)*, v. 9, n. 7, p. 1-29, 2020.
- CAMBA, J. D.; SOLER, J. L.; CONTERO, M. Immersive visualization technologies to facilitate multidisciplinary design education. In: ZAPHIRIS P.; IOANNOU A. (ed.). *Lecture notes in computer science: including subseries lecture notes in artificial intelligence and lecture notes in nioinformatics*, 2017.



- CHANIAUD, N.; FLEURY, S.; POUSSARD, B.; CHRISTMANN, O.; GUITTER, T.; RICHIR, S. Is virtual reality so user-friendly for non-designers in early design activities? Comparing skills needed to traditional sketching versus virtual reality sketching. *Design Science*, v. 9, 2023.
- DAMGRAVE, R. G. J.; LUTTERS, E.; PUTNIK, G. D. Student driven learning in synthetic environments. *29TH CIRP Design Conference 2019*, v. 84, p. 341–346, 2019.
- DAVIES, K. S. Formulating the evidence based practice question: a review of the frameworks. *Evidence Based Library and Information Practice*, v. 6, n. 2, p. 75-80, 24 June 2011.
- DÍAZ GONZÁLEZ, E. M.; BELAROUSSI, R.; SOTO-MARTÍN, O.; ACOSTA, M.; MARTÍN-GUTIERREZ, J. Effect of interactive virtual reality on the teaching of conceptual design in engineering and architecture fields. *Applied Sciences (Switzerland)*, v. 15, n. 8, 2025.
- DORTA, T.; KINAYOGLU, G.; BOUDHRAË, S. A new representational ecosystem for design teaching in the studio. *Design Studies*, v. 47, p. 164-186, 2016.
- EVANS, P.; SODERLUND, C. New foundations: Craft, design, education and VR in the 21st century. In: BUCK, L.; BOHEMIA, E.; GRIERSON, H. (ed.). *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering and Product Design Education*. [S. l.]: The Design Society, 2020.
- GOLDSCHMIDT, G.; MATTHEWS, B. Formulating design research questions: a framework. *Design Studies*, v. 78, p. 101062, Jan. 2022.
- GONZÁLEZ, N. A. A. Development of spatial skills with virtual reality and augmented reality. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, v. 12, n. 1, p. 133-144, 2018.
- HALABI, O. Immersive virtual reality to enforce teaching in engineering education. *Multimedia Tools and Applications*, v. 79, n. 3-4, p. 2987-3004, 2020.
- HAMAD, A.; JIA, B. How virtual reality technology has changed our lives: an overview of the current and potential applications and limitations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 18, 2022.
- HAMURCU, A. User insights about using immersive virtual reality in industrial design studio courses. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MULTIDISCIPLINARY STUDIES AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES, 2., 2018, Ancara. *Proceedings [...]*. Ancara: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018.



- HAMURCU, A.; TIMUR, S.; RIZVANOGLU, K. A study on the adoption of virtual reality in industrial design education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, v. 16, n. 6, p. 900-913, 2023.
- HAMURCU, A.; TIMUR, Ş.; RIZVANOĞLU, K. An overview of virtual reality within industrial design education. *Journal of Engineering, Design and Technology*, v. 18, n. 6, p. 1889-1905, 2020.
- HENRICH, A.; SCHULTZE, T.; WEISBECKER, A.; RIEDEL, O.; ECONOMOU, D. (ed.). Integrating a teaching concept for the use of virtual reality in university teaching. In: ECONOMOU, D.; PENA-RIOS, A.; DENGEL, A.; DODDS, H.; MENTZELOPOULOS, M.; KLIPPEL, A.; ERENLI, K.; LEE, M. J. W.; RICHTER, J. (ed.). *Proceedings of 2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network, iLRN 2021*. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021.
- HUANG, H.; LEE, C. F. Factors affecting usability of 3D model learning in a virtual reality environment. *Interactive Learning Environments*, v. 30, n. 5, p. 848-861, 2022.
- HUANG, H.; LIN, C.; CAI, D. Enhancing the learning effect of virtual reality 3D modeling: a new model of learner's design collaboration and a comparison of its field system usability. *Universal Access in the Information Society*, v. 20, n. 3, p. 429-440, 2021.
- HUANG, Y. C.; CHEN, Y. R. The study of virtual reality product design in education learning. In: *ACM International Conference Proceeding Series, 2019*. [S. l.]: Association for Computing Machinery, 2019.
- JALIL, J. M. N.; BAZUA, A. C.; HERRAN, L. C. F.; CASTILLO, F. I. G.; KATASE, D. O.; VALENZUELA, O. A. G.; JEMNI M.; KALLEL I.; AKKARI A. (ed.). The virtual reality as a flexible resource to improve engineering education. In: JEMNI, M.; KALLEL, I.; AKKARI, A. (ed.). *IEEE Global Engineering Education Conference*. [S. l.]: IEEE Computer Society, 2022.
- JERALD, J. *The VR book: human-centered design for virtual reality*. New York: Association for Computing Machinery Morgan & Claypool Publishers, 2016.
- JIAWEI, W.; MOKMIN, N.; SHAORONG, J. Enhancing higher education art students' learning experience through virtual reality: a comprehensive literature review of product design courses. *Interactive Learning Environments*, v. 32, n. 10, p. 7399-7415, 25 Nov. 2024.
- JIMENO-MORENILLA, A.; SÁNCHEZ-ROMERO, J. L.; MORA-MORA, H.; COLL-MIRALLES, R. Using virtual reality for industrial design learning: a methodological



- proposal. *Behaviour and Information Technology*, v. 35, n. 11, p. 897-906, 2016.
- JINDAL, R.; MITTAL, S. K.; BANSAL, A. Engineering education and the use of virtual reality: idea and possibility. In: IEEE DELHI SECTION OWNED CONFERENCE, 2., 2023, Punjab, India. *Proceedings [...]*. Punjab, India: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023.
- KOOHGILANI, M.; GLITHRO, R.; BOHEMIA, E. Virtual reality as a teaching tool in engineering & design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND PRODUCT DESIGN EDUCATION: TOWARDS A NEW INNOVATION LANDSCAPE, 21., 2019, Glasgow. *Proceedings [...]*. Glasgow, 2019.
- LEE, N.; CHEN, C. H. Empowering studio design pedagogy through extended reality environment. In: GLOBAL CONFERENCE ON CONSUMER ELECTRONICS, 13., 2024, Kitakyushu. *Proceedings [...]*. Kitakyushu, Japan: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024.
- LIAO, R. Virtual reality technology in art education system. In: JAIN, L. C.; BALAS, V. E.; WU, Q.; SHI, F. (ed.). *Frontiers in artificial intelligence and applications*. [S. l.]: IOS Press BV, 2024.
- LIN, C. H.; HSU, P. H.; DETAND, J.; SELF, J. A.; RUXU, D.; GUNSING J. (ed.). Integrating procedural modelling process and immersive VR environment for architectural design education. In: DETAND, J.; SELF, J. A.; RUXU, D.; GUNSING, J. (ed.). *Matec web of conferences*. [S. l.]: EDP Sciences, 2017.
- LIU, K.; TAN, B.; KARRI, R.; GARG, S. Training data poisoning in ML-CAD: Backdooring DL-based lithographic hotspot detectors. *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, v. 40, n. 6, p. 1244-1257, 2021.
- MOHAMED, T. I.; SICKLINGER, A. An integrated curriculum of virtual/augmented reality for multiple design students. *Education and Information Technologies*, [s. l.], v. 27, n. 8, p. 11137-11159, 2022.
- MUHANNA, M. A. Virtual reality and the CAVE: taxonomy, interaction challenges and research directions. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, v. 27, n. 3, p. 344-361, July 2015.
- NAZLIDOU, I.; EFKOLIDIS, N.; KAKOULIS, K.; KYRATIS, P. Innovative and interactive technologies in creative product design education: a review. *Multimodal Technologies and Interaction*, v. 8, n. 12, 2024.
- NISHIKAWA-PACHER, A. Research questions with PICO: a universal mnemonic. *Publications*, v. 10, n. 3, p. 21, 22 June 2022.



- PAN, X.; HABERKORN, A.; ALLEBACH, J. P.; FAN, Z.; LIN, Q. Interactive 3D modeling with virtual reality. *IS and T International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology*, 2021.
- RAHIMIAN, F. P.; IBRAHIM, R. Impacts of VR 3D sketching on novice designers' spatial cognition in collaborative conceptual architectural design. *Design Studies*, v. 32, n. 3, p. 255-291, May 2011.
- RICHARDSON, W. S.; WILSON, M. C.; NISHIKAWA, J.; HAYWARD, R. S. A. The well-built clinical question: a key to evidence-based decisions. *ACP Journal Club*, v. 123, n. 3, p. A12-A13, Dec. 1995.
- ROSSONI, M.; SPADONI, E.; CARULLI, M.; BARONE, C.; COLOMBO, G.; BORDEGONI, M. Virtual reality in education to enable active learning and hands-on experience. *Computer-Aided Design and Applications*, v. 21, n. 2, p. 258-269, 2024.
- RUBIO-TAMAYO, J.; BARRIO, M. G.; GARCÍA, F. G. Immersive environments and virtual reality: systematic review and advances in communication, interaction and simulation. *Multimodal Technologies and Interaction*, v. 1, n. 4, p. 21, 27 Sept. 2017.
- SHIH, S. L.; OU, S. J.; HUANG, Y. C.; MU, Y. C. The difficulties and countermeasures of applying virtual reality to industrial design education. In: *ACM International Conference Proceeding Series*. [S. l.]: Association for Computing Machinery, 2019.
- SIENA, F. L.; MALCOLM, R.; KENNEA, P.; STEWART, J.; CUTTS, A.; BOHEMIA E. *et al.* (ed.). The trajectory of design sketching: an inquiry into educational pathways, higher education transitions & design sketching syllabus development for 1st year product design students. In: BOHEMIA, E.; BOHEMIA, E.; BUCK L.; GRIERSON, H.; KIM, J.; STORER, I.; WHITEHEAD, T. (ed.). *Proceedings of the 26th International Conference on Engineering and Product Design Education: Rise of the Machines: Design Education in the Generative AI Era, E and PDE 2024*. [S. l.]: The Design Society, 2024.
- SVIDT, K.; SØRENSEN, J. B. Development of a virtual reality solution for end user involvement in interior design. In: *ECAADE 2016: COMPLEXITY & SIMPLICITY*, 2016, Oulu, Finland. *Anais [...]*. Oulu, Finland: [S. n.], 2016. p. 541-546.
- TAMAYO, J. L. R. Realidad extendida, interactividad y entornos inmersivos 3d: Revisión de la literatura y proyecciones. In: *CONGRESO INTERNACIONAL CIUDADES CREATIVAS*, 7., 2019, Cartagena de Indias. *Actas Icono 14 [...]*. Cartagena de Indias: [S. n.], abr. 2019. v. 1, p. 396-415.



- TAYLOR, A. Designing with virtual environments: exploring object attachment through digital interaction. In: ORDONEZ PIZARRO, I.; SUSTERSIC, P.; BUCK, L.; GRIERSON, H.; BOHEMIA, E. (ed.). *Proceedings of the 25th International Conference on Engineering and Product Design Education: Responsible Innovation for Global Co-Habitation*. [S. l.]: The Design Society, 2023.
- WANG, X.; TSAI, J.; WANG, X. *Collaborative design in virtual environments*. New York: Springer, 2011.
- ZHANG, F. Teaching reform of cultural and creative product design based on virtual reality (VR) technology. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, v. 18, n. 2, p. 1-15, 2023b.
- ZHANG, M. Development of furniture design teaching system based on virtual reality technology. In: XIONG, Z.; HE, R. (ed.). *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. [S. l.]: SPIE, 2023a.
- ZHANG, W.; RANSCOMBE, C. Embracing new visualisation tools in education: how the learning experience of digital sketching influences its use in design practice. *Proceedings of the Design Society*. Cambridge University Press, 2021.
- ZHANG, W.; RANSCOMBE, C.; PIUMSOMBOON, T.; MALLYA, P. What determines VR integration in design practice? An investigation of industrial designer's acceptance of VR visualisation tools. In: OTTO, K. (ed.). *Proceedings of the Design Society*. Cambridge University Press, 2023.

