

Uso da realidade aumentada no ensino de projeto de engenharia civil

usjt
arq.urb

número 36 | jan - abr de 2023

Recebido: 11/02/2023

Aceito: 31/03/2023

DOI: <https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi36.645>

Use of augmented reality in the teaching of civil engineering design

Vinícius Francis Braga de Azevedo¹, Hiran Ferreira de Lira², Andréa Benício de Moraes³,
Bianca Vasconcelos⁴



Universidade de Pernambuco, Brasil^{1,2,3,4}, e-mail: vinicius.francis.ba@gmail.com¹, hiranferreira@poli.br², andrea@poli.br³, bianca.vasconcelos@upe.br⁴

Palavras-chave:

Aprendizagem móvel.
Tecnologia educacional. Visualização tridimensional.

Keywords:

Mobile learning.
Educational technology.
Three-dimensional visualization.

Resumo

O aumento da complexidade nos projetos de engenharia trouxe a necessidade do uso de novos métodos de ensino de projetos, nos cursos de Engenharia Civil. Com o desenvolvimento tecnológico e a evolução das formas de representação e estudo de projetos de Engenharia, tornou-se possível o emprego de novas ferramentas para visualização de projetos, dentre as quais, a Realidade Aumentada (RA). Esse estudo teve como objetivo, realizar uma revisão sistemática da literatura sobre uso da RA como ferramenta para auxiliar o ensino de projeto, no curso de Engenharia Civil. A identificação dos artigos foi realizada em oito bases de dados, resultando em 2.062 artigos. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 14 artigos foram incluídos para o estudo. A pesquisa evidenciou que apesar do uso da RA possuir grande potencial de impacto no ensino de projeto de Engenharia Civil, essa tecnologia ainda é pouco utilizada em sala de aula, necessitando aprimoramento de softwares e equipamentos. Ademais, a presente revisão sistemática indica possibilidades de uso e limitações da RA, tornando-se uma base para auxiliar a estruturação de futuras pesquisas aplicadas na área.

Abstract

The increase in complexity in engineering projects has brought the need to use new methods of teaching projects in civil engineering courses. With the technological development and the evolution of the forms of representation and study of engineering projects, it became possible to use new tools for project visualization, among which, the Augmented Reality (AR). This study aimed to carry out a systematic review of the literature on the use of AR as a tool to help design teaching in the civil engineering course. The identification of articles was performed in eight databases, resulting in 2,062 articles. After applying the eligibility criteria, only 14 articles were included in the study. The research showed that despite the use of AR has great potential for impact on teaching civil engineering design, this technology is still little used in the classroom, requiring improvement of software and equipment. Furthermore, the present systematic review indicates possibilities of use and limitations of AR, becoming a basis to help structure future research applied in the area.

Introdução

Os projetos de Engenharia são documentos fundamentais para a construção civil, sendo base para o planejamento da obra, através de soluções técnicas que visam integrar a segurança (VELOSO; DE SOUZA, 2018; YUAN et al., 2019), conforto (COVALESKI et al., 2021; TAGLIARI; FLORIO, 2019), economia (YANO; DE MELO MOURA, 2021), acessibilidade (MULLIGAN; CALDER; MULLIGAN, 2018; KAROL; SMITH, 2019) e sustentabilidade (GONÇALVES et al., 2021). Em sua representação convencional, os elementos de uma construção são representados em um plano bidimensional por meio de projeções ortogonais.

Com o aumento da complexidade dos projetos de Engenharia, a necessidade de visualização implicou na busca por novas formas de representação e/ou visualização de projetos (KOWALTOWSKI et al., 2006). Essa demanda, aliada ao desenvolvimento tecnológico, possibilitou a elaboração de softwares, que utilizam interface tridimensional, voltados para o desenvolvimento e representação de projetos (ZARDO; MUSSI; SILVA, 2020).

Por proporcionar novas formas de percepção espacial, o emprego de tecnologias com interface tridimensional para a concepção e representação de projetos não se limita ao âmbito profissional, em que o projeto é visto como produto, mas também pode ser explorado no âmbito educacional (OLMOS-NOGUERA; RENARD-JULIÁN, 2022). Com o auxílio de ferramentas 3D, torna-se possível trazer ao aluno uma visão mais ampla do projeto, enriquecendo a visualização dos detalhes e facilitando o processo de aprendizagem (DOS SANTOS et al., 2021; SOUTO; DE CONTO, 2021).

O estudo de projetos, através de uma interface de visualização, já é uma necessidade em sala de aula (BORGES; LIMA; BARROS NETO, 2021). Esse carecimento é provocado porque parte dos alunos do curso de Engenharia Civil possui dificuldade em desenvolver a percepção espacial em projetos bidimensionais. Nesse sentido, tecnologias que fazem uso de interface tridimensional para visualização de projetos, como o Building Information Modeling (BIM) e a Realidade Aumentada (RA) podem auxiliar no desenvolvimento da percepção espacial em projetos de Engenharia (AZEVEDO; MORAES; LIRA, 2021; VASCONCELOS; GERMANO, 2023).

A RA é uma das principais tendências na área da tecnologia, sendo principalmente utilizada para jogos, mas seu uso também vem se estendendo para auxiliar o ensino em instituições de ensino de nível superior (SEIDAMETOVA; ABDURAMANOV; SEYDAMETOV, 2021). Através da RA, é possível visualizar elementos virtuais no mundo real, em tempo real (MEDEIROS; FIGUEIRA; VASCONCELOS, 2022).

Essa tecnologia se desenvolve constantemente e já há softwares para uso em equipamentos portáteis, facilitando o seu uso em sala de aula (FREITAS; RUSCHEL, 2015).

O uso da RA em sala de aula pode contribuir para o aumento da motivação, estimulando a busca pelo aprendizado (ANUAR; NIZAR; ISMAIL, 2021). Em pesquisas envolvendo o uso dessa tecnologia em sala de aula, autores evidenciaram a unanimidade dos alunos em relação ao desejo de que a RA possa estar mais presente no ensino da faculdade, visando fazer parte da sua formação profissional (JÚNIOR ADAURI et al., 2020).

A RA é um campo vasto e o desenvolvimento de pesquisas envolvendo essa tecnologia no âmbito educacional ainda é limitado, havendo necessidade da realização de revisões sistemáticas que busquem estudar inovações pedagógicas e/ou tecnológicas acerca da RA, relevantes ou influentes no ensino de Engenharia, assim como que identifiquem as barreiras encontradas para a sua adoção em sala de aula (GARCÍA et al., 2022).

Tendo em vista o potencial da RA na eficácia do ensino de projeto de engenharia e estar cada vez sendo mais adotada pelas instituições de ensino, o presente artigo teve como objetivo, analisar possibilidades de uso da RA no ensino de projeto no âmbito da engenharia civil, por meio de uma revisão sistemática da literatura.

Referencial teórico

Realidade Aumentada

O primeiro software de RA foi desenvolvido por Ivan Sutherland, em 1965 (LE et al., 2021). O software produzia elementos bidimensionais em um computador, transmitindo-os a um usuário, através de um monitor acoplado em sua cabeça, cuja ideia principal era apresentar imagens em perspectiva que se animavam de acordo com o movimento da cabeça, causando um efeito visual que o observador percebe as imagens com três dimensões (SUTHERLAND, 1968).

O termo “realidade aumentada” foi utilizado pela primeira vez em um artigo de 1992, por dois pesquisadores da Boeing Company (SÜNGER; ÇANKAYA, 2019). Eles desenvolveram uma ferramenta para reduzir custos de operação e melhorar a eficiência de trabalhadores em uma fábrica de montagem de aeronaves, auxiliando em funções como visualizar em RA, a localização de onde deverão ser realizados furos em peças de trabalho, assim como visualizar um texto ao lado indicando sua profundidade e o tamanho da broca. Foi com base na ideia de que essa tecnologia possibilita aumentar o campo visual com informações gráficas que auxiliem o desenvolvimento da tarefa, que os autores a nomearam de realidade aumentada (CAUDELL; MIZELL, 1992).

A RA é uma tecnologia que teve seu desenvolvimento embasado na Realidade Virtual (RV) (CHIANG; SHANG; QIAO, 2022). Enquanto a RV é uma interface que possibilita a imersão do usuário em um mundo virtual sintético e é capaz de visualizar, se locomover e interagir com o ambiente em tempo real (LI et al., 2018), a RA representa elementos virtuais no espaço físico, mantendo o usuário no mundo real e o possibilitando interagir com os elementos virtuais (CHIANG; SHANG; QIAO, 2022; LAGHARI et al., 2021).

Desde 2010 a RA vem evoluindo, sendo aplicada em diversas áreas, como na saúde, marketing, educação, turismo, jogos e arquitetura (REIS; ALVES; CARREIRA, 2019). Ademais, softwares e ferramentas vêm sendo desenvolvidos e aprimorados para o uso da RA. De acordo com o tipo de ferramenta utilizada para a visualização, a RA pode ser classificada em quatro sistemas: sistema de visão ótica direta, sistema de visão direta por vídeo, sistema de visão por vídeo baseado em monitor e sistema de visão ótica por projeção (KIRNER; ZORZAL, 2005). As características desses sistemas são descritas na Figura 1.

Sistema	Descrição
Sistema de visão ótica direta.	O sistema de visão ótica direta utiliza capacetes ou óculos com lentes que obtêm a imagem em tempo real e misturam com elementos virtuais, de modo a transmitir a realidade aumentada diretamente ao usuário.
Sistema de visão direta por vídeo.	O sistema de Visão Direta por Vídeo utiliza capacetes com pequenas câmeras acopladas, que captam a imagem do ambiente real e por meio de um computador. São inseridos modelos virtuais na cena e são apresentados através de um monitor no capacete.
Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	O sistema de visão direta por vídeo baseado em monitor utiliza uma câmera para capturar a cena real e misturar com os elementos virtuais gerados por computador, apresentando a realidade aumentada em um monitor, sendo comumente utilizado em smartphones ou tablets.
Sistema de visão ótica por projeção.	O sistema de Visão Ótica por Projeção utiliza um projetor que atua em superfícies do ambiente real, não havendo necessidade do usuário utilizar dispositivos móveis para auxiliar na visualização.

Figura 1: tipos de sistema de realidade aumentada. **Fonte:** adaptado de Kirner e Zorzal (2005). Uso da Realidade Aumentada no ensino

Por se aproximar do espaço real, aumentando e enriquecendo os detalhes do meio com elementos virtuais, a RA vem sendo utilizada como aliada em diversos estudos na área da educação (JANG et al., 2021), no entanto, sua implementação como uma plataforma de ensino em cursos de nível superior está em fases iniciais (MARKS; THOMAS, 2022).

A RA pode ser utilizada em aplicações para o ensino de diversas áreas do conhecimento. Na área das ciências da saúde, estudos foram desenvolvidos com a RA para auxiliar na visualização da fisiologia do corpo humano (BORK et al., 2021) e no treinamento de cirurgias complexas (KOOVOR; GUPTA; GLADMAN, 2021). Na área das Engenharias, estudos feitos com RA buscaram facilitar a compreensão de sistemas mecânicos (SCARAVETTI; FRANÇOIS, 2021). Na área das ciências biológicas, pesquisas foram desenvolvidas para auxiliar no estudo de células de animais e vegetais (EL KOUZI; BANI-TAHA; MCARTHUR, 2019). No âmbito das ciências exatas, estudos foram realizados com RA para auxiliar o ensino de geometria (KAVIYARAJ; UMA, 2022). E nas ciências humanas, estudos demonstraram que com visualização de objetos históricos em RA, foi possível facilitar a compreensão de disciplinas de história (DA SILVA; RUFINO, 2021).

O uso da RA no ensino possibilita impactos positivos em sala de aula. Estudos indicaram que a possibilidade de fornecer interação com os elementos tridimensionais contribui com o processo de ensino aprendizagem. (MORALES et al., 2022; TURKAN et al., 2017), gerando motivação nos alunos, adequação às novas tecnologias e o estímulo da percepção de elementos tridimensionais (LOW; POH; TANG, 2022; PAPAPOSTAS et al., 2022; JÚNIOR ADAURI et al., 2020; FONSECA et al., 2014). Além disso, programas de RA que utilizam o sistema de visão por vídeo baseado em monitor, utilizados com auxílio de dispositivos móveis, como celulares e tablets, podem ser facilmente empregados nas instituições de ensino, por não demandarem um alto investimento com infraestrutura (SCORTEGAGNA; GONÇALVES, 2018).

Ademais, a RA é uma tecnologia que pode auxiliar o emprego de metodologias ativas de ensino em sala de aula, de modo presencial ou à distância (DE SÁ FILHO; DA SILVA DIAS, 2019). As metodologias ativas de ensino permitem que os alunos sejam protagonistas do seu aprendizado, concedendo ao professor a função de guiar e facilitar a aprendizagem dos estudantes (BHAT et al., 2020). As inovações tecnológicas, atreladas ao uso dessas metodologias podem proporcionar melhorias no processo de ensino-aprendizagem tecnológicas (MAZIERO, 2018; MATTANA; SOUZA, 2022).

Metodologia

O presente artigo se embasou nas diretrizes da declaração dos Itens de relatórios Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-análises – PRISMA (PAGE et al.,

2021). E para proporcionar seu desenvolvimento, foi estruturado um protocolo de pesquisa, indicado na Figura 2, onde foram especificadas informações necessárias para o desenvolvimento da revisão sistemática. Durante a produção do protocolo, utilizou-se a ferramenta State-of-the-Art through Systematic Review (StART) (DE MORAIS GOUVEIA et al., 2021) e para auxiliar na definição das palavras-chave utilizadas na busca, utilizou-se a estratégia PICO (AKOBENG, 2005).

Item	Conteúdo
Objetivo	Analisar possibilidades de uso da RA no ensino de projeto no âmbito da engenharia civil.
Resultados esperados	Obter um panorama de como a RA está sendo utilizada para auxiliar o ensino de projeto no curso de engenharia civil, indicando suas possibilidades de uso e limitações, de modo a contribuir no desenvolvimento de futuras pesquisas aplicadas na área.
Palavra-chave	<i>Engineering education, education, augmented reality, architecture design, structural design, electrical design e plumbing design.</i>
Idiomas	Português, inglês e espanhol.
Bases de dados	<i>ASCE Library, Engineering Village, Science Direct, Scopus, Springer Link, Taylor & Francis, Web of Science e Wiley Online Library.</i>
Critérios de inclusão	CI1: artigos de periódicos e congressos que possuam a temática de uso de realidade aumentada como ferramenta para auxiliar o ensino de projeto no curso de engenharia civil.
Critérios de exclusão	CE1: artigos que não possuam palavras-chave da pesquisa no título e resumo das literaturas pesquisadas; CE2: artigos que não possuam vínculo das aplicações da RA ao ensino de projeto; CE3: artigos com indisponibilidade de acesso pelo PROXY da universidade; CE4: artigos de revisão sistemática da literatura.
Questões da pesquisa	P1: quais são as possibilidades de uso da RA no ensino de projeto no curso de engenharia civil? P2: quais softwares e equipamentos são mais utilizados para o ensino de projeto no curso de engenharia civil? P3: quais as contribuições do uso da realidade aumentada para o ensino de projeto no curso de engenharia civil? P4: quais os desafios do uso da realidade aumentada para o ensino de projeto no curso de engenharia civil? P5: como o uso da RA em sala de aula promove facilidade no aprendizado de projeto?
Item	Conteúdo
	P6: como as instituições de ensino lidam para tornar o uso da RA em sala de aula mais acessível?

Figura 2: protocolo de pesquisa. Fonte: autores.

Com base no PRISMA, a pesquisa foi desenvolvida em quatro fases: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão. Na fase da identificação, foram utilizadas as palavras-chave combinadas com operadores booleanos “AND” e “OR”, para definir a string de busca: (“engineering education” OR education) AND (“augmented reality”) AND (“architecture design” OR “structural design” OR “electrical design” OR “plumbing design”). Para a definição das bases de dados, buscou-se identificar bases internacionais que possuam relevância para a área da Engenharia Civil e possuam periódicos com artigos indexados. Seguindo esses critérios, foram contempladas 8 bases de dados para a pesquisa: ASCE Library, Engineering Village, Science Direct, Scopus, Springer Link, Taylor & Francis, Web of Science e Wiley Online Library. Ainda na fase da identificação, utilizou-se a string de busca para obter resultados de pesquisa nas bases de dados.

Na fase da seleção, foram utilizados filtros automáticos das bases de dados para limitar seus resultados apenas para artigos de pesquisa, excluindo livros, enciclopédias, correspondências, editoriais, comunicados e outros documentos, bem como, restringiu-se a busca para artigos que estejam publicados em português, inglês e espanhol. Para filtrar os artigos não duplicados, utilizou-se o Microsoft Excel para realizar o processo manualmente, comparando os resultados das oito bases de dados.

Na fase da elegibilidade, através da leitura do título e resumo dos artigos foram excluídos artigos que não possuíam as palavras-chave definidas para a presente revisão sistemática (CE1) e pesquisas que não possuíam aplicação da RA vinculada ao ensino de projeto no curso de Engenharia Civil (CE2), artigos com indisponibilidade pelo PROXY da Universidade (CE3) e artigos de revisão sistemática da literatura (CE4). Após essa fase, os artigos remanescentes foram incluídos para análise quantitativa e qualitativa.

Resultados e discussões

Análise quantitativa dos resultados

Na fase da identificação, foram encontrados inicialmente 2.062 resultados, conforme ilustrado na Figura 1. Foram encontrados 308 resultados utilizando a base de dados Science Direct, 25 na Engineering Village, 20 na Scopus, 15 na Web of Science, 33 na ASCE Library, 1510 na Springer Link, 63 na Wiley Online Library e 88 na Taylor & Francis. Em seguida, na fase da seleção dos trabalhos, ao restringir apenas artigos em português, inglês ou espanhol e excluir os duplicados, ficaram 505 artigos para a fase da elegibilidade, onde se atribuíram os quatro critérios de exclusão descritos no protocolo de pesquisa. Após essa fase, foram incluídos 14 artigos para a síntese qualitativa, como consta na Figura 3. Dentre os artigos selecionados, quatro deles foram encontrados em duas bases de dados distintas.

A quantidade de artigos selecionados por base de dados foi: Scopus (6), ASCE Library (3), Engineering Village (3), Science Direct (2), Web of Science (2), Springer Link (1) e Taylor & Francis (1).

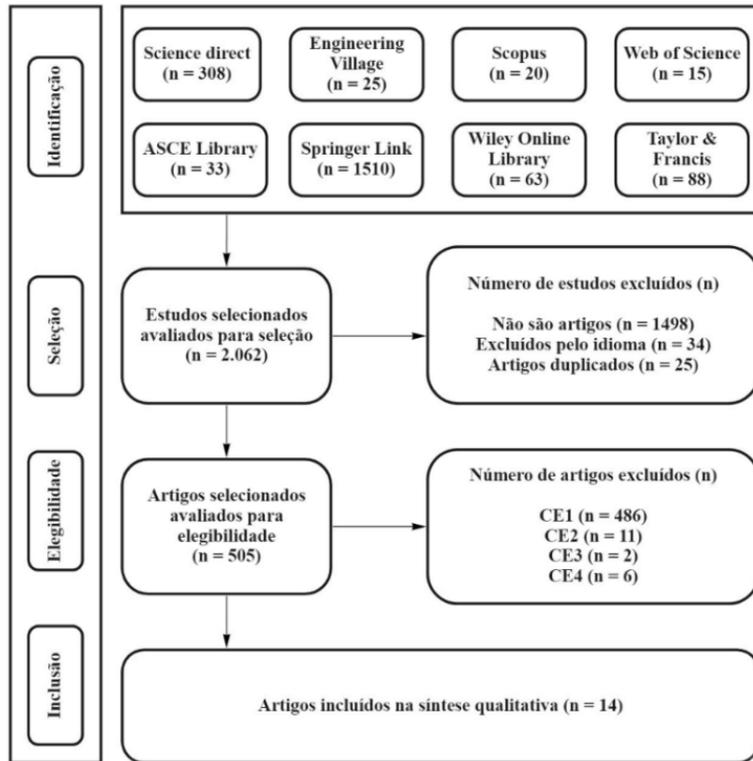


Figura 3: diagrama de fluxo para revisão da literatura. Fonte: autores.

A Figura 4 mostra a relação entre o número de artigos selecionados e a quantidade de resultados obtidos em cada uma das bases de dados utilizadas, permitindo identificar quais são as mais eficientes para o tema de pesquisa. A Scopus foi a base de dados que obteve uma maior eficiência, com 30,00% dos seus resultados de busca selecionados para a síntese qualitativa, seguido pela Web of Science (13,33%), Engineering Village (12,00%), ASCE Library (9,09%), Taylor & Francis (1,14%), Science Direct (0,64%) e Springer Link (0,07%). A base de dados Wiley Online Library não possuiu artigos selecionados pelos critérios de seleção e elegibilidade.

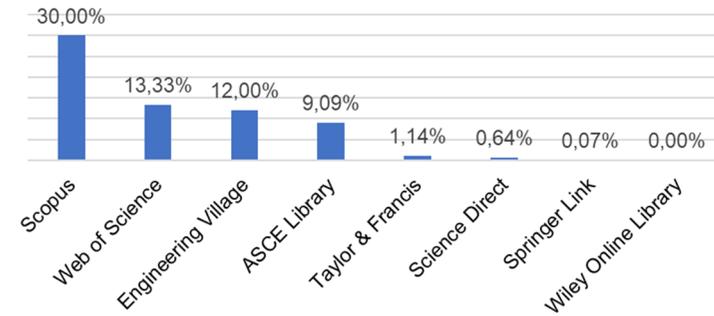


Figura 4: eficiência das bases de dados. Fonte: autores.

Acerca da análise do período de publicação dos artigos incluídos na pesquisa, indicada na Figura 5, é possível perceber que os anos de 2020 e 2022 se destacam como períodos de maior produção, com três artigos publicados em cada um deles. Porém, em um panorama geral, verifica-se que a temática da pesquisa ainda é um assunto com vastos campos a serem explorados.

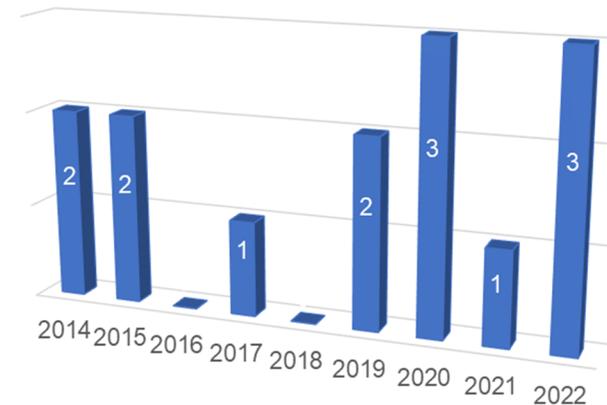


Figura 5: período de publicação. Fonte: autores.

A Figura 6 indica a relação dos países onde ocorreram as aplicações das pesquisas. Verifica-se que o EUA se destaca, possuindo maior aplicação de RA para auxiliar o ensino de projeto no âmbito da engenharia civil.

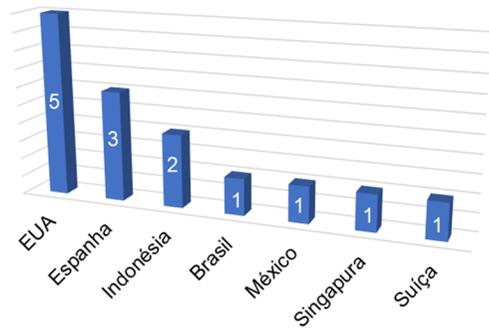


Figura 6: país de aplicação da pesquisa. Fonte: autores.

Na Figura 7 é apresentada a relação das palavras-chave presentes nos artigos da análise qualitativa. Dentre as maiores recorrências, têm-se os termos: realidade aumentada (7), aprendizagem móvel (2), visualização espacial (2), projeto estrutural (2), experiência do usuário (2) e realidade virtual (2). Ademais, percebe-se uma grande variedade de palavras-chave, destacando-se benefícios que a RA auxilia a desenvolver em sala de aula, como visualização tridimensional e motivação acadêmica, além da indicação de áreas de aplicação dessa tecnologia, como no projeto arquitetônico, projeto estrutural, construção e Engenharia Civil. A amplitude de palavras-chaves encontradas pode favorecer o aprofundamento de futuras pesquisas em temáticas mais específicas envolvendo o uso de RA.

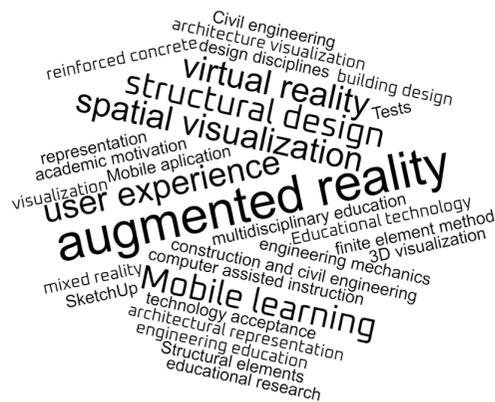


Figura 7: nuvem de palavras-chave. Fonte: autores.

Análise qualitativa dos resultados

Na Figura 8, há a representação sintetizada dos 14 estudos selecionados na pesquisa.

No	Referência	Sistema RA utilizado	Curso(s)	Equipamento utilizado para RA	Software utilizado para RA	Campo de aplicação da RA
1	Camba, Soler e Contero (2017)	Sistema de visão ótica direta.	Design industrial, Arquitetura e Arquitetura de interiores.	Oculus Rift e Microsoft Hololens.	Não indica.	Auxiliar a visualizar projeto arquitetônico.
2	Chacón, Claire e Coss (2020)	Sistema de visão ótica direta.	Engenharia civil.	Microsoft Hololens.	Vuforia Software Development Kit.	Auxiliar a visualizar elementos estruturais e/ou seus esforços internos.
3	Domínguez et al. (2014)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Arquitetura, Ciência e Tecnologia da Construção Civil, Gestão e valorização urbana e Arquitetura, Ciência e tecnologia da Gestão da construção civil.	Celular.	Ar_media, Junaio, build AR, U-AR e Layar.	Auxiliar a visualizar intervenções na paisagem urbana, processos construtivos e projeto arquitetônico.
4	Firdaus, Widians e Padant (2019)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Ciência da computação e tecnologia da informação.	Celular.	Vuforia + Unity 3D.	Auxiliar a visualizar projeto arquitetônico.
5	Fonseca et al. (2014)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Arquitetura e engenharia de edifícios.	Celular.	Junaio.	Auxiliar a visualizar projeto arquitetônico.

Figura 8: artigos selecionados para revisão sistemática da literatura. Fonte: autores. (parte 1)

No	Referência	Sistema RA utilizado	Curso(s)	Equipamento utilizado para RA	Software utilizado para RA	Campo de aplicação da RA
6	González (2015)	Sistema de visão direta por vídeo baseado em monitor.	Arquitetura e Desenho Industrial.	Celular.	AR Average, buildAR e Aumentat y Author.	Auxiliar a visualizar geometria descritiva.
7	Hartless et al. (2020)	Sistema de visão ótica direta.	Gerenciamento de construção e engenharia de construção.	Microsoft Hololens.	Unity.	Auxiliar a visualizar projeto arquitetônico.
8	Hu, Goh e Lin (2021)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Programa de Gerenciamento de Projetos e Instalações.	Celular.	Realidad e Virtual e Aumenta da para Estrutura s (VARS).	Auxiliar a visualizar elementos estruturais e/ou seus esforços internos.
9	Kraus, Čustović e Kaufmann (2022)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Graduação, mestrado e doutorado de Engenharia Civil e Arquitetura.	Celular.	Struct-MRT.	Auxiliar a visualizar elementos estruturais e/ou seus esforços internos.
10	Mello e Almenara (2020)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Engenharia Civil.	Celular.	Sketchfab.	Auxiliar a visualizar elementos estruturais e/ou seus esforços internos.

Figura 8: artigos selecionados para revisão sistemática da literatura. Fonte: autores.(parte 2)

No	Referência	Sistema RA utilizado	Curso(s)	Equipamento utilizado para RA	Software utilizado para RA	Campo de aplicação da RA
11	Shirazi e Behzadan (2015)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Engenharia civil e construção.	Celular.	Junaio.	Auxiliar a visualizar processos construtivos.
12	Shrestha e Shanchung (2022)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Graduação e pós-graduação de Engenharia.	Celular.	Vuforia + Unity 3D.	Auxiliar a visualizar elementos estruturais e/ou seus esforços internos.
13	Yehia et al. (2022)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Engenharia Civil.	Celular.	STRUCT-AR + Unity.	Auxiliar a visualizar elementos estruturais e/ou seus esforços internos.
14	Wulandari et al. (2019)	Sistema de visão por vídeo baseado em monitor.	Engenharia civil e planejamento.	Celular.	Unity.	Auxiliar a visualizar processos construtivos.

Figura 8: artigos selecionados para revisão sistemática da literatura. Fonte: autores.(parte 3)

A análise qualitativa foi organizada nos tópicos indicados a seguir, de modo a elencar discussões de autores acerca do emprego da RA em sala de aula, assim como os desafios e impactos evidenciados no ensino.

Sistemas, softwares e equipamentos utilizados

A Figura 9 indica a relação dos softwares de RA utilizados nas pesquisas. O Unity se destaca como o mais utilizado, se caracterizando como um software de motor de jogo multiplataforma, podendo criar simulações para uso em diversos dispositivos, como computador e celular (FIRDAUS; WIDIANS; PADANT, 2019; SHRESTHA; SHAN; CHUNG, 2022).

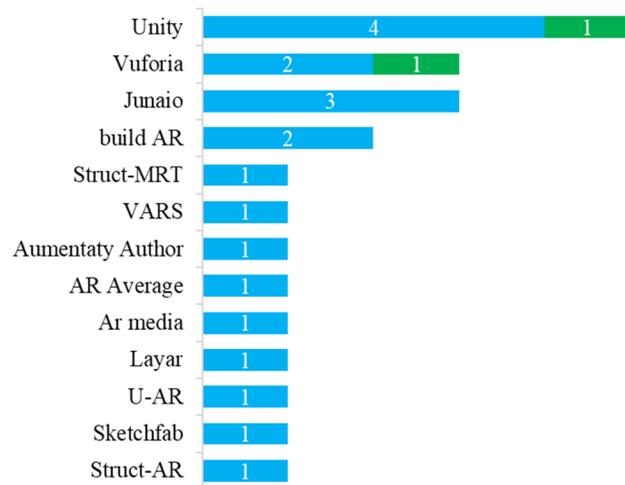


Figura 9: softwares de RA mais utilizados. Fonte: autores.

Acerca dos sistemas utilizados para a obtenção da experiência em RA, onze pesquisas utilizaram o sistema de visão por vídeo baseado em monitor, enquanto três optaram pelo uso sistema de visão ótica direta. O sistema de visão ótica direta foi adotado em estudos de caso a partir do ano de 2017, utilizando o Oculus Rift e Hololens da Microsoft como equipamento (CAMBA; SOLER; CONTERO, 2017; CHACÓN; CLAURE; COSS, 2020; HARTLESS et al., 2020). Esse sistema se difere do sistema de visão por vídeo baseado em monitor, por conseguir fornecer ao usuário uma maior imersão na RA, visto que seu uso é através de óculos com capacidade de visualizar a RA em tempo real.

Apesar do sistema de visão ótica direta fornecer uma maior imersão ao usuário, o peso do equipamento sob a cabeça pode prejudicar a experiência, além do hardware utilizado possuir baixa extensão de visibilidade, sendo possível observar apenas elementos virtuais próximos ao observador (HARTLESS et al., 2020). Em relação ao custo, o hardware utilizado para o sistema de visão ótica direta ainda é oneroso. Em contrapartida, ao utilizar celulares ou tablets para o sistema de visão direta por vídeo baseado em monitor, consegue-se obter um resultado semelhante ao sistema de visão ótica direta, porém com um custo reduzido (CAMBA; SOLER; CONTERO, 2017; CHACÓN; CLAURE; COSS, 2020; KRAUS; ČUSTOVIĆ; KAUFMANN, 2022; SHRESTHA; SHAN; CHUNG, 2022).

Apesar dos hardwares de sistema de visão ótica direta serem mais recentes, fornecerem uma tecnologia mais moderna e maior interação com os modelos, ainda possuem aperfeiçoamentos a serem realizados, portanto, a depender do tipo de proposta do uso da RA, pode ser mais vantajoso utilizar o sistema de visão por vídeo baseado em monitor, através do uso de celulares ou tablets.

Acerca da acessibilidade da RA em sala de aula

Apesar do sistema de visão por vídeo baseado em monitor possuir um custo reduzido em relação ao sistema de visão ótica direta, autores constataram limitações do uso desse sistema em sala de aula, evidenciando que 22,3% dos estudantes que participaram de uma experiência envolvendo RA não tinham aparelho adequado para uso do software (MELLO; ALMENARA, 2020). Em outra pesquisa, indicou-se que 7% dos alunos não possuem facilidade de acesso a smartphone ou tablet para uso em atividades diárias (SHIRAZI; BEHZADAN, 2015). Ademais, os alunos que possuem acesso aos dispositivos móveis, não necessariamente possuem compatibilidade com as ferramentas RA (HU; GOH; LIN, 2021).

Para reduzir os problemas de acesso à tecnologia de RA em sala de aula, autores buscaram fornecer equipamentos para os alunos durante as experiências (HARTLESS et al., 2020; CHACÓN; CLAURE; COSS, 2020; HU; GOH; LIN, 2021). Além disso, ao realizar um desenvolvimento de RA para fins de aprendizagem, é importante realizar uma pesquisa para conhecer se os dispositivos móveis dos alunos possuem compatibilidade com o software de RA utilizado, e caso for necessário, planejar um orçamento para dispositivos sobressalentes (HU; GOH; LIN, 2021; KRAUS; ČUSTOVIĆ; KAUFMANN, 2022; YEHA et al., 2022).

Outra solução para reduzir os problemas de acessibilidade, é proporcionar atividades envolvendo RA em sala de aula que possibilitem a formação de grupos, para que os alunos que possuam dispositivo móvel compatível com a RA, possam compartilhar o acesso da RA com os alunos que não possuam dispositivos móveis compatíveis com a ferramenta (DOMÍNGUEZ et al., 2014; MELLO; ALMENARA, 2020).

Outra forma de auxiliar a inclusão da RA em sala de aula é buscar o uso de versões de softwares gratuitos ou com versão estudantil, que podem reduzir o impacto econômico no uso da tecnologia (FONSECA et al., 2014).

Além da disponibilidade de acesso, também há preocupação com a facilidade de acesso, sendo recomendado utilizar a RA em modelos mais leves, pois modelos grandes demandam hardwares mais potentes, dificultando o uso da tecnologia (MELLO; ALMENARA, 2020). Nesse sentido, para o emprego da RA em sala de aula visando a facilidade de acesso, é preciso desenvolver tutoriais e materiais didáticos, visto que é uma tecnologia que nem todos os estudantes possuem familiaridade (KRAUS; ČUSTOVIĆ; KAUFMANN, 2022; SHIRAZI; BEHZADAN, 2015; YEHIA et al., 2022).

Evolução da interoperabilidade da RA com outros softwares

Em relação à interoperabilidade da tecnologia de RA, percebe-se uma evolução ao decorrer do tempo, pois, em 2014, autores indicaram haver problemas entre a exportação de modelos de AutoCAD para .obj, que é o formato utilizado pelo software utilizado para RA, o Junaio. Além disso, havia imprecisão na exportação das cores, onde a RA apresentava cores diferentes das que foram atribuídas no modelo (FONSECA et al., 2014).

Atualmente, a RA vem apresentando melhor desempenho de interoperabilidade, fazendo integração também com tecnologias BIM, proporcionando novas possibilidades de uso do RA, como foi explorado em pesquisa que utilizaram o software Revit, aliado ao Vuforia Software Development Kit com visualização no Hololens. Além do que, fez-se uso de sensores e microcontroladores instalados em pontos-chave de elementos estruturais, a fim de gerar uma experiência em RA que possibilitava a visualização da ocorrência de esforços e solicitações em um elemento estrutural (CHACÓN; CLAURE; COSS, 2022).

Impactos positivos da RA no ensino

O uso da RA como ferramenta para auxiliar o ensino de projeto pode motivar os alunos a aprenderem o conteúdo da disciplina e explorarem a tecnologia RA (FONSECA et al., 2014; HU; GOH; LIN, 2021; KRAUS; ČUSTOVIĆ; KAUFMANN, 2022; MELLO; ALMENARA, 2020; WULANDARI et al., 2019). Esse efeito ocorre porque a RA traz consigo um novo campo de exploração para o ensino de projeto.

Através dos elementos tridimensionais em RA, percebe-se a melhoria da capacidade de visualização espacial (CAMBA; SOLER; CONTERO, 2017; DOMÍNGUEZ et al., 2014; FIRDAUS; WIDIANS; PADANT, 2019; GONZÁLEZ, 2015; FONSECA et al., 2014; MELLO; ALMENARA, 2020). No âmbito de projetos de Engenharia, a capacidade de visualizar elementos virtuais no mundo real permite que diferentes

propostas virtuais possam ser estudadas e comparadas antes de serem construídas.

Através do campo inovador de exploração da RA em sala de aula, os estudantes podem desenvolver uma aprendizagem significativa, melhorando o seu desempenho e facilitando o aprendizado (CHACÓN; CLAURE; COSS, 2020; DOMÍNGUEZ et al., 2014; FONSECA et al., 2014; MELLO; ALMENARA, 2020; SHIRAZI; BEHZADAN, 2015). Além de facilitar o aprendizado, a RA pode ser utilizada para promover dinâmicas em grupos, estimulando a colaboração, comunicação e troca de ideias com mais frequência entre os alunos (CAMBA; SOLER; CONTERO, 2017; FONSECA et al., 2014; SHIRAZI; BEHZADAN, 2015; SHRESTHA; SHAN; CHUNG, 2022).

Autores indicam em seus trabalhos que após o experimento, o grau de aceitação da RA pelos estudantes foi bastante significativo, esboçando utilizar novamente a tecnologia e recomendando seu uso em outras disciplinas ou cursos, para facilitar o aprendizado em temas de difícil compreensão (KRAUS; ČUSTOVIĆ; KAUFMANN, 2022; MELLO; ALMENARA, 2020; SHIRAZI; BEHZADAN, 2015; YEHIA et al., 2022).

Vale ressaltar também, que um dos benefícios das ferramentas de aprendizagem de RA, é que podem permitir que os alunos aprendam em seu próprio tempo e espaço, e para isso, o aplicativo de RA deve ser adequado para o aprendizado independente (HU; GOH; LIN, 2021; SHRESTHA; SHAN; CHUNG, 2022). Dessa forma, a RA mostra se configurar como uma ferramenta para fomentar o emprego de metodologias ativas, visto que as metodologias tradicionais partem do pressuposto que todos aprendem no mesmo ritmo.

Considerações finais

Por meio dos estudos analisados, foi possível identificar métodos distintos de aplicação da RA em sala de aula para auxiliar o ensino de projeto no curso de Engenharia Civil. Essa tecnologia mostra possuir grande potencial de impacto, tanto no ensino de projeto de Engenharia Civil, assim como em outras temáticas do ensino. Constatou-se que ao auxiliar os alunos a compreenderem melhor os projetos através da visualização tridimensional dos elementos atrelados ao mundo real, a RA favorece uma aprendizagem significativa, motivando o aprendizado do aluno na disciplina.

Apesar da tecnologia RA exigir investimento e preparação, a presente pesquisa evidenciou que as tecnologias que utilizam sistema de visão por vídeo baseado em monitor podem ser mais acessíveis para uso em sala de aula. Ademais, esse tipo de sistema é o que mais está presente nos estudos encontrados, e está há mais

tempo sendo utilizado para auxiliar o ensino de projeto, tornando esse sistema mais desenvolvido e estudado, em relação ao sistema de visão ótica direta.

O uso da RA para o ensino de projeto de Engenharia Civil é uma área ainda pouco explorada, necessitando de pesquisas, e de desenvolvimento e aprimoramento de softwares de RA, que sejam acessíveis para o uso em sala de aula. A presente revisão sistemática indica possibilidades de uso e limitações da RA, tornando-se uma base para auxiliar na estruturação de futuras pesquisas aplicadas na área.

Acerca das limitações do estudo, foram identificados treze softwares, dos quais todos utilizam o sistema de visão por vídeo baseado em monitor e dois permitem utilizar o sistema de visão ótica direta, uma tecnologia mais moderna. Entretanto como a RA está em constante desenvolvimento, a quantidade de softwares de RA que possuam aplicabilidade no ensino de projeto de Engenharia Civil pode ser maior.

Como futuras pesquisas, pode-se realizar um levantamento mais amplo de softwares de RA existentes no mercado que possam ser utilizados em sala de aula para o ensino de projetos de Engenharia Civil, comparando características, como a interação do usuário com o modelo, a interoperabilidade com softwares BIM e o custo de utilização.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo nº 124955/2021-5) e da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) (Processo nº APQ-1144-6.04/21).

Referências

- AKOBENG, Anthony K. Principles of evidence based medicine. **Archives of disease in childhood**, Londres, v. 90, n. 8, p. 837-840, 2005.
- ANUAR, Salwa; NIZAR, Nurhuda; ISMAIL, Muhamad Azlin A. The Impact of Using Augmented Reality as Teaching Material on Students' Motivation. **Asian Journal of Vocational Education And Humanities**, Shah Alam, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2021.
- AZEVEDO, Vinícius; MORAES, Andréa; LIRA, Hiran, Tutoring as a Tool to Explore New Teaching Methodologies in the Classroom in Engineering Classes of the University of Pernambuco. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOMETRY AND GRAPHICS, 2020. **Anais [...]**. Springer, Cham, 2021. p. 811-819. DOI 10.1007/978-3-030-63403-2_74.
- BHAT, Sathyendra et al. Redefining quality in engineering education through the flipped classroom model. **Procedia Computer Science**, v. 172, p. 906-914, 2020.

BORGES, Rodrigo Magalhães Siqueira; LIMA, Mariana Monteiro Xavier de; BARROS NETO, José de Paula. Ensino-aprendizagem de conteúdos de engenharia por meio de objetos de aprendizagem BIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2021. **Anais [...]**. Porto Alegre, ANTAC, 2021.

BORK, Felix et al. The effectiveness of collaborative augmented reality in gross anatomy teaching: A quantitative and qualitative pilot study. **Anatomical Sciences Education**, Hoboken, v. 14, n. 5, p. 590-604, 2021.

COVALESKI, Joani Paulus et al. A presença de disciplinas voltadas ao projeto de espaços livres de lazer urbano nos cursos de Arquitetura e Urbanismo da Região Sul do Brasil. **arq.urb.**, [S.l.], n. 30, p. 95-104, 2021.

CAMBA, Jorge D.; SOLER, José Luis; CONTERO, Manuel. Immersive visualization technologies to facilitate multidisciplinary design education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEARNING AND COLLABORATION TECHNOLOGIES, Vancouver, 2017. Springer, Cham, **Anais [...]**. Vancouver, BC, 2017. p. 3-11. DOI 10.1007/978-3-319-58509-3_1.

CAUDELL, Thomas P.; MIZELL David W. Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES. 1992. **Anais [...]**. ACM SIGCHI Bulletin, 1992.

CHACÓN, Rolando; CLAURE, Fabiola; DE COSS, Oscar. Development of VR/AR applications for experimental tests of beams, columns, and frames. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [S.l.], v. 34, n. 5, p. 05020003, 2020.

CHIANG, Feng-Kuang; SHANG, Xiaojing; QIAO, Lu. Augmented reality in vocational training: A systematic review of research and applications. **Computers in Human Behavior**, [S.l.], v. 129, p. 107125, 2022.

DE SÁ FILHO, Paulo; DA SILVA DIAS, Raqueline. Realidade virtual e aumentada: Uma metodologia ativa a ser utilizada na Educação. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal, Distrito Federal**, v. 6, n. 4, p. 94-101, 2019.

DE MORAIS GOUVEIA, Guilherme Pertinni; CUNHA, Samira Veras; DA SILVA, Rosângela Lago. Analysis of respiratory complications occasioned by the coronavirus (COVID-19): a systematic review. **Journal of Health & Biological Sciences**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 1-15, 2021.

DA SILVA, Luiz Gustavo Pereira; RUFINO, Hugo Leonardo Pereira. O ensino de história e o uso de realidade aumentada. **Revista Intersaberes**, [S.l.], v. 16, n. 37, p. 138-159, 2021.

DOMÍNGUEZ, Ernest Redondo et al. Mobile learning in the field of Architecture and Building Construction. A case study analysis. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 152-174, 2014.

DOS SANTOS, Wellington Rabello et al. Proposta de integração de projetos com a utilização da ferramenta BIM: estudo de caso em uma residência de alto padrão. **Revista Técnico-Científica**, [S.l.], n. 26, 2021.

EL KOUZI, Malek; BANI-TAHA, Omar; MCARTHUR, Victoria. Augmented Reality Plant & Animal Cells: Design and Evaluation of an Educational Augmented Reality Application. **Journal For Virtual Worlds Research**, [S.l.], v. 12, n. 3, 2019.

FIRDAUS, M. B.; WIDIANS, J. A.; PADANT, J. Y. Augmented reality for interactive promotion media at Faculty of Computer Science and Information Technology Mulawarman University. In: JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES, 2019. **Anais [...]**. 2019. DOI 10.1088/1742-6596/1341/4/042017.

FREITAS, Márcia Regina de; RUSCHEL, Regina Coeli. Validação de aplicativo comercial visando a incorporação da realidade aumentada a um modelo de avaliação pós-ocupação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, p. 97-112, 2015.

FONSECA, David et al. Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. **Computers in human behavior**, [S.l.], v. 31, p. 434-445, 2014.

GARCÍA, Roberto Santiago et al. The Use of Augmented Reality in Latin-American Engineering Education: A Scoping Review. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, [S.l.], v. 18, n. 1, p. em2064, 2022.

GONÇALVES, Joana Carla Soares et al. Procedimentos paramétricos para a adequação ambiental da concepção arquitetônica: Proposta metodológica. **arq.urb**, [S.l.], n. 32, p. 42-60, 2021.

GONZÁLEZ, Nora Argelia Aguilera. How to include augmented reality in descriptive geometry teaching. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v. 75, p. 250-256, 2015. DOI 10.1016/j.procs.2015.12.245.

HARTLESS, Justin F. et al. Comparison of building design assessment behaviors of novices in augmented-and virtual-reality environments. **Journal of Architectural Engineering**, [S.l.], v. 26, n. 2, p. 04020002, 2020.

HU, Xinpeng; GOH, Yang Miang; LIN, Alexander. Educational impact of an Augmented Reality (AR) application for teaching structural systems to non-engineering students. **Advanced Engineering Informatics**, [S.l.], v. 50, p. 101436, 2021.

JANG, Jaehong et al. Augmented reality and virtual reality for learning: An examination using an extended technology acceptance model. **IEEE Access**, [S.l.], v. 9, p. 6798-6809, 2021.

JÚNIOR ADAURI, Adauri Silveira Rodrigues et al. Um material potencialmente significativo para o ensino da engenharia civil utilizando impressora 3D e realidade aumentada: uma experiência com alunos do ensino médio e do ensino superior. **Brazilian Journal of Development**, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 10855-10868, 2020.

KAROL, Elizabeth; SMITH, Dianne. Impact of design on emotional, psychological, or social well-being for people with cognitive impairment. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 220-232, 2019.

KAVIYARAJ, R.; UMA, M. Augmented Reality Application in Classroom: An Immersive Taxonomy. In: 2022 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART SYSTEMS AND INVENTIVE TECHNOLOGY (ICSSIT). 2022. **Anais [...]**. IEEE, 2022. p. 1221-1226. DOI 10.1109/ICSSIT53264.2022.9716325.

KIRNER, Claudio; ZORZAL, Ezequiel Roberto. Aplicações educacionais em ambientes colaborativos com realidade aumentada. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO-SBIE). 2005. **Anais [...]**. 2005. p. 114-124. DOI /10.5753/cbie.sbie.2005.114-124.

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornelie Knatz et al. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 7-19, 2006.

KOVOOR, Joshua G.; GUPTA, Aashray K.; GLADMAN, Marc A. Validity and effectiveness of augmented reality in surgical education: a systematic review. **Surgery**, [S.l.], v. 170, n. 1, p. 88-98, 2021.

KRAUS, M. A.; ČUSTOVIĆ, I.; KAUFMANN, W. Mixed Reality Applications for Teaching Structural Design. In: STRUCTURES CONGRESS 2022, Georgia. **Anais [...]**. Atlanta, Georgia, 2022. p. 283-295. DOI 10.1061/9780784484180.

LAGHARI, Asif A. et al. Systematic Analysis of Virtual Reality & Augmented Reality. **International Journal of Information Engineering & Electronic Business**, [S.l.], v. 13, n. 1, 2021.

LE, Huy et al. Augmented reality and machine learning incorporation using YOLOv3 and ARKit. **Applied Sciences**, [S.l.], v. 11, n. 13, p. 6006, 2021.

LI, Xiao et al. A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. **Automation in Construction**, [S.l.], v. 86, p. 150-162, 2018.

LOW, Darren Yi Ser; POH, Phaik Eong; TANG, Siah Ying. Assessing the impact of augmented reality application on students' learning motivation in chemical engineering. **Education for Chemical Engineers**, [S.l.], v. 39, p. 31-43, 2022.

MARKS, Benjy; THOMAS, Jacqueline. Adoption of virtual reality technology in higher education: An evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. **Education and information technologies**, [S.l.], v. 27, n. 1, p. 1287-1305, 2022.

MATTANA, Leticia; SOUZA, João Carlos. Ensino-aprendizagem de projetos de estruturas para arquitetura com tecnologias educacionais. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas v. 13, p. e022011-e022011, 2022.

MAZIERO, Lucia Teresinha Peixe. Ensino de topografia no curso de arquitetura e urbanismo por meio de aprendizagem ativa. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 179-191, 2018.

MEDEIROS, Diego Pereira; FIGUEIRA, Amanda de Moraes Alves; VASCONCELOS, Bianca M. Realidade aumentada: benefícios e desafios na construção civil. **Arquitextos**, [S.l.], n. 270.07, 2022.

MELLO, Gláucia Nolasco; ALMENARA, Julio Cabero. Aid-augmented reality for reinforced concrete class: Students' perception. **Alteridad**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 12, 2020.

MORALES, Shalóm Adonai Huaraz et al. Augmented Reality: Prototype for the Teaching-Learning Process in Peru. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, [S.l.], v. 13, n. 1, 2022.

MULLIGAN, Kerry; CALDER, Allyson; MULLIGAN, Hilda. Inclusive design in architectural practice: Experiential learning of disability in architectural education. **Disability and health journal**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 237-242, 2018.

OLMOS-NOGUERA, José M.; RENARD-JULIÁN, Eduardo J.; GARCÍA-CASCALLES, María Socorro. Design of 3D Metric Geometry Study and Research Activities within a BIM Framework. **Mathematics**, [S.l.], v. 10, n. 9, p. 1358, 2022.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **International Journal of Surgery**, [S.l.], v. 88, p. 105906, 2021.

PAPAKOSTAS, Christos et al. Exploring Users' Behavioral Intention to Adopt Mobile Augmented Reality in Education through an Extended Technology Acceptance Model. **International Journal of Human-Computer Interaction**, [S.l.], p. 1-9, 2022.

REIS, José Luís; ALVES, Carlos; CARREIRA, Dário. A Realidade Aumentada-Aplicação no âmbito Militar e a validação através do Modelo de Aceitação de Tecnologias. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, [S.l.], n. E18, p. 485-496, 2019.

SCARAVETTI, Dominique; FRANÇOIS, Rémy. Implementation of Augmented Reality in a Mechanical Engineering Training Context. **Computers**, [S.l.], v. 10, n. 12, p. 163, 2021.

SCORTEGAGNA, L. F.; GONÇALVES, F. A. Utilização de realidade aumentada na Otimização do ensino-aprendizagem de desenho técnico na Engenharia. In: XLVI CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E 1º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. 2018. **Anais [...]**. 2018. Salvador-BA. 2018.

SEIDAMETOVA, Zarema S.; ABDURAMANOV, Zinnur S.; SEYDAMETOV, Girey S. Using augmented reality for architecture artifacts visualizations. **CEUR Workshop Proceedings**. [S.l.], 2021.

SHIRAZI, Arezoo; BEHZADAN, Amir H. Content Delivery Using Augmented Reality to Enhance Students' Performance in a Building Design and Assembly Project. **Advances in Engineering Education**, [S.l.], v. 4, n. 3, p. n3, 2015.

SHRESTHA, Saurav; SHAN, Yongwei; CHUNG, Brian. Exploring the Benefits of Social Presence Enabled Augmented Reality Platform for Online Learners. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2022, Arlington. **Anais [...]**. Arlington, Virginia, 2022. p. 254-263. DOI 10.1061/9780784483985.

SOUTO, Ana Elisa; DE CONTO, Vanessa. A modelagem física tridimensional como instrumento de ensino e aprendizagem de projeto arquitetônico. **arq.urb**, [S.l.], n. 31, p. 86-98, 2021.

SÜNGER, Ibrahim; ÇANKAYA, Serkan. Augmented reality: historical development and area of usage. **Journal of Educational Technology and Online Learning**, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 118-133, 2019.

SUTHERLAND, Ivan E. A head-mounted three dimensional display. In: PROCEEDINGS OF THE DECEMBER 9-11, 1968, FALL JOINT COMPUTER CONFERENCE. 1968. **Anais [...]**.1968. p. 757-764.

TAGLIARI, Ana; FLORIO, Wilson. O Sistema de Circulação como Estratégia Projetual. Análise do Projeto Espaço Natura de Roberto Loeb. **arq.urb**, [S.l.], n. 24, p. 146-166, 2019.

TURKAN, Y. et al. Mobile augmented reality for teaching structural analysis. **Advanced Engineering Informatics**, [S.l.], v. 34, p. 90-100, 2017.

VASCONCELOS, Bianca Maria; GERMANO, João Victor Menezes de Albuquerque. Percepção do BIM por projetistas do setor da AECO em Pernambuco. **Revista Projetar-Projeto e Percepção do Ambiente**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 132-142, 2023.

VELOSO, Luciana Bracarense Coimbra; DE SOUZA, Henor Artur. Abordagem Qualitativa e Projetos de Restauro do Patrimônio Edificado. **arq.urb**, [S.l.], n. 22, p. 66-79, 2018.

YANO, Bruna Bessa Rocha; DE MELO MOURA, Jorge Daniel. Projeto de abrigo emergencial: etapas e desafios a partir de um método construtivo com materiais de refugo. **arq.urb**, [S.l.], n. 31, p. 74-85, 2021.

YEHIA, Ayatollah. et al. A Case Study on Leveraging Augmented Reality for Visualization in Structural Design. In: 2022 ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2022, Minneapolis. **Anais [...]**. Minneapolis, MN. 2022.

YUAN, Jingfeng. et al. Accident prevention through design (PtD): Integration of building information modeling and PtD knowledge base. **Automation in construction**, [S.l.], v. 102, p. 86-104, 2019.

WULANDARI, B. et al. Augmented Reality As Android Based Learning Media for Wood Field Laboratory Work. In: JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES, 2019. **Anais [...]**. 2019. DOI 10.1088/1742-6596/1413/1/012035.

ZARDO, Paola; MUSSI, Andréa Quadrado; SILVA, Juliano Lima da. Tecnologias digitais no processo de projeto contemporâneo: potencialidades e desafios à profissão e à academia. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, p. 425-440, 2020.