



## **Aspectos de formação sustentável nos cursos de engenharia: uma revisão da literatura**

**Maria Cristina Alves de Lima**

Mestranda, UPE, Brasil.  
mcristina.2411@gmail.com

**Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani**

Professora Doutora, UPE, Brasil.  
emilia.rabbani@upe.br

**Anna Lúcia Miranda Costa**

Professora Doutora, UPE, Brasil.  
anna.costa@upe.br

**Marcos Antonio Barbosa da Silva Junior**

Professor Doutorando, UFOPA, Brasil.  
marcos.abs@ufopa.edu.br

**Ana Karla Batista da Silva**

Mestra, UPE, Brasil.  
anakarlabatista17@gmail.com

**Helaine Sivini Ferreira**

Professora Doutora, UFRPE, Brasil.  
helaine.ferreira@ufrpe.br

## RESUMO

Na busca por crescimento e desenvolvimento o ser humano acaba ameaçando a própria existência, tornando urgente uma educação voltada para a sustentabilidade. Como a indústria da construção é uma das maiores do mundo, responsável pelo consumo de grande quantidade de matéria prima e numerosa mão de obra, um olhar mais criterioso sobre a formação dos profissionais desse setor se faz necessário, para que as demandas atuais e futuras da sociedade sejam atendidas de forma sustentável. O objetivo deste artigo consiste em apresentar aspectos fundamentais na formação dos engenheiros civis, considerando o desenvolvimento sustentável e a necessidade de modernizar a indústria da construção. A metodologia utilizada consistiu na Revisão Sistemática da Literatura (RSL) por meio das bases de dados Engineering Village, Scopus e Web of Science. Este estudo se mostra relevante ao destacar não só a formação técnica necessária para acompanhar as transformações tecnológicas decorrentes da atual revolução industrial, mas também a importância da formação profissional-cidadã que visa a construção de um mundo mais justo. Os resultados consistiram na identificação das habilidades e tecnologias que ajudam na formação dos engenheiros civis, estratégias educacionais exitosas utilizadas nas escolas de engenharia, formas de incorporar os conceitos de sustentabilidade no ensino e o perfil de professor para preparar esse engenheiro. As informações obtidas se mostram significativas para as Instituições de Ensino Superior (IES), pois o tema se mostra atual e necessário para que se tenha um mundo com mais equidade, socialmente inclusivo, economicamente justo e ambientalmente sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústria da Construção. Engenharia Civil. Desenvolvimento Sustentável.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção é uma das maiores do mundo representando 13% do PIB global (RIBEIRINHO *et al.*, 2020). Requisitos como sustentabilidade, custos, escassez de habilidades, novos materiais, industrialização e digitalização, estão sofrendo transformações a fim de atender as exigências dessa nova revolução no setor da construção (LUND *et al.*, 2020; RIBEIRINHO *et al.*, 2020).

A Indústria 4.0 consiste na combinação da automação e tecnologias que buscam maior produtividade e padronização dos produtos e serviços, começando pela digitalização dos processos (ALMADA-LOBO, 2016). E nessa Indústria 4.0 os procedimentos incluem a manufatura, cadeia de suprimento e gerenciamento do ciclo de vida dos produtos (CAVALCANTE; ALMEIDA, 2018).

Nos últimos anos o aumento da demanda por projetos de construção em diferentes áreas como segurança, energia e gestão de custos, levou a indústria a novas ferramentas e métodos, incluindo o uso mais eficiente de tecnologias digitais (SIDANI *et al.*, 2021; WARNER; WÄGER, 2019).

A informação compartilhada apresenta-se como uma das premissas da Indústria 4.0, por possibilitar a participação de todos os *stakeholders* em tempo real em um universo virtual, implicando em uma ampla e profunda transformação dos processos de gestão de projetos (DALLASEGA; RAUCH; LINDER 2018; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; SURI *et al.*, 2017).

Conforme Lasi *et al.* (2014) e Pfohl, Yahsi e Kurnaz (2017), a conectividade, a automação, a descentralização e a digitalização são as principais características dessa indústria. Na construção civil a tecnologia que vem se destacando é o *Building Information Modeling* (BIM), por ser capaz de construir projetos de forma integrada possibilitando acompanhar todos

os estágios de uma obra (IBEC, 2021). Com o BIM, além da modelagem em 3D é possível desenvolver e acompanhar outras atividades de uma construção.

Em relação aos benefícios dessa nova indústria, destacam-se a redução de custos e dos prazos de entrega, melhor qualidade da obra, manutenção preditiva, menor número de risco de acidentes de trabalho e mão de obra mais capacitada (Dos Santos Simão *et al.*, 2019). Também aparecem como benefícios nessa nova indústria da construção, a otimização da receita, a sustentabilidade, a integração da cadeia produtiva, maior competitividade e maior produtividade (Pilloni, 2018; SENAI, 2018).

Segundo alguns estudiosos, o mundo está passando da quarta para a quinta revolução industrial, no qual a Indústria 5.0 surge como a evolução da Indústria 4.0, baseada na sustentabilidade, economia circular e na ressignificação do papel do ser humano, (XU *et al.*, 2021).

A literatura consultada permitiu observar que com o advento da quarta revolução industrial a Engenharia Civil precisa correr contra o tempo para acompanhar essa nova era, pois a Indústria 4.0 está longe de ser aproveitada em todo o seu potencial no setor da construção. Isso porque o progresso ainda ocorre de forma lenta em relação à adoção e implementação das tecnologias 4.0, devido ao alto custo econômico, aceitação da tecnologia, maior exigência de equipamentos e falta de conhecimento (ANANYIN *et al.*, 2018; ARIPIN; ZAWAWI; ISMAIL, 2019; EGGERS; PARK, 2018).

Mas, continuar do mesmo jeito é ignorar as potencialidades advindas das transformações tecnológicas e digitais. Porém, é preciso ressaltar, que apesar de todas as inovações e dos benefícios trazidos por esse novo modelo de indústria, essas rápidas mudanças tecnológicas que estão transformando o mundo nem sempre estão promovendo participação democrática, inclusão e equidade para todos (UNESCO, 2021).

Nesse sentido, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Engenharia, do Conselho Nacional de Educação (DCN – CNE, Resolução Nº 02, de 24 de abril de 2019), vem corroborar ao recomendar o perfil de egresso dos engenheiros.

[...] generalista, humanista, crítico, reflexivo, criativo, cooperativo, ético, apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora, capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formulando problemas a partir dessas necessidades e de oportunidades de melhorias para projetar soluções criativas de engenharia, com transversalidade em sua prática, considerando os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e capaz de atuar e adaptar-se às novas demandas da sociedade e do mundo do trabalho com postura isenta de qualquer tipo de discriminação e comprometido com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável (CNE, 2018, p.5).

O documento ainda recomenda o professor como mediador e o aluno como agente ativo no processo de ensino-aprendizagem, além da utilização de metodologias que se adequem à nova realidade global. Pois, professores e alunos são os protagonistas do ato pedagógico. E segundo Luckesi (2011), o ensino deve ser estruturado a partir das demandas profissionais que os alunos enfrentarão ao entrar no mercado de trabalho.

Em relação as metodologias, a UNESCO (2021), diz que a aprendizagem baseada em projetos e problemas, apresentam-se como uma ferramenta autêntica e relevante no processo do aprendizado, pois desperta a iniciativa já que as atividades exigem descoberta e colaboração. Desde que as metas e os objetivos sejam claros, transcender os limites disciplinares para encontrar soluções são inevitáveis. “A aprendizagem ativa reconhece a necessidade de se envolver cognitiva e emocionalmente” (UNESCO, 2021, p. 50).

Também merece atenção a avaliação do processo de construção do conhecimento, pois avaliar consiste na coleta de informações a partir dos conhecimentos prévio dos alunos e seu contexto sociocultural, para isso é preciso saber avaliar (GARCIA, 2013). Ferramentas avaliativas e emancipadoras como diários de campo, portfólios, rubricas, mapas conceituais e testes de desempenho escolar, podem ser grandes aliados no processo de aprendizado como defendido por Miranda Costa (2021).

Ainda nesse contexto, compreende-se a avaliação da aprendizagem como um processo de construção coletiva, onde professor e aluno assumem o protagonismo (COSTA; CERQUEIRA, 2013). “A natureza da avaliação emancipatória é definida como o processo de análise e crítica de uma realidade que se pretende transformar” (MIRANDA COSTA, 2021, p. 121).

Já a inovação no ensino pode acontecer a partir da inserção de tecnologias digitais na formação profissional, pois além de contribuir na modernização do sistema, aproxima a sala de aula com o ambiente do mercado de trabalho (DA SILVA; OLAVE, 2020). Lembrando que a educação sobre tecnologia também requer um conjunto de habilidades e perspectivas críticas necessárias para entender a tecnologia e aproveitá-la apenas para o bem (UNESCO, 2021).

Ademais, vale destacar, a importância do papel das universidades ao propagar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS (BAYUO; CHAMINADE; GÖRANSSON, 2020; CAEIRO *et al.*, 2020; IQBAL; PIWOWAR-SULEJ, 2022; MARTINS, 2019); assim como, o engenheiro civil ter consciência das suas responsabilidades devido às intervenções feitas no meio ambiente (SILVA; SILVA; KOHLMAN RABBANI, 2017).

Na sequência, os autores Ainger e Fenner (2014), propõem uma hierarquização de princípios de sustentabilidade que podem ser incorporados ao longo do ciclo de vida de um projeto: trabalhar dentro dos limites ambientais; desenvolver padrões socioeconômicos mínimos para humanidade; considerar a equidade intergeracional, pensando no que desejam criar para as futuras gerações em termos de benefícios e evitando danos; e conceber soluções integradas dos processos (AINGER; FENNER, 2014). Seguindo esse pensamento, os autores Martín-Garin *et al.* (2021), destacam as disciplinas de Economia Circular, Construção Sustentável e Eficiência Energética, alinhados aos ODS nos cursos de engenharia.

Além disso, Carroll (2021) diz que o mundo está cada vez mais próximo de um modelo de economia circular, exigindo incorporar no currículo de engenharia esta disciplina como uma forma de abordar a sustentabilidade, pensando em um método de ensino que mostre como está a indústria e o planeta, para que pesquisas com bolsas de estudo sejam apoiadas. O autor ainda diz que é preciso dar ao estudante o gabarito para pensar diferente, considerando não só o objetivo imediato, mas todo o ciclo de vida de um projeto e suas interações com o meio (CARROLL, 2021).

Enfim, compreende-se a importância deste estudo na sua relevância para comunidades acadêmicas de Instituições de Ensino Superior (IES), ao propor sugestões de melhoria para a formação dos engenheiros civis. Lembrando que se faz necessário a modernização dessa indústria, entretanto, o ser humano e o meio ambiente precisam ser priorizados.

## 2 OBJETIVOS

Este estudo pretende apresentar aspectos fundamentais na formação dos engenheiros civis, considerando o desenvolvimento sustentável e a necessidade de modernizar a indústria da construção, visando as demandas atuais da sociedade e das gerações futuras.

## 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada consistiu na Revisão Sistemática da Literatura (RSL), ao qual utilizou o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. A ferramenta de protocolo adotada foi o StArt (*State of the Art through Systematic Review*), *software* disponibilizado, de forma gratuita, pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) da Universidade Federal de São Carlos (LaPES UFSCar, 2022).

O estudo realizou-se em três etapas: planejamento, condução e documentação. Na etapa de planejamento foram definidas as questões de pesquisa, a seleção das bases de dados, a formulação dos *strings* e o protocolo de busca. Na etapa de condução, procedeu-se a seleção e a extração dos dados. E por último, foi formatado a documentação, por meio da síntese e análise dos dados, sumarização e conclusão. A Figura 1 mostra as etapas executadas nessa RSL.

Figura 1 - Etapas da revisão sistemática da literatura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Planejamento** – Nessa etapa o primeiro passo foi a definição da questão da pesquisa, que precisou ser bem formulada e relevante cientificamente, para que a pergunta fosse respondida com clareza, facilitando o desenvolvimento das etapas posteriores. A escolha das bases de dados e a formulação dos *strings* de busca, por determinarem o sucesso ou fracasso do número e da relevância dos trabalhos obtidos com a busca nas plataformas, exigiram dos pesquisadores inúmeras tentativas até encontrar o melhor resultado. Para a formulação dos

*strings* foi utilizado o acrônimo PICO, que corresponde a população (P), interesse (I) e contexto (Co). Os termos definidos como critério PICO utilizou-se de palavras-chave combinadas a descritores *booleanos* (AND e OR). Finalizando essa etapa, ocorreu o preenchimento do protocolo de busca com as especificações de todas as informações necessárias para o desenvolvimento desse estudo, como: título, objetivo, questão, palavras-chave, critérios de inclusão e exclusão e resultados esperados. O Quadro 1, vem descrevendo as questões de pesquisa, o critério PICO, as bases de dados e os *strings* de busca utilizados.

Quadro 1 - Descrição das revisões sistemáticas da literatura.

Revisão sistemática da literatura	
<b>Questões de pesquisa</b>	
P1 – Que aspectos são necessários para melhor formar os engenheiros civis para atender as demandas da sociedade sustentável e ajudar na modernização da indústria da construção?	
<b>Critério PICO</b>	
População (P)	Cursos de Engenharia Civil
Interesse (I)	Sustentabilidade
Contexto (Co)	Educação e ensino
<b>String de busca e bases de dados</b>	
("civil engineering") AND (Sustainability OR "sustainable development") AND (education OR "higher education institutions" OR teaching OR "hard skills" OR "soft skills" OR "construction education" OR "technological skills" OR teacher OR "innovative engineer")	
<b>Engineering Village</b> - <a href="https://www.engineeringvillage.com/home.url?redir=t">https://www.engineeringvillage.com/home.url?redir=t</a>	
<b>Scopus</b> - <a href="https://www.scopus.com/home.uri">https://www.scopus.com/home.uri</a>	
<b>Web of Science</b> - <a href="https://clarivate.com/webofsciencelibrary/solutions/web-of-science/">https://clarivate.com/webofsciencelibrary/solutions/web-of-science/</a>	

Fonte: Elaborado pelos autores.

As limitações da RSL compreendem o tipo de publicação, o objeto de investigação, o recorte temporal, o idioma e o tipo de acesso, conforme descrito abaixo. Ressaltando que todos os filtros foram executados ainda nas bases de dados, sendo assim, no StArt ocorreu apenas o refinamento das buscas, na fase de seleção e extração dos dados.

- Tipo de publicação – artigos publicados em periódicos ou de conferência;
- Objeto de investigação – ensino superior em engenharia;
- Recorte temporal – 2021, 2022 e 2023;
- Idioma dos artigos – português, inglês e espanhol;
- Tipo de acesso – aberto ou texto completo disponível.

**Condução** – Nessa etapa ocorreu a seleção dos dados em que as publicações duplicadas e que não apresentaram os termos de busca no título, palavras-chave e resumos, foram excluídos. Na fase de extração dos dados levou em consideração os critérios de inclusão e exclusão, que foram definidos para que apenas os artigos pertinentes a pesquisa fossem aceitos na filtragem. O Quadro 2 apresenta os critérios de inclusão e de exclusão da RSL.

Quadro 2 - Critérios de inclusão e exclusão dos artigos da RSL.

REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	
Critérios	Descrição dos critérios de inclusão
CI-1	Apresentam habilidades necessárias para os Engenheiros Civis
CI-2	Apontam estratégias/práticas exitosas
CI-3	Mostram metodologias de ensino que incorporam os conceitos de sustentabilidade
CI-4	Identificam perfis de professores
Critérios	Descrição dos critérios de exclusão
CE-1	Duplicados
CE-2	Não apresentam os termos de busca dos <i>strings</i> no título, palavras-chave e o resumo
CE-3	Não aderentes ao tema da pesquisa

Fonte: Elaborado pelos autores.

Critérios de qualidade dos artigos também foram adotados para as publicações que passaram nos primeiros filtros. Foram levados em consideração os artigos que apresentaram coerência e coesão textual, estudos que apresentaram desenho metodológico claro e replicável, além de atenderem os objetivos dessa RSL. Na sequência, a extração dos dados passou pelo critério de elegibilidade em que foi respondido se houve ou não extração de dados do artigo, bem como, foi contextualizado nos cursos de engenharia civil. Vale lembrar que todos estes filtros foram executados no *software* StArt. O Quadro 3 apresenta a sequência de filtros executada nesse estudo.

Quadro 3 – Resumo do sequenciamento dos filtros da RSL.

Filtros	Critérios de exclusão
1º Filtro	Duplicados
2º Filtro	Não apresentam os termos de busca dos <i>strings</i> no título, palavras-chave e o resumo
3º Filtro	Não passaram nos critérios de qualidade
4º Filtro	Não passaram nos critérios de elegibilidade

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Documentação** – Essa etapa consistiu na síntese dos dados realizado por meio das ferramentas StArt, Excel e Word. A análise foi executada de forma criteriosa a partir das informações obtidas na etapa de síntese, por meio do agrupamento dos dados. Em seguida ocorreu o processo de sumarização por meio da elaboração de fluxogramas e gráficos, como uma forma de melhor apresentar os resultados do mapeamento e os resultados bibliométricos. E na conclusão se apresenta a análise descritiva dos dados encontrados, que buscou responder à questão de pesquisa estabelecida na RSL. O Quadro 4 apresenta o resumo do procedimento metodológico da RSL.

Quadro 4 – Resumo do procedimento metodológico da RSL.

Etapa do Planejamento	Ferramentas de pesquisa	Entregas
1	Plataforma Sucupira da CAPES	Definição da questão
		Seleção das bases de dados
	Engineering Village, Scopus e Web of Science	Formulação dos strings de busca
	StArt	Protocolo de busca
Etapa da Condução	Atividades usando o StArt (identificação e triagem)	Entregas
2	Seleção dos dados	Identificação e separação dos conteúdos
	Extração dos dados	Formatação do texto
Etapa de documentação	Atividades usando o StArt, Excel e o Word (inclusão)	Entregas
3	Síntese dos dados	Atendimento aos objetivos, confecção dos quadros, gráficos e fluxograma, e a redação do artigo
	Análise dos dados	
	Sumarização	
	Conclusão	

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4 RESULTADOS

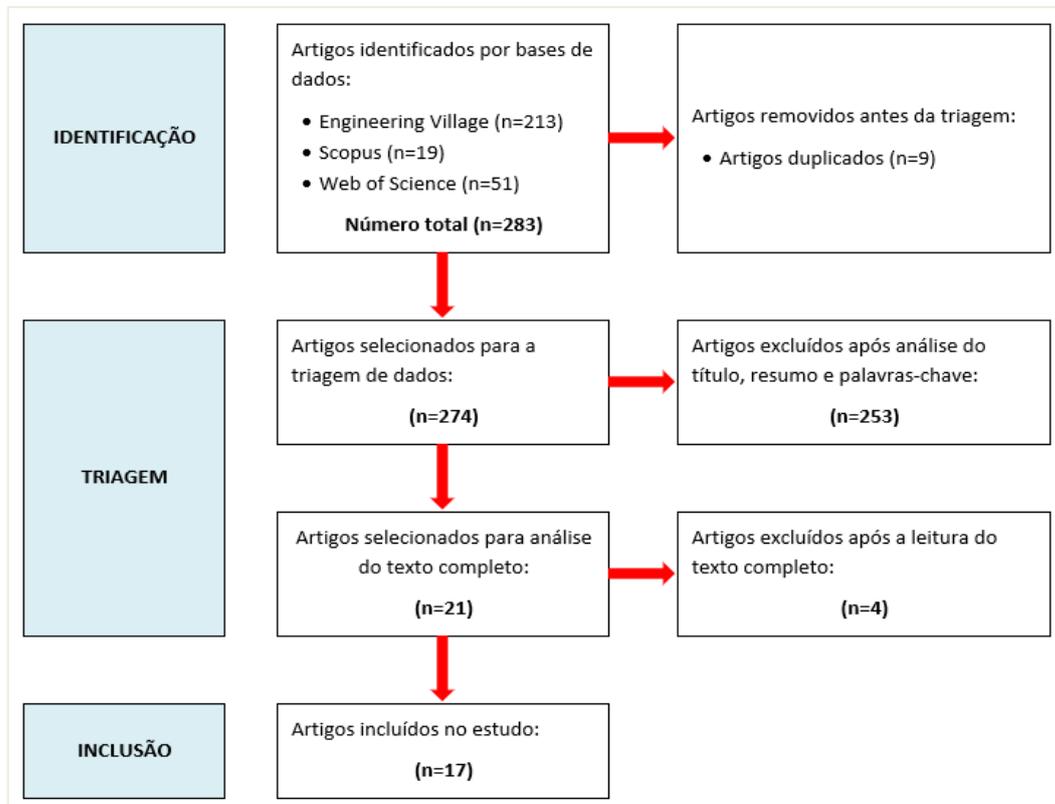
Foram encontrados um total de 283 artigos considerados aptos para o estudo, dos quais 213 (75,27%) da *Engineering Village*, 19 (6,71%) da *Scopus* e 51 (18,02%) da *Web of Science*. Após o primeiro filtro, 253 artigos foram excluídos por não apresentarem aderência ao estudo. Outros 9 artigos foram rejeitados por serem duplicados, restando apenas 21 na fase de seleção. Na fase de extração, os artigos foram lidos na íntegra para que os critérios de elegibilidade e de qualidade fossem respondidos.

A questão de elegibilidade incluiu: Os artigos apresentam habilidades necessárias para os Engenheiros Civis? Apontam estratégias/práticas exitosas? Mostram metodologias de ensino que incorporam os conceitos de sustentabilidade? Identificam perfis de professores?

Os critérios de qualidade incluíram: Os artigos apresentam coerência e coesão textual? As estratégias e metodologias são reportadas de forma objetiva? Apresenta desenho metodológico claro e replicável? Tem aderência a pesquisa?

Dos 21 artigos que restaram, 17 foram aceitos e 4 foram rejeitados. E dos 17 artigos aderente a pesquisa, 10 (58,82%) são da *Engineering Village* e 7 (41,18%) da *Web of Science*. As etapas de identificação, triagem e inclusão foram efetuados por meio da ferramenta StArt e estão descritas na Figura 2.

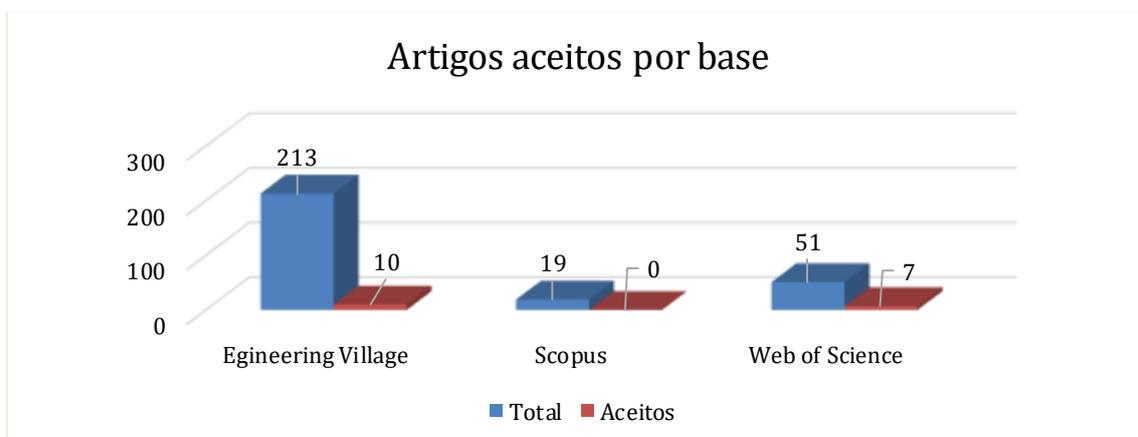
Figura 2 - Fluxograma de identificação, triagem e inclusão de artigos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Gráfico 1 mostra a quantidade de artigos aceitos e o total em cada base de dados. A *Engineering Village* foi a que apresentou os melhores resultados, 213 artigos onde 10 foram aproveitados. A *Scopus* resgatou apenas 19, nenhum foi aproveitado. Por fim, a *Web of Science* trouxe 51, desses foram incluídos no estudo 7 artigos.

Gráfico 1 - Total de artigos das bases e suas respectivas quantidades incluídas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os 17 artigos resgatados com a RSL podem ser conferidos no Quadro 5. Apenas os anos de 2021 e 2022 foram contemplados, 12 Artigos de Periódico (AP) e 5 Artigos de Conferência (AC). Entre os países se encontram: México, Noruega, Irlanda, Chile, Espanha, Rússia, Portugal, China, Ucrânia, Polônia, Índia, Hungria, Malásia e Reino Unido.

Quadro 5 - Artigos aderentes a pesquisa da *Web of Science e Engineering Village*.

<b>Engineering Village</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>País</b>
1 AP	A collaborative approach for urban underground space development toward sustainable development goals: Critical dimensions and future directions	PENG, F. L.; QIAO, Y. K.; SABRI, S.; ATAZADEH, B.; RAJABIFARD, A.	2021	China
2 AC	A Comprehensive Program of activities to develop sustainable core skills in novice scientists	VLASENKO, K. V.; ROVENSKA, O. G.; CHUMAK, O. O.; LOVIANOVA, I. V.; ACHKAN, V.	2021	Ucrânia
3 AP	Analysis of Employees Competencies in the Context of Industry 5.0	KOWAL, B.; WŁODARZ, D.; BRZYCHCZY, E.; KLEPKA, A.	2022	Polônia
4 AP	Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery	SHARMA, H. B.; VANAPALLI, K. R.; SAMAL, B.; CHEELA, V. S.; DUBEY, B.; BHATTACHARYA, J.	2021	Índia
5 AP	Earth observation and geospatial big data management and engagement of stakeholders in Hungary to support the SDGs	MIHÁLY, S.; REMETÉY-FÜLÖPP, G.; KRISTÓF, D.; CZINKÓCZKY, A.; PALYA, T.; PÁSZTOR, L.; ... ZENTAL, L.	2021	Hungria
6 AC	Prevention through Design: Architecture Student Cognizance	SAMSUDIN, N. S.; ABIDIN, M. N. Z.; MOHAMMAD, M. Z.; YUSOF, A.; SALEHAN, M. H. M.	2021	Malásia
7 AC	Project-Based Learning as an Important Element of Training Students Majoring in Environmental Engineering	SEMENOVA, N.	2021	Rússia
8 AC	The effect of classroom environment on satisfaction and performance: towards iot-sustainable spaces	HAO, X.; FLOREZ-PEREZ, L.	2021	Reino Unido
9 AP	The Role of Machine Learning and Artificial Intelligence for making a Digital Classroom and its sustainable Impact on Education during Covid-19	SHAIKH, A. A.; KUMAR, A.; JANI, K.; MITRA, S.; GARCÍA-TADEO, D. A.; DEVARAJAN, A.	2022	Índia
10 AP	The role of universities in sustainable development and circular economy strategies	SUKIENNIK, M.; ZYBAŁA, K.; FUKSA, D.; KĘSEK, M.	2021	Polônia
<b>Web of Science</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>País</b>
11 AP	Assessment of Multiple Intelligences in First-Year Engineering Students in Northeast Mexico	CHAVARRIA-GARZA, W. X.; SANTOS-GUEVARA, A.; MORONES-IBARRA, J. R.; AQUINES-GUTIERREZ, O.	2022	México
12 AP	Infrastructure Asset Management: Historic and Future Perspective for Tools, Risk Assessment, and Digitalization for Competence Building	UGARELLI, R.; SAEGROV, S.	2022	Noruega
13 AP	Opportunities and barriers faced by early-career civil engineer enacting global responsibility	CHANCE, S.; DIREITO, I.; MITCHELL, J.	2022	Irlanda
14 AP	Strategy for the Evaluation and Monitoring of Competencies in Engineering Programs to Improve Students' Learning and Quality of Education	HERMOSILLA, P.; RIVERA, M. L.; ATEAGA, N.; GALLARDO, E.	2021	Chile
15 AP	Student Long-Term Perception of Project-Based Learning in Civil Engineering Education: An 18-Year Ex-Post Assessment	CORONADO, J. M.; MOYANO, A.; ROMERO, V.; RUIZ, R.; RODRÍGUEZ, J.	2021	Espanha
16 AP	Sustainable Urban Development Strategic Initiatives	PANTELEEVA, M.; BOROZDINA, S.	2022	Rússia
17 AC	Teaching Ethics to Engineering Students: Case Studies	SOEIRO, A.; OLIVEIRA, L. A.	2021	Portugal

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os critérios de inclusão dos artigos permitiram identificar: as habilidades e tecnologias que ajudam o engenheiro modernizar a indústria da construção, as Estratégias educacionais exitosas, como os conceitos de sustentabilidade podem ser abordados nos cursos de Engenharia Civil e as características dos docentes que contribuem com a formação técnica-cidadã.

#### 4.1 Habilidades e tecnologias que ajudam o engenheiro modernizar a indústria da construção

Um estudo mostra que a indústria dessa nova revolução industrial requer do seu pessoal competências técnicas, digital, social e pessoal, sobretudo as competências constituídas por *soft skills*, como o trabalho em equipe multidisciplinar (KOWAL *et al.*, 2022). Os autores mostram que dentre as competências citadas na pesquisa se encontram: atividade com sistemas de tecnologias da informação, análise e modelagem de dados, monitoramento de rede de sistemas, inovação, boa comunicação, trabalho em equipe, partilha de conhecimento e competência linguística (KOWAL *et al.*, 2022).

Os autores ainda afirmam que o desenvolvimento da carreira de jovens cientistas contribui com o desenvolvimento sustentável da sociedade, tornando-se um atributo essencial nessa construção do conhecimento que acompanha a dinâmica do mundo globalizado. Esse pensamento só vem corroborar com Cameron *et al.* (2020), que apontam a comunicação científica como essencial.

Enquanto Vlasenko *et al.* (2021), chamam a atenção para a alfabetização científica, ao afirmarem que até os alunos de pós-graduação enfrentam dificuldades para interpretar os resultados e analisar de forma crítica os dados, fazendo-se necessário cursos voltados para a produção de artigos de periódicos.

Um outra questão é a digitalização generalizada e a internet das coisas, pois exige que o engenheiro tenha a capacidade de operar sistemas de tecnologias da informação, bem como lidar com grandes volumes de dados (VLASENKO *et al.*, 2021). Essa informação reforça a necessidade de inserção do BIM no primeiro ano da graduação. E um estudo feito por Mihály *et al.* (2021) aponta as tecnologias de geoinformação e o *big data* como uma forma de apoiar os ODS.

Já Panteleeva e Borozdina (2021) apresentam um estudo sobre iniciativas estratégicas de desenvolvimento urbano sustentável, com a utilização de *hubs* digitais<sup>1</sup> baseados em inteligência artificial. Hao e Florez-Perez (2021) trazem uma sala de aula inteligente baseada em internet das coisas, no Reino Unido, onde dispositivos incorporados a sensores e outras tecnologias trocam dados em tempo real. O estudo teve como objetivo mostrar que o ambiente físico da sala de aula impacta no desempenho dos alunos, sendo assim, a iluminação, acústica, temperatura, ambientes e horários, são controlados de forma inteligente na instituição. Com esse sistema até os alunos conseguem saber as salas de estudos disponíveis (HAO; FLOREZ-PEREZ, 2021).

---

<sup>1</sup> *Hubs* digitais são equipes interdisciplinares que atuam em células, no entanto compartilham informações e são guiadas pelo mesmo objetivo, visão e análise (VALTECH, 2020).

Diante dessa sala de aula apresentada pelos autores, observa-se que embora esteja bem distante da realidade brasileira, a tendência é que no futuro esse tipo de instalação seja comum, pois esta é uma realidade da Indústria 5.0. Nesse contexto, os alunos acostumados com essa realidade já se encontram a frente dos que não tem contato com esse universo de tecnologias.

Por fim, Shaikh *et al.* (2021) trazem o uso da inteligência artificial e o aprendizado de máquina na educação. Isso só mostra o quanto as tecnologias já estão presentes dentro das salas de aula e o quanto é preciso avançar para poder acompanhar essa Sociedade 5.0.

#### **4.2 Estratégias educacionais exitosas**

Pensando na formação mais adequada para os engenheiros civis, apresenta-se o trabalho cooperativo entre estudantes, o desenvolvimento de projetos de pesquisa, a resolução de problemas, seminários, estudo de campo, pesquisa-ação e projetos comunitários, como práticas pedagógicas que precisam se expandir no ensino superior.

Semenova (2021) apresenta a aprendizagem baseada em projetos como uma excelente ferramenta para desenvolver habilidades de trabalhar em equipe e afirma que tarefas coletivas exigem pensar diferente e buscar soluções inovadoras. A autora ainda alerta para a importância dessa metodologia na utilização do BIM, já que essa tecnologia permite o trabalho em equipe.

Coronado *et al.* (2021) também apresentam a utilização da aprendizagem baseada em projetos em um curso de Engenharia Civil, na Espanha. O curso na época, 1998, foi tido como inovador, pois trazia um número de alunos reduzido e a metodologia de aprendizagem baseada em projetos. Após 15 anos da formatura dessa turma, os alunos foram avaliados com a intenção de identificar a eficácia da metodologia.

Enfim, os resultados mostraram que a metodologia contribuiu muito no desenvolvimento de suas habilidades, principalmente o trabalho em grupo, comunicação e liderança. Os estudantes avaliaram que a metodologia exige muito do aluno, mas a integração da teoria com a prática tornou o aprendizado mais efetivo. Os egressos disseram ter ficado muito satisfeitos com a sua formação teórico-prática. Importante frisar que a metodologia foi utilizada em todas as disciplinas do currículo e a qualidade dessa formação foi reconhecida não só pelos estudantes, mas por uma pesquisa sobre empregabilidade do Ministério da Educação, Cultura e Esporte da Espanha.

#### **4.3 Conceitos de sustentabilidade abordados nos cursos de Engenharia Civil**

Em relação aos conceitos de sustentabilidade, a gestão de resíduos sólidos baseada na economia circular, podem gerar empregos e contribuir com a sustentabilidade no planeta (SHARMA *et al.*, 2021), sendo assim, discutir economia circular na sala de aula pode ser uma ótima oportunidade de inserir os conceitos de sustentabilidade nos cursos de Engenharia Civil.

Já Ugarelli e Sægrov (2022) lembram que a gestão de ativos de infraestrutura não fazia parte da educação em Engenharia Civil, no entanto, hoje existe a necessidade de introduzir no

currículo das universidades, questões sobre riscos, economia circular, sustentabilidade e digitalização.

Enquanto o estudo de Peng *et al.* (2021), sobre o espaço urbano subterrâneo, mostra que 11 dos 17 ODS, podem ser contemplados nesse tipo de obra, exigindo apenas que haja uma abordagem colaborativa entre a parte administrativa do solo, planejamento integrado, projeto arquitetônico e tecnologias da construção.

Conclui-se com Sukiennik *et al.* (2021) afirmando que apenas uma educação contínua, efetiva e eco responsáveis podem incluir a economia circular em escala global, e que o papel das universidades é moldar a consciência dos estudantes para o desenvolvimento sustentável integrada a economia circular. Nesse sentido, Samsudin *et al.* (2021), apresenta um estudo mostrando que o envolvimento educacional fortaleceu o entendimento dos alunos quanto aos acidentes, além de aumentar a conscientização sobre as questões de segurança e saúde do trabalho.

#### **4.4 Características dos docentes que contribuem com a formação técnica-cidadã**

Primeiramente, os autores Soeiro e Oliveira (2021), apresentam a inserção de assuntos variados em sala cujo objetivo é a percepção sobre as questões de ética interligadas a sustentabilidade. A proposta é trabalhar as temáticas de forma transversal dentro das variadas disciplinas do curso de graduação em Engenharia Civil, visto a necessidade de relações mais humanizadas e humanísticas, dentro e fora da academia, visando o desenvolvimento sustentável.

Em seguida, tem-se o estudo desenvolvido por Hermosilla *et al.* (2021) que destaca as responsabilidades dos professores pela melhoria contínua da educação, pois muitas vezes as boas notas obtidas pelos alunos não representam o seu grau de desenvolvimento de competências dentro do curso.

Logo, mostrar para os engenheiros civis que a responsabilidade ética na profissão deve existir de forma holística (CHANCE; DIREITO; MITCHELL, 2021), pode ser o primeiro passo de uma formação mais eficaz e compatível com o desenvolvimento sustentável.

### **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Partindo das necessidades atuais da sociedade e das responsabilidades do Engenheiro Civil devido às intervenções da indústria da construção no meio ambiente, surge o desafio de adequar o ensino para que os egressos saiam melhor preparados das universidades.

O estudo permitiu identificar a importância do desenvolvimento das habilidades de *hard skills* e *soft skills*, nesse novo contexto de industrialização. Assim como, a relevância das metodologias ativas, por permitir construir o conhecimento e o discernimento, principalmente se utilizando uma estrutura tecnologicamente avançada possibilitando condições para que os futuros engenheiros acompanhem os avanços tecnológicos.

Lembrando que, embora a tecnologia digital ofereça um mundo de possibilidades, as inovações têm maior probabilidade de serem bem-sucedidas quando são projetadas para atender às necessidades e características particulares dos alunos em contextos específicos.

E no que diz respeito aos conceitos de sustentabilidade incorporados no ensino, o modelo de formação dos cursos de Engenharia Civil deve abordar os ODS de forma transversal em todas as disciplinas que compõem a matriz curricular, sem esquecer que a formação desse ensino-aprendizado deve ser participativo, colaborativo, problematizador, interdisciplinar, intergeracional, intercultural e integrado dentro do corpo acadêmico.

Assim como, a sustentabilidade deve ser discutida ao longo de todo o curso como um princípio e não como um assunto a ser estudado, principalmente por meio da imersão fora e dentro do ambiente acadêmico para que o contato com situações reais faça no futuro esse aluno considerar a comunidade e o seu entorno.

Por fim, as características necessárias aos docentes, o destaque ficou por conta da abordagem da ética em sala de aula, fazendo a relação com os conceitos de sustentabilidade e da conscientização dos alunos sobre as responsabilidades que a profissão de engenheiro civil exige.

## 6 AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) bolsa número 001, pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) bolsa número IBPG-1526-3.08/20 e BFI-0625-3.01/22, vinculado ao Edital FACEPE 04/2022, da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE) por meio do: “Plano de Aplicação dos Recursos do Governo do Estado para a Pós-Graduação Stricto Sensu 2022 e 2023” e foi financiado pelo Programa de Fortalecimento Acadêmico (PFA) da Universidade de Pernambuco (UPE) por meio do “Programa de Extensão PJ21-DESS@POLI 2022, Edital 01/2022” e “Programa de Extensão PG34 – DESS@POLI 2023, Edital 01/2023” e do Projeto: “Ações de Promoção à Saúde Mental na Universidade: Práticas de Formação, Acolhimento e Integração” aprovado pelo Edital PROGRAD/PFA/UPE Nº 09/2022 - Apoio Psicossocial ou Psicopedagógico (NAPSI), tradução para o inglês com contribuição do Programa de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC), fonte stricto sensu da UPE.

## 7 REFERÊNCIAS

INGER, C.; FENNER, R. **Sustainable infrastructure: principles into practice**. ICE publishing, 2014.

ALMADA-LOBO, F. The Industry 5.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). **Journal of Innovation Management**, v. 3, n. 4, p. 16– 21, 2016.

ANANYIN, V. I.; ZIMIN, K. V.; LUGACHEV, M. I.; GIMRANOV, R. D.; SKRIPKIN, K. G. Digital organization: Transformation into the new reality. **Бизнес-информатика**, n. 2 (44) eng, p. 45-54, 2018.

ARIPIN, I. D. M.; ZAWAWI, E. M. A.; ISMAIL, Z. Factors influencing the implementation of technologies behind industry 4.0 in the Malaysian construction industry. *In: MATEC WEB OF CONFERENCES*. EDP Sciences. p. 01006, 2019.

- BAYUO, B. B.; CHAMINADE, C.; GÖRANSSON, B. Unpacking the role of universities in the emergence, development and impact of social innovations—A systematic review of the literature. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 155, p. 120030, 2020.
- CAEIRO, S.; SANDOVAL HAMÓN, L. A.; MARTINS, R.; BAYAS ALDAZ, C. E Sustainability assessment and benchmarking in higher education institutions—A critical reflection. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 543, 2020.
- CAVALCANTE, C. G. S.; ALMEIDA, T. D. Os benefícios da Indústria 4.0 no gerenciamento das empresas. **Journal of lean systems**, vol. 3, n. 1, p. 125-152, 2018.
- CHANCE, S.; DIREITO, I.; MITCHELL, John. Opportunities and barriers faced by early-career civil engineers enacting global responsibility. **European Journal of Engineering Education**, v. 47, n. 1, p. 164-192, 2022.
- CAMERON, C.; LEE, H. Y.; ANDERSON, C. B.; TRACHTENBERG, J.; CHANG, S. The role of scientific communication in predicting science identity and research career intention. **PLoS one**, v. 15, n. 2, p. e0228197, 2020.
- CARROLL, T. Work in Progress: Incorporating a Circular Economy and an Interdisciplinary Framework within Engineering Education. In: **2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access**. 2021.
- CORONADO, J. M.; MOYANO, A.; ROMERO, V.; RUIZ, R.; RODRÍGUEZ, J. Student long-term perception of project-based learning in civil engineering Education: An 18-year ex-post assessment. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1949, 2021.
- CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE). **Consulta Pública**: Diretrizes curriculares nacionais para o curso de graduação em engenharia. p. 21, 2018.
- CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE). **Resolução Nº 2, de 24 de abril de 2019** - Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. 2019.
- DA SILVA, M. R. S.; OLAVE, M. E. L. Contribuições das Tecnologias Digitais Associadas à Indústria 4.0 para a formação profissional. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 17, n. 2, p. 82-110, 2020.
- DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; LINDER, C. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. **Computers in industry**, v. 99, p. 205-225, 2018.
- DOS SANTOS SIMÃO, A.; ALCOFORADO, L. F.; LONGO, O. C.; DOS SANTOS, D. A.; DOS SANTOS, F.; SILVA, A. D.; ... JUNIOR, J. C. M. Impactos da Indústria 4.0 na construção civil brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 20130-20145, 2019.
- EGGERS, J. P.; PARK, K. Incumbent adaptation to technological change: The past, present, and future of research on heterogeneous incumbent response. **Academy of Management Annals**, v. 12, n. 1, p. 357-389, 2018.
- GARCIA, R. P. M. **Avaliação da aprendizagem na educação a distância na perspectiva comunicacional**. Cruz das Almas: UFBA. 2013.
- HAO, X.; FLOREZ-PEREZ, L. The Effect of Classroom Environment on Satisfaction and Performance: Towards IoT-Sustainable Space. In: **Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)**. International Group for Lean Construction, 2021. p. 443-453.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design Principles for industrie 5.0 Scenarios: A Literature Review. **Working Paper**. Dortmund, p. 3-16. jan. 2015.

HERMOSILLA, P.; RIVERA, M. L.; ATEAGA, N.; GALLARDO, E. Strategy for the evaluation and monitoring of competencies in engineering programs to improve students' learning and quality of education. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 11721, 2021.

IBEC. Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos. Entenda o que é BIM 10D e como é feita sua implementação em projetos. 2021. Disponível em: <https://ibecensino.org.br/entenda-o-que-e-bim-10d-e-como-e-feita-sua-implementacao-em-projetos/> Acesso em: 27/08/2022.

IQBAL, Q; PIWOWAR-SULEJ, K. Sustainable leadership in higher education institutions: social innovation as a mechanism. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, vol. 23 No. 8, pp. 1-20. 2022.

KOWAL, B.; WŁODARZ, D.; BRZYCHCZY, E.; KLEPKA, A. Analysis of Employees' Competencies in the Context of Industry 5.0. **Energies**, v. 15, n. 19, p. 7142, 2022.

LaPES UFSCar. **Termos e Condições de Uso Da Ferramenta StArt**. 2017.

LASI, H.; FETTKKE, P.; KEMPER, H. G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. Industry 5.0. **Business & information systems engineering**, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem componente do ato pedagógico**. São Paulo: Cortez, 2011.

LUND, S.; MADGAVKAR, A.; MANYIKA, J.; SMIT, S. What's next for remote work: An analysis of 2,000 tasks, 800 jobs, and nine countries. **McKinsey Global Institute**, p. 1-13, 2020.

MARTÍN-GARIN, A.; MILLÁN-GARCÍA, J. A.; LEON, I.; OREGI, X.; ESTEVEZ, J.; MARIETA, C. Abordagens Pedagógicas para o Desenvolvimento Sustentável na Construção no Ensino Superior. **Sustentabilidade**, v. 13, n. 18, pág. 10203, 2021.

MARTINS, A. G. Teaching and researching on sustainability: The case of an interdisciplinary initiative at a higher education institution. Azeiteiro, UMM and Davim, JP (Ed.s), **Higher Education and Sustainability**. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 133-149, 2019.

MIHÁLY, S.; REMETÉY-FÜLÖPP, G.; KRISTÓF, D.; CZINKÓCZKY, A.; PALYA, T.; PÁSZTOR, L.; ... ZENTAI, L. Earth observation and geospatial big data management and engagement of stakeholders in Hungary to support the SDGs. **Big Earth Data**, v. 5, n. 3, p. 306-351, 2021.

MIRANDA COSTA, A. L. La evaluación formativa y emancipadora en la cultura docente del profesorado universitario. Un proceso de innovación evaluativa a través de la investigación-acción en la Escuela Politécnica de Pernambuco (Brasil). 2021.

PANTELEEVA, M.; BOROZDINA, S. Sustainable Urban Development Strategic Initiatives. **Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 37, 2021.

PENG, F. L.; QIAO, Y. K.; SABRI, S.; ATAZADEH, B.; RAJABIFARD, A. A collaborative approach for urban underground space development toward sustainable development goals: Critical dimensions and future directions. **Frontiers of structural and civil engineering**, v. 15, p. 20-45, 2021.

PFOHL, H. C.; YAHSI, B.; KURNAZ, T. Concept and diffusion-factors of industry 5.0 in the supply chain. In: **Dynamics in logistics. Springer: Proceedings of the 5th International Conference LDIC, 2016 Bremen, Germany**. Springer International Publishing, 2017. p. 381-390.

PILLONI, V. How data will transform industrial processes: Crowdsensing, crowdsourcing and big data as pillars of industry 5.0. **Future Internet**, v. 10, n. 3, p. 24, 2018.

RIBEIRINHO, M. J.; MISCHKE, J.; STRUBE, G.; SJÖDIN, E.; BLANCO, J. L.; PALTER, R. ... & ANDERSSON, T. The next normal in construction: How disruption is reshaping the world’s largest ecosystem. McKinsey & Company: Zurich, Switzerland, 2020.

SAMSUDIN, N. S.; ABIDIN, M. N. Z.; MOHAMMAD, M. Z.; YUSOF, A. F.; SALEHAN, M. H. M. Prevention through design: Architecture student cognizance. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012070.

SEMENOVA, N. Project-Based Learning as an Important Element of Training Students Majoring in Environmental Engineering. In: **E3S Web of Conferences**. EDP Sciences, 2021. p. 11051.

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. A quarta revolução industrial. SENAI 5.0. 2018. Disponível em: <https://www.senai40.com.br/saiba-mais/> Acesso em: 26/08/2022.

SHAIKH, A. A.; KUMAR, A.; JANI, K.; MITRA, S.; GARCÍA-TADEO, D. A.; DEVARAJAN, A. The Role of Machine Learning and Artificial Intelligence for making a Digital Classroom and its sustainable Impact on Education during COVID-19. **Materials Today: Proceedings**, v. 56, p. 3211-3215, 2022.

SHARMA, H. B.; VANAPALLI, K. R.; SAMAL, B.; CHEELA, V. S.; DUBEY, B. K.; BHATTACHARYA, J. Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. **Science of The Total Environment**, v. 800, p. 149605, 2021.

SIDANI, A.; DINIS, F. M.; DUARTE, J.; SANHUDO, L.; CALVETTI, D.; BAPTISTA, J. S.; ... SOEIRO, A. Recent tools and techniques of BIM-Based Augmented Reality: A systematic review. **Journal of Building Engineering**, v. 42, p. 102500, 2021.

SILVA, D. G. C.; SILVA, J. D. J. C.; KOHLMAN RABBANI, E. R. Importância do estudo da sustentabilidade nos cursos de graduação e pósgraduação de Engenharia Civil: estudo de caso em IES de Pernambuco. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 34, p. 150-156, 2017.

SOEIRO, A.; OLIVEIRA, L. A. Teaching Ethics to Engineering Students: Case Studies. In: **2021 4th International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPÉE)**. IEEE, p. 1-4, 2021.

SUKIENNIK, M.; ZYBAŁA, K.; FUKSA, D.; KĘSEK, M. The role of universities in sustainable development and circular economy strategies. **Energies**, v. 14, n. 17, p. 5365, 2021.

SURI, K.; CUCCURU, A.; CADAVID, J.; GERARD, S.; GAALOUL, W.; TATA, S. Model-based development of modular complex systems for accomplishing system integration for Industry 5.0. **MODELSWARD 2017 - Proceedings of the 5th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development**, v. 2017-Janua, n. April, p. 487-495, 2017.

UGARELLI, R.; SÆGROV, S. Infrastructure Asset Management: Historic and Future Perspective for Tools, Risk Assessment, and Digitalization for Competence Building. **Water**, v. 14, n. 8, p. 1236, 2022.

UNESCO. **Reimagining our futures together: A new social contract for education**. UN, 2021.

VLASENKO, K. V.; ROVENSKA, O. G.; CHUMAK, O. O.; LOVIANOVA, I. V.; ACHKAN, V. V. A Comprehensive Program of activities to develop sustainable core skills in novice scientists. In: **Journal of physics: Conference series**. IOP Publishing, 2021. p. 012017.

WARNER, K. S. R.; WÄGER, M. Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. **Long range planning**, v. 52, n. 3, p. 326-349, 2019.



XU, X.; LU, Y.; VOGEL-HEUSER, B.; WANG, L. Indústria 4.0 e Indústria 5.0—Inception, concepção e percepção.  
*Journal of Manufacturing Systems*, v. 61, p. 530-535, 2021.