APLICAÇÕES, DESAFIOS E IMPACTOS CAUSADOS PELO USO DA IMPRESSORA 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Applications, Challenges and Impacts Caused by the use of 3D Printers in Construction: A Literature Review

Jemima Vanessa da Silva Ferreira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia | Salvador, Bahia | fjemima45@gmail.com

Lílian Santos Paixão dos Anjos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia | Salvador, Bahia | Lilian.spa@aluno.ifsc.edu.br

Maria Eduarda Pinheiro Teles
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia | Salvador, Bahia | meduardapteles@gmail.com

Regina Maria da Cunha Leite
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia | Salvador, Bahia | regina.leite@ifba.edu.br

Luis Claudio Alves Borja
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia | Salvador, Bahia | luisborja@ifba.edu.br

Juliane Santos Souza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia | Salvador, Bahia | julianesantos@ifba.edu.br

RESUMO

A construção civil, um setor fundamental para a economia brasileira, enfrenta grandes desafios em relação à melhoria da produtividade, redução dos custos e incorporação da sustentabilidade em sua prática construtiva. Nesse contexto, a impressão 3D de concreto se destaca como uma tecnologia inovadora e com potencial para melhorar significativamente o desempenho do setor. Este trabalho busca compreender esse potencial e, para isso, implementou uma revisão da literatura sobre as aplicações da impressora 3D de concreto na construção civil, abrangendo o período de 2019 a 2024. A pesquisa investiga as características, vantagens e desvantagens da tecnologia, além de explorar as oportunidades e desafios para a sua integração ao setor por meio de casos práticos e pesquisas recentes. Os resultados demonstram que a impressora 3D pode reduzir significativamente o desperdício de materiais, até 60%, aumentar a produtividade e diminuir os custos de construção, além de contribuir para a sustentabilidade da construção. No entanto, a adoção dessa tecnologia no Brasil ainda enfrenta grandes desafios, como a falta de regulamentação e de financiamento. Este estudo contribui para a compreensão do impacto da impressora 3D de concreto no contexto da construção civil brasileira, abrindo caminho para a adoção de práticas mais inovadoras, sustentáveis e eficientes.

Palavras-chave: Impressora 3D; Construção civil; Aplicações da impressora 3D; Impactos da impressora 3D; Manufatura aditiva.

ABSTRACT

The construction industry, a fundamental sector for the Brazilian economy, faces significant challenges regarding productivity improvement, cost reduction, and the incorporation of sustainability into its construction practices. In this context, the 3D printing of concrete stands out as an innovative technology with the potential to significantly enhance the sector's performance. This work aims to understand this potential and has, therefore, implemented a literature review on the applications of concrete 3D printing in the construction industry, covering the period from 2019 to 2024. The research investigates the characteristics, advantages, and disadvantages of the technology, as well as explores the opportunities and challenges for its integration into the sector through practical cases and recent studies. The results show that 3D printing can significantly reduce material waste, by up to 60%, increase productivity, and lower construction costs, in addition to contributing to the sustainability of construction. However, the adoption of this technology in Brazil still faces major challenges, such as the lack of regulation and funding. This study contributes to the understanding of the impact of 3D concrete printing in the context of Brazilian construction, paving the way for the adoption of more innovative, sustainable, and efficient practices.

Keywords: 3D Printer; Construction; 3D Printer applications; Impacts of 3D printer; additive manufacturing

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor essencial para o desenvolvimento social e o crescimento das cidades, mas enfrenta desafios devido à falta de modernização. É uma das áreas menos inovadoras, o que impacta na sua produtividade e participação na economia global, causando uma perda estimada de US$ 1,6 trilhão (Mckinsey Global Institute, 2017). Além das questões econômicas, a resistência do mercado a investir em novas tecnologias contribui para altos índices de desperdício de materiais e geração de resíduos, tornando a construção responsável por 80% dos resíduos mundiais (Cruz *et al*., 2023). O setor também é um dos principais emissores de CO_2, respondendo por 35% das emissões globais e 40% do consumo de matérias-primas (Roque *et al*., 2018).

A Indústria 4.0 vem promovendo a transformação do setor industrial, por meio da implementação de recursos tecnológicos. Quando aplicada ao setor da construção, utiliza-se a digitalização, o uso da automação e a integração de tecnologias nos processos de produção, de modo a torná-los mais flexíveis e sustentáveis (Jiang *et al*., 2024; Santos *et al.*, 2018). Entre as inovações promovidas pela chamada Construção 4.0, a manufatura aditiva representada pela impressora 3D, desponta como uma solução promissora para reduzir custos e desperdícios, além de aprimorar a eficiência produtiva (Oliveira *et al*., 2022; Lima *et al*., 2023).

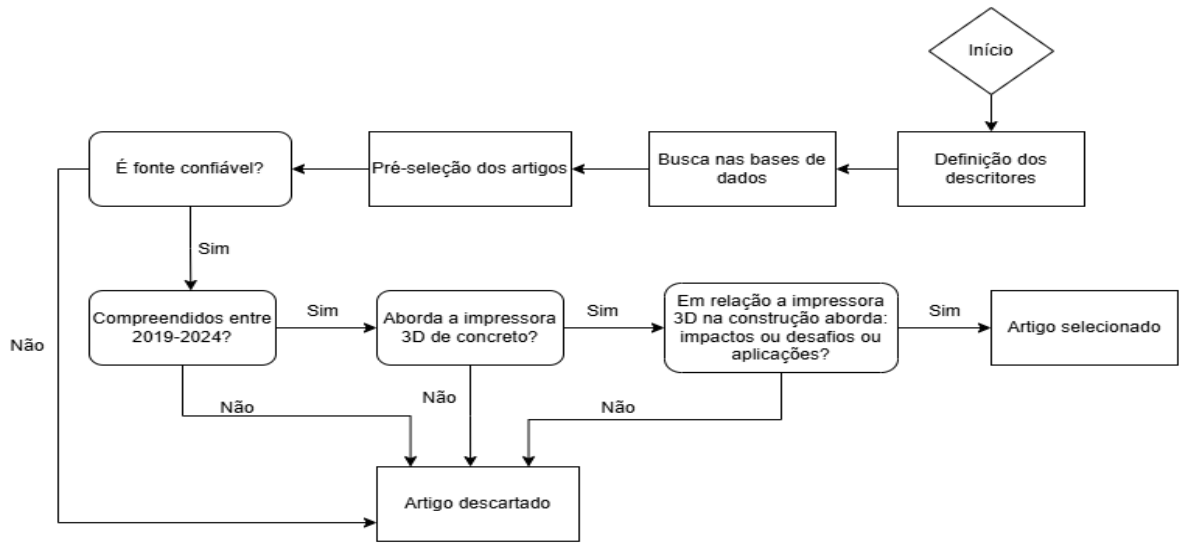
Nos últimos anos, o interesse pela aplicação da impressão 3D na construção civil tem crescido, impulsionado pela busca por automação e digitalização, já adotadas por outros setores (El-sayegh *et al*., 2020). Entretanto, no Brasil, essa tecnologia ainda não é amplamente utilizada, exigindo mais pesquisas sobre seus impactos e benefícios (Souza *et al*., 2024; Vieira, 2021). Assim, este estudo busca revisar a literatura sobre a aplicação da impressora 3D na construção civil, analisando suas vantagens, desvantagens e impactos ambientais e produtivos, considerando pesquisas recentes entre 2019 e 2024.

Este artigo é dividido em cinco seções. A primeira apresenta uma introdução ao tema, seguida pela metodologia utilizada na revisão. A terceira seção explora as impressoras 3D de concreto na construção civil, enquanto a quarta discute as aplicações, impactos e desafios dessa tecnologia. Por fim, a última seção traz as conclusões do estudo.

2 METODOLOGIA

A abordagem de pesquisa foi a revisão da literatura, iniciando-se pela seleção de trabalhos acadêmicos em português e inglês, indexados em bases de dados reconhecidas, como Google Acadêmico, ResearchGate, MDPI e ScienceDirect. Os descritores utilizados incluíram termos relacionados à impressora 3D e sua aplicação na construção civil. A Figura 1 ilustra a sequência lógica adotada na pesquisa.

Figura 1: Fluxograma da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2024)

As palavras-chave foram: ‘impressora 3D’, ‘construção civil’, ‘aplicações da impressora 3D na construção civil’, ‘impactos da impressora 3D na construção civil’. E os descritores: “3D printer + construction”, “Impressora 3D + aplicações + construção civil”, “3D printing + concrete” e “Impressora 3D + impactos + construção civil”. Foram aceitos artigos de periódicos, teses, dissertações, anais de congressos.

Com a utilização das palavras-chave citadas anteriormente, resultou em 44 artigos, um número extenso de publicações acadêmicas. Estas publicações foram submetidas a um processo rigoroso de filtragem, buscando aquelas que pudessem contribuir significativamente para a resolução da questão de pesquisa. Nesse processo, foram excluídas as publicações acadêmicas que não estavam compreendidas entre os anos de 2019–2024, seguido pela eliminação daqueles cujo enfoque não era a impressora 3D de concreto. Além disso, foram descartadas também as publicações que abordavam aspectos específicos da tecnologia, mas que não eram pertinentes ao escopo do trabalho, resultando em 30 publicações para a leitura completa.

No que diz respeito aos critérios de inclusão, foram selecionadas as obras acadêmicas que abordavam a aplicação da tecnologia e seus impactos na construção, considerando aspectos como sustentabilidade, custos, eficiência e qualidade. Adicionalmente, também foram acrescidos os trabalhos que tratam acerca das dificuldades relacionadas à aplicação e aceitação da impressora. Além disso, consideraram-se também os estudos que realizaram uma síntese adequada de informações, provenientes de fontes confiáveis, e que proporcionaram uma compreensão satisfatória do tema. Assim, com base nos critérios citados, 25 trabalhos foram selecionados para esta revisão.

3 A IMPRESSORA 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A impressão 3D surgiu em 1981, no Japão, com o Dr. Hideo Kodama, que desenvolveu um método de manufatura aditiva baseado na solidificação de polímeros fotossensíveis (Izdebska-Podsiadły, 2022). Apesar de inovadora, sua pesquisa não avançou devido à falta de apoio industrial. Em 1984, pesquisadores franceses tentaram patentear a técnica de estereolitografia, mas tiveram o pedido negado. Pouco tempo depois, o engenheiro americano Chuck Hull patenteou a tecnologia e fundou a 3D Systems, consolidando o desenvolvimento comercial das impressoras 3D. Nos anos seguintes, surgiram novos métodos como Sinterização Seletiva a Laser (SLS) e Modelagem por Fusão e Deposição (FDM), tornando a tecnologia mais acessível. A impressão 3D evoluiu para aplicações na construção civil, com técnicas como D-Shape, Concrete Printing e Contour Crafting (Buswellet *et al*., 2022). No Brasil, a tecnologia começou a ganhar notoriedade na década de 2010, com iniciativas como a startup InovaHouse3D (Freitas, 2024).

Para uso na construção civil, destacam-se as impressoras 3D de concreto que podem ser do tipo pórtico ou braço robótico. As impressoras tipo pórtico possuem estrutura fixa e permitem impressão em larga escala, sendo ideais para construções *in loco*. Já as impressoras de braço robótico têm dimensões reduzidas, adequadas para produção *off-site*, ou seja, elementos pré-fabricados (Quintella; Florêncio, 2024). A argamassa utilizada na impressão varia conforme a empresa e pode conter cimento Portland, cinza volante, areia e aditivos. O processo de impressão começa com a criação do modelo digital em softwares como AutoCAD® e Revit®, que é convertido em arquivos STL e fatiado em camadas para impressão (Silva, 2020).

As principais técnicas de manufatura aditiva na construção civil incluem: *Contour Crafting* (CC): método *in situ*, onde camadas de material à base de cimento são aplicadas de forma contínua e alisadas por espátulas para gerar superfícies lisas; **Concrete Printing**: semelhante ao CC, porém sem espátulas, permitindo maior liberdade na impressão e *D-Shape*: técnica que utiliza um pó endurecido por um material ligante, proporcionando uma textura granulada e orgânica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise das 25 publicações selecionadas, segundo os critérios da pesquisa e organizadas segundo as dimensões de aplicabilidade, impactos e desafios da impressão 3D na construção civil, observou-se que os principais aspectos foram aqueles relacionados ao custo, sustentabilidade, desempenho construtivo e qualidade estrutural, e detalhados nas seções a seguir.

4.1 APLICAÇÕES DA IMPRESSORA 3D NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Apesar de o setor da construção civil ser altamente tradicional com relação às técnicas construtivas utilizadas em suas edificações, os setores produtivos de alguns países têm buscado atualizar sua forma de construir com a melhoria de processos de produtos. Dessa maneira, surgem espaços para crescimento das pesquisas e a adoção de novas tecnologias, a exemplo da manufatura aditiva. A tecnologia de impressão 3D está revolucionando a construção civil, com exemplos de empreendimentos notáveis em diferentes partes do mundo.

Um deles foi o *Suzhou Building* na China, construído em 2015 pela *Winsun*, um edifício de cinco andares (Figura 2) no qual a tecnologia adotada na impressão 3D permitiu o aproveitamento de materiais reciclados, a impressão em zig zag e com vazios proporcionam isolamento térmico e o sistema de partes impressas e montadas posteriormente facilitou o ciclo de produção (Siddika *et al.*, 2019; Medeiros, 2021; Queiroz Junior, 2024).

O *Project Olympus* foi uma iniciativa em parceria entre *ICON, SEARCH+ e Bjarke Ingels Group* com financiamento da NASA para desenvolvimento de uma base lunar (Figura 3) utilizando impressão 3D e previsão de poeira lunar como matéria-prima (Medeiros, 2021; Schuldt, 2021).

Figura 2: Edifício Suzhou Building



Fonte: Archdaily (2015)

Figura 3: Project Olympus



Fonte: Archdaily (2020)

Outra iniciativa foi o conjunto de casas impressas pela *Winsun* (Figura 4) na China em 2013. A empresa construiu ao todo 10 casas de 200 m², em apenas 24 horas, utilizando materiais reciclados e produções e montagem de pré-moldados (Figura 5). O procedimento de impressão seguiu uma técnica similar ao *Contour Crafting* em zigue-zague que contribuiu para o reforço estrutural (Silva, 2023; Queiroz Junior, 2024).

Figura 4: Casa impressa pela *WinSun*



Figura 5: Montagem da casa impressa pela *Winsun*



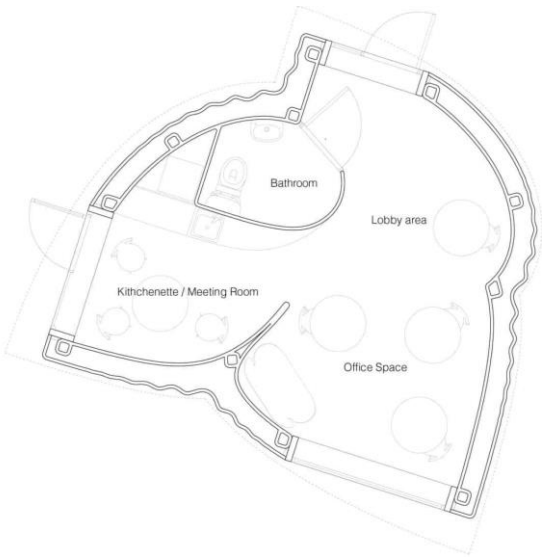
Fonte: Minuto engenharia (2015)

O empreendimento BOD na Dinamarca foi o primeiro edifício impresso em 3D na Europa, desenvolvido pela COBOD (Figura 6 e 7) em 2019 e que, a reimpressão do projeto em 2019, trouxe um aumento significativo na produtividade (Silva, 2023).

Figura 6: The BOD



Figura 7: Planta baixa da The BOD



Fonte: COBOD (2017)

O Escritório do futuro (Dubai, Emirados Árabes Unidos) destaca-se por ser o primeiro edifício funcional e permanentemente ocupado impresso em 3D (Figura 8), reduzindo custos e resíduos em comparação com construções tradicionais (Ferreira, 2023; Killa Design, 2023).

Figura 8: Escritório do Futuro vista frontal



Fonte: Archdaily (2017)

A Vila (Arábia Saudita), um projeto da Dar Al Arkan, com três andares e 345 m², utilizou tecnologia da COBOD Internacional (Figura 9). Construído em 2022, em 2 meses, o edifício demonstrou eficiência energética e redução de desperdício (Ferreira, 2023).

Figura 9: A Vila



Fonte: COBOD (2022)

A Inova *House* 3D e a 3D *Home Construction* construíram a primeira casa impressa em 3D no Brasil (Figura 10), localizada em Macaíba (RN), com 66,32 m². Apesar dos desafios financeiros, o custo de construção apresentou potencial de redução de 70% comparado aos métodos convencionais (Ferreira, 2023).

Figura 10: Primeira habitação impressa no Brasil



Fonte: Rangel Lage (2020)

No estado da Bahia, um importante empreendimento em impressão 3D é a Bahía Cosmos *House* (Brasil) em Santa Cruz Cabrália, com área de 57 m². A casa unifamiliar seguiu as medidas de uma casa popular e a alvenaria foi executada em acabamento liso (similar ao *Contour Crafting*) levando oito dias para impressão e montada posteriormente (Figuras 11 e 12), a construção apresentou redução de 90% no desperdício de materiais (COSMOS 3D, 2024).

Figura 11: Varanda da casa impressa na Bahia



Figura 12: Montagem da casa impressa na Bahia



Fonte: Cosmos3D (2024)

A *The House* foi construída em 2017 na Rússia pela Apis Cor sendo a primeira casa impressa em 3D *in situ*, de 38 m², na cidade de Stupino (Figura 13). Apesar das baixas temperaturas, a tecnologia permitiu economia de 70% em comparação aos métodos tradicionais, uma estimativa de redução de 53,86% no custo total de produção e com redução também na mão de obra e no tempo de execução (Cunha, 2022; Archdaily, 2017).

Figura 13: ***The house***



Fonte: Tudocelular

Estes exemplos reforçam o impacto da impressão 3D na construção e que tem sido aplicada em diversos locais e para diferentes tipos de edificações, com potencial de benefícios como redução de custos e tempo de execução, menor desperdício de materiais, maior liberdade arquitetônica e a possibilidade de utilização de materiais reciclados.

4.2 IMPACTOS DA IMPRESSORA 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os artigos coletados mostram que a tecnologia de impressão 3D está transformando a construção civil, trazendo impactos positivos em sustentabilidade, eficiência, custos e qualidade estrutural.

Sustentabilidade: os projetos de impressão 3D demonstraram redução na geração de resíduos (até 60%) e de emissões de CO_2 (até 75%). Pesquisas buscam alternativas ao uso do cimento convencional, como geopolímeros, que podem reduzir impactos ambientais (Pan *et al*., 2021; Ahmed, 2023).

Eficiência construtiva: os relatos apontam para construções mais rápidas e precisas, com menos erros humanos e maior segurança no canteiro de obras. O sistema permitiria que casas fossem erguidas em 24 horas, como no projeto da Apis Cor (Silva, 2023).

Redução de custos: um outro ponto de destaque foi o potencial de economia de até 53,86% no custo total das edificações, principalmente pelos menores gastos com mão de obra (redução de 60%) e na cofragem (redução de 63%) (Bazli *et al*., 2023; Pan *et al*., 2021).

Qualidade estrutural: segundo os estudos, este aspecto estaria evidenciado por três fatores: bombeamento, extrusão e construção. Resistência varia conforme direção de impressão, com até 48% mais resistência em direções perpendiculares (Siddika *et al.*, 2019). Ainda há desafios na regulamentação e padronização dos materiais.

Apesar dos desafios, como altos custos iniciais e falta de normas específicas, a tecnologia tem grande potencial para tornar a construção mais eficiente, econômica e sustentável.

4.3 DESAFIOS

A aplicação prática da impressora 3D na construção civil sofre com diversos obstáculos. Sendo eles de aspectos econômicos, regulatórios, estruturais, materiais e operacionais. A ausência de normas específicas e regulamentação para impressão 3D na construção civil é um desses obstáculos.

Como essa tecnologia ainda está em desenvolvimento, materiais não padronizados e a falta de dados de longo prazo dificultam a criação de leis. Na China, empresas já iniciaram a integração da manufatura aditiva aos códigos de construção (Holt *et al.*, 2019; El-Sayegh; Romdhane; Manjikian, 2020).

O alto custo inicial, incluindo equipamentos, treinamento de mão de obra especializada e manutenção, dificulta a implementação em larga escala. Além disso, a automatização pode reduzir empregos no setor, afetando economias dependentes da construção civil (El-Sayegh; Romdhane; Manjikian, 2020).

O transporte e instalação das impressoras de grande porte aumentam os custos e a complexidade logística. Além disso, fatores como poeira, umidade e temperatura podem comprometer a qualidade do concreto impresso (Raza; Besklubova; Zhong, 2023).

No Brasil, a construção 3D ainda enfrenta dificuldades devido à predominância de métodos tradicionais e à falta de linhas de financiamento pela Caixa Econômica Federal, que exige comprovação de segurança e viabilidade econômica. Como o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SiNat) ainda não possui registros sobre essa tecnologia, torna-se difícil sua aceitação no mercado (Medeiros, 2021). Outrossim, a carência de mão de obra especializada para operar a máquina apresenta-se como um desafio técnico, visto que erros na operação podem levar a prejuízos.

Apesar dos desafios, a impressão 3D traz vantagens como redução no uso de fôrmas, mão de obra e resíduos. Ademais, possibilita o aumento da precisão construtiva e viabilidade para projetos habitacionais como o Minha Casa Minha Vida. Além disso, essa tecnologia contribui consideravelmente com a eficiência da obra, por possibilitar uma diminuição considerável no tempo de construção. O envolvimento do governo e parcerias internacionais podem impulsionar seu desenvolvimento nacional (Medeiros, 2021; Souza *et al.*, 2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A impressora 3D na construção civil oferece benefícios como redução de custos, eficiência e sustentabilidade, mas ainda enfrenta desafios que precisam ser superados. A padronização do processo e a qualidade estrutural das impressões exigem mais pesquisas, especialmente no desenvolvimento de normas técnicas e composição de argamassa.

Além disso, a busca por materiais mais sustentáveis e o investimento governamental são fundamentais para expandir o uso da tecnologia no Brasil. Porém, é necessário avaliar os impactos socioeconômicos, já que a construção civil gera um grande volume de empregos no país. A logística e escalabilidade também precisam ser aprimoradas para tornar a tecnologia mais viável.

Por outro lado, a impressão 3D pode reduzir desperdícios e acidentes no canteiro de obras e permitir maior liberdade arquitetônica, tornando-se uma solução promissora para programas habitacionais como o Minha Casa, Minha Vida. A integração com tecnologias da indústria 4.0 pode ampliar ainda mais seus benefícios.

Nesta revisão, observou-se que a maioria dos estudos foca em aspectos como velocidade de execução, redução de custos, sustentabilidade e design inovador. No entanto, pouco se aprofunda nas interfaces entre etapas construtivas, como fundações e paredes, ou na qualidade dos projetos como fator crítico para evitar retrabalhos.

Por exemplo, embora existam discussões sobre reforços estruturais em peças impressas, elas geralmente se concentram em ajustes de design para resistência mecânica, e não na integração com sistemas construtivos tradicionais. Já a questão da estanqueidade entre elementos impressos e fundações, ou mesmo entre camadas de impressão, é raramente abordada de forma sistemática.

Essa ausência de estudos pode ser atribuída ao fato de que a impressão 3D ainda está em fase de consolidação como tecnologia construtiva. Muitos dos desafios práticos — como compatibilidade entre etapas, controle de qualidade de projeto e padronização de processos — ainda estão sendo enfrentados em campo, mais do que documentados em artigos científicos.

REFERÊNCIAS

AHMED, Ghafur H. A review of “3D concrete printing”: materials and process characterization, economic considerations and environmental sustainability. *Journal of Building Engineering*, v. 66, p. 105863, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710223000426. Acesso em: 16 ago. 2024.

ARCHDAILY. Construa sua casa em um dia através da impressão 3D. *ArchDaily Brasil*. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/868407/construa-sua-casa-em-um-dia-atraves-da-impressao-3d. Acesso em: 14 nov. 2024.

BAZLI, Milad et al. 3D printing for remote housing: benefits and challenges. *Automation in Construction*, v. 148, p. 104772, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580523000328. Acesso em: 29 out. 2024.

BUSWELL, Richard A. et al. Digital fabrication with cement-based materials: process classification and case studies. In: *Digital Fabrication with Cement-Based Materials: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 276-DFC*. Cham: Springer, 2022. p. 11–48. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-90535-4_2. Acesso em: 14 dez. 2024.

CAVALCANTE, Daniele. Esta casa foi construída por impressora 3D em apenas 24 horas. *TudoCelular*, 6 mar. 2017. Disponível em: https://www.tudocelular.com/tech/noticias/n89307/casa-construida-impressora-3D-24-horas.html. Acesso em: 25 jun. 2025.

COBOD. Construção 3D e inovação na indústria da construção. [S.l.]: COBOD, 2022. Disponível em: https://www.cobod.com. Acesso em: 25 jun. 2025.

COBOD INTERNATIONAL. Construindo o futuro com impressão 3D. 2017. Disponível em: https://cobod.com/. Acesso em: 25 jun. 2025.

COSMOS 3D. Esta casa feita por impressora 3D na BA pode ser movida para qualquer lugar. *UOL Nossa*. Disponível em: https://www.uol.com.br/nossa/noticias/redacao/2024/11/09/esta-casa-feita-por-impressora-3d-na-ba-pode-ser-movida-para-qualquer-lugar.htm. Acesso em: 9 mar. 2024.

COSMOS 3D. Soluções de impressão 3D para a construção civil. 2024. Disponível em: https://cosmos3d.tech/pt-br/. Acesso em: 25 jun. 2025.

CUNHA, Marina de Oliveira. Estudo dos avanços da impressão tridimensional e suas aplicações na Construção Civil. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/50262. Acesso em: 19 jun. 2024.

CUNHA, Renato. O edifício impresso em 3D mais alto do mundo. *Stylo Urbano*, 2024. Disponível em: https://www.stylourbano.com.br/o-edificio-impresso-em-3d-mais-alto-do-mundo-esta-completo/. Acesso em: 25 jun. 2025.

FERREIRA, Raissa Alecrim. Manufatura aditiva na construção civil: elementos de concreto. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: https://poli-integra.poli.usp.br/wp-content/uploads/2023/11/2023_Raissa-Alecrem-Ferreira.pdf. Acesso em: 14 dez. 2024.

FREITAS, Igor Dockhorn; ALVES, Gilfranco Medeiros. Análise do comparativo de custos para uso de impressão 3D na construção de habitações de interesse social no Brasil. 2024. Disponível em: https://repositorio.ufms.br/retrieve/38b5249d-bc17-4f3b-8822-f93c7be67d40/18130.pdf. Acesso em: 12 dez. 2024.

HARROUK, Christele. BIG e ICON projetam sistema de construção lunar desenvolvido em parceria com a NASA. ArchDaily Brasil, 8 out. 2020. Foto disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/949121/big-e-icon-projetam-sistema-de-construcao-lunar-desenvolvido-em-parceria-com-a-nasa/5f75f4be63c017bcc9000ab7-big-and-icon-imagine-project-olympus-a-space-based-construction-system-developed-with-nasa-photo. Acesso em: 25 jun. 2025.

HOLT, Camille et al. Construction 3D printing. In: *3D Concrete Printing Technology*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2019. p. 349–370. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128154816000178. Acesso em: 10 out. 2024.

IZDEBSKA-PODSIADŁY, Joanna. History of the development of additive polymer technologies. In: *Polymers for 3D Printing*. Norwich: William Andrew Publishing, 2022. p. 3–11. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128183113000070. Acesso em: 12 dez. 2024.

JIANG, Yishuo et al. Digital twin-enabled synchronized construction management: a roadmap from construction 4.0 towards future prospect. *Developments in the Built Environment*, v. 19, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666165924002037. Acesso em: 10 out. 2024.

KILLA DESIGN. Escritório do Futuro / Killa Design. *ArchDaily Brasil*, 18 ago. 2017. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/877422/escritorio-do-futuro-killa-design. Acesso em: 25 jun. 2025.

LAGE, Rangel. Primeira casa construída com impressora 3D no Brasil. *Prof. Rangel Lage*, 2025. Disponível em: https://rangellage.com.br/primeira-casa-construida-com-impressora-3d-no-brasil/. Acesso em: 25 jun. 2025.

MEDEIROS, Carolina Santos Fernandes de. Análise sobre os avanços da tecnologia 3D e soluções para uma possível aplicabilidade na construção civil brasileira. 2021. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/prefix/16598. Acesso em: 23 jul. 2024.

MINUTO ENGENHARIA. Prova de carga dinâmica. *Realizar Engenharia*, 2015. Vídeo (00:42). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=JIjmplafSw0. Acesso em: 25 jun. 2025.

OLIVEIRA, Anísio Fernandes de; VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda. A manufatura aditiva na indústria da construção civil como instrumento de redução do déficit habitacional. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 15, ed. 1, 2023. Disponível em: https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/21725. Acesso em: 3 mai. 2024.

OLIVEIRA, Govinda Ratna Souza de et al. A Indústria 4.0 e Construção Civil: principais aspectos relacionados à sustentabilidade. In: *2º Congresso Internacional de Sustentabilidade*. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/369556193. Acesso em: 5 abr. 2024.

PAN, Yifan et al. 3D printing in construction: state of the art and applications. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 115, n. 5, p. 1329–1348, 2021. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-021-07213-0. Acesso em: 3 out. 2024.

QUEIROZ JUNIOR, Cleanto Carlos de. A utilização da impressão 3D na construção civil. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/57486. Acesso em: 21 jul. 2024.

QUINTELLA, Ivy Pedrosa Cavalcante Pessôa; FLORÊNCIO, Eduardo Quintella. O uso de braços robóticos aplicados à manufatura aditiva em concreto: inovação do design à fabricação. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, v. 20, 2024. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/6296. Acesso em: 14 dez. 2024.

RAZA, Muhammad Huzaifa; BESKLUBOVA, Svetlana; ZHONG, Ray Y. Economic analysis of offsite and onsite 3D construction printing techniques: a comparative value stream assessment. *Journal of Cleaner Production*. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214860424003385. Acesso em: 1 out. 2024.

SCHULDT, Steven et al. A systematic review and analysis of the viability of 3D-printed construction in remote environments. *Automation in Construction*, v. 125, p. 2–16, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103642. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580521000935. Acesso em: 12 jun. 2024.

SIDDIKA, Ayesha et al. 3D-printed concrete: applications, performance, and challenges. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*, v. 9, n. 3, p. 127–164, 2020. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21650373.2019.1705199. Acesso em: 8 set. 2024.

SILVA, Ana Carla Pires. Exemplos de aplicação de impressão 3D na construção. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Portugal. Disponível em: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/128046/2/410517.pdf. Acesso em: 23 jul. 2024.

SILVA, Nathália Barreto da. O uso de impressoras 3D em construções no Brasil e no mundo. 2023. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/7344/6/TCC_Nath%c3%a1liaSilva.pdf. Acesso em: 24 jul. 2024.

SOUZA, Eduarda et al. 3D printed sustainable low-cost materials for construction of affordable social housing in Brazil: potential, challenges, and research needs. *Journal of Building Engineering*, v. 87, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.108985. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710224005539. Acesso em: 25 nov. 2024.

STOTT, Rory. Companhia chinesa constrói o edifício mais alto do mundo feito através de impressão 3D. Trad. ROMULLO BARATTO. *ArchDaily Brasil*, 2 fev. 2015. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/761272/companhia-chinesa-constroi-o-edificio-mais-alto-do-mundo-feito-atraves-de-impressao-3d. Acesso em: 25 jun. 2025.

TU, Haidong et al. Recent advancements and future trends in 3D printing concrete using waste materials. *Developments in the Built Environment*, p. 100187, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165923000698. Acesso em: 11 mar. 2025.

VIERA, Débora Bispo; FILHO, Welber Vaz de Menezes; PIRES, Plínio Ferreira. O futuro da impressão 3D na engenharia brasileira. In: *5º Simpósio Nacional de Ciências e Engenharias*, 2021, Anápolis. Anais [...]. Anápolis: UniEvangélica, 2021. p. 172–178. ISSN 2596-1144. Disponível em: https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/SINACEN/article/view/6618/3712. Acesso em: 29 jul. 2024.