

IMPACTOS DA MANUFATURA ADITIVA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

IMPACTS OF ADDITIVE MANUFACTURING IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Italo Brendo de Araújo Visnóveski¹
Nasareno das Neves²

RESUMO: A manufatura aditiva, conhecida como impressão 3D, tem se destacado como uma tecnologia inovadora na construção civil, com potencial para transformar os métodos construtivos tradicionais. Este estudo tem como objetivo analisar as aplicações da manufatura aditiva no setor, com foco na redução de resíduos, nos custos e no tempo de execução das obras. A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza exploratória, baseada em revisão bibliográfica e análise de estudos de caso. Foram examinados dois casos reais de construções impressas em 3D, comparando-os com obras tradicionais equivalentes, a partir de dados quantitativos relacionados ao desempenho construtivo. Os resultados analisados indicam reduções significativas no tempo de execução, além de potencial diminuição de custos e redução na geração de resíduos em comparação aos métodos construtivos tradicionais. Observou-se também potencial aumento da produtividade e maior precisão nos processos construtivos. Contudo, identificaram-se desafios relacionados ao alto custo inicial da tecnologia e à necessidade de mão de obra especializada. Conclui-se que a manufatura aditiva representa uma alternativa promissora para o setor da construção civil, contribuindo para maior eficiência, sustentabilidade e inovação nos processos construtivos.

Palavras-chave: Impressão 3D; Automação construtiva; Construção sustentável; Eficiência produtiva; Tecnologia digital.

ABSTRACT: Additive manufacturing, commonly known as 3D printing, has emerged as an innovative technology in the construction industry, with the potential to transform traditional building methods. This study aims to analyze the applications of additive manufacturing in the sector, focusing on waste reduction, cost efficiency, and execution time. The research is characterized as qualitative and exploratory, based on a literature review and case study analysis. Two real cases of 3D-printed constructions were examined and compared with equivalent traditional buildings using quantitative performance data. The analyzed results indicate significant reductions in construction time, as well as the potential for cost reduction and lower waste generation when compared to traditional construction methods. A potential increase in productivity and greater precision in construction processes were also observed. However, challenges such as high initial investment costs and the need for specialized labor were identified. It is concluded that additive manufacturing represents a promising alternative for the construction sector, contributing to greater efficiency, sustainability, and innovation in construction processes.

Keywords: 3D printing; Construction automation; Sustainable construction; Production efficiency; Digital technology.

1 INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva, amplamente conhecida como impressão 3D, destaca-se como uma das mais relevantes inovações tecnológicas do século XXI (ELNAWAWI et

al., 2025). Inicialmente desenvolvida na década de 1980 para aplicações industriais voltadas à prototipagem rápida, essa tecnologia evoluiu significativamente ao longo das últimas décadas, expandindo-se para diferentes setores, como medicina, indústria automotiva e, mais recentemente, construção civil (KHOSHNEVIS, 2006; ZAREI et al., 2021).

No contexto da construção civil, a adoção da manufatura aditiva vem sendo impulsionada pela necessidade de modernização dos processos construtivos, tradicionalmente marcados por baixa produtividade, elevado desperdício de materiais e impactos ambientais significativos (BUSWELL et al., 2018; ZAREI et al., 2021). Nesse cenário, a impressão 3D aplicada à construção apresenta-se como uma alternativa promissora, ao possibilitar a execução de elementos construtivos por meio de processos automatizados, com maior precisão, redução de resíduos e otimização do tempo de execução (SOUZA; NUNES, 2023; BUSWELL et al., 2018).

Além disso, a tecnologia contribui para a ampliação das possibilidades de projeto, favorecendo soluções arquitetônicas mais complexas e o uso de materiais sustentáveis, alinhando-se às demandas contemporâneas por eficiência, inovação e responsabilidade ambiental no setor construtivo (ELNAWAWI et al., 2025; AHMAD et al., 2024).

Diante desse contexto, torna-se relevante investigar como a manufatura aditiva tem sido aplicada na construção civil e quais são seus principais impactos. Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar, com base em estudos de caso reais e em uma abordagem comparativa, os impactos da manufatura aditiva na construção civil, evidenciando seus efeitos na redução de resíduos, nos custos e no tempo de execução das obras.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza exploratória, tendo como objetivo compreender as aplicações da manufatura aditiva na construção civil, bem como suas principais vantagens e limitações.

O estudo foi desenvolvido com base em três etapas principais. Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica em fontes acadêmicas, incluindo artigos científicos, livros e relatórios técnicos, com o intuito de identificar e analisar os

principais avanços, aplicações e desafios relacionados ao uso da impressão 3D no setor da construção civil.

Na sequência, foram examinados estudos de caso de projetos reais que utilizaram a manufatura aditiva na construção civil. Essa análise teve como objetivo avaliar, de forma qualitativa, os impactos da tecnologia em aspectos como eficiência construtiva, sustentabilidade, redução de custos e tempo de execução. A seleção dos estudos considerou a disponibilidade de informações comparativas relacionadas aos métodos construtivos analisados.

Por fim, realizou-se uma análise comparativa entre os métodos construtivos tradicionais e aqueles baseados em impressão 3D, considerando critérios como tempo de execução, custo, sustentabilidade e viabilidade técnica. Para essa etapa, foram utilizados dados secundários obtidos em estudos publicados, relatórios técnicos e documentos especializados.

Os dados obtidos foram analisados por meio da técnica de análise de conteúdo, permitindo a identificação de padrões, tendências, vantagens e limitações associadas ao uso da manufatura aditiva na construção civil.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MANUFATURA ADITIVA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, consiste em um processo de fabricação baseado na deposição de material camada por camada, a partir de um modelo digital previamente desenvolvido (KHOSHNEVIS, 2006; BUSWELL et al., 2018). Inicialmente aplicada em processos industriais de prototipagem rápida, essa tecnologia evoluiu significativamente e passou a ser utilizada em diferentes setores, incluindo a construção civil.

Na construção civil, a aplicação da manufatura aditiva ocorre principalmente por meio da impressão 3D de concreto, utilizando equipamentos automatizados, como braços robóticos ou impressoras de grande escala. Esses sistemas operam com base em modelos digitais desenvolvidos em softwares de modelagem, como CAD e BIM, permitindo a execução precisa de elementos construtivos sem a necessidade de fôrmas convencionais (BUSWELL et al., 2018; ZAREI et al., 2021).

Entre as principais características da manufatura aditiva destacam-se a automação do processo construtivo, a redução de desperdícios, a maior precisão na execução e a possibilidade de personalização das estruturas. Essas características contribuem para a modernização do setor, tradicionalmente marcado por baixa produtividade e elevado consumo de recursos.

Dessa forma, a manufatura aditiva vem se consolidando como uma tecnologia inovadora na construção civil, com potencial para transformar os métodos construtivos e promover maior eficiência, sustentabilidade e integração digital nos processos de edificação (ELNAWAWI et al., 2025; CARBONARI et al., 2023).

3.2 REDUÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um dos setores mais relevantes para o desenvolvimento socioeconômico, mas também figura entre os que mais impactam o meio ambiente. Estima-se que, em escala global, o setor seja responsável por cerca de 30% a 40% da geração de resíduos sólidos urbanos e por aproximadamente 11% das emissões anuais de dióxido de carbono (CO₂). No Brasil, esse cenário se repete, com a geração de cerca de 48 milhões de toneladas de resíduos da construção e demolição (RCD) em 2021, o que corresponde a uma média de 227 kg por habitante. Apesar do elevado potencial de reciclagem, superior a 80%, menos de 20% desses resíduos são efetivamente reaproveitados (ABRELPE, 2022; SPRINGER, 2025).

Grande parte desses resíduos é composta por materiais como concreto, tijolos, argamassa, madeira e metais. Quando descartados de forma inadequada, podem causar impactos ambientais significativos, como contaminação do solo, obstrução de corpos hídricos e agravamento de problemas urbanos. Além disso, a gestão ineficiente desses resíduos implica custos logísticos e operacionais elevados, contribuindo para a baixa produtividade do setor (KRAVCHENKO et al., 2025).

Diante desse contexto, torna-se necessário repensar os métodos construtivos tradicionais, buscando soluções tecnológicas mais sustentáveis. A manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, surge como uma alternativa promissora, ao permitir a produção sob demanda e a redução significativa de desperdícios, alinhando-se aos princípios da economia circular (PrintingConstructionTeam, 2025; Khoshnevis, 2006).

A aplicação da manufatura aditiva na construção civil baseia-se em um processo de fabricação camada por camada, no qual o material é depositado de forma controlada por equipamentos automatizados, como braços robóticos ou impressoras de grande escala, a partir de modelos digitais desenvolvidos em softwares como CAD ou BIM. Esse processo elimina a necessidade de fôrmas convencionais, uma das principais fontes de resíduos na construção tradicional (Khoshnevis, 2006; Buswell et al., 2018).

Diferentemente dos métodos construtivos convencionais, que frequentemente utilizam processos subtrativos, a manufatura aditiva adota um princípio aditivo, no qual o material é aplicado apenas onde necessário. Essa característica contribui diretamente para a redução de desperdícios, uma vez que minimiza a geração de sobras de matéria-prima durante a execução (Buswell et al., 2018; PrintingConstructionTeam, 2025).

Outro aspecto relevante refere-se ao uso mais eficiente dos materiais. O controle digital do processo permite a aplicação precisa do volume necessário de concreto ou argamassa, evitando excessos e garantindo maior uniformidade. Estudos indicam que essa tecnologia pode reduzir o consumo de materiais em até 60% em comparação aos métodos tradicionais, sem comprometer o desempenho estrutural, além de reduzir a necessidade de retrabalhos (PrintingConstructionTeam, 2025; 3DPRINTING.COM, 2025).

Adicionalmente, a manufatura aditiva possibilita a incorporação de materiais reciclados em suas misturas, como cinzas volantes, escória de alto-forno e agregados reciclados, contribuindo para a redução da extração de matérias-primas e das emissões associadas à produção de cimento. Essa abordagem reforça a adoção de práticas alinhadas à economia circular (Kravchenko et al., 2025; Ahmad, Li & Nasir, 2024; RMIT University, 2022).

Além disso, o planejamento digital e a produção sob demanda reduzem erros de execução e incompatibilidades entre projeto e obra, diminuindo a ocorrência de retrabalhos e perdas de materiais. A possibilidade de produção local também contribui para a redução de impactos logísticos, como transporte e armazenamento (Buswell et al., 2018).

Dessa forma, a redução de resíduos na manufatura aditiva resulta de um conjunto de fatores integrados, incluindo a eliminação de fôrmas, o uso otimizado de materiais, a redução de retrabalhos, a possibilidade de reciclagem de insumos e a

produção sob demanda. Esses elementos convergem para um modelo construtivo mais sustentável, eficiente e alinhado aos princípios da construção limpa e da economia circular (PrintingConstructionTeam, 2025).

3.3 IMPACTOS NOS CUSTOS DA CONSTRUÇÃO

A manufatura aditiva na construção civil, especialmente por meio da impressão 3D de concreto, representa um avanço significativo na eficiência econômica do setor. Essa tecnologia promove a redução de custos ao transformar etapas tradicionalmente onerosas da construção convencional, por meio da diminuição de desperdícios, da redução da mão de obra e da otimização dos prazos de execução (Zarei et al., 2021; Gallio, 2024).

Um dos principais fatores responsáveis pela redução de custos está na eliminação das fôrmas. Nos métodos tradicionais, as fôrmas podem representar uma parcela expressiva do orçamento, chegando a até 50% do custo do concreto estrutural, dependendo do tipo de projeto. Além do consumo de materiais, como madeira, aço ou plástico, essas estruturas demandam mão de obra especializada e tempo significativo para montagem e desmontagem. Na manufatura aditiva, a deposição do material diretamente na geometria desejada torna as fôrmas praticamente desnecessárias, reduzindo custos diretos e indiretos (Zarei et al., 2021; Gallio, 2024).

Outro aspecto relevante refere-se ao uso otimizado de materiais. O controle digital do processo construtivo permite a aplicação precisa do volume necessário de concreto ou argamassa, evitando excessos e reduzindo o consumo global de insumos. Alguns estudos apontam potencial redução entre 30% e 60% no volume de materiais utilizados, sem comprometer o desempenho estrutural. Essa eficiência pode impactar diretamente na diminuição dos custos com cimento, agregados e aditivos (3DPRINTING.COM, 2025; Mahmood et al., 2025; Ahmad et al., 2024).

A redução da necessidade de mão de obra também constitui um fator relevante. Enquanto a construção convencional exige equipes numerosas para execução de diversas etapas, a impressão 3D permite a operação com equipes reduzidas, frequentemente compostas por poucos técnicos responsáveis pelo monitoramento do equipamento e preparo dos materiais. Essa característica contribui para a diminuição

de custos relacionados a salários, encargos trabalhistas e infraestrutura de apoio (Boissonneault, 2019).

Adicionalmente, a redução do tempo de execução impacta diretamente os custos indiretos da obra. A capacidade de produzir elementos construtivos em períodos significativamente menores reduz despesas com aluguel de equipamentos, consumo de energia, supervisão e logística de canteiro. Esse encurtamento do ciclo construtivo também possibilita maior produtividade e retorno financeiro mais rápido.

Outro fator relevante é a diminuição de retrabalhos, decorrente da maior precisão do processo construtivo. A fidelidade ao modelo digital reduz erros de execução, minimizando gastos com correções, desperdícios adicionais e incompatibilidades entre projetos (Buswell et al., 2018).

Além disso, a possibilidade de produção local e sob demanda contribui para a redução de custos logísticos, como transporte e armazenamento de materiais, além de diminuir perdas associadas ao estoque.

De forma geral, a combinação desses fatores — eliminação de fôrmas, otimização de materiais, redução da mão de obra, diminuição do tempo de execução e menor ocorrência de retrabalhos — evidencia o potencial da manufatura aditiva para reduzir os custos globais da construção. Estudos indicam economias que podem variar entre 20% e 50% em comparação aos métodos convencionais (Zarei et al., 2021; Gallio, 2024).

Assim, a manufatura aditiva não apenas reduz custos em etapas específicas, mas pode contribuir para transformações estruturais na lógica econômica da construção civil, com potencial para tornar o setor mais eficiente, competitivo e sustentável.

3.4 OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE EXECUÇÃO

A manufatura aditiva na construção civil representa um avanço significativo na redução do tempo necessário para a execução de obras. Em comparação aos métodos tradicionais, esse sistema automatizado permite a realização de etapas construtivas de forma mais rápida, previsível e eficiente. Esse ganho de desempenho está associado à automação dos processos, à simplificação das etapas construtivas, à redução de retrabalhos e à integração digital entre projeto e execução (BUSWELL et al., 2018; ZAREI et al., 2021).

Um dos principais fatores responsáveis por essa redução é a automatização do processo construtivo. A impressão 3D de concreto possibilita a produção contínua de elementos estruturais e arquitetônicos, camada por camada, sem a necessidade de interrupções para montagem de fôrmas ou deslocamento de equipes. Em muitos casos, estruturas que levariam dias ou semanas para serem executadas por métodos convencionais podem ser concluídas em poucas horas, reduzindo significativamente o tempo total da obra (BUSWELL et al., 2018; ELNAWAWI et al., 2025).

Outro aspecto relevante é a eliminação de etapas manuais. Processos tradicionais, como transporte interno de materiais, assentamento de blocos, ajustes de alinhamento e correções de execução, demandam tempo e estão sujeitos a falhas humanas. A manufatura aditiva substitui grande parte dessas atividades por um sistema automatizado orientado por modelos digitais, reduzindo atrasos e aumentando a eficiência do cronograma (BUSWELL et al., 2018; ZAREI et al., 2021).

A redução de retrabalhos também contribui de forma significativa para a otimização do tempo. A precisão dos modelos digitais, frequentemente integrados a tecnologias como BIM, diminui incompatibilidades entre projetos e execução, reduzindo a necessidade de ajustes e correções que poderiam prolongar o cronograma (BUSWELL et al., 2018; ELNAWAWI et al., 2025).

Além disso, a integração entre disciplinas é facilitada pelo uso de modelos digitais, permitindo a previsão de instalações e sistemas ainda na fase de projeto. Isso evita intervenções posteriores, como cortes e adaptações, contribuindo para um fluxo de execução mais contínuo e eficiente.

A simplificação da logística de canteiro também exerce papel relevante na redução do tempo. A utilização de menos materiais e a eliminação de fôrmas reduzem o número de operações de transporte, armazenamento e movimentação, tornando o ambiente de trabalho mais organizado e produtivo. A possibilidade de produção diretamente no local da obra também reduz etapas logísticas, acelerando o processo construtivo.

Outro fator importante é a menor sensibilidade às condições climáticas. Diferentemente de métodos tradicionais, que podem sofrer interrupções devido a fatores como chuva ou umidade, a impressão 3D tende a apresentar maior previsibilidade operacional, reduzindo pausas no cronograma.

De forma geral, a otimização do tempo na manufatura aditiva resulta da combinação de fatores como automação, redução de etapas manuais, precisão digital,

diminuição de retrabalhos, simplificação logística e maior previsibilidade. Esses elementos convergem para um modelo construtivo mais ágil, eficiente e alinhado aos princípios da construção industrializada e digital.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTUDO DE CASO: RESIDÊNCIA IMPRESSA EM 3D NO BRASIL (RIO GRANDE DO NORTE)

A análise do primeiro estudo de caso refere-se a uma residência construída no Rio Grande do Norte, considerada uma das primeiras aplicações de impressão 3D em concreto no Brasil. A Figura 1 apresenta a residência impressa em 3D no Rio Grande do Norte. A Figura 2 apresenta a equipe envolvida na execução do projeto (CARBONARI et al., 2023).

Figura 1 – Casa no Rio Grande do Norte feita por M.A.



Fonte: Disponível em: <https://www.inovahouse3d.com.br/post/brasil-constr%C3%B3i-sua-primeira-casa-modelo-impressa-em-3d> (acesso em: 15 mar. 2026)

Figura 2 – Participantes da Obra no Rio Grande do Norte

Fonte: Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/projeto-no-rn-constroi-1a-casa-do-brasil-com-impressora-3d/> (acesso em: 15 mar. 2026).

A edificação possui aproximadamente 66 m², com execução das paredes em um intervalo entre 18 e 30 horas de operação, utilizando concreto extrudável e reduzida interferência de mão de obra direta.

Para fins comparativos, considerou-se uma residência convencional de habitação social com área entre 50 e 70 m², construída por meio de alvenaria tradicional. Os dados indicam uma redução significativa no tempo de execução da estrutura, uma vez que a impressão 3D permitiu a conclusão das paredes em aproximadamente 24 horas, enquanto o método convencional demandaria entre 20 e 30 dias para alvenaria, além de 10 a 15 dias adicionais para reboco. Os dados analisados sugerem uma redução significativa no tempo de execução das paredes, podendo variar entre 70% e 85% em comparação aos métodos convencionais.

No que se refere aos custos, os estudos analisados indicam potencial de economia entre 20% e 30% em comparação ao método convencional, principalmente devido à redução de mão de obra, eliminação de fôrmas e menor necessidade de retrabalho. Em relação aos resíduos, os casos analisados indicam perdas inferiores a 5% no processo de impressão, enquanto a construção tradicional apresenta perdas entre 12% e 25%.

Outro aspecto relevante diz respeito à mão de obra, sendo necessária uma equipe reduzida de aproximadamente 3 a 5 operadores na impressão 3D, em contraste com equipes de 12 a 20 trabalhadores em métodos convencionais. Esses

resultados evidenciam ganhos expressivos em eficiência produtiva e racionalização de recursos.

4.2 ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO IMPRESSO EM 3D EM DUBAI

O segundo estudo de caso analisa a construção de um edifício impresso em 3D em Dubai, considerado uma das maiores aplicações da manufatura aditiva na construção civil. A edificação possui área aproximada de 640 m², sendo executada em um único pavimento com paredes portantes espessas. As Figuras 3 e 4 apresentam diferentes perspectivas do edifício, evidenciando a aplicação da tecnologia em construções de maior escala (PRINTINGCONSTRUCTIONTEAM, 2025).

Figura 3 – Edifício em Dubai feito com Impressão 3D



Fonte: Disponível em: <https://www.dwell.com/article/worlds-largest-3d-printed-building-apis-cor-6a4b7f45> (acesso em: 15 mar. 2026).

Figura 4 – Outra vista do Edifício em Dubai

Fonte: Disponível em: <https://singularityhub.com/2020/01/27/worlds-biggest-3d-printed-building-opens-in-dubai/> (acesso em: 15 mar. 2026).

De acordo com dados da Apis Cor, a impressão de toda a envoltória da estrutura foi realizada em aproximadamente 48 horas de operação efetiva, distribuídas ao longo do cronograma devido a paradas técnicas e ajustes. Para fins comparativos, considera-se uma edificação tradicional de um pavimento e área similar (entre 600 e 700 m²), construída em alvenaria estrutural.

No que se refere ao tempo de execução, observa-se uma redução significativa, uma vez que a construção por impressão 3D permite a conclusão das paredes em cerca de 48 horas, enquanto o método convencional demandaria entre 45 e 90 dias para execução da alvenaria, instalações embutidas e reboco. Os dados analisados sugerem potencial redução significativa no tempo de execução quando comparada aos métodos convencionais, podendo variar entre 90% e 95% em determinados contextos.

Os estudos analisados indicam potencial redução entre 20% e 25% no custo estrutural, principalmente devido à eliminação de fôrmas e à menor necessidade de mão de obra. Em contrapartida, os métodos tradicionais envolvem custos elevados com carpintaria, concretagem, reboco e logística de materiais.

Os dados analisados indicam perdas inferiores a 3% do volume total de material no processo de impressão, devido ao alto nível de controle digital da execução. Já a construção convencional registra perdas entre 15% e 30%. Nesse contexto, os

resultados sugerem potencial redução significativa na geração de resíduos quando comparada aos métodos tradicionais.

Além disso, a produtividade do processo construtivo é significativamente superior na manufatura aditiva, com taxas de extrusão superiores a 1 metro linear por minuto, enquanto métodos convencionais apresentam produtividade média entre 0,15 e 0,25 m² por trabalhador por hora. Esses dados sugerem potencial aumento de produtividade em relação aos métodos tradicionais, especialmente em projetos com maior nível de automação construtiva.

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta uma síntese comparativa entre os métodos construtivos tradicionais e a manufatura aditiva, com base nos estudos de caso analisados.

Tabela 1 – Comparação entre Construção Tradicional e Manufatura Aditiva com base nos Estudos de Caso

Critério			Impressão 3D	Método Tradicional
Tempo	(execução da	da	24-48 horas	20 a 90 dias
	estrutura/paredes)			
Custo			Potencial redução de 20% a 50%	Mais elevado
Resíduos			Redução significativa	12% a 30%
Mão de Obra			3 a 5 trabalhadores	12 a 20 trabalhadores
Produtividade			Alta	Baixa

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A partir da análise dos estudos de caso, observa-se que a manufatura aditiva apresenta melhorias consistentes em indicadores fundamentais da construção civil, especialmente em relação ao tempo de execução, à geração de resíduos, aos custos e à produtividade.

Os resultados indicam que a redução do tempo de execução está diretamente associada à automação do processo construtivo e à eliminação de etapas intermediárias. Da mesma forma, a diminuição de resíduos decorre do uso preciso de materiais e da ausência de processos subtrativos. A redução de custos, por sua vez,

resulta da combinação de menor consumo de materiais, redução da mão de obra e diminuição de retrabalhos.

Além disso, os ganhos de produtividade observados demonstram que a manufatura aditiva possui potencial para transformar significativamente os processos construtivos, independentemente do contexto geográfico ou da escala do projeto.

Entretanto, apesar dos benefícios evidenciados, a literatura aponta desafios para a ampla adoção da manufatura aditiva, como o elevado custo inicial dos equipamentos e a necessidade de mão de obra especializada.

Além disso, aspectos relacionados à regulamentação técnica, padronização dos processos construtivos e validação estrutural ainda representam desafios para a ampla consolidação da tecnologia, especialmente em países onde a manufatura aditiva na construção civil ainda se encontra em estágio inicial de desenvolvimento, como o Brasil. Questões relacionadas ao alto investimento inicial, à necessidade de qualificação profissional e à adaptação das normas técnicas também limitam sua adoção em larga escala.

Dessa forma, os resultados obtidos corroboram a literatura apresentada no referencial teórico, sugerindo que a manufatura aditiva possui potencial para promover maior eficiência, sustentabilidade e competitividade na construção civil. Entretanto, sua ampla consolidação ainda depende do avanço tecnológico, da ampliação de estudos aplicados e do desenvolvimento de normas e regulamentações específicas para o setor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada demonstra que a manufatura aditiva na construção civil se configura como uma alternativa altamente promissora em relação aos métodos construtivos tradicionais, especialmente diante dos desafios ambientais, econômicos e operacionais enfrentados pelo setor. Ao considerar os aspectos relacionados à geração de resíduos, aos custos e ao tempo de execução, verificou-se que a aplicação da impressão 3D contribui de forma significativa para a melhoria da eficiência e da sustentabilidade das obras.

No que se refere aos resíduos, a tecnologia apresenta potencial para reduzir significativamente o desperdício de materiais, principalmente pela eliminação de formas, pelo uso otimizado de insumos e pela possibilidade de incorporação de

materiais reciclados. Esse fator contribui diretamente para a diminuição dos impactos ambientais e dos custos associados ao gerenciamento de resíduos.

Em termos econômicos, observou-se que a manufatura aditiva possibilita a redução de custos por meio da diminuição do consumo de materiais, da redução da necessidade de mão de obra e da maior eficiência nos processos construtivos. Esses elementos, aliados à precisão digital, resultam em maior previsibilidade e racionalização dos recursos empregados.

Quanto ao tempo de execução, a automação do processo construtivo, a eliminação de etapas manuais e a redução de retrabalhos permitem uma significativa aceleração das obras, além de maior estabilidade do cronograma.

Dessa forma, os resultados obtidos indicam que os objetivos propostos foram alcançados, evidenciando que a manufatura aditiva contribui para a redução de resíduos, custos e tempo de execução na construção civil. As evidências também sugerem a confirmação das hipóteses inicialmente levantadas. Entretanto, apesar dos benefícios identificados, a adoção da manufatura aditiva ainda enfrenta desafios, como os altos custos iniciais de implementação e a necessidade de qualificação técnica especializada. Tais fatores indicam que, embora promissora, a tecnologia ainda se encontra em processo de consolidação no setor.

Por fim, conclui-se que a manufatura aditiva não representa apenas uma inovação tecnológica pontual, mas um novo paradigma construtivo, capaz de redefinir padrões de produtividade, sustentabilidade e competitividade. Nesse sentido, sua adoção tende a se expandir à medida que a tecnologia se torna mais acessível e consolidada no mercado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da bolsa de Iniciação Científica do Centro Paula Souza (CPS), que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3DPRINTING.COM. **New study finds 25% 3D printed concrete material savings through thickness optimisation.** 2025. Disponível em: <https://3dprinting.com/news/new-study-finds-25-3d-printed-concrete-material-savings->

through-thickness-optimisation/. Acesso em: 12 nov. 2025.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: ABRELPE, 2022.

AHMAD, J.; LI, Z.; NASIR, M. **Waste materials utilization in 3D printable concrete for sustainable construction applications: a review**. Emergent Materials, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42247-024-00942-4>. Acesso em: 18 nov. 2025.

BOISSONNEAULT, T. ICON launches Vulcan II 3D printer, announces new construction plans. VoxelMatters, 2019. Disponível em: <https://www.voxelmatters.com/icon-vulcan-ii-3d-printer-construction/>. Acesso em: 11 dez. 2025.

BUSWELL, R. A. et al. **3D printing using concrete extrusion: a roadmap for research**. Cement and Concrete Research, v. 112, p. 37–49, 2018.

CARBONARI, L. T. et al. **Impressão 3D com materiais cimentícios: uma análise comparativa de projetos residenciais**. Mix Sustentável, v. 9, n. 4, p. 27–39, 2023.

ELNAWAWI, O. et al. **Advances in sustainable additive manufacturing: a systematic review for construction industry**. Frontiers in Built Environment, 2025. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2025.1535626/full>. Acesso em: 18 nov. 2025.

GALLIO, L. C. **Comparação de custos para construção em alvenaria estrutural e impressão 3D. 2024**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – PUCRS, Porto Alegre, 2024.

KHOSHNEVIS, B. **Automated construction by contour crafting**. Automation in Construction, v. 13, n. 1, p. 5–19, 2006.

KRAVCHENKO, E. et al. **Transforming construction waste into resources for 3D printed concrete**. ISARC, 2025.

MAHMOOD, A. et al. **Recycled waste materials utilised in 3D concrete printing**. Buildings, v. 15, n. 19, 2025.

PRINTINGCONSTRUCTIONTEAM. Environmental impact analysis of 3D printing construction. 2025. Disponível em: <https://www.printingconstruction.com/learn/environmental-impact-analysis-of-3d-printing-construction>. Acesso em: 28 ago. 2025.

RMIT UNIVERSITY. **Recycled materials open new doors for 3D concrete printing**. 2022. Disponível em: <https://www.rmit.edu.vn/news/all-news/2022/jun/recycled-materials-open-new-doors-for-3d-concrete-printing>.

SOUZA, G. F.; NUNES, D. P. **A manufatura aditiva na construção civil como**

instrumento de redução do déficit habitacional. Revista de Engenharia e Tecnologia,
v. 31, n. 3, 2023.

SPRINGER. **3D printing in construction: sustainable technology for building industry.** Progress in Additive Manufacturing, 2025. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s40964-025-01314-y>.

ZAREI, M.; PAAVILAINEN, J.; HAVUKAINEN, J. **Additive manufacturing in the construction industry.** Applied Sciences, v. 11, n. 9, 2021.