

## IMPACTOS DA IMPRESSÃO 3D NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS ACADÊMICOS

*Luis Gustavo de Souza Xavier<sup>1\*</sup>, Janine Fonseca Matos Xavier<sup>2</sup> & Pedro Miguel Gomes Januário<sup>3</sup>*

### RESUMO

XAVIER, L. G. S., XAVIER, J. F. M., JANUÁRIO, P. M. G. Impactos da impressão 3D no desenvolvimento de projetos arquitetônicos acadêmicos. **Perspectivas Online: Humanas & Sociais Aplicadas**, v.14 , n. 43 , p.130-138, 2024.

A introdução de ferramentas de prototipagem, especialmente a impressão 3D, está transformando os processos produtivos na arquitetura, tanto no desenvolvimento de projetos quanto na construção. Este estudo investigou o impacto dessas tecnologias no ensino de projeto arquitetônico através de uma revisão da literatura recente sobre a aplicação da prototipagem em cursos de arquitetura. A análise revelou que a impressão 3D melhora a visualização e a detecção de problemas em projetos, possibilitando ajustes precisos e uma

compreensão mais aprofundada das formas arquitetônicas. A metodologia incluiu a revisão de artigos sobre a introdução e uso da impressão 3D no ensino, destacando benefícios como a criação de modelos detalhados e o aprimoramento da colaboração entre equipes. Conclui-se que, apesar dos desafios associados à adaptação e aprendizado das novas ferramentas, a integração da impressão 3D no ensino de projeto de arquitetura oferece um futuro promissor, aprimorando a concepção formal dos projetos e as habilidades projetuais dos alunos.

**Palavras-chave:** Impressão 3D. Modelagem Geométrica. Ensino de Projeto Arquitetônico.

<sup>1</sup> Doutorando em Arquitetura na ULisboa - professor do curso de Arquitetura e Urbanismo/ISECENSA - Pesquisador Laboratório de Estudos Arquitetônicos – LAEA /ISECENSA e do Centro de Pesquisa CIAUD/ULISBOA

<sup>2</sup> Pós- graduada em Ensino de Arquitetura e Urbanismo / UNIFLU - professora do curso de Arquitetura e Urbanismo/ISECENSA - Pesquisadora Laboratório de Estudos Arquitetônicos – LAEA /ISECENSA

<sup>3</sup> Doutor em Arquitetura pela Universidad Politécnica de Madrid, Professor Associado Faculdade de Arquitetura – Ulisboa, Pesquisador Centro de Pesquisa CIAUD/ULISBOA

(\*) e-mail: [luisxavier@isecensa.edu.br](mailto:luisxavier@isecensa.edu.br)

## IMPACTS OF 3D PRINTING ON THE DEVELOPMENT OF ACADEMIC ARCHITECTURAL PROJECTS

*Luis Gustavo de Souza Xavier<sup>1\*</sup>, Janine Fonseca Matos Xavier<sup>2</sup> & Pedro Miguel Gomes Januário<sup>3</sup>*

### RESUMO

XAVIER, L. G. S., XAVIER, J. F. M., JANUÁRIO, P. M. G. Impacts of 3D printing on the development of academic architectural projects. **Online Perspectives Journal: Human & Social Applied**, v. 14, n. 43, p. 130-138, 2024.

The introduction of 3D prototyping tools, particularly 3D printing, is transforming production processes in architecture, both in project development and construction. This study investigated the impact of these technologies on architectural education through a review of recent literature on the application of prototyping in architecture courses. The analysis revealed that 3D printing enhances visualization and problem detection in projects, allowing for precise adjustments and a deeper

understanding of architectural forms. The methodology included a review of articles on the introduction and use of 3D printing in education, highlighting benefits such as the creation of detailed models and improved team collaboration. It is concluded that, despite the challenges associated with adapting to and learning new tools, the integration of 3D printing into architectural projects education presents a promising future, enhancing project design and students' design skills.

**Keywords:** 3D Printing. Geometric Modeling. Architectural Design Education.

<sup>1</sup> PhD student in Architecture at the University of Lisbon - professor of the Architecture and Urbanism course/ISECENSA - Researcher Architectural Studies Laboratory – LAEA /ISECENSA and the Research Center, University of Lisbon CIAUD/ULISBOA

<sup>2</sup> Postgraduate in Architecture and Urbanism Teaching / UNIFLU - professor of the Architecture and Urbanism course/ISECENSA - Researcher Architectural Studies Laboratory – LAEA /ISECENSA

<sup>3</sup> PhD in Architecture from the Escuela Técnica Superior de Arquitectura of the Polytechnic University of Madrid Research Center, University of Lisbon CIAUD/ULISBOA

(\*) e-mail: [luisxavier@isecensa.edu.br](mailto:luisxavier@isecensa.edu.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A inserção de novas tecnologias ao processo de ensino se faz necessária para que as futuras gerações estejam integradas nos processos utilizados no mercado de trabalho. Entre os processos tecnológicos da atualidade, a impressão 3D e prototipagem rápida tem se destacado como uma tecnologia cada vez mais presente em diversas áreas do conhecimento, incluindo a arquitetura. Alguns estudos demonstram que a utilização dessa tecnologia em disciplinas de estudo da forma e de criação de objetos tem mostrado potencial para ampliar os métodos de ensino e práticas profissionais. A introdução da impressão 3D permite uma visualização tangível de modelos arquitetônicos, facilitando a compreensão espacial e a comunicação de ideias.

Tradicionalmente as ferramentas como lápis e papel foram a base do desenvolvimento de projeto até o surgimento da computação gráfica. Desde a popularização das tecnologias gráficas por computador ao longo da década de 1980, os processos de projeto passaram a ter o suporte de ferramentas digitais, que permitem criar representações finais e esboços tridimensionais com precisão geométrica e matemática usando programas gráficos e simulações.(Alessio *et al.*, 2017, p.5)

Conforme destacado por Al Ruheili e Al Hajri (2021, p.2), a impressão 3D, que converte modelos digitais em objetos sólidos, tem ganhado destaque nos sistemas educacionais ao redor do mundo, sublinhando a importância dessa tecnologia inovadora na educação. Os autores enfatizam a necessidade crucial de equipar os estudantes com habilidades tecnológicas avançadas, preparando-os para enfrentar as demandas contemporâneas e futuras do mercado.

No ponto de vista de Matos (2022, p. 10) o fato de desenvolver novas abordagens educacionais é crucial diante das recentes transformações sociais e educacionais. O uso da impressão 3D nas salas de aula introduz um conceito didático inovador, tornando o aprendizado mais interativo e dinâmico e promovendo o pensamento crítico e analítico dos alunos. A prototipagem 3D permite testar e validar ideias, criando experiências imersivas e estimulando o protagonismo dos alunos. Com seu baixo custo, a impressão 3D encoraja os alunos a assumir riscos e aplicar o conhecimento de forma prática.

Este artigo tem como objetivo investigar a incorporação da impressão 3D nas disciplinas de projeto arquitetônico, abordando seus benefícios, desafios e impactos no processo de aprendizagem. Para alcançar esse objetivo, o estudo analisou bibliografia específica e pesquisas sobre o tema, avaliando como a impressão 3D está sendo integrada às disciplinas de projeto arquitetônico, identificando as principais dificuldades enfrentadas e examinando os resultados dessa integração na formação dos futuros arquitetos.

## 2. METODOLOGIA

Para alcançar esse objetivo, o estudo analisou bibliografia específica e pesquisas sobre o tema, avaliando como a impressão 3D está sendo integrada às disciplinas de projeto arquitetônico, identificando as principais dificuldades enfrentadas e examinando os resultados dessa integração na formação dos futuros arquitetos.

## 3. DESENVOLVIMENTO

### 3.1 Processo de impressão 3D

A impressão 3D cria objetos tridimensionais a partir de modelos digitais, adicionando material em camadas. Originalmente usada por engenheiros e designers para prototipagem, sua popularidade e acessibilidade cresceram, levando a sua aplicação em campos como automóveis, moda, arquitetura, arte, medicina e design. Na educação, a impressão 3D tem sido utilizada para enriquecer cursos como arquitetura, computação e medicina, melhorando a experiência de aprendizagem e aumentando o envolvimento dos alunos. Existem diversas tecnologias de impressão 3D, cada uma com seus prós e contras. (Al Ruheili e Al Hajri, 2021, p.3)

De acordo com Lira (2021), Matos (2022) e pesquisa de campo realizada no laboratório de prototipagem Makerspace do ISECENSA, o processo de impressão 3D, também conhecido como fabricação aditiva, consiste na criação de objetos tridimensionais a partir de um modelo digital. Esse processo abrange várias etapas, com as principais sendo destacadas a seguir:

1. **Modelo Digital:** O primeiro passo é criar um modelo 3D digital do objeto desejado usando softwares de modelagem como Revit, AutoCAD (arquivo tridimensional), Rhino, SketchUp, entre outros. O modelo pode ser projetado do zero ou derivado de uma digitalização de um objeto real.
2. **Preparação do Arquivo:** O modelo digital precisa ser convertido para um formato compatível com a impressora 3D, geralmente um arquivo STL (stereolithography) ou OBJ.
3. **Importação do Arquivo:** O arquivo convertido é importado para um software de fatiamento, que divide o modelo em camadas finas e gera um código específico para a impressora, conhecido como G-code.
4. **Configuração da Impressora:** A impressora 3D é configurada com o material de impressão adequado, que pode ser plástico, metal, resina ou outros materiais. Dependendo da tecnologia de impressão utilizada (como FDM, SLA, SLS), o material pode vir na forma de filamento, resina líquida ou pó.
5. **Impressão 3D:** O processo de impressão começa quando a impressora interpreta o G-code e começa a adicionar o material camada por camada. Em impressoras FDM, um bico aquece e extruda o filamento de plástico, enquanto em impressoras SLA, uma luz UV endurece a resina líquida.
6. **Modelo Impresso:** Após a impressão, o objeto é deixado para esfriar e solidificar, com o tempo variando de acordo com o material e a complexidade do modelo. Uma vez que a impressão esteja completa, o objeto pode necessitar de algum pós-processamento, como remoção de suportes, lixamento, pintura ou aplicação de acabamentos para alcançar o resultado desejado.

A figura 1 exemplifica as etapas do processo.

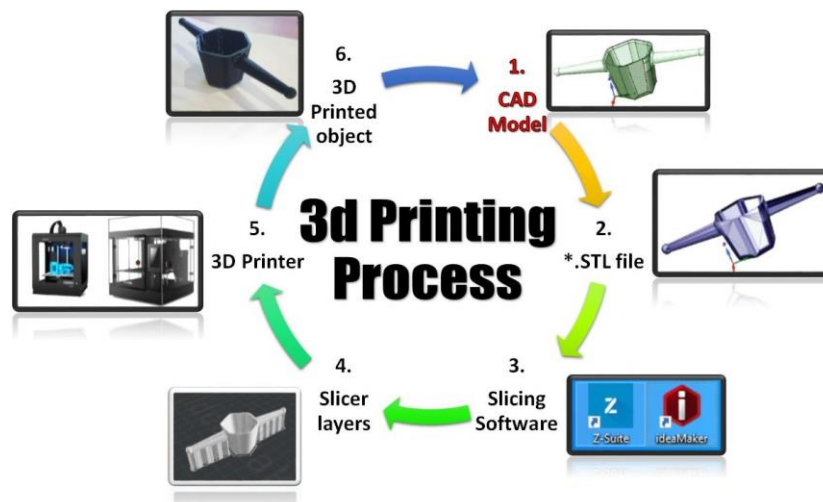


Figura 1 - Representação do processo de impressão 3D.

Fonte: <https://www.recreate3d.co.za/> - Acesso em 20/07/2024.

A partir do modelo tridimensional e do planejamento detalhado dos elementos do projeto, é possível criar uma maquete completamente impressa em 3D. Este processo permite a materialização física do projeto digital, oferecendo uma representação precisa e tangível do design arquitetônico. As maquetes arquitetônicas geradas por impressão 3D proporcionam uma visão clara e detalhada do projeto, possibilitando uma avaliação mais profunda e realista das suas características e proporções. Como ilustração, as imagens apresentadas na Figura 2 exemplificam as maquetes arquitetônicas criadas por essa tecnologia, destacando a capacidade da impressão 3D de reproduzir os elementos dos projetos.

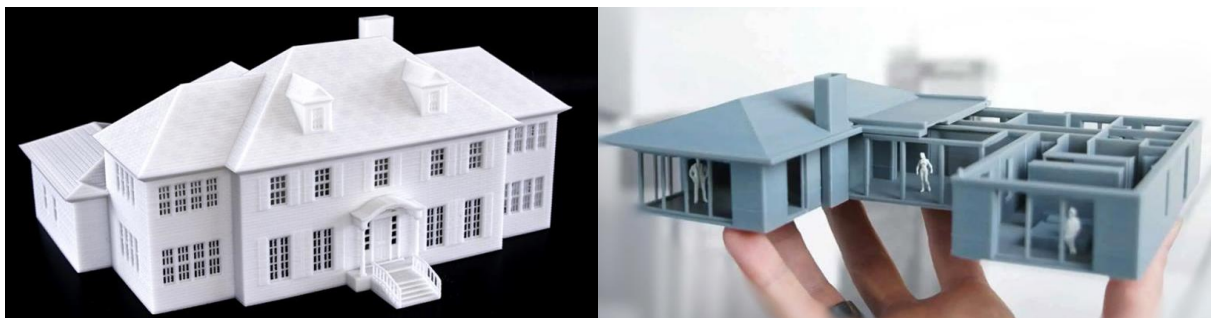


Figura 2 - Exemplos de modelos arquitetônicos impressos em 3D

Fonte: <https://www.facil3d.com.br/impressao-3d-maquetes>

### 3.2 Aplicação da impressão 3D no ensino

Os espaços tradicionais de desenvolvimento de projetos em cursos de arquitetura, como os ateliês equipados com pranchetas e, mais recentemente, com computadores, sempre foram pontos de encontro essenciais para os estudantes. Atualmente, outro ambiente importante nos cursos de arquitetura ou de produção de objetos se deu nos makerspaces. Conforme descrito por Sacramento (2021, pp. 19-20), um makerspace é definido como um local dedicado à criação de objetos, utilizando tanto técnicas artesanais quanto tecnológicas, e promovendo processos de aprendizagem inovadores e recreativos. Para que um makerspace seja efetivo em uma

faculdade de arquitetura, é crucial que ele seja integrado à grade curricular, especialmente nas disciplinas de projeto. Esses espaços operam como pequenos laboratórios de produção em pequena escala, com o objetivo de inovar e compartilhar conhecimentos, preparando os alunos para propor soluções personalizadas e específicas no mercado de trabalho.

De acordo com a pesquisa realizada por Al Ruheili e Al Hajri (2021) com 425 participantes, a impressão 3D demonstrou ser uma ferramenta valiosa na educação e prática de arquitetura paisagística, proporcionando novos meios para visualizar, ensinar e experimentar o produto final de um projeto. O estudo revelou que a tecnologia aprimora a modelagem e visualização de projetos, permitindo que os alunos criem e ajustem modelos de forma autônoma, aumentando assim a criatividade e a compreensão dos seus trabalhos. Embora existam limitações, como custo e tamanho de impressão, os modelos 3D oferecem uma experiência sensorial e visual que os modelos digitais não conseguem proporcionar. A integração da impressão 3D no ensino apresenta benefícios significativos, destacando a importância de adotar novas tecnologias para melhorar a aprendizagem e a prática no campo da arquitetura.

O estudo de caso evidenciou os benefícios da integração da impressão 3D na educação e prática de arquitetura, mostrando como essa tecnologia pode melhorar a comunicação e a compreensão dos projetistas, além de enriquecer o processo de aprendizado. Os modelos impressos em 3D ajudaram os alunos a visualizar seus projetos em tempo real, aumentando seu interesse e entusiasmo. Apesar das limitações relacionadas ao custo, detalhes finos e tamanho de impressão, a impressão 3D se mostrou eficaz para criar objetos em pequena escala, promovendo um ambiente de ensino mais dinâmico e criativo. (Al Ruheili e Al Hajri, 2021, pp. 11 - 13)

Já na pesquisa desenvolvida por Alessio *et al.* (2017) os alunos foram incentivados a usar diversas ferramentas, como esboços manuais, modelos digitais em CAD, corte a laser e impressão 3D, para desenvolver protótipos e apoiar o refinamento e validação dos seus projetos. Os professores estimularam o uso de qualquer técnica que facilitasse a compreensão das etapas do processo projetual. O estudo contou com a participação de 23 alunos, sendo 11 de Licenciatura em Expressão Gráfica, 11 de Arquitetura e Urbanismo, e 1 de Engenharia Civil. Metade dos participantes estava em semestres intermediários e a outra metade em semestres finais. Segundo os autores, os participantes relataram ter dificuldades relatadas com a impressão 3D, destacam-se problemas com a escala e encaixe dos modelos (6 alunos), demora na impressão (5 alunos), domínio do software (3 alunos) e preparação dos arquivos (3 alunos). (*Op. cit.*, pp. 5-7)

Como resultado dos trabalhos, a maioria dos grupos usou a ferramenta de corte a laser para desenvolver seus modelos finais, que segundo os autores se deu provavelmente devido à sua facilidade de uso e familiaridade. A impressão 3D foi usada em poucos casos, mais por exigência da disciplina do que por necessidade prática. Durante as aulas, os alunos mostraram desinteresse em explorar alternativas e realizar testes de validação, optando por se contentar com as primeiras ideias e apresentando poucas variações nas soluções finais em relação aos estudos iniciais. (*Op. cit.*, p. 8)

Em sua pesquisa com alunos de arquitetura Matos (2022) dividiu o processo em 3 etapas. A primeira foi a preparação do protótipo virtual no Revit Architecture e exportar os arquivos STL para o software fatiador Cura. A segunda se deu na aplicação prática da prototipagem 3D com alunos. A terceira etapa incluiu a avaliação dos modelos geométricos e protótipos impressos pelos alunos, acompanhada pela criação de um tutorial para capacitação em geração de arquivos e manuseio das impressoras 3D.

Conforme explanado por Matos (2022, pp. 13 e 14), o entusiasmo dos alunos com a tecnologia destacou os benefícios da impressão 3D para o ensino de arquitetura, mostrando avanços no processo de aprendizagem. A prática revelou tanto os benefícios quanto os desafios da ferramenta em comparação com métodos convencionais, com a impressão 3D aplicada em disciplinas de projeto arquitetônico. O autor acrescenta que a prototipagem 3D na educação arquitetônica permite aos alunos entender os princípios e volumetrias arquitetônicas ao executar projetos. A fabricação digital oferece novas perspectivas sobre o papel dos protótipos no design dos espaços. Durante as aulas, os professores acompanham de perto o progresso dos alunos, esclarecendo dúvidas e incentivando a criatividade. A tecnologia avançada e o uso de computadores agilizam e precisam a execução das tarefas.

Na visão de Sacramento (2021, p. 58), a partir da sua pesquisa em desenvolvimento de protótipos estruturais com impressão 3D, foi possível compreender a importância das estruturas de concreto, bem como as etapas necessárias para a execução de estruturas de concreto armado e pré-moldado. Na pesquisa prática foram desenvolvidos protótipos estruturais no SketchUp. Embora nem todos os protótipos tiveram bons resultados desde as primeiras tentativas, os erros identificados permitiram a melhoria dos protótipos estruturais, representando com mais precisão o processo construtivo real. A pesquisa destacou o potencial da impressão 3D como ferramenta didática, auxiliando professores e despertando o interesse dos alunos na sala de aula.

Na pesquisa realizada por Souza *et al.* (2023, pp. 22-25) sobre o ensino de design, foram detalhadas as atividades desenvolvidas no laboratório PRONTO3D, em Florianópolis, envolvendo alunos do curso de Design de Produto. A disciplina de Prototipagem utilizou tecnologias de corte a laser e impressão 3D, demonstrando a importância da prototipagem no desenvolvimento de produtos. Este processo permitiu a materialização de ideias abstratas e a tomada de decisões críticas durante o design. Os alunos participaram de uma abordagem prática e criativa, passando do desenho bidimensional à modelagem tridimensional, o que aprimorou a precisão e eficiência dos modelos físicos. Nas discussões finais, foram examinadas questões como a estrutura do banco de papelão e o acabamento superficial das peças, ressaltando a importância da reflexão crítica e da adaptação contínua ao feedback recebido. As práticas didáticas adotadas foram eficazes, com os alunos reconhecendo a relevância do acabamento e da utilização de diversos softwares. O estudo sublinha a importância das práticas de materialização digital no desenvolvimento do repertório projetual e das habilidades reflexivas dos estudantes, sugerindo que outras instituições considerem a adoção de abordagens semelhantes para aprimorar o ensino em Design de Produto.

Conforme apontado por Matos (2022, p. 15) o uso de ferramentas e softwares paramétricos está transformando o ensino e a prática da arquitetura, permitindo a criação de peças únicas e testes rápidos de variações através de impressoras 3D. É crucial que as instituições de ensino integrem essas tecnologias para formar arquitetos capacitados, atendendo às demandas do mercado. A modelagem paramétrica e a prototipagem 3D oferecem variedade de soluções, suporte à decisão e melhoram a qualidade dos projetos, contribuindo para a formação acadêmica dos alunos. Embora o uso dessas tecnologias no ensino seja recente, o interesse dos alunos com a prototipagem demonstra a necessidade de métodos pedagógicos inovadores. Professores devem adotar novas abordagens para atender às demandas do século XXI, com os alunos participando ativamente do processo de aprendizagem e os professores atuando como orientadores.

Para Al Ruheili e Al Hajri (2021) a impressão 3D permite que alunos de arte e arquitetura materializem e experimentem seus designs em tempo real, melhorando a compreensão de conceitos espaciais e geológicos. Isso também aumenta a qualidade e

acessibilidade dos materiais educativos. Em aulas de arquitetura paisagística, proporciona uma visão clara e tangível das propostas de design.

Modelos são essenciais para representar visualmente qualquer coisa, com a modelagem 3D desempenhando um papel crucial no projeto e pesquisa arquitetônica. Ao se desenvolver um modelo tridimensional são envolvidas diversas etapas e atores tais como a análise da situação atual, geração do projeto, ajustes e exportação dos arquivos, a impressão propriamente dita e conclusão e análise pelos envolvidos no processo. No setor educacional, a modelagem 3D é usada para ensinar alunos e auxiliar professores, além de promover a criação de tecnologias avançadas e atividades de extensão. Ela também é importante para o desenvolvimento de habilidades de ensino e aprendizagem 3D, oferecendo uma representação mais precisa e eficaz da informação comparada aos modelos visualizados somente no computador ou por impressão convencional 2D em papel. (Al Ruheili e Al Hajri, 2021, pp.3 e 4)

Corroborando com o tema, Souza *et al.* (2023, pp. 20 e 21) pontua que a disciplina de Prototipagem aborda a escolha dos melhores métodos de materialização por meios digitais e os materiais aplicáveis na criação de mockups<sup>1</sup>, modelos e protótipos, equilibrando tempo, qualidade e custo. A experiência de materializar um objeto ajudou os alunos a compreenderem melhor as dimensões físicas que o ambiente virtual não oferece. A tecnologia de impressão 3D se destacou pela capacidade de criar objetos complexos e personalizados, transformando ideias abstratas em realidade tangível.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração da impressão 3D nas disciplinas de projeto arquitetônico tem se mostrado uma adição significativa e inovadora ao currículo acadêmico. As evidências acumuladas através de pesquisas destacam que a impressão 3D oferece uma ferramenta moderna e eficaz para explorar e materializar ideias arquitetônicas, promovendo uma melhor compreensão dos conceitos espaciais e ampliando o engajamento e a criatividade dos alunos. A capacidade de criar modelos físicos detalhados e ajustáveis rapidamente permite aos estudantes uma experiência de aprendizado mais interativa e prática, e se torna importante para o processo de análise e estudos de projeto arquitetônico na atualidade.

Os benefícios da impressão 3D são notáveis tanto para os alunos quanto para os professores. Os estudantes relatam uma compreensão mais profunda das formas e conceitos espaciais, bem como uma maior motivação e criatividade ao aplicar a tecnologia em seus projetos. Para os docentes, a impressão 3D contribui para a melhoria na qualidade dos projetos apresentados, refletindo um avanço na competência técnica e criativa dos alunos.

Entretanto, a adoção da impressão 3D não é isenta de desafios. A necessidade de investimentos substanciais em infraestrutura, como a aquisição de impressoras 3D e materiais, bem como a formação adequada dos professores, são questões críticas que precisam ser consideradas. O custo dos materiais de impressão e a capacitação contínua dos docentes são barreiras que podem impactar a implementação bem-sucedida da tecnologia.

Além disso, a literatura revisada destaca a importância de um planejamento estratégico para integrar a impressão 3D de maneira eficaz no currículo acadêmico. Para que os benefícios

---

<sup>1</sup> O mockup é uma representação gráfica que simula o tamanho, formato, perspectiva, textura, cor e diversos outros detalhes no desenvolvimento de um projeto. Ele é a melhor forma de visualizar o design de maneira clara e realista, sem que ele entre em produção. Fonte: <https://www.futuraexpress.com.br/blog/o-que-e-mockup/#:~:text=O%20mockup%20C3%A9%20uma%20representa%C3%A7%C3%A3o,que%20ele%20entr%20em%20produ%C3%A7%C3%A3o>. (acesso em 05/08/2024).



da impressão 3D sejam plenamente realizados, é necessário um enfoque cuidadoso na adaptação dos métodos de ensino e na incorporação da tecnologia nas disciplinas de projeto arquitetônico.

Futuras pesquisas devem explorar soluções para superar esses desafios, com foco em métodos para otimizar a integração da impressão 3D na educação arquitetônica. Estudos adicionais poderiam investigar práticas eficazes para reduzir os custos e desenvolver programas de capacitação mais acessíveis para professores. A contínua avaliação e refinamento das estratégias de implementação são essenciais para garantir que a impressão 3D possa contribuir de forma significativa para a formação de profissionais de arquitetura altamente qualificados e criativos.

## 5 REFERÊNCIAS

- AL RUHEILI, Amna; AL HAJRI, Salman. **The Role of 3D Printing Technology in Landscape Architecture Teaching and Learning Practices**. *Educational Sciences: Theory and Practice*, v. 21, n. 2, p. 13-26, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Salman-Alhajri/publication/358606444\\_The\\_Role\\_of\\_3D\\_Printing\\_Technology\\_in\\_Landscape\\_Architecture\\_Teaching\\_and\\_Learning\\_Practices/links/620b44df634ff774f4ce674e/The-Role-of-3D-Printing-Technology-in-Landscape-Architecture-Teaching-and-Learning-Practices.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Salman-Alhajri/publication/358606444_The_Role_of_3D_Printing_Technology_in_Landscape_Architecture_Teaching_and_Learning_Practices/links/620b44df634ff774f4ce674e/The-Role-of-3D-Printing-Technology-in-Landscape-Architecture-Teaching-and-Learning-Practices.pdf) (acesso em 05/08/2024).
- ALESSIO, Pedro Martins et al. Prototipagem Digital como recurso de ensino: Uma experiência pedagógica de projetos para turmas integradas de design, arquitetura e expressão gráfica. In: **CONGRESSO DE LA SOCIEDAD IBERO-AMERICANA DE GRAFICA DIGITAL, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos**. 2017. p. 2-8. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/sigradi2017/035.pdf> (acesso em 10/08/2024).
- LIRA, Valdemir M. **Processos de fabricação por impressão 3D: Tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D**. São Paulo: Editora Blucher, 2021. *E-book*. ISBN 9786555062960. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555062960/>. (acesso em 06/08/2024).
- MATOS, Anselmo Araujo; PRUDENTE, Marcos Vinicius Santana; DA SILVA, Karliane Couto. **Prototipagem como metodologia ativa de ensino na arquitetura e urbanismo do IFS Lagarto**. *Revista Expressão Científica (REC)*, v. 7, n. 1, p. 09-16, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/REC/article/view/1275>. (acesso em 05/08/2024).
- SACRAMENTO, Lucas Pereira Barcellos. **Desenvolvimento de protótipos estruturais com uso da impressora 3D para o ensino da arquitetura**. Colatina, Intituto Federal do Espírito Santo, 2022 – Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: [https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/1646/TCC\\_Desenvolvimento\\_de\\_prot%C3%B3tipos\\_estruturais\\_com\\_uso\\_da\\_imprensa\\_3D\\_para\\_o\\_ensino\\_da\\_arquitetura.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/1646/TCC_Desenvolvimento_de_prot%C3%B3tipos_estruturais_com_uso_da_imprensa_3D_para_o_ensino_da_arquitetura.pdf?sequence=1&isAllowed=y). (acesso em 01/08/2024).
- SOUZA, Lorena Costa; PORTO, Lucas Tavares; MEDEIROS, Ivan Luiz de. **ATIVIDADES DIDÁTICAS NO LABORATÓRIO PRONTO3D: uma abordagem de ensino por projeto utilizando corte a laser e impressão 3D**. *Projética*, Londrina, v. 14, n. 3, 2023. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/48592/49810>. (acesso em 25/07/2024)