

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA  
*CAMPUS CAJAZEIRAS*

ANA CAROLINA SANTANA GOMES

**OS DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS TÉCNICAS 3D NA CONSTRUÇÃO  
CIVIL NO BRASIL**

Cajazeiras-PB  
2023

ANA CAROLINA SANTANA GOMES

**OS DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS TÉCNICAS 3D NA CONSTRUÇÃO  
CIVIL NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa.

Cajazeiras-PB  
2023

IFPB / Campus Cajazeiras  
Coordenação de Biblioteca  
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva  
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

G633d	<p>Gomes, Ana Carolina Santana. Os desafios da implementação das técnicas 3D na construção civil no brasil / Ana Carolina Santana Gomes. – 2023.</p> <p>35f. : il.</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2023.</p> <p>Orientador(a): Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa.</p> <p>1. Construção civil. 2. Indústria 4.0. 3. Impressão 3D – Engenharia civil. 4. Modelagem de projetos. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.</p>
-------	--


ANA CAROLINA SANTANA GOMES

## OS DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS TÉCNICAS 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.


Aprovado em 16 de fevereiro de 2023.

### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 MILSON DOS SANTOS BARBOSA  
Data: 08/03/2023 11:47:32-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>


---

Milson dos Santos Barbosa – IFPB-*Campus* Cajazeiras  
Orientador

Documento assinado digitalmente  
 GASTAO COELHO DE AQUINO FILHO  
Data: 08/03/2023 09:19:03-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras  
Examinador Interno

Documento assinado digitalmente  
 KEVIN BEZERRA IBIAPINA  
Data: 08/03/2023 11:38:16-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Esp. Kevin Bezerra Ibiapina  
Examinador Externo

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me sustentou até aqui. A minha família, pelo incentivo e apoio incondicional. E aos meus amigos e professores que me ajudaram durante toda a minha formação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me manteve forte durante toda essa jornada que escolhi percorrer. Ele foi minha força e meu amparo nos momentos difíceis e esteve comigo em todas as minhas lutas e vitórias.

Aos meus pais, Rosa Maria e Fábio, por acreditarem em mim, e por me permitirem a oportunidade de ir em busca dos meus sonhos. Vocês foram essenciais e o motivo de eu ter chegado até aqui.

Aos meus irmãos, Ana Tereza e Filipe, por serem meus maiores exemplos, meu alicerce e por sempre me apoiarem em toda minha trajetória acadêmica. Vocês foram de extrema importância para que eu percorresse esse trajeto sem pensar em desistir.

Aos meus avós Ana Leal, Francisco Gomes, Terezinha e José Miguel (*in memoriam*), que durante toda a minha vida me educaram na fé e a sempre ir em busca dos meus sonhos, agradeço de coração por todos os ensinamentos até aqui transmitidos.

À David Wendel, meu namorado, a quem sou grata por sempre me incentivar a acreditar nos meus sonhos, e segurar a minha mão quando eu me sentia aflita e desesperançosa. Sem você, a caminhada seria muito mais árdua e difícil de percorrer.

Às minhas primas Lohanne, Larisse e Thais, que sempre foram referência de amizade e apoio para mim, e que sonharam comigo bem antes de tudo isso se tornar realidade.

Aos meus amigos de infância, Caio Silva, Maria Tereza e Vitória Paz, que sempre sonharam comigo as conquistas da vida, e aos amigos adquiridos ao longo do curso, que fizeram esta jornada se tornar mais leve e produtiva.

A João Vitor, o amigo leal e companheiro que ganhei logo no início da faculdade e hoje ainda continua sendo meu grande exemplo de amizade.

A Airton, Luanda, Ana Letícia, Cícero Tavares, entre outros amigos que me proporcionaram momentos incríveis e de muita alegria, além de sempre confiarem no meu potencial.

Ao Instituto Federal da Paraíba e a todos os professores e funcionários que passaram por minha formação, sou grata por todos os ensinamentos e desafios impostos.

## RESUMO

A tecnologia de impressão 3D tem sido utilizada como importante ferramenta de otimização de processos no segmento da construção civil, porém, ainda é pouco utilizada quando comparada com métodos convencionais que circulam no mercado. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi demonstrar a evolução das técnicas de impressão 3D na área da construção civil e como isso tem impactado o setor de engenharia, para isso foi apresentado o que há de mais atual em tecnologia de impressão 3D aplicada ao setor da construção civil, e quais os benefícios que o uso dessas tecnologias são capazes de fornecer para a área em questão. Portanto, foi realizada uma revisão bibliográfica utilizando uma abordagem qualitativa, por meio da qual, foram analisadas pesquisas anteriores de modo a oferecer o subsídio necessário para a realização do estudo. A justificativa dessa pesquisa foi propor discussões sobre o quanto o uso de tecnologias da denominada indústria 4.0 podem otimizar o desempenho dos profissionais de engenharia civil. Com base nos dados que serviram de referência para esse trabalho, foi possível perceber que o uso de tecnologias de impressão 3D na construção civil ainda é algo recente, e que demanda o rompimento de tradicionalismos presentes no setor. A tecnologia em questão tem sido utilizada como importante ferramenta de fortalecimento do segmento e possibilitado grandes avanços na área.

**Palavras-chave:** tecnologia; impressão 3D; engenharia; indústria.

## ABSTRACT

3D printing technology has been used as an important process optimization tool in the civil construction segment, however, it is still little used when compared to conventional methods that circulate in the market. In this way, the objective of the present study was to demonstrate the evolution of 3D printing techniques in the area of civil construction and how this has impacted the engineering sector, for this, the most current 3D printing technology applied to the sector was presented. of civil construction, and what benefits the use of these technologies are able to provide for the area in question. Therefore, a bibliographic review was carried out using a qualitative approach, through which previous research was analyzed in order to provide the necessary subsidy for carrying out the study. The justification for this research was to propose discussions about how much the use of technologies from the so-called industry 4.0 can optimize the performance of civil engineering professionals. Based on the data that served as a reference for this work, it was possible to perceive that the use of 3D printing technologies in civil construction is still recent, and that it demands the breaking of traditionalisms present in the sector. The technology in question has been used as an important tool for strengthening the segment and enabling great advances in the area.

**Keywords:** technology; 3D print; engineering; industry.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
2.1	IMPRESSÃO 3D .....	11
2.2	BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	13
2.3	FORMAS DE UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL...	14
2.4	TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA.....	16
2.5	FRESAMENTO .....	16
2.6	MODELAGEM POR FUSÃO E DEPÓSITO .....	18
2.7	CORTE A LASER .....	18
2.8	ESTEREOLITOGRAFIA .....	19
2.9	MODELAGEM DE OBJETOS POR LAMINAÇÃO (LOM).....	20
2.10	DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	21
2.10.1	<i>Impressão em 3D pelo sistema pórtico .....</i>	<i>22</i>
2.10.2	<i>Impressora de sistema de robô articulado .....</i>	<i>23</i>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A impressão 3D (tridimensional) é uma ferramenta inovadora capaz de fabricar peças das mais simples às mais complexas, através de desenhos 3D dimensionados e controlados por um computador. Na atualidade, ela traz muitas vantagens para a indústria, entre elas, estão: o auxílio na minimização de tempo necessário para a concepção de alguma peça, a diminuição dos impactos socioambientais quando em comparação aos resíduos provenientes de materiais tradicionais, além de permitir um planejamento mais assertivo e fluido em todo o processo de planejamento e execução do projeto (FORMIGA; CARNEIRO, 2021).

Vale ressaltar que essa tecnologia faz parte da denominada indústria 4.0. Esse segmento tem utilizado o que existe de mais tecnológico na concepção de seus trabalhos e objetivos, tornando muito mais rápida a resposta à demanda que diferentes ramos econômicos necessitam. (SILVA *et al.*, 2019)

A indústria como um todo vem sendo beneficiada com a tecnologia de impressão 3D, de acordo com Volpato, Carvalho e Fortulan (2018) podem ser destacadas as áreas de educação/pesquisa, encaixe e montagem, modelos para fundição de metal, medicina, engenharia, auxílio visual e outros.

No que diz respeito à construção civil, Arcangeli (2022) argumenta que a tecnologia 3D começou a tornar possível diversos projetos de engenharia e arquitetura, e inovou sobremaneira a área e a vida das pessoas que precisam de resultados mais céleres e com menores margem de erro.

Sempre que surgem tecnologias novas também aparecem questionamentos por parte dos profissionais e dos clientes. Para muitos, usar de instrumentos informatizados programados pode ser algo ruim, por ser uma ruptura dos velhos padrões e tradicionalismos da engenharia. Para outros, saber que existe a possibilidade de acelerar obras e minimizar erros é lançar uma grande luz à prática profissional (SILVA, 2021).

Dessa forma, a inteligência artificial vem atuando para promover cada vez mais qualidade de serviços e menos necessidade de mão de obra humana, a qual muitas vezes não tem o necessário preparo que trabalhos de alta complexidade exigem, como no caso do profissional de engenharia civil.

Para ser possível utilizar das ferramentas da indústria 4.0 em sua completude é necessário superar velhos padrões e também algumas questões relacionadas à logística e manutenção de máquinas de implemento das tecnologias 3D. Concomitante a isso, os

profissionais devem procurar cursos especializados para aprender a utilizar as tecnologias ao seu favor e desse modo garantir a entrega de um projeto final de alta qualidade a seu cliente (SILVA, 2021).

Além dos fatores citados acima, que são imprescindíveis para introdução da impressão 3D em quaisquer setores que seja, existem também as dificuldades para a implementação dessa tecnologia na construção civil no Brasil. Formiga e Carneiro (2021) levantam questões que necessitam de estudo e aprimoramento para que a utilização da tecnologia 3D seja feita de forma efetiva e sem brechas, sendo algumas: a criação de uma legislação sobre o tema, o aumento da robustez e conseqüente resistência das peças e a possibilidade de impressão 3D com múltiplos materiais da construção civil.

Outro fator que acaba dificultando a usabilidade das novas tecnologias na área da construção civil é justamente o tradicionalismo que profissionais desse segmento enfrentam. A inovação para muitos engenheiros acaba sendo uma barreira, o que afasta a possibilidade da aplicação de novas técnicas e de novos desafios (RUIZ, 2022).

Já para Cardoso *et al* (2022) a ausência de mão de obra qualificada seria o maior entrave para a implementação da tecnologia 3D no Brasil, pois a usabilidade dessas novas técnicas requer qualificação profissional e em países subdesenvolvidos – como é o caso do Brasil – há dificuldades na formação de profissionais com a capacitação necessária para trabalhar com as tecnologias da denominada indústria 4.0.

Bastian (2021) argumenta que a dificuldade reside no fato de muitas vezes vários profissionais estarem envolvidos em um único projeto. Além disso, há situações nas quais os fornecedores do projeto estão em uma localidade sem a estrutura necessária para fazer uso de tecnologia de ponta, possuindo apenas ferramentas rústicas e ultrapassadas para poder concretizar o projeto.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é oferecer um panorama geral sobre essas novas tecnologias e o que elas podem oferecer de positivo ao universo da construção civil. Por se tratar de uma temática atual, que busca romper velhos paradigmas e apresentar o novo, é relevante a proposta aqui apresentada, a qual fornece várias informações sobre a introdução desse novo modelo de tecnologia, seus benefícios e seus desafios.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, procura-se levantar o que há de mais atual de impressão 3D, seus materiais e aplicabilidades na atualidade.

### 2.1 IMPRESSÃO 3D

A Primeira Revolução Industrial trouxe o aprimoramento de muitos instrumentos e uma nova forma de trabalho começava a ser desenvolvida, em que máquinas começaram a ser utilizadas como forma de otimizar o rendimento e a produtividade nas linhas de produção nas indústrias. Essa nova dinâmica de utilização de sistemas tecnológicos foi sendo introduzida pouco a pouco no mundo e no Brasil, surgiu por volta dos anos 1870 a 1890 (EVERTON; FARIAS; CASTRO, 2020).

No ano de 1766, segundo Porto (2016), James Hargreaves trouxe uma inovação mecânica, a qual com uma única roda de fiar era capaz de executar múltiplas linhas de algodão, fazendo com que surgissem novas formas de trabalho, onde as atividades eram executadas de maneira mais ágil. Com isso, a indústria atravessou um período de intensa transformação e aperfeiçoamento. Máquinas, até então nunca imaginadas, começam a ser criadas como facilitadoras do dia a dia das para as pessoas, promovendo uma verdadeira mudança social dentro dos parâmetros industriários até então existentes na época.

Na Segunda Revolução Industrial, de acordo com Cruz (2022) surgiu uma nova fase na indústria química com a purificação do petróleo, motor de combustão e eletrificação. Esse período de inovações durou do ano de 1850 até o final da Primeira Grande Guerra Mundial.

Na metade do século XX desponta uma nova Era de Informações. O computador pessoal, por exemplo, surge por volta dos anos 70, um invento divisor de águas para a promoção da tecnologia, e desse modo trazendo muito mais possibilidades de produtividade em larga escala. Nesse momento, a Terceira Revolução surge com a evolução de novas tecnologias e a indústria digital ganhou cada vez mais destaque e os objetos físicos começaram a sofrer modificações para estados mais tecnológicos e digitais (RODRIGUES; BECHARA; GRUBBA, 2020).

Durante esse processo de digitalização, surgem as impressoras 3D, tendo como principal meta acelerar a prototipagem de produtos feitos em escala industrial. Após os anos 2000, a então denominada fabricação aditiva passou a ser exequível para diversos investimentos industriais, atuando fortemente no design de produtos eletrônicos, na usinagem

de metais, na medicina e na odontologia, além de contribuir com as engenharias aeroespacial e civil (SOUZA, 2021).

Ainda segundo a mesma autora, como uma ferramenta para a otimização de resultados, a tecnologia de impressão 3D vem sendo paulatinamente inserida em diferentes áreas, a exemplo da construção civil, ela vem sendo estudada e cada vez mais utilizada na área da construção civil como forma de impressão de objetos com tridimensionamento – altura, largura e profundidade.

Na construção civil, segundo ensina Silva *et al.* (2019) a técnica de impressão em 3D em alguns países, a exemplo da China e Estados Unidos, vem encontrando bastante aceitabilidade por parte de quem conhece o método, pois as construções que se utilizam desse formato têm baixo custo com mão de obra e matéria prima, uma vez que as obras realizadas com base nessa técnica quase não desperdiçam material de consumo, o que acaba por impulsionar o uso e otimizar os resultados.

A partir da necessidade do setor da construção civil de modernizar a sua forma de atuação, e com o desenvolvimento da tecnologia 3D, as áreas da arquitetura e da engenharia ganham um reforço para maximizar os seus resultados, podendo entregar projetos com maior velocidade e extinguir antigos problemas do setor, como por exemplo, o retrabalho e a mão de obra desqualificada.

Portanto, as diferentes áreas da construção civil têm ganhado destaque em seus resultados, oferecendo projetos em tempo recorde e com qualidade, uma vez que o uso da impressão 3D tem possibilitado a elaboração de projetos de alto padrão e qualidade (CARDOSO *et al.*, 2022).

A impressão 3D é uma ferramenta facilitadora porque individualiza o processo de customização, favorecendo os detalhes que cada projeto pessoal deve ter (PORTO, 2016). Cardoso *et al.* (2022), argumentam sobre as vantagens da utilização da tecnologia 3D no campo da construção civil e afirmam na parte final do seu estudo que “É possível concluir que a implementação e utilização de impressoras 3D se mostra promissora em quesitos econômicos assim como apresentam significativa diminuição de tempo para a finalização de empreendimentos deste escopo”.

As impressoras 3D ganharam destaque devido à sua sustentabilidade. Seu transporte é menos custoso, visto que a produção pode ser realizada no mesmo local em que o produto será utilizado. Outrossim, há uma otimização na utilização da matéria-prima e os desperdícios

diminuem substancialmente, uma vez que é utilizado apenas o material que o necessário para a impressão (PALAORO *et al.*, 2021).

## 2.2 BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Farias (2019), os principais benefícios da utilização da impressão 3D nas diferentes áreas da construção civil são:

- maior produtividade para o setor, o que promove a resolução de problemas relacionados ao déficit habitacional;
- menor incidência de acidentes do trabalho, pois há diminuição da utilização da mão de obra;
- projetos arquitetônicos executados com maior liberdade;
- um maior e melhor controle dos gastos operacionais;
- otimização da utilização dos recursos.

Portanto, existem muitos benefícios que a tecnologia 3D pode oferecer à indústria da construção. O engenheiro pode ter nessa tecnologia a sua maior aliada, podendo descartar mão de obra desqualificada, assim como projetar os seus projetos com uma maior qualidade e precisão. E não apenas isso, o uso desse modelo tecnológico implica em diversos fatores de qualidade para o profissional que o conhece, podendo diminuir custos até utilizar a tecnologia como uma resposta rápida para projetos que demandam uma maior velocidade do profissional (FARIAS, 2019).

Nos dizeres de Cardoso *et al.* (2022), os benefícios desse modelo tecnológico são questões de ordem econômica, ganho de tempo na execução dos projetos, liberdade de formas, sustentabilidade, qualidade e segurança. Também constitui vantagem para os autores:

Outra vantagem da implementação desta técnica, é a sustentabilidade, que por conta dos materiais que são utilizados possibilitam a redução da quantidade de resíduos desperdiçados (CARDOSO *et al.*, 2022, p.07).

Pode-se perceber através dessas pesquisas que há um enorme potencial de ganho em aspectos diversos como, por exemplo, financeiro, tempo, liberdade de escolha na geometria do projeto em execução, segurança, qualidade no projeto e não menos importante, a preservação do meio ambiente por meio da ampla utilização de métodos e técnicas que apoiam e promovem a sustentabilidade (CARDOSO *et al.*, 2022)

Em concordância com os pensamentos dos autores mencionados anteriormente, Silva *et al.* (2019) destacam que os principais benefícios da impressão 3D são: redução de custos e tempo, menor dependência de mão de obra braçal, maior liberdade projetual, redução do

déficit habitacional, e aproveitamento total de matéria-prima. Além desses benefícios, os autores destacam a possibilidade de utilização de material reciclável ou biodegradável, potencializando sustentabilidade, um dos pilares da economia circular.

O desperdício é um problema em qualquer ramo ou segmento de atuação profissional e deve ser evitado. A tecnologia da impressão em 3D age como fortalecedora da melhor utilização das ferramentas que estão ao dispor do profissional e com isso há ganho também na redução de custos e na prevenção de princípios ambientais, com menor uso de papel e outros derivados, impactando assim em práticas de sustentabilidade (SILVA *et al.*, 2019).

No mesmo sentido Bastian (2021) elenca como principais benefícios da tecnologia 3D na área da construção civil, redução na quantidade de funcionários em canteiros de obras e por consequência menor número de acidente de trabalho, redução do tempo de construção das obras de engenharia na construção civil, promoção da sustentabilidade pela consequente redução do uso de resíduos químicos.

### 2.3 FORMAS DE UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Algumas maneiras de usar a tecnologia 3D são apresentadas com base nas afirmações de Souza (2021):

- Construção de Maquetes: que podem ser impressas em uma escala de tamanho reduzido e desse modo auxiliar na visão do empreendimento, oferecendo uma ideia quase que fiel de como estará ao final da obra;
- *Contour Crafting*: ferramenta criada pela *University of Southern California* e possibilita a execução automatizada por meio de computadores de estruturas residenciais, comunitárias e multiresidenciais e tudo de uma única vez;
- *Concrete Printing*: essa ferramenta foi criada pela *Loughborough University* funciona como um processo que se baseia em extrusão de argamassa e cimento nas construções. É importante entender que essa forma de tecnologia não é substituta do modelo tradicional, mas serve como um condutor para a consecução de empreendimentos com menos custos e com construção acelerada;
- *D-shape*: técnica desenvolvida por Enrico Dini faz uso de um processo de deposição de pó que tenha sido selecionado e endurecido através de aplicação local de material ligante. Nesse tipo de técnica o processo de impressão utilizado é o micro concreto cimentício, o qual é realizado a partir de partículas de diferentes materiais e

granulometrias que variam de 0,2 mm até 5 mm e podem ser pedras trituradas, recicláveis ou associados de argila expandida.

Se houver possibilidade da pessoa que propõe a construção do projeto desembolsar um pouco mais e optar pela tecnologia mais avançada na realização de seu plano de construção, essa certamente será uma ótima escolha. Claro, que por se tratar de uma tecnologia de ponta, ainda é cara e requer um mínimo de investimento inicial, mas pode ser um meio de prevenir muitos outros problemas de médio e longo prazo.

Apesar de todos esses instrumentos e ferramentas que a tecnologia de tridimensionamento fornece e proporciona aos profissionais da área de engenharia e arquitetura, é evidente que há pontos a melhorar e desenvolver como, por exemplo, o uso de vergalhões no núcleo das peças de concretagem (CARDOSO *et al.*, 2022).

Outras dificuldades existentes são a disseminação do método construtivo por conta da ausência de profissionais com a devida qualificação para operacionalizar a tecnologia, e da necessidade um maior investimento inicial para a sua utilização em médios ou grandes projetos (CARDOSO *et al.*, 2022).

Silva *et al.* (2019): com uma visão clara e elucidativa dispõe que:

A indústria 4.0 revela-se uma realidade com uma nova concepção que possibilita maior produtividade associada as tecnologias de informação rápida, nessa circunstância a impressão tridimensional retrata um desempenho significativo como demonstrou esse estudo. Essa tecnologia só tende a crescer, e como consequência disso, transformar o mercado industrial, comprometendo-se em alcançar até mesmos pessoas em suas residências dando a liberdade que cada um empregue em seu favor, porém por enquanto é uma premissa, e sua serventia está limitada às empresas (SILVA *et al.*, 2019).

Há alguns modelos que fixam a tecnologia 3D no universo da impressão, e a forma de utilização é diferente entre eles. A indústria 4.0 tem se mostrado uma realidade e que promove vários benefícios a construção civil. Com essa nova forma de execução de projetos, o mercado industrial vem sofrendo mudanças significativas e alcançado cada vez mais pessoas, possibilitando uma universalização do alcance da tecnologia, embora ainda seja uma ferramenta cara, mas que com a sua expansão busca atingir um público cada vez maior (SENNA; RIBEIRO, 2021).

Essa universalização ainda deve enfrentar e superar muitas barreiras, principalmente de ordem econômica. Já existem diferentes formas de uso da tecnologia 3D e, certamente, com o passar dos anos, essa ferramenta se tornará mais acessível para os empresários dos diferentes setores da engenharia (OTTONICAR *et al.*, 2019).



## 2.4 TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA

A prototipagem rápida representa a tecnologia utilizada nas impressoras 3D. Do inglês *Rapid Product Development* (RPD), trata-se de um mecanismo em que estão envolvidos processos de manufaturas e a rápida evolução de protótipos. É em verdade, um procedimento que viabiliza a busca pela melhor solução a ser ofertada ao cliente (CANCIGLIERI JÚNIOR; SELHORST JÚNIOR; SANT'ANNA, 2015).

Nos ensinamentos de Alcalde e Wiltgen (2018) essa tecnologia vem sendo construída ao longo do tempo como forma de possibilitar alterações no projeto arquitetônico, e desse modo evitar ocorrência de erros durante o trajeto.

São técnicas de pré-fabricação que possibilitam soluções visando à utilização racional dos recursos disponíveis, tanto material quanto humano. Para a construção civil é uma ótima oportunidade de evitar gastos desnecessários, produzir projetos com foco no melhor desempenho possível, uma vez que ao fazer uso das técnicas de prototipagem rápida acresce-se à obra: qualidade, alto desempenho e segurança (PEREIRA, 2021).

Nos anos 80, com a Estereolitografia, técnica esta que fora desenvolvida por Charles W. Hull, tornou-se uma ferramenta inovadora e a pioneira nas aplicações de impressão 3D. A partir dessas inovações, avanços relevantes ocorreram acerca das máquinas de prototipagem rápida, pois era possível que através de um código gerado em um computador fosse construído um protótipo real (ALCALDE; WILTGEN, 2018).

Com o tempo, esse processo vem se desenvolvendo e transformando a maneira como os objetos são fabricados, conforme foi citado por Porto (2016).

As impressoras 3D têm oferecido cada vez mais instrumentos como forma de melhorar os serviços de engenharia. É uma busca pelo melhor instrumento de trabalho e a confecção das melhores obras de engenharia na construção civil (PORTO, 2016).

## 2.5 FRESAMENTO

Fresamento é uma operação dos processos de usinagem nos quais o produto resulta de um procedimento em que ocorre a remoção do material, possibilitando a obtenção de geometrias por meio do movimento rotacional da ferramenta que se coloca em conjunto com a peça que deve ser usinada (SILVA, 2016).

Nesse tipo de prototipagem, a ferramenta utilizada é o Comando Numérico Computadorizado (CNC), e por meio dele podem ser construídas desde simples canetas até

grandes embarcações. A sua utilização pode ser aplicada em todos os ramos industriais possíveis. Portanto, o CNC é um comando importantíssimo quando o assunto é prototipagem rápida devido às suas mais variadas possibilidades de aplicação (SILVA, 2016).

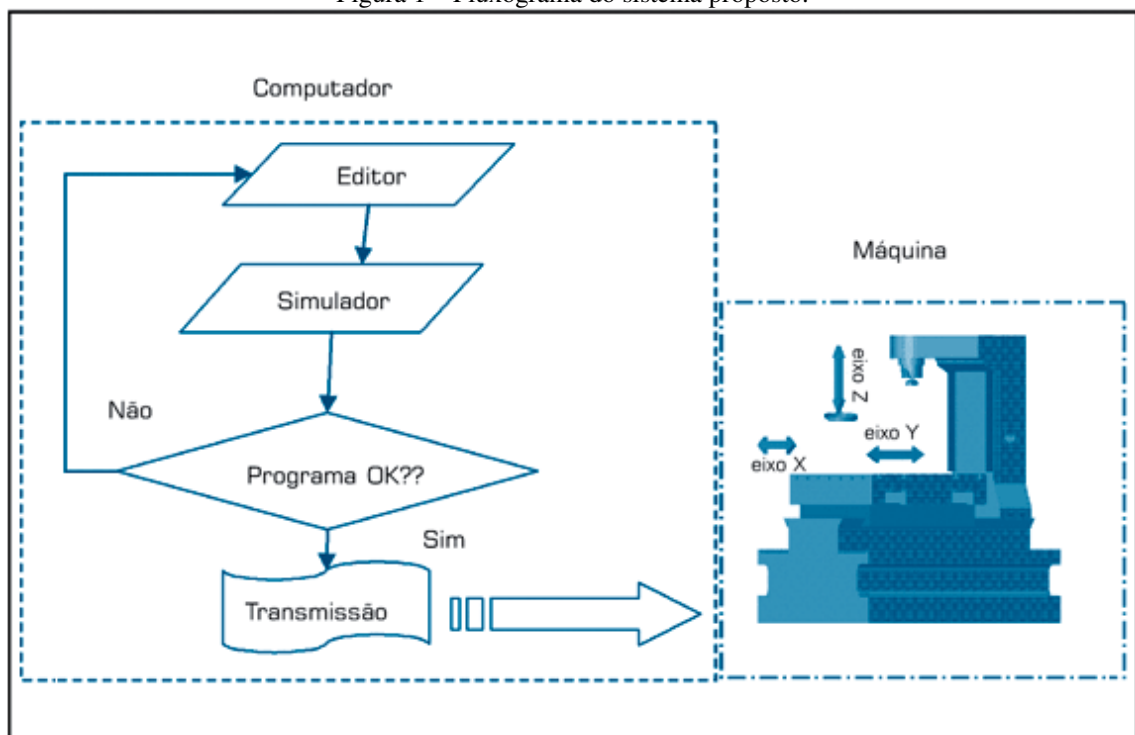
As principais características do CNC são:

- a) Eixos de deslocamento da ferramenta, bem como seu eixo árvore, são acionados por servo motores,
- b) Estrutura desenhada de forma a auxiliar a saída dos cavacos da área de corte,
- c) Sistema de fluido de usinagem dispõe de dispositivos especiais de forma a garantir, para cada sub-operação, que a ponta ativa da ferramenta seja atingida, há sistemas de injeção de fluido por dentro das ferramentas,
- d) As ferramentas são montadas em um sistema de magazine que permite a troca rápida e
- e) As operações são realizadas por meio de programas elaborados em linguagem G normalizada (COELHO; OLIVEIRA; SILVA; 2015, p.03).

O fresamento se difere das demais técnicas de usinagem pelo fato do corte ser intermitente, o cavaco gerado ser pequeno e ter espessura variável. No processo há dois movimentos principais: o de rotação da ferramenta e o de avanço. A técnica de fresamento pode ser tangencial, em que os dentes ativos se localizam na superfície cilíndrica e fresamento frontal, no qual os dentes ativos ficam na região frontal do corte (FERREIRA, 2017).

Na Figura 1 pode-se observar um fluxograma de operação em CNC.

Figura 1 – Fluxograma do sistema proposto.



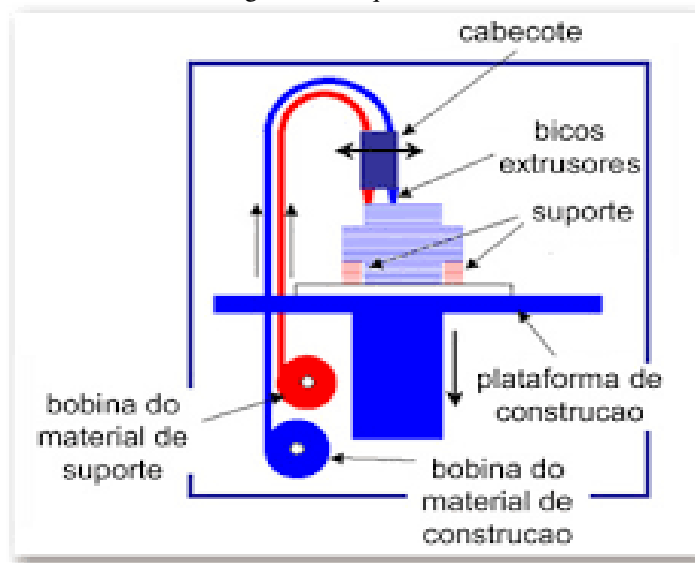
Fonte: Costa e Pereira (2006).

## 2.6 MODELAGEM POR FUSÃO E DEPÓSITO

A Modelagem por Fusão e Depósito (FDM) se baseia na extrusão de termoplásticos, que coloca um bloco metálico no interior de um recipiente qualquer e o reduz na seção transversal por meio da aplicação de forças de compressão e desse modo, faz escoar por um orifício ou matriz. A máquina contém um cabeçote em que há uma movimentação nos eixos 'x' e 'y', e o translado vertical é realizado através de uma plataforma (PORTO, 2016).

Para melhor elucidação acerca do esquema FDM, pode-se ver o sistema na Figura 2.

Figura 2 – Esquema FDM.



Fonte: Raulino (2011).

## 2.7 CORTE A LASER

O processo de corte a laser é muito utilizado nos tempos atuais para cortes em perfis definitivos, podendo até ser utilizado a substituir os diversos processos de produção, como por exemplo, furação e estampagem. O laser tem sido utilizado como um método para resolução de diversos problemas, contribuindo com a prototipagem em 3D como um forte aliado nessa indústria 4.0 (SILVA, 2016).

O corte por meio do laser é um tipo de processo flexível e de qualidade, proporcionando cortes com maior precisão. Sua principal utilização é a realização de pequenos protótipos, os quais não necessitam de ferramentas para concretização. Esse corte aplica-se também a fins diversos, tais como: cortes de formas geométricas de complexidade, os quais têm a sua concepção dificultada nos processos de conformação que são anteriores ao

corte pelo laser; corte em material de aço; trabalho em objetos de alta rigidez como titânio, por exemplo; objetos não metálicos como madeiras, tecidos, etc. (SILVA, 2016).

A Figura 3 exibe o momento em que a máquina realiza o corte a laser.

Figura 3 – Máquina de corte a laser.



Fonte: MARKOS MULT SERVICE, [2022?].

## 2.8 ESTEREOLITOGRAFIA

A técnica Estereolitografia (SLA) é pioneira na de impressão 3D. Criada por Charles Hull, a técnica utiliza o laser para tornar duras as camadas através pelo endurecimento da resina. Desse modo, essa tecnologia é baseada na polimerização de resinas sensíveis à luz e composta de monômeros e foto iniciadores e também alguns aditivos (YU, 2018).

Porto (2016) explica o processo:

O processo de construção do objeto inicia-se com o preenchimento da cuba com a resina, no interior da qual há uma plataforma capaz de se transladar verticalmente. De acordo com os comandos do controle numérico, o laser é projetado na superfície do líquido, que se solidifica no local em que o laser foi projetado. Com a formação da camada, a plataforma desce para imergir na cuba, permitindo a criação de uma nova camada e assim sucessivamente (PORTO, 2016).

A estereolitografia surgiu em 1986 por meio da empresa 3D Systems, e foi a primeira Forma Sólida Livre (SFF) a ser disponibilizada no mercado. No método da estereolitografia, o princípio utilizado no processo é a foto-polimerização que contempla polímeros e cerâmicas, hidrogel e células em sua composição (MORANDINI; VECHIO, 2020).

Esse processo é responsável por preencher a cuba com a resina e o laser é a ferramenta de solidificação da camada. A Figura 4 apresenta uma máquina SLA.

Figura 4 – Impressora SLA.



Fonte: Uniqpro (2020).

## 2.9 MODELAGEM DE OBJETOS POR LAMINAÇÃO (LOM)

As impressoras que utilizam a Modelagem de Objetos por Laminação (LOM) não fazem uso da cabeça de impressão, elas utilizam um processo de conversão de finas lâminas do material em uso, podendo ser papel, plástico ou metal. Algumas dessas máquinas também podem trabalhar com o alumínio e fazer uso de frequência de ultrassom para a sua fundição, ajustando suas camadas e trazendo resistência ao objeto (SILVA, 2016).

Os professores Morandini e Vechio (2020) explicam que:

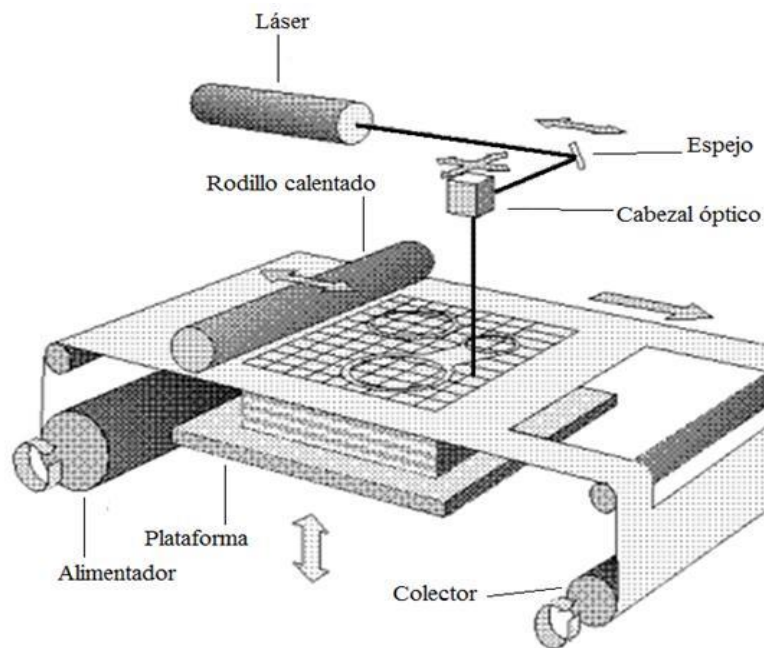
Neste tipo de fabricação, o equipamento impressor é carregado com cola e papel, sendo que o dispositivo atua com laser. Na prática, o papel é enrolado de fora para dentro, sendo aquecido à medida que a impressão avança, para que as camadas se fixem, enquanto o laser corta o papel em divisões transversais (Morandini; Vechio, 2020).

Os modelos que são construídos a partir do sistema LOM são iniciados com CAD (*Computer-Aided Design*). Para ser possível a sua impressão, o CAD deve ser transformado em formatos que as impressoras em 3D entendam. Apesar do sistema de laminação LOM não ser tão exato quanto outros métodos, como por exemplo, a estereolitografia (SLA), ele tem suas vantagens, tais como não trabalhar envolvendo reações químicas e facilitar construção de grandes modelos, por utilizar materiais de baixo custo e de fácil disponibilidade no mercado (PALERMO, s.d.).

O sítio Mecânica Industrial [s.d.] ensina que a LOM é um método utilizado por empresas na construção de ferramentas de prototipagem rápida. Apesar de não ter um resultado tão preciso e duradouro quanto outros protótipos, na mesma esteira de ensinamento de Palermo [s.d.], é uma técnica adequada a determinadas situações, como aquelas que exigem a confecção de um protótipo de maneira rápida e efetiva.

A Figura 5, demonstra a modelagem de objetos por meio do procedimento de laminação.

Figura 5 – Modelagem de objetos por laminação (LOM).



Fonte: UNED, 2012.

## 2.10 DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil ainda mantém um certo tradicionalismo, o que dificulta a entrada de novas tecnologias em sua filosofia de atuação. Esse tradicionalismo é uma barreira que deve ser superada ao longo do tempo por engenheiros que têm uma carreira mais longa e, em sua maioria, possuem dificuldade para se adaptar a novos formatos de elaboração de projetos. Contudo, aqueles que estão em processo de formação ou atuam há poucos anos na área, podem adquirir um conhecimento aprofundado da tecnologia 3D ainda durante a sua formação acadêmica. O uso de meios tecnológicos mais avançados requer mão de obra com qualificações específicas (SOUZA, 2021).

As impressoras 3D ainda estão funcionando de maneira limitada, produzindo estruturas de construções, mas outras integrações são necessárias (SOUZA, 2021). É necessário um tempo para o aperfeiçoamento e a testagem da metodologia em diferentes áreas. Entretanto, para a construção civil, tem sido um importante passo o uso de impressoras 3D, promovendo a otimização os resultados e oferecendo um serviço cada vez mais qualitativo e seletivo.

Acerca dos desafios a serem superados, Formiga e Carneiro (2021) explicam que são as impressões em escalas de grande porte, o encontro dos materiais corretos, a não

regulamentação legal, ainda a existência de pouca pesquisa acerca da simulação computacional, o estudo da inteireza da estrutura dos componentes impressos e a construção de programas ou códigos que possam realizar em tempo real a fiscalização do processo.

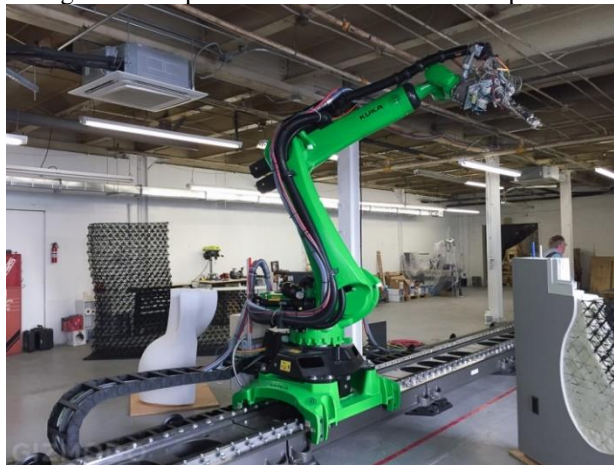
Ruiz (2022) destaca que a impressão em 3D na construção civil está em pleno desenvolvimento e expansão e tem sido destaque na mídia, a simbiose entre as novas tecnologias e a criação de casas e edifícios, por se tratar de um método revolucionário que pode ser, inclusive, a solução do problema habitacional global.

### 2.10.1 Impressão em 3D pelo sistema pórtico

A impressão em 3D pelo sistema pórtico é, segundo Formiga e Carneiro (2021), uma representação da expansividade de fabricação aditiva para a construção civil aditiva, trata-se de uma impressora 3D gigante. Nesse método de impressão 3D, o bico de extrusão da máquina executa movimentos translacionais para qualquer direção (eixos X, Y e Z).

É uma impressora de alto porte, para realizar grandes obras, conforme é possível observar na Figura 6.

Figura 6 – Impressora 3D usando o sistema pórtico.



Fonte: Instituto de Engenharia (2015).

Os pórticos são formados por barras que entre si constituem quadros. Basicamente existem quatro tipos de quadros planos, os quais constituem os denominados quadros compostos. São eles: quadro biapoado; quadro engastado livre; quadro tri-articulado e quadro biapoado com articulações ou tirantes (SOUZA; RODRIGUES, 2008).

Para Barros, Catoia e Ferreira (2020), devido ao seu tamanho, a estrutura de impressão em pórtico enfrenta limitações nas questões de transporte e instalações, visto que para ser possível a produção do componente em grandes quantidades, o sistema pórtico deve ser maior

que o componente em construção, o que acarreta em outras dificuldades de transporte e instalação do maquinário.

Outra situação que causa dificuldades para o uso dessa tecnologia 3D é a deposição ortogonal, uma vez que somente possibilita extrusão dos materiais de forma perpendicular à superfície da construção, limitando a curva no plano horizontal. E ainda, é limitada a possibilidade de fabricação de estruturas de canto afiado. Na busca por uma solução a esse problema, um nível de liberdade a mais é colocado, fazendo com que a cabeça da impressora gire em torno do seu eixo Z e desse modo, se a cabeça altera a direção do movimento reto, o bico movimenta-se e o filamento não se torce (FORMIGA; CARNEIRO, 2021).

### *2.10.2 Impressora de sistema de robô articulado*

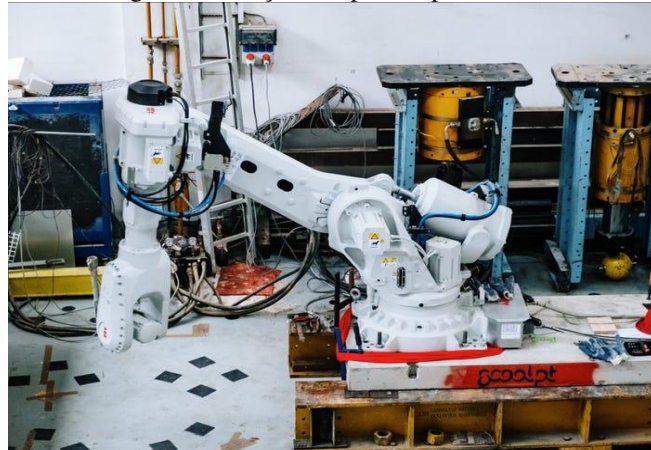
A impressora de sistema de robô articulado é uma ferramenta de tecnologia formada por diversas estruturas, tais como: parte mecânica, motor elétrico e sensores e ainda um formato de alimentação elétrica controlada (SOBRAL, 2019).

Napolitano (2017) ensina que a revolução com relação às formas de impressão em 3D começou nos últimos quinze anos. Antes disso não havia nada tão avançado no mercado. A sua grande vantagem é a possibilidade de aplicação em diversos tipos de materiais, como por exemplo, materiais de metal, tecnologias que funcionem a laser ou mesmo por meio de feixe de elétrons entre outras infinitas possibilidades. A principal vantagem em relação à impressão 3D em sistema pórtico é que o espaço a utilizar é bem menor e admitem transportabilidade, o que também facilita a sua montagem nos lugares em que esteja acontecendo a construção. A principal desvantagem é apresentar limitação do seu espaço de trabalho quando comparadas às impressões do sistema pórtico, tendo um alcance bem menor e limitável por momentos em que o braço robótico atinge sua altura máxima (FORMIGA; CARNEIRO, 2021).

A esse sistema denomina-se robô cilíndrico, conforme mostrado na Figura 7 e sua primeira articulação é a translação vertical, a segunda é a rotacional e a terceira é o movimento translacional telescópico. Esses robôs executam a extrusão de materiais e tarefas de menor importância e auxiliares como pinturas, montagens e acabamentos (FORMIGA; CARNEIRO, 2021).



Figura 7 – Braço robô para impressão 3D.



Fonte: Engenharia 360 (2020).

Houve um avanço nas questões relacionadas ao uso dessas novas tecnologias na construção civil, afinal, elas são facilitadoras da vida dos engenheiros e de todos que trabalham direta ou indiretamente com obras de engenharia. A impressão 3D tem sido utilizada amplamente na construção de protótipos, pontes, casas entre outros objetos e tem mostrado em bom desempenho e um custo não elevado, além de dar uma enxugada na mão de obra (FORMIGA; CARNEIRO, 2021).

### 3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, a qual, segundo ensinamento de Sousa, Oliveira e Alves (2021) tem por finalidade o “[...] aprimoramento e atualização do conhecimento, através de uma investigação científica de obras já publicadas”, e desta forma subsidiar os argumentos aqui apresentados.

Desse modo, por meio dessa abordagem qualitativa, na qual são utilizados como referência os autores que já produziram algo sobre a temática em estudo, buscou-se evidenciar a evolução das denominadas tecnologias 3D na construção civil desde o surgimento das primeiras ondas de inventos durante as Revoluções Industriais.

Para coletar e reunir os conceitos necessários durante a elaboração do estudo, foram realizadas buscas em diferentes bancos de dados a fim de encontrar os tipos de prototipagem rápida mais utilizados no mercado de impressão 3D e seus impactos para o segmento da construção civil, oferecendo assim, uma pesquisa completa acerca dos benefícios, vantagens, desvantagens e desafios da implementação dessas novas tecnologias 3D.

Essa pesquisa procurou estudar o avanço da utilização das denominadas tecnologias 3D (tridimensionais) no universo da engenharia e construção civil, onde a impressão 3D começou a ser uma realidade e uma tendência na vida dos profissionais desse segmento, e a possibilitar a oferta de um serviço cada vez de maior qualidade.

Reunindo informações por meio da pesquisa explicativa, que segundo Sampaio (2022) é aquela em que “a pesquisa [...] é focada na busca por explicações para os mais diversos fenômenos e eventos, estando centrada nos porquês da problemática”.

Assim, por meio da escrita em diversos artigos acerca da temática buscou-se entender um pouco sobre a nova dinâmica que envolve o setor de engenharia civil e como as tecnologias 3D estão impulsionando os resultados desse segmento de atuação profissional.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As discussões propostas nesse trabalho são direcionadas à possibilidade do uso da tecnologia 3D no segmento da construção civil por engenheiros e demais profissionais desse setor econômico.

A tecnologia surge como uma forte aliada na otimização das construções em larga escala, podendo diminuir o tempo de construção e oferecer um serviço de maior qualidade, tendo em vista a mão de obra desqualificada que ainda existe no segmento.

A impressão 3D pode fortalecer grandes empreendimentos, uma vez que é capaz de proporcionar velocidade e agilidade a grandes obras, podendo ser uma aliada a governos e grandes empresas do ramo da construção civil.

São inúmeros os desafios, no entanto, esses podem ser superados a partir da implementação eficaz dessa nova tecnologia 3D. Romper com o velho tradicionalismo é uma delas. Para os profissionais mais antigos é uma barreira, visto que a tecnologia avança demasiadamente e requer treinamento constante dos profissionais desse segmento.

Existem diversas ferramentas e máquinas com métodos distintos. Assim, o profissional que deseja fazer parte dessa área deve estar apto a seguir as tendências e sempre procurar evoluir, de modo a estar qualificado para oferecer o melhor serviço, fidelizando seus parceiros de negócios e criando experiências de valor em seus projetos.

Essa qualificação passa por um lapso temporal no qual o profissional aprende as técnicas a serem utilizadas e as adequa ao seu estilo de trabalho, sendo possível oferecer a seu cliente a melhor experiência possível em termos de projetos de engenharia.

A tecnologia é uma realidade indissociável da qualidade. Estar atento às novidades que o mercado oferece é uma forma de alinhar seus objetivos profissionais com a expectativa do cliente sobre o que lhe será entregue.

Além dos fatores já citados, a indústria 4.0 tem o que há de melhor para otimizar os resultados na área da construção civil e desse modo possibilitar que inúmeros sonhos se realizem, sem erros na consecução dos projetos ou minimizando-os na maior parte do tempo e do percurso a ser percorrido.

Nesse sentido, o século XXI é o precursor de novas janelas de oportunidades e novas formas de atuar nas mais diversas profissões. A palavra de ordem é tecnologia, e saber usá-la em seu favor é um bem precioso.

Para os profissionais que oferecem seus serviços, a chance de evitar erros aumenta demasiadamente e para os clientes que contratam os serviços, a realização de um sonho que se torna em realidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenharia civil ganhou um poderoso aliado, a tecnologia de impressão 3D, capaz de otimizar a realização dos projetos, dos mais simples aos mais complexos. Máquinas gigantescas e tecnologias de ponta podem ser usadas para acelerar a construção dos mais diferentes tipos de obras arquitetônicas, sejam elas de empreiteiras, construtoras ou projetos governamentais, como a construção de moradia para pessoas de baixa renda.

É importante entender que ainda existem desafios a serem superados, como maior investimento nas tecnologias e nos profissionais que irão atuar nesse segmento. O uso dos meios tecnológicos que estão à disposição do profissional na indústria 4.0 devem ser usados com conhecimento, a fim de serem evitados os erros e otimizados os resultados pretendidos por todos os envolvidos no processo.

As tecnologias 3D são realidade em muitas áreas do conhecimento e sua função precípua é garantir a satisfação de um serviço contratado e bem realizado. Os custos de aquisição desses materiais ainda pode ser uma barreira para que profissionais liberais tenham amplo acesso a eles, mas empresas de grandes portes já adotam essas formas de trabalhar e obtém seus resultados a partir do uso dos mais inovadores meios.

Além da questão do custo de aquisição, também existe a questão do custo de contratação desses profissionais que fazem uso dessas tecnologias. Por serem o que há de mais inovador na engenharia civil, ainda é caro contratar empresas ou mesmo profissionais liberais que detenham e façam uso desse meio de tecnologia, o que acaba por ser um empecilho aos que têm menos capacidade financeira.

Mesmo com esses desafios, é uma vertente em alta. Tecnologia e Engenharia Civil. São duas facetas de uma mesma moeda. Ambas as áreas atuando em prol de um único objetivo, o atingimento do trabalho mais perfeito possível, afinal, quando pensamos em construção civil, estamos diante de projetos de vida e realização de sonhos na grande maioria das vezes.

Assim, a informática na construção civil surge como uma verdadeira onda de criação de modelos com foco na eliminação de erros e criação de excelentes projetos. Os engenheiros que se abrem a essas novas formas de trabalho são agraciados com muito conhecimento em sua carreira e ficam cada vez mais capacitados a exercer a profissão com zelo e competência, sendo desse modo cada vez mais reconhecido em seu meio.

O profissional de engenharia civil deve estar preparado para lidar com esse novo universo de possibilidades. A prototipagem rápida é um eficiente meio de simular a realidade e criar projetos que necessitam de mais recursos a fim de diminuir a possibilidade de ocorrência de erros ao final do serviço.

Diante do exposto, foi possível alcançar os objetivos deste trabalho, demonstrando, com base nos artigos aqui estudados, que o universo da denominada indústria 4.0 já é uma realidade e se adequar a ela é um modo de oferecer o melhor serviço ao seu cliente.

Nesse sentido, as técnicas de prototipagem rápida que se inserem nessa indústria são ferramentas impulsionadoras de projetos na área da construção civil com foco no resultado, oferecendo desde o primeiro momento, por meio da tecnologia, a fiel simulação da finalização do serviço.

As técnicas 3D são verdadeiras inovações para os profissionais de Engenharia, pois otimizam sua atuação profissional e oferecem cada vez oportunidades de esvaziamento de maus profissionais e serviços sem qualidade.

Abrir as portas para esse trabalho de impressão 3D na indústria da construção civil é oferecer ao mundo uma possibilidade de crescimento em larga escala, promovendo a expansão territorial e construindo projetos com a melhor viabilidade técnica e a maior qualidade para os projetos de engenharia.

Como propostas de pesquisas futuras sobre o tema, seriam interessantes artigos e monografias que abordassem cada vez mais as técnicas da indústria 4.0 no segmento da construção civil, das inovações tecnológicas que surgem dia após dia como forma de qualificar o trabalho exercido pelos profissionais de Engenharia. Igualmente, pesquisas que abordem os custos de produção envolvendo as tecnologias de prototipagem rápida e formas de baratear esses processos informatizados.

A indústria 4.0 constitui um marco para muitas áreas do conhecimento, por isso, é necessário discutir com profundidade formas de introduzir essas tecnologias cada vez mais no dia a dia dos profissionais que podem ser auxiliados em seu labor através desses instrumentos. A tecnologia como ferramenta de alto desempenho de resultados e qualificação dos serviços oferecidos pelos mais diversos profissionais, inclusive, o engenheiro que atua na construção civil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCALDE, Eduard; WILTGEN, Filipe. Estudo das tecnologias em prototipagem rápida: passado, presente e futuro. **Revista Ciências Exatas**, Taubaté–SP, v. 24, n. 02, p. 12-20, 2018. Disponível em <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/exatas/article/view/2757>. Acesso em 08 fev. 2023.

ARCANGELI, Cris. **Impressão em 3D mudando a arquitetura e a engenharia**. Exame, 2022. Disponível em <https://exame.com/colunistas/empreender-liberta/impressao-em-3d-mudando-a-arquitetura-e-a-engenharia/>. Acesso em 09 fev. 2023.

BARROS, João Lucas Figueiredo Paes de; CATOIA, Bruna; FERREIRA, Marcelo de Araújo. Análise do desempenho de ligações por meio de emenda com dispositivo metálico parafusado em pilares pré-moldados de concreto. **Matéria**, v. 25, n. 04, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S1517-707620200004.1172>. Acesso em: 10 fev. 2023.

BASTIAN, Humberto Pinto. **Automação na construção civil: o avanço das impressoras 3D**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, 2021. Disponível em <https://hdl.handle.net/1822/74535>. Acesso em 10 fev. 2023.

CANCIGLIERI JÚNIOR, Osíris; SELHORST JÚNIOR, Aguilar; SANT’ANNA, Ângelo Marcio de Oliveira. Método de decisão dos processos de prototipagem rápida na concepção de novos produtos. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 2, 2015. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X633-13>. Acesso e: 08 fev. 2023.

CARDOSO, Everton *et al.* **Estudo da viabilidade técnica e econômica para uso da impressão 3D na construção de casas populares no Brasil**. Trabalho de Conclusão II. Universidade Anhembi Morumbi, 2022. Disponível em [https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/26189/2/Estudo%20da%20viabilidade%20te%CC%81cnica%20e%20econo%CC%82mica%20para%20uso%20da%20impressao%CC%83o%203D\\_EC\\_CEN%20.pdf](https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/26189/2/Estudo%20da%20viabilidade%20te%CC%81cnica%20e%20econo%CC%82mica%20para%20uso%20da%20impressao%CC%83o%203D_EC_CEN%20.pdf). Acesso em 26 jan. 2023.

COELHO, Reginaldo T.; OLIVEIRA, João Fernandes Gomes de; SILVA, Eraldo Janonne da. **Práticas em processos de produção: prática 3-fabricação em centros de usinagem**. EESC, USP, 2015. Disponível em [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5733047/mod\\_resource/content/1/Pr%C3%83%C2%A1tica%203%20-Nova-Centro%20de%20Usinagem%20.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5733047/mod_resource/content/1/Pr%C3%83%C2%A1tica%203%20-Nova-Centro%20de%20Usinagem%20.pdf). Acesso em 08 fev. 2023.

COSTA, Dalberto Dias da; PEREIRA, Athos Gleber. Desenvolvimento e avaliação de uma tecnologia de baixo custo para programação CNC em pequenas empresas. **Production**, v. 16, n. 1, 2006. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S0103-65132006000100005>. Acesso em 10 fev. 2023.

CRUZ, Jefferson Felipe dos Santos. **Química e sustentabilidade: análise comparativa da obtenção de lubrificantes biodegradáveis pela epoxidação do óleo de soja comercial e usado em fritura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, 2022. Disponível em <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/27404/1/JEFFERSON%20FELIPE%20>

20DOS%20SANTOS%20CRUZ%20-%20TCC%20LICENCIATURA%20EM%20QU%c3%8dMICA%20CES%202022.pdf. Acesso em 10 fev. 2023.

ENGENHARIA 360. **Braço robô impressão 3D**, 2020. Disponível em <https://engenharia360.com/casa-flutuante-impressao-3d/>. Acesso em 28 jan. 2023.

EVERTON, Danilia de Jesus Trindade; FARIAS, Erliandro Pimentel; CASTRO, Karen Cristina Batista de. A evolução do processo industrial Brasileiro: a indústria 4.0. *In*: FIGUEIREDO, Suelânia Cristina Gonzaga de; SANTOS. Cibelly Arianda Matos dos; RIBAS Luciane Farias (org.) **Engenharia de produção: inovação na indústria 4.0**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2020. Disponível em [https://fametro.edu.br/storage/2022/05/producao\\_inovacao.pdf](https://fametro.edu.br/storage/2022/05/producao_inovacao.pdf). Acesso em 10 fev. 2023.

MECÂNICA INDUSTRIAL. **Fabricação de objeto laminado**. [s.d.]. Disponível em <https://www.mecanicaindustrial.com.br/754-fabricacao-de-objeto-laminado/>. Acesso em 09 fev. 2023.

FARIAS, Vanessa. **Conheça a startup que aposta na construção 3D**. Sienge, 2019. Disponível em <https://www.sienge.com.br/blog/startup-construcao-3d/>. Acesso em 26 jan. 2023.

FERREIRA, Davi Ladislau. **Influência dos parâmetros de corte na microestrutura superficial da liga inconel 625 por meio do fresamento de topo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2017. Disponível em [https://www.demat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/25/2018/06/TCCII\\_DAVI-LADISLAU-FERREIRA.pdf](https://www.demat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/25/2018/06/TCCII_DAVI-LADISLAU-FERREIRA.pdf). Acesso em 09 fev. 2023.

FORMIGA, Caio Vinicius Efigenio; CARNEIRO, Marcos Lajovic. Impressão 3D para construção civil: revisão da literatura e desafios. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 4, 2021.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. **Impressora 3D sistema pórtico**, 2015. Disponível em <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2015/08/03/a-maior-impressora-3d-de-formato-livre-do-mundo-esta-construindo-casas/>. Acesso em 28 jan. 2023.

MARKOS MULT SERVICE. **Máquina de corte a laser**. [2022?] Disponível em <https://www.markosmultservice.com/como-funciona-o-corte-a-laser/>. Acesso em 28 jan. 2023.

MORANDINI, Moisés Miranda; VECHIO, Gustavo Henrique Del. Impressão 3D, tipos e possibilidades: uma revisão de suas características, processos, usos e tendência. **Interface Tecnológica**. [s.l.], v. 17, n. 02, p. 67-77. Dez./2020. Disponível em <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/866/523>. Acesso em 10 fev. 2023.

NAPOLITANO, Marcos Aurélio. **Impressão 3D de compósitos de fosfatos de cálcio com poli (ácido lático) para aplicações biomédicas**. Tese (Doutorado em Química) –



Universidade Federal de São Carlos-UFSCAR, 2017. Disponível em [https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/12989/tese\\_marcos%203%2825-03-2020%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/12989/tese_marcos%203%2825-03-2020%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 09 fev. 2023.

OTTONICAR, Selma Letícia Capinzaiki *et al.* A competência em informação: um fator para superar as barreiras de inovação no contexto da indústria 4.0. **Revista Ibero-Americana de ciências de informação**. Brasília, v. 13, n. 01, p. (86-106), 2020. Disponível em <https://periodicos.unb.br/index.php/RICI/article/view/23350/25348>. Acesso em 10 fev. 2023.

PALAURO, Milena Lourencini *et al.* Aplicação da impressão 3D para sustentabilidade, educação e tecnologia. *In: MOSTRA DE EXTENSÃO IFF, XIII. Anais [...]*. 2021. Disponível em <https://anais.eventos.iff.edu.br/index.php/mostradeextensao/article/view/1437/1626>. Acesso em 10 fev. 2023.

PALERMO, Elizabeth. **O que é fabricação de objetos laminados?** Wordssidekick, [s.d.]. Disponível em <https://pt.wordssidekick.com/what-is-laminated-object-manufacturing-20975>. Acesso em 09 fev. 2023.

PEREIRA, André Vinícius dos Reis. **Prototipagem rápida por manufatura aditiva: avaliação de sistema construtivo pré-fabricado em painéis de concreto**. Dissertação (Mestrado Engenharia de Construções) - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP, 2021. Disponível em [https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/14259/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O\\_PrototipagemR%c3%a1pidaManufatura.pdf](https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/14259/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_PrototipagemR%c3%a1pidaManufatura.pdf). Acesso em 10 fev. 2023.

PORTO, Thomás Monteiro Sobrino. **Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil**. Projeto de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016. Disponível em <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019793.pdf>. Acesso em 26 jan. 2023.

RAULINO, Bruno Ribeiro. **Manufatura aditiva: desenvolvimento de uma máquina de prototipagem rápida baseada na tecnologia FDM (modelagem por fusão e deposição)**. Relatório (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação). Publicação FT.TG-nº 12, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2011. Disponível em [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/15472/1/2011\\_BrunoRibeiroRaulino\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/15472/1/2011_BrunoRibeiroRaulino_tcc.pdf). Acesso em 10 fev. 2023.

RODRIGUES, Horácio Wanderlei; BECHARA, Gabriela Natacha; GRUBBA, Leilane Serratine. Era digital e controle da informação. **Revista em tempo**, v. 20, n. 01, 2020. Disponível em <https://revista.univem.edu.br/emtempo/article/view/3268>. Acesso em 10 fev. 2023.

RUIZ, Felipe Pessoa. **Estudo de viabilidade da aplicação de impressão 3D em empreendimentos na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Estadual Paulista-UNESP, 2022. Disponível em [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/237998/ruiz\\_fp\\_tcc\\_soro.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/237998/ruiz_fp_tcc_soro.pdf?sequence=5&isAllowed=y). Acesso em 10 fev. 2023.

SAMPAIO, Tuane Bazanella. **Metodologia da pesquisa**. UFSM, 2022. Disponível em <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/26138>. Acesso em 10 fev. 2023.

SENNA, Diego Augustus; RIBEIRO, Jurema Suely de Araújo Nery. A gestão do conhecimento na transformação digital para a indústria 4.0: tecnologias digitais e suas aplicações em setores econômicos. **Exacta**. Uninove, 2021. Disponível em <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/18917/9129>. Acesso em 10 fev. 2023.

SILVA, Alberto Felipe Bezerra da. **Tecnologias de prototipagem rápida aplicado ao design de produto**: um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, 2016. Disponível em [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/monografia\\_final2.compressed.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/monografia_final2.compressed.pdf). Acesso em: 26 jan. 2023.

SILVA, Larissa Eterna Taveira *et al.* Tecnologias digitais usadas pela construção civil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO-SIBRAGEC, XII, 2021. Disponível em <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/430/1009>. Acesso em 10 fev. 2023.

SILVA, Alexandre Macedo da *et al.* Impressão 3D na construção civil. Atividade Integrativa, *In*: JORNADA INTERDISCIPLINAR DE ENGENHARIA CIVIL, VI. 2019. Disponível em [http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/8486/1/6\\_AlexandreAndreIgorSaulo.pdf](http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/8486/1/6_AlexandreAndreIgorSaulo.pdf). Acesso em 26 jan. 2023.

SOBRAL, João Pedro Henriques Camões. **Desenvolvimento de uma plataforma de impressão 3 D baseada em braço robótica**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia/Universidade do Porto-FEUP, 2019. Disponível em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/119442/2/324503.pdf>. Acesso em 08 fev. 2023.

SOUSA, Angélica Silva de; OLIVEIRA, Guilherme Saramago de; ALVES, Laís Hilário. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da FUCAMP**, v. 20, n. 43, p. 64-83, Monte Carmelo-MG, 2021. Disponível em <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2336>. Acesso em 10 jan. 2023.

SOUZA, Marta Francisca Suassuna Mendes de; RODRIGUES, Rafael Bezerra. **Sistema estruturais de edificações e exemplos**. Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas-SP. Disponível em [http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas\\_estruturais\\_grad.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf). Acesso em 09 fev. 2023.

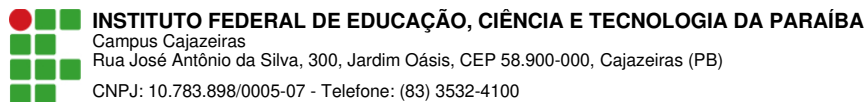
SOUZA, Pamela. **Impressão 3D na construção civil**: entenda a importância dessa técnica inovadora. Voitto, 2021. Disponível em <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/impressao-3d-na-construcao-civil>. Acesso em 26 jan. 2023.

UNED. **Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido**. 2012. Disponível em <https://tfmrimuned.wordpress.com/fabricacion-por-corte-y-laminado-lom/>. Acesso em 28 jan. 2023.

UNIQPRO. **Impressora SLA**, 2020. Disponível em <https://www.uniqpro.com.br/laboratorio/imprensa-3d/>. Acesso em 28 jan. 2023.

VOLPATO, Neri; CARVALHO, Jonas de; FORTULAN, Carlos Alberto. Processos de AM por jateamento de material e jateamento de aglutinante. *In*: VOLPATO, Neri (org.). **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher Ltda., 2018. Cap. 8. Disponível em [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ni9dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA181&dq=volpato+carvalho+2017&ots=Jq8NhuFxWS&sig=oYItLw819BauxqY9joOz\\_W9i8kQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ni9dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA181&dq=volpato+carvalho+2017&ots=Jq8NhuFxWS&sig=oYItLw819BauxqY9joOz_W9i8kQ#v=onepage&q&f=false). Acesso em 05 fev. 2023.

YU, Brenda Chan Yuk. **Impressão 3D aplicada na área têxtil e moda: roupa feita em impressora 3D**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Produção Têxtil) – Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana-SP, 2018. Disponível em [http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/3261/1/20182S\\_YUBrendaChanYuk\\_OD0554.pdf](http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/3261/1/20182S_YUBrendaChanYuk_OD0554.pdf). Acesso em 10 fev. 2023.



## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### Entrega de TCC

**Assunto:** Entrega de TCC  
**Assinado por:** Ana Carolina  
**Tipo do Documento:** Requerimento  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Ostensivo (Público)  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ana Carolina Santana Gomes, ALUNO (201722200038) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS**, em 22/03/2023 12:51:28.

Este documento foi armazenado no SUAP em 22/03/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 786823

Código de Autenticação: 2b7180bb07

