

**IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL:
INOVAÇÃO NO MODO DE CONSTRUIR**

Gabriela Alves Camargo¹
Hugo Parreira¹
Lucas Idarí Lima de Paula¹
Victhor Antônio Rodovalho da Silva¹
Vitor Magalini Zago de Sousa²

RESUMO

A tecnologia da impressão tridimensional, que é um método de produção que concentra camadas baseado em um modelo digital, que posteriormente é executado por uma máquina controlada por computador, vem evoluindo nos últimos anos, e já foi desenvolvida em vários setores como na produção de peças de automóveis, na medicina, no setor aeroespacial e vem ganhando espaço na construção civil, já que essa tecnologia foi criada com o intuito de acelerar execuções e montagens. Essa inovação tecnológica traz uma mudança significativa no âmbito da construção, na perspectiva internacional já foi constatada a eficiência da impressora no campo de produção em massa de casas inteiras em um período bem reduzido, decorrendo de fonte de energia limpa e utilizando como matéria prima resíduos de obras. Ainda assim é indispensável o investimento contínuo em novos estudos e tecnologia, trazendo como base a inovação com o intuito de alavancar a propagação dessa ferramenta no país, portanto, uma nova maneira de construir.

Palavras-chave: Impressora tridimensional, Construção civil, Materiais.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil está em constante desenvolvimento, graças a demanda de construções de estradas, residências, indústrias, portos, entre outras, esclarecendo assim a necessidade da automação na área, uma vez que essa indústria é essencial não somente a população, mas ao desenvolvimento das cidades e da economia. Essa indústria apresenta também os seus pontos negativos, como a grande produção de desperdícios e poluição, que causam impactos ambientais em cada etapa da obra (extração de materiais, processamento, produção, transporte, construção e demolição), além das emissões de CO₂.

Segundo Khoshnevis (2004) a sustentabilidade vem tendo cada vez mais enfoque nos projetos de construção. O acelerado crescimento populacional, principalmente nos centros urbanos, gera um aumento na demanda de habitações. Estas consomem uma enorme quantidade de recursos naturais e, ao mesmo tempo, geram toneladas de resíduos, não concluindo o ciclo produtivo, e com isso causam graves impactos ambientais.

Atualmente, a maioria das indústrias é robotizada, correspondendo aos avanços na tecnologia, como por exemplo manufaturas que são produzidas de forma automatizada. A padronização dos métodos, unido ao controle de qualidade dos trabalhos e a evolução das novas tecnologias foram cruciais para aumentar a eficiência e ganhos no resultado final. Se tratando em um mercado globalizado nas produções com grandes proporções, as empresas para permanecerem competitivas estão em busca contínua por melhorias.

Graduando(a) em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres.

² Mestre em Integridades de Materiais da Engenharia pela Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal, Brasil.

Porto (2016) relata que a indústria da construção civil é uma das mais atrasadas do ponto de vista tecnológico. As evoluções nas técnicas de construção não são aplicadas no mesmo ritmo que avanços em áreas como informática ou nanotecnologia. A execução do edifício ainda depende principalmente de mão de obra braçal, como no assentamento de tijolos para execução de uma parede.

A tecnologia da impressão tridimensional deu os seus primeiros passos em 1980, sendo que a primeira foi criada pelo engenheiro Chuck Hull no estado da Califórnia e seu funcionamento era a base de vapor e tecnologia estereolitografia. Porém quatro anos antes, o advogado japonês Hideo Kodama, desenvolveu uma técnica de prototipagem rápida. Dessa forma, ele foi a primeira pessoa a relatar e apontar a abordagem da elaboração de objetos por camadas.

De acordo com Florêncio (2016), a tecnologia da impressão 3D ingressou no mercado civil, através de estudos realizados por Behrokh Khoshnevis, professor do Instituto das Ciências da Informação da Escola Viterbi para a Engenharia, da Universidade do Sul da Califórnia, nos Estados Unidos, responsável pela criação da Contour Crafting (Construção por Contornos), uma técnica que utiliza uma impressora 3D de grande dimensão para a construção civil. Esta máquina corresponde a um protótipo gigante ou guindaste, controlados através de um computador. Com ela, é possível construir edifícios sem a necessidade de recorrer à força humana.

A impressão é realizada através de camadas, feitas de baixo para cima. O tempo estimado para a impressão depende do modelo da impressora e da complexidade do produto. Essa tecnologia está em constante evolução, trazendo benefícios para diversas áreas, como na medicina que já são impressas próteses, como um caso onde reconstituíram 75% do crânio de um paciente, além de estudos para impressão de pele, cartilagem e órgãos.

Com o decorrer dos anos, as impressoras tridimensionais passaram a ser aprimoradas, deixando assim mais modernas e com tamanho reduzido, podendo ainda ser conectada ao Desktop (parte da interface gráfica de sistemas operacionais), permitindo a impressão de objetos coloridos e com maior resolução. Apesar de suas qualidades terem sido melhoradas, a impressora teve seu valor reduzido e foi popularizada, possibilitando que mais empresas desfrutem de suas vantagens.

Tendo em vista que o motivo da origem da impressora tridimensional foi acelerar a execução e montagem de peças e produtos, esse maquinário só tem a acrescentar na construção civil, sendo possível realizar automatização parcial da construção de paredes, lajes, vigas e pilares.

Lopes (2016) afirma que programas CAD concedem facilmente a criação de projetos complexos, porém a indústria da construção, não atingiu tal evolução, sendo assim impondo limites na amplificação e materialização de todas as potencialidades do software. Projetos de estruturas complexas exigem a pré fabricação de cofragens e armaduras adequadas, e a preparação de andaimes de apoio, sendo que muitos desses componentes se tornam descartáveis. Por estes e outros fatores é de extrema importância o investimento em novas tecnologias e inovações nos métodos e materiais construtivos, uma vez que evita desperdícios, gera sustentabilidade a partir da utilização de materiais recicláveis e biodegradáveis, além de permitir uma liberdade projetual maior, reduzir custos e tempo de obra.

A escassez de automação no mercado da construção civil, leva a resultados não satisfatórios com baixos níveis de produtividade e eficácia, conseqüentemente um qualidade inferior no resultado final da obra.

O objetivo geral do trabalho é abordar a utilização da impressora tridimensional no âmbito da construção civil apresentando empresas que realizam estudos, executam obras e criam novos

materiais com a impressora tridimensional, dando ênfase no material utilizado e o método de realização das obras, que é viável para ser utilizada tanto para consumação de habitações padronizadas, quanto para construções complexas.

2 METODOLOGIA

Em termos metodológicos, foi realizada uma pesquisa aplicada, de classe qualitativa, de nível exploratória e descritiva, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos acerca da tecnologia da impressão tridimensional e todo o seu potencial na indústria da construção, porém dando enfoque em empresas que estudam, executam e criam com essa tecnologia. Assim foi possível mostrar suas características, vantagens e desvantagens, demonstrar as experiências já realizadas nos tempos atuais da tecnologia da impressão 3D já aplicada na construção, além de evidenciar as inovações em termos de materiais sustentáveis, e nos modos de produção.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram desenvolvidas diferentes tipos de impressora tridimensionais, sendo o seu modo de execução variado também, podendo ser criadas paredes in-loco, com o transporte do maquinário até o local, desenvolvendo a estrutura sem o uso de formas, além da impressora que trabalha com moldes, e aquelas que ficam nas fábricas, que produzem peças que são transportadas até a construção, e são interligadas no local.

A construção civil ainda está dando os seus primeiros passos em relação a tecnologia da impressão tridimensional. No mundo todo há evolução nessa área, com estudo contínuo acompanhado de pesquisas para utilização de materiais biodegradáveis e/ou recicláveis para execução de casas populares, galpões de abrigo coletivo e pavimentos asfálticos. Onde houve resultados tangíveis dessas pesquisas.

Falconi (2016) evidencia que as mudanças são a essência do gerenciamento – mudanças de estruturas e de processos para que as novas necessidades da população sejam detectadas e atendidas ao mais baixo custo. Sendo assim, através da tecnologia da impressão tridimensional, se inova o modo de construir.

Para melhor compreensão do processo de impressão tridimensional aplicada a construção civil, evidencia-se a necessidade de dividir em etapas.

3.1 Etapas da impressão tridimensional:

- **Conceptualização.**
- **Criação tridimensional do projeto em plataforma CAD.**
- **Conversão do documento para o formato .stl ou .amf.**
- **Processamento do documento com um software próprio, que ira “cortar” o projeto, e em seguida converter para G-cod, que possui as instruções que o maquinário irá posteriormente interpretar e executar.**

- Envio do documento para o computador conectado ao maquinário e configuração do mesmo.
- Execução da obra.
- Possivelmente, limpeza e pós-processamentos.

A operação dos maquinários é controlada por computador, segundo Porto (2016) através de CNC, Computer Numeric Control (Controle Numérico Computadorizado), que já era muito utilizado em outras áreas de fabricações automatizadas.

Subsequentemente, parte-se para a etapa das adequações de projeto, método produtivo e matérias utilizados.

3.2 Adequações:

De acordo com Porto (2016) no âmbito da construção civil, o software CAD, já está completamente aderido, e tem incessantemente passado por aperfeiçoamentos. Os principais entraves surgem associados a duas características, sendo elas os materiais e maquinário adequado para execução da obra.

Em relação ao maquinário, não há nenhuma semelhança as impressoras tipicamente usuais, pois inevitavelmente para grande ampliação do objeto desejado (aumento da escala), foi inevitável o aumento do próprio aparelho, sendo constituído por um braço robótico industrial.

Quanto ao material, diversos tem sido constantemente desenvolvidos e testados, muitos dos materiais são tradicionais, com algumas adições, outros são inovadores. Sempre é interessante pensar em sustentabilidade, tendo em vista esse aspecto, o mercado da construção civil tem dado importância na aplicação de materiais biodegradáveis e recicláveis.

Em seguida, expõe-se algumas das inovações de materiais e insumos específicos para este modelo de impressão.

3.3 Inovação em materiais com a impressora tridimensional:

A Emerging Objects, subordinada da maior Rael San Fratello, situada em Oakland – Califórnia, concebe estruturas experimentais a partir de estudos, e desenvolvimento de materiais poucos convencionais. A empresa adota a ideia da fabricação de pequenas peças, para na sua associação construir algo maior, além de defender a adequação da criação aos requisitos específicos do local onde vai ser executada a obra, dando preferência aos produtos existentes na área. Uma das iniciativas da empresa é o Cool Brick, produção de tijolos de material cerâmico poroso, para ambientes quentes e secos, que libera o arrefecimento e umidificação, como pode ser observado na Figura 1.

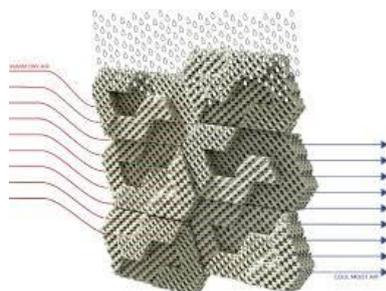


Figura 1: <https://www.engenhariacivil.com/cool-brick-blocos-ceramicos>

Outra iniciativa é Quake Column, construção de colunas inspiradas nas técnicas Incas, constituída por blocos ocós empilháveis sem a utilização de argamassa para unir os blocos, que resulta em uma estrutura torcionaria e oscilável, com uma elevada resistência a ação sísmicas, que pode ser observada na Figura 2.



Figura 2: <http://www.emergingobjects.com/project/quake-column/>

A empresa também desenvolve projetos com matérias primas menos comuns como madeira e sal, no caso do segundo item, que além de abundantes e 100% natural, traz o benefício de formar uma estrutura leve, e translúcida. A impressão tridimensional fornece uma liberdade projetual ampla, sendo assim várias aplicações possíveis.

Sua aplicação se estende por quase todos os modos da construção civil, desde a construção de blocos, até paredes inteiras de uma só vez; outrora ainda há todo um universo de testes de aplicação desta tecnologia, que requer mais investimento científico e financeiro.

3.4 Aplicações

Nos Estados Unidos foi desenvolvida um impressora tridimensional robótica que complementa e restaura as fissuras das rodovias, pelo engenheiro mecânico da Universidade de Harvard, Robert Flistsch, já na Universidade do Sul da Califórnia foi criada a tecnologia “Contour Crafting” que é uma impressora que anda sobe trilhos e possui a capacidade de construir residências populares em menos de 24 horas aplicando argamassa. Atualmente a empresa norte americana Apis Color produziu um maquinário que abrange um braço robótico com capacidade de imprimir uma residência de 38m² por um valor menor a 10 mil dólares e com vida útil superior a meio século.

Em 2016 foi aberta a primeira ponte para pedestre executada por impressão tridimensional realizada pela empresa Institute for Advanced Architecture of Catalonia, na cidade de Madri na Espanha com a extensão de 12 metros e com 8 seções de concreto reforçado.

Na Holanda através de uma parceria entre Eindhoven University of Technology e a empresa BAM Infra, em 2017 foi inaugurada a primeira ponte para ciclista por impressão tridimensional, que abrange 800 camadas de concreto, e gastou 3 meses para ser executada totalmente.

A Dinamarca é pioneira na execução de modelos tridimensionais a partir dessa tecnologia, destacando-se duas empresas, situadas em Copenhaga: Ramboll Group e HLA (Henning Larsen Architects).

3.5 Resultados:

O uso da impressão tridimensional está trazendo mudanças significativas no âmbito da construção civil, uma vez que se revoluciona a maneira de construir. De acordo com RIBEIRO *et al.*, O uso da impressão tridimensional na construção civil reduz custos e tempo de obra, além de oferecer maior liberdade projetual e caráter sustentável (evita desperdícios e recicla materiais).

O que impede o desenvolvimento mais ágil dessa tecnologia é o conservadorismo da indústria da construção civil, que possui uma afeição pelo método artesanal. Outro quesito que impede essa evolução é o alto custo de desenvolvimento inicial, já que requer maquinário, mão de obra qualificada, manutenção, transporte e armazenamento.

Independentemente dos fatores que impedem o desenvolvimento mais ágil da tecnologia da impressão tridimensional, como pode ser notado a mesma encantou o mundo, e está sendo estudada e desenvolvida em todos os cantos do planeta, gerando uma revolução não só na construção civil mas no âmbito da indústria em geral.

Apesar de todas as barreiras, o mercado da construção está se tornando mais exigente, em questões de entrega de obras rápidas, limpas e econômicas, o uso da tecnologia da impressão tridimensional será uma tendência crescente, conseqüentemente, surgirá a demanda por mão de obra qualificada, gerando emprego e renda, dessa maneira fortalecendo a economia do país. Aliás, com o aumento do mercado construtivo e da inovação na tecnologia, a tendência será a redução do custo, proporcionando maior acesso do produto na sociedade.

4 CONCLUSÕES

O avanço na tecnologia abre portas para o crescimento, sendo que com a integração da impressão tridimensional no mercado da construção, terá capacidade para revolucionar e quebrar os padrões. A eficácia no cenário internacional comprova isso. A tecnologia aplicada na construção impulsiona o progresso econômico, cultural e social nos países que foram desenvolvidas.

Acabar com o conservadorismo, tendo uma visão inovadora e unida às atualidades é indispensável para a aplicação de um equipamento como a impressora tridimensional. O estudo comprova a viabilidade desse recurso tecnológico uma vez que um projeto é realizado em um espaço curto de tempo, consome menos recursos, e orçamento menor.

O principal benefício que chama a atenção dessa tecnologia associada a engenharia civil, é a diminuição no gasto com matéria prima, uma vez que só é utilizado a quantidade essencial para cada impressão, com muita precisão.

A indústria 4.0 revela-se uma realidade com uma nova concepção que possibilita maior produtividade associada às 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 mesmo 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.

5 REFERÊNCIAS

CELERE. Disponível em: <http://celere-ce.com.br/construcao-civil/impresao-3d-na-construcao-civil/>. Acesso em 25 de março de 2019.

DANTAS. Izabel de Melo; PACHECO. Lílian Nogueira; SILVA. Rosival Ferreira da; SANTOS. Samanta Lujan dos; BOTELHO. Wagner Costa; **IMPLANTAÇÃO DE IMPRESSÃO 3D: MELHORIA NO PROCESSO DE PROJETOS NO GRUPO AÇOTUBO**; 2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/impresora_3d-artigo_final225-5-18.pdf. Acesso em 23 de março de 2019

LOPES. Gonçalo Teixeira Ferreira. **EXPLORAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DA IMPRESSÃO 3D NA CONSTRUÇÃO**. Dissertação de mestrado apresentada à faculdade de engenharia da Universidade do Porto em área científica, 2016.

MAIS ENGENHARIA. Disponível em: <http://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/impresao-3d-mercado-da-construcao-civil/>. Acesso em 22 de março de 2019.

PAIM. Fabiane Gomes; ALMEIDA. Márcia Rego Sampaio de. **ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA IMPRESSORA 3D NA ÁREA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Universidade Federal da Bahia, BA, Brasil, 2017/2018.

PORTO. Thomás Monteiro Sobrino. **ESTUDO DOS AVANÇOS DA TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D E DA SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

PRINTWAYYY. Disponível em: <http://printwayy.com/blog/uma-historia-de-sucesso-descubra-como-surgiu-a-impresora-3d/>. Acesso em 23 de março de 2019

RIBEIRO, Artur Magalhães; *et al.* **O USO DA IMPRESSÃO 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Faculdade Araguaia, 2018.

SIENGE. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/impresoras-3d-na-construcao-civil/>. Acesso em 23 de março de 2019