

O FUTURO DA IMPRESSÃO 3D NA ENGENHARIA BRASILEIRA

Débora Bispo Vieira

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. deboravieira26@gmail.com

Welber Vaz de Menezes Filho

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. fmvwelber@gmail.com

Plínio Ferreira Pires

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. plinio_pires@gmail.com

Resumo

A chamada Indústria 4.0, ou quarta revolução, como o nome sugere, marca o início de mais uma fase da Revolução Industrial. Com incríveis inovações tecnológicas e evolução de tecnologias criadas em revoluções anteriores, trará mudanças radicais em diversos setores da indústria, sobretudo, da construção civil. Esta nova fase, não trata apenas de novas tecnologias, mas da conexão entre elas. Conceitos como: inteligência artificial, realidade aumentada, big data, nanotecnologia, biologia sintética, internet das coisas definem a quarta revolução industrial. No ramo da construção civil, as novas tecnologias estão cada vez mais engajadas, e um bom exemplo é o uso de Impressão 3D nas construções. A Impressão 3D funciona por meio de programas da plataforma CAD que comandam uma impressora, através de várias camadas de material específico, constrói modelos tridimensionais. Países como Alemanha, China, Cingapura, Finlândia, Suécia, Noruega, Estados Unidos, Israel e Holanda já são pioneiros nessa revolução. Através de pesquisa bibliográfica, este trabalho objetiva mostrar o funcionamento da tecnologia de impressão tridimensional na construção civil nos países pioneiros e ainda comparar e verificar a aplicabilidade do processo no Brasil.

Palavras-Chave: Revolução; Construção; Impressora; Tecnologia; CAD.

1. Introdução

Revoluções industriais foram marcos da evolução em todo o mundo, a primeira delas teve início na Inglaterra, nos meados de 1860 e foi marcada pelas inovações na área têxtil, pelas ferrovias, e dando início à produção mecânica por meio de máquinas a vapor. A segunda revolução industrial teve seu início entre o final do século XIX, entrando no século XX, e findando no período da Segunda Guerra Mundial. Neste período, ocorreram avanços importantes como a energia elétrica, também nas áreas do petróleo e do aço, que é um dos principais componentes da construção civil.

O processo da Terceira Revolução Industrial, que se desencadeou nas últimas décadas do século XX, foi decisivo para consolidar a presente fase do capitalismo e da divisão internacional do trabalho, a chamada globalização (Boetcher, 2015). A chamada Indústria 3.0, teve início por volta de 1960 e trouxe diversos avanços nas áreas tecno-científica e informacional com novas tecnologias em Informática, robótica, telecomunicações, transportes, entre outros.

Atualmente já se percebe os primeiros sinais de uma iminente Quarta Revolução, também chamada de Indústria 4.0. Diferente das três anteriores, essa se caracteriza na convergência de várias tecnologias e tem impacto direto nos diversos ramos da engenharia. O emprego dessas novas tecnologias vem para facilitar o trabalho do Engenheiro, mas tudo isso depende do quanto o profissional acompanha as mudanças do mercado e se habilita a conhecer os novos meios de produção. Técnicas como monitoramento remoto, controle e gestão de obras são avanços que estão cada vez mais presentes no universo da construção civil, assim como o uso da impressão tridimensional.

2. Metodologia

O trabalho se iniciou com ampla pesquisa sobre o tema, e foram usados alguns parâmetros descritos a seguir:

2.1 O tipo de trabalho

A princípio, a coleta de dados foi feita sob Pesquisa Exploratória sobre o tema, visando entender o processo das revoluções industriais, da primeira até a atual quarta revolução, ou Indústria 4.0. Buscou-se entender também as tecnologias envolvidas nessa atual fase de revolução, assim como fatores que a diferencia das revoluções anteriores, avaliando as diversas ações da revolução 4.0 na sociedade, principalmente na área da construção civil, e como engenheiros e arquitetos vem lidando com essas novidades e as aplicando. Diante dessa pesquisa preliminar decidiu-se trabalhar sobre os novos métodos construtivos com enfoque no uso das Impressoras 3D e a aplicação do método nos países mais engajados nesse tema.

O objetivo foi analisar o uso da tecnologia de impressão 3D nos países mais desenvolvidos e comparar com o Brasil, visando uma aplicabilidade no mercado atual. Ao comparar os dados, obteve-se resultados qualitativos em relação a fase em que o Brasil se encontra nesse processo, entendendo o que já mudou e o que pode mudar. Os resultados poderão ser utilizados para futuras pesquisas. A pesquisa possibilita ainda, comparar as vantagens e desvantagens do uso das tecnologias de impressão tridimensional na construção civil em vários âmbitos como, o econômico e o ambiental, trazendo a apuração de dados coletados durante a fase de pesquisa.

Na vida real pode ocorrer que discrepância devido à falha dos modelos teóricos existentes, ou das medidas feitas previamente. Lembre-se que toda medida experimental apresenta incerteza e, portanto as contas efetuadas devem levar estas em consideração.

A coleta de dados se deu também sob estudos já publicados da utilização da impressora 3D em todo o mundo, para que com isso fosse possível levantar de maneira precisa algumas das futuras utilizações da impressora no país. Assim como também as exigências que essa tecnologia solicita para ser executada, entre elas a quantidade de operadores, custos de manutenção, material utilizado para a impressão.

Logo após isso a pesquisa assume também caráter explicativo, onde procura-se aprofundar o conhecimento na tecnologia da impressão 3D e suas principais características para a aplicação e implantação da mesma. Buscou-se enumerar as aplicações e vantagens dessa tecnologia assim como aplicações futuras em território brasileiro.

2.2 Universo e Amostra

O universo da pesquisa é composto pelo Mercado da construção civil no Brasil e no exterior, principalmente entre os países que já aplicam essa tecnologia em seu mercado, como por exemplo, França, Alemanha e China. E também com pesquisadores influentes como donos de empresas que tem relação com o uso da impressão 3D nas construções.

A amostra tem como critério de representatividade as empresas que já trabalham com a impressão 3D na construção de residências, que já inseriram o método construtivo no mercado. Tratar-se-á da fase em que o Brasil se encontra no processo e da possível aplicabilidade do método no mercado brasileiro.

Ao adotar um critério de representatividade, é possível parametrizar o processo e assim comparar com a realidade que o Brasil vive, afim de qualificar o que pode ser feito a curto, médio e longo prazo. Verificando também a necessidade de investimento financeiro para que a tecnologia da impressão 3d seja aplicada de maneira efetiva no mercado da construção civil brasileiro.

2.3 Instrumentos de Coleta e Análise de dados.

A pesquisa foi desenvolvida a partir de bibliografia especializada encontrada em revistas científicas, artigos, notícias e sites de Startups. Os resultados encontrados serão apresentados de

maneira qualitativa em primeiro momento, demonstrando a aplicabilidade da tecnologia de impressão 3D na construção civil brasileira. buscando através da análise bibliográfica e de dados verificar a previsão do começo de aplicação efetiva no mercado brasileiro. A escolha de artigos analisados nesse artigo, deu-se através de extensa pesquisa virtual de artigos científicos que se encaixam na proposta desse estudo, buscando em seu conteúdo as informações necessárias para o entendimento da tecnologia necessária para a redação deste. A amostra de empresas brasileiras utilizada busca representar de maneira fiel a proporção de empresas em território nacional que já estudam aplicar essa tecnologia a longo prazo no país.

A tabela 1 mostra os artigos mais utilizados na pesquisa, separados por origem e ano de publicação. Os principais dados retirados se tratam de exemplos de países que utilizam a tecnologia de impressão 3D na construção civil e as técnicas mais conhecidas.

Tabela 1 – Artigos selecionados.

Título	Tipo	Ano	Origem
Prototipagem Rápida e Fabricação Digital Para Arquitetura e Construção: Definições e Estado da Arte no Brasil	Trabalho de pós graduação	2008	São Paulo, BR
manufatura aditiva: Desenvolvimento de uma Máquina de Prototipagem Rápida baseada na Tecnologia FDM (Modelagem por Fusão e Deposição)	Trabalho de graduação	2011	Brasília, BR
3D Concrete Printing: Machine and Mix Design	Artigo de Revista	2015	Líbano
Applicability and Limitations of 3D Printing for Civil Structures	Dissertação de Mestrado	2015	Iowa, EUA
Exploração das possibilidades da impressão 3D na Construção	Dissertação de Mestrado	2016	Portugal
Estudo dos Avanços da Tecnologia de Impressão 3D e da sua Aplicação na Construção Civil.	Trabalho de graduação	2016	Rio de Janeiro, BR
3D printing of buildings and building components as the future of sustainable construction?	Artigo de Revista	2016	Polônia
3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM	Artigo de Revista	2017	Turquia

Fonte- Próprio autor.

3. Resultados e Discussão.

Há algum tempo essa tecnologia de impressão tridimensional vem sendo empregada na construção civil, na construção de peças de aço, peças pré-moldadas, de decoração entre outros. Esse uso da impressora 3D na construção civil, vem causando uma grande revolução no modo de se construir, pois além de acelerar muito o processo, a impressão 3D evita desperdício de material e diminui a quantidade de mão de obra necessária. Seu uso aqui tem como principal intuito agilizar os processos construtivos ao facilitar a execução e montagem de peças pré-moldadas.

Em relação aos processos básicos envolvidos à impressoras 3D, podem ser destacados: carregamento de material; liquidificação do material; aplicação de pressão para impulsionar o material através do bico; extrusão; plotagem de acordo com trajetória predefinida pelos comandos numéricos; adesão entre material de construção; inclusão de estrutura de suporte para permitir a construção de geometrias negativas complexas. (CUNICO, 2015, p. 16)

Em países como Rússia, China, Holanda e Estados Unidos, essa tecnologia já está bastante avançada, já se foi possível construir até prédios em pouquíssimo tempo, e completamente dentro dos parâmetros estabelecidos pelas normas de Engenharia. Esses países se destacam dos demais por serem focados na produtividade, visando um melhor aproveitamento do tempo, pois já dominam a engenharia a ponto de realizar em períodos muito curtos de tempo obras que demorariam meses.

3.1 Países em destaque.

3.1.1 Holanda

O chamado Project Milestones construirá na cidade de Eindhoven, 5 residências, usando impressão 3D por concreto. Se trata de uma parceria do governo de Eindhoven com o escritório Houben & Van Mierlo Architecten e a Eindhoven University of Technology.

“O projeto é o primeiro projeto de habitação comercial do mundo baseado em impressão de concreto 3D. As casas estarão todas ocupadas, atenderão a todos os requisitos modernos de conforto e serão compradas e soltas por uma empresa imobiliária”. (3DPRINTEDHOUSE, 2018)

O primeiro ocupante deverá receber a chave ainda em 2019 e contemplará de um ambiente sustentável e de design moderno. A primeira casa será térrea, com 95m², e as demais terão mais andares. Não há dados divulgados em relação aos custos das obras, as informações mais relevantes mostram que as casas terão design moderno e futurista, já que a impressão 3D possibilita construir qualquer forma. Outra vantagem está na economia, pois a impressora injeta material apenas onde necessário, evitando desperdícios.

3.1.2 Rússia

Uma casa construída na Rússia de 37m² composta por sala, cozinha e banheiro usando exclusivamente a impressora 3D que imprimiu num período de 24 horas todos os componentes principais da obra (paredes divisórias e estruturais da edificação) custando apenas US\$ 10 mil (algo em torno de R\$ 40 mil na cotação atual). A impressora utilizou uma mistura específica de concreto, utilizando cimento com características de secagem rápida, alta resistência inicial e alta trabalhabilidade. Tendo as peças confeccionadas no local onde seria construída a edificação. Foram necessários para a montagem final da estrutura apenas 4 funcionários, fora o técnico operador da impressora. A tática de montagem de peças confeccionadas por impressoras 3D é muito parecida com as de montagens de peças pré-moldadas já utilizadas no mercado do mundo todo. A respeito das vantagens da técnica, Nikita Cheniuntai, CEO e fundador da Apis Cor (2018) afirma

Em primeiro lugar, a Apis Cor e outras empresas imprimem usando uma mistura de cimento e areia, de modo que uma casa impressa não é diferente de uma casa de concreto.

A impressora é apenas uma maneira de estabelecer o material. A única diferença é que a impressora é um robô, um sistema automatizado que elimina o fator humano. Portanto, preocupações sobre a durabilidade das casas impressas não se justificam.

3.1.3 China

A empresa Winsun New Materials vem investindo em construções por Impressão 3D na China. A impressora usada tem 6,6 metros de altura, 10 metros de largura e 150 metros de comprimento constrói através de várias camadas de uma mistura de cimento e fibras de vidro. De acordo com a empresa, as vantagens das suas construções estão na rapidez (já que podem construir uma residência num prazo de até 24 horas), e na sustentabilidade, pois a empresa pode usar diversos materiais residuais de outras construções convencionais, além do baixo custo. Pelo menos 10 casas experimentais de 200 m² já foram construídas, além do primeiro prédio pelo método de impressão 3D.

3.1.4 Estados unidos

Em 2018 a Startup Icon, em parceria com a organização sem fins lucrativos New Story, anunciou na cidade de Austin, no Texas uma casa de quase 75m², construída com a impressora Vulcan. A casa que foi levantada em 48 horas e custou \$ 10,000, tem design moderno e ainda é uma construção sustentável. Em entrevista ao Austin Business Journal, Jason Ballard, cofundador da ICON comenta:

“Com impressão 3D, você não apenas tem um envelope térmico contínuo, alta massa térmica e quase zero desperdício, mas também tem velocidade, uma paleta de design muito mais ampla, resiliência de próximo nível e a possibilidade de um salto quântico na acessibilidade. Isso não é 10% melhor, é 10 vezes melhor.”

3.2 Comparação

Comparando o Brasil com os países Holanda, China, Rússia e Estados Unidos, tem-se uma ideia do quão o país está atrasado em relação a construção com impressoras em 3D. Um dos motivos se deve ao fato do brasileiro não ser tão aberto a novas tecnologias. Aqui a evolução das técnicas em relação a trabalhabilidade ainda caminha em passos curtos, e a falta de estímulo na construção civil, faz os processos serem basicamente os mesmos há anos. Embora a construção civil venha avançando, de um modo geral, ainda se tem um atraso no ponto de vista de novas tecnologias empregadas em grande demanda seja em novos métodos de construção, seja em novos materiais.

“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” (PORTO, 2016, pg. 1).

Alguns autores apontam uma possível taxa de desemprego gerada, pois como a máquina faz praticamente todo o trabalho, anula a necessidade de muitos funcionários. Ocorreria a diminuição de mão de obra necessária fora que seu grau de especialização seria extremamente mais alto, o que faria que os funcionários menos qualificados perdessem seus empregos.

No Brasil existe um vasto campo para a aplicação de técnicas de impressão 3D, uma delas seria a construção dos condomínios do programa minha casa minha vida. Onde todas as residências são padronizadas, o emprego da tática de construção aplicando a impressão 3d acarretaria diminuição do tempo de construção, assim como diminuição do custo final da residência. O que viria a favorecer o público alvo do programa que em geral são famílias de baixa renda que sonham em adquirir a casa própria.

Embora nenhuma casa tenha sido construída pelo método de impressão tridimensional no Brasil, a possibilidade já é estudada e tem grande potencial. Atualmente, o uso dessa tecnologia na construção civil se resume modelagem de maquetes de projetos arquitetônicos ou estruturais e objetos de decoração.

A Startup InovaHouse3D, idealizada pela então estudante de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília, Juliana Martinelli, apresentou o primeiro modelo de impressora 3D para construção civil da América Latina. A ideia da empresa é inovar no ramo da construção, otimizar os processos construtivos, atendendo as necessidades básicas de infraestrutura de modo sustentável e com impacto social. Estima-se uma redução de 20 a 40% no custo total da obra em relação a construção por métodos convencionais.

A impressora criada tem 2 m e ainda está em fase de testes, tanto da máquina quanto do material utilizado, uma espécie de concreto que precisa atender aos requisitos de fluidez e resistência mecânica. O método usado é o chamado FDM (Modelagem por Fusão e deposição), que consiste num processo de manufatura aditiva por extrusão de material. O tipo de concreto usado, utiliza tem vários parâmetros mapeados e incluídos no software da impressora. O traço do material final tem características pré-definidas, como: viscosidade, composição e grau de precisão. Pensando no modelo aditivo de impressão, o material é bombeado para uma extrusora e então depositado em camadas de acordo com o caminho pré-definido pela impressora. Depois, esse material deverá adquirir resistência naquela forma. Ou seja, o material precisa ter três

características: uma que permita sua manipulação e extrusão (trabalhabilidade), e uma que o torne resistente (secagem rápida e alta resistência inicial).

Para o projeto, a empresa aposta na plataforma Autodesk Inventor e em programas como o Revit onde são criados os protótipos.

Tabela 2 – Comparação dos países.

Países	Empresa	Origem	Técnica Construtiva	Tipo	Custo Estimado	Prazo
Holanda	Dus Architects	Amsterdã	Extrusão	Modular	Não Informado	Não Informado
Rússia	Apis Cor	Moscow	Extrusão	Casa-37m ²	Us\$ 10 mil	24h
China	Winsun	Xangai	3DCP	Modular	Não Informado	24h
Estados Unidos	Icon	Astin, EUA	Não Informado	Casa - 35m ²	US\$ 4,000	48h
Brasil	INOVAHOUSE 3D	Brasilia	Construção por contornos	Projeto	Estima-se - 40% por m ²	Não Informado

Fonte- Próprio autor.

Gráfico 1 – Quantitativo das Técnicas construtivas aplicadas.

Quantitativo das técnicas construtivas aplicadas



Fonte- Próprio autor.

4. Conclusões

A Indústria 4.0 vem se tornando cada vez mais real ao redor mundo, já se encontra avançada em diversos países e no Brasil e ainda dá seus primeiros passos. A tecnologia de impressão 3D embora ainda que em estágio inicial e com muito ainda a ser desenvolvido já é um exemplo claro de como a revolução industrial 4.0 se comportará na engenharia civil. Substituindo a mão de obra pessoal menos especializada por máquinas, possibilita criar vagas de empregos na manutenção e manuseio dessas máquinas, interligando uma vasta gama de conhecimentos.

No Brasil já existem avanços nessa tecnologia e abre-se um grande leque de usos, entre eles na função social, onde a construção de residências de boa qualidade e baixo custo se tornaria viável, resolvendo ou ao menos amenizando o problema de falta de moradia ou de condições precárias.

Com apoio do governo e de pequenas e grandes empresas, o método poderá ser facilmente difundido. Por se tratar de uma construção mais rápida, limpa e econômica, a implantação em larga escala do uso da impressão tridimensional no mercado brasileiro se muito faz vantajosa e é perfeitamente aplicável.

Nota-se que o uso da Impressão 3D na construção de habitações não tem apenas um caráter tecnológico de inovação, mas social e sustentável.

Nota-se também que a engenharia vem se beneficiando do avanço da tecnologia computacional, que representam ganhos de produtividade e vantagens quanto a disponibilidade de armazenamento e processamento de informações. (PORTO, 2016, pág. 23). As mudanças são difíceis, porém, necessárias, pois a cada dia o mercado se atualiza, e o bom engenheiro deve se adaptar.

5. Referências

- [1] PORTO, T. M. S. Estudo dos Avanços da Tecnologia de Impressão 3D e da Sua Aplicação na Construção Civil, Rio de Janeiro, Novembro de 2016. Disponível em: . Acesso em 06 ago. 2019. FERREIRA, R. A. S. **Conformação plástica: fundamentos metalúrgicos e mecânicos**. 2. ed. Recife: Ed: Universitária da UFPE, 2010.
- [2] PORTO, T. M. S. Estudo dos Avanços da Tecnologia de Impressão 3D e da Sua Aplicação na Construção Civil, Rio de Janeiro, Novembro de 2016. Disponível em: . Acesso em 06 ago. 2019.
- [3] LOPES, G. T. F. Exploração das Possibilidades da Impressão 3d na Construção, Porto - Portugal, Outubro de 2010, Disponível em: . Acesso em 06 ago. 2019
- [4] MALAEB, Zeina et al. 3D Concrete Printing: Machine and Mix Design. International Journal of Civil Engineering and Technology (ijciet), v. 6, n. 6, p.14-22, 24 jun. 2015. Disponível em: . Acesso em: 15 ago. 2019.
- [5] HAGER, Izabela, GOLONKA, A., PUTANOWICZ, R. 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? Procedia Engineering: Ecology and new building materials and products 2016, Cracow, v. 151, p.292-299, jul. 2016. Disponível em: . Acesso em: 03 set. 2019.
- [6] YOSSEF, Mostafa e CHEN, An. Applicability and Limitations of 3D Printing for Civil Structures. Proceedings of the 2015 Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure, Ames, p237-242, jun., 2015. Disponível em: . Acesso em 03 set. 2019
- [7] SIGRADI 2016, XX Congreso de la Sociedad Ibero Americana de Gráfica Digital, Buenos Aires, Argentina, Novembro de 2016, Disponível em: . Acesso em 06 ago 2019.
- [8] CUNÍCO, M. W. M, Impressoras 3D Novo Meio Produtivo, 1º Edição, Curitiba, 2015, Disponível em: . Acesso em 06 ago 2019.
- [9] WINSUN, O Edifício Mais Alto do Mundo de Impressão 3D em 2015 Mais Alta do Mundo, Disponível em: . Acesso em: 03 set. 2019 O FUTURO DA IMPRESSÃO 3D NA ENGENHARIA BRASILEIRA 11 STORY, N. Construimos e Compartilhamos Inovações Imobiliárias Com Todos que Trabalham Para Acabar Com os Sem Teto em Todo o Mundo, Disponível em: . Acesso em: 03 set. 2019
- [10] RODRIGUES, B. LIMA, L. F. A. Brasília Patrimônio Vivo da Inovação, Disponível em: . Acesso em: 03 set. 2019

