COINTER PDVGT 2021

V CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO E TECNOLOGIAS

Edição 100% virtual | 01 a 03 de dezembro

ISSN:2596-0857 | PREFIXO DOI:10.31692/2596-0857

MANUFATURA ADITIVA: UM ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE DIRECIONADA AOS PROCESSOS DE FABRICAÇÃO INDUSTRIAIS

FABRICACIÓN DE ADITIVOS: UN ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD DIRIGIDO A PROCESOS DE FABRICACIÓN INDUSTRIAL

ADDITIVE MANUFACTURING: A SUSTAINABILITY STUDY DIRECTED TO INDUSTRIAL MANUFACTURING PROCESSES

Apresentação: Comunicação Oral

Bruno Antonio Bione¹; Andreza Pereira da Silva²; Erick Viana da Silva³; Arquimedes José de Araújo Paschoal⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/2596-0857.VCOINTERPDVGT.0102>

RESUMO

Diante do processo de globalização, o ambiente urbano e a taxa populacional crescem atualmente de forma lenta, porém, em escala mundial torna-se uma expansão considerável (ONU,2020). Com relação ao avanço do cenário urbano, temos atrelado a esse fato, impactos ambientais desenvolvidos por instituições que compõem esse panorama, sendo elas: a indústria automotiva, a indústria da construção civil e as indústrias que suprem as necessidades da demanda da população, como produtos e embalagens plásticas. Em meio a essas circunstâncias, essa pesquisa tem por objetivo analisar e expor as alternativas sustentáveis para o âmbito urbano no processos de fabricação através das técnicas que a manufatura aditiva dispõe, por meio da metodologia bibliográfica, visando a redução no impactos ambientais, e a economia de recursos. Os processos de fabricação convencionais acarretam em impactos ambientais e climáticos, como o desperdício de matéria-prima e energia, extração excessiva de recursos naturais, e escoamento excessivo de resíduos industriais. Nesse cenário, a manufatura aditiva surge a partir de uma transição de paradigma nos processos de fabricação, fazendo com que haja variadas possibilidades de uso em aplicações diversas, e possivelmente, aplicadas em um desenvolvimento sustentável. Dentro dessas circunstâncias, é possível mostrar alternativas sustentáveis na indústria automotiva, com a economia de recursos e energia, na arquitetura e urbanismo com a utilização de matérias-primas

1 Aluno do Curso Técnico em mecânica industrial, Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Recife, babs@discente.ifpe.edu.br

2Aluna do Curso Técnico em mecânica industrial, Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Recife, aps2@discente.ifpe.edu.br

3 Mestre em administração de empresas – UFAL, erick.viana@recife.ifpe.edu.br

4 Doutor em engenharia elétrica – UFPE, arquimedes.paschoal@recife.ifpe.edu.br

MANUFATURA ADITIVA: UM ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO

biodegradáveis e recicláveis, e na construção civil com a diminuição do desperdício de material, economia de custo, menor extração de recursos naturais, e utilização da matéria-prima aditiva.

Palavras-Chave: Manufatura aditiva; Desenvolvimento; Sustentável; Urbano.

RESUMEN

Frente al proceso de globalización, el entorno urbano y la tasa de población están creciendo lentamente en la actualidad, sin embargo, a escala mundial, se ha convertido en una expansión considerable (ONU, 2020). En cuanto al avance del escenario urbano, hemos vinculado a este hecho, los impactos ambientales desarrollados por las instituciones que conforman este panorama, a saber: la industria automotriz, la industria de la construcción civil y las industrias que satisfacen las necesidades de la demanda de la población, como los productos y envases de plástico. En estas circunstancias, esta investigación tiene como objetivo analizar y exponer alternativas sostenibles para el medio urbano en los procesos de fabricación a través de las técnicas que posee la fabricación aditiva, mediante metodología bibliográfica, con el objetivo de reducir los impactos ambientales, y la economía de recursos. Los procesos de fabricación convencionales provocan impactos ambientales y climáticos, como el desperdicio de materias primas y energía, la extracción excesiva de recursos naturales y la eliminación excesiva de desechos industriales. En este escenario, la fabricación aditiva surge de un cambio de paradigma en los procesos de fabricación, por lo que existen muchas posibilidades de uso en diferentes aplicaciones, y posiblemente aplicadas en el desarrollo sostenible. En estas circunstancias, es posible mostrar alternativas sostenibles en la industria automotriz, con el ahorro de recursos y energía, en la arquitectura y urbanismo con el uso de materias primas biodegradables y reciclables, y en la construcción civil con la reducción de desperdicio material, economía de costo, menor extracción de recursos naturales y uso de materia prima aditiva.

Palabras Clave: Fabricación aditiva; Desarrollo; Sostenible; Sostenible; Urbano.

ABSTRACT

Faced with the globalization process, the urban environment and the population rate are currently growing slowly, however, on a world scale, it has become a considerable expansion (UN, 2020). Regarding the advancement of the urban scenario, we have linked to this fact, environmental impacts developed by institutions that make up this panorama, namely: the automotive industry, the civil construction industry and industries that meet the needs of the population's demand, such as products and plastic packaging. Amid these circumstances, this research aims to analyze and expose sustainable alternatives for the urban environment in the manufacturing processes through the techniques that additive manufacturing has, through bibliographic methodology, aiming at reducing environmental impacts, and the economy of resources. Conventional manufacturing processes lead to environmental and climate impacts, such as waste of raw materials and energy, excessive extraction of natural resources, and excessive disposal of industrial waste. In this scenario, additive manufacturing arises from a paradigm shift in manufacturing processes, making there are many possibilities for use in different applications, and possibly applied in sustainable development. Within these circumstances, it is possible to show sustainable alternatives in the automotive industry, with the saving of resources and energy, in architecture and urbanism with the use of biodegradable and recyclable raw materials, and in civil construction with the reduction of material waste, economy of cost, lower extraction of natural resources, and use of additive raw material.

Key Words: Additive manufacturing; Development; Sustainable; Sustainable; Urban.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional ocorre devido as variações nas taxas de mortalidade e natalidade de acordo com a teoria da transição demográfica. Nesse âmbito de crescimento, a expansão do cenário urbano teve grande relevância, estando presente em grande parte da totalidade do globo. Diante desse contexto, questões ambientais estão ganhando destaque, se tornando um desafio para o desenvolvimento urbano atual. Tendo em vista essas condições, é possível expor alternativas sustentáveis nos meios de produção urbano atreladas aos conceitos e práticas da sustentabilidade e da manufatura aditiva que possam alcançar certo equilíbrio entre o gerenciamento urbano, os impactos ambientais, sociais e econômicos. Os processos de manufatura aditiva no panorama urbano são consequência das revoluções industriais que marcaram e modificaram o curso da história humana, segundo Steele (2001).

Em decorrência da crescente busca por práticas sustentáveis nessa perspectiva revolucionária, as atividades humanas vêm procurando escolher materiais mais adequados visando maior equilíbrio entre a economia, o meio ambiente e a sociedade. Neste contexto, a manufatura aditiva pode apresentar-se como uma opção mais sustentável às organizações, com uma variedade de matérias-primas. (PORTO; SANTOS, 2016). Uma mudança de paradigma com o avanço tecnológico surge na produção de bens e serviços, sendo inclusos na esfera da sustentabilidade, e nessa conjuntura, é necessário adotar uma atuação que coopere com a transição de paradigma propondo soluções de forma original e eficiente, usando as novas tecnologias a seu favor, adequando-se à reutilização dos produtos, e reciclagem de matéria-prima utilizada nos processos de produção de manufatura aditiva. (MANRIQUE *et al.*, 2019)

Segundo a “Agenda 21” (Conferência das Nações Unidas, ECO-92) - documento aprovado durante a conferência da ONU em 1992, no Rio de Janeiro - estabeleceu-se novas diretrizes para mudança do padrão de desenvolvimento global durante o século XXI. Sua Promulgação foi uma tentativa de promover, em esfera mundial, um desenvolvimento conciliado com cuidados ambientais, eficiência econômica e equidade social (TELES *et al.*, 2003).

Partindo da análise da documentação promulgada na conferência das nações unidas, a manufatura aditiva inclusa no gerenciamento do meio urbano trará benefícios nos setores ambientais e econômicos. A partir disso, essa pesquisa tem por objetivo analisar e expor as alternativas sustentáveis para o âmbito urbano nos processos de fabricação através das técnicas dispostas pela manufatura aditiva, visando economia de recursos e a redução de impactos ambientais, climáticos e sociais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os processos de fabricação das indústrias tradicionais utilizados para compor estruturas do âmbito urbano são fundamentados em vários princípios desenvolvidos pela mecânica industrial. Podemos citar, como exemplo, a modelagem de adaptação do material, ou, a remoção do material até alcançar a sua forma desejada, como no processo de torneamento. Podemos ainda reportar os processos de conformação que geram a geometria final da peça através da deformação plástica do material, como ocorre na laminação. Além desses processos, temos também o processo de soldagem, no qual, o produto final é resultado da união de diferentes componentes (VOLPATO, 2017).

Esses processos contam com suas vantagens e desvantagens, e com o passar do tempo os impactos ambientais, econômicos e sociais dessas laborações foram adquirindo relevância devido ao descarte de forma excessiva de resíduos sólidos, líquidos e gasosos que fazem com que a estética e composição do meio ambiente sejam alteradas, acarretando prejuízos ecológicos na água, no solo, e no ar, causando danos à sociedade (PEREIRA *et al.*, 2002), surgindo a necessidade de inovar e facilitar os processos de fabricação. Com isso, ao fim da década de 1980, foi introduzido um novo princípio de fabricação baseado na adição de material, atualmente denominado manufatura aditiva.

A manufatura aditiva, *additive manufacturing* (AM), coloquialmente falando, impressão 3D. Consiste em um processo de adição de material em camadas sequenciais que seguem os modelos de um desenho assistido por computador (CAD *Computer-Aided-Design*), que possibilita a construção de componentes físicos com variação de materiais, técnicas e *designers* (VOLPATO; CARVALHO, 2018).

A matéria-prima utilizada nos processos de fabricação da manufatura aditiva são os polímeros – macromoléculas provenientes da união de moléculas menores – e os materiais compósitos – formados pela união de diferentes compostos, tendo por objetivo obter novas propriedades e aplicações do material. Há variados métodos de impressão, porém, o Fused Deposition Modeling (FDM), traduzido para modelagem de deposição fundida, no qual o filamento - material utilizado na impressão – é aquecido e depositado nos padrões do modelo do desenho computadorizado, sendo mais econômico, simples e acessível.

O método do Fused Deposition Modeling possibilita a utilização de materiais biodegradáveis e recicláveis. Nesse contexto podemos citar: o Politereftalato de Etileno Glicol (PETG), que possui um alto índice de reaproveitamento, o ácido polilático (PLA), que pode se decompor na natureza em até 48 meses, e o filamento ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno),

que é produzido em grande escala no Brasil, sendo derivado do petróleo e com baixo custo, podendo ser reciclado, sua produção utiliza 57% menos energia em relação a produção de plástico tradicional. A competitividade pelas técnicas da manufatura aditiva no mercado nacional cresce continuamente, o que acarreta na redução de preços na matéria-prima e nas impressoras (BETIM apud BRAGA; PEREIRA, 2017; PORSANI; SILVA; HELLMEISTER, 2017; 3D RIO, 2019).

Incluindo a manufatura aditiva no âmbito urbano, podemos relacioná-la, por exemplo, com a indústria da construção civil, e automotiva. Os processos de fabricação desenvolvidos pela manufatura aditiva já estão sendo incluídos nesse meio industrial. A integração dessa técnica de fabricação possibilita uma produção mais rápida, eficaz e precisa, com explícita economia de matéria-prima e recursos, inserindo apenas a quantidade necessária para confecção do produto final (GOMES apud ALCALDE; WILTGEN, 2018; WILTGEN, 2019).

A manufatura aditiva pode estar inserida no espaço urbano na construção civil, contribuindo para o avanço da arquitetura e urbanismo de forma sustentável, na indústria automotiva diminuindo os impactos causados pelos resíduos industriais, e em estruturas imersas no âmbito urbano além das citadas anteriormente, que estão presentes de forma majoritária, como por exemplo, nos processos de fabricação que alimentam as necessidades da população urbana, sendo embalagens, e produtos plásticos.

Na construção civil, uma obra realizada de forma tradicional acarreta em desperdício de recurso e retrabalho, estima-se que 33% de material e mão de obra devido ao retrabalho sejam desperdiçados (GASPARETTO apud GROHMANN, 1998). Em Dubai, foi projetado e desenvolvido o primeiro escritório funcional impresso em 3D, e a partir de análises, foi constatado uma redução de 50% nos recursos. Diante desse feito, o governo de Dubai prevê que poderá haver uma economia de 70% de recursos materiais em relação as construções convencionais (GASPARETTO apud DISTACIO, 2016).

Tecnologias utilizadas no meio da manufatura aditiva e dos polímeros possuem desenvolvimentos estrangeiros, no quais o mercado também é favorável. Nesse contexto, podemos citar a tecnologia italiana que chegou ao Brasil pertencente à empresa Presanella Building System, que utiliza polímeros recicláveis para construções de tijolos. Outros materiais também são inseridos na estrutura do tijolo para garantir conforto e isolamento térmico. As vantagens dessa tecnologia se dá pela sustentabilidade nela inserida, pois temos a reutilização de polímeros, e redução de custos. (FERNANDA DG, 2018). Os tijolos podem ser inseridos na produção da manufatura aditiva, contribuindo para uma redução de material, tempo, e mão de obra especializada em relação as construções convencionais.

MANUFATURA ADITIVA: UM ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO

Na indústria automotiva, a manufatura aditiva contribui com o desenvolvimento sustentável diminuindo a utilização de recursos e a diminuição do desperdício nos projetos, acarretando na diminuição dos impactos ambientais e na economia de matéria-prima. Com base nisso, a empresa chinesa X Eletrical Vehicle (XEV) em parceria com a Polymaker, desenvolveram o LSEV, sigla que é uma abreviação de “Low-speed Eletric Vehicle”, traduzido para “Veículo elétrico de baixa velocidade”. O modelo asiático conta com grande maioria das peças impressas na tecnologia da manufatura aditiva como: para-choques, carcaça, painel, e portas, exceto partes como: motor, chassi, assentos e vidros. O número de componentes plásticos foram reduzidos de 2 mil para 57, e o automóvel de dois lugares possui autonomia de 150 km e atinge até 69 km/h. (GIANTOMASO, 2018).

Além de contribuir nesse cenário prospectivo no quadro automobilístico, ainda nesse mesmo meio também é capaz de produzir peças com maior grau de complexidade com melhor eficiência e economia de recursos. Cerca de 14% das peças impressas em manufatura aditiva na indústria automobilística em série, são utilizadas em motores de veículos (GOMES apud ÅLGÅRDH, 2017). Entre as vantagens dessa inclusão nos processos de fabricação temos a mudança na geometria final da peça que acarretam em menor consumo de combustível nos veículos, o que atrela-se a sustentabilidade em vários setores como: poluição, extração de recursos naturais, e desperdício.

Em relação aos processos de fabricação no âmbito urbano que alimentam as necessidades da população, como por exemplo, embalagens plásticas em geral, podemos aplicá-las à manufatura aditiva, utilizando matéria-prima reciclável, e biodegradável. Alguns polímeros já citados são eficazes, como o ácido polilático (PLA), e o Politereftalato de Etileno Glicol (PETG), que possibilitam um desenvolvimento sustentável em sua utilização e um desenvolvimento estrutural.

Analisar e estudar os cenários prospectivos visando a avaliação dos possíveis impactos ambientais, climáticos e econômicos, bem como o uso de novas tecnologias, mais limpas, permite reduzir as incertezas futuras geradas na sociedade, explorando variadas estratégias de mudança que implicam no desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

Foi utilizado como método a pesquisa bibliográfica que segundo Gil (2008, p. 49) se define como um delineamento da pesquisa. Esse tipo de pesquisa se caracteriza pelo embasamento de fontes secundárias visando ter uma visão mais ampla do trabalho científico.

Realizou-se buscas por publicações que abordassem os temas: manufatura aditiva e desenvolvimento sustentável. Tendo como objetivo explorar qual seria a ligação entre as duas áreas também inseridos no âmbito urbano e quais os exemplos práticos podemos ver desenvolvendo-se na sociedade. As bases de referência de dados foram obtidas através de artigos selecionados por meio do Google acadêmico e matérias relevantes que fossem relacionadas com as esferas de conteúdos exploradas na pesquisa.

A partir disso, foram feitas análises, diante de dados, de possíveis alternativas nos processos de fabricação industriais urbanos, e outros panoramas que compõem o âmbito urbano, por meio da manufatura aditiva, para desta forma, apresentar os processos de manufatura aditiva no meio sustentável, e assim, interligar a sustentabilidade com os processos de manufatura aditiva e o âmbito urbano, ferramentas que juntas são capazes de trazer as inovações desenvolvidas pela sociedade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com as pesquisas feitas em relação as referências bibliográficas que abordaram os assuntos propostos no estudo da manufatura aditiva em relação ao desenvolvimento sustentável no âmbito urbano, a tecnologia de deposição fundida do material possui grandes benefícios no quadro urbano, contribuindo para as três esferas dos objetivos sustentáveis, sendo eles o equilíbrio entre a esfera social, ambiental e econômica.

A manufatura é capaz de reduzir os impactos ambientais, climáticos e econômicos de forma eficaz, reduzindo a exploração dos recursos naturais, que acarreta na economia de matéria prima e de recursos financeiros, levando diminuição do escoamento de resíduos industriais. A utilização da matéria-prima aditiva biodegradável e reciclável contribui para benefícios ambientais.

Figura 1: Produção de plástico tradicional e ABS por tonelada em kwh e seu custo

Fonte: Própria (2021).

MANUFATURA ADITIVA: UM ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO

A produção de plástico utilizando matéria prima utilizada pela manufatura aditiva reduz de forma elevada os impactos ambientais e econômicos, tendo uma economia de 57% de energia e recursos. Tomando como base a realidade brasileira com 739 usinas hidrelétricas instaladas (ANEEL, 2021), a economia de energia irá acarretar em uma preservação hídrica, diminuindo o racionamento e o desperdício, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Figura 2: Comparativo entre o custo de material por metro quadrado em real dos processos de fabricação

Fonte: Própria (2021).

De acordo com o presente gráfico é evidente a economia de recursos diante da construção civil com as técnicas de fabricação da manufatura aditiva, que segundo análises feitas em Dubai a partir do uso da tecnologia estima-se uma economia de até 50% nos gastos com matéria-prima.

Figura 3: Comparativo percentual nos processos de fabricação da indústria automotiva

Fonte: Própria 2021

Utilizando dos dados do LSEV, o veículo elétrico produzido por manufatura aditiva de produção asiática, é notável a redução dos impactos causados no ambiente com a fabricação automotiva, otimizando toda a carroceria do automóvel em plástico e diminuindo em 97% a quantidade de peças, havendo economia de tempo e verba, menor desperdício, entre outros benefícios que a manufatura aditiva pode acarretar ao desenvolvimento sustentável.

De acordo com o princípio da responsabilidade, sendo um princípio ético dos novos tempos elaborado por Hans Jonas, nossas ações no presente devem colaborar com o desenvolvimetro sustentável, garantindo as necessidades e os recursos das gerações futuras e os princípios da manufatura aditiva contribuem para essa visão ecoética que está surgido a partir de mudanças de paradigmas presentes na sociedade. (HANS JONAS, 1979). Sendo inclusa em diversas esferas do âmbito urbano a manufatura favorece a sustentabilidade que ganha destaque devido as consequências causadas pelos paradigmas tradicionais.

CONCLUSÕES

Diante da presente pesquisa, é perceptível que a manufatura aditiva está indiretamente e diretamente ligada ao desenvolvimento sustentável, com seus princípios de fabricação que favorecem o movimento. Sua inclusão no âmbito urbano possibilita analisar cenários propícios para sua expansão, havendo destaque para sua utilização, gerando benefícios para usuários da tecnologia.

Existem alguns cenários a serem analisados em relação ao desenvolvimento da manufatura aditiva, porém, diante dos benefícios trazidos na esfera econômica, ambiental e social, sua expansão é vista como algo vantajoso, principalmente em âmbito urbano, nas indústrias que alimentam as prioridades da população como transporte, moradia, infraestrutura, e necessidades básicas.

Para o avanço da manufatura aditiva é necessário encontrar-se em um cenário otimista, com uma política econômica liberal expandida, que gera receitas para o país com a redução da inflação e o preço do dólar, beneficiando o quadro industrial em relação as tributações. Tendo investimento estrangeiro no país, que consequentemente impulsiona o setor da manufatura aditiva, ocorrendo mudanças na legislação beneficiando o setor da manufatura e deslocando os entraves do desenvolvimento dessa tecnologia.

Incluir os países desenvolvidos do hemisfério norte possibilita uma maior movimentação do mercado da manufatura aditiva e diminui sua competitividade, havendo como consequência menores custos em maquinário e matéria-prima. Outra vantagem para essa

MANUFATURA ADITIVA: UM ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO

inclusão se dá pelo fato que a *expertise* na tecnologia é desenvolvida por uma maior parcela de potências mundiais, expandindo o desenvolvimento sustentável

Conclui-se que analisar pesquisas quantitativas e qualitativas dos indicadores sustentáveis da manufatura aditiva irá contribuir para a mudança de paradigma que os impactos ambientais, sociais e econômicos propõem atualmente, e para a expansão da tecnologia através da exposição dos benefícios e alternativas sustentáveis que a técnica irá disponibilizar para a sociedade.

REFERÊNCIAS

BETIM, Diego Vinicius et al. Análise de cenários prospectivos: um estudo sobre a manufatura aditiva no Brasil em 2024. XVI SEGeT .

DA SILVA, Solange Teles. Políticas públicas e estratégias de sustentabilidade urbana. 2003.

DIAS. Consumo energético da produção de plástico, de onde vem?. CUBI energia. Disponível em: <<https://www.cubienergia.com/consumo-energetico-na-producao-de-plasticos/>>. Acesso em: 25/09/2021

FERNANDA DG. Plástico reciclado transformado em tijolos. Dicas de arquitetura. Disponível em: <<https://dicasdearquitetura.com.br/plastico-reciclado-transformado-em-tijolos/>>. Acesso em: 15/09/2021

GASPARETTO, Douglas Vinícius et al. Estudo da viabilidade técnica da manufatura aditiva aplicada à construção civil. 2020.

GIANTOMASO, Isabela. LSEV: Carro é feito com impressora 3D e deve chegar ao mercado em 2019. Tectudo. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/2018/03/lsev-carro-e-feito-com-impressora-3d-e-deve-chegar-ao-mercado-em-2019.ghtml>>. Acesso em: 22/09/2021

GOMES, João Francisco Bueno; WILTGEN, Filipe. Avanços na manufatura aditiva em metais: técnicas, materiais e máquinas. **Revista Tecnologia**, v. 41, n. 1, 2020.

IBGE. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e índices da Construção Civil. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=resultados>>. Acesso em 28/09/2021

MANRIQUE, Mario Ruiz et al. Plástico Precioso: prototipagem rápida e reciclagem de resíduos de manufatura aditiva. 2019.

PEREIRA, José Almir Rodrigues. Geração de resíduos industriais e controle ambiental. **Centro Tecnológico da Universidade Federal do Pará. Pará**, 2002.

PORTO, T.M.; Santos, J., 2016. *Study Of The Advances Of 3d Printing Technology And Its Application In Construction*. Universidade Fenderal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brazil.

SOUSA, Lídia Ruanny dos Santos. Análise experimental de polímeros recicláveis e biodegradáveis na manufatura aditiva. 2018.

STEELE, J. *Arquitectura y Revolución Digital*. Tradução: Jean Escofet, título original: *Architecture and computers: actions and reactions in the digital design revolution*. México: Ed. Gustavo Gilli, 2001.

VOLPATO, Neri. *Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D*. Editora Blucher, 2017.