

Uma Revisão Sistemática da Literatura sobre os Processos de Design direcionados a Manufatura Aditiva em Fab Labs para melhoria da qualidade do produto e redução de resíduos

José Ignacio Sánchez, Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco.

sanchez.ignacio95@gmail.com

Germannya D`Garcia Araújo Silva, Doutora, Laboratório de Design O Imaginário e Programa de Pós-Graduação em Design - Universidade Federal de Pernambuco.

germannyadgarcia@gmail.com

Resumo

O presente artigo apresenta o estado da arte que aporta a pesquisa de mestrado, em andamento, onde a qualidade do produto em processos de impressão FDM (*Fused Deposition Modelling*) em ambientes abertos de produção é o tema central. Os FabLabs são laboratórios voltados para produção de artefatos em pequena escala, sendo comum a presença de falhas na impressão dos produtos devido à ausência de processos de design voltados para a Manufatura Aditiva (MA) como o Design para Manufatura Aditiva (DFAM). A metodologia aplicada neste artigo trata da revisão sistemática da literatura na plataforma CAPES somada à análise dos textos mais relevantes sobre o referido tema. Como resultado, foram analisados um total de 131 artigos publicados a partir de 2018, dos quais 13 apresentaram relevância para a pesquisa, trazendo contribuições para proposição de alternativas que visem melhorar a qualidade dos produtos, bem como reduzir o desperdício de materiais.

Palavras-chave: Manufatura aditiva; Qualidade do produto, FDM (*Fused deposition modelling*)

Abstract

This article presents the state of the art that supports the ongoing master's research, where product quality in FDM (Fused Deposition Modelling) printing processes in open production environments is the central theme. The FabLabs are laboratories for the production of artifacts on a small scale, being common the presence of flaws in the printing of products due to the absence of design processes focused on Additive Manufacturing (MA) such as Design for Additive Manufacturing (DFAM). The methodology used in this article shows a systematic review of the literature on the CAPES platform together with the analysis of the most relevant texts on the subject. As a result, a total of 131 articles published since 2018 were analyzed, in which 13 presented relevance to the research, bringing contributions to propose alternatives aimed at improving the quality of products, as well as reducing material waste.

Keywords: Additive manufacturing; Product quality, FDM (*Fused deposition modelling*)

1. Introdução

O século XX foi caracterizado pela democratização da informação por meio do computador pessoal e da internet, enquanto o século XXI é caracterizado pela democratização da produção e pela fabricação individualizada (BULL et al., 2010). Como reflexão, se no passado o conceito inovador era o compartilhamento de dados pela internet, hoje, a inovação está no compartilhamento de produtos através de dados que podem ser materializados em laboratórios abertos de fabricação digital.

A ideia de reduzir ou remover as restrições industriais permite ao designer: imaginar possibilidades e alternativas; desafiar sistemas e papéis já estabelecidos; produzir em escala local e reduzir o impacto ambiental, através da diminuição da necessidade de transporte. Essas mudanças no sistema de financiamento, de produção e de distribuição incentivam a autoprodução, onde o autor do projeto se torna responsável pela produção, comunicação e venda de seus produtos. Isso significa dizer que, possivelmente, estas pessoas, independente da área de atuação profissional, poderão ter a oportunidade e facilidade de operar e produzir os objetos dentro dos Fab Labs (DIAS, 2014).

Em 2009, surge a rede Fab Lab oriunda do programa de laboratórios “*makers*” do *Center for Bits and Atoms - MIT*. Tal rede tem o objetivo de disponibilizar uma estrutura de suporte operacional, educacional, técnico, financeiro e logístico aos laboratórios abertos, para que as pessoas chamadas de “*makers*” - que atuam dentro dos Fab Labs desenvolvendo, criando e compartilhando ideias através de produtos - tenham a oportunidade de encontrar um espaço de trabalho em diversas cidades por todo o mundo, com a proposta de mantê-los abertos à comunidade e criar novas oportunidades através da fabricação digital. Atualmente, segundo a rede mundial de Fab Labs, existem mais de 1.750 laboratórios associados em mais de 100 países ao redor do mundo. No Brasil, estão cadastrados à rede Fab Lab mais de 95 laboratórios, sendo que 12 destes se encontram no Nordeste Brasileiro.

De acordo com a rede Fab Lab, os laboratórios de fabricação digital precisam adotar as seguintes características para poder fazer parte da plataforma:

1. Abrir suas instalações para o público em geral ao menos uma vez por semana, de forma gratuita;
2. Compartilhar suas ferramentas, processos e projetos com outros laboratórios (comunidade global);
3. Participar da comunidade global de Fab labs de forma ativa, cooperando em iniciativas e projetos;
4. Possuir, como requisitos mínimos de maquinário, uma impressora 3D, uma cortadora a laser, uma cortadora de vinil, uma fresadora de pequeno formato e outra de grande formato.

Dentre as máquinas que atuam nos Fab Labs, a impressora 3D é a tecnologia mais popular da MA (*manufatura aditiva*) que consiste em um método de produção que atua agregando seletivamente um material, camada por camada, sendo controlado numericamente por computador (CNC) com a vantagem de criar formas mais complexas do que os métodos de manufatura tradicionais. Entre seus benefícios principais, está o de conseguir criar protótipos e produtos com menor número de componentes, tornando os processos de montagem mais ágeis e eficientes. A tecnologia FDM (Fused Deposition

Modeling), é o tipo de impressora 3D mais usada pelos Fab Labs devido ao seu baixo custo e por esta possuir as características de uma máquina *open source*, caracterizada pela capacidade de ser replicada facilmente, inclusive dentro dos Fab Labs existentes.

A impressão 3D, assim como qualquer outro sistema de trabalho, requer a atuação harmônica entre materiais, softwares e hardwares para a confecção satisfatória de uma peça desejada. Portanto, deve-se sempre considerar a ação humana na interface da MA. Conseqüentemente, é oportuno estabelecer metodologias de procedimentos como o DFAM (*Design for Additive Manufacturing*) com a intenção de verificar, quantificar e otimizar esses sistemas, de modo a avaliar corretamente o processo de projeto e manufatura de peças impressas em 3D. Pradel (2018) define o DFAM como a prática de projetar produtos para reduzir ou minimizar dificuldades e custos de fabricação, concentrando-se em um componente do sistema, para otimizar o processo de produção escolhido.

Nos laboratórios abertos, qualquer usuário, especialista ou não, pode operar as máquinas disponíveis. Tal liberdade de fabricação, fascinante para muitos, pode, no entanto, caracterizar-se como um processo não sustentável, uma vez que quanto mais complexas se tornam as ferramentas, mais abstratas são suas funções (Flusser, 2017, Pag. 39).

Para Song (2016) as falhas no processo de impressão 3D em laboratórios abertos estão relacionadas a três aspectos: a máquina, o designer e o operador da máquina. O autor ainda conclui que quase o 34% do plástico usado num laboratório aberto é desperdiçado e que o problema da calibração da máquina é o que gera a maior parte do desperdício de material.

Em condições ideais, o único resíduo gerado deveria ser o material da estrutura de apoio. Porém, muitos usuários dos laboratórios de fabricação digital aberto são inexperientes na operação das impressoras 3D, cuja falta de competência técnica para operação de tais equipamentos pode gerar desperdício de material (SONG, 2017).

Diante desse cenário, a pesquisa de mestrado, em andamento, objetiva avaliar a qualidade percebida dos componentes fabricados usando a tecnologia FDM através da compreensão dos processos de design adotados dentro do Fab Lab Recife. A pesquisa visa contribuir para o desenvolvimento e disseminação de processos de design adequados a MA em laboratórios abertos e difundir a MA como uma tecnologia eficiente e de baixo impacto ambiental. O presente artigo consiste na revisão sistemática da literatura já realizada que dá suporte a referida dissertação.

2. Design Distribuído: cenário atual e desafios

A democratização do design e da produção é potencializada através da fabricação digital. Oferecendo-se aos *makers* autonomia suficiente para criar protótipos e produtos finais, eles se tornam protagonistas e responsáveis pelo processo de design, produção, distribuição e consumo do produto, podendo eles passarem por todos esses passos ou adquirirem um arquivo projetado por outra pessoa para ser modificado ou adaptado segundo as necessidades locais. Gerando, assim, uma rede de produção e distribuição mundial através do compartilhamento de arquivos e máquinas de fabricação digital.

Segundo *Distributed Design Market Platform* (2018) o Design Distribuído é o resultado da interseção de duas tendências globais: o Movimento *Maker* e a digitalização da disciplina de Design. Essa convergência levou ao surgimento de um novo mercado, no

qual indivíduos criativos têm acesso às ferramentas digitais que lhes permitem projetar, produzir e fabricar produtos ou se conectar facilmente a uma rede global de colaboradores para realizar, em conjunto, aspectos desse processo. A esse processo e ao mercado subsequente que está emergindo dessas tendências dá-se o nome de Design Distribuído.

Desta forma, é fundamental que o usuário do Design Distribuído compreenda e faça a escolha adequada dos processos de produção dos seus artefatos. O DFAM, portanto, possui um papel fundamental nessa escolha, por ser uma ferramenta de projeto dos arquivos que serão então disponibilizados para a produção local, pois, alguns usuários, no momento de criar um produto, não necessariamente seguem uma “receita de bolo” e a escolha incorreta das máquinas para a produção de produtos específicos é uma das principais causas de falhas nos Fab Labs (ROMEIRO FILHO et al., 2010).

Segundo Costa (2018), a produção e o Design Distribuído, desvinculados da indústria tradicional, fornecem a oportunidade de considerar as tecnologias e os atores completamente livres da estrutura industrial tradicional vigente, proporcionando a estes um espaço de experimentação. Esse fenômeno permite a reflexão acerca da complexidade do contexto de produção e de consumo, propondo encontrar novas realidades sociais, novas formas de fazer, novos modelos econômicos e novas formas de atribuir valor ao artefato.

Como resultado dessa novidade, problemas técnicos são comuns nos ambientes abertos de MA, a exemplo da insuficiência no tempo de pré-aquecimento das máquinas, falhas mecânicas nas impressoras e geometria inadequada das peças. Para este último problema, acredita-se que a competência do desenvolvedor do produto também deve ser investigada.

Neste contexto de falhas é comum o aumento do consumo de materiais e de energia, o que compromete os benefícios ambientais da tecnologia FDM (GRIESER, 2015).

Os autores desse artigo acreditam que um dos desafios do Design Distribuído é atender as demandas de produção local o mais rápido possível, unificando ou criando uma linguagem comum entre os “makers” capaz de disponibilizar arquivos para os distintos processos de produção dentro dos Fab Labs. Na contramão dessa proposta os laboratórios, por serem independentes, não possuem as mesmas especificações de máquinas e os parâmetros técnicos dos equipamentos podem variar para cada laboratório.

Nesta pesquisa, será considerado que para a criação de um artefato por fabricação digital é necessário o domínio de três dimensões do processo: o Software, o Hardware e os Materiais. Sendo o primeiro a fase da projeção da ideia e formatação dos arquivos, o segundo a fase de decisão dos parâmetros de injeção da impressora 3D e, por último, a fase de seleção dos polímeros (no caso da FDM). Assim, os autores desta pesquisa buscam ainda compreender: *Qual o grau de domínio das três dimensões citadas acima pelos usuários que fazem uso do Design Distribuído no Fab lab Recife?*

3. Método da Revisão Sistemática da Literatura

O procedimento metodológico para coleta de dados da revisão sistemática da literatura teve como base a metodologia de Fink (2005) que consiste em identificar a pergunta de pesquisa; selecionar os bancos de dados bibliográficos disponíveis; escolher os termos de pesquisa; aplicar os pressupostos da pesquisa e fazer a revisão. Em seguida, foi realizada uma análise aprofundada e qualitativa dos estudos mais relevantes que conseguiram

aportar os conhecimentos para a pesquisa de mestrado em andamento (RODRIGUEZ; NAVARRO, 2004).

A palavra-chave considerada como o tema central do estudo foi Additive Manufacturing combinada aos termos Product Design, Ergonomics, Process Design, Design, Quality, Circular economy, Recycling e Open Sources. A base de dados selecionada para a consulta foi a plataforma do periódico CAPES devido ao acesso gratuito fornecido pelos computadores da Universidade Federal de Pernambuco.

Aos resultados foram agregados filtros quanto ao tipo de documento - artigos e quanto a antiguidade - máximo 02 (dois) anos.

Como resultado foram achados 131 artigos provenientes das seguintes fontes de pesquisa: Taylor and Francis, Springer Link, Science Direct (Elsevier), DOAJ, ASME, Emerald Insight e EBSCO, e publicados nos seguintes periódicos: International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Journal Of Cleaner Production, Journal Of Engineering Design, Journal Of Operations Management, Procedia Cirp, Robotics And Computer-Integrated Manufacturing, International Journal on Interactive Design and Manufacturing, PLoS One, JOM - The Journal of the Minerals, Metals and Materials Society e Sustainability (Switzerland).

Tais artigos são de interesse das áreas de Engenharia, Manufatura Aditiva, Impressão 3D, Additive Fertigung, Propriedades mecânicas, Impressão tridimensional, Engenharia mecânica, Manufatura, Prototipagem rápida, Negócios, Otimização, CAD, Design, FDM, Desenvolvimento de produto, Topology optimization e Indústria 4.0.

4. Revisão Sistemática da Literatura

Os critérios para classificação foram de acordo com o tipo de tecnologia: MA (geral) e FDM (específico) e a relevância foi definida em função do quanto o artigo poderia aportar em conhecimento para a pesquisa de mestrado em andamento, como explicitado no Quadro 1.

Relevância alta	Trabalhos referentes ao design distribuído e a aplicação da manufatura aditiva como método de fabricação dentro dos fablabs. e a relação com o controle de qualidade do produto.
Relevância moderada	Trabalhos referentes a práticas e estudo de caso sobre qualidade de produto com o método de produção da fabricação aditiva
Relevância baixa	Trabalhos específicos de produtos usando a impressão 3d como método de fabricação.

Quadro 1: Explicação de relevância. Fonte: elaborado pelos autores.

Um total de 131 artigos foram analisados apenas com a leitura do resumo, e a partir dessa triagem, foram selecionados 13 artigos para uma leitura aprofundada, como ilustrado no Quadro 2.

Palavra Chave	Palavra Chave	Resultado	Artigos selecionados
Aditive Manufacturing	Product Design	5	1
	Ergonomics	0	0
	Process Design	6	4
	Design	85	4
	Quality	17	2
	Circular Economy	2	1
	Recycling	3	1
	Open source	3	0
			131

Quadro 2: Palavras Chaves. Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, os 13 artigos considerados como relevantes foram categorizados por região geográfica, ano de publicação e se faziam ou não uso de métodos de design para manufatura aditiva (DFAM), como distribuído no Quadro 3.

	Título	Local	Ano	DFAM
1	A framework for mapping design for additive manufacturing knowledge for industrial and product design	Cambridge, UK	2018	SIM
2	Integrated product-process design: Material and manufacturing process selection for additive manufacturing using multi-criteria decision making	Tehran, Iran	2018	NÃO
3	Toward integrated design of additive manufacturing through a process development model and multi-objective optimization	Troyes, France	2018	SIM
4	An additive manufacturing oriented design approach to mechanical assemblies	Bourgogne, França	2018	SIM
5	A Study of Design Fixation Related to Additive Manufacturing	Iowa, USA	2018	SIM
6	Design for additive manufacturing: Benefits, trends and challenges	Sarajevo, Bosnia	2018	SIM
7	A geometric reasoning approach for additive manufacturing print quality assessment and automated model correction	Buffalo, USA	2018	NÃO
8	A review on quality control in additive manufacturing	Texas, USA	2018	NÃO

9	Additive Manufacturing of Syntactic Foams: Part 1: Development, Properties, and Recycling Potential of Filaments	New York, USA / Surathkal, India/ Clausthal-Zellerfeld, Germany	2018	NÃO
10	Design for additive manufacturing (DfAM) methodologies: a proposal to foster the design of microwave waveguide components	Gennevilliers, France / Paris, France / Metz, France / Cholet, France	2019	SIM
11	Exploring the potential of additive manufacturing for product design in a circular economy	Delft, Netherlands	2019	NÃO
12	Impacts of the settings in a design for additive manufacturing process based on topological optimization	Springer-Verlag, France	2019	NÃO
13	Process and resource selection methodology in design for additive manufacturing	Springer-Verlag London	2019	SIM

Quadro 3: Artigos selecionados e categorizados por localização geográfica, ano de publicação e aplicação ou não de método de Design para Manufatura Aditiva (DFAM). Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao final, os artigos selecionados foram classificados em três níveis de relevância: alta; média e baixa, vide Quadro 4. Um total de 8 artigos foram considerados de alta e moderada relevância para a presente pesquisa, pois apresentaram a aplicação do método “*Design for Additive Manufacturing*” - DFAM como alternativa para promover a melhoria na percepção da qualidade dos produtos, bem como reduzir o desperdício de materiais em laboratórios abertos.

Relevância alta	Relevância moderada	Relevância baixa
Toward integrated design of additive manufacturing through a process development model and multi-objective optimization	Integrated product-process design: Material and manufacturing process selection for additive manufacturing using multi-criteria decision making.	A review on quality control in additive manufacturing.
Autor: Elnaz Asadollahi-Yazdi At al.	Autor: Uzair Khaleeq uz Zamana, Mickael Rivette, Ali Siadat, Seyed Meysam Mousavi.	Autor: Hoejin Kim, Yirong Lin, Tzu-Liang Bill Tseng
Process and resource selection methodology in design for additive manufacturing.	A Study of Design Fixation Related to Additive Manufacturing	Impacts of the settings in a design for additive manufacturing process based on topological optimization.
Autor: Shervin Kadkhoda-Ahmadi, Alaa Hassan, Elnaz Asadollahi-Yazdi	Autor: Esraa S. Abdelall , Matthew C. Frank , Richard T. Stone	Autor: Elodie Morretton, Frédéric Vignat, Franck Pourroy, Philippe Marin
An additive manufacturing oriented design approach to mechanical assemblies	Design for additive manufacturing: Benefits, trends and challenges.	A geometric reasoning approach for additive manufacturing print quality assessment and automated model correction
Autor: Germain Sossou, Frédéric Demoly, Ghislain Montavon, Samuel Gomes	Autor: Benjamin Durakovic	Autor: Prakhar Jaiswal
Design for additive manufacturing (DfAM) methodologies: a proposal to foster the design of microwave waveguide components.	A framework for mapping design for additive manufacturing knowledge for industrial and product design.	Exploring the potential of additive manufacturing for product design in a circular economy
Autor: François, Mathieu ; Segonds, Frédéric ; Rivette, Mickaël ; Turpault, Simon ; Peyre, Patrice	Autor: Pradel, Patrick Zhu, Zicheng Bibb, Richard Moultrie, James	Autor: Marita Sauerwein , Eugeni Doubrovski, Ruud Balkenende, Conny Bakker
		Additive Manufacturing of Syntactic Foams: Part 1: Development, Properties, and Recycling Potential of Filaments.
		Autor: Ashish Kumar Singh, Balu Patil, Niklas Hoffmann, Brooks Saltonstall, Mrityunjay Doddamani, Nikhil Gupta
4	4	5

Quadro 4: Artigos agrupados segundo a relevância. Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Considerações sobre o uso do DFAM em laboratórios de fabricação digital

Segundo Elnaz et al (2018) o processo de design e fabricação da MA difere bastante dos processos clássicos, sendo mais complexo que o modelo CAD. Ao contrário da promessa inicial feita por alguns pesquisadores, os designers não são livres para projetar os produtos com qualquer geometria, pois são muitas as análises e investigações que devem ser consideradas no design de produtos para os processos de MA.

Se por um lado a MA oferece ao projetista um vasto campo de possibilidades para pensar de forma criativa, fazendo o possível para que a geometria possa ser fisicamente fabricada, por outro lado essa nova habilidade pode, a longo prazo, prejudicar o designer no processo de criação de peças fabricadas convencionalmente. Contudo, a maneira de projetar para a fabricação digital sugere aos designers a criação de artefatos mais novos e de fabricação mais complexa em comparação aos métodos de fabricação tradicionais (ESRAA, 2018).

Existem diversos métodos de projeto para a fabricação aditiva na literatura, porém, o mais promissor é aquele que adota uma abordagem funcional da superfície projetada de baixo para cima. Assim, os artigos que apresentaram o conceito de “*Design for Additive Manufacturing*” - DFAM como método de trabalho foram os mais relevantes encontrados na revisão bibliográfica para a pesquisa de mestrado em andamento.

Segundo Durakovic (2018), para que os designers se beneficiem da MA, na prática, é preciso aprender a pensar "fora da caixa", uma vez que o conhecimento, o método, as ferramentas e as regras de design são diferentes para o DFAM, especialmente nos casos de projetos de soluções industriais robustas. O DFAM consiste em uma metodologia para criar os arquivos a serem impressos em impressoras 3D com o objetivo de alcançar sua máxima eficiência. Assim, é fundamental que o desenvolvedor do produto verifique sistematicamente as etapas do processo de fabricação aditiva para prever possíveis falhas.

Para atuar com o DFAM é essencial a escolha adequada dos processos de produção, pois a abordagem de projeto na manufatura aditiva é orientada ao design de conjuntos, ou seja, à fabricação parcial ou total do artefato de maneira aditiva. É importante definir quais serão os componentes produzidos através de manufatura aditiva ou através de outros métodos de fabricação (SOSSOU, 2018).

Segundo Kadkhoda-Ahmadi (2019) o DFAM auxilia o designer a avaliar o produto fabricado em MA, desde o momento de selecionar o material até o de elencar os processos de fabricação mais adequados, através de critérios como tempo de fabricação, custo e precisão. Todavia, a complexidade do DFAM reside na interdependência das regras de software, hardware e materiais, sendo essencial integrar todo esse conhecimento para dar suporte às escolhas (MATHIEU, 2018).

No DFAM a solução de projeto deve considerar a avaliação de fabricação em três níveis: a verificação, a quantificação e a otimização. A verificação da capacidade de fabricação é apresentada pelas regras de projeto da MA, mas o estudo sobre a quantificação e otimização da capacidade de fabricação é uma área em potencial que deve ser aperfeiçoada (ELNAZ et al, 2018).

Por fim, Pradel et al. (2018) declara que o conhecimento atual sobre o DFAM está fragmentado, sendo difícil acessá-lo pela inconsistência no vocabulário e na apresentação do método. Contudo, é unânime a percepção entre os autores da necessidade de pensar o produto como um sistema composto por componentes e que não há metodologia aplicada para os processos de design para operação de impressoras 3D em laboratórios abertos.

6. Conclusões

Com base na revisão bibliográfica realizada percebe-se o crescente interesse acerca da percepção da qualidade dos produtos de Manufatura Aditiva por tecnologia FDM.

Alguns artigos apontaram para a aplicação do método DFAM como alternativa de aumentar a qualidade dos produtos e diminuir a quantidade de erros das peças impressas em 3D. Dentre os problemas mais comuns durante o processo de impressão 3D destacam-se as falhas de uso de softwares, erros na formatação de produtos e as falhas de uso de hardwares, principalmente na calibração das máquinas. Estes dados suscitam pesquisas que relacionem os fatores humanos (designers e operadores de máquinas) com a baixa qualidade do produto e o desperdício de materiais.

O DFAM abarca um grande escopo dentro da manufatura aditiva, pois na pesquisa foram encontradas distintas áreas de atuação (17), mantendo os níveis de otimização, verificação e quantificação em cada uma delas, além de tal método demonstrar ser suficientemente flexível para atender seus desafios específicos.

Dos 8 artigos que tratam do DFAM, 6 são oriundos de centros europeus de pesquisas. Dentre estes, 3 artigos são estudos de caso referentes a artefatos fabricados em laboratórios com acesso restrito e 1 utiliza o DFAM como método de design para manufatura aditiva, comparando os modos de fazer entre os designers não-especialistas e especialistas no DFAM.

Existem 2 artigos que apresentam uma revisão sistemática da literatura sobre o DFAM e outro que propõe, através de um estudo de caso, um sistema de avaliação de múltiplos critérios (MCES) para resolver problemas, avaliando a capacidade de fabricação do produto.

Por fim, chama-se a atenção para o fato de não ter sido encontrado nenhum artigo que tratasse do Design Distribuído aplicando o método DFAM, nem o uso do referido método em laboratórios de fabricação digital abertos.

Referências Bibliográficas

ABDELALL, E. S; FRANK, M.; STONE, C. "A Study of Design Fixation Related to Additive Manufacturing." ASME. J. Mech. 2018.

BULL, G; MARKS, G ANEAR, A; et al. "Educational implications of the Digital Fabrication Revolution. In: Journal of Research on Technology in Education", 2010. v.42, n.4, pp. 331-338.

COSTA, C. Novas práticas e competências para o design pós-industrial. 13º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Univille, Joinville 2018

DURAKOVIC, B. Design for Additive Manufacturing: Benefits, Trends and Challenges Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 2018, Vol.6, No.2, pp. 179-191.

DISTRIBUTED DESIGN MARKET PLATAFORM. Distributeddesign.eu, 2018. Disponível em: <<https://distributeddesign.eu/about/>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2020.

ELNAZ, A. et al. Toward integrated design of additive manufacturing through a process development model and multi-objective optimization. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 96:4145–4164. 2018.

FLUSSER, V. O Mundo Codificado: Por uma filosofia do design e da comunicação. São Paulo: Ubu, 2019.

FINK, A. Conducting Research Literature Reviews: From Paper to the Internet. Thousand Oaks, CA: Sage, 2005.

GRIESER, F, 16 Common 3D Printing Problems and Solutions j All3DP. All3DP. <https://all3dp.com/common-3d-printing-problems-and-theirsolutions/>. Acesso 01 Dez 2019.

KADKHODA-AHMADI, S; HASSAN, A; ASADOLLAHI-YAZDI, E. Process and resource selection methodology in design for additive manufacturing. Int J Adv Manuf Technol, 2019.

MATHIEU, F. et al. Design for additive manufacturing (DfAM) methodologies: a proposal to foster the design of microwave waveguide components. Virtual and Physical Prototyping. 2018.

PRADEL, P. et al. A framework for mapping design for additive manufacturing knowledge for industrial and product design JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN, VOL. 29, NO. 6, 291–326. 2018.

PRADEL, P; ZHU, Z; BIBB, R; MOULTRIE, J. Investigation of design for additive manufacturing in professional design practice. Journal of Engineering Design. 2018.

ROMEIRO, E; NAVEIRO, R. M; MIGUEL, P. C; et al. Projeto do Produto. 1ª ed. São Paulo: Elsevier Editora Ltda., v.1. 357p., 2010.

SOSSOU, G; et al. Additive manufacturing oriented design approach to mechanical assemblies. Journal of Computational Design and Engineering. Vol. 5, Issue 1, January Pages 3-18, 2018.

SONG, R; TELENKO C. Material and energy loss due to human and machine error in commercial FDM printers. Journal of Cleaner Production 148, 2017.

SONG, R; TELENKO C. Material waste of commercial FDM printers under realistic conditions. Solid Freeform Fabrication 2016: Proceedings of the 26th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference. 2016.