



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE DESIGN  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

MARCO FERNANDES BUHAGIAR

**TECENDO CAMADAS:**  
**um estudo sobre o uso doméstico da impressão 3D**

Recife  
2022

MARCO FERNANDES BUHAGIAR

**TECENDO CAMADAS:  
um estudo sobre o uso doméstico da impressão 3D**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Design.

Área de concentração: Planejamento e Contextualização de Artefatos.

Orientador: Prof. Dr. Walter Franklin Marques Correia.

Recife  
2022

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Mariana de Souza Alves – CRB-4/2105

B931t Buhagiar, Marco Fernandes  
Tecendo camadas: um estudo sobre o uso doméstico da impressão 3D/ Marco Fernandes Buhagiar. – Recife, 2022.  
184f.: il., fig.

Sob orientação de Walter Franklin Marques Correia.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Design, 2022.

Inclui referências e apêndices.

1. Planejamento e Contextualização de Artefatos. 2. Manufatura aditiva. 3. Impressão 3D. 4. Design. 5. Fabricação digital. 6. Produção de artefatos. 7. Usuário doméstico I. Correia, Walter Franklin Marques (Orientação). II. Título.

745.2 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2022-73)

MARCO FERNANDES BUHAGIAR

**TECENDO CAMADAS:  
um estudo sobre o uso doméstico da impressão 3D**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Design.

Aprovado em: 06/04/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Walter Franklin Marques Correia (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Leonardo Augusto Gómez Castillo (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Letícia Teixeira Mendes (Examinadora Externa)  
Universidade Federal de Pernambuco

*Dedico este trabalho a Auta Laurentino e Mariana Buhagiar,  
pelo acompanhamento, dedicação e apoio nessa caminhada.*

## **AGRADECIMENTOS**

Concluída mais uma importante etapa de minha vida pessoal e profissional, aproveito para agradecer a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste árduo trabalho.

Inicialmente, agradeço com todo carinho a Auta e Mariana, companheiras da minha vida, pelo estímulo, paciência, cuidado e ajuda. Vocês foram fundamentais para o alcance desse resultado. Essa é mais uma conquista nossa!

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Design - PPG-Design - da Universidade Federal de Pernambuco, pela oportunidade concedida de realizar os estudos nessa instituição.

Ao meu orientador, Walter Franklin Marques Correia, por sua receptividade e pela confiança em mim depositada, no transcorrer desta jornada.

À minha banca examinadora, constituída pelos professores Leonardo Augusto Gómez Castillo e Letícia Teixeira Mendes, que trouxeram importantes contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa. Tê-los como avaliadores foi uma honra!

Aos professores do PPG-Design, pelos ensinamentos trazidos nestes anos de muito estudo. Em especial, agradeço aos professores Hans da Nobrega Waechter, Kátia Medeiros de Araújo, Virgínia Pereira Cavalcanti e Guilherme Ranoya Seixas Lins, pelos conteúdos e descobertas vivenciados durante o curso, relevantes para o meu desenvolvimento enquanto pesquisador e para a formação deste trabalho.

Aos professores do Grupo de Experimentação em Artefatos 3D - GREA3D, da Licenciatura em Expressão Gráfica da UFPE, pelos esclarecimentos e apoio.

Aos colaboradores do PPG-Design, por todo o apoio e atenção prestados; em especial, agradeço a Marcelo Arcoverde, pela disponibilidade e ajuda.

Aos meus colegas de curso, pelas experiências, dicas e discussões, mesmo nas disciplinas realizadas em formato remoto, por conta do distanciamento social, decorrente da pandemia da Covid-19.

Aos entrevistados dessa pesquisa que, anonimamente, dispuseram de tempo para responder as perguntas e fornecer os seus relatos e depoimentos, informações imprescindíveis para a realização do nosso estudo.

Aos meus familiares e amigos, pela torcida, incentivo e pela compreensão nos momentos em que não pude estar presente.

A todos, mais uma vez, o meu muito obrigado!

## RESUMO

Nesta pesquisa, tratamos sobre a utilização da manufatura aditiva, conhecida popularmente como impressão 3D, por usuários domésticos. Buscamos identificar como esses usuários vêm acessando, assimilando e utilizando aquela tecnologia, as características e as implicações decorrentes desse uso e, nesse contexto, apontar aspectos críticos, passíveis de melhoria através da atuação do designer. Para isso, realizamos consultas diretas com usuários e vivenciamos a experiência de uso da impressão 3D, no ambiente doméstico. Abordamos especificamente a tecnologia de manufatura aditiva de Modelagem por Fusão e Deposição, também conhecida como impressão 3D de filamento, por ser a mais utilizada nos equipamentos destinados ao público-alvo deste trabalho. Propomos este estudo por contemplar um tema que se encontra em evidência no momento atual, frente às transformações vivenciadas pela sociedade. Recursos como inteligência artificial, internet das coisas, ferramentas de colaboração e de compartilhamento estão cada vez mais integrados às rotinas das pessoas. As tecnologias de manufatura aditiva extrapolaram os limites da indústria e, gradativamente, estão chegando ao alcance do consumidor final. Laboratórios e espaços maker se multiplicam pelo mundo, as vendas de impressoras 3D crescem ano após ano e o ensino maker vem sendo adotado nas escolas, para estímulo ao empreendedorismo, à criatividade e à inovação. Entendemos que este é um tema pertinente para a área do design, que pode contribuir pesquisando e desenvolvendo soluções para melhoria desse uso no ambiente doméstico, e também em outras aplicações, como na área da educação. Para a realização deste estudo, definimos desenvolver uma pesquisa exploratória, de abordagem qualitativa, dividida em três etapas principais: levantamento bibliográfico, para acesso ao universo teórico referente aos temas do objeto de estudo; pesquisa direta junto aos usuários, para levantamento de informações; além da análise dos dados obtidos na pesquisa e elaboração das conclusões, com base nas teorias estudadas. No levantamento bibliográfico, estudamos os temas da evolução histórica do fazer industrial e do desenvolvimento tecnológico, para contextualização e melhor compreensão sobre o momento que vivenciamos; da aplicação do ensino maker nas escolas de ensino fundamental e médio, na perspectiva da realidade brasileira, discutindo assuntos como cibercultura, movimentos *maker* e *faça você mesmo*, diferenças sociais e oportunidades de acesso e, por fim; da manufatura aditiva, através da perspectiva do usuário doméstico, trazendo os conceitos, princípios, normas vigentes, processos de fabricação e análise das principais etapas. Para a realização da pesquisa com os usuários, escolhemos como técnica de coleta de dados a aplicação de questionário eletrônico. Dentre os resultados obtidos, apresentamos o perfil dos participantes da pesquisa, as experiências em relação à aprendizagem e ao uso da impressão 3D, formas de acesso às tecnologias, objetos confeccionados, problemas enfrentados e soluções adotadas, nas diferentes etapas dessa utilização. Da análise desses dados, constatamos que o segmento da impressão 3D para os usuários domésticos é um campo aberto para a atuação do designer, que pode desenvolver soluções para facilitar a interação entre usuário e produto, tanto na montagem e manutenção dos equipamentos, como na interface dos aplicativos e de materiais informativos, que podem auxiliar o usuário na realização das suas atividades.

**Palavras-chave:** manufatura aditiva; impressão 3D; design; fabricação digital; produção de artefatos; usuário doméstico.

## ABSTRACT

In this research, we deal with the use of additive manufacturing, popularly known as 3D printing, by home users. We seek to identify how these users have been accessing, assimilating and using that technology, the characteristics and implications arising from this use and, in this context, pointing out critical aspects, subject to improvement through the designer's performance. For this, we promoted direct consultations with users and experimented the use of 3D printing in the domestic environment. We specifically address the additive manufacturing technology of Fusion and Deposition Modeling, also known as 3D filament printing, as it is the most used in the equipment intended for the target audience of this work. We propose this study because it contemplates a theme that is in evidence at the current moment, in the face of the transformations experienced by society. Resources such as artificial intelligence, internet of things, collaboration and sharing tools are increasingly integrated into people's routines. Additive manufacturing technologies have extrapolated the limits of the industry and are gradually reaching the final consumer. Laboratories and maker spaces are multiplying around the world, sales of 3D printers grow year after year and maker teaching has been adopted in schools to stimulate entrepreneurship, creativity and innovation. We understand that this is a relevant topic for the area of design, which can contribute by researching and developing solutions to improve this use in the domestic environment, and also in other applications, such as in the area of education. To conduct this study, we set to develop an exploratory research, with a qualitative approach, divided into three main stages: bibliographic survey, for access to the theoretical universe referring to the themes of the object of study; direct research with users to collect information; in addition to analyzing the data obtained in the research and drafting conclusions, based on the theories studied. In the bibliographic survey, we studied the themes of the historical evolution of industrial work and technological development, for contextualization and better understanding of the moment we are experiencing; the application of maker education in elementary and high schools, from the perspective of the Brazilian reality, discussing issues such as cyberculture, maker and do-it-yourself movements, social differences and access opportunities and, finally; of additive manufacturing, through the perspective of the domestic user, bringing the concepts, principles, current standards, manufacturing processes and analysis of the main steps. To carry out the survey with users, we chose the application of an electronic questionnaire as a data collection technique. Among the results obtained, we present the profile of the research participants, the experiences in relation to learning and the use of 3D printing, ways of accessing technologies, objects confectioned, problems faced and solutions adopted, in the different stages of this use. From the analysis of these data, we noticed that the 3D printing segment for home users is an open field for the designer, who can develop solutions to facilitate the interaction between user and product, both in the assembly and maintenance of the equipment, and in the interface of the applications and informational materials, which can assist the user in executing their activities.

**Keywords:** additive manufacturing; 3D printing; design; digital fabrication; production of artifacts; home user.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 -	FabLabs pelo mundo, de 2012 a 2022 .....	17
Gráfico 2 -	FabLabs no Brasil, de 2014 a 2022 .....	18
Figura 1 -	Distribuição de FabLabs pelo mundo .....	18
Gráfico 3 -	Vendas mundiais de impressoras 3D desktop, em milhares .....	19
Quadro 1 -	Artigos pesquisados .....	23
Quadro 2 -	Teses e dissertações pesquisadas .....	28
Gráfico 4 -	Ciclo da vida do produto de modo circular .....	32
Gráfico 5 -	Ciclo da vida do produto de modo linear .....	32
Quadro 3 -	Linha do tempo referente às revoluções tecnológicas .....	46
Figura 2 -	Modelagem em 3D da peça, em programa CAD .....	62
Figura 3 -	Etapas gerais do processo de manufatura aditiva .....	63
Quadro 4 -	Classificação das principais tecnologias de manufatura aditiva ..	66
Figura 4 -	Superfície topográfica gerada com uso do software Surfer .....	69
Figura 5 -	Imagem gráfica da planta da superfície com as suas cotas .....	70
Figura 6 -	Construção das curvas de nível no processo da triangulação ....	71
Figura 7 -	Representação das curvas de nível e do perfil da superfície .....	72
Gráfico 6 -	Etapas gerais da manufatura aditiva .....	73
Figura 8 -	Princípio de funcionamento de um equipamento FDM .....	74
Figura 9 -	Equipamento FDM da Stratasys .....	75
Figura 10 -	Equipamento para uso doméstico .....	75
Fluxograma 1 -	Etapas de utilização de impressora 3D para usuário doméstico .	86
Figura 11 -	Impressoras modelos Ender-3, Ender-3 Pro e Ender-3 V2 (modelo escolhido) .....	89
Figura 12 -	Disposição das peças que compõem o kit, em duas camadas, na embalagem, e visualização das peças, após a retirada da embalagem .....	90
Figura 13 -	Manual de instruções e vídeo de montagem, disponibilizados com o produto .....	91

Figura 14 -	Montagem dos perfis laterais, detalhe da instalação dos calços para nivelamento dos perfis e detalhe da instalação do motor de movimentação no eixo Z .....	92
Figura 15 -	Divergência de informações entre o manual impresso (a) e o vídeo (b), quanto ao alinhamento do sensor de parada de movimentação no eixo Z .....	93
Figura 16 -	Montagem do trilho de movimentação no eixo X .....	94
Figura 17 -	Conjunto montado, com carrinho de movimentação no eixo X e fechamento superior .....	95
Figura 18 -	Conexões dos terminais elétricos .....	96
Figura 19 -	Primeira impressão efetuada, logo após o término da montagem .....	98
Figura 20 -	Segunda impressão efetuada .....	99
Figura 21 -	Algumas peças produzidas com o uso da impressora adquirida	102
Fluxograma 2 -	Operacionalização do modelo final do questionário .....	107
Gráfico 7 -	Faixa etária dos entrevistados .....	108
Gráfico 8 -	Nível de escolaridade dos entrevistados .....	108
Gráfico 9 -	Tempo de experiência no uso da impressão 3D .....	109
Gráfico 10 -	Com que finalidade utilizam a impressão 3D .....	110
Gráfico 11 -	Recebimento e opção de montagem da impressora 3D .....	111
Gráfico 12 -	Fontes de informação consultadas para a montagem da impressora 3D .....	113
Gráfico 13 -	Objetos que costumam imprimir .....	114
Gráfico 14 -	Origem dos arquivos que imprimem .....	115
Gráfico 15 -	Alterações realizadas nos arquivos que imprimiram .....	116
Gráfico 16 -	Principais ajustes realizados com o programa de fatiamento .....	117
Gráfico 17 -	Dificuldades encontradas no uso do programa de fatiamento .....	118
Gráfico 18 -	Percentual de impressões concluídas com sucesso .....	119
Gráfico 19 -	Problemas com que se depararam durante a impressão .....	119
Quadro 5 -	Atribuição de pesos, por alternativa .....	125
Quadro 6 -	Cálculo da pontuação, por índices .....	126

## LISTA DE SIGLAS

3D	Tridimensional
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> - Acrilonitrila Butadieno Estireno
AM	<i>Additive Manufacturing</i> - Manufatura Aditiva
BR	Brasil
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DIY	<i>Do It Yourself</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i> - Modelagem por Fusão e Deposição
FVM	Faça Você Mesmo
GREA3D	Grupo de Experimentação em Artefatos 3D
HIPS	<i>High Impact Polystyrene</i> - Poliestireno de Alto Impacto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K-7	<i>Cassette</i> - Cassete
LACA <sup>2</sup> I	Laboratório de Concepção e Análise de Artefatos Inteligentes
LDM	<i>Liquid Deposition Modeling</i>
MSLA	<i>Masked Stereolithography</i>
OCDE	Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PEA	População Economicamente Ativa
PETG	<i>Polyethylene Terephthalate Glycol</i> - Polietileno Tereftalato Glicol
PLA	<i>PolyLactic Acid</i> – Ácido Poliláctico
PP	Polipropileno
PRONTO 3D	Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D
STL	<i>Standard Triangle Language</i> - <i>Standard Tessellation Language</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TV	Televisão, Televisor
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
USB	<i>Universal Serial Bus</i> - Porta Universal
VHS	<i>Vídeo Home System</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	Justificativa	16
1.2	Objeto de estudo	20
1.3	Objetivos	21
1.3.1	Objetivo geral	21
1.3.2	Objetivos específicos	21
1.4	Metodologia da pesquisa	22
1.5	Levantamento de artigos, teses e dissertações sobre o tema de pesquisa	23
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>30</b>
2.1	Revoluções industriais e processo de evolução tecnológica	34
2.1.1	Revolução industrial: conceito e introdução	35
2.1.2	Primórdios da revolução tecnológica	37
2.1.3	Expansão e desdobramentos da revolução tecnológica	42
2.1.4	Conclusões da seção	49
2.2	Fabricação digital, ensino maker e desafios da educação	51
2.2.1	Cultura maker, cibercultura, diferenças e oportunidades	52
2.2.2	Ensino maker e apontamentos sobre a realidade brasileira	56
2.2.3	Conclusões da seção	61
2.3	Manufatura aditiva no ambiente doméstico	62
2.3.1	Introdução à manufatura aditiva	62
2.3.2	Etapas da manufatura aditiva	67
2.3.2.1	<i>Linguagem da malha triangular</i>	68
2.3.3	Manufatura aditiva por extrusão de material	73
2.3.4	Impressão 3D para usuários domésticos	76
2.3.5	Conclusões da seção	87
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA</b>	<b>88</b>
3.1	Experiência vivenciada pelo autor no uso da tecnologia	89
3.1.1	Recebimento e montagem da impressora	90
3.1.2	Impressão das primeiras peças	98
3.1.3	Etapas seguintes e desdobramentos	100

3.1.4	Comentários e considerações finais sobre a atividade .....	103
<b>3.2</b>	<b>Aplicação de questionário: coleta de dados e resultados .....</b>	<b>104</b>
3.2.1	Desenvolvimento e aplicação de questionário .....	105
3.2.2	Apresentação dos dados obtidos .....	108
3.2.3	Considerações sobre os resultados obtidos .....	120
<b>3.3</b>	<b>Conclusão do capítulo .....</b>	<b>133</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>136</b>
4.1	Considerações iniciais .....	136
4.2	Principais dificuldades .....	144
4.3	Recomendações para trabalhos futuros .....	145
4.4	Considerações finais .....	146
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>149</b>
	<b>APÊNDICE A - MODELO PRELIMINAR DO QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>154</b>
	<b>APÊNDICE B - SEGUNDA VERSÃO DO QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>162</b>
	<b>APÊNDICE C - VERSÃO FINAL DO QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>174</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de objetos, edificações e meios de locomoção, pela humanidade, é um tema estudado em várias perspectivas, por distintas áreas, tais como a antropologia, a administração, a engenharia, a sociologia, a tecnologia, entre outras. Com todas as mudanças e transformações ocorridas nos processos de produção, é indispensável a renovação de questões e abordagens na área do design. Sabemos que o design é um dos grandes responsáveis pelo desenvolvimento e atualização de artefatos e serviços, desde o aparecimento das máquinas e primórdios das fábricas e indústrias. Nesse percurso, vivenciou três grandes revoluções, que promoveram variações em seus modelos produtivos (a começar pelo advento das máquinas promovendo o surgimento de indústrias e de transportes a vapor; sucedido pelo avanço nas indústrias química, elétrica, petrolífera, pela renovação de materiais e a cultura da produção em massa e, em seguida, a automação, as novas tecnologias intervindo por meio dos computadores e da tecnologia da informação), até se perceber diante da Quarta Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0, em que a internet, a inteligência artificial e as inovações tecnológicas estão cada vez mais presentes e atualizadas em nossos cotidianos.

Pelos registros históricos<sup>1</sup>, em todas as revoluções existentes, do século XVIII para cá, o entusiasmo com as inovações tecnológicas foi imperativo, junto com as mudanças econômicas e sociais. Tais alterações provocaram, ainda, discussões e transformações acerca do consumo, da produção em massa, dos métodos de produção e de distribuição, das transformações nos direitos humanos e regimes de trabalho, do mercado mundial, além de questionamentos relacionados à escassez de recursos naturais, meio-ambiente e sustentabilidade. Sem distinção, todos esses acontecimentos promoveram inquietações e adequações, tanto para os produtores e consumidores, quanto para a área do design.

---

<sup>1</sup> PEVSNER, Nikolaus. Os pioneiros do desenho moderno: de William Morris a Walter Gropius. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

PEVSNER, Nikolaus. Origens da Arquitetura Moderna e do Design. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

ARGAN, Giulio Carlo. A arte moderna na Europa: de Hogarth a Picasso. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

CARDOSO, Rafael. Uma introdução à história do design. São Paulo- Editora Blucher, 2008.

No entanto, presenciamos atualmente novos fenômenos, evidenciados e fortalecidos pelo compartilhamento de ideias, de informações, de espaços, além das facilidades de acesso às tecnologias, cada vez mais atualizado e oportuno, o que torna o cenário atual distinto de todos os outros, quando falamos sobre atividades e processos do fazer humano. Tecnologias de colaboração e de compartilhamento, em conjunto com os processos da manufatura aditiva, conhecida genericamente como impressão 3D, estão proporcionando novas possibilidades de abordagem para o desenvolvimento, a experimentação e a produção de artefatos. Projetos podem ser desenvolvidos colaborativamente, por pessoas das mais diversas partes do mundo, customizados e produzidos conforme as necessidades de um determinado grupo ou região. Podem ainda ser compartilhados em rede, acessados e reproduzidos onde quer que o usuário esteja.

Essas inovações já não estão mais restritas aos campos da indústria e da produção especializada. A contínua disseminação dessas tecnologias, resultado de ações como a divulgação de pesquisas, experiências práticas e informações sobre o como fazer, na mídia e na internet, a criação de espaços públicos maker, para aprendizagem e experimentação, a redução de preços e aumento da oferta de equipamentos e, mais recentemente, a introdução do ensino sobre o uso dessas tecnologias, como componente curricular nas escolas de ensino fundamental e médio, trouxe consigo o discurso de que qualquer pessoa, com o domínio das ferramentas adequadas, pode criar e produzir os seus próprios objetos.

Sobre essa possibilidade, Anderson (2012) chega a afirmar que as pessoas não dependem mais da indústria para verem concretizadas as suas ideias. Podem agora criar, produzir e compartilhar as suas invenções. Em sua fala, aponta para uma das principais características de um novo fazer industrial que, além de tecnologias e processos, possibilitou a inserção de novos agentes nesse cenário. Agora, qualquer pessoa, com auxílio dessas tecnologias, pode conceber e produzir objetos. Pode ainda compartilhar as suas ideias ou ter acesso a um projeto pronto, produzi-lo ou alterá-lo, conforme a sua necessidade.

Esse discurso vem despertando fascínio, curiosidade e interesse em diversos grupos, incluindo, nestes, o dos usuários domésticos ou amadores - pessoas que não estão necessariamente vinculadas aos meios tradicionais de produção mas que, diante da crescente oferta dessas tecnologias no mercado, e da disponibilidade de informações sobre como utilizá-las no dia-a-dia, aproximam-se cada vez mais

desses equipamentos, buscando a assimilação sobre essa nova forma de produzir e, possivelmente, a obtenção de algum retorno, financeiro, recreacional ou do saber, através da inserção dessas em seu cotidiano.

Esse público pode abranger indivíduos dos mais diversos segmentos, desde aqueles com formação em áreas de arte e criação (arquitetura, engenharia, design, etc), a pessoas com práticas em outras técnicas do fazer (marcenaria, modelagem), além de crianças e jovens que estão iniciando o convívio com essas tecnologias nas escolas, em laboratórios makers, sob o discurso da necessidade do aprendizado, ante o contexto da Indústria 4.0. A oferta de equipamentos voltados a esse público, como impressoras 3D (tridimensionais) compactas e aplicativos para *smartphones*, traz a possibilidade da produção de objetos personalizados, de onde estiverem.

A popularização das tecnologias de manufatura aditiva, de colaboração e de compartilhamento, traz consigo a expectativa quanto à criação de um ambiente favorável ao surgimento de novas ideias, de novas criações. Pessoas podem criar, produzir e compartilhar seus objetos personalizados: objetos de uso pessoal, suas respostas às demandas não atendidas pela indústria tradicional, experimentos criativos, objetos criados em conjunto, para resolução de um problema específico. Ainda, segundo Anderson (2012), da mesma forma como ocorreu com as redes sociais nas últimas décadas, em relação a uma maior disponibilidade e consumo de informação e de conteúdo amador na *web*, essas tecnologias possibilitam agora a criação e propagação de bens físicos, por pessoas comuns.

Essa cultura do fazer ordinário, tratada nas exposições do pensador Michel de Certeau (2009), imprime sentidos na fabricação de objetos pelo homem em seu cotidiano, o que ele chama de 'Arte de fazer'. Esse autor considera que todo o processo de produção das pessoas tem o desígnio de atender às suas necessidades, sejam elas físicas ou mentais. Para Certeau, os sujeitos criam e recriam seus artefatos, como também suas trajetórias, de maneira a beneficiar e dinamizar suas vidas cotidianas, fazendo dar sentidos e valores distintos em suas experiências diárias, a partir dos seus contextos sociais e econômicos.

É possível observar, ainda, que alguns objetos são criados a partir da alteração ou da personalização de outros já existentes. Bandoni (2016) traz ainda a discussão quanto à qualidade dos objetos criados. Segundo a autora, nem sempre esses objetos apresentam uma real utilidade. Além disso, ao criar um artefato, o usuário nem sempre está consciente dos diversos problemas que envolvem a

existência daquele objeto como, por exemplo, o uso adequado dos materiais, o ciclo de vida do produto, o correto descarte de materiais e do próprio produto, entre outros aspectos.

Em torno dessa discussão quanto à produção de artefatos, apresentamos uma pesquisa que trata diretamente sobre o uso das tecnologias de manufatura aditiva, especificamente a tecnologia de modelagem por fusão e deposição (FDM), também conhecida como impressão 3D de filamento, por usuários domésticos, para produção de objetos no uso cotidiano, no tempo atual. O estudo proposto será realizado através de pesquisa exploratória, de abordagem qualitativa, abrangendo três etapas principais: Na primeira etapa, será realizado levantamento bibliográfico, como estratégia de acesso ao universo teórico correspondente aos temas do objeto de estudo explorado, que irão fundamentar o desenvolvimento da pesquisa; Na segunda etapa, será realizada pesquisa direta junto aos usuários, através de entrevistas via formulários eletrônicos, para coleta de dados quanto à utilização das ferramentas de manufatura aditiva, na produção de objetos; Na terceira etapa, serão analisados, com base nas teorias estudadas, os dados obtidos na pesquisa, para identificação das formas de acesso à tecnologia, da utilização, e das implicações decorrentes desse uso, na atualidade.

## **1.1 Justificativa**

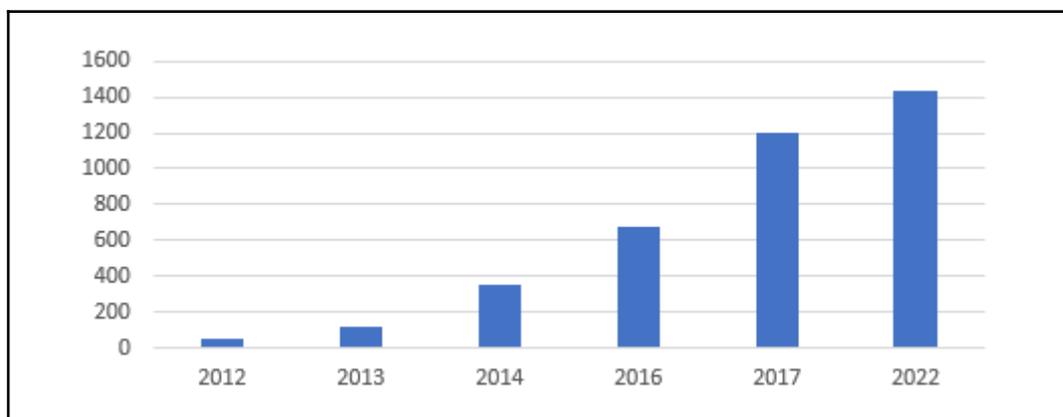
Propomos a realização desse estudo, por abordar um tema que se encontra em evidência no momento atual, frente à realidade da indústria 4.0, e sobre o qual o designer pode contribuir e aprender. O acesso às tecnologias de manufatura aditiva, aliado às ferramentas de colaboração da internet, ultrapassou os limites da indústria e vai chegando gradativamente ao alcance do público doméstico, não especializado. O aumento na oferta de equipamentos, e a redução dos preços no mercado, fazem com que mais pessoas comecem a ter contato com esses artefatos.

Há um discurso crescente quanto à necessidade de aprendizagem dessas tecnologias, aliado à ideia de que qualquer pessoa poderá produzir os seus objetos. Governos, em conjunto com universidades, laboratórios e instituições de pesquisa, estão firmando parcerias para inserção do ensino maker em cursos de ensino fundamental e médio, como ferramenta para o exercício da criatividade e estímulo à produção de ideias. Anderson (2012) destaca como exemplo a iniciativa realizada na

gestão Barack Obama, na presidência dos Estados Unidos (2009 a 2017), em que o ensino maker foi incluído no currículo de diversas escolas, para estímulo à inovação e ao empreendedorismo.

Em resposta a essa necessidade, laboratórios e espaços maker vêm sendo criados e estão se multiplicando por todo o planeta, ano após ano. Citamos como exemplo o crescimento dos laboratórios vinculados à rede FabLab<sup>2</sup>, nos últimos dez anos. Em 2012, havia 53 unidades em atividade pelo mundo. Esse número evoluiu para 120 unidades em 2013, 350 unidades em 2014 e 673 unidades em 2016, de acordo com as pesquisas de Anderson (2012), Eychenne e Neves (2013), Bastos (2014) e Pinto (2018). Em fevereiro de 2022, foram contabilizadas 1.213 unidades ativas e 219 em planejamento, em mais de 120 países, conforme dados disponíveis no site da rede FabLab, em <https://www.fablabs.io/labs><sup>3</sup>. Importante esclarecer que esse site fornece apenas os números atualizados, razão pela qual recorreremos à pesquisa bibliográfica para o levantamento de dados e a composição dessa série histórica. Os índices levantados estão detalhados no Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 - FabLabs pelo mundo, de 2012 a 2022



Fonte: O autor (2022).

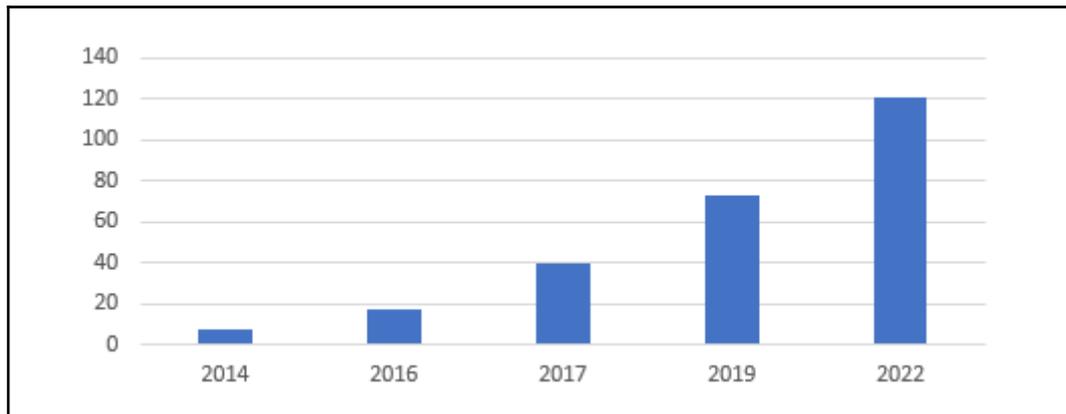
Esse crescimento é igualmente verificado no Brasil: em 2014, de acordo com Bastos (2014), havia dois laboratórios em atividade no país, e cinco estavam sendo planejados. Em 2017, conforme a pesquisa de Cunha (2019), havia 40 espaços em

<sup>2</sup> *Fabrication Laboratory* - Conceito criado pelo Center for Bits and Atoms (CBA), do Massachusetts Institute of Technology (MIT), e inaugurado em 2001. Tratam-se de espaços que dispõem de máquinas, equipamentos e ferramentas, que podem ser utilizados por qualquer pessoa (com conhecimento técnico ou não), para a materialização das suas ideias, além da troca de experiências, cooperação, compartilhamento e aprendizagem, através da colaboração em rede (EYCHENNE e NEVES, 2013).

<sup>3</sup> Acessado em 20/02/2022.

funcionamento e, em fevereiro de 2022, estão registrados 107 laboratórios ativos e 14 em planejamento, no território nacional, conforme os números apresentados no site da Rede FabLab, <https://www.fablabs.io/labs>. Os dados sobre esse crescimento estão demonstrados no Gráfico 2 a seguir.

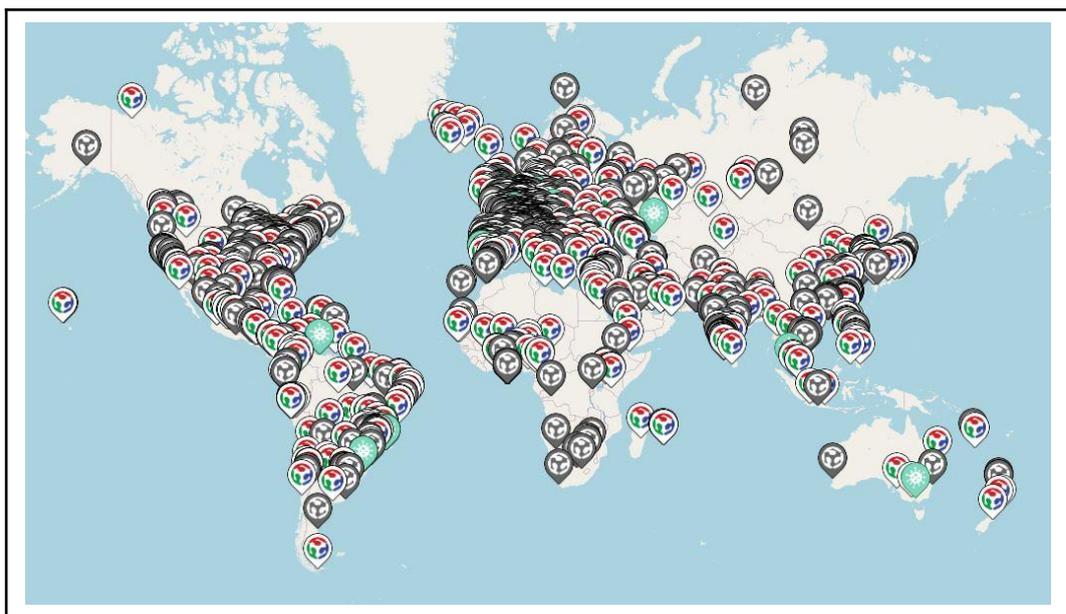
Gráfico 2 - FabLabs no Brasil, de 2014 a 2022



Fonte: O autor (2022).

Na Figura 1, podemos observar a atual distribuição dos FabLabs pelo mundo. Percebemos a disseminação desses espaços em todos os continentes, com uma maior oferta desse serviço nas regiões da América do Norte e da Europa.

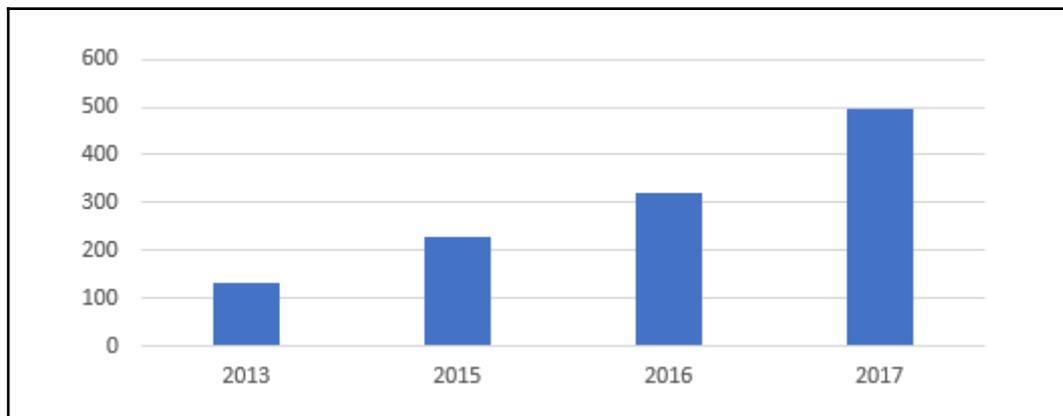
Figura 1 - Distribuição de FabLabs pelo mundo



Fonte: <https://www.fablabs.io/labs/map>.

Outro indicador importante, nesse cenário, diz respeito ao crescimento das vendas de impressoras 3D de baixo custo, voltadas para o público doméstico, não especializado, em todo o mundo. Em 2013, foram vendidas pouco mais de 130 mil impressoras, de acordo com o levantamento realizado por Schwab (2019). Em 2017, por sua vez, foram vendidas cerca de 500 mil impressoras, conforme as informações trazidas por Adams (2018). A evolução das vendas nesse período está representada no Gráfico 3 a seguir. Entre 2019 e 2021, mesmo em meio às adversidades da pandemia da Covid-19, a venda de impressoras 3D desktop, sobretudo as de baixo custo, vendidas na forma de kits semi-montados, permaneceu em uma tendência de crescimento, na média de 36% ao ano sendo que, em 2020, as vendas quase duplicaram em relação ao verificado em 2019, de acordo com os números trazidos por Everett (2022). Com base nesses índices de crescimento, há uma projeção da indústria de que, no ano de 2030, sejam vendidas em torno de 50 milhões dessas impressoras, no mundo.

Gráfico 3 - Vendas mundiais de impressoras 3D desktop, em milhares



Fonte: O autor (2022), com base em Schwab (2019) e Adams (2018).

Em termos de produção e mercado, há expectativas de que, num futuro próximo, consumidores poderão adquirir das empresas, efetuar download e imprimir localmente os seus objetos, alterando assim toda uma cadeia envolvida na aquisição de bens de consumo. Essa foi uma das tendências apontadas em pesquisa publicada pelo Fórum Econômico Mundial em 2015, sob o título Mudança Profunda - Pontos de Inflexão Tecnológicos e Impactos Sociais, apresentada por Schwab (2019) em sua obra. Segundo a pesquisa, que envolveu entrevistas com 800 executivos de diversos países, 81% dos participantes esperam que, até 2025, 5%

dos produtos oferecidos aos consumidores sejam produzidos através de impressão 3D remota. Sobre essa tendência, argumenta aquele autor que:

Já que a impressão em 3D pode ser feita por qualquer pessoa que tenha uma impressora 3D, isso cria oportunidades para que os produtos comuns de consumo sejam impressos localmente e a pedido do cliente, em vez de precisarem ser comprados em lojas. A impressora 3D acabará sendo um serviço ou até mesmo um eletrodoméstico. Isso reduz ainda mais o custo de acesso a bens de consumo e aumenta a disponibilidade de objetos impressos em 3D (SCHWAB, 2019, p.153).

Ainda nesse contexto, Wade, Garland e Underwood (2017) apontam para outra tendência verificada na indústria: o aumento da participação dos consumidores nos processos de criação de produtos, como consequência da crescente demanda pela personalização dos objetos. Segundo esses autores, a impressão 3D doméstica será mais um facilitador nesse processo, em que os usuários poderão imprimir os seus objetos; para isso, entretanto, algumas barreiras ainda precisam ser superadas como, por exemplo, a oferta de softwares de modelagem de interface mais amigável e adequada ao usuário doméstico, que permita ao mesmo realizar a criação de peças para impressão.

Nesse cenário, que apresenta novas expectativas em relação às formas do fazer e novas possibilidades de interação dos usuários com a produção e o consumo dos objetos, várias discussões começam a emergir, relacionadas a temas como: oportunidade de acesso às tecnologias, treinamento técnico para utilização dos equipamentos, utilidade dos objetos produzidos, aproveitamento de matérias-primas, descarte de refugos, resíduos e impactos ambientais, entre outros relacionados a esse novo modelo de produção, e sobre os quais entendemos ser pertinente a atuação do designer, na discussão e no desenvolvimento de soluções.

Com base nesse entendimento, apresentamos nossa proposta de pesquisa, que busca investigar como essas tecnologias estão sendo assimiladas e utilizadas pelos usuários domésticos, em seus cotidianos.

## **1.2 Objeto de estudo**

A pesquisa tem como objeto de estudo a utilização das ferramentas de manufatura aditiva por usuários domésticos, mais especificamente aquelas que

utilizam processo de modelagem por fusão e deposição (FDM), denominadas comercialmente por impressoras 3D de filamento.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

O objetivo geral da pesquisa é o de investigar a utilização das tecnologias de manufatura aditiva (AM), especificamente a tecnologia de modelagem por fusão e deposição (FDM), na confecção de artefatos por usuários domésticos, e as suas implicações no contexto das tecnologias digitais atuais, a fim de identificar possíveis oportunidades para a atuação do designer, nesta área.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

Para o alcance dos resultados pretendidos, o trabalho foi estruturado em etapas a serem percorridas, que compreendem os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar uma evolução histórica dos avanços tecnológicos e estudar os conceitos relacionados à manufatura aditiva e à indústria 4.0, apontando suas implicações no desenvolvimento de artefatos;
- Executar experimento prático de utilização da manufatura aditiva no ambiente doméstico, com a finalidade de identificar e compreender as etapas envolvidas e obter subsídios para o desenvolvimento da pesquisa direta com os usuários;
- Realizar pesquisa junto aos usuários, para coleta de dados quanto ao uso das tecnologias de manufatura aditiva, tendo como foco a impressão 3D; e
- Analisar, com base nas teorias estudadas, os dados obtidos na pesquisa, a fim de identificar quais são as formas de acesso a essas tecnologias, as relações de uso, os resultados dessa utilização, as suas implicações e as possíveis oportunidades para a atuação do designer, nessa área.

## 1.4 Metodologia da pesquisa

Para a realização deste trabalho, desenvolvemos uma pesquisa exploratória, de abordagem qualitativa. De tal modo, esta produção está organizada conforme classificação articulada pelo autor Severino (2016) em que traz a pesquisa exploratória como aquela que “busca apenas levantar informações sobre um determinado objeto, delimitando assim um campo de trabalho mapeando as condições de manifestação do objeto” (SEVERINO, 2016, p. 132). Este autor também esclarece o sentido da abordagem qualitativa como sendo “modo de dizer que faz referência mais a seus fundamentos epistemológicos do que propriamente a especificidades metodológicas.” (SEVERINO, 2016, p. 125). Dessa maneira, entendemos ser indispensável, na fase da análise da pesquisa, um tratamento dos achados numa perspectiva subjetiva, em que o pesquisador coloca suas considerações a partir dos fenômenos estudados, em seu contexto social, econômico e cultural. No entanto, essa abordagem qualitativa não impede a coleta de dados quantitativos para o incremento da pesquisa.

O estudo proposto foi realizado em três etapas principais: I) Na primeira etapa, realizamos a revisão bibliográfica, como estratégia de acesso ao universo teórico correspondente aos temas do objeto de estudo explorado: revoluções tecnológicas, indústria 4.0 e manufatura aditiva, que fundamentaram o desenvolvimento da pesquisa; II) Na segunda etapa, realizamos pesquisa direta junto aos usuários, para coleta de dados quanto ao uso das tecnologias de manufatura aditiva, utilizando como técnica a aplicação de questionário eletrônico, focado diretamente nos usuários da tecnologia em estudo; III) Na terceira etapa, analisamos, com base nas teorias estudadas, os dados obtidos na pesquisa, para identificação das implicações referentes ao uso dessa tecnologia por usuários domésticos, na atualidade.

Para condução desse estudo, utilizamos o método de abordagem abdução, que admite a possibilidade da existência de mais de uma solução para o problema em estudo, ou mais de uma resposta para as questões levantadas no problema. Essa escolha partiu da nossa expectativa, durante o desenvolvimento do estudo, de que, ao longo da pesquisa junto aos usuários, poderíamos nos deparar com diversas formas do fazer, mediante a utilização das ferramentas em estudo.

Como métodos de procedimento, utilizamos: o método comparativo, para realização de análises e comparações de informações levantadas nas diversas fases da pesquisa, em que buscamos pontos de semelhança ou divergências (LAKATOS, 2020, p. 109), o método monográfico, a partir de estudo de caso, por concentrar a observação, a coleta de dados e análise nos usuários domésticos, em relação ao uso das tecnologias de manufatura aditiva, de maneira que apresentasse informações representativas "de modo a ser apto a fundamentar uma generalização para situações análogas, autorizando inferências" (SEVERINO, 2016, p. 128), e o método estatístico, para análise quantitativa dos dados numéricos obtidos durante a realização da pesquisa junto aos usuários.

### 1.5 Levantamento de artigos, teses e dissertações sobre o tema de pesquisa

Com a finalidade de entender o que vem sendo discutido no âmbito acadêmico e científico, sobre o tema de pesquisa 'A utilização da manufatura aditiva em ambientes domésticos', procuramos a produção de teses, dissertações e artigos entre os anos de 2011 a 2021, em instituições nacionais e internacionais. Para a realização desta busca utilizamos três termos: 'prototipagem rápida', 'fabricação digital', 'impressão 3D'. Após este levantamento dos artigos e trabalhos em repositórios (portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, SciELO, google acadêmico), colocamos os dados encontrados em planilhas do Excel, a fim de identificar ideias analógicas e referentes a nossa discussão.

De maneira sintética, em relação aos artigos (Quadro 1), os achados para o termo 'prototipagem rápida' foram 47, para a expressão 'fabricação digital' encontramos 25 produções, enquanto que para 'impressão 3D' foram 66. Desses, 8 artigos se repetem na pesquisa com os termos adotados, totalizando 130 artigos pesquisados. (os artigos que se repetem estão sinalizados com letras, de "a" a "h").

Quadro 1 - Artigos pesquisados

TERMO DE PESQUISA	ANO	TÍTULO DA PUBLICAÇÃO
"prototipagem rápida"	2020	Desenvolvimento de um data logger para acompanhamento de variáveis de processo.
"prototipagem rápida"	2020	Métodos para fabricação de patch de antenas usando moldes impressos em 3D. (a)
"prototipagem rápida"	2020	Prototipação e validação multifásica de instrumento avaliativo para ensino de jovens e adultos.

"prototipagem rápida"	2020	A adoção de tecnologias digitais na reconstrução do Patrimônio: relato da experiência do Museu Nacional, Brasil. (b)
"prototipagem rápida"	2020	Plataforma de hardware de baixo custo para ensino de conceitos em Internet das Coisas.
"prototipagem rápida"	2020	A bibliometric study of graphic variables used on tactile maps.
"prototipagem rápida"	2020	Práticas educativas de cálculo um mapa teórico das pesquisas publicadas em anais de eventos de Educação Matemática.
"prototipagem rápida"	2019	The trends and challenges of fiber reinforced additive manufacturing.
"prototipagem rápida"	2019	Creando material educativo: innovación, Arduino y movimiento maker.
"prototipagem rápida"	2019	Impacto da Manufatura Aditiva nos Processos Tradicionais de Produção: Um Estudo de Caso em Joalheria Artesanal.
"prototipagem rápida"	2018	Desenvolvimento de modelos impressos em 3D para o ensino de ciências. (c)
"prototipagem rápida"	2018	O uso da prototipagem tridimensional para o planejamento do tratamento das deformidades ósseas do úmero proximal
"prototipagem rápida"	2018	Ressecção de meningioma esfeno-orbitário e cranioplastia com reconstrução de órbita no mesmo tempo cirúrgico: associação de técnica de prototipagem e neuronavegação.
"prototipagem rápida"	2018	Avaliação das características mecânicas do PLA, impressa em 3D, para aplicação em próteses em animais de pequeno e médio porte. (d)
"prototipagem rápida"	2018	Recent advances in 3D printing of aliphatic polyesters.
"prototipagem rápida"	2018	Prototipagem 3D aplicada a cirurgias de implantes dentários.
"prototipagem rápida"	018	Mechanical properties and water absorption of surface modified ABS 3D printed by fused deposition modelling.
"prototipagem rápida"	2018	Estudo do conversor D: análises qualitativa e quantitativa, critérios de dimensionamento e modelagem em espaço de estados.
"prototipagem rápida"	2017	Proposal of framework to managing the automotive product development process.
"prototipagem rápida"	2017	TRANÇADO: computational design thinking applied to a urban furniture project. (e)
"prototipagem rápida"	2017	O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos.
"prototipagem rápida"	2017	Dedo robótico acionado por molas de liga com memória de forma.
"prototipagem rápida"	2017	Sequential additive manufacturing: automatic manipulation of 3D printed parts.
"prototipagem rápida"	2017	Generative modeling integrated to energy efficiency: A study of institutional buildings form optimization. (f)
"prototipagem rápida"	2017	Biomechanical Stress and Strain Analysis of Mandibular Human Region from Computed Tomography to Custom Implant Development
"prototipagem rápida"	2017	Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações. (g)
"prototipagem rápida"	2016	Estudo dos parâmetros de estampagem incremental para PVC.
"prototipagem rápida"	2016	Analysis of new additive manufacturing technology based on selective composite formation using finite element method approach.
"prototipagem rápida"	2016	O design como agente integrador das atividades de projeto e fabricação de produtos.
"prototipagem rápida"	2016	Selection of virtual and physical prototypes in the product development process.
"prototipagem rápida"	2016	Desenvolvimento e implementação de um ambiente virtual de aprendizagem na área da saúde: uma experiência de pesquisa baseada em design.
"prototipagem rápida"	2016	Processo integrado ETF: EB/GA. prototipagem rápida de circuitos integrados.
"prototipagem rápida"	2015	Additive manufacturing process selection based on parts' selection criteria.
"prototipagem rápida"	2015	A caracterização do Design Thinking como um modelo de inovação.
"prototipagem rápida"	2015	Método de decisão dos processos de prototipagem rápida na concepção de novos produtos.
"prototipagem rápida"	2015	Fotografia tátil: desenvolvimento de modelos táteis a partir de fotografias com a utilização de impressora 3D.
"prototipagem rápida"	2015	Avaliação da Usabilidade de Produtos Eletroeletrônicos com o Auxílio da Prototipagem Rápida por Impressão 3D e da Realidade Aumentada.

"prototipagem rápida"	2014	Método Assistido por Computador e Prototipagem Rápida para o Fabrico Personalizado de uma Prótese de Dedo em Banda de Silicose.
"prototipagem rápida"	2014	Avaliação da usabilidade de produtos eletroeletrônicos com o auxílio da prototipagem rápida por impressão 3D e da realidade aumentada.
"prototipagem rápida"	2014	Métodos de fabricación de cuerpos porosos de hidroxiapatita, revisión del estado del arte.
"prototipagem rápida"	2014	Manufatura de implante craniano customizado utilizando impressão 3D e estampagem incremental de chapas.
"prototipagem rápida"	2014	Manufatura Aditiva: o papel da soldagem nesta janela de oportunidade.
"prototipagem rápida"	2014	Development of acrylate-based material using a multivariable approach: additive manufacturing applications.
"prototipagem rápida"	2014	Coating of polyamide 12 by sol-gel methodology
"prototipagem rápida"	2014	Microstructural and Mechanical Characterization of a Custom-Built Implant Manufactured in Titanium Alloy by Direct Metal Laser Sintering
"prototipagem rápida"	2014	A aplicação das tecnologias de prototipagem rápida na confecção de matrizes táteis.
"prototipagem rápida"	2014	Desenvolvimento de um dispositivo para avaliação dimensional de um processo de fabrico de implantes dentários.
"fabricação digital"	2019	Parâmetros de Fabricação de Símbolos para Mapas Táteis.
"fabricação digital"	2019	Moda e Fabricação Digital: Pesquisa Empírica Sobre a Viabilidade de Possíveis Benefícios em Adotar os Laboratórios de Fabricação Digital como Campo de Estudo, Produção e Pesquisa de Moda no Brasil.
"fabricação digital"	2019	O FabLab Como Semente Da Transformação Democratizadora Da Economia de Mercado (h)
"fabricação digital"	2019	Fab Labs livres da cidade de São Paulo: uma experiência social inclusiva ou transbordamento de conhecimento tecnológico e da criatividade na escassez de recursos?
"fabricação digital"	2019	Creando material educativo: innovación, Arduino y movimiento maker.
"fabricação digital"	2019	Investigations on the design process of Eladio Dieste: 3D parametric modelling of modern latin american architectural heritage.
"fabricação digital"	2019	Fagocitose bench: an exploratory study on parametric design in street furniture projects focused on design and emotion.
"fabricação digital"	2018	Towards a BIM-based digital interface in cut and bent rebar design-fabrication.
"fabricação digital"	2018	A insustentável neutralidade da tecnologia: o dilema do Movimento Maker e dos Fab Labs.
"fabricação digital"	2018	Uso da Fabricação Digital para o Design de Superfície em Produtos de Moda.
"fabricação digital"	2017	FABLAB PRONTO3D: learning with practice.
"fabricação digital"	2017	TRANÇADO: computational design thinking applied to a urban furniture project. (e)
"fabricação digital"	2017	Reflexões sobre o emprego de técnicas e materiais na construção do acervo tátil em museus.
"fabricação digital"	2017	Generative modeling integrated to energy efficiency: A study of institutional buildings form optimization. (f)
"fabricação digital"	2017	O design dos Makerspaces e dos Fablabs no Brasil: um mapeamento preliminar.
"fabricação digital"	2017	A liminaridade da cultura maker e o hardware de fonte (na ciência): em vez de fazer algo ser grande de novo, continue experimentando.
"fabricação digital"	2017	Fabricação Digital como abordagem para a Produção e Design Distribuídos.
"fabricação digital"	2016	Fab Labs: estímulo à inovação, usando a fabricação digital.
"fabricação digital"	2016	Abordagem de conceitos de design e fabricação em um ambiente de aprendizagem de inclusão digital.
"fabricação digital"	2016	House Magazine: open source architecture.
"fabricação digital"	2016	Cork Re-Wall: Computational Methods of Automatic Generation and Digital Fabrication of Cork Partition Walls for Building Renovation.
"fabricação digital"	2016	Fabricação digital na América do Sul: um mapeamento de linhas de ação a partir da arquitetura e urbanismo.

"fabricação digital"	2015	Unicidade: proposta para uma cidadania ativa no espaço urbano aumentado do bairro de Casa Amarela.
"fabricação digital"	2014	Os projetos residenciais não-construídos de Vilanova Artigas em São Paulo.
"fabricação digital"	2014	As rampas e o estúdio nos projetos residenciais não-construídos de João Batista Vilanova Artigas.
"impressão 3D"	2021	Biomimetic Mineralization on 3D Printed PLA Scaffolds: On the Response of Human Primary Osteoblasts Spheroids and In Vivo Implantation.
"impressão 3D"	2021	Tratamento da consolidação viciosa do rádio distal: Osteotomia corretiva mediante planejamento com prototipagem em impressão 3D.
"impressão 3D"	2020	Diplomacia da saúde e Covid-19: reflexões a meio caminho.
"impressão 3D"	2020	Dispositivo óptico vestível para o auxílio de deficientes visuais na sala de aula.
"impressão 3D"	2020	Inovações da indústria 4.0 na gestão de processos na prestação de serviços na construção civil.
"impressão 3D"	2020	Desenvolvimento tecnológico da biotecnologia para a saúde no Brasil.
"impressão 3D"	2020	Placas anteriores são mais efetivas do que parafusos iliossacrais na fixação da articulação sacroilíaca? Estudo Biomecânico.
"impressão 3D"	2020	Precisamos falar sobre a bioética e a bioimpressão de órgãos 3D.
"impressão 3D"	2020	Development of a Passive Prosthetic Hand That Restores Finger Movements Made by Additive Manufacturing.
"impressão 3D"	2020	Impressão 3D para vestuário: novos paradigmas de design e consumo.
"impressão 3D"	2020	Avanços na manufatura aditiva em metais: técnicas, materiais e máquinas.
"impressão 3D"	2020	Métodos para fabricação de patch de antenas usando moldes impressos em 3D. (a)
"impressão 3D"	2020	A adoção de tecnologias digitais na reconstrução do Patrimônio: relato da experiência do Museu Nacional, Brasil. (b)
"impressão 3D"	2020	Dispositivo portátil com cúpula de Ganzfeld impressa em tecnologia 3D para auxílio ao diagnóstico de doenças oculares através do Eletro-oculograma clínico.
"impressão 3D"	2020	Nova estratégia de Bioimpressão Nanoskin 3d no tratamento de feridas: um futuro brilhante pela frente.
"impressão 3D"	2020	Developing a Project For Multimaterial 3D Printing, Using a Double Extruder Module For Personal Printing.
"impressão 3D"	2020	Scaffolds de poliácido láctico obtidos por impressão 3d e funcionalizados por plasma de oxigênio.
"impressão 3D"	2020	O papel dos algoritmos de inteligência artificial nas redes sociais.
"impressão 3D"	2019	Moda e Fabricação Digital: Pesquisa Empírica Sobre a Viabilidade de Possíveis Benefícios em Adotar os Laboratórios de Fabricação Digital como Campo de Estudo, Produção e Pesquisa de Moda no Brasil.
"impressão 3D"	2019	Reconstrucción Volumétrica por Tomografía Computarizada, Prototipado Rápido e Impresión 3D de Cabeza de Zarigüeya.
"impressão 3D"	2019	O FabLab Como Semente Da Transformação Democratizadora Da Economia de Mercado. (h)
"impressão 3D"	2019	Experimental and numerical evaluation of the temperature profile of a modular extrusion head applied to an experimental 3D printer.
"impressão 3D"	2019	Revolución Digital en Anatomía Veterinaria: Confección de Modelos Anatómicos del Estómago Canino Mediante Escaneo e Impresión Tridimensional (3D).
"impressão 3D"	2019	"Espaços possíveis, mas improváveis". Mutabilidade e reutilização no design de joalheria.
"impressão 3D"	2019	Prótese Mioelétrica 3D Inteligente Utilizando Redes Neurais Artificiais e Internet das Coisas para Auxílio a Reabilitação de Soldados em Ambientes Remotos.
"impressão 3D"	2019	Is 3D printing an inclusive innovation?: An examination of 3D printing in Brazil.
"impressão 3D"	2019	Simulador de dreno de tórax: desenvolvimento de modelo de baixo custo para capacitação de médicos e estudantes de medicina.
"impressão 3D"	2019	Impacto da Manufatura Aditiva nos Processos Tradicionais de Produção: Um Estudo de Caso em Joalheria Artesanal.

"impressão 3D"	2019	Análise da Indústria 4.0 como Elemento Rompedor na Administração de Produção.
"impressão 3D"	2019	Construção de maquetes topográficas para o ensino de cartografia e geomorfologia através da impressão 3D.
"impressão 3D"	2018	Unexo: The automotive design method applied to the development of agricultural machinery.
"impressão 3D"	2018	Desenvolvimento de modelos impressos em 3D para o ensino de ciências. (c)
"impressão 3D"	2018	Utilização de modelos 3D como recurso didático no ensino de embriologia do sistema nervoso central.
"impressão 3D"	2018	Avaliação das características mecânicas do PLA, impressa em 3D, para aplicação em próteses em animais de pequeno e médio porte. (d)
"impressão 3D"	2018	Avanço e consequências da modernidade global.
"impressão 3D"	2018	Prototipagem 3D aplicada a cirurgias de implantes dentários.
"impressão 3D"	2018	Escavar, caminhar, trabalhar: para uma revisão da práxis da arte contemporânea.
"impressão 3D"	2018	John Urry. What is the future? (resenha de livro)
"impressão 3D"	2018	Made in China 2025 e Industrie 4.0: A difícil transição chinesa do catching up à economia puxada pela inovação.
"impressão 3D"	2018	Configurações de impressão 3D de microdispositivos.
"impressão 3D"	2018	Estudo comparativo entre PETG e PLA para impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica.
"impressão 3D"	2018	Uma Nova Revolução Industrial.
"impressão 3D"	2017	Experimentos biomiméticos e novas tecnologias digitais para o design de embalagem.
"impressão 3D"	2017	O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: O que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos.
"impressão 3D"	2017	Avanços, equívocos e instabilidade das políticas de inovação no Brasil.
"impressão 3D"	2017	Órtese dinâmica integrando manufatura aditiva e robótica cooperativa.
"impressão 3D"	2017	Evaluating the deposition quality of parts produced by an open-source 3D printer.
"impressão 3D"	2017	A importância das novas tecnologias para a Arqueologia e suas possibilidades de uso. A impressão 3D e os projetos do LARP.
"impressão 3D"	2017	Design, biônica e novos paradigmas: uso de tecnologias 3D para análise e caracterização aplicadas em anatomia vegetal.
"impressão 3D"	2017	Three-dimensional tactile images: a model for tactile translation from two-dimensional static images/Imagens táteis tridimensionais: um modelo para a tradução tátil a partir de imagens estáticas bidimensionais.
"impressão 3D"	2017	Análise, modelagem e impressão 3D de um frame para VANTS do tipo quadricópteros para voos em ambiente indoor.
"impressão 3D"	2017	O direito de patente na indústria espacial (ensaio).
"impressão 3D"	2017	Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações. (g)
"impressão 3D"	2017	Podemos fazer do mundo um lugar melhor com impressão 3D solar?
"impressão 3D"	2016	Redução do impacto ambiental: uma abordagem no setor de modelagem em uma empresa calçadista.
"impressão 3D"	2016	Imprimindo a Lei: como a impressão 3D afeta a propriedade intelectual.
"impressão 3D"	2015	Additive manufacturing process selection based on parts' selection criteria.
"impressão 3D"	2015	Fotografia tátil: desenvolvimento de modelos táteis a partir de fotografias com a utilização de impressora 3D.
"impressão 3D"	2014	Avaliação da usabilidade de produtos eletroeletrônicos com o auxílio da prototipagem rápida por impressão 3D e da realidade aumentada.
"impressão 3D"	2014	Rapid prototyping of a complex model for the manufacture of plaster molds for slip casting ceramic.
"impressão 3D"	2014	Manufatura de implante craniano customizado utilizando impressão 3D e estampagem incremental de chapas.

"impressão 3D"	2014	A fábrica do futuro.
"impressão 3D"	2014	Impressão 3D para as massas: antes restrita à indústria e aos nerds, a tecnologia começa a se popularizar e atrai o interesse da gigante do varejo online Amazon.
"impressão 3D"	2014	Leonel Moura: sobre criar artistas, provocações e perspectivas.
"impressão 3D"	2014	Inovações e tendências aplicadas nas tecnologias de informação e comunicação na gestão da saúde.
"impressão 3D"	2014	A aplicação das tecnologias de prototipagem rápida na confecção de matrizes táteis.

Fonte: O autor (2022).

Neste apanhado identificamos as estruturas das produções com os seus objetivos, metodologias, autores, as discussões apresentadas e resultados obtidos nas pesquisas. Verificamos a existência de trabalhos com perfis muito técnicos, voltados para o estudo de aplicações nas áreas da saúde (fabricação de próteses, equipamentos e acessórios), da tecnologia da informação, da arquitetura, do direito, da educação, do design, entre outras áreas.

Já para as dissertações e teses, encontramos e analisamos 18 produções (Quadro 2), com referência ao tema da pesquisa, sendo 15 dissertações e 03 teses.

Quadro 2 - Teses e dissertações pesquisadas

Tipo	Ano	Instituição	Título da Publicação
Dissertação	2012	UFPE	"Modelagem Digital Tridimensional Para o Desenvolvimento de Prototipagem"
Dissertação	2014	UFPE	MODA E FABRICAÇÃO DIGITAL EM UM CONTEXTO FAB LAB: Equipamentos, métodos e processos para o desenvolvimento de produtos.
Dissertação	2015	UFPE	ARTEFATOS GERADORES DE MICROCLIMA: BIOMIMÉTICA, PARAMETRIZAÇÃO E PROTOTIPAGEM RÁPIDA NA BUSCA POR SOLUÇÕES BIOCLIMÁTICAS PARA CLIMA QUENTE E ÚMIDO
Dissertação	2015	UFPE	"Avaliação de projetos de produto sob a ótica do usuário: protótipos físicos x virtuais e sua validade de uso."
Dissertação	2019	UFPE	MAKEATHONS: uma crítica genética do design de artefatos ciberfísicos produzidos em hackathons-makers de prototipagem urbana
Dissertação	2020	UFPE	A TERRA DOS TOYOTAS: UM ESTUDO SOBRE O TOYOTA BANDEIRANTE ADAPTADO DO MUNICÍPIO DE BREJO DA MADRE DE DEUS - PE
Dissertação	2015	UFMA	IMPLICAÇÕES DO USO DE SMARTPHONES COMO FERRAMENTAS DE INTERATIVIDADE PARA PARTICIPAÇÃO NO CONTEXTO DA CELEBRAÇÃO DA SANTA MISSA
Dissertação	2017	UFPR	FABRICAÇÃO DIGITAL COMO ABORDAGEM PARA A PRODUÇÃO E DESIGN DISTRIBUÍDOS
Dissertação	2018	UFPR	Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem através de impressão tridimensional
Dissertação	2011	UFRGS	Fabricação digital: sistematização metodológica para o desenvolvimento de artefatos com ênfase em sustentabilidade ambiental
Dissertação	2012	UFRGS	Design de produto e processos de projeto com ênfase na customização pós-produção

Dissertação	2016	UFRGS	O USO DA PROTOTIPAGEM E FABRICAÇÃO DIGITAL NO AMBIENTE FAB LAB.
Dissertação	2017	UFRGS	DESIGN PARAMÉTRICO A PARTIR DA DIGITALIZAÇÃO 3D DE GEOMETRIAS DA NATUREZA COM PADRÃO DE CRESCIMENTO ESPIRAL
Dissertação	2019	UFRN	CULTURA MAKER: UMA NOVA POSSIBILIDADE NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
Dissertação	2019	USP	Design (em) aberto: uma investigação sobre movimentos colaborativos em design
Tese	2019	UFPE	DO DIGITAL AO MATERIAL: UMA INVESTIGAÇÃO TEÓRICO ESPECULATIVA SOBRE O RACIOCÍNIO VISUAL E AS HEURÍSTICAS DA MATERIALIDADE NOS LABORATÓRIOS DE FABRICAÇÃO DIGITAL PRONTO 3D
Tese	2019	UFPE	A INTEGRAÇÃO DA IMPRESSORA 3D FDM NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DA PRÁTICA PROJETUAL DE DESIGN
Tese	2019	UFPR	MODELO PARA ESTABELECEER COMPETÊNCIAS PARA O FUTURO DO DESIGN ORIENTADO PELAS TECNOLOGIAS EMERGENTES

Fonte: O autor (2022).

Esta dissertação está dividida em quatro seções, iniciando com a introdução, prosseguindo com o capítulo referente à fundamentação teórica e o capítulo sobre o desenvolvimento da pesquisa, em que trazemos a experiência vivenciada pelo autor em relação ao tema, a realização, organização e análise da pesquisa, e finalizando com as conclusões do trabalho. Na introdução, apresentamos a justificativa para o desenvolvimento desta investigação, a relevância deste estudo, os objetivos e a metodologia utilizada na pesquisa. A seção dois, focada na fundamentação teórica, foi pensada, no geral, a partir dos conceitos que tratam sobre as revoluções industriais e o processo de evolução tecnológica, seus primórdios e expansões; ademais, abordamos os temas voltados à fabricação digital, cultura maker, ensino maker e à manufatura aditiva no ambiente doméstico. Na seção referente ao desenvolvimento da pesquisa, apresentamos inicialmente a experiência vivenciada pelo autor no uso da tecnologia, que trouxe novos subsídios para a estruturação da pesquisa com os usuários, e tratamos sobre a coleta de dados e seus resultados, realizada através da aplicação de um questionário, além das considerações e conclusões sobre os resultados obtidos nesta atividade. Por fim, na quarta e última seção, referente às conclusões deste trabalho, apresentamos as considerações iniciais sobre a pesquisa, relacionamos as dificuldades encontradas durante todo o processo, explicitamos as recomendações para trabalhos futuros e compomos as nossas considerações finais. Fechando o trabalho temos a lista de referências, com as obras que deram suporte à promoção do estudo, como também os apêndices que trazem as informações que complementam os nossos argumentos nesta construção.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em nossas práticas cotidianas, presenciamos a disseminação e o uso de tecnologias cada vez mais próximas, seja em nossas residências, nos ambientes de trabalho, nas escolas e até mesmo nos espaços de lazer. Tais tecnologias, a serviço da comunicação e da informação, da viabilização dos serviços e do funcionamento das coisas que nos cercam, facilitam, assim, nossas atividades diárias nos campos pessoal, profissional, acadêmico, do lazer e entretenimento, entre outros. Saltamos, em pouco mais de dois séculos, de uma cultura produtiva predominantemente individual (com produções distintas, centradas nas mãos de artesãos), para uma produção industrial em massa (com o advento das máquinas), até chegarmos no estágio em que temos a possibilidade de fabricar os nossos próprios artefatos, em pequenas escalas industriais, nos espaços em que vivemos e frequentamos.

Talvez, a questão atual não seja mais quem produz os artefatos e para qual finalidade; a abordagem contemporânea, que trazemos neste estudo, está voltada no âmbito da produção e do seu uso. As táticas promovidas pelos indivíduos, que compartilham suas ideias e projetos, ao ponto de serem produzidos ou adaptados às necessidades dos usuários/consumidores, transcendem e divergem das estratégias de mercado que, por muito tempo, monopolizavam todo o processo de produção dos artefatos, planejavam, indicavam e incentivavam o uso dos produtos para todos e em grande escala produtiva.

Essa transformação de procedimentos e de comportamento, em que o público passa da condição de meros consumidores para serem, também, agentes de produção e de resignificação dos artefatos, pode ser discutida fazendo uma analogia às teorias de Certeau (2009), ao tratar sobre os conceitos relacionados às estratégias e às práticas, quando afirma, em seus estudos sobre as práticas cotidianas, numa visão sociopolítica, que “O que distingue estas daquelas são os tipos de operações nesses espaços que as estratégias são capazes de produzir, mapear e impor, ao passo que as táticas só podem utilizá-los, manipular e alterar” (CERTEAU, 2009, p. 87).

Assim, ao trazermos a discussão sobre o processo produtivo a partir das tecnologias digitais atuais, as quais impulsionam o uso de ferramentas como a impressão 3D, que traz a possibilidade de fabricação de artefatos (como exemplo: decorativos, utilitários, brinquedos, próteses, materiais didáticos, acessórios de

moda) nos espaços que acessamos cotidianamente e com probabilidades de concepção plurais, estamos falando sobre a cultura ordinária, imbricada na cultura do fazer, e por consequência de interesse do design. Tratamos a definição da cultura ordinária distinta da cultura de massa a partir da explicação de Certeau (2008):

Cultura ordinária e a cultura de massa não são equivalentes. Dependem de problemáticas diferentes. A segunda remete a uma produção em massa que simplifica os modelos propostos para ampliar sua difusão. A primeira diz respeito a um “consumo” que trata o léxico dos produtos em função de códigos particulares, muitas vezes obras dos praticantes e em vista de seus próprios interesses. A cultura de massa tende para a homogeneização, lei da produção e difusão em grande escala, apesar de ocultar esta tendência fundamental sob variações superficiais destinadas a assentar a ficção de “novos produtos”. A cultura ordinária oculta uma diversidade fundamental de situações, interesses e contextos, sob a repetição aparente dos objetos de que se serve. A pluralização nasce do uso ordinário, daquela reserva imensa constituída pelo número e pela multiplicidade das diferenças. (CERTEAU, 2008, p. 341).

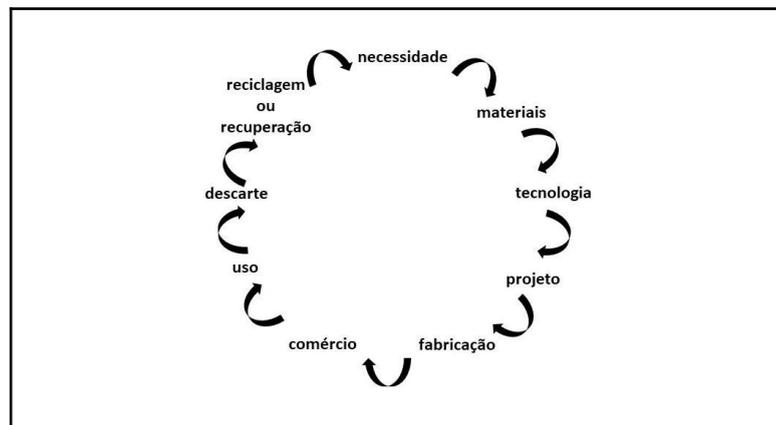
Tratar sobre a cultura do fazer nada mais é, para os profissionais, pesquisadores e estudiosos da área do design, do que abordar sobre a cultura projetiva como sendo inseparável da atividade do designer. Falamos aqui da materialização das ideias em artefatos físicos, ou seja, sobre o design de produtos. Segundo Cardoso (2012) “Nos últimos cinquenta anos, a humanidade produziu maior quantidade de artefatos do que em toda sua história pregressa” (CARDOSO, 2012, p. 156), essa informação nos permite refletir sobre as várias questões que envolvem a produção e o consumo dos artefatos, colaborando para o significativo aumento fabril nas últimas cinco décadas.

Hoje, mais do que nunca, temos que ser capazes de repensar sobre questões relacionadas ao pós-uso, a reutilização dos produtos fabricados. A crítica que se faz ao design é a manutenção de métodos consolidados no seu processo projetivo que não incluíam o descarte, por exemplo, no ciclo de vida de uma peça, de um objeto. Historicamente, o design teve esse papel de conceber uma ideia para que sua vida útil tivesse uma duração reduzida, a moda e o consumo são fatores que impulsionaram, e ainda impulsionam, gerações de consumidores, em que sempre prevaleceram as metas de vendas das empresas investidoras.

O autor Rafael Cardoso, em seu livro Design para um mundo complexo, trata sobre a necessidade de se pensar na reversibilidade dos artefatos e da obrigação atual quanto à ampliação dessa consciência. Apresenta uma descrição distinta entre

um engenheiro ambiental e um designer quando o assunto é a concepção de um processo produtivo (Gráficos 4 e 5). Mostra o quanto a área do design deve se reinventar e repensar os seus métodos projetivos, em sua maioria planejados de modo linear; em compensação, traz o modo circular ou cíclico, que algumas engenharias praticam, especificamente a engenharia ambiental. Na sequência apresentamos graficamente tais conceitos.

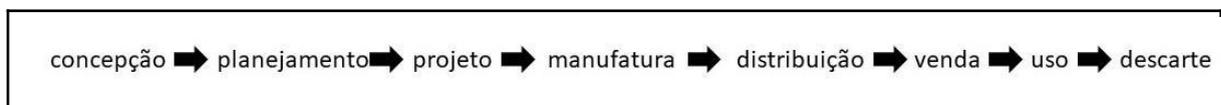
Gráfico 4 - Ciclo da vida do produto de modo circular



Fonte: Adaptado ao texto de Cardoso (2012)

O Gráfico 4 acima apresenta as etapas que integram o ciclo da vida de um artefato, produzido a partir de uma necessidade, até o momento que precisa ser descartado, reciclado ou recuperado.

Gráfico 5 - Ciclo da vida do produto de modo linear



Fonte: Cardoso, 2012

Da mesma forma, o Gráfico 5 expõe o ciclo de vida de um produto, no entanto, de maneira linear, sem propor formatos de reuso para o descarte do produto. Atualmente, essa postura projetual vem sofrendo transformações, por se deparar com cobranças relacionadas, por exemplo, ao uso dos recursos naturais e às matérias primas empregadas nos processos de produção. Nos deparamos com montanhas e ilhas de lixo, de resíduos inutilizados, decorrentes de produtos

descartados; por isso, torna-se importante prevalecer uma consciência mais ampla quanto a todo esse processo que envolve o ciclo de vida dos produtos.

Ao trazer esse contexto e preocupação, tratamos sobre o tema da fabricação de objetos por meios digitalmente disseminados. Presenciamos, em nosso cotidiano, a introdução e o acesso à impressão de artefatos tridimensionais a partir de recursos plásticos. São o que chamamos de filamentos termoplásticos do tipo PLA ou ácido poliático, Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) Premium, *Polyethylene Terephthalate Glycol* - PETG, Flexível, *High Impact Polystyrene* (HIPS) ou Poliestireno de Alto Impacto, Wood e resinas. Todos esses materiais possibilitam a materialização das ideias, dos projetos.

O objeto de estudo de nosso trabalho, que trata da utilização das tecnologias de manufatura aditiva por usuários domésticos, está situado nesse contexto, que vivenciamos no momento atual, contemporâneo, das tecnologias da informação que transcendem as fronteiras geográficas, da possibilidade de colaboração, criação e compartilhamento de ideias, em qualquer lugar do planeta, dos riscos ao meio ambiente, da necessidade de capacitação, frente aos desafios da indústria 4.0 e suas consequências, entre outros temas recorrentes.

Neste capítulo, tratamos das teorias que estudamos, referentes ao universo teórico do objeto da pesquisa. Conforme especificamos nos objetivos específicos e na metodologia deste trabalho, o nosso estudo foi realizado através de revisão bibliográfica, que envolveu a consulta a livros, periódicos, dissertações e teses, além de materiais disponibilizados na internet. O capítulo está dividido em três seções, de acordo com os temas que estudamos, a saber:

Na primeira seção, apresentamos uma evolução histórica do fazer industrial e das suas tecnologias. Discutimos o conceito de revolução industrial, trazemos as principais evoluções vivenciadas em cada período histórico, as suas consequências e formulamos um quadro comparativo dos conteúdos abordados (Quadro 3, p. 50), em formato de linha do tempo. Buscamos, dessa forma, trazer uma reflexão e maior compreensão sobre o momento atual que vivenciamos, através de uma perspectiva histórica, em comparação com os demais períodos de desenvolvimento tecnológico e industrial. Trazemos nessa discussão autores como Pevsner (1994), Landes (1998), Anderson (2012), Harari (2017) e Schwab (2019), entre outros.

Na segunda seção, propomos uma discussão quanto à aplicação do ensino maker nas escolas de ensino fundamental e médio. Tratamos sobre o acesso

desses alunos às tecnologias de comunicação e de manufatura aditiva, com base em indicadores da realidade brasileira, frente à necessidade de capacitação para o momento atual da indústria. Abordamos temas como cultura maker, movimento faça você mesmo, cibercultura, educação e apontamentos sobre a realidade brasileira, diferenças e oportunidades de acesso, temas que rodeiam o universo do objeto de nossa pesquisa. Para tanto, recorreremos a autores como Anderson (2012), Santaella (2003), Bourdieu (2007), Bandoni (2016), ONU (2019), entre diversos outros.

Na terceira seção, finalizamos tratando sobre a manufatura aditiva e a sua utilização no ambiente doméstico, tema central de nossa pesquisa. Apresentamos o conceito de manufatura aditiva, princípio de funcionamento, principais tecnologias e normas atualmente vigentes, processo de fabricação e suas etapas. Discorreremos sobre a tecnologia de manufatura aditiva por extrusão de material, utilizada nos equipamentos de baixo custo, e realizamos um estudo detalhado sobre a utilização da manufatura aditiva por usuários domésticos, em todas as suas etapas. Buscamos com esse estudo uma maior compreensão dos aspectos envolvidos nesse uso, que servirão de subsídio, em conjunto com o estudado nas demais seções do capítulo, para o desenvolvimento da pesquisa com os usuários. Abordamos autores como Volpato (2017), Lira (2021), Schwab (2016), Pupo (2009), entre outros.

A seguir, trazemos a primeira seção deste capítulo, em que tratamos sobre a evolução tecnológica vivenciada ao longo das sucessivas revoluções industriais, e propomos, a partir de uma análise comparativa entre esses diversos momentos, uma discussão sobre o momento atual que vivenciamos.

## **2.1 Revoluções industriais e processo de evolução tecnológica**

Conforme especificamos no primeiro capítulo deste trabalho, o nosso objeto de estudo está situado no momento histórico atual, contemporâneo, em meio a um contexto de inovações científicas e tecnológicas, defendido por alguns autores como a Quarta Revolução Industrial.

Para uma melhor compreensão desse momento, das suas características e das principais mudanças em relação a outros períodos da produção de artefatos, trazemos, nesta seção, uma abordagem comparativa sobre a evolução histórica do fazer industrial, com ênfase nas inovações tecnológicas surgidas em cada período, nas suas consequências para o desenvolvimento de produtos e nas transformações

vivenciadas pela sociedade, no transcorrer das sucessivas revoluções Industriais. Iniciamos discutindo o conceito de revolução industrial e situando os seus principais momentos históricos, prosseguimos investigando a evolução tecnológica surgida em cada um desses períodos e, por fim, apresentamos um quadro resumo comparativo, em formato de linha do tempo, reunindo as principais contribuições surgidas, desde os primórdios da indústria até os nossos dias atuais.

### 2.1.1 Revolução industrial: conceito e introdução

A história da humanidade é marcada por diversos períodos de conflitos, conquistas e transformações na vida das pessoas. Em algumas dessas passagens, o termo 'revolução' é utilizado para designar um momento histórico específico, em que mudanças significativas ocorreram em um determinado setor e acabaram por impactar toda a sociedade. Nesse entendimento, Landes (1998), ao discutir sobre Revolução Industrial sugere, num sentido figurado, a adoção do termo 'revolução' como sendo um "caso de grande mudança ou alteração num determinado estado de coisas" (LANDES, 1998, p. 207). Expandindo o conceito apresentado por Landes (1998), e acrescentando a importância da inovação tecnológica nesse processo, Schwab (2019), por sua vez, apresenta a seguinte definição:

A palavra "revolução" denota mudança abrupta e radical. Em nossa história, as revoluções têm ocorrido quando novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo desencadeiam uma alteração profunda nas estruturas sociais e nos sistemas econômicos. Já que a história é usada como referência, as alterações podem levar anos para se desdobrarem (SCHWAB, 2019, p.15).

Em convergência com a definição de Schwab, Anderson (2012) argumenta que as revoluções são avaliadas pelo impacto que exercem na vida das pessoas. Na história da humanidade, podemos apontar alguns exemplos conhecidos, como a Revolução Inglesa de 1640, a Revolução Francesa de 1789, a Revolução Russa de 1917 e as Revoluções Industriais, iniciadas na Inglaterra no século XVIII, que se estendem até os dias atuais.

Na evolução das atividades e sistemas de produção, Schwab (2019) aponta como primeiro momento de transformação significativa a transição da coleta para a atividade agrícola, há cerca de 10.000 a.C., que ficou conhecida como a Revolução Agrícola, e proporcionou diversos benefícios, ao que descreve:

A revolução agrícola combinou a força dos animais e a dos seres humanos em benefício da produção, do transporte e da comunicação. Pouco a pouco, a produção de alimentos melhorou, estimulando o crescimento da população e possibilitando assentamentos humanos cada vez maiores. Isso acabou levando à urbanização e ao surgimento das cidades. (SCHWAB, 2019, p.15).

Para Schwab (2019), outro impacto significativo na sociedade e nos sistemas de produção ocorreu com a substituição da força humana e dos animais pela força das máquinas, vivenciada na Primeira Revolução Industrial, no século XVIII.

Anderson (2012), de forma análoga ao conceito de revolução, se refere ao termo Revolução Industrial como o conjunto de tecnologias que proporcionaram um aumento significativo na produtividade dos seres humanos, além de mudanças na expectativa e na qualidade de vida das pessoas, na concentração e no crescimento populacional das cidades. Schwab (2019), em concordância com essa definição, aponta que “A marca dessas revoluções foi a transição da força muscular para a energia mecânica, a qual evolui até a atual quarta revolução industrial [...]” (SCHWAB, 2019, p.15).

Conforme os registros históricos, vivenciamos três revoluções industriais e estamos, no entendimento de diversos autores, no curso de uma quarta revolução, iniciada na virada do século XX para o século XXI. A primeira revolução industrial teve início na Inglaterra, por volta do ano de 1760, e foi marcada pela transição da manufatura para a maquinofatura, com a implementação das máquinas a vapor. A segunda revolução industrial teve início por volta do ano de 1850, e foi caracterizada pelo desenvolvimento da indústria química, do refino de petróleo, pelo surgimento da eletricidade e da linha de produção em série. A terceira revolução industrial teve início na década de 60 do século XX, e foi caracterizada por marcos tecnológicos como o desenvolvimento dos mainframes (1960), da computação pessoal (1970) e da internet (1990). A 4ª revolução industrial, iniciada com o século XXI, caracteriza-se pela popularização e disseminação da internet, pela inteligência artificial e aprendizagem de máquina (SCHWAB, 2019, p.15).

Schwab (2019) argumenta ainda que as tecnologias e as inovações da quarta revolução industrial tendem a se disseminar de forma mais rápida do que ocorreu nas revoluções anteriores, cujos benefícios, segundo aquele autor, ainda não foram acessados por uma parcela significativa da população:

A segunda revolução industrial precisa ainda ser plenamente vivida por 17% da população mundial, pois quase 1,3 bilhão de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade. Isso também é válido para a terceira revolução industrial, já que mais da metade da população mundial, 4 bilhões de pessoas, vive em países em desenvolvimento sem acesso à internet. O tear mecanizado (a marca da primeira revolução industrial) levou quase 120 anos para se espalhar fora da Europa. Em contraste, a internet espalhou-se pelo globo em menos de uma década (SCHWAB, 2019, p.17).

A seguir, apresentamos um estudo sobre esses momentos históricos, identificando suas principais características, pontos chave de mudança e principais consequências para a produção de objetos, com foco nos avanços tecnológicos.

### 2.1.2 Primórdios da revolução tecnológica

As origens da Revolução Tecnológica estão expostas e identificadas através da descrição ligada ao surgimento do 'sistema de fábrica', já na primeira Revolução Industrial, a partir da criação e aperfeiçoamento de máquinas, de técnicas, de instrumentos e processos produtivos. As Revoluções Industriais, períodos reconhecidos como de grande desenvolvimento tecnológico, promoveram um processo evolutivo das tecnologias que proporcionou a industrialização de diversos países, em vários continentes.

A primeira revolução industrial ocorreu no período entre 1760 e 1840, e foi caracterizada pela transição da manufatura, método de produção realizado através de técnicas manuais ou artesanais, para a maquinofatura, método de produção realizado por meio do uso de máquinas. Essa transição foi iniciada na Inglaterra, e impulsionada por fatores como: o desenvolvimento de tecnologias para conversão de energia térmica em energia mecânica, gerando movimento para impulsionar as máquinas por meio do aquecimento da água e do controle da força do vapor, o aprimoramento das técnicas para a produção de metais, aumentando a qualidade, a oferta e reduzindo os preços, a utilização de novas fontes de combustível como o carvão, em alternativa ao consumo da madeira, entre outros aspectos.

A conversão de energia térmica, proveniente do aquecimento da água, em energia mecânica de movimento, foi o princípio básico utilizado para desenvolver as primeiras máquinas a vapor. A forma de funcionamento dessas máquinas é descrita de forma didática por Harari (2017), ao explicar que:

Há muitos tipos de motores a vapor, mas todos eles têm um mesmo princípio. Queima-se algum tipo de combustível, como carvão, e usa-se o calor resultante para ferver água, produzindo vapor. À medida que o vapor se expande, empurra um pistão. O pistão se move, e qualquer coisa que esteja conectada ao pistão se move com ele. O calor foi convertido em movimento! [...] (HARARI, 2017, p.347).

Segundo Harari (2017), os primeiros motores a vapor foram implementados por volta do ano de 1700, nas minas de carvão da Inglaterra, como resposta a um problema emergente: com o crescimento das cidades, a demanda pelo consumo de lenha aumentava naquele país, e cada vez mais florestas eram derrubadas. Havia risco de desabastecimento de madeira. As minas de carvão existentes, alternativas a essa crise, estavam situadas em regiões alagadas, o que dificultava a exploração. Assim, os primeiros motores a vapor foram utilizados para impulsionar máquinas de bombeamento, para extração de água nas minas de carvão. O desempenho obtido por essas primeiras máquinas é apontado por aquele autor, ao comentar que:

[...]. Os primeiros equipamentos eram incrivelmente ineficazes. Era preciso queimar uma enorme quantidade de carvão para bombear um volume minúsculo de água. Mas, nas minas, o carvão era abundante e estava ao alcance da mão, e por isso ninguém se importava (HARARI, 2017, p.347).

O aperfeiçoamento dos motores a vapor, em conjunto com outras inovações que foram desenvolvidas nas décadas seguintes, na Inglaterra, como a fundição do ferro através da queima do carvão, em substituição à lenha, em 1713, a fundição do aço em 1740, a máquina de fiar de Hargreaves em 1764, o motor a vapor de James Watt, em 1765, e a caldeira a vapor, em 1781 (PEVSNER, 1994), além de outros aspectos favoráveis relacionados à economia, à geografia e à política, contribuíram para o florescimento da indústria naquele país.

A etapa seguinte, e mais importante nesse processo, foi a utilização do motor a vapor na produção têxtil, para movimentar os teares. A máquina de fiar movida a pedal, inventada por Hargreaves em 1764, havia multiplicado a capacidade de produção com uso da força humana, em 8 e depois em 16 vezes, sendo possível tecer até 16 fios ao mesmo tempo, na versão de sua patente apresentada em 1770 (ANDERSON, 2012). Com o desenvolvimento de novos teares, e a utilização da energia do vapor, a produção aumentou exponencialmente nos anos seguintes.

Alguns indicadores trazidos por Pevsner (1994) demonstram a dimensão do rápido ganho de produtividade que a indústria inglesa experimentou, durante esse

período: a exportação de algodão, que era avaliada em cerca de 23.500 libras em 1701, passou para 200.000 libras em 1764, 1.500.000 libras em 1790, 18 milhões de libras em 1833 e 26.500.000 libras em 1840. A produção de ferro, estimada em 17.000 toneladas em 1740, passou para 68.000 toneladas em 1788, 170.000 toneladas em 1802 e 678.000 toneladas em 1830. A produção de carvão, por sua vez, passou de 6 milhões de toneladas, em 1810, para 25 milhões de toneladas em 1830 e 115 milhões de toneladas em 1857.

Além do súbito aumento na produção, outras mudanças consideráveis foram observadas nesse período, como consequências desse processo, na composição das cidades, na organização do trabalho, na qualidade de vida das pessoas e no desenvolvimento dos produtos.

Nesse contexto, Pevsner (1994) aponta o rápido crescimento populacional verificado nas cidades inglesas, em decorrência da necessidade cada vez maior por mão de obra, e denuncia as condições insalubres e extenuantes de trabalho nas indústrias, que empregavam homens, mulheres e crianças, e onde a jornada de trabalho podia durar até 14 horas diárias. Segundo Pevsner, em 1833, as fiações de algodão empregavam cerca de 61.000 homens, 65.000 mulheres e 84.000 crianças.

Sobre esse cenário, Anderson (2012), por sua vez, traz o seu foco para os benefícios percebidos na qualidade de vida das pessoas, a partir da industrialização e dos avanços da ciência. Argumenta por exemplo que, seguindo o aumento da população, houve um aumento significativo na renda, ao comentar que “entre 1700 e 1850, a população da Inglaterra triplicou. E de 1800 a 2000, a renda *per capita* média, ajustada pela inflação, *decuplicou*. Nada semelhante, de que se tenha registro, ocorrera antes na história” (ANDERSON, 2012, p.40). Para Anderson, a industrialização, em conjunto com outros avanços como vacinas e melhorias de métodos agrícolas, foi contribuição decisiva para melhoria dos indicadores de qualidade de vida, conforme exemplifica em seu discurso:

Embora associemos fábricas às "negras usinas satânicas" de William Blake, envenenando os trabalhadores e as terras, o principal efeito da industrialização foi melhorar a saúde. As pessoas migravam de comunidades rurais para cidades industriais, e se mudavam de casebres de pau a pique para prédios de tijolos, que os protegiam da umidade e das doenças. Roupas de algodão baratas, produzidas em massa, e sabões de boa qualidade permitiam que mesmo as famílias mais pobres usassem roupas limpas e adotassem melhores práticas de higiene, uma vez que o algodão era mais fácil de lavar e de secar que a lã. Acrescentem-se a isso o aumento da renda, que possibilitava dieta mais rica e mais variada, e a melhoria do acesso a médicos, a escolas e a outros recursos comuns,

decorrentes da migração para as cidades, e se conclui que quaisquer efeitos negativos resultantes do trabalho nas fábricas foram mais que compensados pelos efeitos positivos de viver nos arredores. (Para ser claro, trabalhar nas fábricas era duro, com longas jornadas e más condições, mas as estatísticas sugerem que trabalhar nas fazendas era ainda pior.) (ANDERSON, 2012, p.41).

Outra discussão importante trazida por Pevsner (1994) diz respeito à situação enfrentada pelos artesãos, a partir da transição das manufaturas artesanais para a maquinofatura, e a consequência desse processo para a qualidade dos produtos oferecidos. Na manufatura, o artesão controlava todas as etapas envolvidas na produção dos objetos, desde a obtenção das matérias-primas até a comercialização, passando pela criação e confecção destes. Com o crescimento da indústria, e da oferta dos seus produtos cada vez mais baratos, a produção artesanal foi perdendo mercado. Os trabalhadores das fábricas executavam apenas partes do processo de confecção, e não tinham controle sobre as matérias-primas ou os bens de produção, que pertenciam aos empresários.

Em paralelo ao crescimento das fábricas, Anderson (2012) chama a atenção para o fenômeno da disseminação das oficinas caseiras, que ocorreu nesse período. Essas oficinas, também chamadas de sistema doméstico ou trabalho em domicílio, eram pequenas unidades de produção, adaptadas nas residências, equipadas com teares mecânicos de madeira, movidos a pedal. Por serem relativamente baratos e fáceis de operar, esses equipamentos foram adquiridos por diversas famílias, como opção ao trabalho assalariado nas fábricas ou nas lavouras. Segundo Anderson, as oficinas caseiras foram parte importante da primeira revolução industrial: além de proporcionar oportunidade de trabalho para as famílias, elas serviam principalmente à indústria, produzindo peças complementares, devido à versatilidade que possuíam para produção em pequenos lotes:

[...] As oficinas caseiras eram uma forma distribuída de produção, que complementava as fábricas centralizadas, por serem mais flexíveis e por produzirem em lotes menores que os das grandes fábricas, as quais, para tanto, precisariam de reconfigurações frequentes e improdutivas nas linhas de produção (ANDERSON, 2012, p.55).

A propagação das oficinas caseiras, estimulada pelas demandas da indústria e pela facilidade de acesso aos teares, promoveu benefícios na vida das pessoas e das comunidades, conforme as palavras de Anderson (2012), que aponta como principais consequências desse sistema de produção o fortalecimento do núcleo

familiar, uma vez que os membros da família podiam trabalhar juntos, a melhoria das condições de trabalho, sobretudo para as crianças, a fixação das famílias em suas cidades (ao contrário do trabalho nas fábricas, que exigia a mudança do trabalhador para as metrópoles), o aumento da natalidade, o estímulo à atividade empreendedora e, em certa medida, a preservação de habilidades artesanais, como a confecção de rendas, difícil de ser produzida pelas máquinas. A produção nessas oficinas se tornou tão significativa que “[...] Mesmo no auge da Primeira Revolução Industrial, o trabalho disperso das oficinas caseiras garantia a existência de um número muito maior de pequenas empresas que de grandes empresas” (ANDERSON, 2012, p.55).

Nesse cenário de expansão da atividade industrial, com busca incessante pela produtividade, e estando os artesãos e os artistas afastados desse processo, o que se viu surgir foi um universo de produtos de gosto estético discutível, misturando estilos de épocas diferentes, e sem uma devida adequação entre as formas e os materiais utilizados. Pevsner (1994) denuncia a perda do que chama de “qualidade artística dos produtos”, ocorrida nesse período, ao afirmar que:

No meio desta corrida desenfreada não havia tempo para aperfeiçoar as inúmeras inovações que iam cair nos braços de produtores e consumidores. Depois da desaparecimento do artesão medieval, a qualidade artística de todos os produtos passou a depender de fabricantes incultos. Os desenhistas de certo valor não participavam na indústria, os artistas mantinham-se afastados e o trabalhador não tinha direito de pronunciar-se sobre matéria artística (PEVSNER, 1994, p.32).

Essa separação apontada por Pevsner, na qual o trabalhador fabril não tinha oportunidade de participação na concepção artística do produto, é também discutida por Anderson (2012) no contexto das oficinas caseiras. Segundo aquele autor, essas oficinas se ocupavam, em grande parte, em atender às demandas das indústrias, e não havia espaço nesse processo para inovação. “Era fabricação com telhado de palha, mas não invenção com telhado de palha. [...]” (ANDERSON, 2012, p.55).

A primeira revolução industrial provocou impactos significativos na história da humanidade. Alguns autores a classificam como a mais abrangente, pela quantidade de transformações que promoveu. Na visão de Harari (2017), a primeira revolução industrial é marcada pela substituição da força humana e dos animais pela força das máquinas, potencializando o poder de produção, e pela capacidade conseguida pelo homem, pela primeira vez, de converter uma forma de energia em outra, gerando

energia mecânica a partir da energia térmica. Segundo esse autor, até aquele momento, só era possível utilizar diretamente uma fonte de energia para uma finalidade específica (queimar lenha para obter calor, aproveitar o movimento do rio para mover uma moenda). A única máquina capaz de converter uma energia em outra era o próprio corpo humano ou dos animais (calorias em movimento ou força). A partir da tecnologia dos motores a vapor, diversas outras foram desenvolvidas (combustíveis fósseis, nucleares, energia eólica, energia solar, etc), e a humanidade conseguiu potencializar a quantidade de energia à sua disposição.

Para Anderson (2012), além dos benefícios para a melhoria das condições de vida das pessoas, a substituição da força humana pela força das máquinas promoveu ganho de tempo, especialmente para produção de itens essenciais, e favoreceu o surgimento de novas ideias. Para Schwab (2019), essa revolução inicia a era da força mecânica, que evolui até os dias atuais. Landes (1998), por sua vez, lembra que a primeira revolução industrial trouxe uma multiplicidade de inovações por converter a habilidade e esforço humano por máquinas, a fonte de energia animal por fontes de energia indeterminado, o uso de novas matérias-primas, minerais, artificiais em substituição às de substâncias vegetais e/ou animais (LANDES, 1998).

### 2.1.3 Expansão e desdobramentos da revolução tecnológica

Já os registros sobre a segunda revolução industrial, que ocorreu entre os anos de 1850 e 1945, apontam que esse período foi marcado pelo desenvolvimento de novas tecnologias nas áreas da metalurgia, da indústria química, da energia, dos transportes e das comunicações, e de novos processos de produção, como o da linha de montagem, que viabilizou a produção em massa (SCHWAB, 2019). É considerada um desdobramento ou uma nova fase do desenvolvimento tecnológico iniciado na primeira revolução industrial, uma vez que não houve pontos de ruptura entre esses dois momentos, mas sim, um processo de evolução de tecnologias, que criou as bases para a grande indústria do século XX.

No campo da metalurgia, o desenvolvimento de um processo de baixo custo, registrado pelo engenheiro inglês Henry Bessemer em 1856, permitiu a produção do aço em grandes quantidades. Com oferta crescente e custos menores, o aço passou a ser cada vez mais utilizado na produção de objetos de metal, em substituição ao

ferro fundido (ANDERSON, 2014), inclusive na construção de navios e de trens a vapor, que contribuíram para um melhor escoamento da produção das fábricas.

Na indústria química, o refino do petróleo trouxe uma nova alternativa de combustível, em substituição ao carvão. Segundo Harari (2017), o petróleo era uma matéria prima já conhecida há muitos anos, utilizada como impermeabilizante ou como material para lubrificação de eixos. Entretanto, a utilização do petróleo como combustível, em conjunto com o motor de combustão interna, desenvolvido pelo engenheiro alemão Nikolaus Otto, iria proporcionar uma revolução no setor de transportes. Esses motores também foram utilizados pela indústria, aumentando ainda mais a capacidade de produção.

Nos Estados Unidos, os trabalhos desenvolvidos por Nikola Tesla, Thomas Alva Edison e George Westinghouse criaram as bases para o desenvolvimento e a exploração comercial da eletricidade.

Do avanço tecnológico industrial ocorrido nesta época, que se estendeu até o início da Segunda Guerra Mundial, temos como exemplos a invenção do automóvel, do avião, do telefone, da televisão, do rádio, do telégrafo e da lâmpada incandescente, indicando grandes progressos nos métodos de comunicação e na área do transporte. Nesta última, verifica-se a construção de ferrovias e navios a vapor, navios que antes eram produzidos em madeira, passam a ter o casco mais fino em aço e maior capacidade de transporte (LANDES, 1998).

Na segunda metade do século XX, no pós-guerra, temos como apontamento o início do que é considerado historicamente a terceira revolução industrial, na década de 1960. Neste período, o processo de industrialização já é uma realidade disseminada por todo o mundo. Destaca-se a integração da ciência, da tecnologia e da produção, ao ponto de ser chamada de Revolução Tecnocientífica, Revolução Digital ou do Computador. Assim, possibilitou avanços tecnológicos contínuos e a modernização na produção, de maneira a apresentar inovações nas áreas de robótica, genética, telecomunicações, eletrônica, transporte e infraestrutura, através da concepção de novas máquinas e do aprimoramento de equipamentos de informática, como os computadores, e de robôs. Utiliza a energia nuclear como fonte e força na produção. Também, o desenvolvimento das tecnologias favoreceram o surgimento da tecnologia da informação, permitindo a transmissão de informações instantaneamente, superando as barreiras físicas, geográficas, culturais e sociais. A expansão de empresas multinacionais também se dá neste momento.

Agora, no século XXI, temos uma transformação de paradigma que alcança as nossas relações pessoais e profissionais, de comunicação, de produção e de lazer. A velocidade dos avanços tecnológicos, vinculada aos sistemas ciberfísicos, que combinam máquinas com processos e habilidades digitais, intensificam o desaparecimento de fronteiras geográficas, possibilitam a internet das coisas, o uso de dispositivos de armazenamentos de dados nas nuvens, o desenvolvimento da ciência dos materiais, das reservas de energia e computação quântica, da nanotecnologia, da biotecnologia, da impressão 3D, resulta no fato de estarmos vivenciando a Quarta Revolução Industrial, a indústria 4.0 (SCHWAB, 2016). Para Schwab (2016), esta última revolução se diferencia das demais, devido a três características básicas:

- **Velocidade:** ao contrário das revoluções industriais anteriores, esta evolui em um ritmo exponencial e não linear. Esse é o resultado do mundo multifacetado e profundamente interconectado em que vivemos; além disso, as novas tecnologias geram outras mais novas e cada vez mais qualificadas.
- **Amplitude e profundidade:** ela tem a revolução digital como base e combina várias tecnologias, levando a mudanças de paradigma sem precedentes da economia, dos negócios, da sociedade e dos indivíduos. A revolução não está modificando apenas o “o que” e o “como” fazemos as coisas, mas também “quem” somos.
- **Impacto sistêmico:** ela envolve a transformação de sistemas inteiros entre países e dentro deles, em empresas, indústrias e em toda sociedade. (SCHWAB, 2016, p. 13).

Este autor chama a atenção para a necessidade de integração entre os setores da sociedade (governos, empresas, universidades e sociedade civil), no sentido de ter a responsabilidade, quanto ao enfrentamento dessas transformações e compreensão das tendências tecnológicas em evolução, de maneira que as inovações contribuam para a manutenção de uma vida mais humanizada e para diminuição dos riscos globais. Existe nesta perspectiva, por exemplo, a preocupação atual com a produção de materiais inteligentes, autolimpantes, recicláveis e maleáveis, matérias-primas mais leves, fortes, flexíveis, a serem empregados nos artefatos físicos.

Para além disso, outra realidade que vivenciamos é o compartilhamento de dados e de informações, cada vez mais presentes em nossos cotidianos, que contribuem para uma mudança de comportamento social, político e cultural, resultando em diferentes impactos nas tomadas de decisões e relações, entre empresas, indivíduos e países, como nunca antes verificado. Outro aspecto atual se

refere à oportunidade de não dependermos da indústria, e de todo o seu sistema, para criar e materializar os nossos objetos, devido à possibilidade de fabricá-los em nossas próprias residências, por meio da impressão 3D. Estes exemplos são situações reais, que validam a distinção da indústria 4.0 em relação às revoluções que a antecederam, e indicam também os desafios que as tecnologias provocam na atualidade e para a manutenção do futuro.

Sem distinção, todos os acontecimentos que ocorreram nos períodos dessas revoluções favoreceram o desenvolvimento dos processos tecnológicos; em contrapartida, da ciência, da industrialização e do capitalismo no mundo, simultaneamente promoveram mudanças sociais, geográficas, econômicas e tecnológicas. Verificar esse desempenho sistematizado no Quadro 3.

Na dimensão social, tivemos a geração de emprego e renda, melhorias na qualidade de vida, com o acesso a bens de consumo, a medicamentos, especialização profissional e o crescimento populacional. Na perspectiva geográfica, as distâncias foram reduzidas a partir do progresso no sistema de transporte terrestre, aéreo e marítimo, barreiras físicas superadas pelas novas tecnologias, também ocorreu a integração econômica e política entre países, além do surgimento de grandes centros e cidades comerciais.

No âmbito econômico, a promoção do desenvolvimento em diversos países, o aumento dos lucros, mudanças contínuas no processo produtivo e nas relações entre empregados e patrões, o crescimento e variedade de profissões, a quantidade de fábricas, a circulação de mercadorias e de pessoas, a necessidade de renovação e aprimoramento das matérias-primas, o capitalismo financeiro e a expansão do comércio. Os progressos tecnológicos são imensuráveis, favorecendo investimentos em pesquisa e em ciência, proporcionando a criação de máquinas, eletroeletrônicos, eletrodomésticos, medicamentos, avanços na comunicação e no transporte, transformando o sistema de produção, ao ponto de propiciar a concordância entre as tecnologias digitais, físicas e biológicas, vivenciadas atualmente.

No entanto, vale ressaltar que junto a todo esse processo de desenvolvimento e progresso, estão atreladas consequências negativas que subsistem, como desigualdades sociais, através da distribuição de renda, exploração de mão-de-obra, baixos salários, desrespeito aos direitos trabalhistas, desemprego, como também, a circulação da população, promovendo o êxodo rural em algumas regiões e a

urbanização em outras, a relação distinta entre países favorece a termos consequências em relação a segurança geopolítica.

Diante de todo este cenário, estamos frente aos vislumbres e as adversidades provocadas pelos avanços tecnológicos, cabendo aos atores e líderes dos distintos setores sociais planejar ações responsáveis, nesta revolução atual, que venham a beneficiar o coletivo, a cultura e toda sua manutenção.

Apresentamos, no Quadro 3 a seguir, um resumo comparativo dos principais avanços verificados em cada um dos períodos estudados nesta seção.

Quadro 3 - Linha do tempo referente às revoluções tecnológicas

	<b>1ª REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA</b>	<b>2ª REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA</b>	<b>3ª REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA</b>	<b>4ª REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA</b>
	▽	▽	▽	▽
<b>Período</b>	Metade do século XVIII, início do século XIX (Década de 1760 como ponto de partida, a 1840)	Meados do século XIX e XX (Interrompida entre 1939 a 1945, período da 2ª Guerra Mundial)	Segunda metade do século XX (Teve início após a Segunda Guerra Mundial, na década de 1960)	Início do século XXI (Conhecida como a INDÚSTRIA 4.0)
<b>Surgimento</b>	Inglaterra, França, Alemanha, Bélgica, Holanda, Estados Unidos, Japão	Expansão por diversos países em vários continentes	A industrialização espalhada por todo o mundo	Sem fronteiras geográficas
<b>Tecnologias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máquina a vapor para a produção têxtil;</li> <li>- Carvão como fonte de energia;</li> <li>- Fiação mecânica do algodão;</li> <li>- Energia hidráulica;</li> <li>- Mecanização do campo;</li> <li>- Mecanização das Indústrias;</li> <li>- Estruturação de Ferrovias (estradas de ferro);</li> <li>- Mudança no processo de produção, de manufatura para maquinofatura;</li> <li>- Ampliação das indústrias metalúrgica e</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avanços tecnológicos no campo das indústrias;</li> <li>- Aperfeiçoamento da máquina a vapor recorrente aos avanços científicos em termodinâmica (LANDES, 1998);</li> <li>- Novas fontes de energia (Eletricidade, gás e petróleo);</li> <li>- Criação do motor de combustão interna (motor a explosão);</li> <li>- Invenção do automóvel, do telefone, da televisão, do rádio, do avião e da</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integração física entre ciência e produção;</li> <li>- Revolução Tecnocientífica;</li> <li>- Elaboração de novas máquinas e aprimoramento de equipamentos de informática e de robôs (era de automação);</li> <li>- Avanços tecnológicos contínuos e modernização de equipamentos e produtos;</li> <li>- Energia nuclear como fonte de energia;</li> <li>- Surgimento de eletrônicos, das telecomunicações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Internet das coisas;</li> <li>- A inteligência artificial;</li> <li>- Realidade Virtual;</li> <li>- Habilidades digitais;</li> <li>- Dispositivos móveis;</li> <li>- Velocidade dos avanços, os alcances e o impacto nos sistemas;</li> <li>- Tendência à automatização total das fábricas;</li> <li>- Internet das coisas e à computação na nuvem;</li> <li>- Sistemas ciberfísicos, que combinam máquinas com</li> </ul>

siderúrgica.	lâmpada incandescente; - Métodos de comunicação (o telégrafo e o telefone); - Indústria Química (o uso de máquinas e fertilizantes químicos na agricultura); - O petróleo passou a ser utilizado como combustível; - Construção de Ferrovias e Navios a vapor (navios que antes eram de madeira, passam a ter o casco mais fino em aço e maior capacidade de transporte (LANDES, 1998)).	e dos computadores; - Expedições espaciais, pesquisas e biotecnologia; - Inovações nas áreas de robótica, genética, telecomunicações, eletrônica, transporte e infraestrutura; - Transmissão de informações instantaneamente, ultrapassando os obstáculos físicos, culturais e sociais; - Tecnologia da Informação; - Revolução da Internet.	processos digitais; - Nanotecnologias; - Neurotecnologias; - Robôs; - Biotecnologia; - Ciência dos materiais; - Sistemas de armazenamento de energia; - Drones e <b>impressoras 3D</b> .
--------------	--	---	---

<b>Materiais</b>	- Algodão; - Fios; - Tecidos; - Matérias-primas agrícolas e minerais (extração de carvão); - Exploração dos recursos da natureza em excesso; - Ferro gusa (ferro fundido).	- Aço (ferro batido); - Aço comum; - Produtos sintéticos.	- Ligas metálicas; - Plástico.	- Nanomateriais (o grafeno); - Plásticos termofixos; - Materiais reutilizáveis, recicláveis; - Materiais inteligentes, capazes de autorreparação e autolimpeza; - Metais com memória; - Cerâmicas e cristais que transformam pressão em energia.
------------------	---	---	-----------------------------------	---

<b>Impactos</b>	<b>Econômicos:</b> - Desenvolvimento econômico; - Aumento dos lucros; - Aumento na quantidade de profissões e na quantidade de fábricas; - Circulação de mercadorias e de	<b>Econômicos:</b> - Intensificação dos avanços tecnológicos; - Surgimento do capitalismo financeiro.  <b>Sociais:</b> - É considerada a mais importante das revoluções	<b>Econômicos:</b> - Contínua intensificação dos avanços tecnológicos; - Lançamento contínuo de novos produtos; - Grandes transformações na economia internacional (pós	<b>Econômicos:</b> - Mudanças nas relações de trabalho; - Desigualdade de renda; - Tem o potencial de elevar os níveis globais de rendimento e melhorar a qualidade de vida
-----------------	---	--	--	--

<p>           pessoas;            - Necessidade de matérias-primas agrícolas e minerais;            - Surge o Capitalismo;            - Mudanças no processo produtivo;            - Expansão do Comércio.         </p> <p><b>Sociais:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consolidação de nova forma de produção;</li> <li>- Substituição da produção manual por máquinas;</li> <li>- Sistemas e relações de trabalho (exploração de mão-de-obra/ queda no valor dos salários/ carga horária excessiva/ mulheres e crianças passam a trabalhar);</li> <li>- Surgimento de sindicatos de trabalhadores (lutas pelos direitos trabalhistas);</li> <li>- Surgimento de países industriais modernos e os retardatários (LANDES, 1998);</li> <li>- Crescimento populacional.</li> </ul> <p><b>Geográficos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mudanças nos espaços geográficos.</li> </ul> <p><b>Tecnológicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Surgimento do sistema de fábricas.</li> </ul>	<p>           pelo incentivo às pesquisas, principalmente na área da medicina;            - Surgem os antibióticos.         </p> <p><b>Geográficos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expansão geográfica da revolução para outros países;</li> <li>- Surgimento das grandes cidades (promoção do êxodo rural e da urbanização).</li> </ul> <p><b>Tecnológicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecido como período das grandes inovações.</li> </ul>	<p>           segunda guerra);            - Aumento do número de empresas multinacionais.         </p> <p><b>Sociais:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Provocou mudanças além das transformações industriais;</li> <li>- Desenvolvimento tecnológico atribuído não só ao processo produtivo mas também ao campo científico;</li> <li>- Transformação nas relações sociais, nas relações de trabalho e no sistema produtivo.</li> </ul> <p><b>Geográficos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnologias controladas pelas grandes empresas multinacionais que possuem sedes nos países desenvolvidos;</li> <li>- Expedições espaciais;</li> <li>- Espaço geográfico modificado pelo avanço tecnológico;</li> <li>- Integração econômica e política;</li> <li>- Surgimento das grandes cidades.</li> </ul> <p><b>Tecnológicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avanços na comunicação de nos transportes.</li> </ul>	<p>           de populações inteiras (SCHWAB, 2016);            - Previsão quanto ao aumento da desigualdade e distribuição de renda no mundo.         </p> <p><b>Sociais:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformação nas relações sociais (cotidiano, trabalho e relacionamentos);</li> <li>- Impacto sobre os direitos autorais e relações de ética;</li> <li>- Pode acabar com cinco milhões de vagas de trabalho nos 15 países mais industrializados do mundo (SCHWAB, 2016).</li> </ul> <p><b>Geográficos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Efeitos na segurança geopolítica.</li> </ul> <p><b>Tecnológicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas (BBC, 2016);</li> <li>- Considerada como a transição em direção a novos sistemas que foram construídos sobre a infraestrutura da revolução digital anterior (SCHWAB, 2016).</li> <li>- Mudança de paradigma).</li> </ul>
--	--	---	--

Fonte: O autor (2022).

#### 2.1.4 Conclusões da seção

Apresentamos um estudo sobre as revoluções tecnológicas vivenciadas pela humanidade em pouco mais de dois séculos, desde a implementação das primeiras indústrias, na Inglaterra do século XVIII, até as inovações experimentadas nos dias atuais. Buscamos identificar e compreender as características do momento histórico que vivenciamos, objeto de estudo deste trabalho, através de uma abordagem comparativa entre os diversos períodos do desenvolvimento tecnológico e industrial, em que reunimos, discutimos e organizamos em uma linha temporal as principais contribuições surgidas e seus desdobramentos, verificados em cada período. Para tanto, recorreremos a autores como Pevsner (1994), Landes (1998), Anderson (2012), Harari (2017) e Schwab (2019), entre outros.

Iniciamos trazendo o conceito de revolução industrial, definido nas palavras de Anderson (2012) e Schwab (2019) como um conjunto de inovações tecnológicas, marcado pela transição da força muscular para a energia mecânica que, entre outros aspectos proporcionou um aumento na produtividade dos seres humanos, além de mudanças na qualidade de vida das pessoas, no crescimento da população e na dinâmica de expansão das cidades.

Em seguida, em nossa pesquisa histórica, tratamos da evolução tecnológica vivenciada pela humanidade no transcorrer do desenvolvimento industrial, iniciando com o surgimento das máquinas a vapor e das primeiras indústrias, no século XVIII, que representaram a substituição da produção artesanal, concentrada nas mãos dos artesãos e mestres artesãos, para a produção industrial, realizada por operários nas fábricas, na produção de objetos em grande escala. Prosseguimos no século XIX, reunindo os avanços trazidos com o desenvolvimento das indústrias petrolífera, metalúrgica e química, com impactos na melhoria da produção, dos transportes e no desenvolvimento da energia elétrica, além da expansão da indústria para outros continentes. No século XX, verificamos o surgimento das indústrias multinacionais, o desenvolvimento da informática e das tecnologias de informação e comunicação, com inovações nas áreas de infraestrutura, telecomunicações, transportes, eletrônica, robótica, genética, entre outras, além da exploração de fontes de energia nucleares. Agora, no século XXI, presenciamos o desenvolvimento e a intensificação de tecnologias como a inteligência artificial, a internet das coisas, o armazenamento de informações em nuvem, o compartilhamento de informações, a internet móvel e a

manufatura aditiva, que contribuem para a eliminação das barreiras geográficas e trazem a possibilidade de descentralização da produção de objetos.

Nessa evolução histórica, passamos de um modelo industrial centralizado nas fábricas, localizadas nos centros urbanos, que produziam objetos padronizados e em grande escala, para um modelo descentralizado e sem barreiras geográficas, em que o trabalho pode ser realizado de qualquer parte do planeta, e em que pessoas podem colaborar em rede para a produção de ideias. Em resposta às exigências dos consumidores, produtos customizáveis são oferecidos, como uma alternativa à padronização da produção massificada. Tecnologias como a manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, trazem a possibilidade da produção remota de objetos em pequenas escalas, em qualquer lugar, inclusive no ambiente doméstico. Curiosamente, esta possibilidade nos relembra o contexto das oficinas caseiras, que trouxemos no estudo sobre a primeira revolução industrial, em que pequenas oficinas eram montadas nas residências, para a produção de peças em menores escalas, mais difíceis de serem produzidas pelas fábricas. Em meio a um contexto de hiperconectividade, indivíduos podem colaborar, compartilhar e produzir as suas próprias criações. Por outro lado, a crescente automatização de algumas atividades, em que é possível a substituição do trabalho humano pelo trabalho de máquinas ou robôs, traz uma preocupação mundial quanto à redução dos postos de trabalho e à necessidade de qualificação da mão de obra. Outra preocupação que vem se tornando cada vez mais importante, sobretudo a partir de meados do século XX, diz respeito à preservação do meio-ambiente, à utilização dos recursos naturais e ao impacto provocado pela geração e descarte de resíduos.

Vivemos, desta forma, em um contexto de rápidas transformações, em que a tecnologia está cada vez mais presente na vida das pessoas e também nos objetos que nos rodeiam. Temas como colaboração e compartilhamento de ideias em rede, inteligência artificial, manufatura aditiva, além de questões relacionadas ao meio ambiente, sociedade e oportunidades de acesso, são questões presentes e recentes que circundam o tema de nossa pesquisa, que interessam ao universo do design e que trazem contribuições para a nossa consulta aos usuários.

A seguir, na segunda seção deste capítulo, tratamos sobre os desafios da educação, na perspectiva da realidade brasileira, para inclusão do ensino maker nas escolas, e discutimos questões relacionadas a acesso e oportunidades, frente às exigências do contexto atual, que estudamos nesta seção.

## 2.2 Fabricação digital, ensino maker e desafios da educação

Nos dias atuais, muito se tem discutido, experimentado e divulgado sobre a aplicação de novas tecnologias, métodos e técnicas nas escolas, especialmente nos cursos de ensino fundamental e médio, como forma de promover maior estímulo à aprendizagem e à criatividade, utilizando os conteúdos abordados em sala de aula para resolução de problemas práticos do cotidiano.

Entre os diversos recursos que se vêm discutindo nesse meio, destaca-se o crescente debate quanto à adoção do ensino maker nas escolas: aulas interativas, em que, conforme nos fala Silveira (2016), os alunos são estimulados a “pôr a mão na massa”, para construir as suas próprias soluções, individual ou coletivamente, publicá-las e compartilhá-las com a comunidade, através da internet.

Embora essas atividades práticas, do tipo “faça você mesmo”, não sejam uma novidade entre os educadores, como lembra Marini (2019), uma vez que as escolas costumam utilizá-las em complemento aos conteúdos abordados, o ensino maker vem para aliar essa filosofia de um fazer prático, material, com as tecnologias da informação, de prototipagem rápida e fabricação digital, de colaboração e de compartilhamento em rede, presentes na cibercultura atual, conforme nos falam Anderson (2012) e Santaella (2003).

A implementação desses recursos nas escolas, no entanto, em especial nas escolas públicas no Brasil, enfrenta uma série de dificuldades, principalmente no que se refere a fatores como estrutura disponível nos centros de ensino, escassez de recursos financeiros e tecnológicos, além de questões sociais relacionadas às diferentes realidades vivenciadas no país.

Neste capítulo, propomos uma discussão quanto à aplicação do ensino maker nas escolas de ensino fundamental e médio. Tratamos sobre o acesso desses alunos às tecnologias de colaboração, prototipagem rápida e fabricação digital, com base em indicadores da realidade brasileira, frente à crescente divulgação desses recursos na mídia, e ao discurso da necessidade de aprendizagem dessas tecnologias, no momento atual da indústria 4.0, momento distinto de todos os outros, quando estudamos a atividade e processo do fazer humano. Trazemos para essa discussão autores como Anderson (2012), com os seus conceitos sobre a cultura maker, Santaella (2003), que nos fala sobre cibercultura, cultura de massas e cultura

de mídias, e Bourdieu (2007), sobre a influência dos capitais social e cultural na assimilação e no desempenho dos alunos no processo de aprendizagem.

### 2.2.1 Cultura maker, cibercultura, diferenças e oportunidades

O movimento maker, tal como conhecemos hoje e abordamos neste trabalho, é definido, nas palavras de Silveira (2016) como uma variação tecnológica da cultura do faça você mesmo, em que as pessoas comuns são estimuladas a construir, modificarem ou consertarem os seus objetos por conta própria, sem ajuda de mão de obra especializada.

O termo faça você mesmo - FVM, no inglês *do it yourself - DIY*, nesse contexto, foi empregado inicialmente na Europa, na primeira metade do Século XX, no período do pós-guerra, de acordo com Marini (2019), e foi adquirindo maior força a partir da década de 50, na Inglaterra, e década de 70 daquele século, nos Estados Unidos, impulsionados por alguns movimentos jovens emergentes como o *skiffle* e o *punk*, como exemplificam McKay (2011) e Anderson (2012):

A música *skiffle* – uma espécie de mix de jazz popular/folk/blues fácil de tocar – foi um exemplo real dos primórdios da cultura musical do DIY, por causa dos instrumentos que as bandas de *skiffle* tocavam. Eram todos feitos por eles mesmos usando materiais da vida doméstica diária. A tábua de lavar e alguns dedais foram usados para percussão, uma caixa grande de madeira fina e um cabo de vassoura faziam um contrabaixo. Então você só precisava de uma guitarra barata, um par de acordes e muita atitude, e tinha um tipo de banda rock'n'roll caseira! (MCKAY, 2011).

[...] a novidade do fenômeno punk da década de 1980 era que as bandas faziam mais que apenas tocar, elas também começaram a publicar. As fotocopiadoras estavam ficando comuns e daí surgiu a cultura "zine" de revistas FVM, que eram distribuídas em lojas e espetáculos, assim como por correio. Gravadores baratos de quatro faixas, ou multicanais, permitiam que as bandas gravassem e mixassem as próprias músicas, sem o apoio de estúdios profissionais. (ANDERSON, 2012, p. 61).

Para McKay (2011), a cultura do faça você mesmo, além do aspecto prático do aproveitamento de recursos disponíveis para a construção, personalização ou reparo de objetos, traz consigo, também, um elemento de reação à cultura de massa; uma das razões pela qual, segundo o autor, o FVM vem ganhando novo impulso nos últimos anos.

Esses movimentos, exemplificados por McKay (2011) e Anderson (2012), de produção e disponibilização de novos produtos e meios de comunicação (revistas,

cartazes, gravações, roupas), para públicos específicos, como alternativa a uma cultura de massa predominante, encontram paralelo com o que foi estudado por Santaella (2003), em relação às transformações culturais surgidas no século XX em que, a partir do surgimento de tecnologias como fotocopiadoras, gravadores de fitas K-7 e VHS, novas formas de consumo cultural foram surgindo, voltadas para demandas mais específicas e personalizadas; um consumo individualizado em oposição a um consumo massivo. Esse processo foi denominado por Santaella (2003) como o da cultura das mídias, conforme explica a autora:

[...] sob essa denominação de *Cultura das mídias*, procurava dar conta de fenômenos emergentes e novos na dinâmica cultural, quer dizer, o surgimento de processos culturais distintos da lógica que era própria da cultura de massas. Contrariamente a esta que é essencialmente produzida por poucos e consumida por uma massa que não tem poder para interferir nos produtos simbólicos que consome, a cultura das mídias inaugurava uma dinâmica que, tecendo-se e se alastrando nas relações das mídias entre si, começava a possibilitar aos seus consumidores a escolha entre produtos simbólicos alternativos. (SANTAELLA, 2003, p. 52).

As influências do *faça você mesmo*, na cultura e no cotidiano das pessoas no século XX, podem ser vistas, por exemplo, nas produções de revistas *fanzines*, abreviação no inglês de *fanatic magazine* - revista para fãs, nos cartazes, bem como em documentários e filmes que retratam essa época, como a animação *Ethel & Ernest*, de 2016, baseada no livro homônimo de 1998, que apresenta a vida cotidiana de um casal de trabalhadores da Inglaterra, entre os anos de 1928 a 1971.

O movimento maker, por sua vez, alia a filosofia do “faça você mesmo” com recursos tecnológicos de configuração (softwares de modelagem, kits de circuitos, ferramentas de fabricação digital e prototipagem rápida), de compartilhamento e de colaboração via internet. Anderson (2012), explica que esse movimento tem como marco inicial o lançamento da revista *Make Magazine*, em 2005, e a realização da primeira *Maker Faire*, no Vale do Silício, em 2006. Para Anderson, o movimento maker apresenta três características fundamentais:

1. Uso de ferramentas digitais desktop para o desenvolvimento e prototipagem de projetos de novos produtos (“FVM Digital”).
2. Cultura de compartilhamento de projetos e de colaboração em comunidades on-line.
3. Adoção de formatos comuns de arquivos de projetos, permitindo que qualquer pessoa envie seus projetos para serviços profissionais de fabricação, onde serão produzidos em qualquer quantidade, tão facilmente quanto podem fabricá-los em sua área de trabalho. Essa capacidade abrevia radicalmente a distância entre concepção e

empreendedorismo, da mesma maneira como a Web, nas áreas de software, informação e conteúdo. (ANDERSON, 2012, p. 24).

A atividade do *fazer*, de construir os próprios objetos, entretanto, não é uma novidade. Anderson (2012) argumenta que sempre houve artífices e inventores que, nos porões ou nas garagens de suas casas, colocavam em prática a criatividade, na resolução de problemas do cotidiano. A diferença agora é a inserção e o exercício dessa atividade em uma cultura de conexão, colaboração e compartilhamento em rede, através da internet, em que uma ideia pode ser compartilhada e produzida em qualquer parte do planeta. Nesse contexto, Bandoni (2016), em convergência com a teoria de Anderson, e trazendo nessa discussão o conceito de customização em massa, argumenta que:

Personalização não é algo novo: era a única via antes da Era Industrial e ainda é a maneira como as coisas são produzidas em muitas partes do planeta, incluindo diversos locais no Brasil. A diferença é que o acesso a novas tecnologias pode agora tornar possível a customização em massa, o que significa que muito mais pessoas terão a chance de fazer e possuir seus produtos únicos, em qualquer lugar. (BANDONI, 2016, p. 54).

As definições apresentadas por Anderson (2012), Bandoni (2016) e Silveira (2016), entre outros autores, quando tratam sobre a caracterização do movimento maker, convergem, entre outros aspectos, para a importância, nessa atividade, do acesso às tecnologias de colaboração e de compartilhamento em rede. Essa cultura presente em nossos dias, da comunicação e do acesso imediato a diversos produtos e serviços, por meio da internet - cultura digital ou cibercultura, vem sendo estudada por pesquisadores de diversas áreas; dentre eles, trazemos as discussões da autora Lúcia Santaella.

Segundo Santaella (2003), na cultura digital ou cibercultura, diferente do que ocorreu na chamada “cultura de massa” (em que os meios de difusão estavam concentrados nas mãos de alguns agentes, sendo a informação destinada a uma maior quantidade possível de pessoas, em uma disposição piramidal, como nos casos da televisão - TV e do rádio) e na “cultura das mídias” (período transitório entre a cultura de massa e a cultura digital em que, por meio da disponibilidade de diversos recursos como o controle remoto, gravadores, revistas e TVs a cabo, foi instituída uma cultura de consumo personalizado, cultura do disponível), na cultura digital ou cibercultura, está ocorrendo a convergência de todas as mídias para uma grande mídia, a internet.

Além disso, com a popularização dos smartphones e o aperfeiçoamento da internet móvel, a comunicação tornou-se cada vez mais rápida e a internet cada vez mais presente em nossas vidas. Produtos, serviços e pessoas estão ao alcance da mão, à distância de um toque. Em suas palavras, Santaella (2003) destaca ainda a possibilidade de maior engajamento e protagonismo que essas tecnologias podem proporcionar, ao afirmar que:

Cada um pode tornar-se produtor, criador, compositor, montador, apresentador, difusor de seus próprios produtos. Com isso, uma sociedade de distribuição piramidal começou a sofrer a concorrência de uma sociedade reticular de integração em tempo real. Isso significa que estamos entrando numa terceira era midiática, a cibercultura. (SANTAELLA, 2003, p.82).

Na mesma linha de pensamento apresentado por Santaella, Anderson (2012), ao falar sobre as possibilidades trazidas pelas tecnologias de comunicação em rede, prototipagem rápida e fabricação digital, afirma que os usuários não dependem mais da indústria para verem concretizadas as suas ideias: agora, qualquer pessoa pode conceber e produzir os seus objetos. Pode, ainda, por meio das ferramentas de colaboração online, compartilhar as suas criações, que poderão ser acessadas, produzidas ou alteradas por outras pessoas. Para Anderson, da mesma forma como ocorreu com as redes sociais nas últimas décadas, em relação a uma maior disponibilidade e consumo de informação de conteúdo amador na web, essas tecnologias possibilitam agora a criação e a propagação de bens físicos, por pessoas comuns.

Entretanto, para que essas ideias possam se tornar realidade, é necessária a oportunidade de acesso a treinamentos, equipamentos e tecnologias da informação, em especial o acesso à internet de boa qualidade. Sobre esse aspecto, Santaella (2012) afirma que “a banda larga passará a ser uma das principais métricas da qualidade de infraestrutura de um país, porque, por meio dela, serão viabilizadas as principais atividades da sociedade, como, educação, lazer, cultura, comércio etc.” (SANTAELLA, 2012, p.42).

Segundo os dados de uma pesquisa realizada pela União Internacional das Telecomunicações, agência da Organização das Nações Unidas (ONU), especializada em tecnologias de informação e comunicação, publicada em novembro de 2019, cerca de 3,6 bilhões de pessoas (46,5% da população mundial) não possuem acesso à rede mundial de computadores. Analisando a distribuição por

gênero, constatou-se que 52% da população feminina mundial não possui acesso à internet, em comparação com 42% da população masculina. Quanto às diferenças regionais, a Europa possui cerca de 82,5% da população com acesso à internet, enquanto na África essa média se desloca para cerca de 28,2%. (ONU, 2019). Esses números mostram que ainda há um longo caminho a se percorrer, em relação a uma melhor distribuição das tecnologias de comunicação digitais.

Em relação ao custo e à oferta de equipamentos, tomando como referência a impressora 3D de filamento plástico, equipamento mais acessível para impressão de artefatos em casa, percebe-se uma redução gradativa nos preços e aumento nas vendas globais. Segundo números trazidos por Wade, Garland e Underwood (2017), em 2001, uma impressora 3D custava pelo menos 45.000 dólares; hoje uma impressora para uso pessoal custa entre 1.000 e 10.000 dólares. Schwab (2019) aponta que quase 133 mil impressoras 3D foram vendidas em 2014, um volume 68% maior que o verificado em 2013. Desse total, segundo aquele autor, a maior parte das impressoras vendidas custava até 10.000 dólares.

Por fim, diante de um atual cenário de hiperconectividade, proporcionado por uma internet móvel e cada vez mais ubíqua nos grandes centros urbanos, Santaella (2012) nos alerta para o fato de que “a consciência da necessidade de se usar a tecnologia, estar conectado, porém com desconexão consciente, passará a ser um item obrigatório para a garantia do equilíbrio psíquico e mesmo físico” (SANTAELLA, 2012, p.42).

### 2.2.2 Ensino maker e apontamentos sobre a realidade brasileira

A disseminação dos recursos tecnológicos de comunicação, softwares, kits de eletrônica e ferramentas de prototipagem rápida e fabricação digital, proporcionada entre outros fatores pela divulgação do movimento maker e da cultura do “faça você mesmo”, traz consigo o discurso e a expectativa quanto à criação de um ambiente favorável ao surgimento de novas ideias, de novas criações: pessoas podem criar e compartilhar soluções, objetos de uso pessoal, respostas à demandas não atendidas pela indústria tradicional, projetos colaborativos ou realizar experimentos para livre estímulo à criatividade.

Na esteira desse pensamento, educadores e governos, em conjunto com universidades, laboratórios e instituições de pesquisa e desenvolvimento, vêm

discutindo e implementando a adoção do ensino maker como componente curricular nas escolas, nos cursos de ensino fundamental e médio, como ferramenta para exercício da criatividade e estímulo à produção de ideias, resolução de problemas do cotidiano ou de questões relacionadas às demais disciplinas do curso. Para Silva, Souza e Teixeira (2020), o ensino maker nas escolas promove a inserção dos alunos em um ambiente de inovação, promovendo competências e estimulando práticas inovadoras.

A educação maker nas escolas, portanto, mais do que ensinar a empregar técnicas ou a utilizar equipamentos, traz consigo a ideia do estímulo à criatividade e à inovação, através do exercício do planejamento, da criação, da experimentação e do compartilhamento de soluções, por meio da confecção de artefatos. Essa produção pode ser realizada de forma artesanal, utilizando materiais disponíveis no contexto de cada aluno, ou por meio das ferramentas digitais, utilizando recursos tecnológicos como computadores, softwares de modelagem, impressoras 3D ou cortadoras a laser. Anderson (2012) defende a adoção desses recursos, destacando como exemplo a iniciativa realizada na gestão Barack Obama, na presidência dos Estados Unidos (2009 a 2017), em que o ensino maker foi incluído no currículo de diversas escolas, para estímulo à inovação e ao empreendedorismo. Nas palavras daquele autor, são diversas as possibilidades a serem exploradas:

[...] Imagine um curso em que as crianças aprendessem a usar ferramentas de 3-D CAD, como Sketchup ou Autodesk 123D. Algumas projetariam edifícios e estruturas fantásticas, da mesma maneira como já os esboçam em seus cadernos. Outras desenvolveram videogames complexos, com paisagens e veículos. E ainda outras inventaram máquinas. Ainda melhor, imagine se essas oficinas de desenho industrial tivessem algumas impressoras 3-D ou cortadoras a laser. Todas essas ferramentas de design desktop têm um item de menu denominado "Make". As crianças poderiam realmente fazer o que desenhar na tela. É assim que se criaria uma geração de Makers. É assim que se formaria a nova onda de empreendedores fabricantes (ANDERSON, 2012, p. 61).

Na cidade do Recife, cerca de trinta por cento das escolas municipais funcionavam em regime integral, até o ano de 2019 (antes do início da pandemia do coronavírus); nesse formato, o contraturno escolar era utilizado para a realização de atividades complementares. Dentre essas atividades, começaram a ser oferecidas, no ano de 2019, oficinas de ensino maker. A carência dos recursos tecnológicos, necessários para a realização dessas oficinas, na maioria das escolas, levou o governo municipal a firmar parcerias com laboratórios maker. Para superar essa

carência, segundo Borges (2019), a prefeitura do Recife planejava implementar espaços físicos, com equipamentos e recursos adequados para o ensino maker, nas 36 escolas municipais, até o final de 2020, ao custo estimado de R\$ 10 milhões.

Essas tecnologias despertam interesse e curiosidade, sobretudo nas crianças e nos adolescentes. Ver a sua ideia tomando forma, modelada tridimensionalmente num computador e em seguida materializada em uma impressora 3D, uma fresadora ou uma cortadora a laser, é motivo de encantamento para quem inicia o convívio com esses equipamentos. Esse encantamento, a vontade de aprender e de dominar o uso dessas tecnologias, aliado ao discurso da necessidade, frente à realidade da indústria 4.0, vem fazendo crescer a demanda pelo ensino maker nas escolas.

No entanto, existem algumas barreiras a serem superadas, na construção desse caminho, no Brasil: o acesso à internet e aos equipamentos de informática, por exemplo, é uma possibilidade ainda distante para uma parcela expressiva dos nossos estudantes. Segundo dados da pesquisa TIC<sup>4</sup> Educação 2019, cerca de 39% dos estudantes das escolas públicas urbanas não têm acesso a computador em suas residências, em contraponto aos alunos das escolas particulares, em que o mesmo índice é de 9% (OLIVEIRA, 2020). Em relação à disponibilidade de internet, a pesquisa TIC Domicílios 2019 constatou que aproximadamente 30% dos domicílios no Brasil não têm acesso a esse serviço. Considerando as diferenças entre as classes sociais, nas famílias cujo rendimento é de até um salário mínimo por mês, cerca de 50% não possuem internet, enquanto nas famílias de classe A, esse índice é de 1%. Em relação às diferenças regionais, cerca de 50% das residências em zonas rurais não possuem acesso à internet. Na região Norte, esse índice chega a 77%, nas áreas não urbanas (TENENTE, 2020). Essas diferenças passaram a ser evidenciadas a partir da necessidade de implementação do ensino remoto, em todo o país, como alternativa à impossibilidade de realização de aulas presenciais, por conta das medidas de distanciamento social, relacionadas à pandemia do Coronavírus, no ano de 2020.

A infraestrutura das escolas públicas, no Brasil, é outro fator importante a se considerar: segundo levantamento realizado pelo movimento Todos pela Educação, com base no Censo Escolar de 2015, apenas 4,8% das escolas públicas do ensino fundamental têm todos os itens de infraestrutura previstos em lei, no Plano Nacional

---

<sup>4</sup> Tecnologia da Informação e Comunicação

de Educação (PNE). São itens como acesso a energia elétrica, água tratada e esgotamento sanitário, acessibilidade de pessoas com deficiência, espaços para atividades esportivas e culturais, equipamentos e laboratórios de ciências. Nas escolas de ensino fundamental, por exemplo, apenas 8,6% possuem laboratório de ciências, 31% possuem quadra esportiva e 91,5% possuem acesso à água tratada e ao tratamento de esgoto, por exemplo (TOKARNIA, 2016).

Esse distanciamento de realidades, trazendo como foco os estudantes do ensino fundamental e o acesso às tecnologias digitais, nos remontam à abordagem sobre os capitais cultural e econômico, proposta pelo sociólogo francês Pierre Bourdieu: ao observar e analisar a estrutura educacional nas escolas da França na década de 60, Bourdieu apontou pensamentos sobre o repertório que cada indivíduo adquire, e o quanto isso influencia no processo de aprendizagem, buscando, dessa forma, entender as origens das diferenças sociais e de sua manutenção, por meio dos sistemas de educação.

Nesse contexto, a escola, através de um discurso de ensino universal, diz ofertar a todos a mesma oportunidade e possibilidade de crescimento pessoal e profissional. Entretanto, Bourdieu verificou que o repertório individual, as qualificações intelectuais, atrelados a cultura e posse de cada família, influenciam diretamente na capacidade de assimilação e de apropriação dos estudantes. Esse discurso universal, propagado pelas escolas, sem prestar atenção aos contextos dos alunos, acaba por legitimar a desigualdade.

É provavelmente por um efeito de inércia cultural que continuemos tomando o sistema escolar como um fator de mobilidade social, segundo a ideologia da 'escola libertadora', quando, ao contrário, tudo tende a mostrar que é um dos fatores mais eficazes de conservação social, pois fornece a aparência de legitimidade às desigualdades sociais, e sanciona a herança cultural e o dom social tratado como dom natural (BOURDIEU, 2007, p. 41).

Esse repertório de conhecimentos, obtidos, assimilados e incorporados no ambiente familiar, decorrente das experiências vivenciadas, dos saberes absorvidos e dos bens culturais acessados, é único para cada indivíduo, e contribui para o seu futuro desempenho escolar: aqueles que tiveram melhores oportunidades de acesso aos bens culturais, terão maiores possibilidades de assimilação e domínio dos conteúdos lecionados, e poderão conquistar melhores posições na comunidade acadêmica, aumentando ainda mais seu conjunto de qualificações intelectuais. Esse repertório, designado por Bourdieu como um capital cultural, foi analisado por esse

autor, em conjunto com o capital econômico (conjunto de recursos patrimoniais e financeiros), na influência do desempenho escolar dos alunos, em que afirma:

[...] a noção de capital cultural impôs-se, primeiramente, como uma hipótese indispensável para dar conta da desigualdade de desempenho escolar de crianças provenientes das diferentes classes sociais, relacionando o sucesso escolar, ou seja, os benefícios específicos que as crianças das diferentes classes e frações de classe podem obter no mercado escolar, à distribuição do capital cultural entre as classes e frações de classe (BOURDIEU, 2007, p. 73).

Em termos práticos, é possível supor que os alunos que disponham de recursos como internet de alta velocidade e computador, além de acesso à educação de qualidade, inclusive com estudo de língua estrangeira, terão maiores possibilidades de assimilação e domínio das ferramentas de prototipagem e fabricação digitais pois, além de estarem familiarizados com o uso da informática, podem acessar, a qualquer momento, vídeos, tutoriais e repositórios de arquivos digitais, na internet, além de compartilhar e trocar experiências com pessoas de qualquer parte do mundo. Há, ainda, a possibilidade de aquisição dos equipamentos, aumentando ainda mais a vantagem nesse aprendizado. Essa vantagem, por sua vez, poderá se capitalizar em melhores oportunidades no mercado de trabalho.

A realidade verificada no universo das escolas públicas brasileiras, muitas delas ainda sem acesso ao básico para o seu funcionamento, frente ao atual contexto da indústria 4.0 e ao discurso da necessidade de aprendizagem das tecnologias de fabricação digital, traz à nossa realidade as reflexões de Bourdieu, quanto persistente influência dos capitais cultural e econômico no desempenho escolar: aqueles que nascem ou convivem com o acesso a esses conhecimentos e tecnologias, largam na frente nessa corrida, conseguem melhores oportunidades de capacitação e podem mais rapidamente ter acesso a boas oportunidades.

Apesar das iniciativas existentes, realizadas através de parcerias entre governos, instituições de ensino, laboratórios, escolas, entre outros, verifica-se que ainda há um grande abismo a se enfrentar, no caminho da democratização digital, e algumas perguntas, por fim, ficam em aberto: nesse contexto, em que quase metade dos estudantes não possuem computadores em casa, o que afirmar sobre a democratização do acesso às tecnologias digitais, para fabricação de artefatos? Partindo do discurso atual, de que todos podem fabricar os seus objetos, como

solucionar essa escassez de recursos? Apenas o acesso aos equipamentos nas escolas irá garantir essa cultura do fazer digital? Como oferecer a capacitação necessária à população, para o manuseio das ferramentas digitais, nesse contexto da indústria 4.0?

### 2.2.3 Conclusões da seção

A implementação do ensino maker, nas escolas de ensino fundamental e médio, tornou-se uma pauta recorrente entre educadores, governos, laboratórios e instituições de ensino e pesquisa. Sob o discurso da necessidade de capacitação para um modelo de indústria em transformação, experiências vêm sendo realizadas em escolas de diversas localidades, sobretudo nas capitais, fruto de parcerias realizadas entre governos, instituições de ensino e laboratórios de fabricação digital.

Nas oficinas maker, os alunos são estimulados ao exercício da criatividade, na resolução de diversos problemas do cotidiano, geralmente através da confecção de artefatos. Além disso, utilizando-se das ferramentas de comunicação via internet, características da cultura digital em que vivemos, caracterizada por Santaella (2003), orientados a realizar os registros (textos, desenhos, fotografias) e compartilhar as suas experiências com a comunidade.

Analisando a realidade brasileira, entretanto, vemos que o discurso maker de democratização dos meios de produção, conforme a fala de Anderson (2012), de que qualquer pessoa pode produzir os seus objetos, é uma possibilidade ainda distante para grande parte dos alunos brasileiros: 30% dos domicílios não dispõem de serviço de internet e 39% não possuem computador. Esses números se tornam mais agravados quando analisadas as famílias de menor poder aquisitivo ou regiões mais afastadas dos grandes centros urbanos.

Em outras palavras, alunos com maior poder aquisitivo, com acesso aos recursos culturais e tecnológicos, iniciam esse aprendizado com vantagem, pois têm acesso a melhores oportunidades. Tal como apontado por Bourdieu, as diferenças entre os capitais econômico e cultural, verificados entre os alunos, impactam diretamente nas oportunidades de obtenção e assimilação desses conteúdos.

Há muitas barreiras a serem superadas, em países como o Brasil, no caminho da democratização das tecnologias de fabricação digital. A melhoria das condições de ensino nas escolas públicas, e ampliação do acesso à internet e a computadores,

são medidas iniciais necessárias, mas há um longo caminho a ser percorrido, para capacitação da população, frente às necessidades da quarta revolução industrial.

Na próxima seção, tratamos sobre a manufatura aditiva e a sua utilização no ambiente doméstico. Apresentamos o conceito, as tecnologias e normas atualmente vigentes, abordamos com mais detalhes a tecnologia da manufatura aditiva por extrusão de material e trazemos um estudo mais aprofundado sobre as diversas etapas envolvidas na utilização doméstica dessa tecnologia, suas características e problemáticas envolvidas nesse uso.

## 2.3 Manufatura aditiva no ambiente doméstico

### 2.3.1 Introdução à manufatura aditiva

Conforme definição apresentada por Volpato (2017), a manufatura aditiva é um processo de fabricação realizado por meio da adição sucessiva de material, na forma de camadas, a partir de informações sobre a geometria tridimensional da peça, fornecidas por um sistema computacional. Schwab (2016), por sua vez, explica que a manufatura aditiva “consiste na criação de um objeto físico por impressão, camada sobre camada, de um modelo ou desenho digital em 3D” (SCHWAB, 2016, p. 24).

Esse processo, em termos gerais, ocorre da seguinte maneira: inicialmente, é realizada a modelagem tridimensional da peça a ser confeccionada, em software de desenho assistido por computador - CAD (Figura 2).

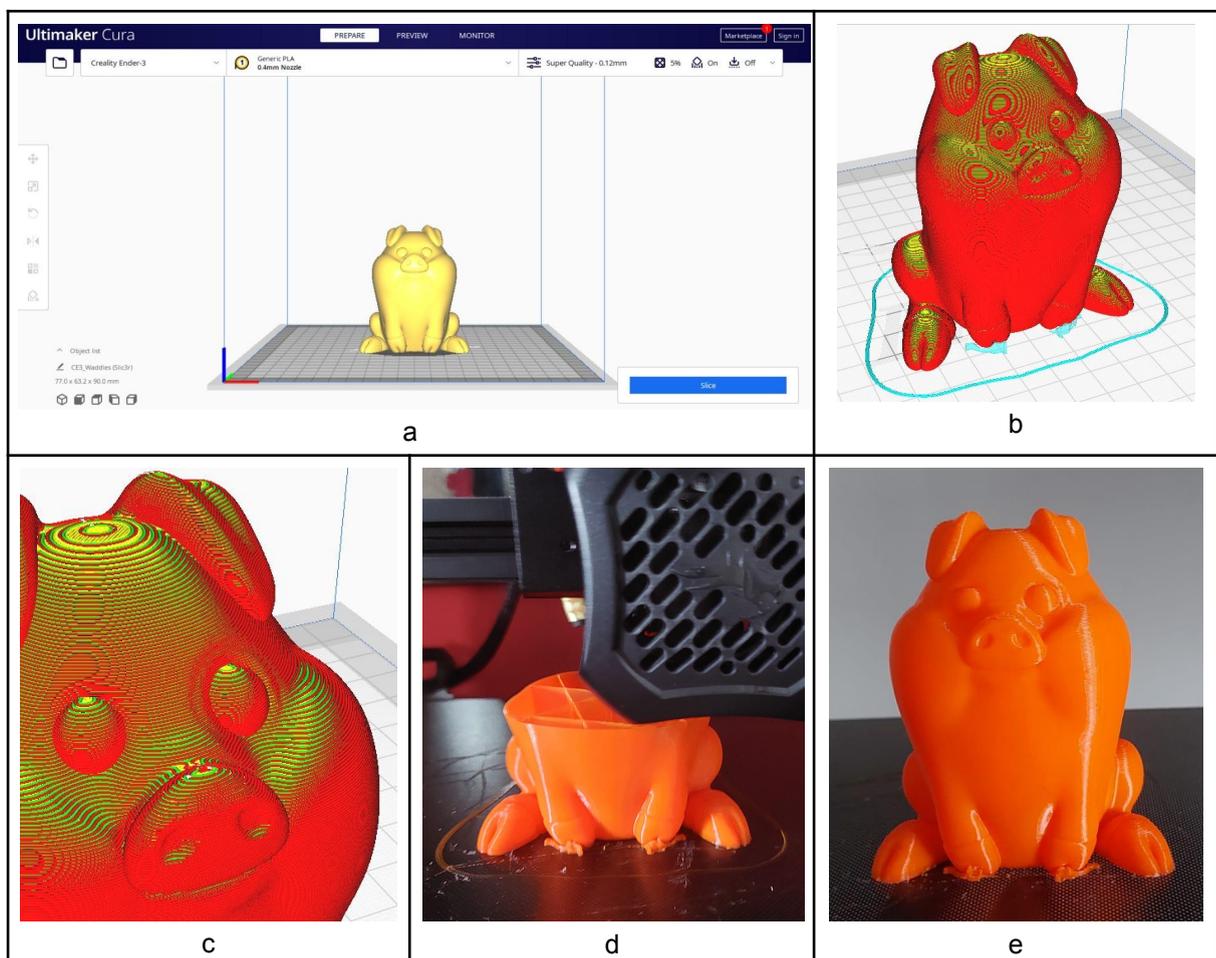
Figura 2 - Modelagem em 3D da peça, em programa CAD



Fonte: O autor (2022).

Em seguida, com uso de um software de planejamento, são configurados os parâmetros de fabricação, e o modelo 3D da peça é fatiado, sendo definidas as regiões que irão receber o material, em cada camada (Figura 3 a, b, c). Com base nas definições estabelecidas no fatiamento, o equipamento de manufatura aditiva vai depositando o material em uma região específica, sobre a superfície de uma base, formando uma camada (Figura 3 d). Em seguida, uma segunda camada é formada, sobre a superfície da primeira, aderindo a essa, assim por diante, até a construção total do objeto (Figura 3 e).

Figura 3 - Etapas gerais do processo de manufatura aditiva



Fonte: O autor (2022).

A manufatura aditiva é popularmente conhecida como impressão 3D (em três dimensões), em uma analogia com o processo de impressão em papel, que ocorre em duas dimensões. Essa comparação, estabelecendo pontos de semelhança entre

os dois processos, é apresentada de forma didática por Anderson (2012) quando, ao explicar o funcionamento básico de uma impressora 3D, argumenta que:

A impressora 3-D e a impressora de papel que provavelmente você já tem em sua mesa de trabalho desempenham funções semelhantes. A tradicional impressora a laser (ou a jato de tinta) é 2-D: converte pixels da tela em pontos de tinta ou toner, em meio 2-D, geralmente papel. Uma impressora 3-D, contudo, parte de "geometrias" na tela (objetos 3-D criados com os mesmos tipos de ferramentas que Hollywood usa para fazer filmes CG (Computer-Generated) e as converte em objetos que se podem pegar e usar. Algumas impressoras 3-D extrudam plástico derretido em camadas para fazer esses objetos, enquanto outras usam laser para endurecer camadas de líquido ou pó, de modo que o produto surja de um banho de matéria-prima. Ainda outras produzem objetos a partir de qualquer material, como vidro, aço, bronze, titânio até cobertura para bolo. Imprimem-se tanto flautas quanto comidas. [...] (ANDERSON, 2012, p.94).

As bases para os princípios da manufatura aditiva remontam ao século XIX, em estudos realizados nas áreas da topografia e da fotoescultura, sobre modelagem de superfícies tridimensionais, em especial ao método desenvolvido por Blather em 1890, para a construção de moldes em três dimensões, a partir da sobreposição de lâminas com contornos de curvas de nível. A esse estudo seguiram-se diversos outros, com uso de tecnologias, métodos e materiais diversos, como papel cartão, placas transparentes e resinas. O primeiro equipamento comercial de manufatura aditiva, no entanto, só veio a ser lançado no ano de 1987, tendo como método para a fabricação de peças a utilização de um feixe de raios laser, que incidia sobre uma superfície de resina líquida, solidificando e formando, através de camadas, o objeto pretendido. Este processo foi denominado *stereolithography apparatus*, ou SLA-1. (LIRA, 2021; VOLPATO, 2017).

A partir de então, vários outros processos foram desenvolvidos, a partir de experimentos utilizando diversos tipos de materiais e tecnologias. Esses processos eram geralmente denominados pelo termo 'prototipagem rápida', por possibilitarem a agilização na confecção de protótipos, pela indústria, durante o desenvolvimento dos projetos de produtos. Entretanto, com o aprimoramento dessas tecnologias, o nível de qualidade dos objetos produzidos melhorou consideravelmente nos últimos anos, e alguns processos já são utilizados na produção de peças para uso final. (LIRA, 2021; PUPO, 2009; VOLPATO, 2017).

Na ausência de uma norma unificadora, no entanto, vários termos eram utilizados para designar esses processos e suas tecnologias. A padronização dos termos e nomenclaturas, associados à tecnologia da manufatura aditiva, veio ocorrer

em 2015, com a primeira edição da norma ISO-ASTM 52900, conforme especificado na introdução dessa norma:

[...] Durante o desenvolvimento da tecnologia de manufatura aditiva, foram utilizados inúmeros termos e definições diferentes, muitas vezes com referência a áreas de aplicação e marcas específicas. Isso geralmente é ambíguo e confuso, o que dificulta a comunicação e a aplicação mais ampla dessa tecnologia.

A intenção desta Norma é fornecer um entendimento básico dos princípios fundamentais para os processos de manufatura aditiva e, com base nisso, fornecer definições claras para termos e nomenclatura associados à tecnologia de manufatura aditiva. O objetivo desta padronização de terminologia para manufatura aditiva é facilitar a comunicação entre as pessoas envolvidas neste campo da tecnologia em todo o mundo.

Esta Norma Internacional foi desenvolvida pela ISO/TC 261 e ASTM F42 em estreita cooperação, com base em um acordo de parceria entre a ISO e ASTM International, com o objetivo de criar um conjunto comum de normas ISO/ASTM para a manufatura aditiva. [...] (ISO-ASTM, 2015, p.v, tradução nossa).

A norma ISO-ASTM 52900 (2015) traz em seu texto principal um conjunto de termos padronizados, referentes a diversos aspectos dos processos de manufatura aditiva, agrupados em seções como: termos gerais, categorias de processo, dados, materiais utilizados, aplicações e propriedades. Além disso, traz em seus anexos apresentações quanto aos princípios básicos dos principais processos existentes.

A partir dessa norma, a nomenclatura utilizada para designar os processos de fabricação através da adição sucessiva de material, aceita pela academia e pela indústria em geral, passou a ser a 'manufatura aditiva'. O termo 'impressão 3D', por sua vez, ficou associado aos equipamentos de manufatura aditiva de menor custo, voltados para os usuários domésticos, não técnicos. (VOLPATO, 2017).

As principais tecnologias de manufatura aditiva, atualmente disponíveis, estão classificadas, nessa norma, de acordo com o princípio de processamento do material, para a formação das camadas, conforme demonstrado no Quadro 4, sendo elas: fotopolimerização em cuba, extrusão de material, jateamento de material, jateamento de aglutinante, fusão de leito de pó, adição de lâminas, e deposição com energia direcionada. Todas essas tecnologias são de utilização industrial e passaram a ser melhor classificadas pela norma já citada. Reforçamos que o nosso estudo está focado na utilização da tecnologia de extrusão de material, especificamente a modelagem por fusão e deposição (FDM), no ambiente doméstico. Pela definição da norma ISO-ASTM, portanto, nas tecnologias de impressão 3D.

Quadro 4 - Classificação das principais tecnologias de manufatura aditiva

Classificação das tecnologias AM	Descrição dos princípios	Algumas tecnologias na categoria
Fotopolimerização em cuba	Polímero fotossensível líquido é curado seletivamente em uma cuba por polimerização ativada por luz*	Estereolitografia ( <i>stereolithography</i> – SL), produção contínua com interface líquida ( <i>continuous liquid interface production</i> – CLIP), tecnologia da empresa Invision-TEC, outros
Extrusão de material	Material é extrudado através de um bico ou orifício, sendo seletivamente depositado	Modelagem por fusão e deposição ( <i>fused deposition modeling</i> – FDM), MakerBot, RepRap, Fab@Home, outros
Jateamento de material	Material é depositado em pequenas gotas de forma seletiva	PolyJet, impressão por múltiplos jatos ( <i>MultiJet printing</i> – MJP), tecnologia da Solidscape, outros
Jateamento de aglutinante	Um agente aglutinante líquido é seletivamente depositado para unir materiais em pó	Impressão colorida por jato (ColorJet Printing – CJP), tecnologia da VoxelJet, tecnologia da ExOne, outros
Fusão de leito de pó	Energia térmica funde seletivamente regiões de um leito de pó	Sinterização seletiva a laser ( <i>selective laser sintering</i> – SLS), sinterização direta de metal a laser ( <i>direct metal laser sintering</i> – DMLS), fusão seletiva a laser ( <i>selective laser melting</i> – SLM), LaserCUSING, fusão por feixe de elétrons ( <i>electron beam melting</i> – EBM), outros
Adição de lâminas	Lâminas recortadas de material são unidas (coladas) para formar um objeto	Manufatura laminar de objetos ( <i>laminated object manufacturing</i> – LOM), tecnologia da Solido, deposição seletiva de laminados ( <i>selective deposition lamination</i> – SDL), outros
Deposição com energia direcionada	Energia térmica é usada para fundir materiais à medida que estes são depositados	Forma final obtida com laser ( <i>laser engineered net shaping</i> – LENS), deposição direta de metal ( <i>direct metal deposition</i> – DMD), revestimento a laser tridimensional ( <i>3D laser cladding</i> ), outros

\*Observação: os processos que utilizam projeção de luz UV (com ou sem máscara) e cujo material não fica necessariamente em uma cuba estão inclusos nesse grupo.

Fonte: Volpato (2017, p.24).

Dentre as principais vantagens desses processos, estão: a possibilidade de confecção de peças com geometria complexa, uma vez que a produção é realizada camada por camada, sem necessidade de moldes ou aparatos especiais; a pouca ou nenhuma necessidade de intervenção humana durante a fabricação, sendo as peças produzidas em um único equipamento; o menor desperdício de material, uma vez que o volume gasto é praticamente o volume do produto confeccionado, exceto as estruturas de suporte. (VOLPATO, 2017).

Anderson (2012) destaca outra possibilidade proporcionada pelas tecnologias de manufatura aditiva: a produção em massa de objetos personalizados: uma vez que nesses processos a produção é automatizada, e que não há necessidade de trocas de ferramentas ou moldes para a produção de diferentes peças, como ocorre nos processos tradicionais, é possível produzir lotes contendo um mesmo produto ou produtos diferentes, gastando-se o mesmo tempo. A personalização não traz custo à produção, uma vez que as mudanças ocorrem nas etapas anteriores, de modelagem e de planejamento. Fazer cem peças iguais ou cem peças diferentes, personalizadas, em termos de produção, não surtem diferença em relação ao tempo ou aos custos. Em uma lógica inversa à da produção em massa, a impressão 3D favorece a personalização em massa, a individualização e a customização. Segundo Anderson (2012), o que é dispendioso na fabricação tradicional, torna-se gratuito na manufatura aditiva:

1. Variedade é de graça: A diferenciação não é mais dispendiosa que a padronização. Não custa mais caro fazer todos os produtos diferentes.
2. Complexidade é de graça: Produtos complexos, com muitos componentes pequenos, podem ser impressos em 3-D ao mesmo custo de blocos de plástico uniformes. O computador não se importa com a quantidade de cálculos.
3. Flexibilidade é de graça: Mudar o produto depois do início da produção significa mudar o programa. As máquinas continuam as mesmas. (ANDERSON, 2012, p. 101).

Esse autor adverte, no entanto, que a produção em larga escala não produz economia, na manufatura aditiva. Enquanto nos processos tradicionais a produção em massa reduz o preço unitário por peça, na manufatura aditiva o custo será o mesmo. Os processos tradicionais favorecem a produção em massa, enquanto a manufatura aditiva favorece a personalização em massa (ANDERSON, 2012).

### 2.3.2 Etapas da manufatura aditiva

De acordo com Lira (2021) e Volpato (2017), um processo de manufatura aditiva é composto por cinco etapas principais, que apresentamos genericamente a seguir, e analisaremos com maiores detalhes, focando especificamente na utilização doméstica da impressão 3D, na seção 2.3.4 deste capítulo.

O processo tem início com a modelagem tridimensional, para a obtenção de um modelo geométrico em três dimensões da peça a ser fabricada. A modelagem pode ser realizada por meio de software de CAD, obtida através da digitalização em scanner 3D ou da aquisição de um modelo pronto, em fontes externas.

Em seguida, o modelo tridimensional é exportado para um formato específico, compatível com os programas de planejamento de manufatura aditiva, sendo o mais utilizado o padrão STL - stereolithography, em que a geometria tridimensional da peça é convertida em uma malha de triângulos, conforme explicamos com maiores detalhes na seção 2.3.2.1 a seguir.

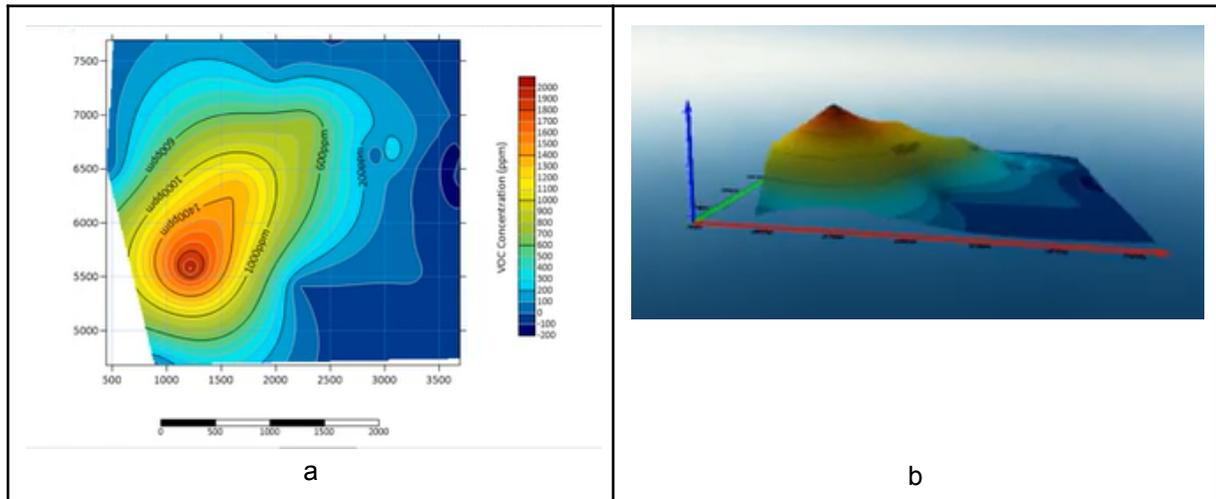
### *2.3.2.1 Linguagem da malha triangular*

A representação de artefatos físicos através da sobreposição de camadas surge, historicamente, a partir da necessidade de se descrever e retratar superfícies topográficas em três dimensões, para realização do estudo das formas e das medidas da terra. Segundo Volpato (2017), a topografia é um dos métodos de construção de superfícies, indicando também a técnica da fotoescultura, em que se usa a resina fotopolimerizável, como outra maneira de se obter tais representações. Nesta seção iremos nos deter a explicar o processo da linguagem das malhas triangulares a partir da representação topográfica, como princípio para obtenção de arquivos para a impressão de peças 3D.

Para impressão 3D, a extensão do arquivo deve ser salva em .stl. No entanto esta extensão pode ser definida como Standard Triangle Language (STL), ou ainda Standard Tessellation Language (STL), também conhecida como a abreviação da palavra STereoLithography. Dessa maneira, durante o desenvolvimento desta pesquisa, verificamos que este formato de arquivo representa a geometria de uma superfície a partir de uma malha poligonal formada por triângulos. Esta configuração permite a materialização de formas distintas e complexas, em que se transpõe informações da geometria, arquitetura e estrutura dos sólidos a serem impressos.

Uma das formas de tratar esta linguagem é trazendo dados da área do desenho topográfico (Figura 4) a partir da geometria descritiva, ao juntar elementos de um levantamento topográfico e sua representação gráfica.

Figura 4 - Superfície topográfica gerada com uso do software Surfer



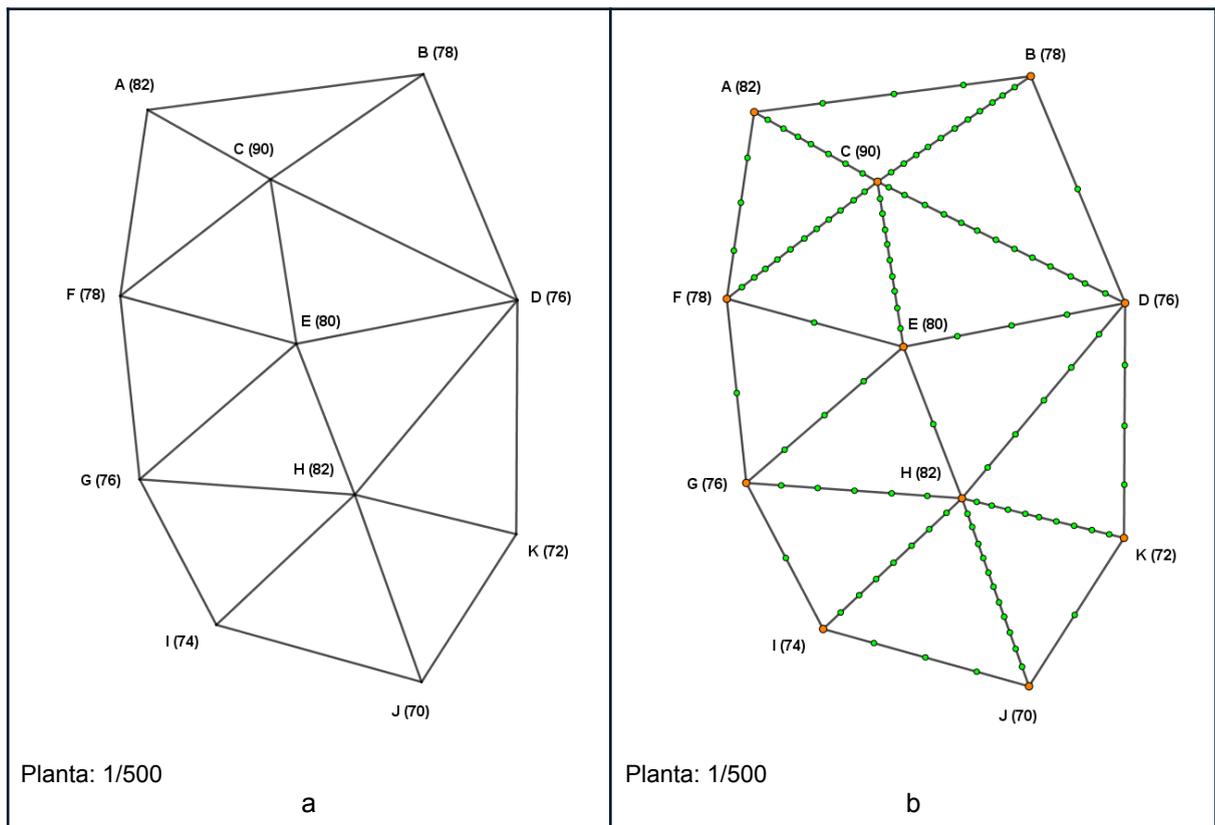
Fonte: Surfer (2022).

O processo se inicia a partir do levantamento de informações de uma superfície irregular, por exemplo, que se pretende representar. As medidas dos ângulos, do perímetro e da área são imprescindíveis para que a superfície seja transformada em imagem, e isso envolve dados geométricos e gráficos. Todo este processo está baseado no sistema de representação ortogonal; assim, tal execução gráfica será feita através de planta baixa e da construção de perfis, cortes imaginários, em que se reúne referências planimétricas e altimétricas (Figura 5), gerando a figura gráfica que se deseja.

A Figura 5 a, imagem da esquerda, apresenta a planta de uma superfície com a indicação das suas principais cotas, com todas as medidas em metro. A construção da malha triangular é feita a partir da junção das distâncias, dos ângulos e das cotas entre os pontos indicados (de A a K).

Na imagem da direita, Figura 5 b, considera-se o lado de cada triângulo, da malha, como uma linha reta e deve-se dividir cada linha de acordo com os intervalos das cotas indicadas entre os pontos da extremidade, como por exemplo, os pontos I (74) e H (82) que formam uma linha e deve ser dividida em oito partes iguais, e assim sucessivamente em todos os outros lados dos triângulos. Cada ponto representado deve ser considerado como um valor de cota.

Figura 5 - Imagem gráfica da planta da superfície com as suas cotas

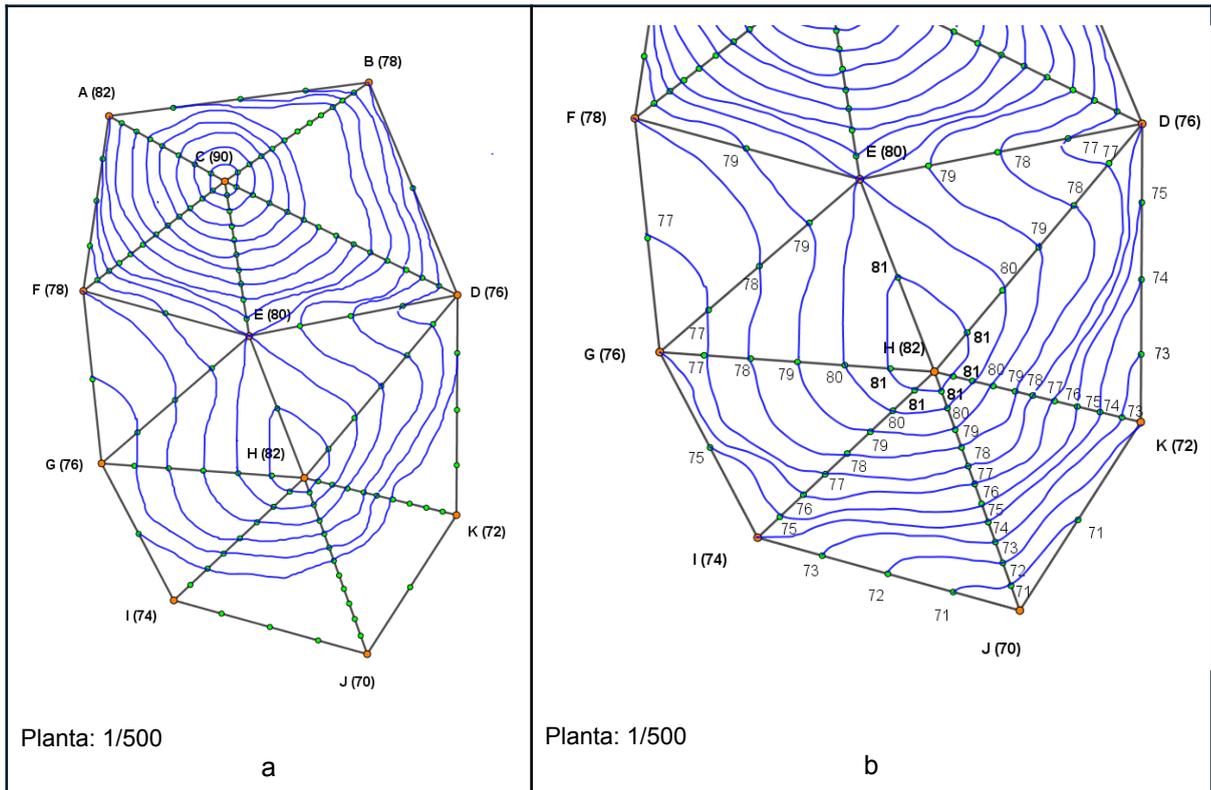


Fonte: O autor (2022).

A Figura 6, que apresentamos a seguir, representa a construção das curvas de nível desta superfície em estudo. Uma curva de nível é obtida através de um plano horizontal imaginário que corta a área em vários planos paralelos e equidistantes. Cada plano gera curvas de nível que contém todos os pontos da mesma cota, ou seja, a mesma altura, numa determinada área.

Dessa maneira, para representar as curvas de nível deve-se ligar as cotas iguais que dirigem-se ao mesmo centro, por exemplo, a cota 81 que precede o ponto H (82), Figura 6 b. As retas H (82) E (80), H (82) D (76), H (82) K (72), H (82) J (70), H (82) I (74) e H (82) G (76) possuem a cota 81, todos os pontos que representam tal cota devem ser ligados, formando uma linha curva e fechada. O mesmo procedimento deve ser repetido com todas as cotas.

Figura 6 - Construção das curvas de nível no processo da triangulação

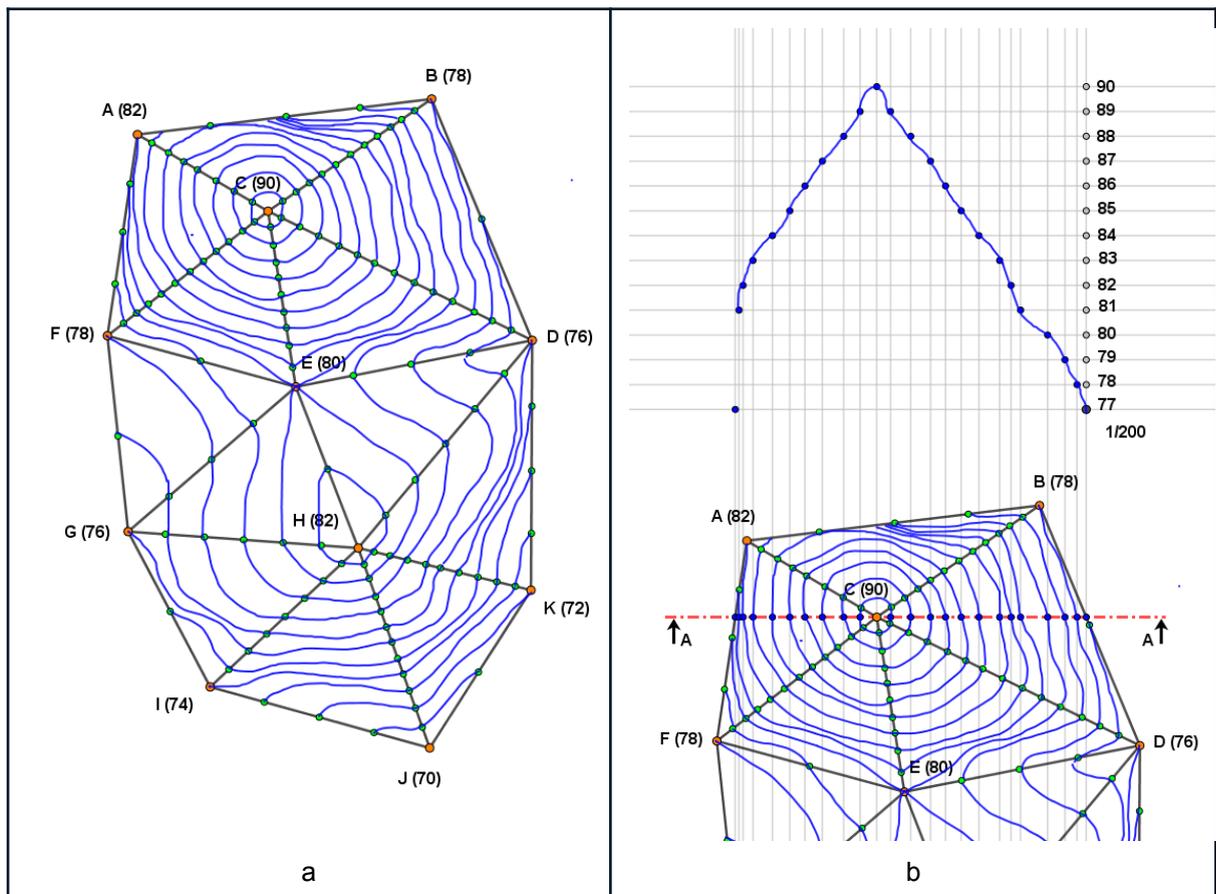


Fonte: O autor (2022).

A Figura 7 a, que apresentamos na página a seguir, imagem da esquerda, representa todo o processo concluído referente ao traçado das curvas de nível, na área determinada para este estudo. Já a Figura 7 b, imagem da direita, mostra a construção do perfil gerado pelo Corte AA (representado pela linha vermelha), passando pela cota C (90), que é o cume desta superfície. Trata-se de um corte transversal, ou uma seção, que resulta no perfil gerado pelas cotas.

A partir da descrição de todo esse processo de construção de um desenho topográfico, voltado para uma superfície irregular, com base na malha poligonal formada por triângulos, chegamos ao entendimento de como funciona a configuração de um arquivo para impressão 3D, para ser salvo na extensão em .stl, para distintas formas geométricas que compõem a arquitetura dos artefatos a serem materializados pelo processo FDM.

Figura 7 - Representação das curvas de nível e do perfil da superfície



Fonte: O autor (2022).

De posse do modelo em malha de triângulos, exportado no formato STL, e mediante o uso de um software específico, denominado popularmente de programa de fatiamento, a próxima etapa a realizar é a do planejamento do processo, em que são configurados os parâmetros para a fabricação da peça, pelo equipamento de manufatura aditiva. Dentre os diversos parâmetros disponíveis, alguns variáveis conforme o modelo do equipamento ou do software de planejamento, destacamos os ajustes como: espessura (altura) de camada, espessura de paredes, percentual e geometria de preenchimento, configuração de estruturas de suporte (que sustentam partes em balanço da peça), e de estruturas de base e de topo. Realizadas as configurações pertinentes, a peça é então fatiada pelo software (desmembrada em camadas para a produção, conforme as definições do operador).

Após este planejamento o arquivo é salvo em um formato específico de comando de máquina, para ser utilizado em um equipamento de manufatura aditiva.

Para algumas tecnologias, o formato utilizado é o G-code ou código G, que apresentaremos com mais detalhes na seção 2.3.4 deste capítulo.

A partir das informações contidas no arquivo de controle de planejamento, a peça é produzida pelo equipamento de manufatura aditiva.

Concluída a fabricação, a peça é então removida da base do equipamento, e são realizadas, caso necessário, ajustes de pós-processamento da peça fabricada, que podem incluir, conforme a tecnologia de manufatura aditiva utilizada, a remoção de estruturas de suporte, de rebarbas, limpeza de superfície, entre outras atividades.

O resumo dessas etapas está apresentado no Gráfico 6, a seguir.

Gráfico 6 - Etapas gerais da manufatura aditiva



\* Na digitalização tridimensional, ocorre comumente a necessidade de correção da malha 3D em programas CAD.

Fonte: O autor (2022).

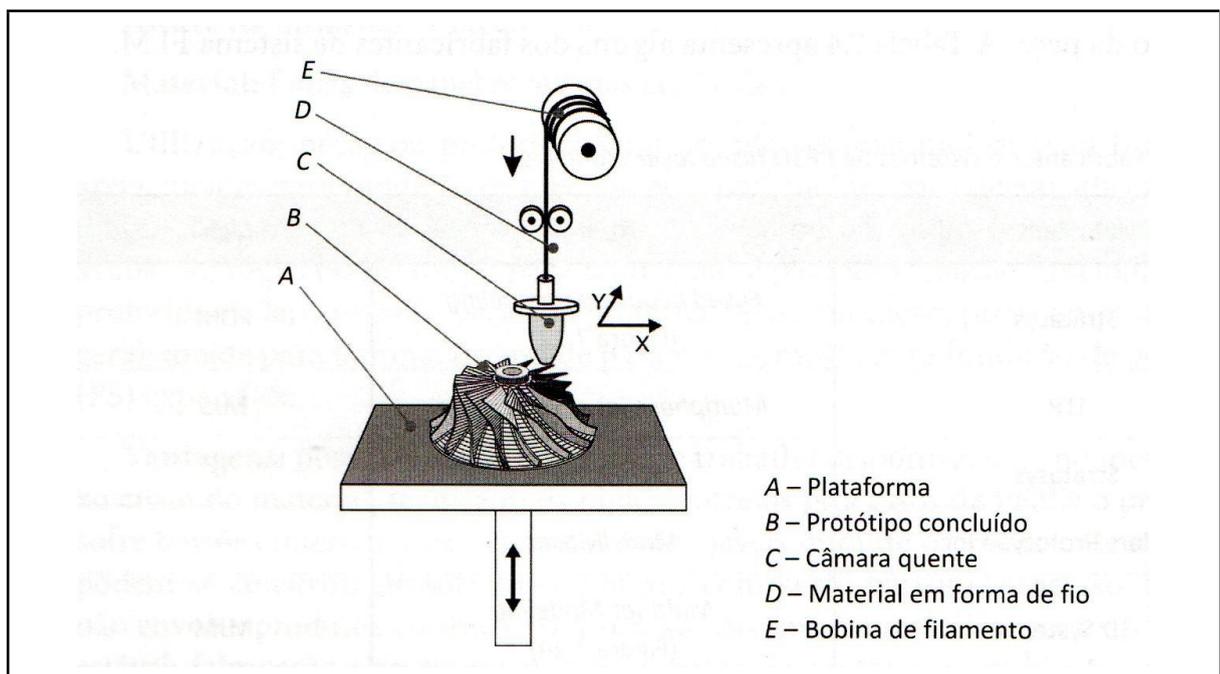
### 2.3.3 Manufatura aditiva por extrusão de material

Conforme especificamos nos objetivos deste trabalho, nosso estudo se refere à utilização das ferramentas de manufatura aditiva por usuários domésticos. Essas tecnologias foram inicialmente utilizadas pela indústria, para a produção rápida de protótipos e, conforme veremos na seção 2.3.4 deste capítulo, foram simplificadas e adaptadas para formatos de menor custo, acessíveis ao público.

Os primeiros equipamentos de manufatura aditiva de baixo custo, do tipo desktop, foram desenvolvidos a partir da tecnologia de extrusão de material, em especial a modelagem por fusão e deposição, termo originado do inglês *fused deposition modeling* - FDM. Essa tecnologia permite a produção de peças a partir da

deposição de material plástico, inicialmente em estado sólido, na forma de filamento que, ao ser tracionado e aquecido, altera o seu estado físico, tornando-se fluido. Esse material, ao passar por um bico metálico em forma de cone, tem seu diâmetro alterado, saindo no diâmetro determinado pela abertura do bico, sendo então depositado em uma base previamente aquecida, conforme geometria de deposição estabelecida para a fabricação da peça (VOLPATO, 2017). A Figura 8, a seguir, ilustra o princípio de funcionamento dessa tecnologia.

Figura 8 - Princípio de funcionamento de um equipamento FDM



Fonte: Lira (2021, p. 72).

A tecnologia FDM foi desenvolvida pela empresa Stratasys Ltd. em 1988, e o primeiro equipamento foi comercializado em 1992. Nesses equipamentos, as peças são confeccionadas em uma câmara fechada, de temperatura ambiente controlada, sendo nesse sistema necessário controlar, além da temperatura ambiente, as temperaturas do bico extrusor (temperatura de fusão do material) e da base ou cama de impressão. Os equipamentos de baixo custo, denominados de impressoras 3D, fornecem uma versão simplificada dessa tecnologia, sendo que, em alguns modelos, sobretudo os de menor custo, não há estrutura fechada, em forma de câmara, por exemplo, e a impressão ocorre em temperatura ambiente. Uma comparação entre

um modelo de equipamento FDM original da Stratasys e um equipamento de baixo custo, voltado para o uso doméstico, pode ser visto nas Figuras 9 e 10 a seguir.

Figura 9 - Equipamento FDM da Stratasys / Figura 10 - Equipamento para uso doméstico



Fontes: <https://www.stratasys.com/br> e <https://www.crealty.com/br>.

Os materiais utilizados nesse processo são filamentos plásticos, de diâmetro 1,778 mm (1,75 mm nos equipamentos desktop), sendo os plásticos mais utilizados o polietileno tereftalato de etileno glicol (PETG), o acrilonitrila butadieno estireno (ABS), o políácido láctico (PLA) e o polipropileno (PP) entre outros, além de alguns filamentos especiais, com cores ou texturas diferenciadas.

O diâmetro do bico de extrusão geralmente utilizado, principalmente nos modelos de baixo custo, é o de 0,4 mm. Mas existem outras opções de diâmetro disponíveis no mercado, que vão de 0,25 a até 1,0 mm. A altura mínima de camada, conseguida nessa tecnologia, é de 0,125 mm. Em geral, costuma-se dizer que há uma relação entre diâmetro do bico e altura máxima de camada a ser configurada, sendo que a altura não deve ser maior do que 80% do diâmetro do bico utilizado.

Dentre as principais vantagens apresentadas por Lira (2021) e Volpato (2017) para esta tecnologia, estão a simplicidade do processo de fabricação, a ausência de necessidade de pós-cura dos materiais (cura após a produção) e a resistência mecânica das peças produzidas. Entre as principais desvantagens, estão: limitações quanto à precisão dimensional das peças, que dependem do diâmetro do bico utilizado, a necessidade de criação de estruturas de suporte, para sustentação de partes suspensas ou em ângulo em relação à base e, portanto, a necessidade de pós-processamento para a remoção dessas estruturas, após a produção da peça, a

limitação de materiais disponíveis e a velocidade de produção, especialmente em configurações de melhor resolução.

Na próxima seção, tratamos sobre a utilização dessa tecnologia por usuários domésticos, abordando mais detalhadamente os diversos aspectos relacionados a esse uso.

#### 2.3.4 Impressão 3D para usuários domésticos

O desenvolvimento de tecnologias de impressão 3D de baixo custo, voltadas para o público doméstico, surgiu por meio de iniciativas de instituições de pesquisa, que disponibilizaram projetos de equipamentos na forma de arquitetura aberta (open source), que podiam ser confeccionados, montados e configurados pelos próprios usuários. Esses equipamentos fabricavam peças utilizando o princípio da extrusão de material, em especial da tecnologia FDM, com alimentação por filamento. Como o termo FDM, Modelagem por Fusão e Deposição, era patenteado e registrado pela Stratasys, essa tecnologia passou a utilizar a denominação de Fusão de Filamento Fundido - FFF, nos equipamentos de baixo custo. Essas iniciativas começaram a ganhar impulso a partir da expiração das primeiras patentes do processo FDM, de propriedade da Stratasys (VOLPATO, 2017).

Anderson (2012) destaca nesse movimento o lançamento do projeto RepRap, em 2007, com a proposta de oferecer ao público um equipamento que pudesse se replicar rapidamente, produzindo peças que pudessem ser utilizadas para produção de novas impressoras. Esta proposta permanece vigente até os dias atuais, como podemos verificar na página inicial da comunidade RepRap, [reprap.org](http://reprap.org), que exibe o seguinte texto de apresentação:

**RepRap** é a primeira máquina de fabricação auto-replicante de uso geral da humanidade .

**RepRap** assume a forma de uma impressora 3D de mesa gratuita capaz de imprimir objetos de plástico. Como muitas partes do RepRap são feitas de plástico e o RepRap imprime essas peças, o RepRap se auto-replica fazendo um kit de si mesmo - um kit que qualquer um pode montar com tempo e materiais. Isso também significa que - se você tem um RepRap - você pode imprimir muitas coisas úteis e pode imprimir outro RepRap para um amigo ... [...]

RepRap foi a primeira das impressoras 3D de baixo custo, e o Projeto RepRap iniciou a revolução da impressora 3D de código aberto. Tornou-se a impressora 3D mais usada entre os membros globais da Comunidade Maker. (REPRAP, 2020, tradução do autor).

A montagem desses equipamentos, no entanto, exigia do usuário certo nível de habilidade e de conhecimento, uma vez que caberia ao mesmo tanto a produção de algumas peças, quanto a montagem de estruturas, componentes eletrônicos e a configuração de software, por exemplo.

Ao projeto inicial da RepRap, seguiram-se diversos outros focados na oferta de equipamentos de arquitetura aberta, como o da MakerBot em 2009. Nos anos que se seguiram, diversos fabricantes passaram a investir no desenvolvimento de equipamentos desktop de impressão 3D, para venda ao usuário doméstico.

No Brasil, é possível encontrar, atualmente, diversos modelos de impressoras 3D, voltadas ao público doméstico, tanto de tecnologia FDM (as mais utilizadas, sendo o objeto de estudo deste trabalho), como também impressoras 3D de resina (fotopolimerização em cuba), que começam a se popularizar. É possível encontrar modelos de diversos fabricantes, sendo que alguns são disponibilizados na forma de kits, parcialmente montados (a estrutura de base e os componentes principais vem pré-montados, cabendo ao usuário a montagem de partes periféricas, conexões de componentes elétricos e os primeiros ajustes, como nivelamento de mesa e de sensores, entre outros que se fizerem necessários), enquanto outros são entregues totalmente montados, cabendo ao usuário a alimentação do material (bobina de filamento) e a realização dos ajustes necessários à inicialização.

O uso da impressão 3D, no ambiente doméstico, costuma ser associado à realização de atividades recreativas, como a produção de objetos customizados e de entretenimento (brinquedos, objetos decorativos), conforme aponta Volpato (2017), por exemplo, ao falar sobre esse segmento. Alguns usuários, no entanto, começam a buscar na impressão 3D uma alternativa para obtenção de renda. Motivados pelo custo relativamente baixo de aquisição do equipamento e dos seus insumos, e pelas diversas possibilidades de atuação, esses usuários montam uma oficina com uma ou mais impressoras e passam a produzir peças por encomenda ou peças para comercialização em canais digitais.

Essas mini-fábricas caseiras, com equipamentos produzindo peças de forma descentralizada, no ambiente doméstico, nos remete, em certa medida, ao fenômeno das oficinas caseiras, surgido na época da primeira revolução industrial, na Inglaterra, que comentamos na seção 2.1 deste trabalho. É possível encontrar, na internet, diversas dicas e ideias sobre como ganhar dinheiro com a impressão 3D,

inclusive em sites de fabricantes de equipamentos. Algumas das possibilidades indicadas envolvem a produção e venda de brinquedos, bijuterias e acessórios de moda, enfeites e lembrancinhas para aniversários, moldes para odontologia, maquetes para arquitetura, objetos geek, objetos decorativos, dentre diversas outras opções (ANDERSON, 2012; BENELLI, 2016; NOCTIS, 2021).

Conforme discutimos na seção 2.2 deste trabalho, há um discurso crescente quanto à aprendizagem e à utilização das tecnologias de manufatura aditiva. Artigos e reportagens são disponibilizados nas mídias e oficinas maker são oferecidas como componente curricular em algumas escolas. Entretanto, conforme apresentamos a seguir, o caminho a ser percorrido por um usuário doméstico, iniciante, a partir da aquisição do equipamento até a realização da primeira impressão com êxito, não é tão simples quanto pode parecer. Diferente do que ocorre na impressão de papel, a qual um usuário leigo pode inicialmente estabelecer uma comparação, a impressão 3D ainda demanda ao operador um certo nível de conhecimento técnico, para a realização de algumas etapas. Esta, porém, pode ser uma boa oportunidade para estudo e aquisição de novos conhecimentos.

A seguir, discorreremos sobre o processo de impressão 3D para um usuário doméstico, tendo como referência a utilização de um equipamento de tecnologia baseada em FDM (impressão por filamento). Abrangemos todas as etapas desta trajetória, a partir da decisão do usuário em adquirir uma impressora 3D, passando pela pesquisa de mercado e aquisição, até a realização da primeira impressão de uma peça e etapas posteriores de acabamento.

Como ponto de partida neste processo, é importante que o comprador avalie e defina alguns aspectos relevantes, sobre a aquisição que deseja realizar, como por exemplo: I. até quanto está disposto a investir (qual o valor máximo que pode ou quer gastar, nessa compra?), II. para qual finalidade o equipamento será utilizado (uso recreativo, amador, para fins didáticos, fins comerciais, etc.), III. se possui alguma necessidade ou exigência específica em relação ao desempenho do equipamento (qualidade de impressão, facilidade de manutenção, portabilidade, robustez, etc.), IV. se necessita do produto com urgência, para entrega imediata, ou se pode aguardar mais tempo pela entrega, vinda de outra região ou outro país, V. se prefere que o produto seja entregue montado ou se pode realizar a montagem, entre outros questionamentos preliminares, que irão ajudar na pesquisa e escolha do equipamento a ser adquirido.

Em seguida, de posse das definições que abordamos acima, o comprador parte em busca de informações quanto aos modelos de impressoras disponíveis no mercado, a fim de verificar qual é o mais adequado às suas necessidades e, assim, definir a sua compra. Para tanto, diversas estratégias de informação costumam ser utilizadas, como por exemplo consultas a amigos, parentes ou colegas que possuem alguma experiência nessa área, pesquisas em lojas físicas, etc. No entanto, o maior conjunto de informações está disponível na internet, a mídia das mídias<sup>5</sup>. Nela, é possível encontrar avaliações e comparativos dos modelos disponíveis, publicados por sites especializados e por outros usuários, fazer pesquisas de preço, consultar a avaliação de outros compradores com relação a um modelo específico, assistir a vídeos demonstrando a desembalagem, montagem, preparação e utilização de um equipamento, produzidos por diversas fontes, além de poder consultar sites de redes varejistas e dos próprios fabricantes, a fim de obter informações sobre produtos, fretes, prazos de entrega, entre outros aspectos. Sobre essa etapa de pesquisa de mercado, Volpato (2017) aponta alguns recursos importantes, a serem considerados no momento da definição de compra:

Para um usuário interessado em adquirir um equipamento dessa linha, sugere-se, no momento da definição, observar detalhes como tamanho da plataforma, tipo de plataforma, se aquecida (importante para ABS) ou não, nivelamento automático da plataforma ou não, máquina com câmara fechada ou aberta, utilização de um ou dois cabeçotes de extrusão (para material de suporte ou para peças com diferentes materiais), resolução alcançada nos eixos X e Y e mínima espessura de camada possível. Além das propriedades mecânicas, outras facilidades, como conexão WiFi, entrada USB, entre outras, devem ser avaliadas. (VOLPATO, 2017, p.156).

Ao final desta etapa, é esperado que o usuário tenha definido não apenas o modelo de impressora que vai adquirir, como também a forma como se dará essa aquisição (se impressora pronta ou o conjunto de partes, para montar, se em loja física ou virtual, se adquirido no país ou no exterior, se entregue montado ou desmontado, entre outros aspectos). Definido o modelo, é realizada a compra da impressora, e o usuário aguarda o seu recebimento (caso não a tenha adquirido em regime de pronta entrega).

Conforme a opção de compra escolhida, o equipamento poderá ser entregue totalmente montado, parcialmente montado (cabendo ao usuário a montagem das partes restantes, para utilização) ou totalmente desmontado (impressoras baseadas

---

<sup>5</sup> De acordo com Santaella (2003).

no projeto RepRap, do tipo faça você mesmo, ou no caso de aquisição das peças à parte, para montagem do todo, opção realizada por usuários mais experientes).

As impressoras comercializadas na forma de kits costumam ter preços mais acessíveis do que as impressoras que são disponibilizadas já montadas. Entretanto, cabe ao comprador a realização da montagem das partes restantes. Para Volpato (2017), esse pode ser um dificultador, no caso de usuários leigos, uma vez que essa tarefa demanda um mínimo de conhecimento técnico em eletrônica e software, para que seja realizada com sucesso. Nesses kits, costumam ser disponibilizados, além de recursos de ajuda como manuais impressos ou eletrônicos, um conjunto de ferramentas (chaves diversas para parafusos e porcas, lacres) para a montagem do equipamento. Alguns revendedores oferecem o serviço de montagem, a um custo adicional, sendo o equipamento entregue pronto ao cliente.

Para a realização da montagem do equipamento, além dos recursos de ajuda possivelmente disponibilizados pelos fabricantes ou revendedores, como manuais, vídeos e canais de atendimento como chats e contas em aplicativos de mensagens, há uma infinidade de materiais disponibilizados na internet, como vídeos e tutoriais, sendo uma boa parte destes produzidos por outros usuários, que compartilham as suas experiências, dicas e opiniões na rede mundial de computadores. Esses, por sua vez, recebem respostas e feedbacks dos usuários que ajudou, com novas observações e dicas, conforme o engajamento e o protagonismo discutidos por Santaella (2003), ao falar sobre cibercultura, na seção 2.2.1 deste trabalho.

Concluída a montagem do conjunto, ou tendo recebido o mesmo montado, o usuário precisa realizar alguns ajustes (setup da máquina) para a primeira utilização. As tarefas referentes a essa etapa podem variar, conforme o equipamento, sendo geralmente realizados: a) nivelamento da mesa de impressão (alguns equipamentos, de custo mais acessível, não possuem sistema de nivelamento automático da mesa de impressão, cabendo ao usuário fazê-lo manualmente, geralmente por meio de porcas ou roldanas localizadas na parte inferior da mesa, nas suas extremidades). O correto nivelamento da mesa é de fundamental importância para o sucesso das impressões, uma vez que possibilita a deposição uniforme e, por conseguinte, a boa aderência do material em toda a superfície da mesa, que funciona como o plano cartesiano XY, de onde se inicia a construção do objeto; b) o carregamento da matéria-prima (instalação e passagem do filamento plástico pelo sistema extrusor, até a saída pelo bico, previamente aquecido), c) possíveis ajustes de configuração

do sistema e d) realização da primeira impressão, para teste, sendo geralmente disponibilizado, pelo fabricante, um modelo em 3D já pronto, para esse fim.

Concluída a montagem, a configuração e realizada a primeira impressão em teste do equipamento, o usuário pode, agora, realizar a fabricação dos seus objetos. O primeiro passo para essa produção, conforme já discutimos neste capítulo, é a representação tridimensional, em arquivo eletrônico, da peça a ser confeccionada. De acordo com Volpato (2017) e Anderson (2012), esse modelo em 3D pode ser conseguido, por um usuário doméstico, de duas formas principais:

- 1) através modelagem da peça em software de desenho auxiliado por computador (CAD), em que a peça é criada e modelada pelo usuário. Nesse caso, o usuário necessita de aprendizagem quanto à utilização desses sistemas. Alguns aplicativos utilizados para modelagem em 3D são AutoCad, Rhino, 3DS Max (proprietários), TinkerCAD, FreeCAD, SketchUp, 3DSlash (gratuitos), entre diversas outras opções disponíveis no mercado. (All3DP, 2020; VOLPATO, 2017);
- 2) realizando o download de um arquivo a partir de fontes externas. Nesse caso, o usuário obtém um arquivo 3D pronto, geralmente através da internet. O principal meio para pesquisa e obtenção de arquivos prontos, realizados pelos usuários, costumam ser as bibliotecas ou repositórios de arquivos. O usuário pode, ainda, realizar o download de um arquivo 3D, em formato editável, e realizar alterações no mesmo, com uso de um aplicativo CAD.

Para uma rápida demonstração da importância desses repositórios, em uma pesquisa que realizamos no mês de setembro de 2020, em buscadores de internet, procurando pelo termo “arquivos para impressão 3D”, nos foi apresentado um universo infindável de sites. Entre eles, encontramos no site da ALL3DP, all3dp.com, a indicação de trinta endereços de repositórios de arquivos, que disponibilizam modelos em formatos digitais, para download e impressão de artefatos 3D, podendo ser gratuitos ou pagos, na qual podemos citar como principais os seguintes sites: Thingiverse, CGTrader, Cults, MyMiniFactory, Pinshape, TurboSquid, 3DExport, PrusaPrinters, YouMagine, NIH 3D Print Exchange, Free3D, Threeding, GrabCAD Library, Redpah, 3DShook, XYZprinting 3D Gallery, Zortrax Library, Repables, 3Dagogo, Libre3D, Fab365, NASA, Instructables, Dremel Lesson Plans, Polar Cloud,

3DKitBash, Shapetizer, Yeggi, STLFinder, entre outros. Apenas no Thingiverse, verificamos a oferta de mais de 2,8 milhões de arquivos para impressão 3D.

Ao final da definição do modelo 3D da peça, sendo o arquivo modelado ou baixado pelo usuário, o mesmo deve ser exportado para um formato compatível com o software de manufatura aditiva, sendo o formato mais utilizado o 'STL', em que o objeto é transformado em uma malha tridimensional de triângulos.

Uma vez concluída a modelagem tridimensional da peça, a próxima etapa a ser realizada é a do planejamento da fabricação. Nessa atividade, são configurados os parâmetros necessários à produção da peça, como altura de camada, espessura de paredes, velocidade de deposição do material, entre diversos outros aspectos, a fim de adequar o resultado da impressão às características desejadas para a peça. Para tanto, utiliza-se um software de planejamento de manufatura, popularmente conhecido como programa fatiador.

Retomando a analogia com a impressão 2D em papel, conforme comentada por Anderson (2012) neste capítulo, de forma semelhante ao que acontece naquele processo em que, após concluir a edição de uma imagem, em um software como o CorelDraw ou InkScape por exemplo, para efetuarmos a impressão da figura, precisamos estabelecer alguns parâmetros para o funcionamento da impressora, como qualidade da impressão, esquema de cores, proporção da figura em relação à página, orientação da página, entre outros, temos na impressão 3D que, após efetuar a edição do modelo 3D da peça (modelando em software CAD ou baixando o arquivo), é necessário definir, no programa fatiador, os parâmetros de funcionamento da impressora 3D: temperatura de operação, velocidade, regiões onde o material vai ser depositado, entre muitos outros parâmetros. Assim como na impressora de papel, após receber os devidos comandos, por meio de um arquivo eletrônico, a impressora 3D realiza, de forma automática, toda a produção da peça, sem qualquer intervenção humana, desde que os parâmetros estejam corretamente configurados.

A quantidade de comandos existentes nos programas de fatiamento costuma ser muito extensa, e algumas dessas opções se referem a comandos específicos, de utilização mais avançada, as quais um usuário iniciante geralmente não chega a acessar. Em alguns aplicativos, como o Cura, da Ultimaker, há opções pré-definidas de apresentação do menu, com mais ou menos opções de comandos, sendo elas: basic (mais simples), advanced, expert e all (mais completo), além da opção custom (customizável pelo usuário). Dentre os diversos itens passíveis de configuração,

nesses aplicativos, apontamos como principais, a serem aprendidos e utilizados por um usuário iniciante, os seguintes: definição das dimensões da peça, orientação da peça na mesa de impressão (em relação aos eixos X, Y e Z), temperatura do bico e da mesa de impressão, velocidade de deposição do material, espessura (altura) de camada, espessura das paredes da peça (shell), espessura das camadas de base e de topo da peça (top e bottom), percentual e geometria de preenchimento da peça (infill), estruturas de suporte, controles de retração (velocidade e distância).

Esses ajustes devem ser estudados caso a caso, conforme as características necessárias da peça (forma, finalidade de uso, necessidade de maior resistência ou de melhor acabamento superficial) e, muitas vezes, a definição de um ajuste impacta no resultado de outros (por exemplo: a orientação da peça na mesa de impressão pode impactar na quantidade de estruturas de suporte necessárias, a espessura de camada tem impacto na velocidade e na temperatura necessárias do material). É importante, ainda, verificar a implicação desses ajustes em fatores como o tempo de impressão e o volume de material utilizado (peças com menor altura de camada e melhor qualidade resultam em maior tempo de impressão, uma vez que haverá mais camadas a serem depositadas; maiores espessuras de parede ou percentuais de preenchimento resultam em maior tempo e quantidade de material para impressão; o posicionamento da peça em um sentido pode exigir menos estruturas de suporte, mas pode impactar na qualidade de impressão).

A escolha do melhor acerto entre esses comandos, portanto, vai depender da experiência do usuário na utilização do software e do conhecimento dele em relação às características dos materiais. Para um usuário doméstico, iniciante, esta poderá ser uma atividade trabalhosa e até mesmo pouco exitosa. Por essa razão, de acordo com Volpato (2017), muitos preferem iniciar utilizando as configurações padrão, que são estabelecidas automaticamente pelo programa, conforme a geometria da peça, de forma semelhante ao que fazem muitos usuários ao iniciar o uso de uma máquina fotográfica. Entretanto, assim como acontece no caso das fotos, as características da peça produzida, a partir das configurações padrão do programa, podem não corresponder às expectativas do usuário, conforme explica aquele autor:

[...] Usuários menos esclarecidos não se preocupam e, eventualmente, nem conhecem em detalhes todas as implicações dessas etapas e aceitam os parâmetros predefinidos (por default) pelos sistemas de planejamento de cada tecnologia. Assim, muitas vezes, não estão cientes de que para cada uma dessas tarefas existem alternativas e decisões que podem melhorar o

resultado final do processo em termos de precisão dimensional, acabamento superficial e propriedades mecânicas das peças, bem como redução de tempo e custo de fabricação [...]. (VOLPATO, 2017, p. 97).

Para essa aprendizagem quanto à melhor utilização dos recursos existentes nos programas de fatiamento, assim como discutimos em outras etapas do processo de impressão 3D, há uma grande diversidade de materiais disponíveis na internet, que incluem tutoriais, reportagens e vídeos, envolvendo os mais diversos ajustes em diferentes níveis, desde os básicos até os mais avançados. É importante salientar, no entanto, a importância da prática do usuário nesse aprendizado, configurando, imprimindo, verificando os erros ocorridos, buscando informação, alterando as suas configurações, imprimindo novamente e assim sucessivamente, acumulando, dessa forma, conhecimento e experiência em relação ao comportamento dos materiais e ao funcionamento dos aplicativos.

Concluídas as configurações pertinentes, é realizado, então, o fatiamento da peça pretendida (desmembramento da peça em camadas, conforme a configuração estabelecida, em que são definidas as regiões bidimensionais que irão receber a deposição de material, camada a camada). O software de fatiamento geralmente apresenta um layout prévio da peça em camadas, e informações quanto ao tempo e quantidade de material estimados para impressão.

Em seguida, é realizada a gravação dos dados em linguagem de máquina, para a produção. Nas impressoras 3D de filamento, o formato de arquivo utilizado é o G-code, ou código G, uma linguagem de Comando Numérico Computadorizado - CNC, que fornece ao equipamento as informações configuradas pelo usuário, em comandos numéricos vinculados ao sistema de coordenadas X, Y e Z. Esse arquivo é geralmente gravado em um cartão de memória, que será inserido em um slot da impressora, para leitura dos dados.

Dentre os principais programas de fatiamento podemos citar alguns gratuitos como o Cura, disponibilizado em <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>, o Slic3R, disponível em <https://slic3r.org/> e o MatterControl, que pode ser obtido no site <https://www.matterhackers.com/store//mattercontrol/sk/MKZGTDW6>. (LOCKER, 2021; VOLPATO, 2017).

Finalizada a configuração da impressão, no programa de fatiamento, e após a gravação do arquivo em código G, a próxima etapa, enfim, é a fabricação da peça, na impressora 3D.

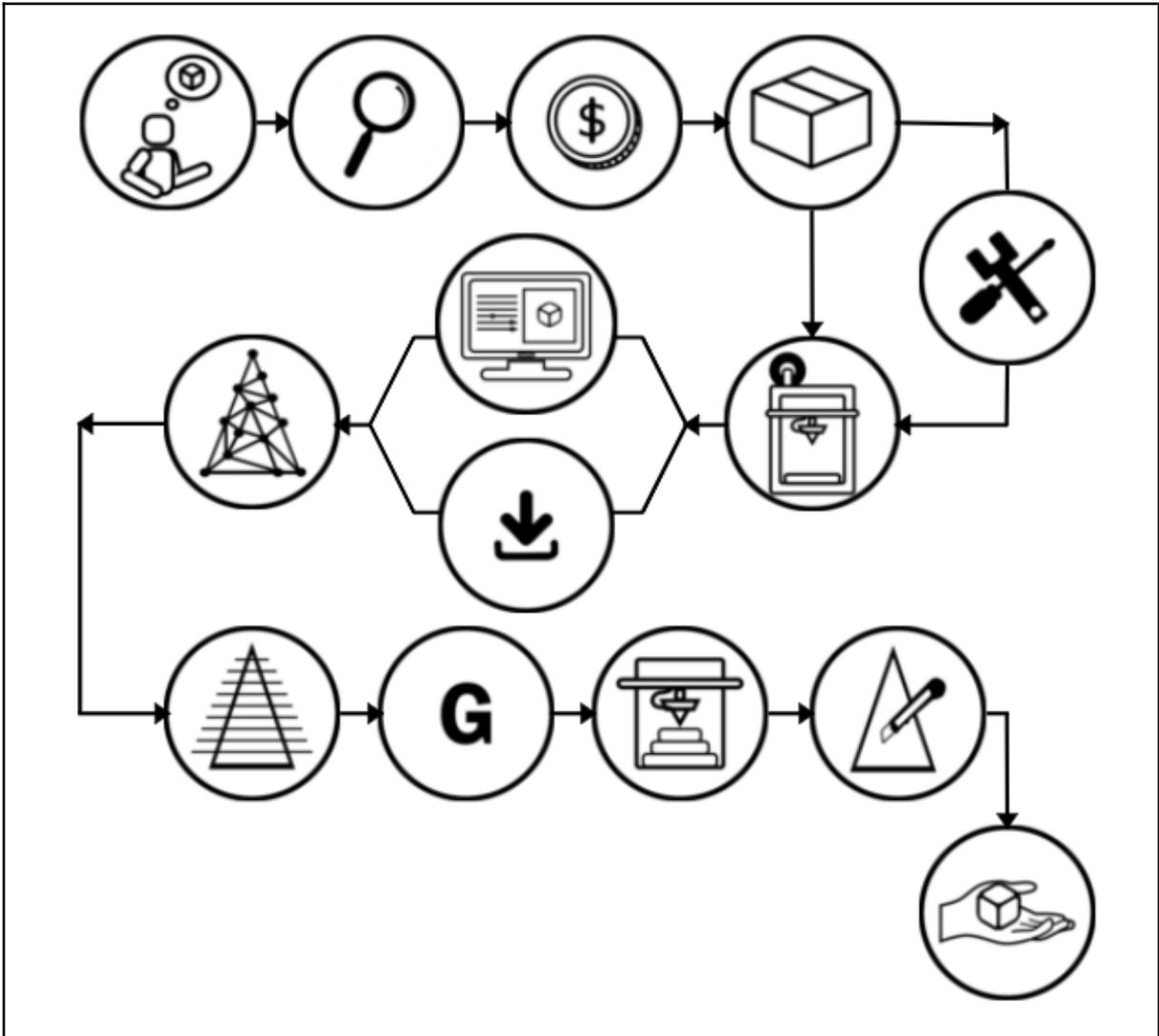
Para o recebimento do arquivo, a maioria das impressoras possui pelo menos uma entrada para cartão de memória, geralmente no formato Micro-SD, e algumas possuem, também, uma porta do tipo Micro-USB, para conexão com o computador.

De acordo com Volpato (2017), nessa etapa, a fabricação da peça é realizada de forma automática, sem a necessidade de intervenção humana. A participação do usuário está concentrada no início do processo, nas atividades de setup da máquina (limpeza e nivelamento da mesa de impressão e dos sensores, alimentação de material, calibrações, etc.), além do planejamento no programa de fatiamento, que comentamos anteriormente. É comum, por exemplo, que o usuário, após salvar o arquivo em um cartão de memória, e inseri-lo na impressora, deixe o equipamento trabalhando sozinho, até o final da produção da peça, principalmente nos casos de impressão mais demorada.

Concluída a sua fabricação, a peça é então retirada da base da impressora, e são realizadas as tarefas de pós-processamento ou finalização. Na impressão por filamento, essa etapa compreende geralmente a extração de estruturas de suporte, e de possíveis falhas, e o tratamento da superfície, para melhoria do acabamento. A remoção das estruturas de suporte costuma ser realizada mecanicamente, com o auxílio de um alicate ou estilete, até a retirada total do material, liberando a peça. Em relação ao tratamento da superfície, podem ser utilizados processos envolvendo banhos químicos com solventes, lixamento, pintura, entre outros (All3DP, 2021; VOLPATO, 2017).

Um resumo de todas as atividades aqui comentadas, referentes à impressão 3D no ambiente doméstico, pode ser visto no Fluxograma 1, apresentado na página a seguir.

Fluxograma 1 - Etapas de utilização de impressora 3D para usuário doméstico



Legenda das etapas do fluxograma:

	1.	Intenção de compra pelo usuário.		7b.	Download de arquivo 3D, de fontes externas (repositórios, sites, etc.).
	2.	Pesquisa de mercado.		8.	Exportação do arquivo para formato STL (malha de triângulos).
	3.	Decisão de compra e aquisição do equipamento.		9.	Configuração dos parâmetros de impressão e fatiamento da peça.
	4.	Recebimento do equipamento.		10.	Gravação do arquivo CNC, em formato G-code.
	5.	Montagem do equipamento.		11.	Impressão da peça.
	6.	Ajuste/setup do equipamento.		12.	Pós-processamento da peça.
	7a.	Modelagem da peça em software CAD.		13.	Peça concluída.

Fonte: O autor (2022).

### 2.3.5 Conclusões da seção

De acordo com o que apresentamos e comentamos nesta seção, podemos verificar que, apesar do discurso recorrente quanto à popularização das tecnologias de manufatura aditiva, especialmente com as impressoras 3D de baixo custo, por extrusão de filamento, e da analogia proposta entre esse processo e a impressão de papel, a impressão 3D ainda não é uma tecnologia de utilização tão simples, para um usuário doméstico, quanto possa parecer. Em várias etapas, nesse processo, é requerido um conhecimento técnico mínimo do usuário, como nas etapas de montagem, modelagem em 3D e especialmente no planejamento da impressão, com uso do programa de fatiamento. Diferente do que ocorre com uma impressora de papel, em que o usuário a conecta no computador, configura rapidamente (muitas vezes com configurações já existentes no sistema operacional do PC, em sistema de plug and play, na impressão 3D, um usuário iniciante, com pouco ou nenhum conhecimento técnico no assunto, possivelmente enfrentará uma jornada extensa de pesquisa e tentativas, até a realização da primeira impressão com êxito.

### 3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Neste capítulo, tratamos sobre a realização da pesquisa junto aos usuários, para levantamento e análise de informações relacionadas à utilização da manufatura aditiva no ambiente doméstico, conforme estabelecemos nos objetivos específicos deste trabalho. Apresentamos os caminhos percorridos e as estratégias adotadas para a sua implementação, justificamos as nossas escolhas quanto à técnica e à ferramenta utilizadas para a coleta de dados, discorremos sobre o processo de desenvolvimento da ferramenta de pesquisa e a sua aplicação em versão definitiva, reunimos os dados coletados e elaboramos nossas discussões e conclusões, com base nos resultados obtidos e nas teorias abordadas em nosso referencial teórico.

O capítulo está dividido em quatro seções, organizadas de acordo com as atividades que desenvolvemos para a realização desta pesquisa.

Na primeira seção, apresentamos a experiência prática que vivenciamos, de utilização da manufatura aditiva no ambiente doméstico, envolvendo todas as suas etapas, desde a aquisição da impressora 3D até a fabricação das primeiras peças, com o objetivo de identificar e compreender a problemática envolvida em cada uma dessas atividades e, desta forma, obter subsídios para o desenvolvimento da nossa pesquisa direta com os usuários.

Na segunda seção, tratamos do planejamento da pesquisa, da aplicação das entrevistas junto aos usuários domésticos e dos dados obtidos através da realização dessas consultas. Apresentamos o processo percorrido, iniciado com a definição da técnica e da ferramenta de pesquisa a serem utilizadas, seguido do desenvolvimento do modelo de questionário, da aplicação de sua versão definitiva junto aos usuários e, por fim, da apuração e apresentação dos dados obtidos nas entrevistas.

Na terceira seção, realizamos a nossa discussão sobre os dados obtidos na pesquisa com os usuários, trazendo para tanto os autores e as teorias abordadas no referencial teórico deste trabalho.

Na quarta seção, finalizamos apresentando as nossas considerações sobre o que constatamos, com base nos dados coletados e analisados nesta pesquisa, em relação ao uso da impressão 3D no ambiente doméstico, destacando os aspectos relacionados ao acesso, à utilização, aos produtos confeccionados, aos problemas enfrentados e às oportunidades para a atuação do designer, na resolução desses problemas, entre outros aspectos.

### 3.1 Experiência vivenciada pelo autor no uso da tecnologia

A fim de vivenciar a experiência do uso doméstico de uma impressora 3D em todas as suas etapas, desde o seu recebimento até a impressão final de uma peça, buscando identificar e compreender a problemática envolvida em cada uma dessas atividades e obter subsídios para o desenvolvimento da nossa pesquisa direta com os usuários, optamos pela aquisição de uma impressora de pequeno porte. Nesta seção, apresentamos os nossos registros e considerações sobre essa experiência.

Para a definição do modelo a ser adquirido, realizamos pesquisa empírica na internet, em sites de busca e de comércio eletrônico, e consultamos pessoas de nossa rede de contatos com experiência na área da impressão 3D, a fim de obter opiniões ou recomendações sobre qual modelo oferecia melhor custo-benefício para utilização doméstica. Entre os modelos mais recomendados, estavam os da marca chinesa Creality, com destaque para o modelo Ender 3, que apresentava, de acordo com as avaliações obtidas, simplicidade e robustez na construção, boa qualidade de impressão e custo mais acessível (era o mais barato da linha FDM da Creality). Além disso, possui uma rede constituída de usuários, que cooperam entre si em diversas comunidades na internet e em grupos de aplicativos de mensagens.

Optamos pela aquisição do modelo Ender3 V2 (Figura 11), versão mais atualizada da impressora Ender3, que oferece alguns aprimoramentos em relação às duas versões anteriores (Ender3 V1 e Ender3 Pro), tais como placa controladora mais potente e silenciosa, de 32 bits, mesa com base em vidro, tensionadores reguláveis para as correias de movimentação nos eixos X e Y, entre outros recursos.

Figura 11 - Impressoras modelos Ender-3, Ender-3 Pro e Ender-3 V2 (modelo escolhido)

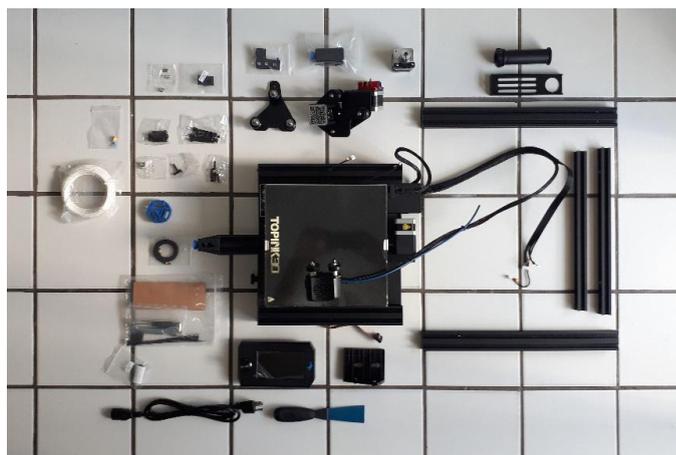


Fonte: [www.creality.com/br](http://www.creality.com/br)

### 3.1.1 Recebimento e montagem da impressora

A impressora é disponibilizada em um kit, em que chega parcialmente montada, conforme ilustrado na Figura 12, cabendo ao usuário a tarefa de realizar a montagem final do produto. O kit é composto por trinta e seis componentes, e é acompanhado por um manual impresso, ilustrado, com instruções em inglês e chinês. Há também um pequeno novelo de filamento branco, com aproximadamente 56 gramas, para testes iniciais, e um cartão de memória Micro-SD, com adaptador USB, que contém o manual do usuário em formato PDF, documentos, um vídeo com duração aproximada de oito minutos, apresentando em detalhes as etapas de montagem e dois modelos em arquivo G-code, para teste de impressão.

Figura 12 - Disposição das peças que compõem o kit, em duas camadas, na embalagem, e visualização das peças, após a retirada da embalagem



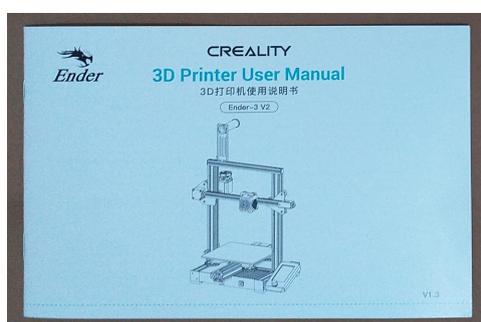
Fonte: O autor (2022).

A base da impressora, na qual são instaladas a placa controladora, a fonte de alimentação e a plataforma de impressão, já vem montada de fábrica, assim como

algumas peças com roletes, que vão compor os carrinhos de movimentação. O usuário precisa realizar a montagem de partes da estrutura como: perfis laterais de movimentação no eixo Z (colunas de sustentação lateral e de movimentação vertical do carrinho de impressão), carrinhos de movimentação no eixo X (que contém o bico extrusor) e no eixo Z, motor de movimentação no eixo Z (que funciona girando uma rosca sem fim disposta na vertical, conectada ao carrinho de movimentação no eixo Z), fechamento superior da estrutura, painel de controle e suporte para filamento, além de realizar as conexões dos diversos componentes elétricos (motores e painel de controle), o nivelamento da plataforma de impressão (realizada manualmente através de um sistema de porcas e roscas) e a alimentação do filamento plástico, para iniciar o uso propriamente dito da impressora.

O manual do usuário, apresentado na Figura 13 a, apresenta um passo a passo das etapas de montagem, acompanhado por ilustrações de cada tarefa a ser realizada. Apesar da boa qualidade, em algumas situações as imagens estavam apresentadas em escala muito reduzida, dificultando a visualização de detalhes importantes. Nesses casos, o vídeo disponível no cartão de memória, que havia sido compartilhado anteriormente pelo revendedor através de aplicativo de mensagens (Figura 13 b), foi importante para o esclarecimento das dúvidas surgidas durante o processo. Importante salientar ainda que, durante a montagem, encontramos algumas divergências entre instruções do manual e instruções do vídeo, o que pode causar confusão em usuários menos experientes.

Figura 13 - Manual de instruções e vídeo de montagem, disponibilizados com o produto



a



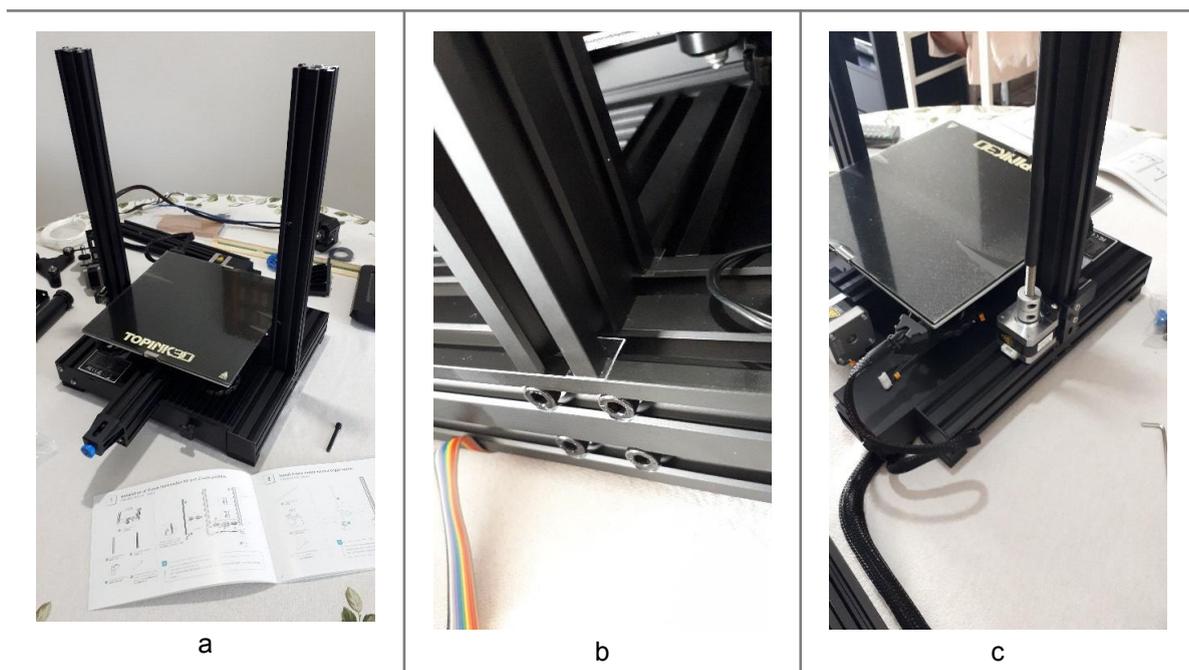
b

Fontes: o autor (2022) e <https://www.youtube.com/watch?v=iYeXPmG429M>.

Iniciando o processo de montagem, já na primeira etapa, nos deparamos com um problema inesperado: após a montagem dos dois perfis laterais, de movimentação do carrinho no eixo Z (fixados à base por meio de dois parafusos, cada), verificamos que os mesmos não estavam em disposição ortogonal (formando ângulo de 90 graus) em relação à base e à plataforma de impressão. Assim, o perfil localizado no lado esquerdo da impressora apresentava uma leve inclinação para a frente, enquanto o perfil do lado direito apresentava uma leve inclinação para trás.

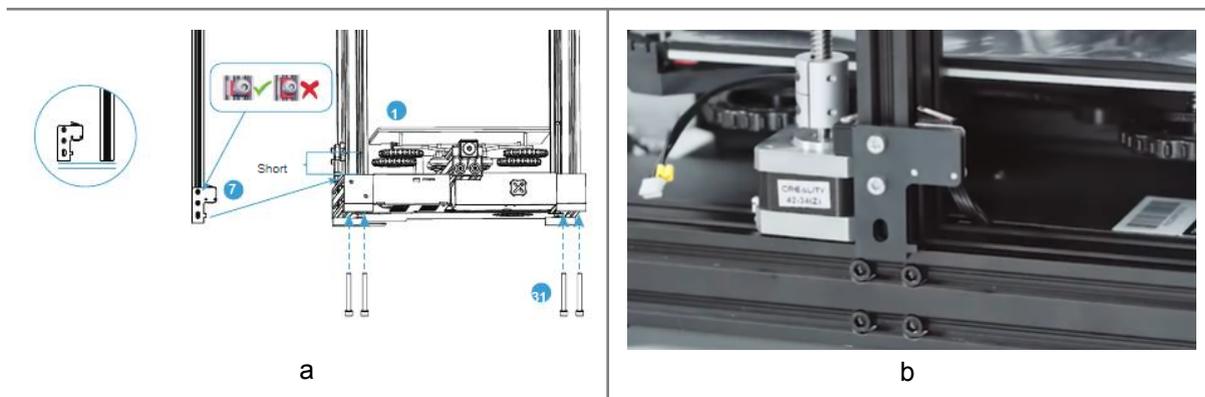
Por ser de fundamental importância a disposição ortogonal desses perfis em relação à base, para o bom funcionamento da impressora (que opera através do sistema cartesiano de coordenadas X, Y e Z) e para a montagem das demais partes do conjunto, realizamos a desmontagem dos perfis e a investigação do que poderia estar acontecendo (Figura 14). Constatamos então que os cortes realizados nas extremidades dessas peças não eram perfeitamente planos, com pequenas imperfeições que impediam o assentamento perfeitamente vertical na base. Investimos algum tempo buscando formas de resolver o problema e, então, optamos por utilizar pequenos calços para preencher as imperfeições. Após alguns testes, conseguimos finalizar a montagem dos dois perfis, conferindo, com auxílio de um esquadro, a disposição perpendicular deles em relação à base de apoio.

Figura 14 - Montagem dos perfis laterais, detalhe da instalação dos calços para nivelamento dos perfis e detalhe da instalação do motor de movimentação no eixo Z



Em relação à montagem de uma peça, o sensor de parada de movimentação no eixo Z, que é fixada na lateral do perfil à esquerda da impressora, manual e vídeo apresentam informações imprecisas quanto ao seu alinhamento vertical: o manual apresenta alinhamento da base da peça com a base do perfil, conforme o visto na Figura 15 a, enquanto no vídeo o operador faz a montagem alinhando uma saliência da peça, mais acima, com a base do perfil (Figura 15 b). Realizamos a montagem conforme o demonstrado no vídeo; entretanto mais adiante, durante o alinhamento da plataforma de impressão, tivemos que fazer novo ajuste na altura desse sensor.

Figura 15 – Divergência de informações entre o manual impresso (a) e o vídeo (b), quanto ao alinhamento do sensor de parada de movimentação no eixo Z



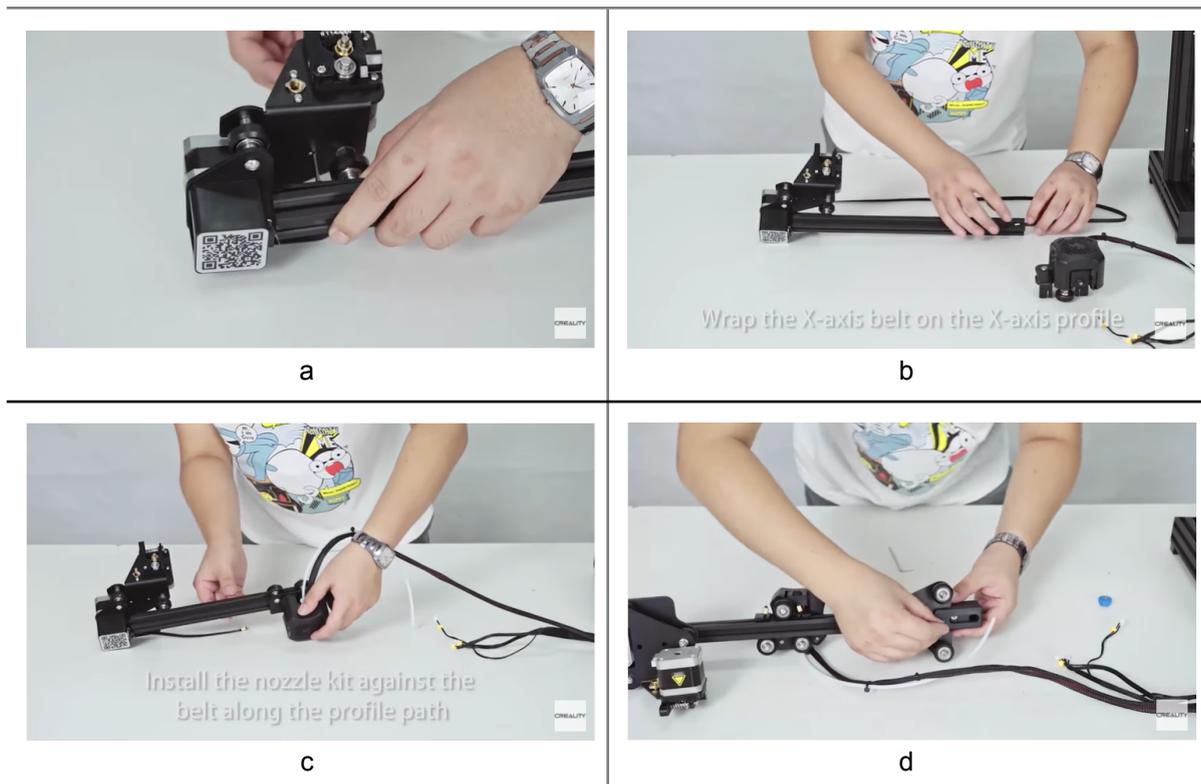
Fonte: O autor (2022).

Concluída essa primeira etapa, nos restaram dúvidas se os problemas que verificamos seriam percebidos por um usuário doméstico iniciante, sem experiência com montagem de equipamentos ou conhecimento prévio de geometria; em caso negativo, como teria agido diante dos problemas apresentados durante a impressão (devido à imperfeição no alinhamento do eixo Y)? Em caso positivo, que soluções teria adotado para a resolução dos mesmos? Essa dúvida nos suscitou uma possível pergunta em nosso questionário da pesquisa.

A próxima etapa foi a de montagem do trilho de movimentação no eixo X, peça que se apoia e se movimenta no eixo Z, sobre os perfis laterais anteriormente montados, e na qual se movimenta o conjunto que contém o bico de impressão. Essa etapa exigiu muita atenção e paciência, devido à grande quantidade de partes a serem montadas, e de alguns detalhes que não estavam devidamente explicados no manual ou no vídeo de instruções.

Era necessário, inicialmente, fixar o conjunto lateral direito no perfil horizontal, por meio de dois parafusos (Figura 16 a). Esse conjunto é formado por um chassi que contém rodízios (para movimentação sobre o perfil lateral esquerdo) e uma porca (na qual vai transpassar o parafuso sem fim, permitindo a movimentação no eixo Z). Nesse chassi já estavam montados o motor de extrusão do filamento e o motor para movimentação da correia do conjunto que contém o bico de impressão. Em seguida, realizamos a montagem da correia e do carrinho de movimentação do conjunto *nozzle*/bico de impressão (Figura 16 b, c). Para finalizar essa etapa, foram realizados a montagem do chassi lateral esquerdo, com rodízios para movimentação sobre o perfil lateral direito, e do tensionador da correia (Figura 16 d).

Figura 16 – Montagem do trilho de movimentação no eixo X



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=iYeXPmG429M>

Mais uma vez, devido ao tamanho reduzido de algumas imagens no manual impresso, tivemos que recorrer às explicações do vídeo, repetindo-as por diversas vezes para entender a montagem de algumas partes. Também percebemos a ausência de algumas informações, como em relação ao tensionador da correia do carrinho do bico, em que a peça interna (que contém a polia de movimentação da

correia), devia ser montada em uma posição específica, e não havia qualquer alerta no manual ou no vídeo. Ao percebermos que havíamos montado essa peça na posição errada (porque a peça de acabamento externo não encaixava), tivemos que desconectar a correia do carrinho e remontar as peças desse conjunto.

O próximo passo foi o de conectar o conjunto de movimentação do eixo X, anteriormente montado, aos perfis laterais e ao parafuso sem fim de movimentação no eixo Z. Assim, o conjunto foi encaixado aos perfis laterais, deslizando por meio dos rodízios existentes nos chassis direito e esquerdo. A movimentação do conjunto no eixo Z é realizada pela passagem do parafuso sem fim através da porca existente no chassi esquerdo. Em seguida, realizamos a montagem do perfil superior de fechamento da estrutura, parafusando-o aos perfis laterais, e de partes anexas como a base de suporte do painel de controle e o suporte aéreo para o rolo de filamento, tarefas de fácil realização (Figura 17 a, b).

Figura 17 – Conjunto montado, com carrinho de movimentação no eixo X e fechamento superior



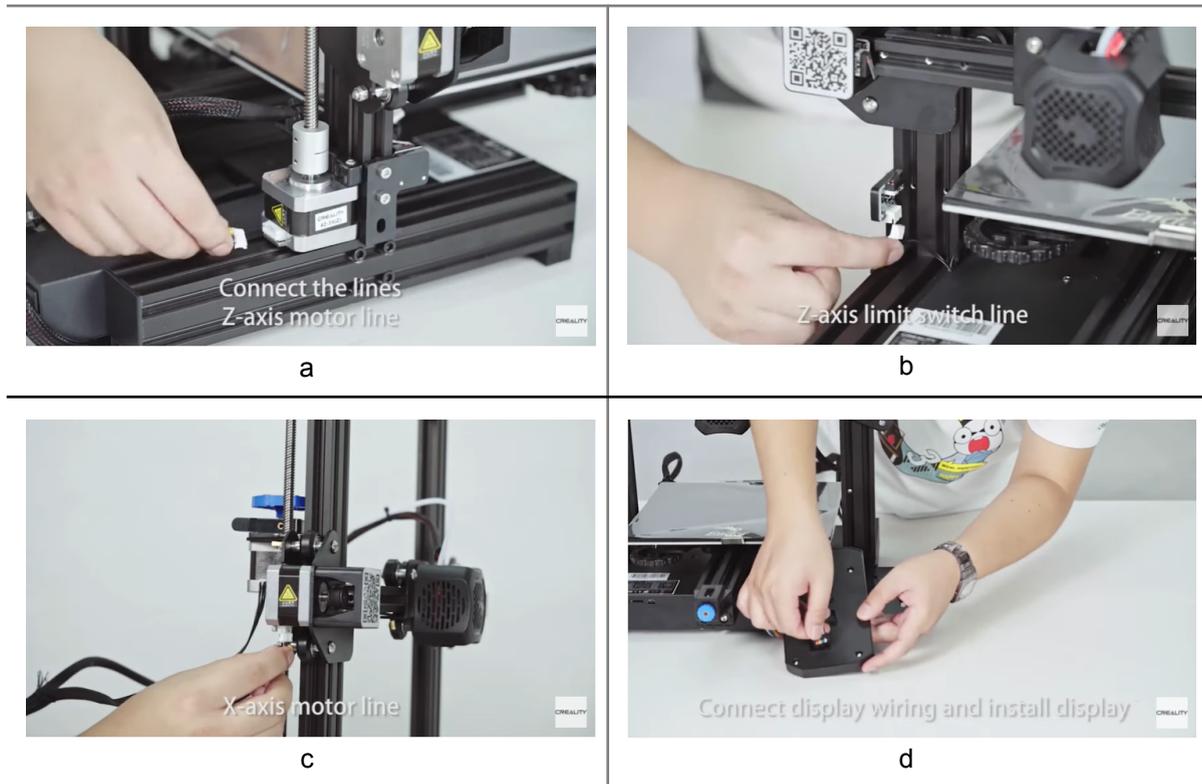
Fonte: O autor (2022) e [www.creality.com/br](http://www.creality.com/br).

Montada toda a estrutura física da impressora, restava realizar a conexão dos terminais elétricos e lógicos dos motores e do painel de controle. Os soquetes já vêm identificados com pequenas anilhas, cada uma contendo uma letra, e a demonstração contida no vídeo, conforme visto na Figura 18, a, b, c e d, ajudou no entendimento sobre onde cada terminal deveria ser conectado.

A impressora possui fonte bivolt (110 ou 220V) com chaveamento, sendo necessário selecionar a voltagem em um pequeno seletor, localizado na parte

traseira da base. Nosso modelo já veio com a voltagem selecionada para 220V. Conectamos o cabo de força à tomada e ligamos o equipamento pela primeira vez, acionando um pequeno interruptor, situado ao lado da chave seletora de voltagem.

Figura 18 – Conexões dos terminais elétricos



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=iYeXPmG429M>

O painel de controle possui tela em cores, com interface gráfica contendo ícones para os comandos, e já veio configurado no idioma português do Brasil (BR). Seguimos as instruções iniciais de operação, indicadas no manual e no vídeo, para o nivelamento da plataforma de impressão. O modelo que adquirimos não possui sistema de nivelamento automático, cabendo ao usuário realizar manualmente tal ajuste. Essa é uma das etapas mais importantes para obtenção de bons resultados de impressão, e exige do usuário certo nível de perícia e de paciência.

O ajuste do nivelamento é realizado por meio de quatro porcas, localizadas logo abaixo da plataforma de impressão, próximas a cada um dos seus vértices. Girando uma porca no sentido horário, a superfície do vértice correspondente se eleva no eixo Y; no anti-horário, abaixa. De acordo com as instruções do fabricante, o passo-a-passo para a realização do nivelamento compreende as seguintes etapas:

1. deslocar o bico de impressão para a posição inicial (0,0,0), selecionando no painel de controle a opção 'Preparar > Auto home';
2. destravar os motores de movimentação nos eixos X, Y e Z, selecionando a opção 'Preparar/ Desligar motores', liberando a movimentação dos mesmos;
3. movimentar manualmente a plataforma e o conjunto do bico de impressão, trazendo-o para a posição acima de uma das porcas;
4. Com o auxílio de uma folha de papel A4, posicionando-a entre o bico e a plataforma de impressão e fazendo movimentos contínuos do papel para os lados, efetuar o ajuste de altura da plataforma, girando a porca até que seja possível sentir um leve atrito entre o papel e o bico de impressão;
5. realizar as etapas III e IV nas outras três porcas da plataforma;
6. repetir as etapas III e IV em cada uma das porcas, uma vez que, ao efetuar o ajuste em uma delas, pode-se alterar o ajuste das outras. À medida em que vai se repetindo, esse ajuste vai ficando cada vez mais preciso, até que todas estejam devidamente niveladas.

Concluído o nivelamento da plataforma, a próxima etapa a ser realizada foi a de carregar a impressora com o filamento. Conforme já mencionamos, no kit de montagem é disponibilizada uma amostra com 56 gramas de filamento PLA. Mais uma vez, seguimos as instruções do fabricante para a realização dessa etapa, composta pelas seguintes tarefas: I. Pré-aquecer o bico de impressão, selecionando no painel de controle a opção 'Preparar > Pré-aquecer PLA'; II. Com uso do alicate disponibilizado, realizar um corte de 45 graus na ponta do filamento, para facilitar a sua introdução; III. Apoiar o carretel de filamento no dispenser, na parte superior da impressora; IV. Conferir a disposição do filamento no carretel, a fim de evitar cruzamentos que possam provocar nós, enganchamentos ou até mesmo a quebra do filamento durante a impressão; V. Introduzir o filamento pelo extrusor, mantendo a braçadeira de extrusão aberta, empurrando-o manualmente, fazendo-o passar pelo tubo flexível de alimentação, até chegar e ser expelido pelo bico de impressão.

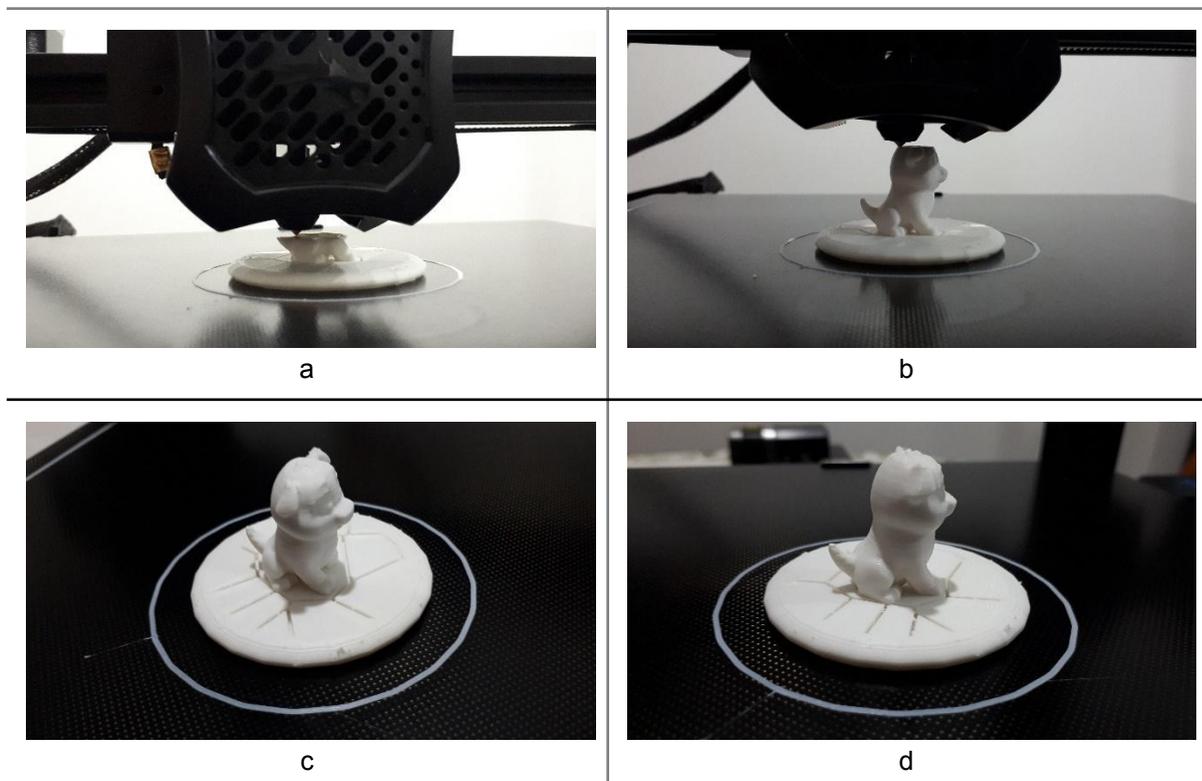
Embora demande um certo nível de cuidado por parte do operador, essa etapa foi realizada com facilidade, concluindo, dessa forma, a montagem da impressora, estando a mesma pronta para realizar a primeira impressão.

### 3.1.2 Impressão das primeiras peças

Optamos por imprimir um dos modelos disponibilizados no cartão Micro-SD que compunha o kit da impressora. Havia dois arquivos Gcode disponíveis, sendo um menor, com o modelo de um cachorro, e um maior, de um ‘gato da sorte’ chinês. Escolhemos o primeiro modelo. Seguindo a dica de colegas da universidade, usuários de impressão 3D, borrifamos previamente laquê em aerossol sobre o vidro da plataforma, para garantir a fixação do filamento nas primeiras camadas.

Após inserir o cartão de memória no slot, localizado na parte frontal da base da impressora, iniciamos a impressão da peça, selecionando no painel de controle a opção “imprimir” e indicando na tela seguinte o arquivo a ser impresso. O tempo de impressão foi de aproximadamente uma hora e meia. O processo transcorreu sem problemas e a qualidade final apresentada foi bastante satisfatória, conforme demonstrado na Figura 19, com superfícies regulares e bem definidas, conferindo bom acabamento à peça.

Figura 19 – Primeira impressão efetuada, logo após o término da montagem

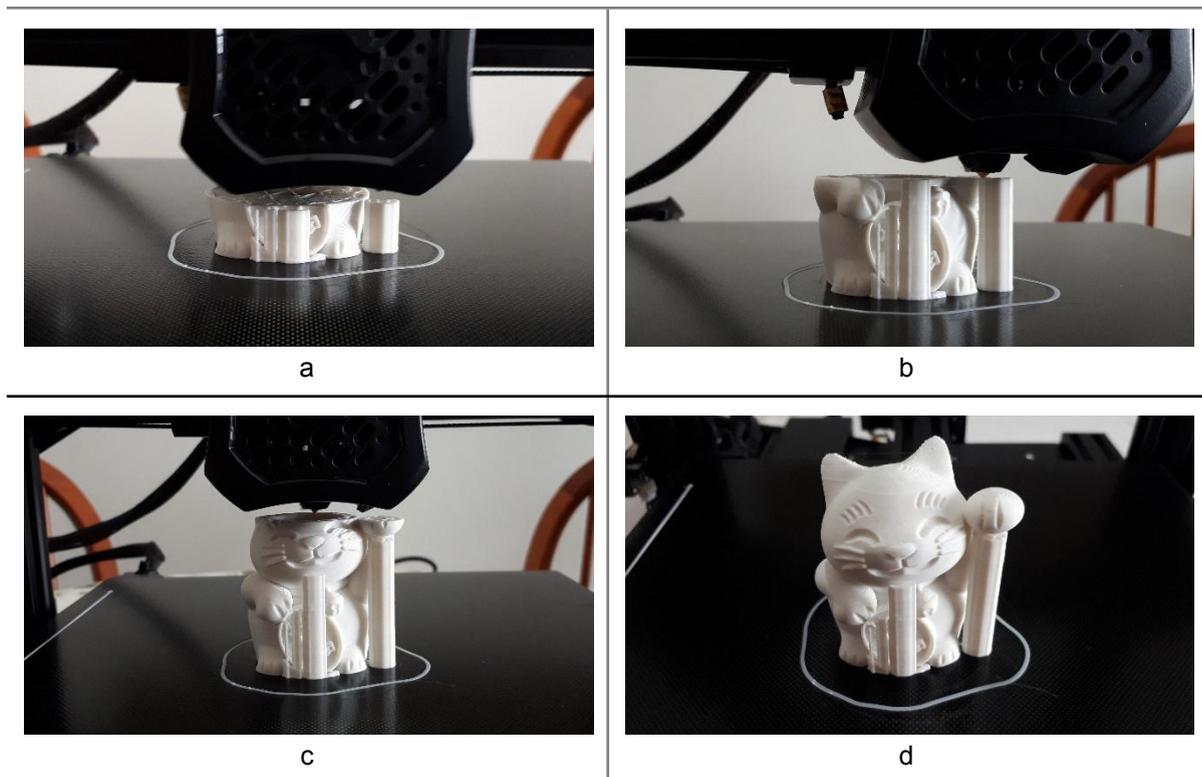


Fonte: O autor (2022).

Devido à grande superfície de contato com a plataforma de impressão (a peça tinha uma base redonda e larga), enfrentamos certa dificuldade para removê-la do vidro, o que nos exigiu tempo, cuidado e paciência, para evitar que a mesma fosse danificada durante essa ação.

Em um segundo momento, optamos pela impressão do segundo arquivo, do 'gato da sorte'. Devido às suas dimensões, seu tempo de impressão foi bem maior que o da primeira peça, durando três horas e quarenta e três minutos. A qualidade de impressão da peça, bem como o trabalho para a sua remoção do vidro da plataforma, foram semelhantes ao ocorrido na impressão anterior. O andamento da impressão e o resultado obtido são apresentados na Figura 20, a seguir.

Figura 20 – Segunda impressão efetuada



Fonte: O autor (2022).

Concluído todo o processo, até a impressão das primeiras peças, pudemos constatar que a montagem da impressora não é uma tarefa tão simples quanto aparenta ser. Considerando as dificuldades que enfrentamos para a correta montagem do produto, que envolveram aspectos como problemas na qualidade do corte das peças, dificuldade para entendimento das instruções apresentadas,

ausência de instruções, imprevistos, entre outros, mesmo este autor tendo formação em projeto de produto e experiência em montagem de itens como equipamentos e móveis, imaginamos a dificuldade que um usuário doméstico, iniciante, poderá enfrentar para realizar essa atividade.

Nesses casos, um meio de auxílio muito utilizado é a internet. Pesquisando o termo “montagem Ender3 V2” em um buscador, por exemplo, encontramos 1.510 resultados de vídeos com os mais variados temas, como *unboxings* (abertura da embalagem e demonstração dos itens que compõem o kit da impressora), tutoriais completos de montagem, dicas para nivelamento da plataforma, impressão de peças, upgrades e manutenção da impressora, opiniões e experiências de usuários, entre outros. Há ainda os fóruns virtuais e os grupos em redes sociais e aplicativos de mensagens, em que é possível compartilhar experiências, receber ajuda e sanar dúvidas com comunidades de usuários.

Ao comentar com um amigo que havia adquirido uma impressora 3D, recebi dele o convite para participar de dois grupos em um aplicativo de mensagens, formado por usuários da marca, voltados para obtenção de ajuda mútua sobre o uso das impressoras. Em outro momento, ao relatar a minha experiência na montagem do produto, esse amigo comentou que havia diversos vídeos no YouTube explicando o passo-a-passo da montagem. “É só colocar e ir seguindo as instruções”. Esses exemplos mostram o quanto a utilização de materiais disponibilizados na internet e de recursos para colaboração online, como fóruns de discussão em websites e grupos em aplicativos de mensagens, tornou-se uma atividade corriqueira junto a esse público, sobretudo para a busca de informações e resolução de problemas.

### 3.1.3 Etapas seguintes e desdobramentos

Na sequência, procedemos à pesquisa, obtenção e instalação do programa de fatiamento, para ser utilizado nas próximas impressões. No kit da impressora que adquirimos, foi disponibilizado no cartão de memória um programa desenvolvido pelo fabricante, chamado *Creality Slicer*, para instalação no computador. Entretanto, em pesquisa empírica que realizamos em diversas fontes, como a internet, grupos de usuários em aplicativo de mensagens, bibliografias e conversas com usuários da impressão 3D, verificamos que um dos programas de fatiamento mais utilizados e indicados, inclusive em sites de fabricantes de impressoras 3D, é o Cura, que foi

desenvolvido pela fabricante de equipamentos Ultimaker, e que é disponibilizado gratuitamente em seu site, <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>. Optamos então pela aquisição e instalação desse programa, em vez do disponibilizado pelo fabricante da impressora, por conta das indicações e, também, pela facilidade em encontrar materiais de apoio e de aprendizagem quanto ao uso, na internet.

Sobre esses materiais de apoio e informação, ao realizarmos pesquisa em um buscador da internet, com o argumento “impressão 3D Cura”, encontramos mais de 648.000 resultados, com os mais diversos tipos de conteúdos, tais como dicas, cursos online pagos e gratuitos, videoaulas disponibilizadas em canais do YouTube, vídeos com demonstrações, avaliações, comparativos, entre outros. Optamos por acompanhar um curso de impressão 3D para principiantes, com uso do Cura, que é disponibilizado gratuitamente em um canal do Youtube, composto por dezenove vídeos, sendo sete vídeos referentes às aulas propriamente ditas e doze vídeos com dicas e conhecimentos complementares aos abordados nas aulas.

Percebemos que esse curso, conforme o sugerido em seu nome, fornece ao usuário iniciante os conhecimentos básicos sobre o uso do programa de fatiamento, desde a instalação inicial da impressora até a configuração dos principais ajustes, como espessura de paredes, estruturas de preenchimento, velocidade de deposição do material, temperatura da plataforma e do filamento, estruturas de suporte e índice de retração. Além disso, no canal, assim como em diversos outros, há vídeos com dicas para situações envolvendo as mais diversas etapas da impressão 3D, que podem trazer um suporte para os usuários interessados nessa aprendizagem.

A aquisição da impressora 3D, e a realização das diversas etapas que aqui relatamos, referentes ao nosso experimento, despertou em minha filha adolescente o interesse pela utilização do equipamento. Na escola em que estuda, atualmente cursando ensino médio, há um laboratório em que são vivenciadas aulas de ensino maker. A possibilidade de produzir suas próprias peças lhe trouxe entusiasmo e vontade de aprender e exercitar o uso da tecnologia. Entretanto, em vez de recorrer a materiais disponibilizados na internet para esse aprendizado, como fizemos, preferiu buscar informações e dicas com amigos e colegas de turma, mais experientes, ou utilizar as configurações padrão do fatiador, para a realização das impressões. Algumas vezes as impressões apresentaram problemas, como má aderência da peça à plataforma de impressão ou insuficiência de estruturas de suporte, e tiveram que ser refeitas, em um trabalho de ‘tentativa e erro’ mas, na

maioria das vezes, as impressões foram realizadas com sucesso. Na Figura 21, a seguir, apresentamos algumas das impressões realizadas, a partir de modelos obtidos em repositórios na internet, ou fornecidos por terceiros. Algumas peças, após a impressão, foram personalizadas com pinturas e acabamentos superficiais.

Figura 21 – Algumas peças produzidas com o uso da impressora adquirida



Fonte: O autor (2022).

### 3.1.4 Comentários e considerações finais sobre a atividade

Propusemos esta experiência, de vivenciar a utilização da manufatura aditiva no ambiente doméstico em suas diversas etapas, desde a aquisição do equipamento até a impressão das primeiras peças, com o objetivo de identificar e compreender, através da aplicação prática, as especificidades e os problemas envolvidos em cada uma dessas atividades e, desta forma, obter novos subsídios, a partir das situações observadas, para o desenvolvimento da nossa pesquisa direta com os usuários.

Durante a realização deste experimento, pudemos exercitar, compreender e analisar todas as atividades necessárias até a realização das primeiras impressões, sendo algumas dessas atividades até então inéditas para nós, como a montagem da impressora, o que nos trouxe um melhor entendimento desse processo como um todo, e nos fez perceber aspectos importantes, que serviram não apenas para o planejamento e o desenvolvimento da pesquisa com os usuários, mas também para realimentação do capítulo de referencial teórico, na seção referente ao uso da manufatura aditiva no ambiente doméstico.

Pudemos constatar que esse caminho, da compra até a primeira impressão, diferente do discurso propagado por alguns autores e fabricantes, não é tão simples quanto aparenta ser, sobretudo quando realizamos a comparação com o mesmo caminho para uma impressora de papel. Na impressão 3D, há tarefas relacionadas com montagem, setup de equipamento e configuração de impressão que, como vimos nesta seção e no item 2.3.4 deste trabalho, podem ser bastante desafiadoras, sobretudo para um usuário com pouco conhecimento técnico nesta área.

A partir dessa experiência que vivenciamos, percebemos a necessidade de inclusão, na pesquisa, da abordagem com relação às etapas anteriores à utilização propriamente dita da impressora, como a aquisição e a montagem do equipamento. Conforme apresentamos em nosso relato, a tarefa de montagem se mostrou mais difícil do que o esperado, com problemas relacionados à deficiências de informação, complexidade de algumas etapas e qualidade de alguns componentes, mesmo para um usuário com conhecimento técnico, já tendo realizado montagens de móveis e outros tipos de equipamentos. Este, portanto, é um problema passível de resolução através da atuação do designer, e que merecia ser investigado na pesquisa, sendo incluído a partir da segunda versão do questionário, conforme histórico apresentado na seção 3.2 deste capítulo.

Entendemos, então, que a pesquisa com os usuários deveria abordar todas as etapas relacionadas ao uso da impressão 3D, desde a aquisição do equipamento até a produção das peças e a destinação dos resíduos, passando pelas atividades de montagem, configuração e impressão, entre outros, investigando como se dá essa utilização e identificando pontos passíveis de melhoria através da atuação do designer.

Nas próximas seções, trataremos sobre a realização da pesquisa junto aos usuários. Apresentamos e justificamos a técnica e a ferramenta escolhidas para a condução da pesquisa, desenvolvemos o modelo de questionário a ser utilizado, realizamos a aplicação das entrevistas, reunimos, comentamos e elaboramos as nossas considerações quanto aos dados obtidos nessas consultas.

### **3.2 Aplicação de questionário: coleta de dados e resultados**

Nesta seção, tratamos sobre o planejamento e a realização da pesquisa com os usuários domésticos. Apresentamos nosso processo percorrido, iniciado com a definição da técnica e da ferramenta de pesquisa, seguido do desenvolvimento do modelo de questionário, da aplicação de sua versão definitiva junto ao público-alvo e, por fim, da apuração e apresentação dos dados obtidos nessas entrevistas.

Para a realização da pesquisa junto aos usuários, a fim de obter informações quanto à utilização da manufatura aditiva no ambiente doméstico, conforme previsto nos objetivos específicos deste trabalho, escolhemos como técnica para a coleta de dados a aplicação de questionário. De acordo com Lakatos (2020), o questionário é uma técnica de observação direta extensiva, constituído por uma série de perguntas a serem respondidas pelo entrevistado, sem a presença do entrevistador.

Considerando alguns fatores importantes para a realização da pesquisa, tais como a abrangência do público-alvo a ser entrevistado (podendo alcançar usuários de qualquer localidade do país, sem delimitação de território), a necessidade de um canal eficiente para a realização de entrevistas à distância, a disponibilidade desse público para interações através da internet e, sobretudo, o distanciamento social imposto a partir do mês de março de 2020, decorrente do agravamento da pandemia da Covid 2019, optamos pela utilização da ferramenta 'Google Formulários', para aplicação das consultas em formato de questionário eletrônico, por meio da internet.

### 3.2.1 Desenvolvimento e aplicação de questionário

Definidas a técnica e a ferramenta que seriam utilizadas para a realização das entrevistas, iniciamos o desenvolvimento do questionário, realizando nessa fase a elaboração, a discussão, em conjunto com o orientador, e o aprimoramento do corpo de perguntas a ser aplicado, conforme os objetivos estabelecidos para a pesquisa.

Para avaliação do modelo preliminar de questionário desenvolvido (disponível em <https://forms.gle/wm3Mi1kN49oqCFJy5> e no apêndice A deste trabalho), e para a obtenção de resultados iniciais, sugestões e observações, aplicamos um pré-teste no mês de novembro de 2020. O questionário testado continha dezenove perguntas, distribuídas em quatro seções, e foi encaminhado por meios eletrônicos (via e-mail e aplicativo de mensagem) para um grupo piloto reduzido, composto por usuários que utilizam a impressão 3D no ambiente doméstico. Nessa aplicação, foram obtidas quinze respostas. A análise dessas respostas, em conjunto com as observações registradas pelos entrevistados, nos ajudou a identificar pontos de melhorias a serem corrigidos e aspectos ainda não abrangidos, a serem incluídos em versões posteriores do questionário. Os resultados obtidos e a análise desses dados foram apresentados aos avaliadores durante o exame de qualificação desta pesquisa, ocorrido no mês de janeiro de 2021.

A partir das informações obtidas no pré-teste e das contribuições recebidas no exame de qualificação (que nortearam o direcionamento das próximas etapas do trabalho), além do desenvolvimento propriamente dito da pesquisa, prosseguimos com o aprimoramento do questionário, focando as questões em temas relacionados à utilização da manufatura aditiva no ambiente doméstico, abrangendo três aspectos fundamentais, nessa relação de uso: as formas de acesso a essas tecnologias, as dificuldades e facilidades encontradas e as soluções criadas ou adotadas para a resolução dos problemas.

Assim, no mês de novembro de 2021 trabalhamos no desenvolvimento de uma nova versão do questionário, composta por vinte e oito questões, divididas em sete seções (disponível em <https://forms.gle/X6Pytd99H62sYpS69> e no apêndice B deste trabalho), estando cada seção relacionada a um aspecto específico do tema em estudo: na seção 1, perguntas iniciais sobre o perfil do entrevistado; na seção 2, questões referentes à experiência do usuário e ao modo como ele obtém acesso às tecnologias de manufatura aditiva, na seção 3, questões referentes à aquisição e ao

recebimento do equipamento; na seção 4, questões referentes à montagem da impressora, dificuldades e soluções encontradas; na seção 5, perguntas referentes aos objetos impressos, origem dos arquivos e compartilhamento; seção 6, referente à etapa de edição para impressão (fatiamento) e, por fim, seção 7, com questões gerais sobre as impressões realizadas pelos participantes, como percentual de peças impressas com sucesso, tratamento de refugos e resíduos, entre outros.

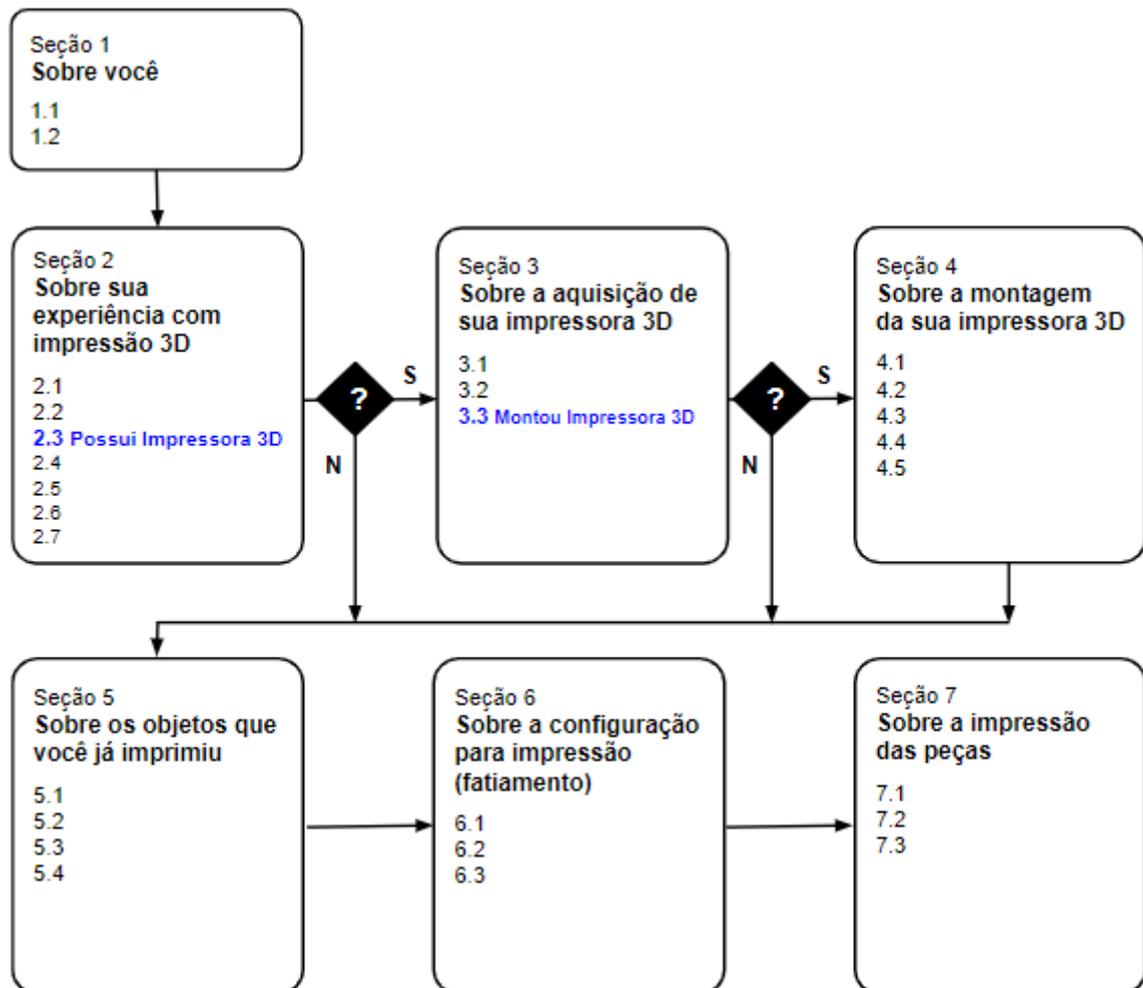
Após apresentação e discussões junto ao orientador desta pesquisa, esse modelo do questionário foi submetido a uma nova aplicação em pré-teste, dessa vez junto a um grupo pré-determinado de usuários, com experiência na utilização das tecnologias de manufatura aditiva, em especial a tecnologia FDM. Essa aplicação teve por finalidade avaliar a pertinência e a adequação das perguntas, em relação aos objetivos a serem alcançados na pesquisa. Além disso, buscávamos obter sugestões e apontamentos desse grupo, sobre possíveis aspectos passíveis de melhoria. O teste foi realizado ainda no mês de novembro de 2021, sendo obtidas dez respostas, além de opiniões registradas no próprio formulário e encaminhadas por outros meios, como através de aplicativo de mensagens, que contribuíram para o aperfeiçoamento do modelo.

A versão final do questionário, desenvolvida a partir dos resultados e dos apontamentos obtidos na segunda aplicação em forma de teste, foi finalizado no mês de dezembro de 2021 (disponível em <https://forms.gle/cvFnb69Bc4n2ZUe77> e no apêndice C deste trabalho). O modelo é composto por vinte e sete questões, divididas em sete seções, sendo os temas de cada seção mantidos em relação ao que já estava estruturado na versão anterior do documento, de novembro de 2021.

Importante salientar que, nessa versão final, algumas seções do questionário poderiam ou não ser apresentadas ao entrevistado, de acordo com as respostas que o mesmo atribuísse em algumas perguntas-chave. Assim, na seção 2 do documento (intitulada “Sobre sua experiência com impressão 3D”), havia a pergunta 2.3 “Você possui ou já possuiu impressora 3D?”, com duas opções de resposta, ‘sim’ ou ‘não’. Caso o entrevistado respondesse que sim, ao concluir o preenchimento das demais perguntas dessa seção e clicar em ‘próxima’, o mesmo seria direcionado para a seção 3, “Sobre a aquisição de sua impressora 3D”. Caso respondesse que ‘não’, as seções 3 (citada acima) e 4 “Sobre a montagem da sua impressora 3D” seriam ocultadas, e o entrevistado seria encaminhado diretamente para a seção 5 “Sobre os objetos que você já imprimiu”, prosseguindo dessa para as seções seguintes.

Da mesma forma, na seção 3 do documento havia a questão 3.3 “Em relação à montagem da sua impressora 3D:”, com diversas opções de resposta, devendo o entrevistado escolher, dentre essas, a que representasse a situação que vivenciou. Caso fosse escolhida a resposta “recebi a impressora parcialmente montada, em um kit, e fiz a montagem das partes restantes, para sua finalização e uso” ou a resposta “recebi a impressora totalmente desmontada, e fiz a montagem do equipamento”, ao prosseguir para a próxima página, o mesmo seria direcionado para a seção 4 “Sobre a montagem da sua impressora 3D”. Selecionando alguma das demais respostas, a seção 4 seria ocultada, e o entrevistado seria encaminhado para a seção 5, e dessa para as seguintes. O Fluxograma 2 apresenta o esquema básico de funcionamento desse questionário.

Fluxograma 2: Operacionalização do modelo final do questionário



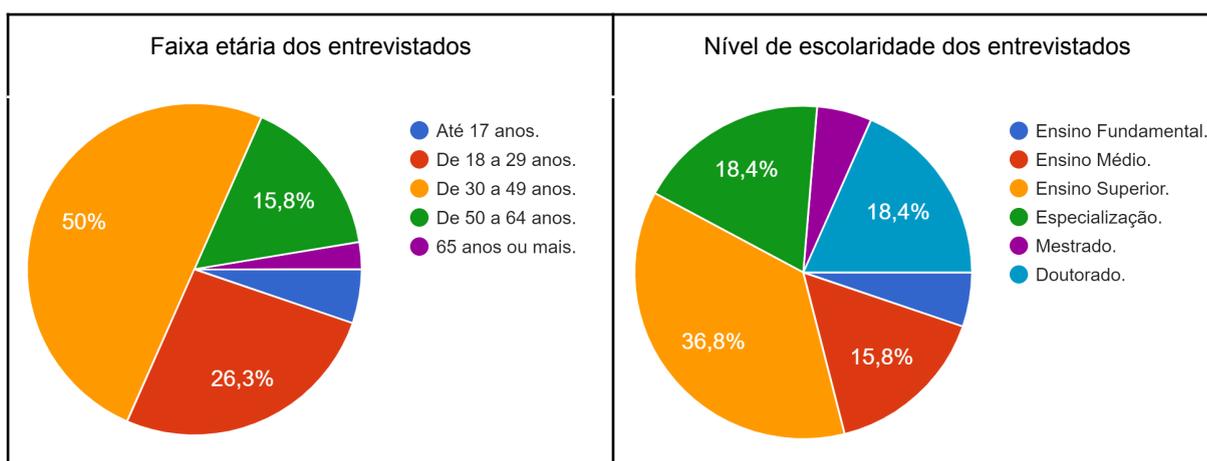
Fonte: O autor (2022).

O questionário final foi aplicado durante o mês de dezembro de 2021, sendo distribuído através da internet, por e-mail e aplicativo de mensagens instantâneas, para diversos destinatários e grupos de usuários de impressão 3D em todo o país. O formulário foi mantido aberto para a aceitação de respostas durante um período de trinta dias. Foram obtidas, ao final desse período, trinta e oito respostas, nas quais foram apuradas as informações que apresentamos a seguir:

### 3.2.2 Apresentação dos dados obtidos

Na primeira seção do questionário, com perguntas relacionadas ao perfil dos entrevistados (faixa etária e nível de escolaridade), verificamos no grupo pesquisado a predominância de indivíduos na faixa etária dos 18 aos 49 anos (29 respostas ou 76,3% do total). As outras faixas indicadas foram: de 50 a 64 anos (6 respostas), até 17 anos (2 respostas) e 65 anos ou mais (1 resposta). Em relação ao nível de escolaridade (nível completo), os mais indicados foram: curso superior (14 respostas ou 36,8% do total), especialização e doutorado (7 respostas cada ou 18,4%), ensino médio (6 respostas ou 15,8%), mestrado e ensino fundamental (2 respostas cada ou 5,3%). Esses resultados estão apresentados nos Gráficos 7 e 8 a seguir.

Gráfico 7 - Faixa etária dos entrevistados / Gráfico 8 - Nível de escolaridade dos entrevistados



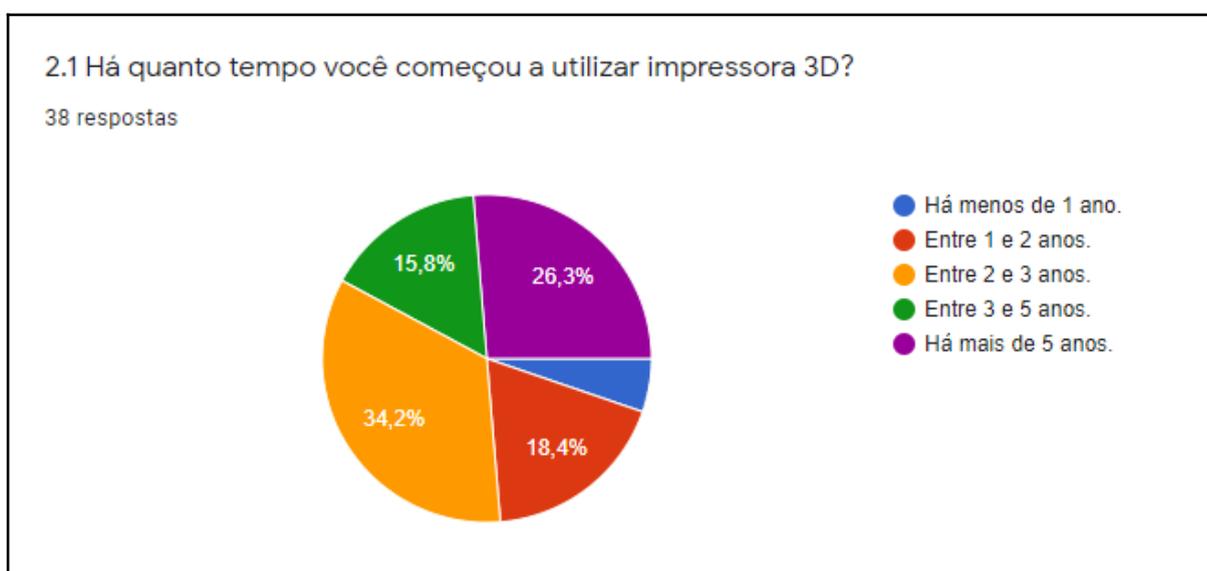
Fonte: O autor (2022).

Na segunda seção do questionário, abordamos questões relacionadas à experiência dos entrevistados com a impressão 3D: há quanto tempo começaram a utilizar impressora 3D; como aprenderam a utilizar esse equipamento; se possuem

equipamento próprio; de que forma têm acesso à impressão 3D; com que finalidade realizam as impressões e a que outros processos de manufatura aditiva os mesmos já tiveram acesso.

Com relação ao tempo de experiência no uso de impressoras 3D, 34,2% dos entrevistados responderam que começaram a utilizar esse equipamento entre 2 e 3 anos atrás. 26,3% responderam que começaram há mais de 5 anos, 18,4% entre 1 e 2 anos e 15,8% entre 3 e 5 anos (conforme apresentado no Gráfico 9 a seguir). O percentual que declarou possuir menos de um ano de experiência foi de 5,3%.

Gráfico 9 - Tempo de experiência no uso da impressão 3D



Fonte: O autor (2022).

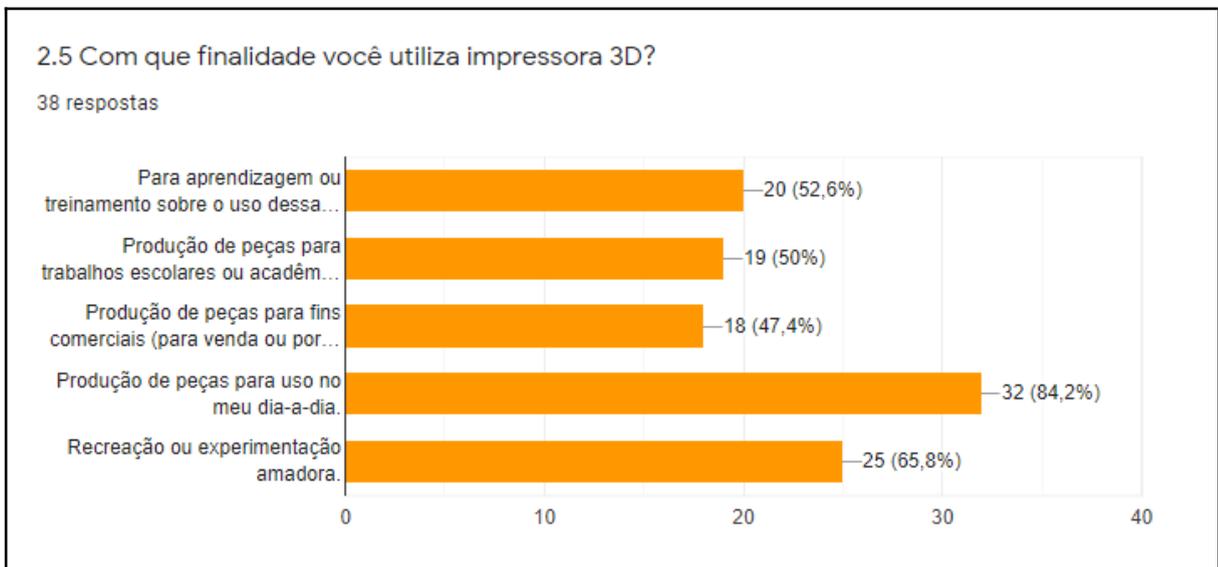
Sobre a forma como aprenderam a utilizar impressora 3D (pergunta com mais de uma resposta possível), a opção mais indicada foi a da aprendizagem por conta própria, indicada por 81,6% dos participantes, seguida pela aprendizagem com o auxílio de terceiros, com 18,4%. Nessa pergunta, havia ainda espaço para inserção de outras opções (campo "outros"), em que foram indicadas algumas respostas que convergem para a aprendizagem por conta própria, sendo apontada como fonte de consulta e informação a plataforma de compartilhamento de vídeos *YouTube*, num percentual de aproximadamente 8% das respostas.

Quanto à disponibilidade de equipamento próprio, 97,4% dos entrevistados responderam que possuem ou já possuíram impressora 3D. Em relação às formas como têm acesso à impressão 3D (pergunta com mais de uma resposta possível),

92,1% dos entrevistados responderam que utilizam impressoras que possuem, 26,3% responderam que utilizam impressoras da escola ou da faculdade/universidade e 21,1% que utilizam impressoras do trabalho.

Questionados sobre a finalidade para a qual utilizam impressora 3D (pergunta com mais de uma resposta possível), 84,2% dos participantes responderam que utilizam na produção de peças para uso no dia-a-dia, 65,8% responderam utilizar para recreação ou experimentação amadora, 52,6% para aprendizagem sobre o uso da tecnologia, 50% para a produção de trabalhos escolares ou acadêmicos e 47,4% na produção de peças para fins comerciais (vide Gráfico 10).

Gráfico 10 - Com que finalidade utilizam a impressão 3D



Fonte: O autor (2022).

Além da impressão 3D de filamento, 39,5% dos entrevistados responderam que já tiveram acesso a outros processos de manufatura aditiva. Os processos mais indicados foram: fotopolimerização em cuba (impressão 3D em resina), com 86,7%, fusão de leito de pó não metálico (impressão 3D em pó de plástico ou pó cerâmico), com 13,3%, LDM - *Liquid Deposit Modeling* (impressão com argamassa/concreto) e MSLA - *Masked Stereolithography* (tecnologia de impressão 3D em resina), com 6,7% cada.

Na terceira seção do questionário, foram apresentadas questões referentes à aquisição da impressora 3D. Essa seção era apresentada apenas aos entrevistados que indicassem possuir impressora 3D, na questão 2.3 da seção anterior, conforme

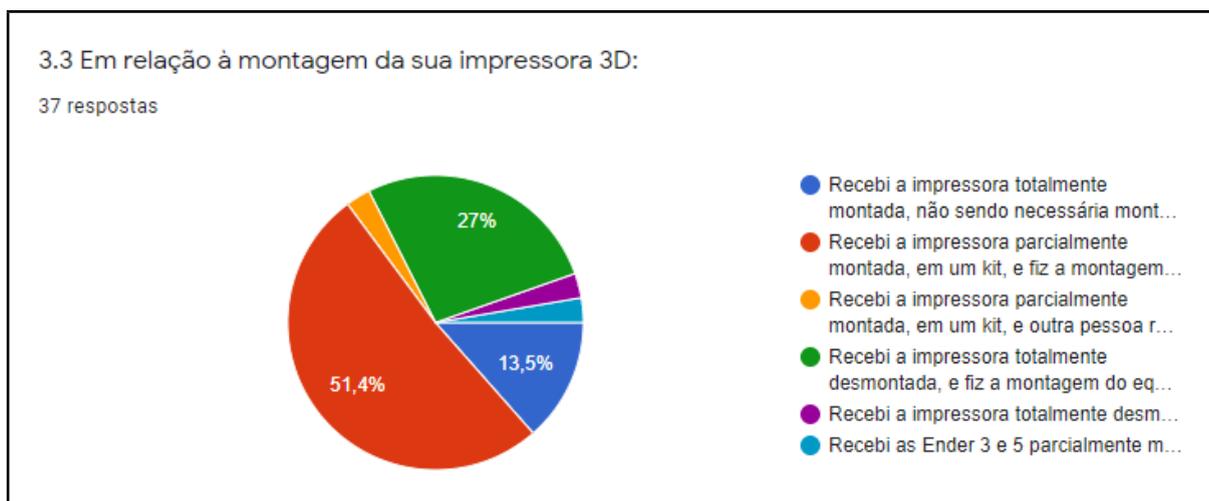
explicamos no fluxograma apresentado na página 112. Em caso de resposta negativa a essa questão, o entrevistado é direcionado para a seção 5, sendo ocultadas as seções 3 e 4.

Na primeira pergunta dessa seção, do tipo aberta/discursiva, solicitamos que os participantes informassem marca e modelo da impressora que possuem, ou da última que possuíram. Os modelos mais indicados foram: Creality Ender-3 (citada por 47,4% dos entrevistados), Creality Ender-3 Pro (26,3%) e Creality Ender-3 V2 (10,5%). Outras respostas apresentadas foram: impressoras genéricas, montadas ou construídas pelos entrevistados (13,5%) e impressoras de resina (8%).

Sobre a forma como adquiriram a impressora 3D, tema da segunda questão, 70,6% indicaram ter adquirido equipamento novo, em loja virtual, na internet, 10,6% adquiriram equipamento novo em loja física e 10,6% adquiriram as peças e fizeram a montagem de todo o equipamento.

Em relação ao recebimento e à necessidade de montagem da impressora, 51,4% informaram que receberam o equipamento parcialmente montado, em um kit, e fizeram a montagem das partes restantes, para finalização e uso. 27% receberam a impressora totalmente desmontada, e fizeram a montagem de todo o equipamento e 13,5% informaram que receberam a impressora já montada, não sendo necessária a montagem de partes adicionais. A distribuição destas respostas está representada no Gráfico 11 a seguir.

Gráfico 11 - Recebimento e opção de montagem da impressora 3D



Fonte: O autor (2022).

Nessa última pergunta, se o entrevistado selecionasse uma das alternativas em que declara ter efetuado a montagem do equipamento (a segunda ou a quarta alternativa), ao passar para a próxima página, o mesmo seria direcionado à quarta seção do formulário (com questões referentes à montagem do equipamento). Caso selecionasse outra alternativa, a quarta seção não seria apresentada, e o mesmo seria direcionado à quinta seção (sobre os objetos que imprimiu) e seguintes.

Ao final da terceira seção, no campo reservado para comentários, sugestões ou observações, um dos participantes, expondo a sua opinião quanto aos modelos de impressoras disponíveis, para o usuário iniciante, registrou que “Nunca compre a anet et4.... pois as peças não tem fácil no Brasil, para iniciantes recomendo a ender 3 pois ela faz até com mais qualidade que uma top e o valor é acessível”.

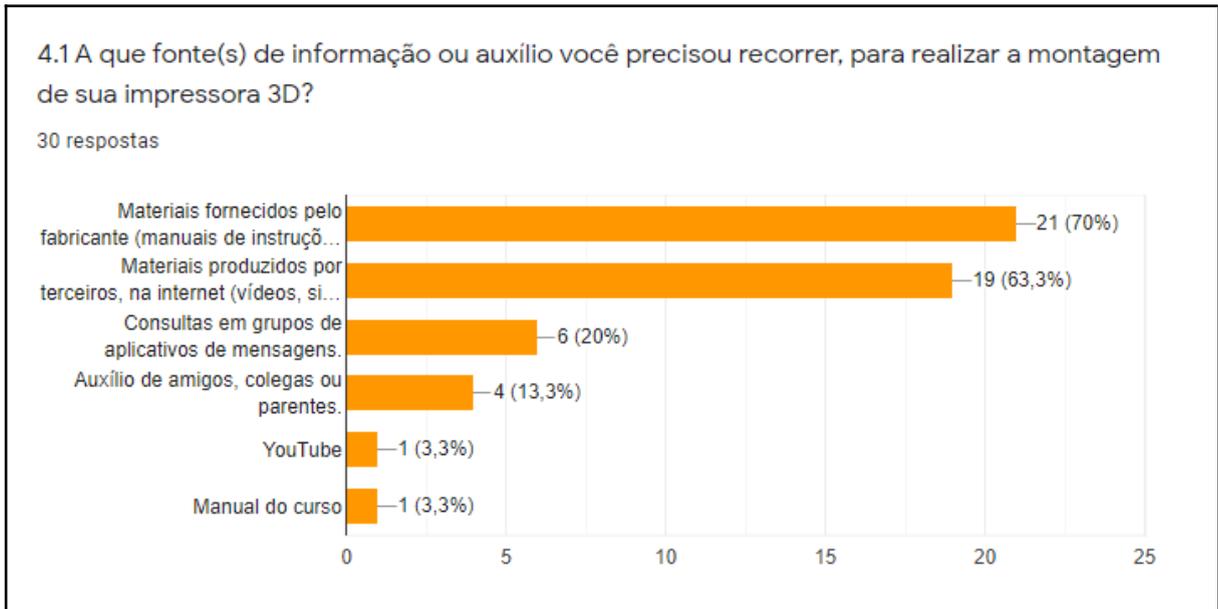
Na quarta seção do questionário, como explicamos anteriormente, abordamos questões referentes à montagem da impressora. Essa seção, composta por cinco perguntas, foi disponibilizada aos participantes que responderam ter realizado essa atividade, na seção anterior. Nosso objetivo com essas perguntas foi o de investigar a preparação dos usuários, as fontes de informação consultadas, as dificuldades enfrentadas e possíveis soluções desenvolvidas, durante a realização dessa tarefa.

Iniciamos a seção perguntando a que fontes de informação os entrevistados precisaram recorrer, para realizar a montagem da impressora (pergunta que admitia mais de uma resposta). As fontes mais indicadas foram: materiais fornecidos pelo fabricante, como manuais de instruções, vídeos e chats eletrônicos (indicada por 70% dos usuários), materiais produzidos por terceiros, na internet, como vídeos, sites ou chats (63,3%) e consultas em grupos de aplicativos de mensagens (20%), conforme apresentamos no Gráfico 12, a seguir.

Com relação ao nível de complexidade ou dificuldade das atividades, durante a montagem da impressora, 53,3% dos entrevistados responderam que foi conforme o esperado, 33,3% que foi menor que o esperado e 13,4% que foi maior que o esperado.

Sobre o tempo gasto para a montagem do equipamento, 43,3% responderam que este foi conforme o esperado, 30% que foi menor que o esperado e 26,7% que foi maior que o esperado.

Gráfico 12 - Fontes de informação consultadas para a montagem da impressora 3D



Fonte: O autor (2022).

36,7% dos entrevistados responderam que enfrentaram alguma dificuldade ou imprevisto, durante a montagem da impressora. Ao solicitarmos que os mesmos nos relatassem os problemas ocorridos (questão discursiva), os principais comentários apresentados foram os seguintes: 1) “A falta de informações no manual da Ender 3. Não havia um passo a passo, apenas imagens da impressora finalizada e das peças separadamente”; 2) “Falta de parafusos”; 3) “Um dos furos em uma das barras do eixo Z estava mal furado e foi necessário utilizar uma broca para que o parafuso pudesse entrar no V-slot”; 4) “Peças com defeito de fábrica”; 5) “Problemas na qualidade das peças e precisão dos encaixes, dificultando a correta montagem das partes”; 6) “Peças como parafusos e onde elas são encaixadas espanam muito fácil e são extremamente frágeis. Tive problemas com peças que se desgastaram tão facilmente e fiquei extremamente frustrada por achar que não conseguiria montar por um motivo desses. No final acabei improvisando para resolver o problema e deu certo, mas não me senti tão feliz ao terminar de montar”; 7) “Adaptação e modificação de algumas peças onde achei uma forma melhor de instalar”.

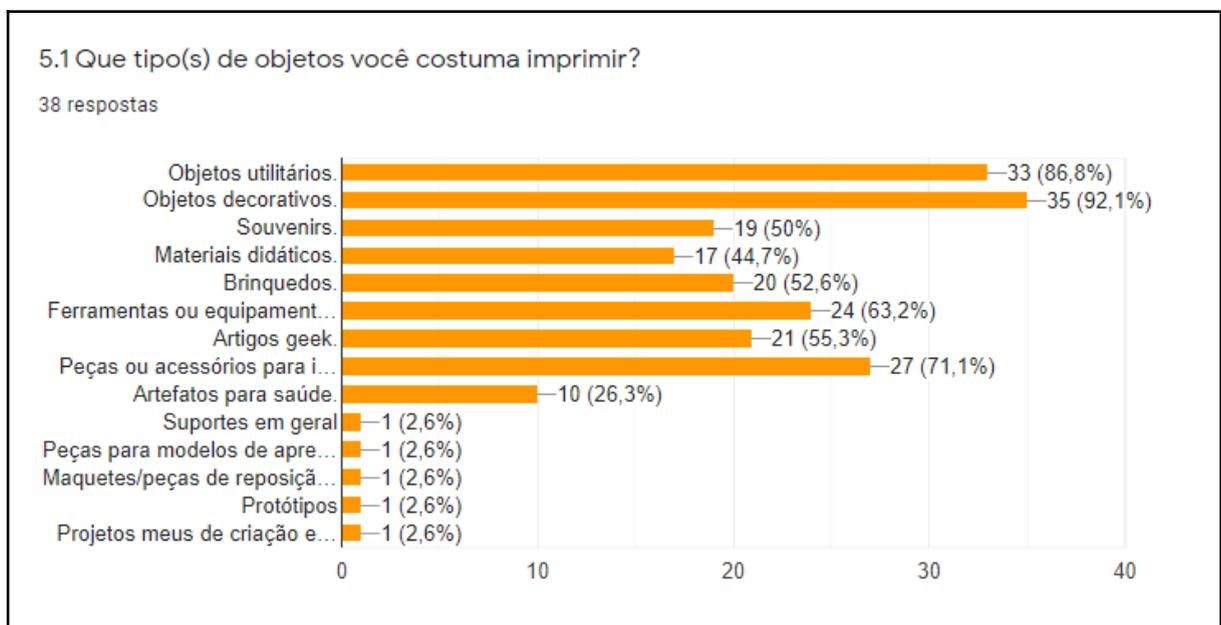
Ao final dessa seção, no campo reservado para comentários e observações, foram registrados os seguintes depoimentos: 1) “A primeira vez que montei, levei 12 horas pra montar. Na segunda, terceira, quarta, etc esse tempo foi diminuindo para cerca de 6 horas. (No caso da Prusa i3 Mk3s)”, 2) “Que viesse um calibre, no kit, a

folha de sulfite não achei funcional”, 3) “O YouTube ensina tudo ,mas tem gente que fala que sabe e não sabe nada [...]”.

Na quinta seção do questionário, tratamos de temas relacionados aos objetos que os usuários confeccionam, com uso da impressão 3D. Foram apresentadas quatro perguntas, abordando questões como: tipos ou categorias de objetos mais produzidos, origem dos arquivos impressos, alterações realizadas pelos usuários, antes da impressão e compartilhamento de criações. O objetivo dessa seção foi o de verificar que tipos de objetos estavam sendo produzidos, que tipos de alteração ou customização os usuários estavam realizando nos arquivos que imprimiam e se os mesmos possuíam o hábito de compartilhar as suas criações.

Na primeira pergunta desta seção, os entrevistados deveriam indicar os tipos de objetos que costumam imprimir (pergunta com mais de uma resposta possível). As categorias mais indicadas foram: objetos decorativos (92,1%), objetos utilitários (86,8%), peças ou acessórios para impressora 3D (71,1%), ferramentas ou equipamentos (63,2%), artigos geek (55,3%) e brinquedos (52,6%).

Gráfico 13 - Objetos que costumam imprimir

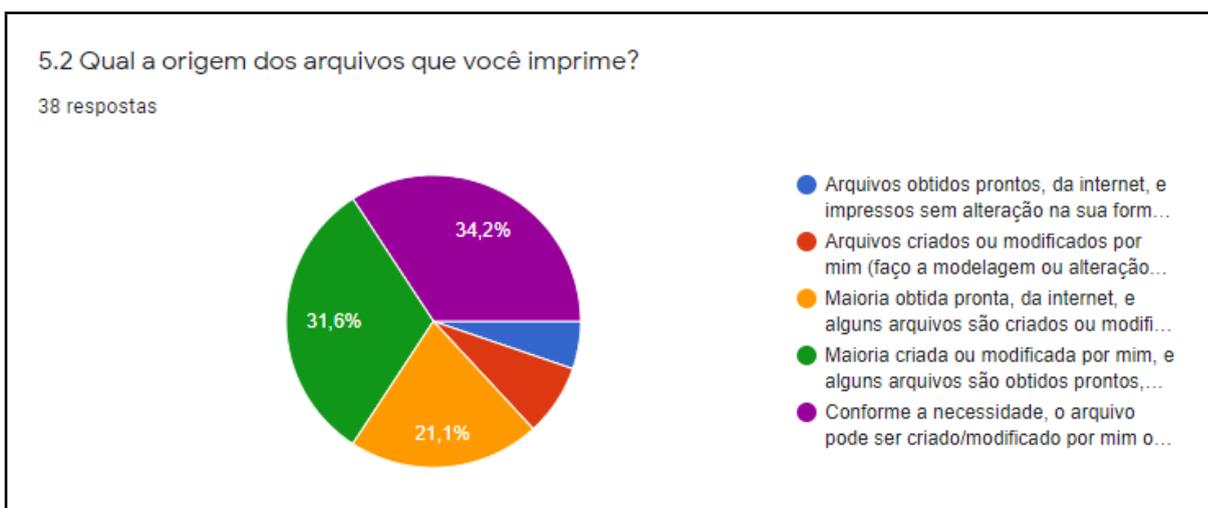


Fonte: O autor (2022).

Sobre a origem dos arquivos que imprimem, segunda pergunta desta seção, 34,2% dos entrevistados indicaram que “conforme a necessidade, o arquivo pode ser criado/modificado por mim ou obtido pronto da internet”, 31,6% indicaram que a

“maioria é criada ou modificada por mim, e alguns arquivos são obtidos prontos, da internet”, 21,1% que a “maioria é obtida pronta, da internet, e alguns arquivos são criados ou modificados por mim.”, 7,9% que são “arquivos criados ou modificados por mim (faço a modelagem ou alteração da forma em programa CAD, configuro no fatiador e imprimo)”. e 5,3% que são “arquivos obtidos prontos, da internet, e impressos sem alteração na sua forma (faço o download, configuro no fatiador e imprimo, sem alterar forma)”.

Gráfico 14 - Origem dos arquivos que imprimem



Fonte: O autor (2022).

Com relação às alterações que já fizeram nos arquivos, antes da impressão (pergunta com mais de uma resposta possível), as respostas mais indicadas pelos entrevistados foram: criação de um arquivo/modelo novo, utilizando software de modelagem (73,7%), alteração de medidas ou proporções em um arquivo obtido pronto, sem alterar sua forma (71,1%), inclusão de novos elementos em um arquivo obtido (57,9%) e alteração de forma em um arquivo obtido (50%), conforme pode-se verificar no Gráfico 15 a seguir.

Por fim, ao perguntarmos se os participantes costumam compartilhar as suas criações (arquivos que criam ou modelam do zero), 44,7% responderam que “não”, 10,6% responderam que “não, por se tratar de material de pesquisa ou protegido” e outros 44,7% responderam “sim”.

Gráfico 15 - Alterações realizadas nos arquivos que imprimiram



Fonte: O autor (2022).

A sexta parte do questionário tratou de questões relacionadas à configuração dos arquivos para impressão, também conhecida como etapa de fatiamento. Foram apresentadas três perguntas, nas quais buscamos identificar os principais ajustes realizados e as dificuldades enfrentadas, com uso do programa de fatiamento, e as fontes de informações consultadas pelos usuários, para auxiliar na resolução desses problemas.

Com relação aos ajustes mais frequentes, realizados com uso do programa fatiador (pergunta com mais de uma resposta válida, em que indicamos diversas alternativas com comandos mais usuais, e reservamos um campo para livre inserção do entrevistado, opção “outros”), os mais indicados foram: definição de percentual e geometria das estruturas de preenchimento (81,6%), definição de altura da camada (78,9%), definição de espessuras de parede, base e topo (73,7%), ajuste/alteração de dimensões da peça (68,4%), ajuste de posicionamento da peça na mesa de impressão (68,4%), definição de percentual e geometria de estruturas de suporte (63,2%) e definição de temperaturas da mesa e do bico extrusor (60,5%).

Conforme demonstrado no Gráfico 16, a seguir, todas as alternativas tiveram índice de respostas superior a 60% dos entrevistados, e não houve diferenciação significativa entre os índices apresentados, indicando que, entre os participantes, esses comandos costumam ser utilizados com frequência. Um dos entrevistados, no campo “outros”, relatou alguns comandos mais que costuma utilizar, referindo-se a

“Algumas configurações mais específicas como Suportes cônicos, "passar a ferro", fluxo de material (diferenciado para parede, preenchimento e base), aderência à mesa dentre outros”, opções mais avançadas do programa de fatiamento.

Gráfico 16 - Principais ajustes realizados com o programa de fatiamento

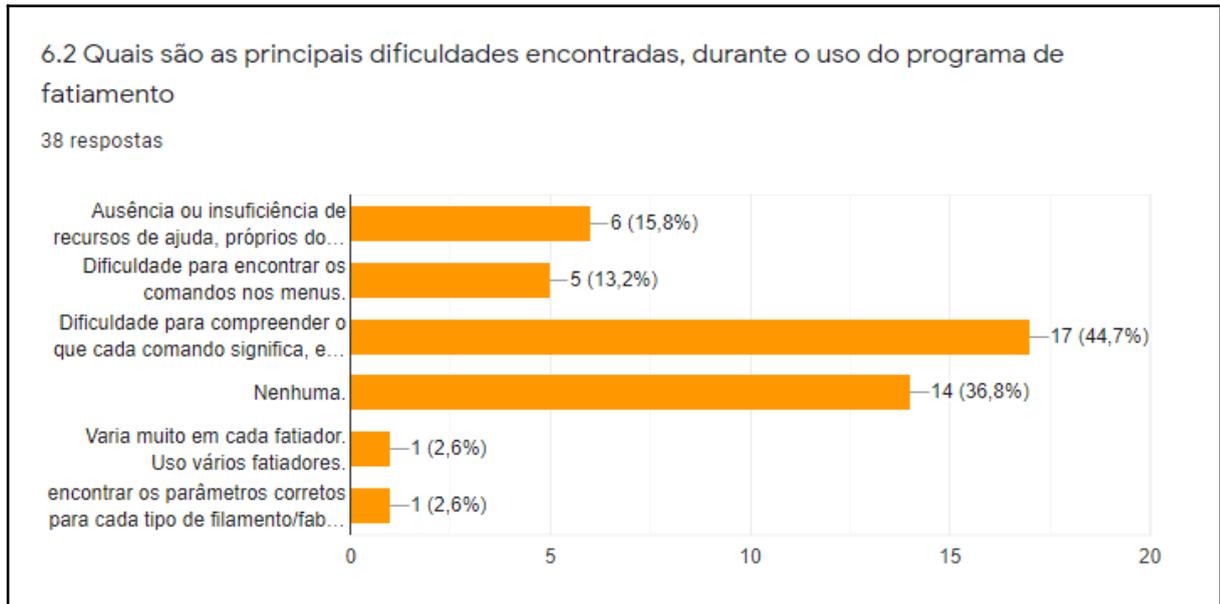


Fonte: O autor (2022).

Sobre as principais dificuldades encontradas, durante o uso do programa de fatiamento (pergunta com mais de uma resposta possível), as mais indicadas foram: dificuldade para compreender o que cada comando significa, e suas consequências para o resultado de minha impressão (44,7%), ausência ou insuficiência de recursos de ajuda, próprios do programa (15,8%) e dificuldade para encontrar os comandos nos menus (13,2%). Em contrapartida, 36,8% dos entrevistados declararam que não encontraram dificuldade no uso do programa fatiador (vide Gráfico 17).

Quanto às fontes de informação ou auxílio que costumam recorrer, para sanar dúvidas ou resolver problemas referentes ao uso do programa fatiador (pergunta com mais de uma resposta possível), as opções mais indicadas foram as seguintes: recursos produzidos por terceiros, na internet, como vídeos, sites, fóruns ou chats (92,1%), consultas em grupos de aplicativos de mensagens (57,9%), recursos de suporte do próprio programa - manuais, ajudas, atendimento ao usuário (26,3%) e auxílio de amigos, colegas ou parentes (26,3%). Por fim, não foram registrados comentários, sugestões ou observações para esta seção.

Gráfico 17 - Dificuldades encontradas no uso do programa de fatiamento



Fonte: O autor (2022).

Na sétima e última seção do questionário, tratamos de algumas questões gerais, relacionadas à impressão 3D, tais como índice de sucesso das impressões realizadas, problemas apresentados durante a impressão e descarte de resíduos e refugos. Nosso objetivo com essas perguntas foi o de verificar o nível de eficácia obtido por esses usuários (percentual de impressões concluídas com sucesso) e os problemas mais comuns enfrentados durante a impressão, além de investigar a destinação dada aos refugos e resíduos resultantes desse processo, conforme a preocupação apresentada por Schwab (2019) quanto ao aumento de resíduos plásticos no meio ambiente.

Na primeira pergunta desta seção, quando perguntados sobre o percentual de impressões concluídas com sucesso, 71,1% dos entrevistados indicaram um índice de efetividade superior a 75%, enquanto 21,1% informou índice entre 50 e 75%, o que indica, nesse grupo pesquisado, um índice de efetividade predominantemente superior a 50% (Gráfico 18).

Em relação aos problemas apresentados durante a impressão (pergunta com mais de uma resposta possível), os mais indicados foram (conforme representado no Gráfico 19): problema de aderência do filamento ou da peça à mesa de impressão (84,2%), problema de entupimento do bico de extrusão (73,7%), má

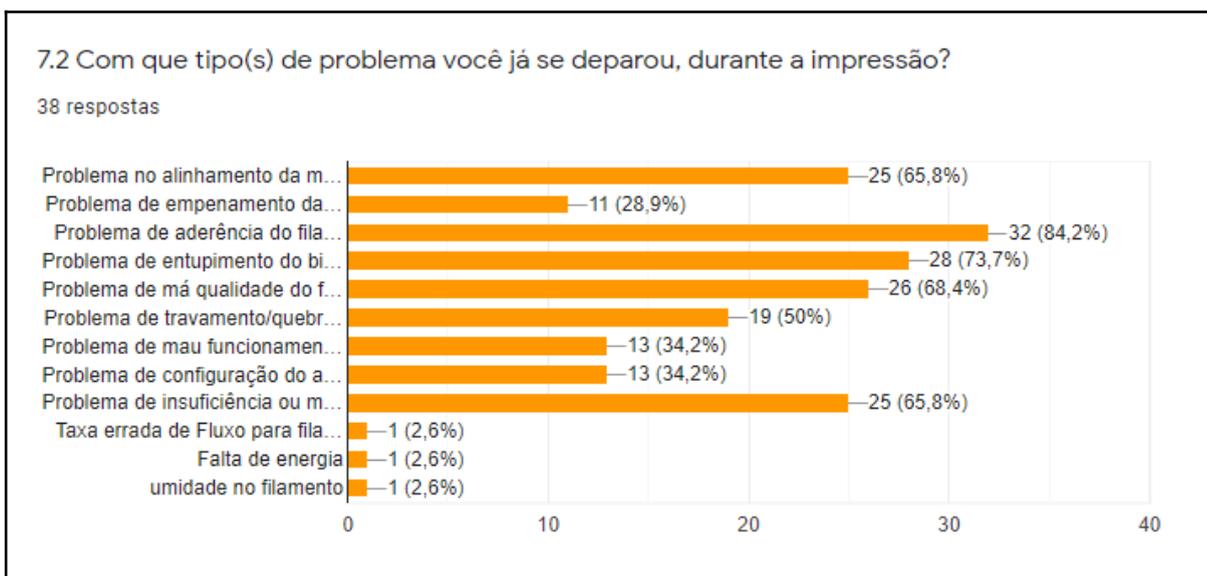
qualidade do filamento (68,4%), insuficiência ou má configuração das estruturas de suporte (65,8%) e problema de travamento ou quebra do filamento (50%).

Gráfico 18 - Percentual de impressões concluídas com sucesso



Fonte: O autor (2022).

Gráfico 19 - Problemas com que se depararam durante a impressão



Fonte: O autor (2022).

Sobre o destino que costumam dar aos resíduos ou refugos, resultantes da impressão, 52,6% indicaram que esses materiais são descartados separados com outros plásticos, para reciclagem, 21,1% que são descartados diretamente no lixo comum e 13,2% que são reutilizados para outros fins ou reaproveitados. Um grupo

de 7% dos entrevistados declarou que está guardando esses resíduos, mas que não sabe como reutilizar ou qual o melhor destino para esse material.

### 3.2.3 Considerações sobre os resultados obtidos

Nesta seção, procedemos à análise dos dados obtidos durante a pesquisa, a partir das respostas coletadas por meio da aplicação do questionário, durante o mês de dezembro de 2021, conforme apresentamos na seção 3.2.2 deste capítulo.

Iniciamos a nossa análise avaliando as informações referentes ao perfil dos participantes da pesquisa. Verificamos nesse grupo a predominância de pessoas na faixa etária de 18 a 49 anos, com escolaridade de nível superior ou pós-graduação e com experiência de pelo menos dois anos no uso da impressão 3D, tratando-se, dessa forma, de um público com qualificação técnica e universitária, já iniciado no uso da tecnologia. Essa formação e experiência possivelmente contribuíram em outros resultados da pesquisa como, por exemplo, na quantidade de impressões realizadas com sucesso (informado índice de sucesso acima de 50% pela maioria da amostra), montagem de equipamento, destinação de refugos, entre outros aspectos a serem discutidos no decorrer desta análise.

Com relação à faixa etária dos participantes, entendemos que se trata de um grupo adulto jovem, integrante do perfil da população economicamente ativa<sup>6</sup> do país, o que, juntamente com a formação apresentada, nos leva a supor que há, nessa amostra, maior possibilidade de acesso ao mercado de trabalho e, por conseguinte, à aquisição de recursos tecnológicos, como equipamentos e insumos.

Sobre o nível de escolaridade declarado pelos respondentes, de qualificação predominantemente universitária, incluindo níveis mais avançados como o mestrado e o doutorado, constatamos que, além do conhecimento técnico obtido pelo grupo, que em si já representa um diferencial com relação ao público em geral, há ainda um componente social refletido, a ser considerado: segundo dados apresentados pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), no relatório *Education at a Glance 2021*, resultado de pesquisa em diversos sistemas de educação de países membros e parceiros dessa entidade, entre os brasileiros com

---

<sup>6</sup> População Economicamente Ativa - PEA: Compreende o potencial de mão-de-obra com que pode contar o setor produtivo; a oferta efetiva de trabalho numa economia. A PEA é obtida pela soma da população ocupada e desocupada com 16 anos ou mais de idade. (IBGE, 2010).

idade entre 25 e 64 anos, apenas 19% concluíram o ensino superior (graduação), 0,84% concluíram o mestrado e 0,2% o doutorado (DINO, 2022; OCDE, 2021).

Esses dados nos sugerem que a amostra analisada pertence a uma fração específica da população brasileira, que consegue usufruir de um nível de educação mais especializado e, possivelmente, ter maior acesso a bens e serviços, inclusive tecnológicos, conforme avaliamos anteriormente, e convergindo com as discussões que apresentamos no capítulo 2, seção 2.2.2, deste trabalho, sobre a influência dos capitais cultural e econômico no desempenho escolar dos alunos, com base na teoria de Bourdieu (2007), e sobre as dificuldades enfrentadas para implementação do ensino maker nas escolas de ensino fundamental e médio, sobretudo nas escolas públicas, e as barreiras de acesso às tecnologias da informação, considerando as realidades regionais e as diferenças de classes sociais no país.

Quanto à experiência no uso da impressão 3D, pudemos observar que, além do aprendizado adquirido pelos entrevistados em suas pesquisas por conta própria, conforme discutiremos mais adiante, alguns entrevistados mencionaram o uso de laboratórios e instalações de escolas e universidades, refletindo, dessa forma, uma realidade vivenciada em algumas localidades do país, sobretudo nos grandes centros urbanos, em que se verifica a expansão de espaços maker nas escolas, como discutimos na seção 2.2, deste trabalho, e de laboratórios especializados em diversas universidades, como por exemplo do 'Grupo de Experimentação em Artefatos 3D' (GREA3D) e do 'Laboratório de Concepção e Análise de Artefatos Inteligentes' (LaCA<sup>2</sup>I), da Universidade Federal de Pernambuco, e do 'Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D' (PRONTO 3D), da Universidade Federal de Santa Catarina, entre diversas outras iniciativas, espalhadas pelo país.

Por fim, a análise dos dados quanto ao perfil dos participantes pode nos sinalizar que, apesar da evolução em termos de vendas globais, e das expectativas quanto à popularização da impressão 3D, conforme os discursos de Schwab (2019) e Anderson (2012) apresentados no capítulo 1 deste trabalho, o uso dessa tecnologia, ao menos no cenário nacional, parece ainda estar concentrada nos segmentos de consumidores com maior conhecimento técnico.

Na sequência, analisamos as questões relacionadas às formas de acesso às tecnologias de manufatura aditiva, um dos tópicos de investigação da pesquisa, conforme explicamos na seção anterior deste capítulo. Constatamos que, no grupo

analisado, a quase totalidade dos participantes possui equipamento próprio, sendo esse indicado como o principal meio de acesso à impressão 3D. A maioria informou que aprendeu a utilizar impressora 3D por conta própria, e alguns apontaram, para esse fim, a consulta a materiais disponibilizados na internet, tais como vídeos e canais do YouTube. Além da impressão por filamento (FDM), cerca de 40% dos entrevistados já tiveram acesso a outros processos de manufatura aditiva, em especial à fotopolimerização em cuba (impressão 3D em resina), que foi a mais indicada por essa parcela do grupo.

Com relação às impressoras que possuem, constatamos que a maioria optou pela aquisição do produto novo, em loja física ou virtual. Uma parte do grupo (13,5% dos proprietários), informou ter comprado as peças e realizado a montagem de todo o equipamento. Entre esses, um dos entrevistados comentou que construiu a sua impressora durante participação em um curso. Quanto aos equipamentos adquiridos prontos, verificamos a predominância de produtos da fabricante Creality, com maior ocorrência para os modelos Ender-3, Ender-3 Pro, Ender-3 V2 e Ender-5, nessa ordem. Além das impressoras 3D de filamento, objeto de estudo dessa pesquisa, alguns proprietários (8% do grupo) indicaram possuir equipamento para impressão em resina (fotopolimerização em cuba), sinalizando uma tendência de popularização desse tipo de equipamento.

O percentual dos entrevistados que informaram ter adquirido equipamentos prontos nos traz, mais uma vez, uma sinalização quanto ao perfil sócio-econômico desse grupo, visto que podem ter acesso à essa tecnologia.

Com relação à aprendizagem sobre o uso da impressão 3D, em que a maioria informou ter realizado por conta própria, percebemos que, em várias respostas, foram apontadas consultas a materiais produzidos e compartilhados por terceiros, através da internet. Um dos participantes comentou que “[...] tudo que eu aprendi foi pelo YouTube”. A consulta a esses materiais também foi indicada em outras seções da entrevista, quando perguntamos a que recursos os entrevistados costumavam recorrer para sanar dúvidas ou resolver problemas. Esse protagonismo na criação de conteúdos, que são compartilhados e acessados por outros indivíduos, em rede mundial, e que consegue atingir a um público maior que os meios tradicionais de comunicação, remete às palavras de Santaella (2003), que discutimos na seção 2.2, deste trabalho, quando, ao tratar sobre o conceito de cibercultura, nos afirmou que:

Cada um pode tornar-se produtor, criador, compositor, montador, apresentador, difusor de seus próprios produtos. Com isso, uma sociedade de distribuição piramidal começou a sofrer a concorrência de uma sociedade reticular de integração em tempo real. Isso significa que estamos entrando numa terceira era midiática, a cibercultura. (SANTAELLA, 2003, p.82).

Com isso, indivíduos produzem conteúdos e ajudam a outros indivíduos, que passam a dispor de meios para o próprio aprendizado. Esses, por sua vez, podem contribuir para a melhoria dos conteúdos, retornando ao produtor, em um ambiente de colaboração recíproca. Um dos entrevistados, no entanto, nos alerta para a confiabilidade de alguns conteúdos compartilhados na internet, ao comentar que “O YouTube ensina tudo, mas tem gente que fala que sabe e não sabe nada [...]”.

Sobre o acesso a outros processos de manufatura aditiva, embora cerca de 35% tenham indicado fotopolimerização em cuba (impressão 3D em resina), apenas 8% dos proprietários informaram possuir esse tipo de impressora, podendo sinalizar que o acesso a essa tecnologia possivelmente está ocorrendo em ambiente de trabalho ou em laboratórios nas escolas ou universidades, conforme comentamos anteriormente nesta seção. Ao mesmo tempo, essas indicações quanto à posse do equipamento podem apontar para uma tendência de popularização, semelhante à forma como vem ocorrendo com a tecnologia FDM, conforme discutimos no capítulo 2, seção 2.3, deste trabalho.

A montagem do próprio equipamento, indicada por alguns dos participantes, converge com os princípios dos movimentos maker e faça você mesmo, conforme definições apresentadas por Anderson (2012) e McKay (2011), na seção 2.2 deste trabalho, com a utilização de tecnologias digitais, o compartilhamento de projetos e a colaboração em comunidades on-line, para a construção de projetos. Em uma das respostas, conforme dissemos anteriormente, nos foi informado que a impressora foi construída durante a realização de um curso sobre impressora 3D, o que vem reforçar o caráter do ‘faça você mesmo’, aliado a uma atividade prática de aprendizagem. Outro exemplo nesse sentido é visto na obra de Lira (2021), em que é disponibilizado, no último capítulo do livro, o projeto de uma impressora 3D para construção por parte do leitor, com links para obtenção dos desenhos, parâmetros de configuração e softwares para funcionamento. Além da aprendizagem, a possibilidade de economia de custos pode ser outro fator para a construção do próprio equipamento, embora esse motivo não tenha sido informado, na amostra

analisada. É possível verificar, no entanto, que os projetos do tipo “faça você mesmo” possuem estrutura mais simplificada, que podem ser construídas através de processos como cortes a laser, em um laboratório maker, ou da construção de peças via impressão FDM.

Sobre os modelos das impressoras adquiridas, a preferência verificada nesse grupo pelos modelos da marca Creality converge com o resultado que apresentamos no capítulo 3, seção 3.1, deste trabalho, referente à experiência do autor no uso da tecnologia, em relação a pesquisa empírica efetuada na internet e consultas a outros usuários, em que os modelos dessa marca foram apontados pela relação custo x benefício percebida, sendo esses produtos considerados de um custo mais acessível e com boa qualidade de impressão.

Prosseguimos nossa análise avaliando as questões referentes à utilização da impressão 3D, abrangendo aspectos como finalidade de uso e objetos produzidos, além da investigação quanto às dificuldades encontradas em cada etapa desse uso, as fontes de informação e as soluções encontradas para a resolução dos problemas.

Quanto à finalidade para a qual utilizam a impressão 3D, verificamos no grupo pesquisado a existência de três principais tendências: o uso para fins práticos, na produção de peças para o dia-a-dia e de peças para comercialização; o uso para fins didáticos, na produção de peças para aprendizagem sobre o uso da tecnologia e peças para trabalhos escolares ou acadêmicos; e o uso para fins recreacionais ou amadores. Com relação aos objetos que costumam imprimir, as categorias mais indicadas pelo grupo refletem as tendências de uso que percebemos acima, sendo elas: objetos decorativos, objetos utilitários, peças ou acessórios para impressoras 3D, ferramentas ou equipamentos (finalidades práticas), artigos geek e brinquedos (finalidades recreacionais) e materiais didáticos.

Sobre a origem dos arquivos que costumam imprimir, verificamos no grupo uma predominância na utilização de arquivos de criação própria (modelados em 3D pelos participantes) ou de arquivos obtidos prontos na internet e editados, alterados ou personalizados pelos entrevistados.

Para apuração desse resultado, e mensuração da tendência predominante no grupo, adotamos a seguinte metodologia: Inicialmente, estabelecemos dois índices para avaliação das respostas: o percentual de formas “obtidas” e o percentual de formas “criadas/alteradas”. Em seguida, para cada uma das alternativas, atribuímos pesos (25, 50, 75 ou 100), relacionados aos índices acima indicados, conforme a

tendência para impressão de formas obtidas prontas ou para criação/alteração, apresentada em cada enunciado. Assim, na alternativa “Arquivos obtidos prontos, da internet, e impressos sem alteração na sua forma” (impressão de arquivos obtidos e não alterados), atribuímos peso 100 para “obtidas” e zero para “criadas/alteradas”; da mesma forma, na alternativa “Arquivos criados ou modificados por mim” (que indica a impressão de arquivos criados ou personalizados pelo usuário), atribuímos peso 100 para “criadas/alteradas” e zero para “obtidas”. Na alternativa “Maioria obtida pronta, da internet, e alguns arquivos são criados ou modificados por mim” (indicando predominância na impressão de arquivos obtidos, mas com possibilidade de criação ou personalização), atribuímos peso 75 para “obtidas” e 25 para “criadas/alteradas”; igualmente, na alternativa “Maioria criada ou modificada por mim, e alguns arquivos são obtidos prontos, da internet”, atribuímos peso 75 para “criadas/alteradas” e 25 para “obtidas”. Por fim, na alternativa “Conforme a necessidade, o arquivo pode ser criado/modificado por mim ou obtido pronto da internet”, atribuímos peso 50 para cada um dos dois índices. O resumo dessa configuração está apresentado no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5 - Atribuição de pesos, por alternativa

Alternativas	Pesos Atribuídos	
	Obtidas	Criadas/alteradas
Arquivos obtidos prontos, da internet, e impressos sem alteração na sua forma (faço o download, configuro no fatiador e imprimo, sem alterar forma).	100	0
Maioria obtida pronta da internet, e alguns arquivos são criados ou modificados por mim.	75	25
Conforme a necessidade, o arquivo pode ser criado/modificado por mim ou obtido pronto da internet.	50	50
Maioria criada ou modificada por mim, e alguns arquivos são obtidos prontos, da internet.	25	75
Arquivos criados ou modificados por mim (faço a modelagem ou alteração da forma em programa CAD, configuro no fatiador e imprimo).	0	100

Fonte: O autor (2022).

O resultado final, indicando a tendência verificada no grupo, seria obtido por meio do somatório dos pontos acumulados por cada um dos índices (obtidos ou criados/alterados), sendo esses pontos resultantes do produto entre o número de

respostas obtidas e os pesos atribuídos para cada índice, em cada alternativa, conforme demonstrado no Quadro 6 a seguir:

Quadro 6 - Cálculo da pontuação, por índices

Alternativas	Qtde de Respostas	Cálculo de Pontuação	
		Obtidas	Criadas/alteradas
Arquivos obtidos prontos, da internet, e impressos sem alteração na sua forma.	Q1	Q1 x 100	Q1 x 0
Maioria obtida pronta da internet, e alguns arquivos são criados ou modificados por mim.	Q2	Q2 x 75	Q2 x 25
Conforme a necessidade, o arquivo pode ser criado/modificado por mim ou obtido pronto da internet.	Q3	Q3 x 50	Q3 x 50
Maioria criada ou modificada por mim, e alguns arquivos são obtidos prontos, da internet.	Q4	Q4 x 25	Q4 x 75
Arquivos criados ou modificados por mim.	Q5	Q5 x 0	Q5 x 100
<b>Totais:</b>		<b>Σ1</b>	<b>Σ2</b>

Fonte: o autor (2022).

As respostas fornecidas pelos entrevistados foram as seguintes: I) Arquivos obtidos prontos, da internet, e impressos sem alteração na sua forma: 2 indicações; II) Maioria obtida pronta, da internet, e alguns arquivos são criados ou modificados por mim: 8 indicações; III) Conforme a necessidade, o arquivo pode ser criado/modificado por mim ou obtido pronto da internet: 13 indicações; IV) Maioria criada ou modificada por mim, e alguns arquivos são obtidos prontos, da internet: 12 indicações e V) Arquivos criados ou modificados por mim: 3 indicações. Aplicando os dados coletados na planilha de cálculo apresentada no Quadro 6, obtivemos o resultado de que, para o público consultado nesta pesquisa, há uma maior tendência para a produção de peças originadas de arquivos de criação própria, modelados em 3D, ou alterados/personalizados pelos participantes (com 2050 pontos obtidos), frente aos 1750 pontos obtidos pelo somatório das médias que indicam a impressão de arquivos obtidos, sem alteração de forma ou personalização.

Com relação às alterações que efetuaram nos arquivos, antes da impressão, verificamos que as mais citadas se referem à criação ou modelagem de um arquivo novo, utilizando software de edição 3D, e à alterações em arquivos obtidos, como inclusão de elementos e modificações de forma e proporções. Quanto aos projetos

que criam, a maioria declarou que não costuma compartilhar, embora tenham o costume de buscar arquivos na rede mundial de computadores. Desses, uma fração justificou o não compartilhamento explicando que se tratam de materiais de pesquisa ou protegidos.

Da análise dos dados apresentados quanto à finalidade de uso da tecnologia, e aos objetos que costumam imprimir, percebemos que há, no grupo pesquisado, uma predominância da utilização com finalidades mais práticas e didáticas, como na produção de peças para uso no dia-a-dia e para experimentação e aprendizagem sobre o uso da impressão 3D. Esse perfil de uso está possivelmente relacionado às características dos participantes, que analisamos no início desta seção, em especial ao nível de escolaridade e qualificação técnica, e nos lembra ainda o discurso de Anderson (2012), na introdução deste trabalho, em que fala da possibilidade de criação e produção de objetos de uso pessoal, em resposta às necessidades não atendidas pelos meios tradicionais de produção, por meio da impressão 3D. Em algumas respostas, foi apontado o uso da impressão 3D para realização de trabalhos acadêmicos ou de protótipos, uso inicial e mais difundido dessa tecnologia, conforme vimos na seção 2.3, nas palavras de Pupo (2009) e Volpato (2017).

Com relação aos arquivos que imprimem, verificamos uma tendência para a utilização de criações próprias ou de arquivos obtidos de terceiros e personalizados pelos usuários. Entendemos que essa tendência pode estar relacionada com o nível de qualificação técnica dos participantes, em convergência com o defendido por Wade, Garland e Underwood (2017). Após uma pesquisa que realizaram junto a usuários domésticos, não técnicos, sobre o uso da impressão 3D, esses autores constataram que as principais dificuldades que esses usuários enfrentam são a falta de softwares de modelagem de interface mais amigável, a dificuldade de aquisição e a complexidade de aprendizagem dos softwares de modelagem profissionais.

Essa tendência de criação e personalização dos próprios objetos, aliada ao compartilhamento de dados através da internet e à utilização da impressão 3D para a materialização dessas ideias, nos remetem novamente à discussão de Santaella (2003), quanto ao conceito de cibercultura, apresentado na seção 2.2.1 deste trabalho, e às palavras de Anderson (2012) e Bandoni (2017), ao discutirem sobre colaboração e compartilhamento em rede, e sobre o conceito de personalização em massa, do qual relembramos as palavras dessa autora, ao afirmar que:

Personalização não é algo novo: era a única via antes da Era Industrial e ainda é a maneira como as coisas são produzidas em muitas partes do planeta, incluindo diversos locais no Brasil. A diferença é que o acesso a novas tecnologias pode agora tornar possível a customização em massa, o que significa que muito mais pessoas terão a chance de fazer e possuir seus produtos únicos, em qualquer lugar. (BANDONI, 2016, p. 54).

A colaboração, por sua vez, pode ocorrer não apenas entre os usuários, mas também entre eles e a indústria, encaminhando sugestões, propondo soluções e colaborando, assim, para o desenvolvimento das tecnologias.

Na análise quanto às dificuldades encontradas e soluções adotadas, optamos por prosseguir conforme a sequência básica de utilização de uma impressora 3D, de acordo com o esquematizado no capítulo 2, seção 2.3.4 deste trabalho, sobre a manufatura aditiva no ambiente doméstico.

Iniciamos com a montagem do equipamento, opção que, conforme explicado na seção 3.2.1 deste capítulo, foi disponibilizada apenas àqueles que responderam ter realizado essa atividade. Constatamos que a maior parte dos entrevistados recebeu sua impressora parcialmente montada, em um kit, e efetuou a montagem da mesma, para utilização. Com relação às fontes de informação consultadas para auxiliar na realização dessa atividade, verificamos que, em igual proporção, foram indicados os materiais fornecidos pelos fabricantes e os materiais produzidos e disponibilizados por terceiros, na internet. A maioria dos participantes avaliou que a complexidade ou dificuldade das atividades, e o tempo gasto, para realização da montagem, foram conforme ou abaixo do esperado. No entanto, cerca de 40% dos entrevistados indicaram ter enfrentado dificuldades ou imprevistos, durante a montagem da impressora. Os principais problemas apontados referem-se a falta ou insuficiência de informações, por parte dos fabricantes, má qualidade de peças, falta de peças, partes ou componentes, além de dificuldades na realização de ajustes, como no alinhamento da mesa de impressão. Alguns participantes fizeram relato de soluções improvisadas que adotaram. Não houve, no entanto, relato de soluções oferecidas pelos fabricantes ou revendedores.

Analisando os dados apurados, verificamos que o percentual de participantes que receberam equipamento desmontado, e precisaram realizar a montagem, está diretamente relacionado com os modelos de impressora que adquiriram. Na amostra analisada, os modelos Ender-3, Ender-3 Pro e Ender-3 V2, da fabricante Creality, foram os mais escolhidos, conforme as respostas obtidas na pergunta 3.1 do

questionário. Conforme apresentamos na seção 2.3.4 deste trabalho, esses modelos são disponibilizados no mercado na forma de kits, parcialmente montados, cabendo ao comprador realizar a montagem do conjunto. Alguns revendedores, no entanto, oferecem a entrega do equipamento montado e configurado (serviço efetuado pela loja, a um custo adicional). Essa poderia ser uma opção para os usuários iniciantes, com pouca ou nenhuma experiência na montagem e configuração de equipamentos, conforme melhor nos explica Volpato:

A aquisição desses equipamentos pode ocorrer por meio de componentes desmontados, na forma de kits, que são um pouco mais baratos, ou então já com o conjunto previamente montado. Na primeira opção, o usuário se responsabiliza pela montagem e pelo início de funcionamento. Isso pode ser um entrave para um usuário leigo, pois é exigido um conhecimento mínimo de eletrônica e de software para se lograr sucesso. Na segunda opção, o sistema pode vir integralmente montado e testado, além do fato de que algumas dessas empresas oferecem suporte remoto aos usuários na utilização dos seus equipamentos [...]. (VOLPATO, 2017, p. 154).

Quanto às fontes de informação consultadas para realização dessa atividade, constatamos, mais uma vez, a importância dada às fontes produzidas por terceiros, conforme mencionado em tópicos anteriores desta pesquisa, como vídeos e sites da internet, além de consultas em grupos de aplicativos de mensagens. Particularmente nessa fase de montagem, houve também uma indicação expressiva de consulta aos materiais fornecidos pelos fabricantes, embora verificamos que, em alguns casos, esses materiais não tenham oferecido informação suficiente, conforme o registro de um dos entrevistados, que apontou a “falta de informações no manual da Ender 3. Não havia um passo a passo, apenas imagens da impressora finalizada e das peças separadamente”. As informações disponibilizadas pelo fabricante também foram objeto de nossa análise, conforme apresentamos na seção 3.1 deste capítulo, em que apontamos algumas dificuldades enfrentadas na montagem da impressora 3D.

A percepção apontada pelos participantes, com relação à complexidade das atividades e ao tempo gasto na montagem do equipamento, com predominância das indicações “conforme o esperado” e “menor que o esperado”, bem como o número de entrevistados que declararam não ter enfrentado dificuldades na realização dessa etapa, sinalizam novamente o efeito da experiência e da qualificação técnica obtidos pelo grupo como agente facilitador no uso da tecnologia. Contribuindo com esse entendimento, destacamos o depoimento de um dos entrevistados em que, ao falar sobre a experiência obtida com o tempo, na montagem do equipamento, afirma: “A

primeira vez que montei, levei 12 horas pra montar. Na segunda, terceira, quarta, etc esse tempo foi diminuindo para cerca de 6 horas [...]”.

Ainda assim, é importante destacar que, nesse grupo, a quase metade dos participantes indicou ter enfrentado algum tipo de dificuldade ou imprevisto, durante a montagem da impressora, o que nos reforça o discurso de Volpato (2017) quanto à necessidade de conhecimento técnico para a realização exitosa dessa atividade. Constatamos que os principais problemas, indicados pelos entrevistados, apontam para deficiências na informação prestada pelos fabricantes, com instruções confusas ou até mesmo inexistentes, e problemas de projeto e execução dos equipamentos, como peças de má qualidade, encaixes e furações mal resolvidos. Outra reclamação apontada na pesquisa, que também verificamos ter relação com os modelos de impressora adquiridos, diz respeito à configuração do equipamento, especialmente em relação ao nivelamento da mesa de impressão (realizado manualmente nos modelos mais indicados da pesquisa). Para resolução desses problemas, alguns usuários fizeram relatos de soluções adotadas por conta própria ou improvisações.

Com base no que apuramos sobre as dificuldades enfrentadas nessa etapa de montagem, percebemos que há, nesse mercado da impressão 3D para usuários domésticos, uma carência de projetos adaptados à realidade desses usuários. Consideramos, portanto, haver nesse mercado oportunidades para a atuação do designer: tanto nos projetos de novos equipamentos, desenvolvendo soluções que proporcionem maior segurança e facilidade para os usuários, na montagem e na manutenção das impressoras, quanto na criação de recursos que possibilitem um melhor entendimento quanto às instruções para montagem e manutenção.

Em seguida, tratamos sobre a etapa de configuração dos arquivos para a impressão, realizada com uso de programas de fatiamento. Ao perguntarmos sobre os ajustes que mais costumam efetuar, verificamos que a maioria do grupo possui experiência na configuração dos ajustes básicos, apresentados nas alternativas, sendo verificado em todas um percentual de indicações superior a 60%. No entanto, quando falamos sobre as dificuldades encontradas, no uso do programa fatiador, a maioria informou, dentre as opções disponíveis, a dificuldade para compreender o que cada comando significa, e quais são as suas consequências para o resultado das impressões. A ausência ou insuficiência de recursos de ajuda, próprios do programa de fatiamento, também foi apontada na pesquisa. Talvez por conta dessa deficiência, ao pesquisarmos sobre as fontes de informação consultadas durante a

realização dessa etapa, constatamos que, diferente do que foi apontado na etapa de montagem, a preferência demonstrada pelo grupo, dessa vez, foi para os recursos produzidos por terceiros, na internet (vídeos, sites, fóruns ou chats) e as consultas a grupos de aplicativos de mensagens.

Por fim, com relação à impressão das peças, constatamos no grupo um índice de efetividade (percentual de peças concluídas com êxito, em relação às tentativas realizadas) predominantemente superior a 50%, indicando mais um possível reflexo da experiência e da qualificação técnica dos participantes. Os problemas mais indicados durante essa atividade foram relacionados a aderência da peça à mesa de impressão, qualidade do filamento, alinhamento da mesa de impressão e questões relacionadas a problemas de configuração do arquivo, como a insuficiência de estruturas de suporte. Sobre o tratamento dado aos refugos e resíduos, resultantes da impressão, observamos que a maioria dos participantes realiza a separação e o descarte, junto com outros plásticos, para reciclagem, ou costuma reaproveitar esses materiais. Em duas respostas, os participantes informaram que guardam os refugos do material, mas não sabem o que fazer com os mesmos. No campo dos comentários, um dos entrevistados registrou que: “Utilizo essencialmente PLA pela facilidade do uso, mas principalmente por ser biodegradável e passível de reciclagem”.

Analisando os dados obtidos sobre as etapas de configuração e de impressão percebemos, mais uma vez, os reflexos da experiência e do conhecimento técnico do grupo, presentes em resultados como o conhecimento dos principais comandos do programa de fatiamento e o percentual de impressões concluídas com êxito. No entanto, mesmo nessa amostra, constatamos a ocorrência de alguns problemas relevantes.

Com relação ao uso do programa fatiador, na configuração dos arquivos para a impressão, é importante considerar que quase a metade do grupo declarou ter dificuldade para compreender o que cada comando significa, e sua influência para o resultado final das impressões. Essa informação, especialmente em um grupo com maior experiência, pode sinalizar uma deficiência na comunicação ou interface entre o software e o usuário. Outro dado que vem colaborar, nesse sentido, é a indicação quanto a ausência ou insuficiência de recursos de ajuda do programa. A combinação desses fatores, sobretudo para um usuário iniciante, pode prejudicar ou até mesmo inviabilizar o êxito das impressões, uma vez que, conforme discutimos no capítulo 2,

seção 2.3 deste trabalho, é nessa etapa que são realizados os ajustes para um adequado funcionamento da impressora em relação aos resultados pretendidos, implicando em melhores resultados e até mesmo em redução de tempo e de custos, conforme explicou Volpato (2017) na seção 2.3.4 deste trabalho, ao pontuar que:

[...] Usuários menos esclarecidos não se preocupam e, eventualmente, nem conhecem em detalhes todas as implicações dessas etapas e aceitam os parâmetros predefinidos (por default) pelos sistemas de planejamento de cada tecnologia. Assim, muitas vezes, não estão cientes de que para cada uma dessas tarefas existem alternativas e decisões que podem melhorar o resultado final do processo em termos de precisão dimensional, acabamento superficial e propriedades mecânicas das peças, bem como redução de tempo e custo de fabricação [...]. (VOLPATO, 2017, p. 97).

Alguns problemas no momento da impressão, decorrentes da configuração do arquivo no programa fatiador, foram indicados pelos usuários como, por exemplo, a insuficiência ou má configuração de estruturas de suporte e problemas no arquivo G-code (resultante da configuração e fatiamento da peça para impressão).

Quanto às fontes de informação consultadas, para a resolução de problemas ou dúvidas, assim como verificado em outras seções do questionário, constatou-se mais uma vez a importância dos meios digitais para disseminação das informações e colaboração mútua.

Por fim, ao abordarmos a questão do tratamento dado aos refugos e resíduos das impressões, percebemos haver, no grupo pesquisado, uma preocupação quanto à destinação desses materiais, sendo que a maioria declarou que os separa e faz o descarte junto com outros plásticos, para reciclagem. Entendemos que este é um importante hábito, considerando o impacto negativo esperado quanto ao aumento na de produção de resíduos para eliminação, resultante da popularização do uso da impressão 3D, conforme apontado por Schwab (2019) em sua pesquisa.

Alguns participantes, no entanto, responderam que estão guardando esses resíduos, mas ainda não sabem como reutilizar ou que outro destino vão dar a esses materiais. Entendemos que, possivelmente, estejam pesquisando usos alternativos. Nesse sentido, entendemos ser importante a atuação do poder público, na educação e na implementação de um sistema de coleta seletiva de lixo, bem como o papel das universidades, centros de pesquisa e da sociedade civil, na realização de pesquisas quanto à correta destinação desses resíduos.

### 3.3 Conclusão do capítulo

Com base nos dados coletados e analisados nesta pesquisa, formulamos as nossas considerações sobre o que constatamos, no exercício de utilização da impressão 3D e nos dados obtidos com a amostra examinada nas entrevistas, com relação ao uso da impressão 3D por usuários domésticos, conforme discutimos a seguir.

Iniciamos lembrando a experiência que nos propusemos a vivenciar, de utilização da impressão 3D no ambiente doméstico em todas as suas etapas, da compra até a realização das primeiras impressões. Através dessa imersão, pudemos exercitar, compreender e analisar todas as atividades necessárias a esse fim, o que nos trouxe uma melhor entendimento do processo como um todo, e nos fez perceber aspectos importantes, que serviram para o desenvolvimento da pesquisa.

Percebemos, nas tarefas que realizamos, problemas relacionados à ausência ou insuficiência de informações, nos materiais disponibilizados pelo fabricante, e à qualidade de alguns componentes que dificultaram a montagem do equipamento. A partir dos problemas que verificamos e relatamos, entendemos, então, que a pesquisa com os usuários deveria abordar todas as etapas relacionadas ao uso da impressão 3D, desde a aquisição do equipamento até a produção das peças e a destinação dos resíduos, passando pelas atividades de montagem, configuração e impressão, entre outros, investigando como se dá essa utilização e identificando pontos passíveis de melhoria através da atuação do designer.

Em relação aos dados obtidos nas entrevistas com os usuários, é importante considerar, inicialmente, o perfil dos participantes da pesquisa, e os seus reflexos em relação a alguns dos tópicos abordados. Trata-se de um grupo composto predominantemente de indivíduos adultos, economicamente ativos, com acesso a níveis mais avançados de escolaridade, inclusive mestrado e doutorado, e com experiência na utilização da impressão 3D.

A quase totalidade dos participantes declarou possuir equipamento próprio de impressão 3D, sendo que alguns responderam possuir mais de um equipamento, e a maioria sinalizou possuir acesso à internet, o que foi percebido pela predominância de respostas indicando o uso da rede mundial para a visualização de conteúdos, a obtenção e o compartilhamento de arquivos, em algumas perguntas desta pesquisa. Esses dados nos trazem alguns indícios do perfil socioeconômico dos entrevistados,

que podem usufruir do acesso a esses bens e serviços, bem como de educação em níveis mais especializados.

Verificamos que o nível de escolaridade dos participantes, e a experiência na utilização da tecnologia, foram refletidos em alguns dos resultados da pesquisa, como o índice de impressões obtidas com sucesso, a disposição do grupo para a criação e modelagem de objetos e para a personalização de arquivos obtidos, entre outros itens que analisamos neste trabalho, indicando a relevância do conhecimento técnico para a obtenção de bons resultados na impressão 3D.

Sobre esse aspecto destacamos, também, a importância atribuída pelo grupo aos meios digitais, para a disseminação de conteúdos de informação. Os recursos produzidos e disponibilizados por terceiros, na internet, como vídeos, canais e sites, foram o principal meio indicado para a resolução de problemas, esclarecimento de dúvidas e até mesmo para aprendizagem quanto ao uso da tecnologia.

As dificuldades apontadas pelo grupo, na realização de algumas atividades, especificamente em relação à montagem da impressora e à utilização do programa de fatiamento, apontam para algumas deficiências dos fabricantes, relacionadas ao projeto dos equipamentos, à interface dos softwares e à insuficiência de informações para auxílio ao usuário. Nesse aspecto, constatamos a dificuldade a ser enfrentada por um usuário leigo, ao tentar realizar alguma dessas atividades (considerando que o público pesquisado, mesmo experiente, relatou diversos problemas enfrentados). Entendemos, ainda, ser este um campo aberto de oportunidades para a atuação do designer, desenvolvendo soluções que possam facilitar a interação entre usuário e produto, tanto na montagem/manutenção dos equipamentos, como na interface dos aplicativos e na edição de materiais informativos, que possam auxiliar o usuário na realização das suas atividades.

Dessa forma, diante dos resultados que obtivemos nesta pesquisa, e dos conteúdos estudados para a realização deste trabalho, pudemos verificar que, a despeito da expectativa enunciada por alguns autores, com relação à popularização das tecnologias de manufatura aditiva, essa parece ser uma realidade ainda distante em termos de Brasil. Diferenças regionais, sociais e econômicas entre as diversas regiões do país, associadas às dificuldades das escolas, sobretudo as da educação pública, para implementação do ensino sobre o uso dessas tecnologias, são alguns dos fatores que levantamos neste trabalho. Os dados que obtivemos nesta pesquisa

vêm confirmar essa tendência, quando verificamos o nível de escolaridade dos participantes.

Podemos, enfim, concluir que, considerando a realidade nacional e os dados obtidos nessa pesquisa, entendemos ser uma tendência a popularização da impressão 3D, não apenas a de tecnologia FDM como outras, a exemplo da impressão em resina. Entretanto, o acesso a essas tecnologias parece ainda estar relegado a algumas frações mais específicas da sociedade, de poder aquisitivo e de conhecimento técnico mais avançados. Para a popularização pretendida dessas tecnologias, algumas barreiras ainda precisam ser superadas, tanto em termos de educação e acesso, como em relação à melhoria dos próprios equipamentos, com interface mais adequada para os que desejam iniciar no uso dessas tecnologias.

## **4 CONCLUSÕES**

Nesta seção, finalizamos o trabalho apresentando as nossas considerações referentes à experiência vivenciada no desenvolvimento da pesquisa. Trazemos as nossas ponderações iniciais, destacamos as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do trabalho, como também, algumas indicações que vislumbramos para a realização de pesquisas futuras, a partir dos conteúdos que pesquisamos, relacionados ao universo do objeto de estudo. Encerramos o capítulo com as nossas considerações finais.

### **4.1 Considerações iniciais**

Essa pesquisa teve como objetivo geral investigar a utilização das tecnologias de manufatura aditiva, especificamente a tecnologia de modelagem por fusão e deposição, na confecção de artefatos por usuários domésticos, e as suas implicações no contexto das tecnologias digitais atuais, a fim de identificar possíveis oportunidades para a atuação do designer, nesta área. Buscamos, com a realização deste estudo, compreender de que forma aquela tecnologia vem sendo acessada, assimilada e utilizada por esses usuários, os resultados e as implicações envolvidas nessa utilização (finalidades de uso, objetos produzidos, barreiras ou oportunidades encontradas) e, por meio da análise dessas informações, apontar aspectos críticos, passíveis de melhoria através da atuação do designer.

Dessa forma, tratamos neste trabalho sobre um objeto de estudo que se encontra em destaque no mundo contemporâneo, em um contexto de tecnologias e inovações que se fazem cada vez mais presentes nas vidas das pessoas, frente ao desenvolvimento da indústria 4.0, e sobre o qual entendemos que o designer pode contribuir e aprender. As tecnologias de manufatura aditiva, associadas à expansão da internet rápida e das ferramentas de colaboração e compartilhamento em rede, ultrapassaram os limites da indústria e dos centros de pesquisa e estão chegando, gradativamente, ao alcance do público doméstico, não especializado. Governos, em conjunto com instituições de ensino e pesquisa, estão firmando parcerias para a implementação do ensino maker nas escolas, como ferramenta para o estímulo à criatividade e à inovação, competências requeridas pelo mercado de trabalho atual. Diante dessa necessidade, laboratórios e oficinas maker vêm se proliferando pelo

mundo: como exemplo, citamos os laboratórios vinculados à rede FabLab, que somavam 53 unidades no ano de 2012 e hoje registram 1.213 unidades ativas e 219 unidades em planejamento, em todo o mundo. As vendas de equipamentos de impressão 3D de baixo custo, voltados para o público doméstico, vêm registrando um crescimento anual superior a 35%, inclusive nesses últimos dois anos, em meio à pandemia da Covid-19, o que colabora para demonstrar a crescente importância desse segmento e a relevância desse tema para a pesquisa acadêmica, em nosso caso, sob uma abordagem a partir das teorias do design.

Definimos o nosso referencial teórico a partir da necessidade de compreender o momento atual, suas características e as principais mudanças em relação a outros períodos que envolvem a produção de artefatos, fazendo um comparativo entre a história a partir dos diversos períodos, com foco nos avanços tecnológicos. Assim, apresentamos uma evolução histórica do fazer industrial e das suas tecnologias, com um recorte temporal iniciando na primeira revolução industrial, que ocorreu no século XVIII, entre os anos de 1760 e 1840, na Inglaterra e em diversos países da Europa, prosseguindo pela segunda revolução industrial, já no século XIX, a qual ocorreu entre os anos de 1850 e 1945, e pela terceira revolução industrial, na década de 1960 do século XX, até chegarmos aos dias atuais, no século XXI. Com este levantamento, verificamos que o desenvolvimento de produtos sempre esteve presente no cotidiano das pessoas, estimulando as transformações e as relações vivenciadas pela sociedade, nas esferas econômica, cultural e social (como por exemplo: na jornada e nas condições de trabalho, no aumento populacional, no surgimento dos grandes centros urbanos, na busca contínua por recursos materiais, recursos humanos, nas mudanças geopolíticas, na expansão da atividade industrial, entre outros aspectos).

Todo o processo que envolve as revoluções provocou mudanças nas nossas relações pessoais e profissionais, de comunicação, de produção e de lazer. No momento atual, contemporâneo, a velocidade dos avanços tecnológicos, vinculada aos sistemas ciberfísicos, que combinam máquinas com processos e habilidades digitais, contribuem para o desaparecimento de fronteiras geográficas, possibilitam a internet das coisas, o uso de dispositivos de armazenamentos de dados nas nuvens, o desenvolvimento da ciência dos materiais, das reservas de energia e computação quântica, da nanotecnologia, da biotecnologia, da impressão 3D, colaboram para o

fato de estarmos vivenciando a chamada Quarta Revolução Industrial, a indústria 4.0 (SCHWAB, 2016).

Partindo desta discussão sobre os avanços tecnológicos na atualidade e, também, a necessidade de acesso da população, analisamos o contexto Brasileiro, a partir de um apanhado sobre o ensino maker nas escolas de ensino fundamental e médio, entendendo que este tema deve ser matéria presente na área da educação, de forma que venha a colaborar para a formação dos indivíduos e garantir o acesso das novas gerações ao mercado de trabalho. Na tentativa de identificar como se dá o acesso desses alunos às tecnologias de comunicação e de manufatura aditiva, apresentamos dados que indicam a realidade brasileira, frente à necessidade de capacitação para o momento atual da indústria. Nesse contexto, tratamos ainda de temas como cultura maker, faça você mesmo, cibercultura, entre outros aspectos.

Nesta análise verificamos que a democratização da cultura maker, no Brasil, ainda é uma realidade distante para uma parcela significativa dos alunos brasileiros: 30% dos domicílios não dispõem de serviço de internet disponível e 39% não possuem computador. Esses números se tornam mais agravados quando analisadas as famílias de menor poder aquisitivo ou regiões mais afastadas dos grandes centros urbanos. A infraestrutura das escolas públicas no Brasil é outro fator importante: apenas 4,8% das escolas públicas do ensino fundamental têm todos os itens de infraestrutura previstos em lei, no Plano Nacional de Educação (PNE). Nas escolas de ensino fundamental, apenas 8,6% possuem laboratório de ciências e 31% possuem quadra esportiva. Sendo assim, em nosso país, é urgente o investimento e estímulo à melhoria das condições de ensino nas escolas públicas, seja na perspectiva de capacitar a população, seja na necessidade de ampliar o acesso à internet e a computadores, que são questões essenciais e que estão diretamente ligadas ao discurso de nos prepararmos para os desafios da indústria 4.0 e sua realidade.

Destacamos o tema da nossa pesquisa na seção sobre manufatura aditiva e a sua utilização no ambiente doméstico, verificando a realização de diversas etapas que integram o processo de idealizar até a de materializar um artefato. Nesta parte do trabalho, apresentamos os principais conceitos, princípios, normas vigentes, que envolvem a manufatura aditiva, além de todo o processo de fabricação e suas etapas. Falamos sobre a tecnologia de manufatura aditiva por extrusão de material, utilizada nos equipamentos de baixo custo, realizamos um estudo minucioso sobre a

utilização da manufatura aditiva por usuários domésticos, incluindo a nossa experiência como usuário, como também, mostramos uma abordagem que trouxe todas as etapas desse processo. Nesta, pudemos vivenciar a utilização da manufatura aditiva no ambiente doméstico em suas diversas etapas, desde a aquisição do equipamento até a impressão das primeiras peças, com o objetivo de identificar e compreender, através da aplicação prática, as especificidades e os problemas envolvidos em cada uma dessas atividades e, desta forma, obter novos subsídios, a partir das situações observadas, para o desenvolvimento da nossa pesquisa direta com os usuários.

Este trabalho foi desenvolvido a partir do levantamento de informações sobre o uso da manufatura aditiva por usuários domésticos e as suas relações, o que caracteriza uma pesquisa exploratória, com abordagem qualitativa. No princípio, foi de grande valor a pesquisa bibliográfica, para que pudessemos visitar algumas teorias apreciadas na graduação do curso de Desenho Industrial, e buscar por novas abordagens teóricas, análogas ao tema, para estudo e fundamentação da pesquisa.

Concluído o levantamento do referencial teórico, e o experimento prático que realizamos, de utilização da manufatura aditiva no ambiente doméstico, em todas as suas etapas, partimos para a realização da pesquisa junto aos usuários, conforme o previsto nos objetivos específicos deste trabalho, com a finalidade de coletar os dados referentes ao uso das tecnologias de manufatura aditiva. Para tanto, utilizamos como técnica a aplicação de questionário, focado diretamente nos usuários da tecnologia em estudo. Considerando alguns fatores determinantes, como as características do público a ser pesquisado e, sobretudo, o distanciamento social imposto a partir do mês de março de 2020, decorrente do agravamento da pandemia da Covid 2019, optamos pela utilização da ferramenta Google Formulários, para aplicação das entrevistas em formato de questionário eletrônico, por meio da internet.

Após o desenvolvimento de duas versões preliminares, aplicações de teste junto ao público desse estudo e implementação dos aprimoramentos necessários, a versão final do formulário foi apresentada em dezembro de 2021. A aplicação do questionário final ocorreu no período de 03 de dezembro de 2021 a 05 de janeiro de 2022, sendo coletadas trinta e oito respostas nesse período. Na sequência, com os dados coletados, realizamos a análise, confrontando com as teorias estudadas, comparando as informações levantadas com as diversas fases da pesquisa,

tratando os achados numa perspectiva subjetiva em que nos colocamos para fazer considerações a partir dos fenômenos estudados, no contexto social, econômico e cultural, para identificação das implicações referentes ao uso dessa tecnologia por usuários domésticos, na atualidade. Dos dados obtidos nessa pesquisa, extraímos as nossas considerações, conforme destacamos nos principais tópicos, a seguir.

I. Sobre o perfil dos participantes:

- Verificamos, na amostra analisada, a predominância de indivíduos adultos, na faixa etária de 18 a 49 anos, com qualificação técnica e acadêmica avançada, incluindo os níveis de mestrado e doutorado, e com experiência de pelo menos dois anos no uso da impressão 3D.

II. Sobre as formas de acesso e aprendizagem à impressão 3D:

- Constatamos que quase todos os participantes possuem impressora própria, sendo este indicado como o principal meio de acesso à impressão 3D. Alguns informaram possuir mais de um equipamento, tais como impressoras de filamento e algumas impressoras de resina (fotopolimerização em cuba), o que entendemos indicar o início da popularização dessa segunda tecnologia.
- Verificamos que a maioria das impressoras foi adquirida nova, no comércio, e que os modelos mais adquiridos foram os de baixo custo, disponibilizados na forma de kits semi-montados.
- A maioria dos participantes declarou ter aprendido a utilizar a impressão 3D por conta própria, sendo que alguns indicaram, para esse fim, a consulta a materiais disponibilizados na internet, tais como vídeos e canais do YouTube. Constatamos, com essa informação, a importância atribuída por esse público ao compartilhamento de informações na internet, remetendo ao protagonismo assinalado por Santaella (2003), ao discorrer sobre o conceito de cibercultura.
- Estes dados, em associação com as informações sobre idade e escolaridade, nos fornecem indícios sobre o perfil sócio-econômico deste público, visto que, além da possibilidade de uma formação em níveis mais avançados, como mestrado e doutorado, podem ter acesso à aquisição de equipamentos novos

e a serviços de internet de velocidade rápida, em suas residências, para a pesquisa e obtenção de materiais e informações.

### III. Sobre a utilização da impressão 3D:

- Principais finalidades de uso percebidas: para fins práticos, na produção de peças para o dia-a-dia e de peças para comercialização; para fins didáticos, na produção de peças para aprendizagem sobre o uso da tecnologia e peças para trabalhos escolares/acadêmicos; e para fins recreacionais ou amadores.
- Objetos que mais costumam imprimir: objetos decorativos, objetos utilitários, peças ou acessórios para impressoras 3D, ferramentas ou equipamentos (uso para fins práticos), artigos geek e brinquedos (uso para fins recreacionais) e materiais didáticos (uso para fins acadêmicos).
- Sobre a origem dos arquivos que costumam imprimir, verificamos no grupo uma predominância na utilização de arquivos de criação própria (modelados em softwares 3D pelos participantes) ou de arquivos obtidos prontos na internet e alterados ou personalizados pelos entrevistados. Entendemos que essa tendência pode estar relacionada com a experiência e com o nível de qualificação técnica dos participantes.

### III. Sobre o recebimento e a montagem da impressora 3D:

- Verificamos que a maior parte dos entrevistados (51,4% do total) recebeu a sua impressora parcialmente montada, em formato de kit, e efetuou a montagem da mesma, para utilização.
- Constatamos que esse percentual está diretamente relacionado à informação sobre as impressoras que adquiriram: modelos de baixo custo, considerados por eles, conforme relatamos na experiência de utilização da impressão 3D, como confiáveis, de boa qualidade de impressão e de custo mais acessível. Além disso, devido à boa aceitação no mercado, possuem uma ampla rede de usuários, que cooperam entre si em diversas comunidades, na internet e em grupos de aplicativos de mensagens.
- Quanto às fontes de informação consultadas, para realização dessa atividade, percebemos, mais uma vez, a importância dada por esse público aos recursos

compartilhados por terceiros, na internet, como vídeos e tutoriais, que foram mencionados em diversas partes da pesquisa.

- Apesar da experiência dos participantes, foram apresentados nesta seção diversos relatos de problemas e dificuldades enfrentadas, durante a etapa de montagem do equipamento. Os principais problemas estavam relacionados à insuficiência de informações por parte do fabricante, qualidade de peças e componentes, precisão dos encaixes, entre outros aspectos.
- Com base no que apuramos sobre as dificuldades enfrentadas nessa etapa de montagem, percebemos que há, no segmento da impressão 3D para uso doméstico, uma carência de projetos adaptados à realidade desses usuários, especialmente se considerarmos aqueles iniciantes ou menos experientes no uso da tecnologia. Consideramos haver, nesse mercado, oportunidades para a atuação do designer, tanto no projeto de equipamentos - desenvolvendo soluções que proporcionem maior segurança e facilidade para os usuários, durante o uso, a montagem e a manutenção das impressoras - quanto na criação de recursos que possibilitem um melhor entendimento das instruções do fabricante, para as diversas etapas de utilização desses equipamentos.

#### IV. Sobre a configuração dos arquivos (fatiamento) e impressão das peças:

- Verificamos que a maioria do grupo possui experiência na configuração dos ajustes básicos, apresentados nas alternativas, sendo observado em todas um percentual de indicações superior a 60%.
- Com relação ao uso do programa fatiador, na configuração dos arquivos para a impressão, a quase a metade dos participantes declarou ter dificuldade para compreender o que cada comando significa, e sua influência para o resultado final das impressões.
- Com relação à impressão das peças, constatamos no grupo um índice de efetividade (percentual de peças concluídas com êxito, em relação às tentativas realizadas) predominantemente superior a 50%, indicando mais um possível reflexo da experiência e da qualificação técnica dos participantes.
- Sobre o tratamento dado aos refugos e resíduos, resultantes da impressão, observamos que a maioria dos participantes realiza a separação e o descarte,

junto com outros plásticos, para reciclagem, ou costuma reaproveitar esses materiais.

- Analisando os dados obtidos sobre as etapas de configuração e de impressão percebemos, mais uma vez, os reflexos da experiência e do conhecimento técnico do grupo, presentes em resultados como o conhecimento dos principais comandos do programa de fatiamento e o percentual de impressões concluídas com êxito.
- Entretanto, em relação ao uso do programa fatiador, é importante considerar que quase a metade do grupo declarou ter dificuldade para compreender o que cada comando significa, e sua influência para o resultado final das impressões.

Analisando os achados de nossa pesquisa, em especial os problemas e as dificuldades apontadas pelos participantes em relação a algumas das atividades que realizaram, como a montagem da impressora e a utilização do programa fatiador, percebemos algumas possibilidades para a atuação do designer, tanto no projeto de equipamentos e ferramentas, desenvolvendo soluções que possibilitem a melhoria da interação entre usuário e produto, como também na interface dos aplicativos de modelagem e de fatiamento, tornando a sua assimilação mais acessível, sobretudo para os usuários domésticos, não especializados, e na configuração de materiais informativos, que possam auxiliar o usuário na realização das suas atividades.

Além disso, resgatando as reflexões que realizamos em nosso referencial teórico, sobre o ensino maker nas escolas de ensino fundamental e médio e sobre o uso doméstico da impressão 3D, entendemos que o designer pode atuar como um facilitador nesse processo educativo, desenvolvendo, em conjunto com profissionais de outras áreas, como da psicologia, da educação e das tecnologias da informação, metodologias para implementação do ensino maker, adequando-as às necessidades de cada matéria, instituição ou localidade, por exemplo. Considerando as diversas realidades vivenciadas em um país como o Brasil, pode atuar no desenvolvimento de diretrizes, metodologias ou soluções que possam viabilizar a implementação do ensino maker em localidades menos favorecidas, carentes de recursos.

Percebemos, desta forma, que esse mercado constitui um campo aberto de oportunidades para a atuação do designer, que pode desenvolver soluções tanto na

melhoria de produtos, como equipamentos e softwares, para uma maior adequação e melhor interação com os usuários, quanto na aplicação dessas tecnologias em áreas como a da educação, buscando promover a democratização do ensino maker e do acesso a esses recursos, em regiões menos favorecidas, entre diversas outras possibilidades, algumas das quais apontamos em nossas recomendações para trabalhos futuros, que trazemos mais adiante, nesta seção.

## **4.2 Principais dificuldades encontradas**

Durante o desenvolvimento deste trabalho, enfrentamos alguns desafios que tornaram a nossa caminhada trabalhosa, mas não menos estimulante, os quais comentamos a seguir.

Inicialmente, destacamos a ocorrência da pandemia de Covid-19, decretada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) no mês de março do ano de 2020, e das medidas de distanciamento social implementadas devido ao seu agravamento. Além do temor e da sensação de insegurança que vivenciamos (em meio a uma crise sanitária inédita para nossa geração), as medidas protetivas adotadas, necessárias ao combate da pandemia, que incluíram a suspensão de atividades presenciais em universidades, laboratórios e bibliotecas, entre vários outros espaços, inviabilizaram o nosso acesso a esses locais, dificultando a realização de tarefas relacionadas à pesquisa (revisão bibliográfica, experimentos práticos em laboratório, aplicação de entrevistas com usuários) e à aprendizagem (participação nas disciplinas do curso), sendo, essas atividades realizadas, quando possível, através de meios virtuais.

Outro importante desafio com que nos deparamos se refere à escassez, ou ausência, de literatura que abordasse o tema da utilização da manufatura aditiva no ambiente doméstico. Conforme apresentamos no primeiro capítulo deste trabalho, em nossa pesquisa realizada em repositórios de teses e dissertações, e portais de periódicos, encontramos publicações relacionadas a aplicações específicas dessas tecnologias, como na produção de artigos de joalheria, artigos de moda, reconstrução de monumentos históricos, laboratórios maker, além de aplicações nas áreas da educação, da medicina, da matemática e das engenharias. O estudo mais próximo que encontramos foi o realizado pelos autores Wade, Garland e Underwood (2017), ao qual nos referimos em algumas seções deste trabalho. Na literatura, encontramos obras que tratam dos processos de manufatura aditiva, geralmente

voltados a profissionais e técnicos de áreas como a engenharia, que, quando trazem o tema do uso doméstico, apresentam uma breve abordagem, indicando a oferta de equipamentos mais acessíveis, voltados para entusiastas ou para um público não técnico, que os utilizam para a produção de brinquedos e hobbies.

Essa escassez de publicações nos levou a buscar informações em outros meios, como jornais, revistas e sites especializados, em relação não apenas ao tema da manufatura aditiva em si, mas também temas correlatos como educação e tecnologias. Importante ainda destacar, nesse contexto, o caráter de ineditismo de nosso trabalho, considerando abordar um tema ainda pouco explorado, conforme verificamos em nossa pesquisa preliminar.

### **4.3 Recomendações para trabalhos futuros**

Com base no que pesquisamos e vivenciamos durante a realização deste trabalho, constatamos que o tema da manufatura aditiva, voltado para a utilização por usuários domésticos, não especialistas, é um campo aberto para a realização de diversas pesquisas, tanto na área do design quanto em diversas outras áreas, como a da educação, da engenharia e da informática.

Como sugestões para futuras pesquisas, indicamos alguns tópicos que aqui iniciamos, e que podem ser tratados com maior profundidade em trabalhos futuros, tais como: a) análise dos equipamentos de impressão 3D disponíveis no mercado, voltados para o público doméstico, com recomendações de melhoria, envolvendo a avaliação de aspectos ergonômicos, das relações de uso entre produto e usuário, da facilidade e da segurança no uso, entre outros requisitos; b) análise de interface dos programas de configuração e fatiamento disponíveis no mercado (gratuitos e/ou pagos), com sugestões de melhoria e adequação ao usuário doméstico; c) análise e avaliação das metodologias utilizadas para a inserção do ensino maker, nas escolas de ensino fundamental e médio; d) análise e discussão sobre as oportunidades e dificuldades encontradas para a implementação do ensino maker, e sobre o uso dessas tecnologias, nas escolas de ensino fundamental e médio; e) pesquisa, desenvolvimento e indicação de possíveis estratégias para intensificar a difusão da cultura maker no contexto brasileiro e/ou pernambucano; f) investigação quanto à inserção do ensino sobre o uso das tecnologias de manufatura aditiva, como

componente curricular nos cursos universitários, frente às atuais exigências do mercado de trabalho.

#### **4.4 Considerações finais**

Iniciamos este trabalho com o objetivo de investigar o uso das tecnologias de manufatura aditiva, por usuários domésticos, não especializados, a fim de identificar, por meio de pesquisa bibliográfica dos temas relacionados ao objeto de pesquisa, e da realização de entrevistas com usuários, aspectos críticos referentes a esse uso, passíveis de melhoria através da atuação do designer.

Em nosso referencial teórico, aprendemos que essas tecnologias, da mesma forma que outras como a inteligência artificial, a robótica e a internet das coisas, vêm se tornando cada vez mais próximas da sociedade, modificando a forma como interagimos com os outros, produzimos e consumimos produtos e serviços, num contexto denominado de indústria 4.0 e seus desdobramentos pelos diversos setores da sociedade. Verificamos também que, em meio à necessidade de qualificação para adequação às exigências do mercado de trabalho, frente às características dessa nova indústria, a educação no Brasil ainda precisa enfrentar grandes desafios, para a inclusão das novas gerações em relação aos recursos tecnológicos. Com relação às tecnologias de manufatura aditiva, constatamos o crescimento do mercado de equipamentos voltados para o público doméstico, em uma tendência mundial, bem como dos espaços e oficinas maker. Tecnologias como a de extrusão de filamento (FDM) e fotopolimerização em cuba, estão se tornando cada vez mais acessíveis. Alguns autores, como Anderson e Schwab, apresentaram a expectativa de uma maior participação e interação desses equipamentos no cotidiano das pessoas, alterando a forma de produzir em alguns segmentos. Outros autores, como Volpato, nos trouxeram alguns alertas iniciais quanto às dificuldades que um usuário doméstico pode enfrentar, na utilização desses dispositivos.

Com a experiência que nos propusemos a vivenciar, de aquisição e utilização de uma impressora 3D no ambiente doméstico, adquirimos um maior entendimento em relação aos diversos processos envolvidos neste uso, desde a montagem do equipamento até a impressão das primeiras peças. Esse entendimento nos ajudou no planejamento da pesquisa com os usuários, em que incluímos novas etapas a serem abordadas, a partir das nossas constatações, bem como contribuiu em um

maior aprofundamento com relação ao referencial teórico da pesquisa, especificamente em relação ao tema da manufatura aditiva.

Realizada a aplicação da pesquisa com os usuários, conforme o previsto nos objetivos específicos deste trabalho, pudemos constatar, a partir das informações obtidas na amostra analisada, que tratamos de um público especializado, que possui experiência no uso dessas tecnologias, e que possui oportunidade para aquisição de equipamentos e de serviços como internet de velocidade rápida. Percebemos que a experiência e a qualificação do grupo se refletiram em resultados como o índice de impressões realizadas com sucesso, o percentual de arquivos criados ou editados, as finalidades de uso e a destinação dos resíduos resultantes da impressão, entre outros aspectos. Entretanto, apesar da experiência que destacamos, identificamos nos resultados da pesquisa alguns problemas ou dificuldades relacionados a algumas etapas do uso, referentes a características do produto (impressora), dos softwares utilizados no processo (programas de fatiamento) e de outros recursos de informação, para instruções ao usuário.

Com base nas informações que levantamos e analisamos, constatamos que o mercado da impressão 3D, para os usuários domésticos, é um campo aberto de oportunidades para a atuação do designer, que pode desenvolver soluções para facilitar a interação entre usuário e produto, tanto na montagem e manutenção dos equipamentos, como na interface dos aplicativos e na edição de materiais informativos, que possam auxiliar o usuário na realização das suas atividades. Verificamos, portanto, que há uma carência, nesse segmento, de soluções que possam promover um maior entendimento e, portanto, uma maior autonomia do cliente doméstico no uso dessas tecnologias. Essa carência sinaliza oportunidades para diversas áreas, como a tecnologia e o design.

Com base nas reflexões que elaboramos em nosso referencial teórico, sobre o ensino maker nas escolas de ensino fundamental e médio, entendemos que o designer também pode atuar como um facilitador nesse processo, contribuindo no desenvolvimento de diretrizes, técnicas e metodologias para a implementação do ensino maker. Considerando as diversas realidades encontradas em um país como o Brasil, por exemplo, ele pode atuar no desenvolvimento de soluções para a viabilização do ensino maker em localidades menos favorecidas ou carentes de recursos, contribuindo para o acesso e democratização dessas tecnologias.

Assim, encerramos esta jornada, com o sentimento gratificante de conclusão de mais uma etapa importante de minha vida pessoal e profissional. Este foi um desafio que resolvi encarar após decorridos quase vinte anos da minha graduação, no curso de bacharelado em Desenho Industrial, com habilitação em projeto do produto, da Universidade Federal de Pernambuco. Voltar e vivenciar o Design em suas novas perspectivas, vertentes e linhas de pesquisa, nas disciplinas do curso e no transcorrer deste trabalho, foi um processo estimulante e edificante.

Com base no que pesquisamos, analisamos e apresentamos, reafirmamos a relevância do objeto de estudo do nosso trabalho, tratando-se, como demonstramos em nossas considerações, de uma área em expansão, aberta à atuação do designer, tanto na pesquisa quanto na atuação profissional, desenvolvendo soluções que possam melhorar a interação entre usuários e produtos, em um mercado com expectativa de crescimento mundial, com tecnologias que podem ser empregadas para diversas finalidades, como por exemplo atividades didáticas e comerciais. Esperamos, com nossa pesquisa, ter contribuído com um trabalho relevante para este Programa de Pós-Graduação em Design.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, Samuel. Half million 3d printers sold in 2017 – on track for 100m sold in 2030. **3D Printing Industry**, 6 abr. 2018. Disponível em: <<https://3dprintingindustry.com/news/half-million-3d-printers-sold-2017-track-100m-sold-2030-131642/>>. Acesso em: 21 fev. 2022.

All3DP. **Modelagem 3D**: 10 softwares 3D gratuitos para iniciantes. Munich, Germany, 7 out. 2020. Disponível em: <<https://all3dp.com/pt/1/software-modelagem-3d-iniciantes/?s=modelagem%203d>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

All3DP. **Acabamento em PLA**: alise as impressões 3D sem lixa. Munich, Germany, 8 fev. 2021. Disponível em: <<https://all3dp.com/pt/1/software-modelagem-3d-iniciantes/?s=modelagem%203d>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

ANDERSON, Chris. **A nova revolução industrial**: Makers. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ARGAN, Giulio Carlo. **A arte moderna na Europa**: de Hogarth a Picasso. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

BANDONI, Andréa. Já não se fazem objetos como antigamente. *In*: MEGIDO, Victor Falasca. **A revolução do design**: conexões para o século XXI. São Paulo: Editora Gente, 2016.

BASTOS, Victoria Fernandez. **Moda e fabricação digital em um contexto FAB LAB**: Equipamentos, métodos e processos para o desenvolvimento de produtos. 2014. Dissertação (Mestrado em Design) - Departamento de Design, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13250>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

BENELLI, Carol. 9 formas de ganhar dinheiro com impressoras 3D. **Gazeta do Povo**, Economia, Curitiba, 13 out. 2016. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/economia/inteligencia-artificial/9-formas-de-ganhar-dinheiro-com-impressoras-3d-20x8gm0nnp4uwprush2xsqqqc/>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BORGES, Maria Luiza. Fab Lab Recife leva cultura maker para as escolas. **Jornal do Commercio**, Recife, ano 101, n. 147, p. 12, 27 mai. 2019. Disponível em: <<https://jc.ne10.uol.com.br/canal/cidades/educacao/noticia/2019/05/27/fab-lab-recife-leva-cultura-maker-para-as-escolas-379540.php>>. Acesso em 03 out. 2020.

BOURDIEU, Pierre. **Escritos de educação**. Organização Maria Alice Nogueira e Afrânio Catani. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

BOURDIEU, Pierre. O capital social – notas provisórias. *In*. NOGUEIRA, Maria Alice, CATANI, Afrânio (organizadores). **Escritos de educação**. Petrópolis: Vozes, 1998.

\_\_\_\_\_. **Razões práticas:** sobre a teoria da ação. Campinas: Papyrus, 2011.

\_\_\_\_\_. **O poder simbólico.** Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2012.

CARDOSO, Rafael. **Uma introdução à história do design.** São Paulo: Editora Blucher, 2008.

\_\_\_\_\_. **Design para um mundo complexo.** São Paulo: Cosac Naify, 2012.

CERTEAU, Michel de. **A invenção do cotidiano:** 1. Artes de fazer. Petrópolis: Vozes, 2009.

\_\_\_\_\_. **A invenção do cotidiano:** 2. Morar, cozinhar. Petrópolis: Vozes, 2008.

CUNHA, Aura Celeste Santana. **Do digital ao material:** Uma investigação teórico especulativa sobre o raciocínio visual e as heurísticas da materialidade nos laboratórios de fabricação digital PRONTO 3D. 2019. Tese (Doutorado em Design) - Departamento de Design, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/39368>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

DINO. OCDE aponta que 21% dos brasileiros possuem Ensino Superior. **Portal Metrôpoles**, 7 jan. 2022. Disponível em: <<https://www.metropoles.com/dino/ocde-aponta-que-21-dos-brasileiros-possuem-ensino-superior>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ETHEL & ERNEST. Produção de Roger Mainwood. Reino Unido: Lupus Films / Ethel & Ernest Productions, 2016. 1 DVD (1h 34min), HD, son., color.

EVERETT, Hayley. Context: 3D printing sector “buoyant” despite 2021 supply chain woes. **3D Printing Industry**, 19 jan. 2022. Disponível em: <<https://3dprintingindustry.com/news/context-3d-printing-sector-buoyant-despite-2021-supply-chain-woes-202610/>>. Acesso em: 21 fev. 2022.

EYCHENNE, Fabien e NEVES, Heloisa. **Fab Lab:** A Vanguarda da Nova Revolução Industrial. São Paulo: Editorial Fab Lab Brasil, 2013. Disponível em: <[https://ied.edu.br/biblioteca/sao-paulo/01\\_01\\_14409.pdf](https://ied.edu.br/biblioteca/sao-paulo/01_01_14409.pdf)>. Acesso em: 12 abr. 2021.

HARARI, Yuval Noah. **Sapiens:** Uma breve história da humanidade. Porto Alegre: L&PM, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População Economicamente Ativa - PEA, Estatísticas de gênero.** Brasília (DF), 4 nov. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/snig/v1/?loc=0&cat=-1,1,2,-2,-3,128&ind=4726>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

LANDES, David S. **A riqueza e a pobreza das nações**: por que algumas são tão ricas e outras tão pobres. 8a impressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 1998.

LIRA, Valdemir Martins. **Processos de fabricação por impressão 3D**: tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D. São Paulo: Blucher, 2021.

LOCKER, Anatol. Slicer 3D: os melhores fatiadores 3D de 2021. **All3DP**, Munich, Germany, 5 jan. 2021. Disponível em: <<https://all3dp.com/pt/1/fatiador-3d-programa-fatiamento-3d-slicer/>>. Acesso em: 25 nov. 2021.

MANZINI, Ezio. **Design para a inovação social e sustentabilidade- comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro- E-papers, 2008.

MARINI, Eduardo. Entenda o que é o Movimento Maker e como ele chegou à educação. **Educação**, Florianópolis, ano 22, ed. 255, 22 fev. 2019. Disponível em: <<https://revistaeducacao.com.br/2019/02/22/movimento-maker-educacao/>>. Acesso em 12 mar. 2021.

MCKAY, George. A volta da cultura do “faça você mesmo”. [Entrevista cedida a] Ana Prado. **Super Interessante**, São Paulo, ed. 296, out. 2011. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/cultura/a-volta-da-cultura-do-faca-voce-mesmo/>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

NOCTIS, Lucas. 3 dicas para ganhar dinheiro com uma impressora 3D. **Sethi3D Blog**, Campinas, 6 set. 2021. Disponível em: <[http://www.sethi.com.br/blog/3-dicas-para-ganhar-dinheiro-com-uma-impressora-3d/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=3-dicas-para-ganhar-dinheiro-com-uma-impressora-3d](http://www.sethi.com.br/blog/3-dicas-para-ganhar-dinheiro-com-uma-impressora-3d/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=3-dicas-para-ganhar-dinheiro-com-uma-impressora-3d)>. Acesso em: 11 nov. 2021.

OCDE. **Education at a Glance 2021**, 16 set. 2021. Disponível em: <<https://www.oecd.org/education/education-at-a-glance/>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ONU - Organização das Nações Unidas. Estudo da ONU revela que mundo tem abismo digital de gênero. **Jornal da ONU**, 6 nov. 2019. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/11/1693711#:~:text=O%20estudo%20indica%20que%20na,compara%C3%A7%C3%A3o%20com%2042%25%20dos%20homens.>>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

OLIVEIRA, Elida. Quase 40% dos alunos de escolas públicas não têm computador ou tablet em casa, aponta estudo. **Portal G1 Globo Notícias**, 9 jun. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/educacao/noticia/2020/06/09/quase-40percent-dos-alunos-de-escolas-publicas-nao-tem-computador-ou-tablet-em-casa-aponta-estudo.ghtml>>. Acesso em 03 out. 2020.

PEVSNER, Nikolaus. **Os pioneiros do desenho moderno**: de William Morris a Walter Gropius. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

\_\_\_\_\_**Origens da Arquitetura Moderna e do Design**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

PINTO, Sofia Lorena Urrutia. et al. O movimento maker: Enfoque nos FABLABS brasileiros. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, Curitiba, v. 3, n.1, p. 38-56, jan-fev, 2018.

Disponível em: <<http://www.relise.eco.br/index.php/relise/article/view/110/115>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

PUPPO, Regiane Trevisan. **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto**: um novo desafio para o ensino de arquitetura. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2009.

REPRAP. **Welcome to RepRap.org**. Disponível em <[www.reprap.org](http://www.reprap.org)>. Acesso em 17 jan. 2021.

SANTAELLA, Lucia. **Culturas e artes do pós-humano**: da cultura das mídias à cibercultura. São Paulo: Paulus, 2003.

SANTAELLA, Lucia. **A tecnocultura atual e suas tendências futuras**. Signo y Pensamiento, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, vol. XXX, núm. 60, p. 30-43, jan-jun, 2012.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 24ª Ed. São Paulo: Editora Cortez, 2016.

SILVA, Lúcio de Souza, SOUZA, Rayse Kiane de; TEIXEIRA, Clarissa Stefani. Espaços makers educacionais: conectando inovação, ensino e aprendizagem. **VIA Revista**, UFSC, Florianópolis, ano 4, n. 8, p. 30 - 33, mar. 2020. Disponível em: <<http://via.ufsc.br/>>. Acesso em: 03 out. 2020.

SILVEIRA, Fabio. Design & educação: novas abordagens. In: MEGIDO, Victor Falasca. **A revolução do design**: conexões para o século XXI. São Paulo: Editora Gente, 2016. p. 116-131.

TENENTE, Luiza. 30% dos domicílios no Brasil não têm acesso à internet; veja números que mostram dificuldades no ensino à distância. **Portal G1 Globo Notícias**, 26 mai. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/educacao/noticia/2020/05/26/66percent-dos-brasileiros-de-9-a-17-anos-nao-acessam-a-internet-em-casa-veja-numeros-que-mostram-dificuldades-no-ensino-a-distancia.ghtml>>. Acesso em: 05 out. 2020.

TOKARNIA, Mariana. Apenas 4,5% das escolas têm infraestrutura completa prevista em lei, diz estudo. **Empresa Brasil de Comunicação**. Brasília, 26 jun. 2016. Disponível em:

<<https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2016-06/apenas-45-das-escolas-t-em-infraestrutura-completa-prevista-em-lei-diz>>. Acesso em 08 out. 2020.

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

WADE, Russel; GARLAND, Nigel; UNDERWOOD, Gary. Challenges of 3d printing for home users. *In*: 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND PRODUCT DESIGN EDUCATION. The Design Society and Institution of Engineering Designers: Oslo, 2017. p. 478-482. Disponível em: <<https://www.designsociety.org/publication/40359/CHALLENGES+OF+3D+PRINTING+FOR+HOME+USERS>>. Acesso em 12 ago. 2020.

## APÊNDICE A - MODELO PRELIMINAR DO QUESTIONÁRIO

### Utilização Doméstica de Impressoras 3D

Este questionário tem por objetivo coletar informações sobre a utilização de impressoras 3D, por usuários domésticos, para produção de objetos no uso cotidiano. Essas informações servirão de subsídio para uma pesquisa desenvolvida no Programa de Mestrado em Design da Universidade Federal de Pernambuco, sob a orientação do Prof. Dr. Walter Franklin Marques Correia.

Trata-se de um modelo piloto, que está sendo aplicado para a obtenção de dados preliminares, sugestões e observações, que serão utilizados para incremento da pesquisa e construção do modelo final do questionário, a ser aplicado em um momento posterior.

O questionário está dividido em seções, com temáticas específicas. Ao final de cada seção, há um espaço para comentários ou observações, caso necessário.

Desde já, agradecemos pela sua participação.

---

\*Obrigatório

#### Sobre você

Inicialmente, necessitamos de algumas informações sobre o seu perfil.

1. Qual é a sua faixa de idade? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- até 17 anos
- de 18 a 29 anos
- de 30 a 49 anos
- 50 anos ou mais

2. Qual é o seu nível de escolaridade? \*

(informar o último nível completo)

*Marcar apenas uma oval.*

- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Ensino Superior
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado

3. Qual é a sua renda mensal? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Até 2 salários mínimos
- Entre 2 e 4 salários mínimos
- Entre 4 e 10 salários mínimos
- Acima de 10 salários mínimos

### Sobre sua experiência com impressoras 3D

4. Há quanto tempo você começou a utilizar impressora 3D? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Há menos de 1 ano.
- Entre 1 e 2 anos.
- Entre 2 e 3 anos.
- Há mais de três anos.

5. Como você aprendeu a utilizar impressora 3D? \*

156

*Marque todas que se aplicam.*

- Treinamento em curso especializado.
- Treinamento na escola, faculdade ou no trabalho.
- Com auxílio de terceiros (familiares, amigos, colegas).
- Por conta própria.
- Outro: \_\_\_\_\_

6. De que forma você tem acesso à impressão 3D? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Utilizo impressora que possuo.
- Utilizo impressora de familiares, amigos ou colegas.
- Utilizo impressora da escola, faculdade ou do trabalho.
- Frequento laboratório/oficina maker aberta ao público.
- Encomendo online a impressão a terceiros.
- Outro: \_\_\_\_\_

7. Com que finalidade você utiliza impressora 3D?

*Marque todas que se aplicam.*

- Produção de trabalhos acadêmicos.
- Produção de objetos por encomenda e/ou para venda.
- Recreação ou experimentação amadora.
- Outro: \_\_\_\_\_

8. Comentários ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---

Sobre os objetos que você já imprimiu

9. Que tipo(s) de objetos você costuma imprimir? \*

157

*Marque todas que se aplicam.*

- Objetos utilitários
- Objetos decorativos
- Souvenirs
- Materiais didáticos
- Brinquedos
- Ferramentas ou equipamentos
- Artigos geek
- Peças ou acessórios para impressora 3D
- Artefatos para saúde
- Outro: \_\_\_\_\_

10. Qual a origem dos arquivos que você imprime? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Arquivos obtidos prontos, da internet, e impressos sem alteração.
- Maioria obtida pronta, da internet, e alguns arquivos são editados ou criados por mim.
- Maioria é editada ou criada por mim, e alguns arquivos são obtidos prontos, na internet.
- Conforme a necessidade, o arquivo pode ser editado ou obtido pronto da internet.

11. Quantos modelos de objetos você já imprimiu? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Até 5 modelos diferentes.
- Entre 6 e 10 modelos diferentes.
- Entre 11 e 20 modelos diferentes.
- Entre 21 e 30 modelos diferentes.
- Mais de 30 modelos diferentes.

Marcar apenas uma oval por linha.

	Nenhum	Até 25%	Entre 25% e 50%	Entre 50% e 75%	Acima de 75%	Todos
obtidos e impressos, sem alteração.	<input type="radio"/>					
obtidos, alterados e impressos.	<input type="radio"/>					
obtidos, impressos e personalizados.	<input type="radio"/>					
criados por mim e impressos.	<input type="radio"/>					

13. Que tipo(s) de alteração você já fez em arquivos que imprimiu? \*

(alteração no arquivo, antes da impressão)

Marque todas que se aplicam.

- Ainda não fiz; imprimo arquivos que obtenho, sem alterações.
- Criação de um arquivo/modelo novo, utilizando software de modelagem.
- Alteração de medidas ou proporções em um arquivo obtido, sem alterar forma.
- Alteração de forma em um arquivo obtido.
- Outro: \_\_\_\_\_

14. Que tipo(s) de personalização/customização você já fez em objetos que imprimiu? \*

(alterações realizadas após a impressão do objeto)

Marque todas que se aplicam.

- Ainda não personalizei ou customizei peças, após a impressão.
- Acabamento ou tratamento de superfícies (lixação, pintura, adesivação, etc).
- Alterações no formato do objeto (cortes, dobras, furos, etc).
- Instalação de acessórios ou peças.
- Adaptação do objeto para uso com outra finalidade (portar algo, luminária, etc).
- Outro: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

Outras questões relacionadas à impressão 3D

16. Das tentativas de impressão que você realizou, quantas foram concluídas com sucesso? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Menos de 50%
- Entre 50% e 70%
- Entre 70% e 90%
- Mais de 90%

17. Com que tipo(s) de problema você se deparou durante a impressão? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Problema no alinhamento da mesa de impressão.
- Problema de entupimento do bico.
- Problema de má qualidade do filamento.
- Problema de aderência do filamento à mesa de impressão.
- Problema de travamento/quebra do filamento
- Problema de configuração do arquivo G-code
- Outro: \_\_\_\_\_

18. Que destino você costuma dar aos resíduos ou refugos, resultantes da impressão?

\*  
160

*Marcar apenas uma oval.*

- São descartados diretamente no lixo comum.
- São descartados, separados com outros plásticos, para reciclagem.
- São reutilizados para outros fins ou reaproveitados.
- Outro: \_\_\_\_\_

19. Você já utilizou seus conhecimentos em impressão 3D para contribuir com algum projeto social?

\*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

20. Em caso positivo, quais foram as ações realizadas? \*

---

---

---

---

---

21. Que contribuições você acha que as tecnologias de fabricação digital podem trazer à sociedade? \*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

**Google** Formulários

## APÊNDICE B - SEGUNDA VERSÃO DO QUESTIONÁRIO

### Utilização Doméstica de Impressoras 3D

Este questionário tem por objetivo coletar informações sobre a utilização de impressoras 3D, por usuários domésticos, para produção de objetos no uso cotidiano. Essas informações servirão de subsídio para uma pesquisa desenvolvida no Programa de Mestrado em Design da Universidade Federal de Pernambuco, sob a orientação do Prof. Dr. Walter Franklin Marques Correia.

Trata-se de estudo do modelo definitivo, que está sendo aplicado para a obtenção de dados, sugestões e observações, que serão utilizados para incremento da pesquisa e construção do modelo final do questionário, a ser aplicado em um universo expandido de usuários.

Nesse questionário, os termos "impressão 3D" e "impressora 3D" referem-se ao processo e ao equipamento de manufatura aditiva por fusão e deposição de material (FDM), conhecido comercialmente por impressão ou impressora de filamento.

O questionário está dividido em seções, com temáticas específicas. Ao final de cada seção, há um espaço para comentários ou observações, caso necessário.

Desde já, agradecemos pela sua participação.

---

\*Obrigatório

#### 1. Sobre você

Inicialmente, necessitamos de algumas informações sobre o seu perfil.

##### 1. 1.1. Qual é a sua faixa de idade? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Até 17 anos
- De 18 a 29 anos
- De 30 a 49 anos
- De 50 a 64 anos
- 65 anos ou mais

## 2. 1.2. Qual é o seu nível de escolaridade? \*

(informar o último nível completo)

*Marcar apenas uma oval.*

- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Ensino Superior
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado

2. Sobre sua experiência com impressão 3D

Fale sobre a sua experiência com a impressão 3D

## 3. 2.1 Há quanto tempo você começou a utilizar impressora 3D? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Há menos de 1 ano
- Entre 1 e 2 anos
- Entre 2 e 3 anos
- Entre 3 e 5 anos
- Há mais de 5 anos

## 4. 2.2 Como você aprendeu a utilizar impressora 3D? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Treinamento em curso especializado
- Treinamento no trabalho
- Treinamento na escola ou na faculdade/universidade
- Com auxílio de terceiros (familiares, amigos, colegas)
- Por conta própria
- Outro: \_\_\_\_\_

5. 2.3 Você possui ou já possuiu impressora 3D? \*

164

OBS 1.: No formulário definitivo, a seleção da resposta "SIM" encaminhará o entrevistado para a SEÇÃO 3 e posteriormente a SEÇÃO 4; a seleção da resposta "NÃO" encaminhará o entrevistado para a SEÇÃO 5, ocultando as seções 3 e 4.

*Marcar apenas uma oval.*

Sim.

Não.

6. 2.4 De que forma você tem acesso à impressão 3D? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Utilizo impressora que possuo
- Utilizo impressora de familiares, amigos ou colegas
- Utilizo impressora da escola ou da faculdade/universidade
- Utilizo impressora do trabalho
- Frequento laboratório/oficina maker aberta ao público
- Encomendo online a impressão a terceiros
- Outro: \_\_\_\_\_

7. 2.5 Com que finalidade você utiliza impressora 3D? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Para aprendizagem/treinamento sobre o uso dessa tecnologia
- Produção de peças para trabalhos escolares ou acadêmicos
- Produção de peças para fins comerciais (para venda ou por encomenda)
- Produção de peças para uso no meu dia-a-dia
- Recreação ou experimentação amadora
- Outro: \_\_\_\_\_

8. 2.6 Além da impressão 3D de filamento, você já teve acesso a outros(s) processos(s) de manufatura aditiva? 163

\*  
165

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

9. 2.7 Em caso positivo à resposta acima, a que outro(s) processo(s) de manufatura aditiva você já teve acesso?

*Marque todas que se aplicam.*

Fotopolimerização em cuba (impressão 3D em resina)

Fusão de leito de pó não metálico

Fusão de leito de pó metálico

Jateamento de material

Outro: \_\_\_\_\_

10. Comentários, sugestões ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---

### 3. Sobre a aquisição de sua impressora 3D

Texto descritivo sobre esta seção

11. 3.1 Qual o modelo da impressora 3D que você possui ou já possuiu? \*

Informe a marca/modelo da impressora que você possui, ou da última que já possuiu (caso não tenha uma atualmente)

---

12. 3.2 Como você adquiriu a sua impressora 3D? \*

166

*Marcar apenas uma oval.*

- Adquiri o equipamento novo, em loja física
- Adquiri o equipamento novo, em loja virtual, na internet
- Adquiri o equipamento usado, de terceiro
- Adquiri as peças e fiz a montagem de todo o equipamento
- Outro: \_\_\_\_\_

13. 3.3 Em relação à montagem do equipamento: \*

OBS 2.: NO FORMULÁRIO DEFINITIVO, A SELEÇÃO DA SEGUNDA OU DA QUARTA RESPOSTA ENCAMINHARÁ O ENTREVISTADO PARA A SEÇÃO 4; A SELEÇÃO DAS DEMAIS ENCAMINHARÁ DIRETO PARA A SEÇÃO 5, OCULTANDO A SEÇÃO 4.

*Marcar apenas uma oval.*

- Recebi a impressora totalmente montada, não sendo necessária montagem adicional de partes
- Recebi a impressora parcialmente montada, em um kit, e fiz a montagem das partes restantes, para sua finalização e uso
- Recebi a impressora parcialmente montada, em um kit, e outra pessoa realizou a montagem das partes restantes para a sua finalização e uso
- Recebi a impressora totalmente desmontada, e fiz a montagem do equipamento
- Recebi a impressora totalmente desmontada, e outra pessoa realizou a montagem do equipamento
- Outro: \_\_\_\_\_

14. Comentários, sugestões ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---

4. Sobre a montagem da sua impressora 3D

Texto descritivo sobre esta seção

15. 4.1 A que fonte(s) de informação ou auxílio você precisou recorrer, para realizar a montagem de sua impressora 3D?

*Marque todas que se aplicam.*

- Materiais fornecidos pelo fabricante (manuais de instruções, vídeos, chat eletrônico)
- Materiais produzidos por terceiros, na internet (vídeos, sites, chats)
- Consultas em grupos de aplicativos de mensagens
- Auxílio de amigos, colegas ou parentes
- Outro: \_\_\_\_\_

16. 4.2 Para você, o nível de complexidade ou dificuldade das atividades, durante a montagem, foi: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Menor que o esperado
- Conforme o esperado
- Maior que o esperado

17. 4.3 Em relação ao tempo gasto para a montagem do equipamento, este foi: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Menor que o esperado
- Conforme o esperado
- Maior que o esperado

18. 4.4 Você precisou realizar alguma alteração ou adaptação adicional na sua impressora 3D, não prevista nas orientações do fabricante? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

19. 4.5 Se sim, que tipo(s) de alteração ou adaptação adicional você precisou fazer?

168

---

20. Comentários, sugestões ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---

5. Sobre os objetos que você já imprimiu

Texto descritivo sobre esta seção

21. 5.1 Que tipo(s) de objetos você costuma imprimir? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Objetos utilitários
- Objetos decorativos
- Souvenirs
- Materiais didáticos
- Brinquedos
- Ferramentas ou equipamentos
- Artigos geek
- Peças ou acessórios para impressora 3D
- Artefatos para saúde
- Outro: \_\_\_\_\_

22. 5.2 Qual a origem dos arquivos que você imprime? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Arquivos obtidos prontos, da internet, e impressos sem alteração
- Maioria obtida pronta, da internet, e alguns arquivos são editados ou criados por mim
- Maioria é editada ou criada por mim, e alguns arquivos são obtidos prontos, na internet
- Conforme a necessidade, o arquivo pode ser editado ou obtido pronto da internet

23. 5.3 Dos objetos que imprimiu, quantos foram: \*

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Nenhum	Até 25%	Entre 25% e 50%	Entre 50% e 75%	Acima de 75%	Todos
obtidos e impressos, sem alteração.	<input type="radio"/>					
obtidos, alterados e impressos.	<input type="radio"/>					
obtidos, impressos e personalizados.	<input type="radio"/>					
criados por mim e impressos.	<input type="radio"/>					

24. 5.4 Que tipo(s) de alteração você já fez em arquivos que imprimiu? \*

(alteração no arquivo, antes da impressão)

*Marque todas que se aplicam.*

- Ainda não fiz; imprimo arquivos que obtenho, sem alterações
- Criação de um arquivo/modelo novo, utilizando software de modelagem
- Alteração de medidas ou proporções em um arquivo obtido, sem alterar forma
- Alteração de forma em um arquivo obtido
- Outro: \_\_\_\_\_

25. 5.5 Você costuma compartilhar os arquivos que cria ou modela (criações suas)?

\*  
170

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Não, por se tratar de material de pesquisa ou protegido

26. Comentários, sugestões ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---

6. Com relação à edição para impressão (fatiamento)

Texto descritivo sobre esta seção

27. 6.1 Você costuma fazer ajustes no arquivo, antes do fatiamento e da criação do arquivo G-Code? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

28. 6.2 Quais são os tipos de ajustes que você mais costuma fazer, manualmente, com uso do programa fatiador? \*  
171

Selecione os mais utilizados, até três respostas.

*Marque todas que se aplicam.*

- Ajuste ou alteração de dimensões da peça
- Ajuste de posicionamento da peça na mesa de impressão
- Definição de altura da camada
- Definição de espessuras de parede, base e topo
- Definição de percentual e geometria de estruturas de preenchimento
- Definição de percentual e geometria de estruturas de suporte
- Definição de temperaturas da mesa de impressão e do bico ejetor
- Prejudicado
- Outro: \_\_\_\_\_

29. 6.3 Quais são as principais dificuldades encontradas, durante o uso do programa de fatiamento \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Ausência ou insuficiência de recursos de ajuda, próprios do programa
- Dificuldade para encontrar os comandos nos menus
- Dificuldade para compreender o que cada comando significa, e suas consequências para o resultado de minha impressão
- Nenhuma
- Outro: \_\_\_\_\_

30. Comentários, sugestões ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---

7. Outras questões relacionadas à impressão 3D

Texto descritivo sobre esta seção

31. 7.1 Das tentativas de impressão que você realizou, quantas foram concluídas com sucesso?

\*  
172

*Marcar apenas uma oval.*

- Até 25%
- Entre 25% e 50%
- Entre 50% e 75%
- Mais de 75%

32. 7.2 Com que tipo(s) de problema você se deparou durante a impressão? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Problema no alinhamento da mesa de impressão
- Problema de empenamento da mesa de impressão
- Problema de aderência do filamento ou da peça à mesa de impressão
- Problema de entupimento do bico
- Problema de má qualidade do filamento
- Problema de travamento/quebra do filamento
- Problema de mau funcionamento, decorrente de erro inesperado da impressora
- Problema de configuração do arquivo G-code
- Outro: \_\_\_\_\_

33. 7.3 Que destino você costuma dar aos resíduos ou refugos, resultantes da impressão? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- São descartados diretamente no lixo comum
- São descartados, separados com outros plásticos, para reciclagem
- São reutilizados para outros fins ou reaproveitados
- Outro: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

**Google** Formulários

## APÊNDICE C - VERSÃO FINAL DO QUESTIONÁRIO

### Utilização Doméstica de Impressoras 3D

Este questionário tem por objetivo coletar informações sobre a utilização de impressoras 3D, por usuários domésticos, para produção de objetos no uso cotidiano. Essas informações servirão de subsídio para uma pesquisa desenvolvida no Programa de Mestrado em Design da Universidade Federal de Pernambuco, sob a orientação do Professor Walter Franklin Marques Correia.

Nesse questionário, os termos "impressão 3D" e "impressora 3D" referem-se, respectivamente, ao processo e ao equipamento de manufatura aditiva por fusão e deposição de material (FDM), conhecido comercialmente por impressão ou impressora 3D de filamento.

O questionário está dividido em seções, com temáticas específicas. De acordo com as suas respostas, algumas seções poderão ser ocultadas. Ao final de cada seção, há um espaço para comentários, sugestões ou observações. Caso você queira indicar algum ponto que julgue importante e que não foi abordado nesse trabalho, fique à vontade para utilizar esses espaços.

Desde já, agradecemos pela sua participação.

---

#### \*Obrigatório

#### 1. Sobre você

Inicialmente, necessitamos de algumas informações sobre o seu perfil.

##### 1. 1.1. Qual é a sua faixa de idade? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Até 17 anos.
- De 18 a 29 anos.
- De 30 a 49 anos.
- De 50 a 64 anos.
- 65 anos ou mais.

## 2. 1.2. Qual é o seu nível de escolaridade? \*

(informar o último nível que você concluiu)

*Marcar apenas uma oval.*

- Ensino Fundamental.
- Ensino Médio.
- Ensino Superior.
- Especialização.
- Mestrado.
- Doutorado.

## 2. Sobre sua experiência com impressão 3D

Fale sobre a sua experiência no universo da impressão 3D

## 3. 2.1 Há quanto tempo você começou a utilizar impressora 3D? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Há menos de 1 ano.
- Entre 1 e 2 anos.
- Entre 2 e 3 anos.
- Entre 3 e 5 anos.
- Há mais de 5 anos.

## 4. 2.2 Como você aprendeu a utilizar impressora 3D? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Treinamento em curso especializado.
- Treinamento no trabalho.
- Treinamento na escola ou na faculdade/universidade.
- Com auxílio de terceiros (familiares, amigos, colegas).
- Por conta própria.
- Outro: \_\_\_\_\_

5. 2.3 Você possui ou já possuiu impressora 3D? \*

176

*Marcar apenas uma oval.*

Sim.

Não. *Pular para a pergunta 21*

6. 2.4 De que forma você tem acesso à impressão 3D? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Utilizo impressora que possuo.
- Utilizo impressora de familiares, amigos ou colegas.
- Utilizo impressora da escola ou da faculdade/universidade.
- Utilizo impressora do trabalho.
- Freqüento laboratório/oficina maker aberta ao público.
- Encomendo online a impressão a terceiros.
- Outro: \_\_\_\_\_

7. 2.5 Com que finalidade você utiliza impressora 3D? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Para aprendizagem ou treinamento sobre o uso dessa tecnologia.
- Produção de peças para trabalhos escolares ou acadêmicos.
- Produção de peças para fins comerciais (para venda ou por encomenda).
- Produção de peças para uso no meu dia-a-dia.
- Recreação ou experimentação amadora.
- Outro: \_\_\_\_\_

8. 2.6 Além da impressão 3D de filamento, você já teve acesso a outros(s) processos(s) de manufatura aditiva? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim.

Não.

9. 2.7 Se respondeu "SIM" à pergunta acima, a que outro(s) processo(s) de manufatura aditiva você já teve acesso?

177

*Marque todas que se aplicam.*

- Fotopolimerização em cuba (impressão 3D em resina).
- Fusão de leito de pó não metálico (impressão 3D em pó plástico ou cerâmico).
- Fusão de leito de pó metálico (impressão 3D em pó de metal).
- Jateamento de material (impressão 3D por jateamento de polímero líquido).
- Outro: \_\_\_\_\_

10. Comentários, sugestões ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---

**3. Sobre a aquisição de sua impressora 3D**

Fale sobre a impressora 3D que você possui ou já possuiu.

11. 3.1 Qual o modelo da impressora 3D que você possui ou já possuiu? \*

Informe a marca/modelo da impressora que você possui, ou da última que já possuiu (caso não tenha uma atualmente)

---

12. 3.2 Como você adquiriu a sua impressora 3D? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Adquiri o equipamento novo, em loja física.
- Adquiri o equipamento novo, em loja virtual, na internet.
- Adquiri o equipamento usado, de terceiro.
- Adquiri as peças e fiz a montagem de todo o equipamento.
- Outro: \_\_\_\_\_

*Marcar apenas uma oval.*

- Recebi a impressora totalmente montada, não sendo necessária montagem adicional de partes. *Pular para a pergunta 21*
- Recebi a impressora parcialmente montada, em um kit, e fiz a montagem das partes restantes, para sua finalização e uso.
- Recebi a impressora parcialmente montada, em um kit, e outra pessoa realizou a montagem das partes restantes para a sua finalização e uso.  
*Pular para a pergunta 21*
- Recebi a impressora totalmente desmontada, e fiz a montagem do equipamento.
- Recebi a impressora totalmente desmontada, e outra pessoa realizou a montagem do equipamento. *Pular para a pergunta 21*
- Outro: \_\_\_\_\_

14. Comentários, sugestões ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---

4. Sobre a montagem da sua impressora 3D

Como foi a experiência de montar a sua impressora 3D?

15. 4.1 A que fonte(s) de informação ou auxílio você precisou recorrer, para realizar a montagem de sua impressora 3D? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Materiais fornecidos pelo fabricante (manuais de instruções, vídeos, chat eletrônico).
- Materiais produzidos por terceiros, na internet (vídeos, sites, chats).
- Consultas em grupos de aplicativos de mensagens.
- Auxílio de amigos, colegas ou parentes.
- Outro: \_\_\_\_\_

16. 4.2 Para você, o nível de complexidade ou dificuldade das atividades, durante a montagem, foi: \*  
179

*Marcar apenas uma oval.*

- Menor que o esperado.  
 Conforme o esperado.  
 Maior que o esperado.

17. 4.3 Em relação ao tempo gasto para a montagem do equipamento, este foi: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Menor que o esperado.  
 Conforme o esperado.  
 Maior que o esperado.

18. 4.4 Você se deparou com alguma dificuldade ou imprevisto, durante a montagem de sua impressora? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim.  
 Não.

19. 4.5 Se respondeu "SIM" à pergunta acima, com quais dificuldades ou imprevistos você se deparou, durante a montagem de sua impressora 3D?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Sobre os objetos que  
você já imprimiu

Gostaríamos de saber um pouco mais sobre os objetos que  
você costuma imprimir.

21. 5.1 Que tipo(s) de objetos você costuma imprimir? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Objetos utilitários.
- Objetos decorativos.
- Souvenirs.
- Materiais didáticos.
- Brinquedos.
- Ferramentas ou equipamentos.
- Artigos geek.
- Peças ou acessórios para impressora 3D.
- Artefatos para saúde.
- Outro: \_\_\_\_\_

*Marcar apenas uma oval.*

- Arquivos obtidos prontos, da internet, e impressos sem alteração na sua forma (faço o download, configuro no fatiador e imprimo, sem alterar forma).
- Arquivos criados ou modificados por mim (faço a modelagem ou alteração da forma em programa CAD, configuro no fatiador e imprimo).
- Maioria obtida pronta, da internet, e alguns arquivos são criados ou modificados por mim.
- Maioria criada ou modificada por mim, e alguns arquivos são obtidos prontos, da internet.
- Conforme a necessidade, o arquivo pode ser criado/modificado por mim ou obtido pronto da internet.
- Outro: \_\_\_\_\_

(alteração no arquivo, antes da impressão)

*Marque todas que se aplicam.*

- Ainda não fiz; imprimo arquivos que obtenho, sem alterações.
- Criação de um arquivo/modelo novo, utilizando software de modelagem.
- Alteração de medidas ou proporções em um arquivo obtido pronto, sem alterar sua forma.
- Alteração de forma em um arquivo obtido.
- Inclusão de novos elementos em um arquivo obtido.
- Outro: \_\_\_\_\_

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim.
- Não.
- Não, por se tratar de material de pesquisa ou protegido.

---



---



---



---

### 6. Sobre a configuração para impressão (fatiamento)

Fale sobre a sua prática na configuração das peças para impressão.

### 26. 6.1 Quais são os ajustes que você costuma fazer, mais frequentemente, com uso do programa fatiador? \*

Selecione os mais utilizados, até três respostas.

*Marque todas que se aplicam.*

- Ajuste ou alteração de dimensões da peça
- Ajuste de posicionamento da peça na mesa de impressão
- Definição de altura da camada
- Definição de espessuras de parede, base e topo
- Definição de percentual e geometria de estruturas de preenchimento
- Definição de percentual e geometria de estruturas de suporte
- Definição de temperaturas da mesa de impressão e do bico extrusor
- Outro: \_\_\_\_\_

### 27. 6.2 Quais são as principais dificuldades encontradas, durante o uso do programa de fatiamento? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Ausência ou insuficiência de recursos de ajuda, próprios do programa.
- Dificuldade para encontrar os comandos nos menus.
- Dificuldade para compreender o que cada comando significa, e suas consequências para o resultado de minha impressão.
- Nenhuma.
- Outro: \_\_\_\_\_

28. 6.3 A que fonte(s) de informação ou auxílio você costuma recorrer, para sanar <sup>\*</sup> 183  
dúvidas ou resolver problemas referentes ao uso do programa fatiador?

*Marque todas que se aplicam.*

- Recursos de suporte do próprio programa (manuais, ajudas, atendimento ao usuário).
- Recursos produzidos por terceiros, na internet (vídeos, sites, fóruns ou chats).
- Consultas em grupos de aplicativos de mensagens.
- Auxílio de amigos, colegas ou parentes.
- Outro: \_\_\_\_\_

29. Comentários, sugestões ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---

## 7. Sobre a impressão das peças

Por fim, um pouco sobre as impressões que você realizou.

30. 7.1 Das tentativas de impressão que você realizou, quantas foram concluídas <sup>\*</sup>  
com sucesso?

*Marcar apenas uma oval.*

- Até 25%.
- Entre 25% e 50%.
- Entre 50% e 75%.
- Mais de 75%.

31. 7.2 Com que tipo(s) de problema você já se deparou, durante a impressão? \* 184

*Marque todas que se aplicam.*

- Problema no alinhamento da mesa de impressão.
- Problema de empenamento da mesa de impressão.
- Problema de aderência do filamento ou da peça à mesa de impressão.
- Problema de entupimento do bico.
- Problema de má qualidade do filamento.
- Problema de travamento/quebra do filamento.
- Problema de mau funcionamento, decorrente de erro inesperado da impressora.
- Problema de configuração do arquivo G-code.
- Problema de insuficiência ou má configuração de estruturas de suporte.
- Outro: \_\_\_\_\_

32. 7.3 Que destino você costuma dar aos resíduos ou refugos, resultantes da impressão? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- São descartados diretamente no lixo comum.
- São descartados, separados com outros plásticos, para reciclagem.
- São reutilizados para outros fins ou reaproveitados.
- Outro: \_\_\_\_\_

33. Comentários, sugestões ou observações sobre esta seção:

---

---

---

---

---