



UniRitter

**INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DO GRUPO ÂNIMA EDUCAÇÃO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

DENNIS HENRIQUE DE ABREU ARAUJO

**APLICABILIDADE DA MANUFATURA ADITIVA COM ÊNFASE EM
TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D**

CANOAS

2022

DENNIS HENRIQUE DE ABREU ARAUJO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
do Centro Universitário Ritter dos Reis
como requisito à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Rosalvo Mário Nunes
Miranda

CANOAS

2022

DENNIS HENRIQUE DE ABREU ARAUJO

**APLICABILIDADE DA MANUFATURA ADITIVA COM ÊNFASE EM
TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Ritter dos Reis.

Canoas, 15 de Dezembro de 2022.

Orientador: Prof. Me. Rosalvo Mário Nunes Miranda
Centro Universitário Ritter dos Reis

Prof. Esp. Sandro Dias Martins.
Centro Universitário Ritter dos Reis

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer primeiramente a minha companheira Jéssica Roland, que por muitas vezes não pode ter minha presença em diversos momentos por questões acadêmicas e mesmo assim compreender o sacrifício, só que agora chegou o teu momento de concluir o seu mestrado para assim que possível eu ingressar nesta jornada também, minha inspiração como pessoa e profissional e sempre será uma prioridade pra mim, te amo muito. Agradeço meus pais e meu irmão, por sempre me apoiarem e incentivarem e dizer para os mesmos que sim, a educação é fundamental e que nunca parem de aprender, **“Educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo.”**

Agradecimento especial para minha avó Maria Eni, não se encontra entre nós mas sim em algum lugar muito melhor, e com certeza está muito contente com toda esta trajetória e torcendo por mim te amo vó. Gostaria de agradecer meu compadre Marlon Konzen e minha comadre Cintia Konzen pela parceria e todo apoio prestado quando foi necessário, juntamente com as malas Pedro e Karolyna Konzen e que esta trajetória siga de bons exemplos para seus futuros, amo muito vocês.

Gostaria de agradecer minha família em espectro mais amplo, meus padrinhos Ronaldo e Nice, tios Cláudio, Elisandra, Luiz Carlos e Cleci (que com certeza está entre as estrelas contente com esta conquista), agradecer aos meus primos Tais, Tatiane, Alessandra, Leonardo, Felipe, Fabrício e Morgana e amigos Michele Castro, Rafael Bitencourt e sua família, Reginaldo Borba, Felipe Conzatti, Fernando Jesus, Karina Belmiro, Renan Figueiredo e família. Meu sogro Elias Paulino, minhas sogras Marta Paulino e Janete Roland e suas famílias que sempre foram muito acolhedores e carinhosos comigo.

Agradeço também aos colegas da faculdade e trabalho, que participaram direta ou indiretamente da minha formação assim como as empresas Ingecon e Indústria Bastos, em especial ao Gestor Anderson Passos, que sempre foi compreensivo com a minha ausência para poder compor as pesquisas feitas para este trabalho de conclusão, também aos colegas Felipe Bassani, Alex dos Santos, Daniel Azevendo, Marcelo Borges, Lucas Medeiros e Gabriel Braga.

Quero agradecer a empresas e instituições que me receberam de braços abertos e prontamente, DGTEK (Parceiro Leandro, apesar de não ter sido citado no trabalho me auxiliou com tudo relacionado a impressão 3D), LDsM (Dr Wilson Kindle, que me apresentou todo o laboratório da UFRGS que agregou muito a este trabalho), Hospital de Clínicas (ao Eng. Elétrico André Muller, que me auxiliou na visitação e agregou imensamente a este trabalho) e a SKA (a Gerente Franciele, pela atenção e colaboração com as informações utilizadas).

Ao meu orientador Me. Rosalvo Miranda pela prontidão a toda a necessidade durante a produção deste trabalho, sempre com muito entusiasmo e paciência, agradeço muito a parceria.

Em tempo, gostaria de agradecer ao meu projeto Dynamite voleibol de Gravataí, equipe que me traz grandes amigos e exemplos de vida. Aos jovens, busquem sempre uma versão melhor de vocês mesmos e nunca desistam dos seus sonhos, pedras sempre viram no seus caminhos, mas faz parte, cabe a nós atravessá-las e usá-las de aprendizagem para que da próxima vez seja muito mais fácil escalá-las até o momento que poderemos usá-las como escadas nas nossas vidas. Um grande abraço a toda a equipe.

RESUMO

O presente trabalho busca demonstrar o funcionamento e aplicação de manufatura aditiva, com foco em impressão 3D. A partir das informações sobre seus materiais, diferenças entre as tecnologias mais aplicadas e entre softwares utilizados no processo de impressão 3D. Demonstrando a modelagem 3D através dos softwares utilizados. Apresentando os conceitos e experiências adquiridas em pesquisas de campo realizadas na região metropolitana de Porto Alegre. Pesquisas com objetivo de contextualizar a aplicabilidade de impressoras 3D em campos de pesquisa e desenvolvimento. Tendo como exemplificação de aplicação o setor cultural, mais precisamente a conservação de patrimônios culturais. Na saúde, como forma acadêmica e de auxílio a operações cirúrgicas e de reconstrução. Na indústria, através de modelos construtivos com metais e polímeros diversos. No meio ambiente através da retirada de materiais plásticos da natureza para confecção de filamentos reciclados. Tendo como objetivo agregar ao conhecimento da tecnologia e aplicabilidade, incentivando assim a utilização da mesma.

Palavras-chave: Impressão 3D, Manufatura Aditiva, Prototipagem Rápida, introdução a impressão 3D, Digitalização 3D.

ABSTRACT

The present work seeks to demonstrate the operation and application of additive manufacturing, focusing on 3D printing. From information about their materials, differences between the most applied technologies and between software used in the 3D printing process. Demonstrating 3D modeling through the software used. Introducing the concepts and experiences acquired in field research carried out in the metropolitan region of Porto Alegre. Research aimed at contextualizing the applicability of 3D printers in research and development fields. Taking the cultural sector as an example of application, more precisely the conservation of cultural heritage. In health, as an academic form and as an aid to surgical and reconstructive operations. In industry, through constructive models with various metals and polymers. In the environment by removing plastic materials from nature to make recycled filaments. Aiming to add to the knowledge of technology and applicability, thus encouraging its use.

Keywords: 3D Printing, Additive Manufacturing, Rapid Prototyping, Introduction to 3D Printing, 3D Scanning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tecnologia FDM	16
Figura 2 - Tecnologia DLP	17
Figura 3 - Fatiador FDM Ultimaker Cura.....	18
Figura 4 - Fatiador DLP Chitubox.....	19
Figura 5 - Fluxograma de Impressão 3D	20
Figura 6 - Ficha Técnica de Materiais do fornecedor 3Dfila	22
Figura 7 - Área de desenvolvimento Indústria e Comércio Bastos	24
Figura 8 - Projeto de estrutura para protótipo da Indústria e Comércio Bastos	25
Figura 9 - Formação de pontos para Modelagem Orgânica	26
Figura 10 - Digitalização e texturização da placa do monumento bento gonçalves	26
Figura 11 Impressoras 3D de resina	29
Figura 12 Mesa de teste de tração	29
Figura 13 Prótese parcial confeccionada em 3D pelo Autor	31
Figura 14 - Impressão 3D em resina de parte do crânio infantil para análise de caso	34
Figura 15 - Modelo para estudo de broncoscopia	34
Figura 16 - Impressão de órgãos para estudos acadêmicos	36
Figura 17 - Prótese produzida em impressão 3D	36
Figura 18 - Estatística de acidentes fatais no Rio Grande do Sul em 2022 até o mês de Julho	37
Figura 19 - Impressão com filamentos com carga metálica e com tratamento térmico	38
Figura 20 - Impressão de peça com carga metálica e sem tratamento térmico	39
Figura 21 - Impressão de peça polimérica com reforço metálico	39
Figura 22 - Peça com construção complexa e com conexões internas	40
Figura 23 - Peças impressas com polímeros em flocos e com aparência injetada	41
Figura 24 - Suporte de Headset Personalizado	42
Figura 25 - Machado do jogo God of War medindo 1 metro	43
Figura 26 - Action figure	43
Figura 27– Protótipo de suporte de filtro para água quente para impressão 3D	44
Figura 28– Reciclagem de garrafas pet, transformadas em filamento para impressão 3D	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
1.2	OBJETIVO DA PESQUISA.....	12
1.2.1	Objetivo geral.....	12
1.2.2	Objetivos específicos.....	12
1.3	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	MANUFATURA ADITIVA.....	15
2.2	FATIADORES.....	18
2.3	MATERIAIS PARA IMPRESSÃO 3D.....	20
2.3.1	Filamentos.....	20
2.3.2	Resinas 3D.....	22
2.4	AQUISIÇÃO DE PROJETOS PARA IMPRESSÃO 3D.....	23
2.4.1	Modelagem Mecânica.....	23
2.4.2	Modelagem Orgânica.....	25
2.4.3	Modelagem por aquisição de imagem.....	26
3	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	27
3.1	IMPRESSÃO 3D E TECNOLOGIAS DE MODELAGEM.....	27
3.2	PESQUISA DE CAMPO.....	27
3.2.1	Pesquisa no Hospital de Clínicas de Porto Alegre.....	27
3.2.2	Pesquisa no Laboratório de design de Materiais da UFRGS.....	29
3.2.3	Pesquisa na empresa de tecnologia SKA.....	30
3.2.4	Pesquisa com hobbystas de Impressoras 3D.....	30
3.3	IMPRESSÃO 3D COMO MARCO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS E GERAÇÃO DE MODELOS DE ESTUDOS DIDÁTICOS.....	31
4	RESULTADOS DA PESQUISA.....	32
4.1	DIGITALIZAÇÃO E IMPRESSÃO NA CONSERVAÇÃO DE PATRIMÔNIO CULTURAL.....	32
4.2	DIGITALIZAÇÃO E IMPRESSÃO NO ESTUDO E APLICAÇÃO DA MEDICINA.....	33
4.3	IMPRESSÃO 3D PARA INDÚSTRIA 4.0.....	37

4.4	IMPRESSÃO 3D PARA UMA SOCIEDADE CONECTADA.....	42
4.5	RECICLAR PARA CRIAR.....	45
5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica e a revolução industrial em vista, as tecnologias industriais já estão chegando de forma barata às pessoas, onde nos vemos em um cenário em que a tecnologia aditiva vem crescendo não somente em indústrias, mas também em residências e pequenos negócios, a tecnologia vinda destas evoluções gerou a impressão 3D, que de forma criativa atende múltiplos ramos e nichos utilizando uma gama de materiais.

Porém tem seu potencial inexplorado e além de recursos recreativos, onde representa 80% do uso da impressão neste segmento, tendo também aplicações na área de conservação de patrimônio cultural, auxílio no estudo da medicina e da engenharia como um todo, mas não seria somente um trabalho solitário, pois apesar de toda sua aplicação também temos a aquisição do arquivo para impressão e suas modalidades de captura e geração, onde será abordado neste trabalho juntamente com a tecnologia 3D e suas aplicações que podem auxiliam a sociedade em diversos âmbitos.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Este trabalho tem como proposta responder a seguinte pergunta:

- O que é a impressão 3D?
- Quais são os benefícios da Impressão 3D e quais as suas aplicações nas diversas áreas de estudo e tecnologia?

1.2. OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo do presente trabalho será apresentado a seguir.

1.2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como proposta o estudo da tecnologia de manufatura aditiva com auxílio da aquisição de imagem por digitalização 3D.

1.2.2 Objetivos específicos

- Pesquisa sobre Manufatura aditiva.
- Gerar o entendimento sobre Impressão 3D, conhecimento sobre Materiais para Impressão 3D e tecnologias de Modelagem.
- Realizar pesquisa de campo a respeito de aplicações de impressão 3D.
- Demonstrar que a Impressão 3D pode ser um marco no desenvolvimento de novas tecnologias e geração de modelos de estudos didáticos.

1.3. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

A. Pesquisa sobre Manufatura aditiva.

Tem como objetivo demonstrar, brevemente, a criação da tecnologia de manufatura aditiva e o termo impressão 3D. Visa demonstrar os marcos da criação e implementação de impressão 3D. Pois se faz necessário para gerar a introdução ao assunto de Impressão 3D.

B. Gerar o entendimento sobre Impressão 3D, conhecimento sobre Materiais para Impressão 3D e tecnologias de Modelagem.

A pesquisa tem como objetivo, esclarecer o entendimento a respeito da manufatura aditiva com foco em impressão 3D, com utilização de materiais de fácil acesso e de grande abundância no mercado atual. Apresentando a tecnologia e métodos de confecção de itens com impressão 3D juntamente com característica de materiais que são utilizados. Porque se faz necessário para o entendimento de funcionamento e tipos de aplicação do processo de impressão 3D.

C. Realizar pesquisa de campo a respeito de aplicações de impressão 3D.

Será demonstrado a pesquisa de campo feita no LDSM (Laboratório de seleção de Materiais) da UFRGS de porto alegre, onde ocorreu um dos estudos de pesquisa que identificou problemas estruturais na estátua símbolo do Rio Grande do Sul localizado no site <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/204575>. Juntamente com a pesquisa de campo feita no laboratório de desenvolvimento e biomedicina do hospital

de clínicas de porto alegre, agregando a capacidade de atendimento hospitalar e cirúrgico. Vemos também a pesquisa de campo relacionada a impressoras 3D industriais com matéria-prima polimérica e metálica, demonstrando a capacidade de aplicação industrial da manufatura aditiva, fornecida pela empresa SKA pertencente a região metropolitana de porto alegre.

Serão demonstradas as aplicações na área da preservação cultural, saúde e indústria. Sendo estas apenas algumas pequenas áreas que já se beneficiam com a aplicação da impressão 3D e tudo que a engloba. Porque com a pesquisa de campo temos embasamento prático/teórico para construção deste trabalho.

D. Demonstrar que a Impressão 3D pode ser um marco no desenvolvimento de novas tecnologias e geração de modelos de estudos didáticos.

Tem como objetivo agregar algumas das aplicações destas tecnologias para um desenvolvimento industrial e tecnológico de pequenas e médias empresas. Estas que muitas vezes não adquirirem a impressão 3d por desconhecimento ou o desentendimento de como esta tecnologia pode impactar positivamente o setor de pesquisas e desenvolvimentos.

A importância do conhecimento desta tecnologia traz a sociedade uma visão diferente de manufatura e também nichos alternativos para a aplicação da mesma. É uma tecnologia que está se tornando muito viável no que se refere a valores e custo benefício. O mercado atualmente se limita com a divulgação de impressoras 3D, talvez, devido à pouca aderência, causada pelo desconhecimento de sua aplicação, de modelos básicos e até modelos mais sofisticados para uma produção mais exigente. Ainda que seja uma tecnologia de prototipagem rápida, não se ajusta bem a produções seriadas devido ao alto tempo de confecção de itens, tendo assim como opção impressoras industriais.

Juntamente com a capacidade de utilizar materiais reciclados como matéria-prima e também a utilização de garrafas pet para confecção de filamentos para produção de novos itens. Porque ainda se trata de uma tecnologia com pouca informação de suas aplicações nas indústrias e na sociedade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será feita a introdução de tecnologia de manufatura aditiva com sua história na visão do pesquisador Hideo Komada. Também será demonstrado de forma simples o funcionamento de impressoras 3D por (MOREIRA, 2016) e (SAMPAIO, 2017), seus processos de modelagem juntamente com seus materiais.

2.1 MANUFATURA ADITIVA

Na indústria temos diversos processos de conformação de materiais. Os mais utilizados como CNC e a fundição, estes modelos de produção tem limitações, como peças complexas que necessitam ferramentas especiais ou moldes complexos com diversos machos e estrutura arrojada como a utilização de fornalha. Mesmo sendo processos antigos, são utilizados até hoje em função de sua eficiência.

Com o avanço tecnológico na indústria nos meados de 1981 o Pesquisador japonês Hideo Komada utilizou como base de sua pesquisa a tecnologia de polímero foto endurecido, onde utilizava softwares cad para geração de arquivos digitais em 3D que foram utilizados em seu experimento, foi realizado neste, testes com uso de cabeçotes de impressoras jato de tinta para conduzir seu primeiro processo de impressão 3D, introduzindo assim marcos para manufatura aditiva a seguir:

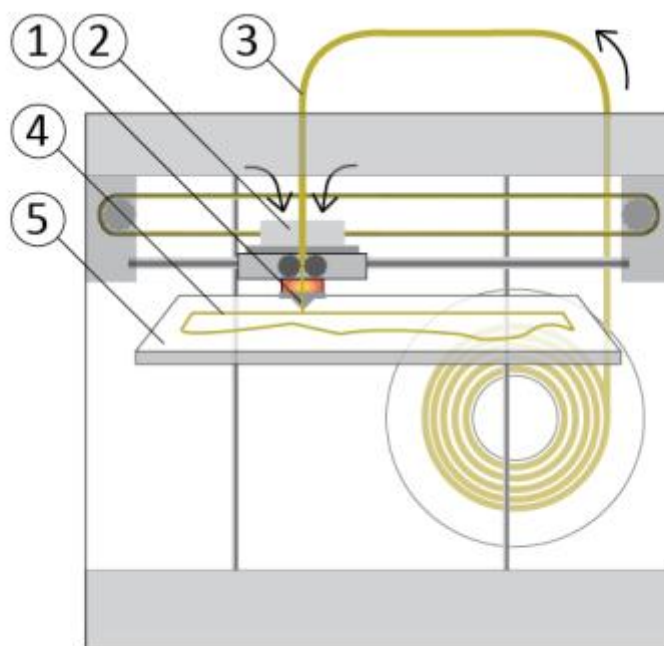
- "1981: As primeiras peças de plástico usando a impressão 3D foram produzidas no Japão.
- 1984: Dois inventores registraram a patente do processo estereolitográfico e, no mesmo ano, Chuck Hull, da 3D Systems, registrou outra patente para uma abordagem um pouco diferente e que é usada até hoje.
- 1988: S. Scott Crump, da Stratasys, inventou um método de extrusão de plástico.
- 1993: o MIT desenvolveu o primeiro leito de pó usando os cabeçotes da impressora jato de tinta. O termo impressão 3D começou a ser usado. Nesse mesmo ano, foi desenvolvida uma técnica ponto sobre ponto.
- 1999: O primeiro órgão produzido em laboratório foi implantado em um ser humano.
- O termo manufatura aditiva começou a ser usado na primeira década dos anos 2000.
- As primeiras máquinas de manufatura aditiva para metalurgia do pó surgiram em 2001."¹

¹ COROMANT, Sandvik. Ferramental, 2020. **Um pouco da história da manufatura aditiva.** Disponível em: <<https://www.revistaFerramental.com.br/artigo/historia-da-manufatura-aditiva/>>, Acesso em: 10 de ago. 2022.

A partir disso nasce o termo impressão 3D. Que é um processo de adição de material por camadas onde temos 2 categorias de impressão que são as mais utilizadas:

A primeira delas é a FDM (Fused Deposition Modeling), que é de um processo, na sua maior parte termoplástico. O processo se dá devido a extrusão do material por um bico aquecido e assim depositado camada por camada até a formação do item desejado. A deposição ocorre juntamente com a movimentação da mesa que se move no eixo Y (para frente e para trás) e o bico que se move no eixo X e no eixo Z. (MOREIRA, 2016)²

Figura 1 – Tecnologia FDM



Legenda: 1) Bico extrusor; 2) Cabeçote de extrusão com movimentos nos eixos x e y; 3) Filamento termoplástico; 4) Filamento extrudado; 5) Mesa com movimento no eixo z.

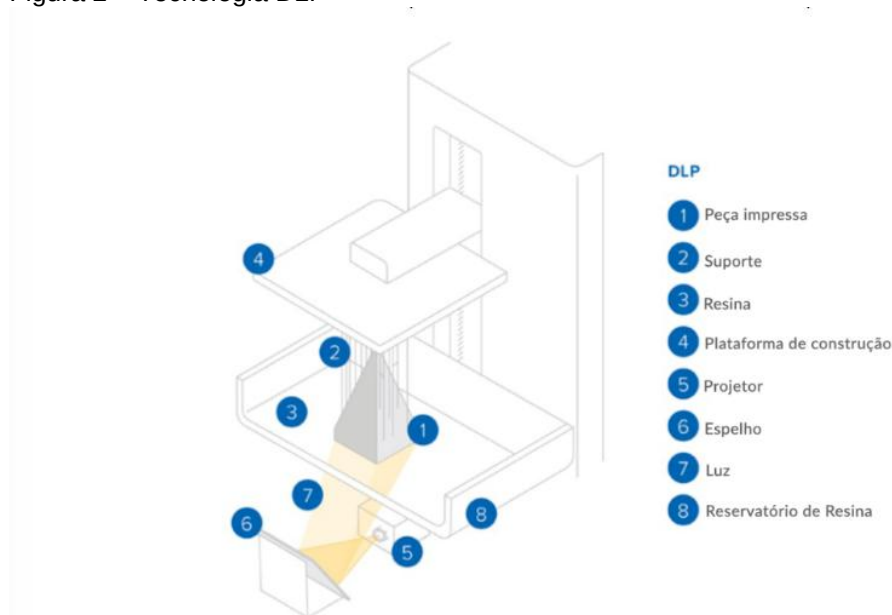
FONTE: Bonfada, Carolina de Freitas (2019)

A segunda categoria é o DLP (Processamento Digital de Luz), já neste método utiliza resina foto reagente, onde temos um sistema de movimentação somente do eixo Z. As camadas são construídas com um flash de luz UV que reage com a camada exposta da resina, no conjunto temos uma vasilha com fundo transparente onde fica o LCD. Este que permite a passagem da luz somente na camada que está se

² NÃO TEM A NOTA

formando. A mesa, ao contrário da impressão de FDM, é posicionada na parte superior da impressora com sua parte aderente voltada para baixo. Tendo também um pós processo com utilização de álcool etílico para retirada de resíduos da resina e exposição a raios UV para término de endurecimento.³

Figura 2 – Tecnologia DLP



FONTE: 3DLab

Dentre outras modalidades de impressão, as citadas são as principais e mais encontradas hoje em dia. Cada modalidade tem utilizações distintas e modos construtivos igualmente complexos. Na sua maior simplicidade, ainda assim se torna uma área onde a informação sobre seu processo tende a ser encontrada na internet, em sua maior quantidade.

Tendo assim uma pesquisa mais direcionada a quem tem interesse nesta aplicação ou curiosidade, mas não vemos grandes divulgações e propagandas a respeito. As aplicações de técnicas de impressão são feitas de modo experimental, devido a grande variedade de filamentos e resinas, assim como a gama de configurações que as impressoras 3D oferecem.

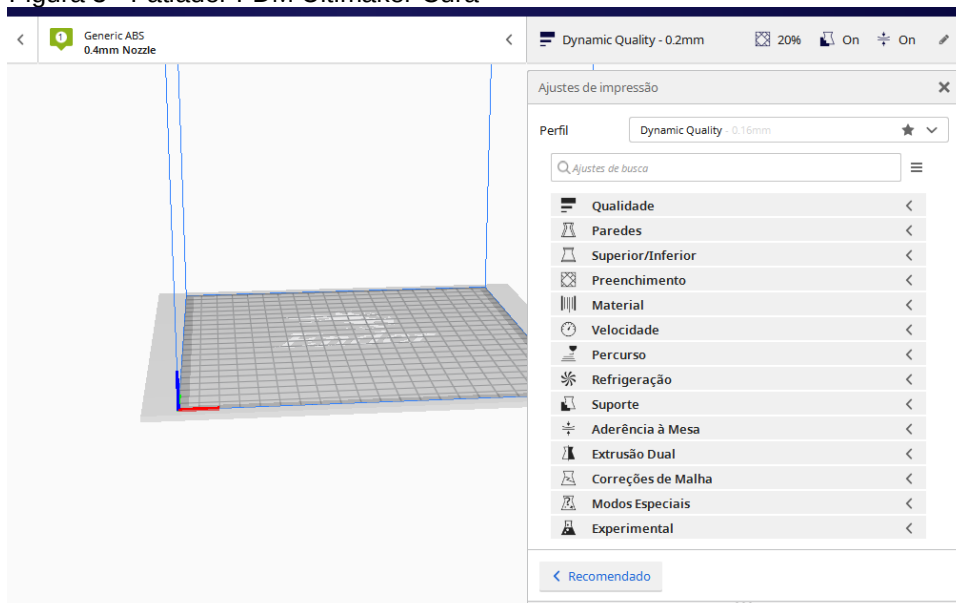
³ (SAMPAIO, 2017).

2.2 FATIADORES

Para aquisição de materiais sólidos, temos a necessidade de programação da impressora 3D. Assim como na confecção de peças no processo de CNC, na impressão 3D também se faz necessário a criação de codificação numérica do tipo G-code, diferente da CNC, as impressoras 3D convencionais não permitem a configuração do G-code no próprio painel. Fazendo-se necessário um software que forneça este código, estes são denominados fatiadores.

Os fatiadores ajudam na configuração e característica do item a ser produzido, tem programações pré-definidas e configurações avançadas. Podendo desta forma controlar avanços, temperaturas e fluxo de extrusão que melhor se encaixa no material utilizado.

Figura 3 - Fatiador FDM Ultimaker Cura



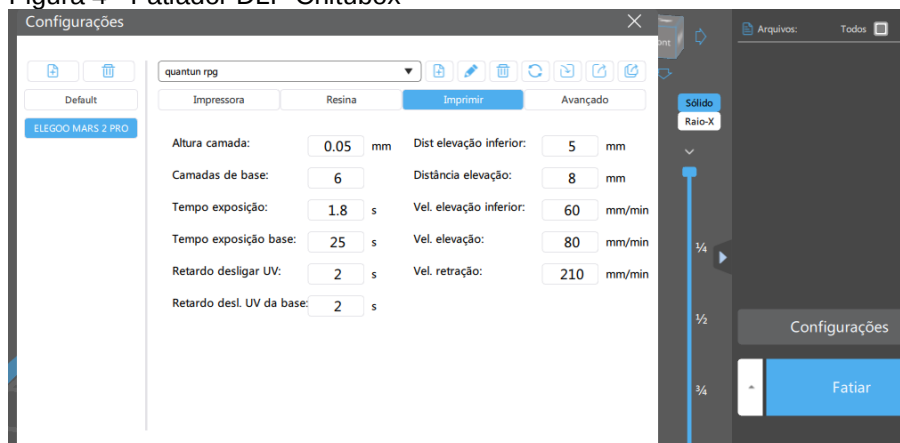
FONTE: Software Ultimaker Cura

Cada modalidade de impressão tem sua especificação de fatiamento, pois como foi supracitado as impressoras DLP tem sua característica distinta e como esperado o fatiamento também é diferenciado.

Os principais pontos de configuração são, exposição de camada inicial e demais camadas à luz UV, qualidade e velocidade de impressão. Estes impactam

diretamente no tempo de produção. Porém esta configuração já vem de fábrica para cada resina e de modo experimental se faz melhorias no tempo de exposição à luz UV.

Figura 4 - Fatiador DLP Chitubox

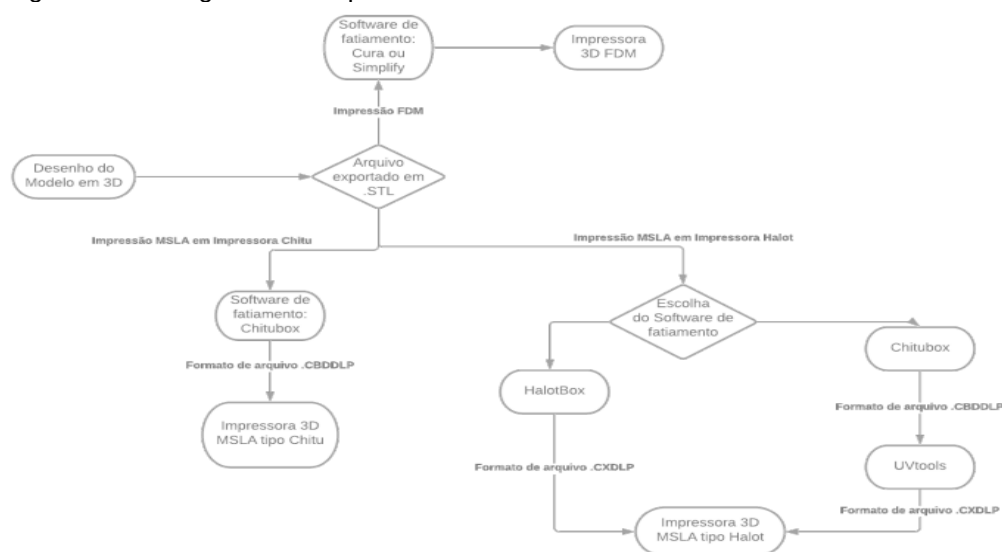


Fonte: Software Chitubox

Entre as diversas impressoras há algumas que utilizam softwares próprios para geração do G-Code, dificultando assim sua configuração. O principal material de apoio a resolução de problemas se encontra na internet, porém quando utilizamos softwares que não são genéricos, a informação reduz consideravelmente.

Os softwares citados são fornecidos de forma gratuita e com possibilidade de compra de licenças específicas, com adição de algumas funções extras. O processo pode ser resumido da seguinte forma como exposto por GODOY (2021):

Figura 5 – Fluxograma de Impressão 3D



FONTE: Godoy

2.3 MATERIAIS PARA IMPRESSÃO 3D

Os materiais utilizados na manufatura aditiva são variados conforme sua aplicação. Demonstram resistências diferentes, onde podemos melhorar conforme o modo construtivo da peça e a configuração do fatiamento. Os materiais utilizados na tecnologia FDM são fornecidos em rolos geralmente de 1Kg, com uma diversidade de cores e em 2 espessuras 1,75 mm e 3 mm sendo que o primeiro é o mais utilizado pela sociedade de impressão 3D. Já as resinas são fornecidas em Kg com uma gama de pigmentação ou translúcidas.⁴

2.3.1 Filamentos

Filamentos são compósitos de materiais diversos, a composição do mesmo varia conforme a sua aplicação e especificidade. Os modelos de filamento mais utilizados são:

PLA: Trata-se de um polímero termoplástico feito de matéria-prima renovável. Pode ser feito a partir de vegetais como milho, mandioca, beterraba e cana-de-açúcar, tornando assim uma saída biodegradável e reciclável. Após sua impressão ele se torna rígido e com pouca elasticidade. Seu acabamento geralmente é utilizado em

⁴ Godoy, Moatan Pedroso. **TG2: avaliação da superfície de peças impressas em 3D com diferentes técnicas de tratamento de aliasing**. 2021. Monografia (Engenharia da Computação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. p. 11.

impressoras com parâmetros capazes de atingir em média 180°C no bico extrusor e 60°C na mesa de impressão.⁵

ABS: Trata-se de um termoplástico que iniciou o uso de impressoras 3D em indústrias. É derivado do petróleo, composto de uma mistura de acrilonitrila, butadieno e estireno, tem resistência térmica mais elevada que PLA e tem uma flexibilidade melhor, deixando o material menos frágil. Necessita uma impressora que alcance em média 220°C no bico extrusor e 100°C na mesa de impressão, também há a necessidade de ser impresso em ambiente com temperatura controlada pois se houver passagem de ar o mesmo retrai gerando empenamento.

PETG: Se trata do polímero utilizado nas garrafas PET com adição de um segundo glicol, que traz vantagens mecânicas elásticas a efeitos de aquecimento. Ele é um dos únicos filamentos que permitem o uso em contato de alimentos. Apresenta alta resistência a fadiga, precisão e durabilidade. Necessita de uma impressora que alcance em média 240°C no bico extrusor e 85° C na mesa de impressão.

Temos suas características técnicas estipuladas pelo fabricante se encontram na figura 6:

⁵ 3DFila. **PLA: Tudo o que você precisa saber sobre esse Filamento**. 2020. Disponível: <<https://3dfila.com.br/blog/pla-tudo-sobre-o-filamento-pla/>>. Acesso em: 22 de ago. 2022.

Figura 6 - Ficha Técnica de Materiais do fornecedor 3Dfila

Resumo de Fichas Técnicas de Matérias Primas 3D Fila						
Propriedades	PLA Basic	PLA EasyFill	ABS Premium+	PETGXT	Tritan HT	Flexível
Densidade	1,24 [g/cm3]	1,25 [g/cm3]	1,06 [g/cm3]	1,27 [g/cm3]	1,19 [g/cm3]	1,25 [g/cm3]
Temperatura de fusão	190[°C]	185[°C]	220[°C]	240[°C]	280[°C]	230[°C]
Resistencia a Flexão	130[Mpa]	115[Mpa]	67[Mpa]	73[Mpa]	62[Mpa]	
Módulo de Elasticidade	4350[Mpa]	3830[Mpa]	2300[Mpa]	2100[Mpa]	1550[Mpa]	110[Mpa]
Tg	60[°C]	58[°C]	100[°C]	85[°C]	98[°C]	
Resultado de ensaio de Tração-ASTM D 638- Corpo de prova impresso 3D						
Alongamento	3,70[%]	5,45[%]	7,50[%]	7,74[%]	6[%]	666[%]
Módulo de Elasticidade	1848,5[Mpa]	1697,8[Mpa]	1322,70[Mpa]	1102,7[Mpa]	1317,5[Mpa]	110[Mpa]
Tensão de Escoamento	24,8[Mpa]	22,6[Mpa]	14,8[Mpa]	18,9[Mpa]	27,3[Mpa]	
Tensão de Ruptura	46[Mpa]	42[Mpa]	31[Mpa]	33,8[Mpa]	37,6[Mpa]	
Resultado de ensaio de Dureza-ASTM D 2240- Corpo de prova impresso 3D						
Dureza Shore	85[Shore D]	80[Shore D]	104[Shore D]	105[Shore D]	113[Shore D]	55[Shore D]
Resultado de ensaio de HTD-ISO 75- Corpo de prova impresso 3D						
Temperatura HDT	56,20[°C]	56,20[°C]	94,20[°C]	72,4[°C]	89,1[°C]	

FONTE: 3DFila

2.3.2 Resinas 3D

Resinas 3D são misturas químicas em formato líquido com capacidade de endurecimento ao receber raios UV para formação de sólido. Dentre elas temos alguns modelos como fornecidos pela empresa 3Dlab:⁶

Resinas Básicas: Servem para projetos em geral, apresentam alta qualidade de acabamento e são facilmente lixadas e pintadas. Apresentam resistências mecânicas variadas assim como a dilatação.

Resinas Flexíveis: São resinas com resistência elástica boa, e qualidade de impressão muito boa ideal para itens que não tenham muitos ciclos repetitivos pois dependendo do modo construtivo fadiga muito rapidamente.

Resinas Translúcidas: São resinas incolores que possibilitam a mistura de pigmentação para alcançar a cor desejada. As resistências e a qualidade de impressão variam de acordo com a marca.

⁶ (<https://3dlab.com.br/como-escolher-resina-para-impressao-3d/>; Visitado:14/11/2022)

Resinas Biocompatíveis: São resinas especiais que ao serem polimerizadas adquirem características não toxicidade ao corpo humano. Permitindo assim ser confeccionados itens que podem ter longa exposição ao corpo humano de forma interna e externa.

2.4 AQUISIÇÃO DE PROJETOS PARA IMPRESSÃO 3D

A impressão 3D nos possibilita a manufatura de peças complexas e com diversos acabamentos com uma gama de materiais. Estas impressões 3D têm a necessidade da criação de um arquivo para ser fatiado e impresso. Para criação destes arquivos temos alguns tipos de modelagens e dimensionamentos. As que mais se destacam são as modelagens orgânicas, modelagens mecânicas e digitalização 3D. Cujo objetivo é dar forma digitalmente para o objeto, peça ou item que deseja ser impresso.

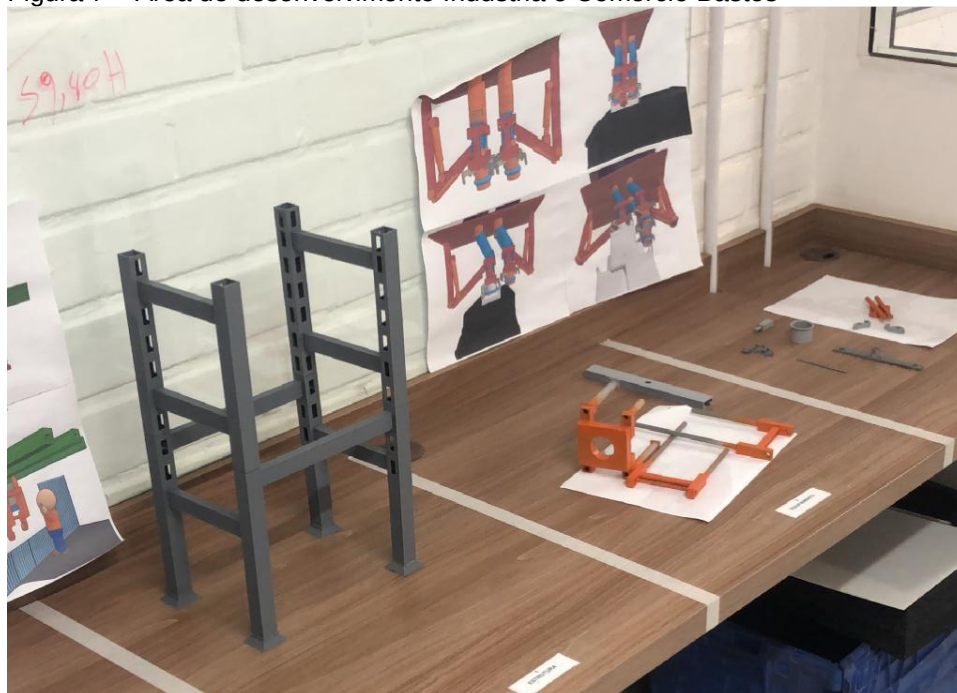
A importância deste passo é muito grande, pois irá definir detalhes e especificações do objeto, um mau dimensionamento pode causar muitas falhas na hora da impressão. Alguns itens geram a necessidade de fracionamento, ao modelar deve ser pensado o modo de impressão ou os esforços que objeto vai ter que resistir, pois o modo construtivo conta muito para sua durabilidade.

2.4.1 Modelagem Mecânica

As modelagens destes arquivos podem ser feitas via software CAD/CAM para uma modelagem mais estruturada. A modelagem mecânica é aquela que possibilita o desenvolvimento de peças que fazem parte de estruturas, mecanismos ou peças de conjuntos montados. Onde se tem transferências de força ou encaixes justos e com necessidade de dimensionamento com cotas regulares para conformação com outros conjuntos de peças.

Podendo ser aplicada para estudos dimensionais em escalas menores para determinação de componentes e mecanismos, definição de vãos e patamares de estruturas metálicas como demonstrado na imagem do setor de protótipos da Indústria e Comércios Bastos.

Figura 7 – Área de desenvolvimento Indústria e Comercio Bastos

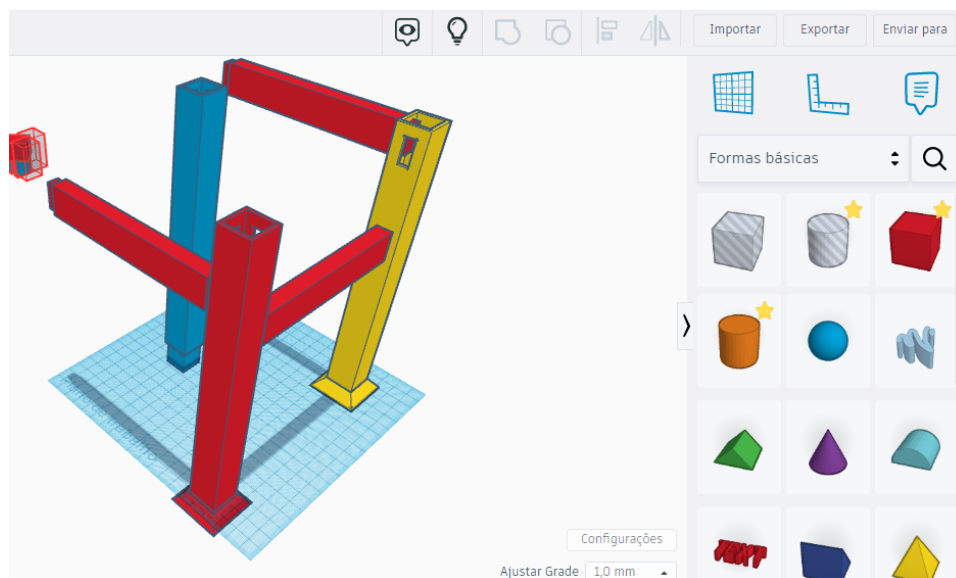


FONTE: Arquivo pessoal.

Temos vários softwares que utilizam a modelagem mecânica em diversos nichos do mercado, como Solidworks, Inventor e Autocad, porém muitos destes são softwares com licenças estudantis com duração limitada. Tendo a possibilidade de aquisição de licenças permanentes, porém seus valores são altos. Temos como opção o Tinkercad que pode ser usado de forma fácil, gratuita e online.

Este aplicativo contém formas geométricas já pré-definidas, somente necessitando de dimensionamento e organização, como demonstrado na imagem abaixo.

Figura 8 – Projeto de estrutura para protótipo da Industria e Comercio Bastos



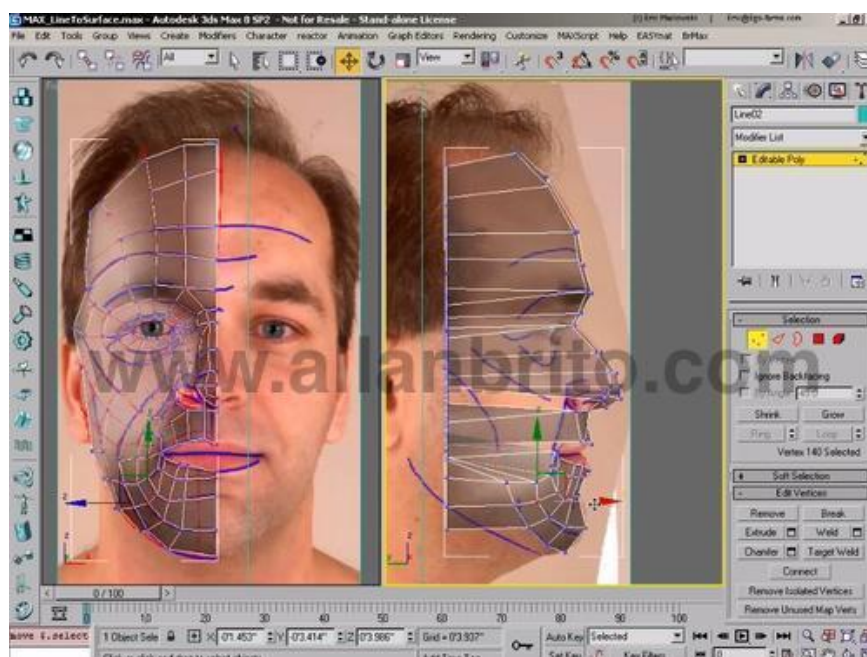
FONTE: Autor, Software online Tinkercad

2.4.2 Modelagem Orgânica

Assim como temos a necessidade de dimensionamento na modelagem mecânica, o diferencial deste tipo de modelagem é o adimensionamento dos objetos confeccionados com esta técnica. Tem a proposta mais voltada para o designer e também para o trabalho com superfícies de projetos.

Geralmente utilizada para desenhar personagens ou objetos com texturas e de aparência complexa, com grande utilização nas animações tridimensionais e nos games em geral. Demonstram características mais peculiares e a necessidade de conhecimentos atrelados às formas humanas e seu design construtivo, como musculatura e proporcionalidade de partes do corpo humano. Temos um modelo de início de modelagem orgânica no software 3Ds Max na Figura 9.

Figura 9 – Formação de pontos para Modelagem Orgânica



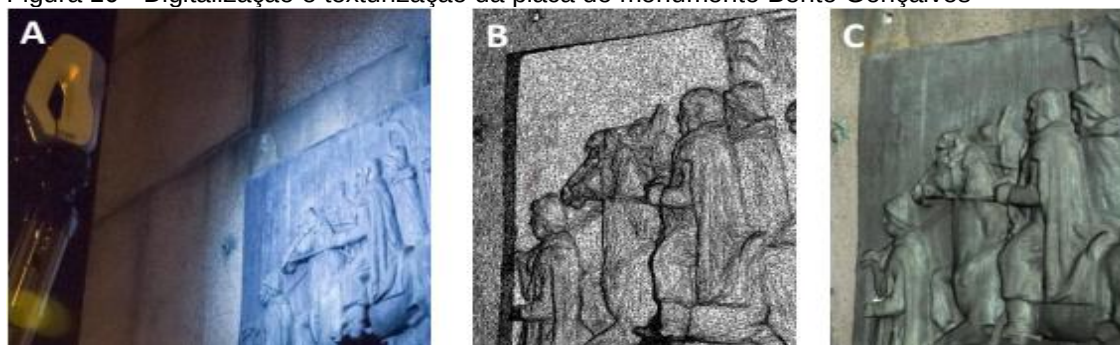
FONTE: Allan Brito

2.4.3 Modelagem por aquisição de imagem

Os métodos que foram vistos até o momento necessitam de modelagem e de inspiração para serem concebidos com ajuda de softwares e parâmetros específicos. Mas a modelagem não se limita a criar objetos, mas também a utilizarmos objetos que já existem.

Há grande aplicação para tecnologias de aquisição de imagens tridimensionais em todas as áreas, biomedicina, engenharia e design, onde temos a necessidade de fazer estudos digitais ou físicos utilizando objetos sólidos e complexos, porém com característica exploratória e experimental.

Figura 10 - Digitalização e texturização da placa do monumento Bento Gonçalves



FONTE: Equipe LdSM 2016

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

No desenvolvimento deste capítulo serão desenvolvidas as metodologias aplicadas para geração do conhecimento exposto.

Como demonstrado no e embasado teoricamente no item 2.1, a criação da manufatura aditiva vem ganhando espaço na indústria e na sociedade. Com o início deste processo de manufatura adquirimos o termo impressão 3D e toda sua tecnologia que não para de evoluir e nos impressionar.

3.1 IMPRESSÃO 3D E TECNOLOGIAS DE MODELAGEM

Como identificamos no desenvolvimento deste trabalho, a impressão 3D é um processo de deposição de materiais de camada sobre camada, com outros processos envolvidos. A aquisição de informações para fundamentação sobre impressão 3D, veio do entendimento de usuários e de pesquisas de campo feitas a fornecedores. Usuários estes que utilizam o processo e adquiriram a experiência com pesquisas feitas em grupos voltados à impressão 3D. Em contato com um fornecedor de filamentos da empresa DGTEK e algumas empresas de fornecimento de resina como a empresa 3Dlab, foram gerados os dados informados sobre os mesmo no capítulo 2.

Pesquisas que resultaram em contatos com modeladores para impressão 3D cujo mesmos auxiliaram na aquisição de informações sobre os tipos de modelamento praticados pelo mercado de impressão 3D.

3.2 PESQUISA DE CAMPO

Como auxílio para desenvolvimento do trabalho, foram adquiridas abordagem de pesquisa em instituições que utilizam a mesma de maneiras distintas.

3.2.1 Pesquisa no Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Inicialmente foi feito contato via email com hospital de clínicas, solicitando

informações sobre aplicação de impressão 3D no mesmo, encaminharam esta solicitação para o setor de pesquisa e pós-graduação em Biomedicina. Onde o Engenheiro André forneceu algumas informações via telefonema, sendo elas a respeito de utilização de tomografias para impressão de arquivos 3D para estudo. Em torno de uma hora de ligação, foi solicitado a visita para o entendimento de todo o processo e auxílio na criação deste trabalho, que prontamente foi atendido e agendado.

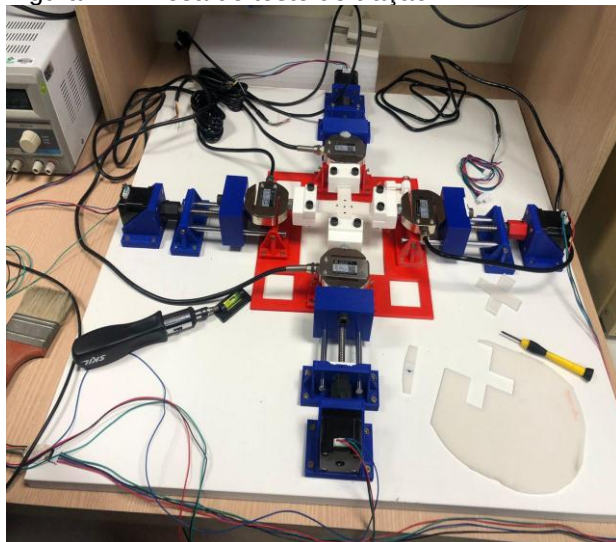
Ao iniciarmos a pesquisa de campo foi apresentado os equipamentos que o laboratório utiliza. Sendo eles, uma impressora de filamentos que pode ser utilizada como CNC, 01 (uma) impressora de resina biocompatível e 01 (uma) impressora de resina comum, apresentadas na Figura 11, juntamente com uma mesa de testes de esforços apresentada na Figura 12.

Figura 11 - Impressoras 3D de resina



FONTE: Arquivo pessoal

Figura 12 - Mesa de teste de tração.



FONTE: Arquivo pessoal

Foi então questionado o modelo de aquisição de imagens para criação dos arquivos para impressão, que foram desenvolvidos neste trabalho.

3.2.2 Pesquisa no Laboratório de design de Materiais da UFRGS

Com ajuda do orientador Prof Rosalvo Mirando, foi possibilitada a visitação ao Laboratório de design de materiais da UFRGS. Onde a pesquisa foi guiada pelo Dr Eng Wilson, que iniciou sua introdução se referenciando a diversos trabalhos e pesquisas que o laboratório faz. Algumas utilizando impressão 3D com aderência a

materiais diferentes como o tecido, demonstrou máquinas extrusoras que foram resultantes de testes de mestrado e alguns equipamentos CNC's. Foi demonstrado pesquisas de digitalização de objetos e espaços, onde foi apresentado, com utilização de softwares, uma sala inteiramente digitalizada para criação de ambiente 3D. Foi questionado a utilização de impressoras 3D, então foi colocado que a utilização da mesma era agregada à aquisição de imagens para conservação de patrimônio cultural, que será apresentado durante o trabalho.

3.2.3 Pesquisa na empresa de tecnologia SKA

A pesquisa foi iniciada com contato telefônico, que foi prontamente atendido e agendada a visita. A SKA é uma empresa de tecnologia que fornece soluções digitais e tecnológicas para indústria, juntamente com impressoras 3D industriais. Na impossibilidade do gestor da área de impressoras, a visita foi guiada pela gerente comercial Franciele Pume, que apresentou os itens que são impressos pelas impressoras fornecidas. Foi conversado a respeito da utilização das impressoras e suas aplicações. Foram feitos questionamentos a respeito de mercado de impressão 3D e qual seria a visão da empresa e do setor comercial para o futuro, que foram desenvolvidos durante os resultados.

3.2.4 Pesquisa com hobbystas de Impressoras 3D

Trata-se de uma pesquisa direta, buscando informações e experiências atreladas ao assunto. Onde foi feito, de modo experimental pelo autor, uma prótese de antebraço, apresentada na Figura 13, para pessoas com amputação. Pois foi pesquisado ONGS que fazem estes serviços sociais e confecção das mesmas, porém não foram respondidos e-mails. Então foi fabricada uma prótese parcial encontrada em grupos de impressão 3D, com intuito de estipular a viabilidade de aplicação no sistema de saúde e fornecimento para pessoas carentes. Estes dados foram utilizados durante o desenvolvimento do trabalho.

Figura 13 - Prótese parcial confeccionada em 3D



FONTE: Arquivo pessoal

3.3 IMPRESSÃO 3D COMO MARCO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS E GERAÇÃO DE MODELOS DE ESTUDOS DIDÁTICOS

Com as diversas pesquisas de campo realizadas, os guias foram questionados a respeito do futuro da aplicação de impressoras 3D e novos horizontes para a distribuição da tecnologia. Também foram questionados os fornecedores a respeito dos benefícios do reuso do material descartado e como poderíamos utilizar materiais que temos em abundância para produção de filamento caseiro.

Sobre o segundo assunto foram indicados links de projetos caseiros para auxiliar na pesquisa e ambos estão desenvolvidos no resultado.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

No desenvolvimento deste capítulo serão abordados os resultados adquiridos durante o desenvolvimento do trabalho e as pesquisas de campo realizadas em locais que utilizam a tecnologia de impressão 3D. Demonstrando aplicações em diversas áreas da sociedade e os benefícios adquiridos por adotar essa tecnologia, assim como benefício ao meio ambiente.

4.1 DIGITALIZAÇÃO E IMPRESSÃO NA CONSERVAÇÃO DE PATRIMÔNIO CULTURAL

A pesquisa de campo feita no LdSM (Laboratório de design e Seleção de Materiais) da UFRGS foi guiada pelo Prof. Dr em Eng. Wilson Kindle Jr em 1 de Setembro de 2022. Onde foi demonstrado o laboratório e alguns projetos em desenvolvimento. Entre eles um grande estudo na área de preservação de patrimônio cultural da região de Porto Alegre, feito pela equipe de Pesquisa do laboratório de design e seleção de materiais da UFRGS em 2018. O estudo se trata de um dissertação de mestrado com título de: Digitalização 3D de peças em bronze do patrimônio cultural de Porto Alegre para confecção de réplicas em caso de desaparecimento.

Esta pesquisa demonstra a capacidade e aplicação da digitalização de peças únicas que podem ser futuramente replicadas se necessário. Como a estátua do Laçador do artista Antônio Caringi, que foi oficialmente nomeado o símbolo da cidade de Porto Alegre em 1992 pela lei complementar nº279, e se tornando o símbolo do Rio Grande do Sul pela lei nº12.992.

Conforme descrito pelo Prof. Wilson, a digitalização do laçador feita pelo LdSM resultou no encontro de uma rachadura no tornozelo direito do monumento. Rachadura resultante da má distribuição do peso, pois quase toda sua estrutura se apoiava neste pé. Como resultado desta pesquisa resultou no auxílio de sua restauração. Durante a visita também foi demonstrado outros objetos produzidos em resina epox com processo de envase feitos em moldes impressos em 3D.

No dia da pesquisa estava sendo produzido o laçador em escala 1:20 para demonstração da aplicação da digitalização e captação de detalhes. Outras aplicações feitas e descritas pelo Prof. Wilson, foram as digitalizações de ambientes completos, com grande captação de detalhes, podendo assim ser futuramente impresso ou adotado para um conceito inicial de ambiente virtual.

4.2 DIGITALIZAÇÃO E IMPRESSÃO NO ESTUDO E APLICAÇÃO DA MEDICINA

Durante a pesquisa de campo feita pelo grupo de pesquisa e pós graduação de engenharia biomédica guiada pelo Eng. Elétrico André Muller em 15 de agosto de 2022, foi apresentado a aplicação de aquisição de imagem e também de impressão 3D trabalhando para o avanço de pesquisa e desenvolvimento de novos médicos, foi relatado pelo mesmo o avanço do setor após a implementação da tecnologia 3D. O Eng. André, entre diversos processos, detalhou o estudo de caso de acidentes com necessidade de reconstrução de estruturas ósseas e enxertos:

“1º Passo: Aquisição de tomografia do paciente acidentado ou que tenha necessidade de uma cirurgia de alta complexidade; 2º Passo: Manuseio do arquivo de imagem adquirido na tomografia para que possa ser transformado em extensão STL ou OBJ que possa ser utilizado em fatiadores; 3º Passo: Fabricação da peça em resina rígida; 4º Passo: Estudo de caso pela equipe cirúrgica, identificando riscos e prevendo situações pré operação. Muller (comunicação pessoal, 15 de agosto de 2022)”

Como explicado pelo Eng. Muller são necessários alguns passos para aquisição do arquivo que possibilita a impressão 3D, os resultados destes objetos geram grandes impactos para o desenvolvimento de técnicas de aprendizagem e estudos de casos mais complexos.

A utilização da tecnologia de tomografia nos permite pegar um caso específico como por exemplo, acidente de motocicleta com geração de fraturas e necessidade de reconstrução de partes ósseas como no maxilar. Com auxílio da tomografia, pode ser gerado um arquivo de impressão 3D. Que ao ser impresso em 3D auxilia a equipe médica a iniciar um estudo de reconstrução e abordagem da situação utilizando o mesmo.

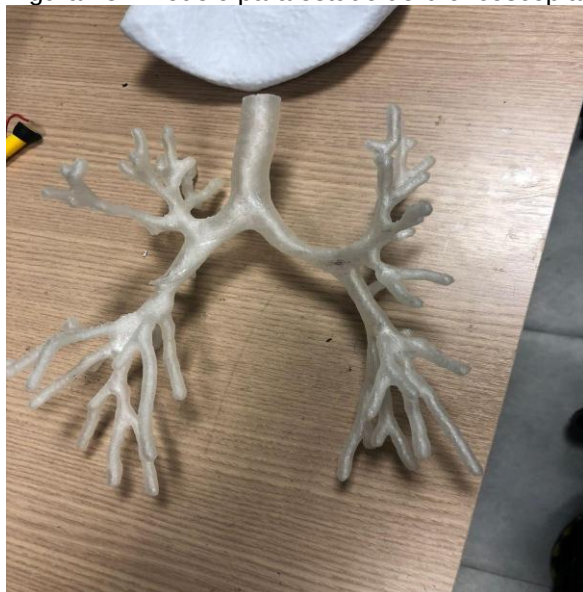
Figura 14 - Impressão 3D em resina de parte do crânio infantil para análise de caso



FONTE: Autor em visita ao Grupo de pesquisa e pós-graduação hospital de clínicas

Outra aplicação demonstrada seria a utilização de impressões 3D para estudo da medicina e procedimentos como broncoscopia, como modelo demonstrado na Figura 15 a seguir;

Figura 15 - Modelo para estudo de broncoscopia



FONTE: Autor; Visita ao Grupo de pesquisa e pós graduação hospital de clínicas

O modelo demonstrado serve para estudantes de medicina ou médicos, que possibilita a prática de movimentação da câmera de broncoscopia, permitindo uma maior habilidade no uso do instrumento e permitindo um exame mais assertivo e sem desconforto ao paciente.

“Com estes processos e esta capacidade de reproduzir situações reais em casos experimentais e de análise pré operatória temos um ganho gigantesco em tempo operatório, pois o médico já inicia operação sabendo qual surpresas pode ter durante o procedimento e com um plano de ação estruturado para a realização da operação, com objetivo de redução de tempo de anestesia e com menor tempo de recuperação do paciente, a tecnologia e o avanço dela também nos permite fabricar itens que podem ter contato interno com pacientes com utilização de material biocompatível, e com fornecimento de baixo custo para pessoas carentes.” Muller (comunicação pessoal, 15 de agosto de 2022).

Como vemos, a tecnologia de digitalização e de impressão 3D demonstra sua capacidade muito ampliada com esta utilização combinada, pois a modelagem geralmente é mais demorada. A digitalização agiliza este processo, assim como a impressão 3D agiliza o processo de fabricação. Pois teríamos que utilizar outras ferramentas como moldes para sistemas injetados ou até moldes de areia para fundição.

Temos alguns modelos de estudo que verificam a possibilidade de impressão de órgãos humanos com utilização de tecidos vivos, e que por causa da COVID 19 foram reduzidos. Estes tendem a reduzir drasticamente as filas de cirurgia de órgãos, que hoje no Brasil são imensas. Este processo tornará viável diversos órgãos a um custo relativamente baixo e até uma possível aplicação ao serviço público para auxílio de pessoas carentes.

Temos como modelo destas aplicações as próteses parciais, que já são confeccionadas em diversas ONGS e em alguns hospitais. São itens de fácil confecção e baixo custo, que podem modificar a vida das pessoas e trazer de volta muitos movimentos outrora perdidos. MONTINI (2021)

Figura 16 - Impressão de órgãos para estudos acadêmicos



FONTE: Montini(2021).

Figura 17 - Prótese produzida em impressão 3D



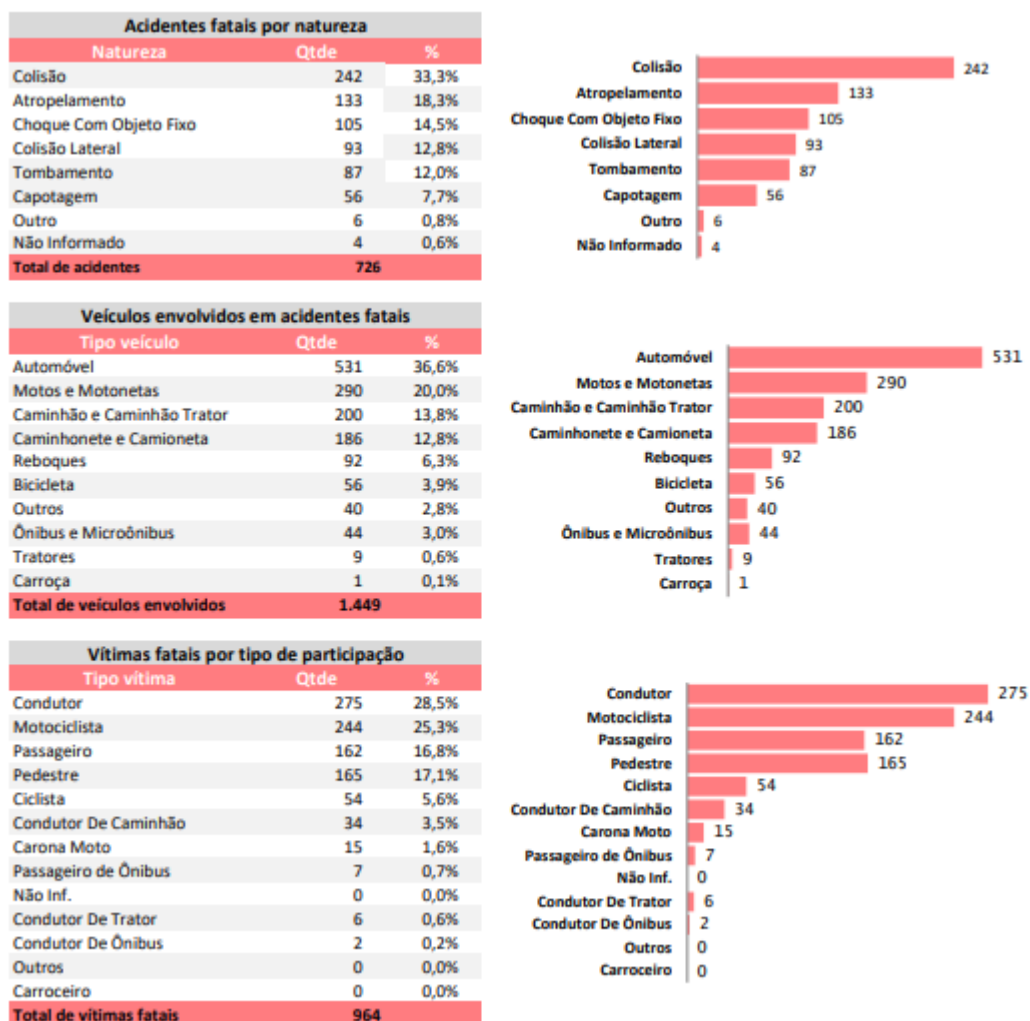
FONTE: RPC Curitiba (2019).

A medicina visa a aplicação da impressão 3D como grande auxílio à comunidade, um futuro muito promissor e acessível como citado pela Prof. Alessandra Montini do FEA-USP e diretora do LabData:

“Outro ponto que deve ser celebrado é a economia em um procedimento com o uso de impressora 3D. A revista Forbes revela que, até o fim de 2021, a tecnologia tridimensional deve valer pelo menos US\$ 1,3 bilhões. Além disso, ressalta que um transplante normal de rim, por exemplo, custa em média US\$ 330 mil, de acordo com a Fundação Nacional para Transplantes norte-americana. Entretanto, existem startups, como a BioBots, que comercializam “impressoras 3D biológicas” por apenas US\$ 10 mil. Tudo isso mostra que logo poderemos ver os valores de vários procedimentos terem uma queda, o que é algo muito positivo.”

Juntamente podemos prever um auxílio para hospitais e prestadores de serviço de saúde. Como constatado pelo Detran RS, temos uma grande quantidade de acidentes fatais até julho deste ano (2022), a estatística a seguir acusa somente acidentes fatais:

Figura 18 – Estatística de acidentes fatais no Rio Grande do Sul em 2022 até o mês de Julho.



FONTE:Detran/RS;

Com estes dados já podemos considerar um número relevante para casos de atropelamentos e acidentes de motocicleta. Que geralmente são ocorrências que geram diversas luxações e amputações, que o próprio hospital poderia ajudar com próteses parciais ou temporárias. A aplicação da impressão 3D nestes casos representaria grande benefício aos pacientes e um baixo custo de investimento às instituições.

4.3 IMPRESSÃO 3D PARA INDÚSTRIA 4.0

Como já demonstrado, a tecnologia 3D com uso de filamentos termoplásticos tem uma grande gama de aplicações. Este processo tem limitações de resistências térmicas e mecânicas, que tornam suas características com pouca aplicação na

indústria metal mecânica. Porém temos no mercado, equipamentos embasados nas impressoras FDM que utilizam elementos mistos de metal e polímero e até mesmo com utilização de pó metálico em sua impressão.

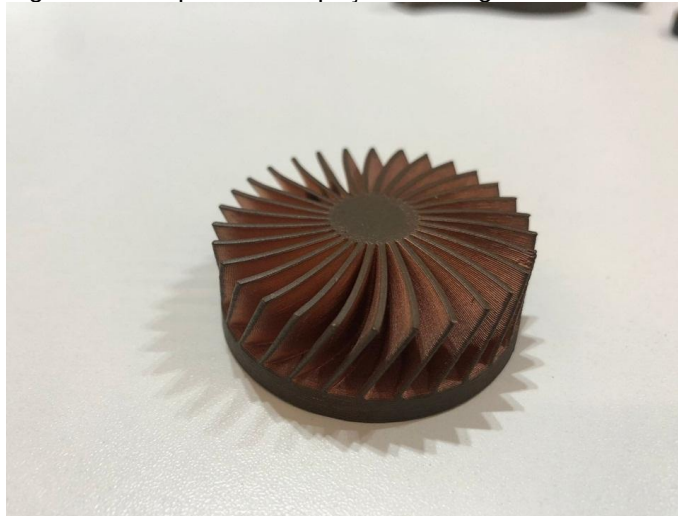
Foi realizada uma pesquisa de campo na empresa de tecnologia SKA, localizada em São Leopoldo, região metropolitana de Porto Alegre. Na qual foi guiada pela Gerente Comercial Franciele Pume, onde houve demonstração de peças feitas pelo processo de manufatura aditiva com carga metálica de diversos modelos, podendo ser completamente de metal:

Figura 19 – Impressão com filamentos com carga metálica e com tratamento térmico



FONTE: Autor; Visita à SKA, 10/8/2022.

Figura 20 – Impressão de peça com carga metálica e sem tratamento térmico



FONTE: Autor; (SKA, 10/8/2022)

Foi demonstrado também peças mistas, polímero/metal, onde grande parte da peça é confeccionada em polímero mas estruturalmente reforçada com carga metálica (onde podemos perceber a linha metálica de cor cobre em torno do acessório):

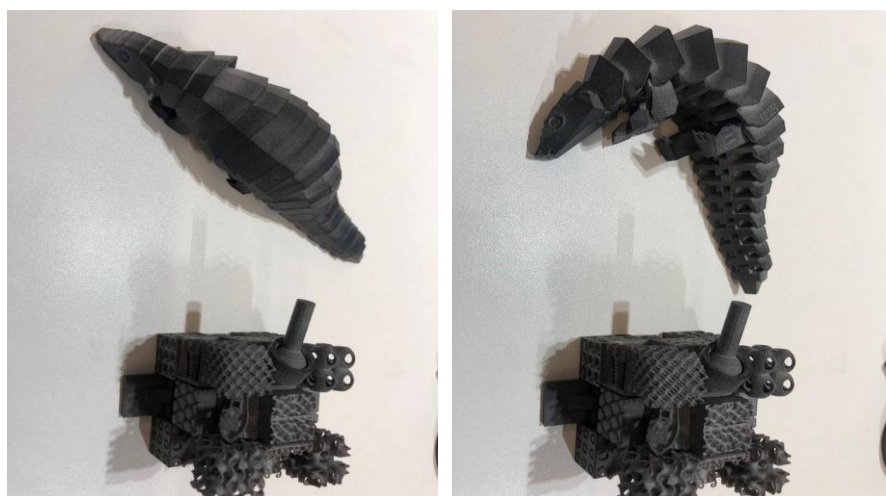
Figura 21 – Impressão de peça polimérica com reforço metálico



FONTE: Autor (SKA, 10/8/2022)

Outro fator interessante é a possibilidade de confecção de peças complexas, assim como na tecnologia termoplástica, também atinge resultados satisfatórios na confecção de peças interligadas e flexíveis:

Figura 22 – Peça com construção complexa e com conexões internas



FONTE:Autor; SKA, 10/8/2022

Peças que demonstram a alta capacidade e resolução do equipamento, porém o processo não se trata de somente a impressão de fato. Há também um processo de limpeza e sinterização, pois o filamento é composto de metal com adição de polímero aglutinante e necessita de uma limpeza e um período de exposição a temperatura de 400°C a 500°C. A utilização destas temperaturas serve para que seu aglutinante derreta, tapando assim os poros e micro lacunas do processo de impressão. Gerando assim uma aparência homogênea e resistência mecânica equivalente a fundição. (comunicação pessoal, 10/8/2022)

Juntamente com a impressora de filamentos com carga metálica, a SKA também fornece impressoras de polímeros que entrega peças com características idênticas às peças injetadas. É um processo com aproveitamento de sobras e com reuso de materiais descartados, o que se trata de um grande ganho para o meio ambiente e também para o melhor aproveitamento de matéria-prima. Segue alguns modelos impressos por estas impressoras:

Figura 23 – Peças impressas com polímeros em flocos e com aparência injetada



FONTE: Autor (SKA, 10/8/2022)

Os itens impressos nesses processos apresentam características robustas e com grande gama de aplicação como acabamentos automotivos, peças industriais e até mesmo peças acabadas para uso final idêntica a injetadas, segundo a Gerente Comercial Franciele. A empresa SKA atende poucas empresas que utilizam a tecnologia aditiva por enquanto, mas conforme informações de mercado que a Gerente Franciele indagou durante a pesquisa de campo, ela afirma que:

“Esta tecnologia veio para agregar muito o ramo da indústria dentre diversos outros, pois ela é a abertura das portas para a próxima revolução industrial com a tecnologia hoje em dia já podemos controlar as impressoras de modo remoto e com a mesma precisão que fosse operada presencialmente, nos permitindo criar um item em muito pouco tempo e fornecer um suporte diferenciado, juntamente com sistemas exclusivos e personalizados para cada setor conforme sua necessidade e podemos considerar que será uma tecnologia muito expansiva no que se trata de indústria 4.0, trará muitos benefícios ao longo de sua implementação, porém as pequenas e algumas médias indústrias ainda não voltaram seus olhos para esta tecnologia, mas certamente nos próximos 5 anos haverá uma grande demanda de impressoras 3D e novas possibilidades serão abertas para ramos e nichos que até então não foram explorados.” (comunicação pessoal; 10/8/2022).

Por se tratar de uma pessoa inserida na visão comercial ela retrata a grande expansão esperada pelo ramo de impressoras 3D. Devido a pouca aderência do mercado e o desconhecimento. Ainda estamos carentes de exploração da tecnologia em muitas empresas, mas em breve veremos o potencial da manufatura aditiva na substituição da manufatura convencional em sua grande parte.

4.4 IMPRESSÃO 3D PARA UMA SOCIEDADE CONECTADA

A impressão 3D tem uma grande importância na evolução da tecnologia. Apesar de ser uma grande ferramenta de início de implementação industrial para atualização para indústria 4.0, tem maior aplicação como Hobby e pequenos negócios voltados a venda e comércio de itens impressos em 3D. Um modelo deste nicho é o usuário do instagram Dh_impressão_3D, que tem como foco encomendas que não são encontradas no mercado e itens personalizados conforme a necessidade e aplicação.

Figura 24 – Suporte de Headset Personalizado



FONTE: Instagram DH_IMPRESSÃO_3D

A empresa é dedicada a itens únicos e personalizados, não somente trabalhando com projetos pequenos. Podemos identificar alguns itens grandes confeccionados em fragmentos assim como uma réplica de um machado que mede em torno de 1 metro de comprimento e 30 cm de largura demonstrado na Figura 25. Em contato com o usuário do perfil, o mesmo relatou que há muita demanda para o

setor de entretenimento como games e action figures, que se trata de personagens em miniatura como o modelo da Figura 26.

Figura 25 – Machado do jogo God of War Tamanho Real



FONTE: Instagram DH_IMPRESSÃO_3D

Figura 26 – Action figure



FONTE:Instagram DH_IMPRESSÃO_3D

O usuário informou também que ocorre algumas solicitações de empresas que têm a necessidade de experimentar itens piloto para determinar dimensionais e características de design do produto. Por exemplo, um modelo de capa para filtro de água quente que está em fase de protótipo, como demonstrado do modelo da Figura

24 registrado em uma pesquisa de campo realizada na residência do usuário DH_Impressão_3D na região metropolitana de Porto alegre, onde o mesmo faz as produções de seus itens.

Figura 27 – Protótipo de suporte de filtro para água quente



FONTE: Arquivo pessoal

Temos como modelo de hobbista e inicialmente de fornecimento de tal serviço, como uma segunda tarefa, já que o mesmo permanece com emprego e horário fixo, dispondo de horários vagos para produção de seus trabalhos com impressão 3D. O usuário também informou que atualmente atualizou seu equipamento com kit de acesso remoto para impressoras 3D, cujo objetivo é acessar e controlar a impressão 3D remotamente.

O software Creality Cloud tem um fatiador em sua composição, permitindo fatiar e mandar diretamente para impressora 3D produzir. O mesmo gera imagens ao vivo da impressão 3D, oportunizando um controle do processo em tempo real de qualquer localização. Caso haja erro durante a impressão é permitido parar o processo e com alguns comandos expulsar a peça da mesma para voltar a imprimir outro item. São comandos que se utilizados com a mesa de impressão quente podem ocasionar danos ao equipamento pois a aderência pode impedir a retirada da peça da mesa de impressão.

Como podemos perceber a tecnologia 3D vem invadindo a sociedade e como o usuário do Instagram há muitos outros. Há muitas comunidades em redes sociais, que são utilizadas para troca de informações e auxílio na resolução de problemas.

4.5 RECICLAR PARA CRIAR

Filamentos são termoplásticos que possibilitam ser reprocessados. Conforme dados fornecidos pela Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas (ABIR) no ano de 2021 foram produzidas 12.695.927 garrafas pet de refrigerantes. Muitas acabam tendo seu descarte indevido e impactando assim negativamente no meio ambiente. Como visto no artigo da empresa Pensando no Verde em 16 de outubro de 2016 a respeito do impacto do descarte irregular da garrafa pet :

“Quando chega nos oceanos, a garrafa PET demora mais de 400 anos para se decompor. Durante esse processo, ela se transforma em microplásticos, que muitos animais marinhos confundem com pequenos pedaços de comida. Este material pode ser altamente tóxico para diversas espécies, sendo responsável pela morte de diversos animais e pela consequente redução da biodiversidade nos oceanos. (...)” Os componentes que constituem uma garrafa PET podem causar um grande desequilíbrio na população de algas dos oceanos, fazendo com que elas aumentem em quantidade exagerada. Como resultado, há uma redução da quantidade de oxigênio na água e perda de espécies que vivem no local.” (Pensando no verde)

Prejudicial também para a vida terrestre quando feito seu descarte de maneira indevida:

“Quando é descartada no lixo comum, a garrafa PET acaba sendo levada para os aterros sanitários, onde permanecerá até se decompor completamente. Vale lembrar, entretanto, que o tempo de decomposição deste material é muito longo e, quanto mais garrafas PET são descartadas no lixo comum, maior é a quantidade de lixo acumulado nos aterros sanitários. Ainda assim estamos contribuindo com a poluição. (...) Algumas pessoas fazem pior do que não encaminhar as garrafas PET para a reciclagem e simplesmente descartam o lixo diretamente nas ruas. Quando isso acontece, o material polui as cidades e contribui diretamente para o aumento das enchentes e a formação de lixões em terrenos baldios. Como resultado, há diversos transtornos à população, que sofre com a presença de ratos, baratas e diversos outros animais transmissores de doenças.”

O artigo demonstra a importância da reciclagem:

“Qual a importância da reciclagem de garrafas PET? Como você pode perceber, uma garrafa PET leva muitos anos para se decompor e, até que isso aconteça, ela pode causar vários danos aos animais e às pessoas. Por isso, é fundamental encontrar formas de reutilizar ou reciclar as garrafas PET ou sempre tomar o cuidado de descartá-las

no lixo reciclável, de modo a garantir que elas sejam devidamente encaminhadas sem causar prejuízos ao meio ambiente.”⁷

Como vimos o impacto da garrafa pet é muito prejudicial para o meio ambiente, e com este pensamento, hobbistas iniciaram uma iniciativa para criação de filamentos de garrafa pet. Gerando um impacto positivo ao meio ambiente, dando outra possibilidade de reuso deste material e reduzindo seu descarte impróprio.

Figura 28 – Reciclagem de garrafas pet, transformadas em filamento para impressão 3D



FONTE: Silva (2021)

Assim como o youtuber Anderson Silva fez o vídeo explicando passo a passo para confecção do projeto de reciclagem de pet, há alguns outros que fizeram projetos parecidos. Estes processos geram a possibilidade de utilização da garrafa pet ser utilizada para fabricação do filamento reciclado, porém ainda há dificuldade para ajuste de parâmetros para impressão deste material. Sendo sua utilização experimental conforme modelo de impressora 3D.

⁷ (<https://www.pensamentoverde.com.br/reciclagem/5-problemas-causados-pelas-garrafas-pet-que-evidenciam-importancia-da-reciclagem/>)

5 CONCLUSÃO

A partir das pesquisas de campo feitas, podemos observar do que se trata a manufatura aditiva, seu conceito e sua aplicação, com ênfase em impressão 3D. Onde foi identificado o passo a passo de como é possível a criação de objetos para serem utilizados em diversos campos de estudo. Temos uma visão de alguns campos da sociedade que já utilizam impressoras 3D e nos permite pensar e enxergar novos horizontes para aplicação de impressão 3D.

A Impressão 3D já está contida na indústria 4.0, o que nos faz pensar que a sociedade também participa desta revolução, pois a disseminação desta tecnologia, atualmente, se destaca pelo uso fora do ambiente industrial. Os hobbistas tem sua predominância no que se trata da aplicação de impressoras 3D, devido ao baixo custo de aplicação e a grande gama de possibilidades de utilização.

Mas surpreendentemente vemos esta tecnologia avançar na pesquisa hospitalar e industrial no Brasil, mesmo tendo pouca divulgação da mesma e a carência de informação. Este tipo de informação gera o pensamento “Onde o Brasil está localizado dentro da evolução para a indústria 4.0?”. Pois foi exposto, pelos fornecedores de impressoras 3d e matéria-prima, que a mentalidade industrial, em sua grande parte, é conservadora e prefere métodos antigos para experimentação e criação de seus produtos. Muitas vezes por não entenderem ou não terem à mão as informações e a capacidade da tecnologia de manufatura aditiva.

A biocompatibilidade de resinas é um avanço muito importante para o atendimento da população. Com muitas pesquisas e desenvolvimento de itens para medicina vemos, mesmo que em poucos hospitais, a inserção do ambiente na indústria 4.0. Sendo assim um exemplo e uma inspiração para outras instituições, que brevemente estarão adotando a tecnologia para melhorar seus atendimentos e por consequência impactar positivamente a sociedade.

Nitidamente a robótica é a área que domina a revolução tecnológica em grandes empresas, mesmo assim não vemos muitas destas implantarem a

manufatura aditiva em seu fluxo produtivo. As impressoras vistas durante a pesquisa de campo, que compunham a característica industrial, certamente seria um ganho para o setor de desenvolvimento e pesquisa. Talvez até no setor produtivo, pois algumas destas impressoras 3D tem capacidade produtiva muito boa e com processo eficiente aliada a característica mecânica dos materiais.

A capacidade de tornar a manufatura ágil é uma das principais funções da impressão 3D para as diversas áreas de pesquisa, juntamente com capacidade de modelamento construtivo complexos. Tendo também a capacidade de aproveitamento de materiais descartáveis e sobras das próprias impressões 3D.

Deixando em aberto novas áreas para pesquisas futuras, pois as descobertas permanecem em pleno desenvolvimento e agregando novas aplicações junto à revolução industrial.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Dennis Henrique de Abreu. **DH Impressão 3D**. [Canoas]. Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/CI7xmHtHqYe/>>. Acesso em: 03 dez. 2021.

BRITO, Alan. **Modelagem orgânica com o 3ds Max: Criando uma cabeça realista**. 2008. Disponível em: <<https://www.allanbrito.com/2008/10/01/modelagem-organica-com-o-3ds-max-criando-uma-cabeca-realista/>>. Acesso em: 10 de ago. 2022.

BONFADA, Carolina de Freitas. **Digitalização 3D de peças em bronze do patrimônio cultural de Porto Alegre para confecção de réplicas em caso de desaparecimento**. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/204575>> Acesso em 14 de nov. 2022.

DETRAN. **Diagnóstico da acidentalidade fatal no trânsito**. 2022. Disponível em: <<https://admin.detrans.rs.gov.br/upload/arquivos/202209/30151343-diagnostico-acidentalidade-julho-2022-publicacao.pdf>>. Acesso em: 14 de nov. 2022.

GODOY, Moatan Pedroso. **TG2: avaliação da superfície de peças impressas em 3D com diferentes técnicas de tratamento de aliasing**. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/235548>>. Acesso em: 14 de nov. 2022.

IMPRESSÃO 3D na construção civil: cenário atual e perspectivas de futuro. **Celere**, São Paulo, 11 jun. 2018. Disponível em: <<https://telemedicinamorsch.com.br/blog/impressora-3d-na-medicina>>. Acesso em: 12 nov. 2022

MONTINI, Alessandra. Os impactos da impressora 3D na medicina. **Olhar Digital**. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/2021/06/10/colunistas/os-impactos-da-impressora-3d-na-medicina/>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

MORSCH, José Aldair. **Descubra como a impressora 3D está sendo utilizada na medicina**. Rio Grande do Sul. 7 fev. 2020. Disponível em: <<https://telemedicinamorsch.com.br/blog/impressora-3d-na-medicina>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

RPC Curitiba. Voluntários produzem e distribuem próteses de mãos feitas em impressora 3D. **G1**. Curitiba, 02 nov. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2019/11/02/voluntarios-produzem-e-distribuem-proteses-de-maos-feitas-em-impressora-3d.ghtml>>. Acesso em: 28 nov. de 2021.

SILVA, Arlesson. **Como Fazer Filamento de Garrafa PET! DICAS - Como eu consegui Ter Ótimos Resultados**. 2021. (15min. 31seg.). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=DPlxSakQNAg>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

3DLAB. **Impressora 3D DLP**: aprenda como funciona essa tecnologia. 2020. Disponível em: <<https://www.3dlab.com.br/impressora-3d-dlp/>> Acesso em 15 de ago. 2022.

3DFila. **PLA: Tudo o que você precisa saber sobre esse Filamento.** 2020. Disponível em: <<https://3dfila.com.br/blog/pla-tudo-sobre-o-filamento-pla/>>. Acesso em: 22 de ago. 2022.