



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
DEPARTAMENTO DE DESIGN E COMUNICAÇÃO
CURSO DE DESIGN

NELSON ANTONIO DOS SANTOS JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DO ADAPTADOR DE OXIGÊNIO PMA 2000 PARA A
PRODUÇÃO POR IMPRESSÃO 3D**

Caruaru

2021

NELSON ANTONIO DOS SANTOS JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DO ADAPTADOR DE OXIGÊNIO PMA 2000 PARA A
PRODUÇÃO POR IMPRESSÃO 3D**

Projeto de Graduação em Design apresentado ao Curso de Design da Universidade Federal de Pernambuco, Campus do Agreste, como requisito para obtenção do título de bacharel em Design.

Área de concentração: Design de Produto.

Orientador (a): Prof. Dr. Lucas José Garcia

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

S237d Santos Junior, Nelson Antonio dos.
Desenvolvimento do adaptador de oxigênio PMA 2000 para a produção por
impressão 3D. / Nelson Antonio dos Santos Junior. – 2021.
54 f. : 30 cm.

Orientador: Lucas José Garcia.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Design, 2021.
Inclui Referências.

1. Design. 2. Impressoras. 3. Impressão. 4. Projeto de produto. I. Garcia, Lucas
José (Orientador). II. Título.

CDD 740 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-083)

NELSON ANTONIO DOS SANTOS JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DO ADAPTADOR DE OXIGÊNIO PMA 2000 PARA A
PRODUÇÃO POR IMPRESSÃO 3D**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Design.

Aprovada em: 07/05/2021.

BANCA EXAMINADORA

Conforme defesa realizada por videoconferência.

Profº. Dr. Lucas José Garcia (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Bruno Xavier da Silva Barros (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profª. Dra. Rosimeri Franck Pichler (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais que sempre fizeram o máximo que puderam dentro de suas limitações para proporcionar o melhor para mim. Agradeço a minha avó Dona Maria do Carmo, que ajudou diretamente em minha educação. Agradeço a minha irmã Isabelle Sercundes que sempre foi fonte de inspiração para correr atrás dos meus sonhos e a dar o devido valor aos estudos.

Agradeço aos professores do curso de Design da UFPE - CAA, que puderam contribuir para a minha formação com os conhecimentos, vivências e troca de experiências que pudemos ter durante todo o período de minha formação. Agradeço também aos meus amigos e colegas que pude fazer ao longo do curso.

Agradeço ao meu professor e orientador Lucas José Garcia, que dentro de todas as suas atribuições, aceitou contribuir da melhor forma possível me orientando ao longo deste trabalho. Serei eternamente grato à sua contribuição.

Agradeço ao professor Manoel Guedes que me deu a oportunidade de ter o primeiro contato com impressão 3D e a todos os meus colegas e parceiros do LabTec, em que pude ajudar e aprender bastante sobre trabalho em equipe.

Agradeço a Universidade Federal de Pernambuco por me proporcionar o curso que definiu a minha formação e a minha paixão por Design 3D. Agradeço a todos que contribuíram de forma direta e indireta na minha formação profissional.

RESUMO

A impressão 3D é uma alternativa modernizada de fabricação que permite criar desde protótipos até produtos finalizados, podendo assim ser aplicado em diversos setores como, por exemplo a engenharia, a gastronomia, a saúde e o design. Este projeto tem como objetivo o uso do Design 3D e a manufatura aditiva como solução alternativa a fabricação e substituição de peças e insumos hospitalares. O Design 3D tem o poderio técnico para que possamos reproduzir objetos através de “softwares” CAD. A manufatura aditiva é um processo de impressão que permite a rápida reprodução das peças modeladas em 3D. O Fácil acesso às novas tecnologias de impressão 3D, nos possibilitam começar a executar novos testes, de modo a colaborar com áreas não relacionadas diretamente com Design, como a área da saúde. Com isso, este projeto de pesquisa avaliou a viabilidade técnica de reprodução da peça PMA 2000, um adaptador de oxigênio suplementar, em impressoras 3D e a geração de alternativas para a sua substituição. A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste projeto foi o GODP (Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos), composto por 8 etapas que foram adaptadas para o processo do desenvolvimento deste projeto. No cenário atual de pandemia, torna-se indispensável o uso de tecnologias de rápida reprodução, pois, elas podem salvar vidas e dar melhores condições aos pacientes que dependem dos insumos hospitalares em seu tratamento. Como resultado, obteve-se um modelo de viabilização de produção de uma válvula para impressão 3D.

Palavras-chave: Design 3D. Manufatura aditiva. Impressão 3D. Design.

Abstract

This project aims to use 3D Design and additive manufacturing as an alternative solution to the manufacture and replacement of hospital parts and supplies. 3D Design has the technical power to reproduce objects through CAD software. Additive manufacturing is a printing process that allows rapid reproduction of 3D modeled parts. The easy access to the new 3D printing technologies, allow us to start running new tests, in order to collaborate with areas not directly related to Design, such as the health area. With this, this research project evaluated the technical viability of reproducing the PMA 2000 piece, a supplementary oxygen adapter, in 3D printers and a generation of alternatives for its replacement. In the current pandemic scenario, it is essential to use rapid reproduction technologies, as they can save lives and provide better conditions for patients who depend on hospital supplies for their treatment.

Palavras-chave: 3D Design. Additive manufacturing. 3D printing. Design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Processo de moldagem por injeção	16
Figura 2 –	Etapas do processo de AM	18
Figura 3 –	Classificação das tecnologias AM de acordo com o princípio de processamento das camadas.	19
Figura 4 –	Representação simplificada da SLA	23
Figura 5 –	Representação simplificada da DLP	24
Figura 6 –	Prótese de mão infantil produzida em impressora 3D	25
Figura 7 –	(A) Imagem da orelha biônica impressa em 3D imediatamente após a impressão. (B) Imagem da orelha in vitro	26
Figura 8 –	Representação visual da metodologia GODP	29
Figura 9 –	Passy-Muir PMA 2000 Adaptador De Oxigênio	30
Figura 10 –	Válvula PMA 2000 - Custo para aquisição (2020)	32
Figura 11 –	Telas do vídeo instrucional PassyMuir Placing the PMA2000. Oxygen Adapter - postado em 03/05/2017	32
Figura 12 –	Utilização do paquímetro - Metrologia - Acervo Pessoal	34
Figura 13 –	Sketch com as medidas - Acervo pessoal	34
Figura 14 –	Construção do modelo tridimensional - Acervo Pessoal	35
Figura 15 –	Árvore Funcional do adaptador PMA 2000	35
Figura 16 –	Decomposição Global da Funções - PMA 2000	36
Figura 17 –	Anycubic Photon Zero - Impressora de SLA	37
Figura 18 –	Impressora Creality LD 002 H - Impressora de SLA	38
Figura 19 –	Resina Eco Plant 500ml da marca Anycubic	39
Figura 20 –	Registro fotográfico - PMA 2000	40
Figura 21 –	Finalização da modelagem - Protótipo final	41
Figura 22 –	Primeira iteração para testes	42
Figura 23 –	Segunda iteração para testes - Reforço no conector da porta Lateral	42
Figura 24 –	Terceira iteração para testes - cabeça móvel do tipo “ballhead”	43

Figura 25 –	Quarta iteração - Presilha do tubo de oxigênio	43
Figura 26 –	Quinta iteração - Mola de reforço	44
Figura 27 –	Simulação de impressão	44
Figura 28 –	Impressão em SLA - Adaptador de Oxigênio modelado -	45
	Primeira iteração	
Figura 29 –	Ficha técnica elaborada para a finalização do projeto	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela - Etapa 1 - Momento de Inspiração	31
Tabela 2 – Tabela - Etapa 2 - Momento de Ideação	33
Tabela 3 – Tabela - Etapa 3 - Momento de Implementação	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
ABS	Acrilonitrila butiadieno estireno
AM	Additive Manufacturing
CAD	Computer aided design
DLP	Direct Light Processing
SLA	Stereolithography Apparatus
STL	Stereolithography
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UV	Ultravioleta
XVIII	Século 18
XX	Século 20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	PROCESSO DE FABRICAÇÃO POR INJEÇÃO	15
2.2	MANUFATURA ADITIVA	16
2.3	ESTEREOLITOGRAFIA	21
2.4	APLICAÇÕES DA IMPRESSÃO 3D NA MEDICINA	24
3	METODOLOGIA	27
3.1	METODOLOGIA GODP: GUIA DE ORIENTAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	27
4	DESENVOLVIMENTO	30
4.1	INSPIRAÇÃO	31
4.2	IDEAÇÃO	33
4.3	IMPLEMENTAÇÃO	37
5	RESULTADOS	42
6	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	49
	ANEXO A – MANUAL TRADUZIDO ADAPTADOR DE	52
	OXIGÊNIO PMA 2000 PÁGINA 1	
	ANEXO B – MANUAL TRADUZIDO ADAPTADOR DE	53
	OXIGÊNIO PMA 2000 PÁGINA 2	
	ANEXO C – SILHUETA DO MODELO TRIDIMENSIONAL	54
	OBTIDA COM AJUDA DO SOTWARE RHINOCEROS 3D	

1 INTRODUÇÃO

O design de produto como conhecemos atualmente nasce a partir da revolução industrial, no século XVIII, conseqüentemente, aparece também a necessidade de produzir cada vez mais rápido com a melhor eficiência.

Ao passar dos anos evoluímos em nossas técnicas de fabricação e segundo (CHUA; LEONG; LIM, 2010), a manufatura aditiva (AM - Additive Manufacturing) é um dos diversos processos que podem ajudar na construção de objetos em uma ampla variação de escala, materiais, custo, velocidade e características físicas. São processos modernizados de fabricação que podem nos ajudar a prototipar de forma rápida (RP - Rapid Prototyping), resolver problemas e promover suporte no dia a dia da população.

Nos anos 80 o americano Chuck Hull cria o procedimento de impressão tridimensional denominado Estereolitografia (SLA - Stereolithography Apparatus), este processo consiste em transformar coordenadas bidimensionais geradas por computador em camadas onde a resultante é um objeto tridimensional conhecido como impressão 3D. A SLA evolui ao longo dos anos tornando-se um processo de fácil acesso e a sua aplicação como solução para fabricação de produtos aparecem em diversas áreas como moda, 'design' de produto, engenharia e na medicina.

Na medicina a SLA aparece em direcionamentos e aplicações específicas, para cada situação. Podemos citar a impressão de órteses como uma das diversas aplicações que exploram de forma não invasiva a produção de peças construídas com o auxílio de digitalizadores 3D, assim obtendo maior personalização, melhorias estéticas e funcionais.

De uma forma geral a impressão 3D surge como alternativa modernizada de fabricação. É fundamental compreender estas tecnologias para que possamos desenvolver novas técnicas e soluções. Podemos também provocar a transformação de setores da saúde pública, promovendo a SLA como alternativa na fabricação dos equipamentos médico-hospitalares fabricados em material polimérico. São alternativas como estas que podem transformar o nosso meio, ajudar no âmbito social e econômico e promover inovação em território nacional. Sendo assim o leitor encontrará neste texto

o desenvolvimento de uma solução em SLA para reposição de equipamentos médico-hospitalares, bem como a compreensão do projeto através de metodologia projetual.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver um adaptador de oxigênio PMA 2000 para produção por impressão 3D.

Objetivos Específicos

- Pesquisar os materiais e processo de fabricação utilizados para polímeros;
Capítulo 1. Introdução
- Entender sobre a impressão 3D (Definição, Estrutura da impressora, técnicas de impressão, modelagem tridimensional e acabamento das peças);
- Definir técnica e materiais a serem usados na impressão do modelo tridimensional;
- Estabelecer por meio da metodologia de Design (GODP), um modelo de produção usando as técnicas de impressão 3D que possibilitem a reprodução do adaptador de oxigênio em larga escala

1.2 JUSTIFICATIVA

Embora aparentemente o design não apresente relação com a saúde, para Bate e Robert (2006) essas duas áreas compartilham o objetivo de fazer algo melhor para o ser humano. De forma mais específica, Bahia, Avelar e Alberto (2018) explica que o designer pode contribuir para a saúde no desenvolvimento de soluções criativas e inovadoras.

O Designer pode identificar problemas e buscar, ou criar, soluções alinhadas com as demandas financeiras, culturais, técnicas e sustentáveis de clientes e parceiros. No contexto deste trabalho, a atuação do design se justifica devido às características do adaptador de oxigênio PMA 2000, que originalmente apresenta um custo elevado. O Adaptador é frágil em sua estrutura e possui alta demanda em função de sua usabilidade no incremento de oxigênio suplementar em pacientes traqueostomizados.

Com um preço mediano de R\$200,00 (preço de revenda no ano de 2020), o adaptador é fabricado nos Estados Unidos da América e a sua importação é feita por terceirizados autorizados no Brasil. A impressão 3D local deste adaptador é uma solução que reduz os custos com sua manutenção, permitindo assim criar um serviço auxiliar em unidades de saúde, agilizando a substituição do equipamento. A reprodução da peça por meio da impressão 3D pode contribuir com a redução da emissão de combustível fóssil ao evitar o transporte por meio rodoviário e também contribuir como fonte alternativa para a substituição de insumos hospitalares ou peças, dando a possibilidade de geração de novas alternativas. A importância social deste projeto contribui também para o momento de pandemia do Covid19, em 2020, onde alguns hospitais ficaram sem válvulas de oxigênio, sendo assim uma alternativa para que possamos dar o suporte aos pacientes e assim salvar vidas. O Designer pode atuar no setor auxiliando na modelagem 3D da peça, contribuindo com melhorias e versões de reprodução não só do adaptador PMA 2000, bem como outros equipamentos médico-hospitalares que podem ser fabricados com material polimérico. Nascimento (2009) fala que projetos de produtos carecem da construção de parcerias com o estado. Contudo, este projeto visa contribuir principalmente com o setor público de saúde, sendo assim uma proposta de cunho social que pode ser atribuída a alguma entidade vinculada ao estado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O polímero foi inventado no século XX para atender diversas demandas da vida moderna e desde então a sua exploração dentro do setor fabril evoluiu o bastante para que possamos falar de padrões de mercado já estabelecidos. De acordo com Ferrante (2010), para que possamos compreender os aspectos físicos, e as informações que cada material exige, é preciso que tenhamos conhecimento técnico sobre os processos de manufatura e seus materiais. Ainda de acordo com Ferrante (2010), dentro do processamento de moldagem dos materiais poliméricos, podemos dividir em duas principais famílias: termoplásticos e termofixos.

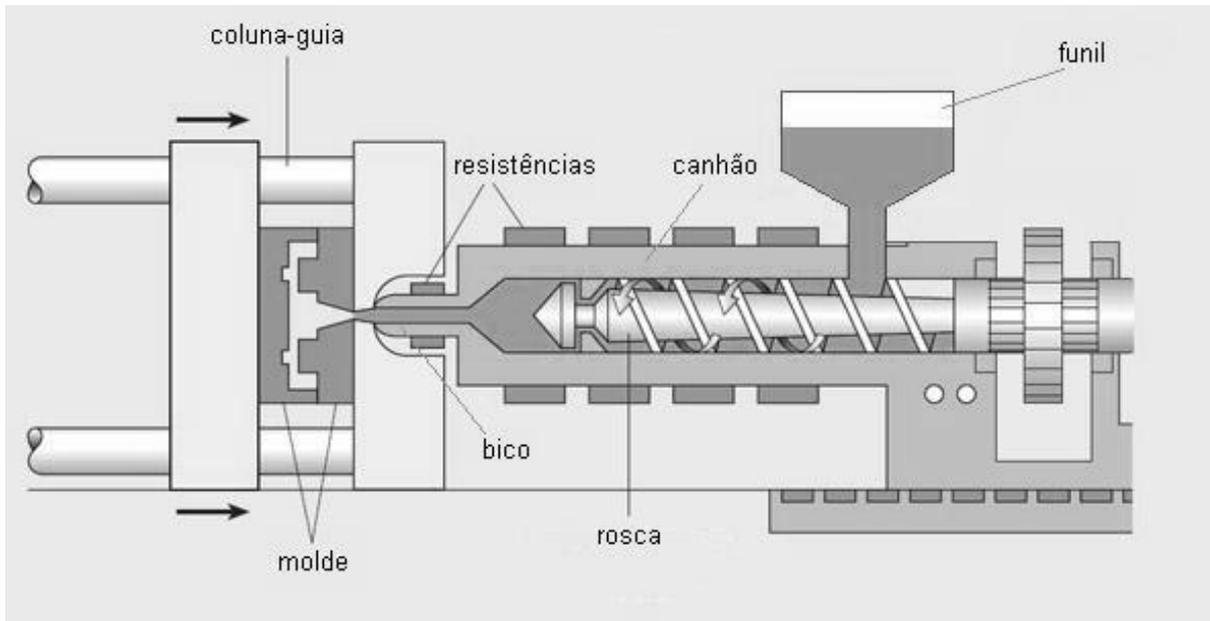
Os termoplásticos, que possuem capacidade de se fundir através da aplicação de calor, após o enrijecimento podem voltar a amolecer assumindo uma nova forma. Já os termofixos permanecem em sua forma rígida após o processo de fundição. Uma vez definida famílias dos materiais poliméricos, a conformação do polímero plástico dentro dos processos industriais pode ser classificada por: moldagem, compressão, extrusão, injeção, conformação a vácuo, laminação e usinagem.

2.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO POR INJEÇÃO

O processo que mais se aproxima da proposta da SLA, devido as suas características de fundição da matéria-prima, é o processo de moldagem por injeção.

A produção por injeção é um processo industrial de relativa complexidade, usado para a produção em larga escala. O seu funcionamento, baseia-se em um modelo de linha de produção, em que se faz necessário um alto nível de controle das variáveis de modo a obter um produto final de qualidade. A Figura 1 apresenta os componentes de uma máquina injetora padrão.

Figura 1- Componentes da Máquina Injetora



Fonte: <https://ferplastic.wordpress.com/2016/06/29/o-processo-de-moldagem-por-injecao/> (2016)

Os equipamentos convencionais de moldagem por injeção são compostos basicamente por um funil de alimentação, um cilindro de plastificação, uma rosca sem fim (alojada dentro do cilindro) e um molde. As roscas possuem anel de bloqueio que tem por finalidade permitir passagem do material fundido no momento da dosagem e impedir o retorno deste material quando da aplicação da pressão de injeção. O termoplástico, geralmente em forma de grãos, é alimentado através do funil e forçado a entrar no cilindro de plastificação. O cilindro é equipado com resistências elétricas que promovem a condução de calor, e combinadas com o atrito gerado pela rotação da rosca sem fim no interior do cilindro fundem o plástico, permitindo que ele seja injetado na cavidade do molde, conferindo forma final à peça. (ESCOLA POLITÉCNICA - UFBA, 2004)

Dado a complexidade do processo, podemos simplificar o ciclo de seu funcionamento em 6 etapas sucessivas: fechamento do molde, dosagem, preenchimento recalque, resfriamento e extração. (ESCOLA POLITÉCNICA - UFBA, 2004)

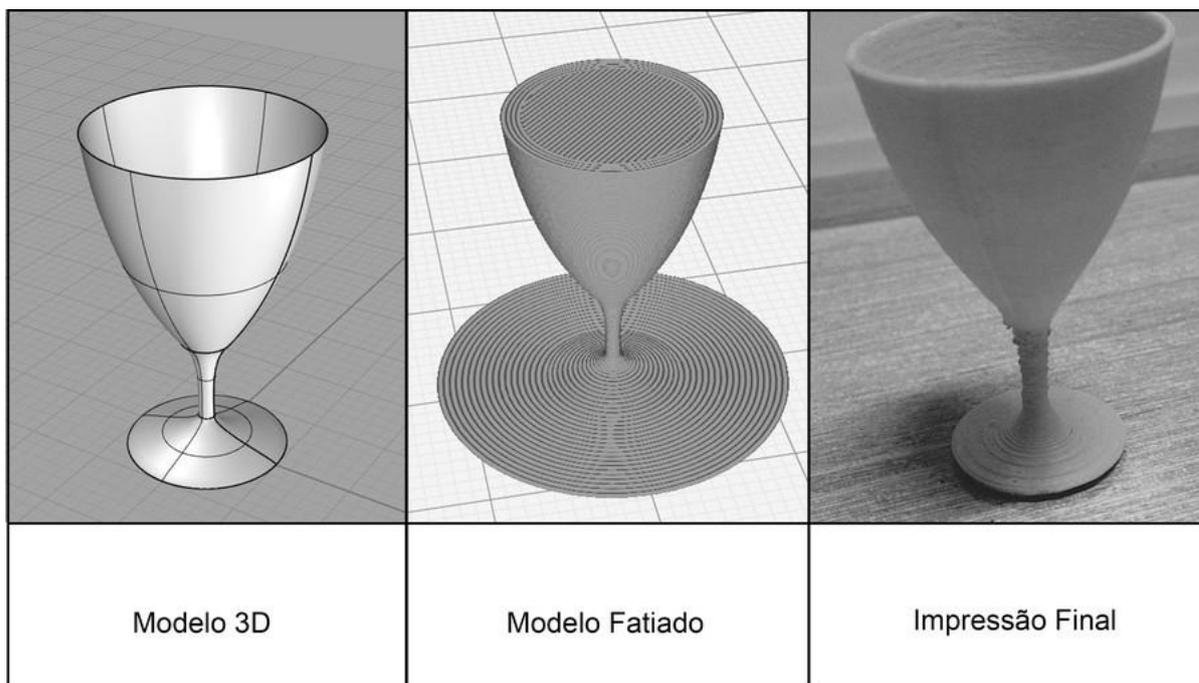
2.2 MANUFATURA ADITIVA

Segundo Volpato (2017, et. al.), a manufatura aditiva é um processo de fabricação em que se constrói um modelo 3D de uma peça por meio da adição sucessiva de material em camadas. Este processo consiste criar um modelo 3D, através de um 'software' CAD (computer-aided design). Logo em seguida, serão geradas coordenadas em "curvas de nível" 2D, que irão determinar onde será adicionado o material. O modelo final é a resultante do empilhamento destas fatias que normalmente iniciam-se na base do modelo até o topo.

As etapas de obtenção da peça por AM, de forma detalhada compreendem:

1. A modelagem 3d, gerando-se um modelo geométrico da peça;
2. a exportação do modelo 3D, representado por uma malha de triângulos, numa extensão de arquivo específica para a AM (.STL, .AMF ou outros mais modernos, ou proprietários);
3. a transferência do arquivo para o equipamento de AM, onde será executado os cálculos e a construção do modelo em AM;
4. a construção do modelo no equipamento de AM;
5. o pós-processamento, que dependerá diretamente do processamento usado na etapa de construção. Podendo ser necessário remover resíduos ou até mesmo passar por um processo de cura.

Figura 2 Etapas do processo de AM - Modelagem, Modelo Exportado em STL e Impressão.



Fonte: O Autor (2020).

Ainda segundo (VOLPATO, 2017), por mais que diversos autores tenham sugerido nomes distintos para o princípio de fabricação de AM, a denominação que persistiu foi a de prototipagem rápida. Esta nomenclatura surgiu pelo fato de ter sido aplicada inicialmente na produção rápida de protótipos físicos. No entanto, as tecnologias de AM evoluíram a ponto de poderem ser utilizadas na fabricação de peças para uso como um produto final.

Desta forma, nos últimos anos, a comunidade científica tem se esforçado para determinar a denominação que melhor descreve este processo. Assim, a melhor definição aceita pela academia e pela indústria é a de manufatura aditiva. Nota-se que o termo impressão 3D tem sido adotado pela sociedade, dado a popularização de algumas tecnologias e pela facilidade de compreensão em transmitir o conceito fundamental do processo de AM. Portanto, as duas nomenclaturas são utilizadas como sinônimos, por mais que a discussão contida na norma ISO/ASTM 52900:2015 (ISO, 2016) fale que o termo impressão 3D vem sendo mais comumente aplicado aos equipamentos de menor custo, em geral.

Ao determinar os processos de AM, é possível simplificá-los por estado ou forma inicial da matéria-prima usada na construção do modelo. Deste modo os

processos são classificados em líquido, sólido e pó (CHUA; LEONG; LIM, 2010). Portanto, o quadro na figura 3 descreve o enquadramento em sete categorias propostas na norma ISO/ASTM 52900:2015 (ISO, 2016), para a classificação destes processos.

Figura 3 - Classificação das tecnologias AM de acordo com o princípio de processamento das camadas.

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 (stereolithography - SL), produção contínua com interface líquida (continuous liquid interface production - 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 (fused deposition modeling - 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

Fonte: VOLPATO (2017).

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

A apresentação das categorias citadas no quadro da figura 3 mostram de forma resumida a classificação das tecnologias de AM, portanto, iremos nos reservar apenas a estas informações de modo a não fugir do escopo do projeto.

Nos últimos anos podemos perceber o surgimento de diversas empresas especializadas em impressão 3D, utilizando a manufatura aditiva com foco em solução de problemas. Tal interesse pela adoção da AM, dentro da indústria criativa, visa aproveitar suas vantagens no processo de produção das peças. Por exemplo, o desenvolvimento de prótese de mão de baixo custo a de modo a atender às necessidades específicas do usuário, simplificando a sua fabricação por meio do uso de materiais poliméricos em AM (FERREIRA *et al.*, 12/12/2017).

Segundo (VOLPATO, 2017), as principais vantagens da AM são:

- Liberdade geométrica na fabricação das peças em AM. Peças complexas de serem implementadas em processos tradicionais como fabricação via injeção, moldagem ou usinagem, acabam sendo facilitados no processo de AM. Liberdade na sintetização simplificada das funções mecânicas e a otimização do modelo de acordo com o projeto, permitem que o produto final tenha uma quantidade reduzida de modelos considerados “protótipos”.
- Redução de gastos com matéria-prima e energia no processo de produção das peças. Permitindo um processo de produção a curto prazo, onde há uma relação direta com o volume do material da peça e o material gasto para a produção. A relação também dependerá diretamente dos materiais a serem usados no processo de impressão.
- Processamento de obtenção do produto final simplificado pela modelagem digital em CAD, implementação de tecnologias que misturam materiais diferentes e velocidade na obtenção do produto final, se comparado a tradicionais modelos de fabricação industriais.

As principais limitações são:

- Baixa qualidade final na fabricação das peças se comparado a processamentos tradicionais, limitando a aplicação final da peça de acordo com sua fragilidade decorrente do processo de impressão por camadas.
- A precisão e o acabamento superficial, inerentes aos processos de AM. Irá depender diretamente da precisão de finalização por meio da tecnologia de impressão 3D adotada.
- A escolha do material e as limitações técnicas do material escolhido. A depender do filamento ou resina escolhidos, os mesmos podem apresentar fragilidades que podem comprometer o modelo final.
- Os custos de produção por meio da AM podem ser elevados se a tecnologia utilizada é de porte industrial ou possui tecnologia proprietária restrita.

Para determinar a viabilização do projeto é necessário analisar o melhor material a ser usado, melhor técnica de AM, tempo de fabricação, custo unitário, entre outros pontos. Por se tratar de um modelo de fabricação moderno, as limitações e vantagens serão julgadas estritamente pelo detentor do projeto.

2.3 ESTEREOLITOGRAFIA

Segundo a (ESTEREOLITOGRAFIA, 2016), a estereolitografia é um processo de prototipagem rápida desenvolvida pela empresa 3D Systems em 1986. Com precisão e exatidão incomparáveis o processo de SLA tornou-se padrão para as técnicas desenvolvidas posteriormente. O procedimento baseia-se na fotopolimerização de uma resina composta de monômeros que se curam através de um feixe de laser nas seções transversais do fotopolímero, transformando-o de líquido para sólido.

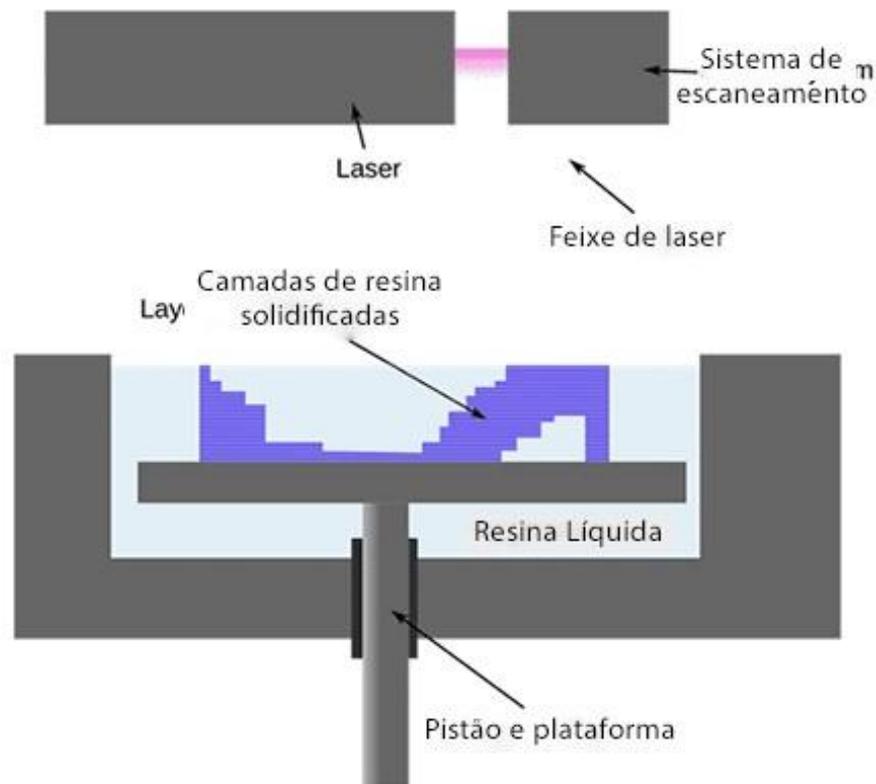
A SLA oferece um acabamento de superfície mais suave que qualquer outro processo de fabricação, tornando a tecnologia excelente para:

- Padrões mestre para fundição a vácuo

- Padrões descartáveis para fundição metálica
- Ferramentas, moldes e fundições
- Protótipos e modelos funcionais
- Produtos e componentes transparentes de alta clareza
- Gabaritos e fixadores de montagem personalizados

Ainda segundo a (ESTEREOLITOGRAFIA, 2016), os materiais de SLA têm uma grande variedade de propriedades mecânicas e fornecem diversas categorias de aplicações para peças que precisam de características como ABS ou polipropileno, como conjuntos com bom encaixe, componentes de estilo automotivo e padrões mestre. Estes materiais estão disponíveis para aplicações de temperaturas mais altas, e os materiais incolores estão disponíveis com propriedades como policarbonato. Materiais biocompatíveis estão disponíveis para uma ampla variedade de aplicações médicas, como ferramentas cirúrgicas, dispositivos dentários e aparelhos auditivos. Outros materiais são especificamente formulados para padrões, oferecendo baixa criação de cinzas e alta precisão, e ainda são descartáveis.

Figura 4 – Representação simplificada da SLA



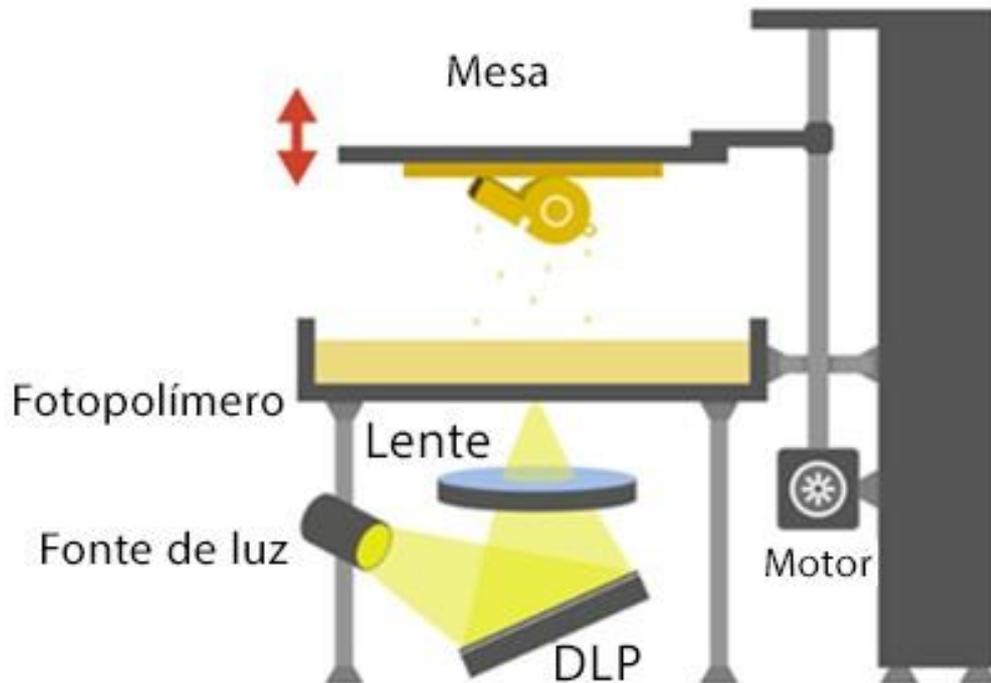
Fonte: https://imagens.3dlab.com.br/wp-content/uploads/2020/05/tipos_de_impresao_3d_5-1.png

Outra técnica de formação de camadas usando fonte de luz é a DLP (CONHEÇA OS TIPOS DE IMPRESSÃO 3D E OS SEUS BENEFÍCIOS, 2018):

DLP (Digital Light Processing)

Criado em 1987 por Larry Hornbeck, enquanto a SLA usa uma luz ultravioleta, a DLP consiste em usar uma fonte de luz tradicional (lâmpadas). Tal escolha de fonte de luz resulta em velocidades de impressão. A principal diferença é que o DLP usa um projetor de luz digital para gerar uma única imagem de cada camada por vez (ou “flashes” para partes maiores). Como o projetor é uma tela digital, a imagem de cada camada é composta de pixels quadrados, resultando em uma camada por pequenos blocos retangulares chamados voxels.

Figura 5 – Representação simplificada da DLP



Fonte: <https://bitfab.io/wp-content/uploads/2019/12/DLP.png> (2019)

A tecnologia de DLP é robusta e capaz de produzir modelos de alta resolução. Por se tratar de um processo econômico, torna o processo mais barato e reduz o desperdício do material de impressão.

2.3 APLICAÇÕES DA IMPRESSÃO 3D NA MEDICINA

Não há quase limite algum quando falamos sobre impressão 3d. Podemos fabricar desde objetos de decoração, casas (APIS COR RAISES 6M FOR ITS CONSTRUCTION 3D PRINTING BUSINESS, 2017), instrumentos musicais. Sendo assim, não seria diferente no campo da saúde. Quando falamos sobre impressão 3D não conseguimos mensurar o alcance devido aos avanços da tecnologia ao longo dos anos. A comunidade científica e profissionais de saúde conhecem os benefícios de ter impressoras 3D em hospitais, consultórios odontológicos, porém, um dos grandes desafios encontrados é o de incorporar a impressão 3D nos procedimentos diários.

Um dos grandes exemplos de aplicação da manufatura aditiva está na criação de próteses. A personalização das próteses pode ajudar tanto economicamente quanto

esteticamente. São algumas das vantagens alcançadas ao implementar a impressão 3D por AM(MARCELO NUNES, 2016).

Figura 6 – Prótese de mão infantil produzida em impressora 3D



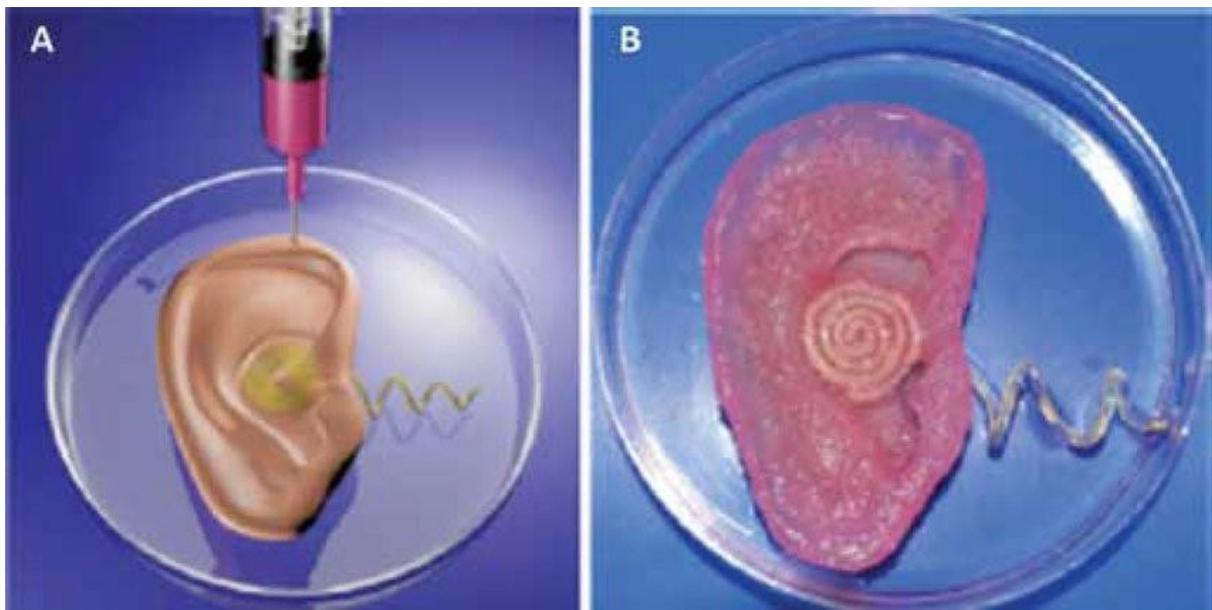
Fonte: <http://www.cennatech.com.br/com-impressora-3d-em-casa-e-r-10-brasiliense-faz-proteses-para-criancas/> (2020)

Outra aplicação da impressão 3D na medicina é o de elaboração de pré-operatório. A empresa PrintMed 3D projeta modelos que são utilizados para estes fins. Neste caso, o projeto é de alto risco e possui custo elevado, dado a complexidade e a finalidade. Contudo, o modelo anatômico pré-operatório permite encurtar o tempo da operação e dá a possibilidade de uma execução de cirurgia de alta precisão. Graças a utilização da tecnologia, foi possível realizar a cirurgia com sucesso (3D PRINT OF THE ANATOMICAL MODEL OF THE SKULL, 2020).

Por fim, podemos destacar a importância da aplicação da impressão 3D na área de fármacos e biomateriais. Nos tempos atuais, milhões de pessoas dependem regularmente de medicamentos sob prescrição médica. Em 2015 a agência americana *FDA - Food and Drug Administration* aprovou o primeiro medicamento impresso em 3D, o *SPRITAM* (ARE 3D PRINTED DRUGS THE FUTURE OF PERSONALIZED MEDICINE?, 2020). O medicamento usado no tratamento de epilepsia, foi fabricado usando tecnologias de Fusão de leito em pó. Esta tecnologia permite que o

medicamento se dissolva em segundos, sendo uma grande vantagem para pessoas que sofrem de distúrbio epiléptico ou pacientes com problemas para engolir. Já na área de biomateriais, podemos destacar a impressão de uma orelha biônica 3D (MANNOR *et al.*, 6 maio 2013). Tal feito, foi uma prova de conceito da fabricação de um órgão por meio da manipulação aditiva de células biológicas. Combinando um polímero condutor e hidrogel semeado com células, foi possível criar uma matriz de um ouvido humano com precisão geométrica e anatômica.

Figura 7 – (A) Imagem da orelha biônica impressa em 3D imediatamente após a impressão. (B) Imagem da orelha biônica impressa em 3D durante a cultura in vitro.



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Growth-and-viability-of-the-bionic-ear-A-Image-of-the-3D-printed-bionic-ear_fig5_308946840 (2020)

3 METODOLOGIA

Para Lakatos (MARCONI; LAKATOS, 2003), para que haja ciência é necessário o emprego de métodos científicos. Assim, o método é o conjunto de atividades sistemáticas que permite alcançar o objetivo, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

Esta é uma pesquisa de base básica e estratégica que sugere o desenvolvimento de uma solução para produção de um adaptador de oxigênio em impressão 3D; trata-se de uma pesquisa descritiva, por usar referencial teórico de estudos já realizados.

Será utilizado um método de abordagem qualitativa por buscar valoração dos dados aqui prestados e uma metodologia hipotética dedutiva. A metodologia usada será a GODP GUIA DE ORIENTAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS.

Os dados da pesquisa possuem origem em pesquisas bibliográficas, teses, artigos, livros e observação sistemática do objeto de estudo.

3.1 METODOLOGIA GODP: GUIA DE ORIENTAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

A escolha da metodologia GODP (MERINO, 2016) deve-se ao fato da mesma ser um guia projetual centrado no usuário. Sendo assim, um arcabouço facilitador do projeto. O GODP é configurado por oito etapas que se fundamentam na coleta de informações, o desenvolvimento criativo, a execução projetual e a verificação final do produto. As etapas da pesquisa foram adaptadas de acordo de modo a considerar o que é relevante para este projeto. Sendo assim, definimos assim os subtópicos dos 3 grandes momentos:

- **1.ª momento - Inspiração**

Identificação do problema e levantamento de dados;

Nesta etapa, após a verificação das oportunidades é definida a demanda/problema central que norteará o projeto. Em sequência são desenvolvidas as definições do projeto com base em um levantamento de dados em conformidade com as necessidades e expectativas do usuário. Contemplando os quesitos de usabilidade, ergonomia e antropometria, dentre outros, bem como as conformidades da legislação que trata das normas técnicas para o desenvolvimento dos produtos.

- **2.ª momento - Ideação**

Análise de dados e criação;

Após o levantamento das informações, na forma de dados, os mesmos são organizados e analisados. Nesta etapa podem ser utilizadas técnicas analíticas que permitirão definir as estratégias. De posse das estratégias de projeto, são definidos os conceitos globais, sendo geradas as alternativas preliminares e protótipos. Estas são submetidas a

Capítulo 3. Metodologia

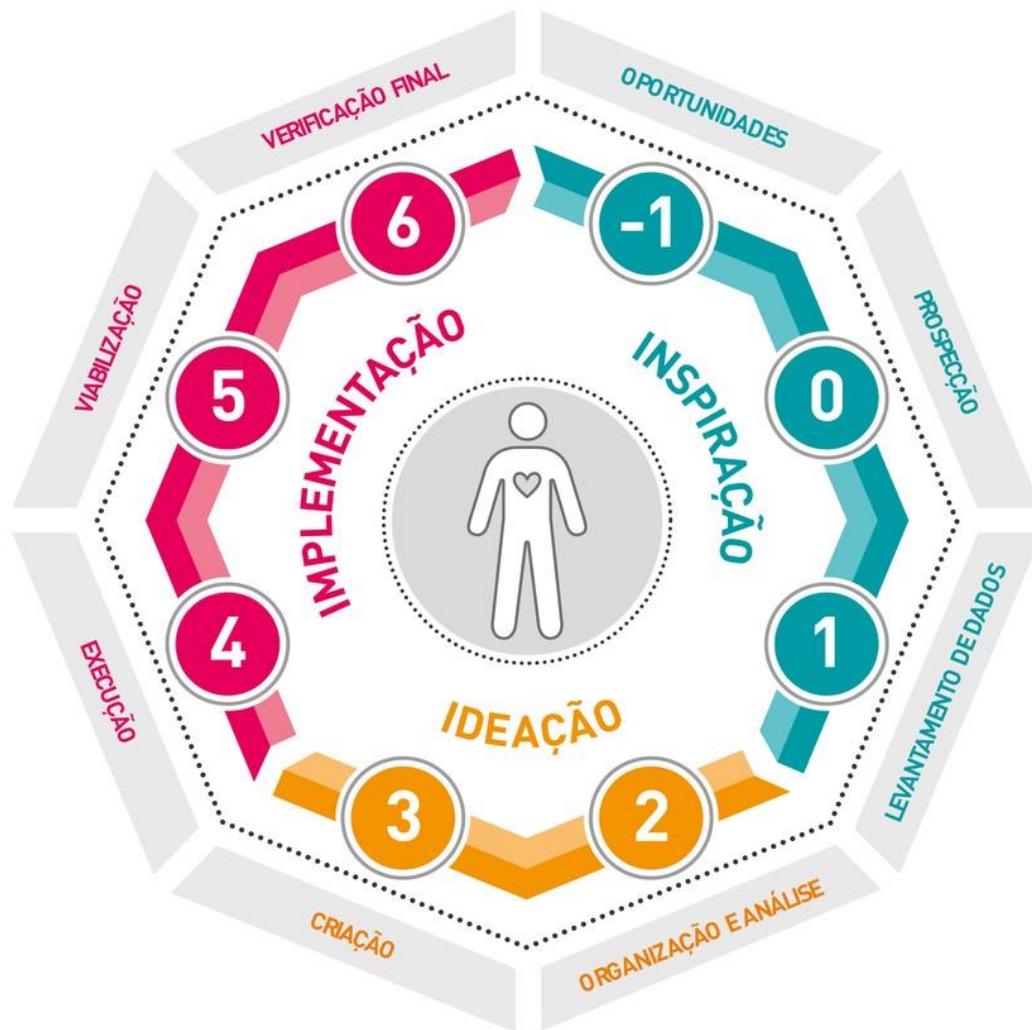
uma nova análise se utilizando de técnicas e ferramentas, permitindo a escolha daquelas que respondem de melhor forma as especificações de projeto e atendimento dos objetivos.

- **3.ª momento - Implementação**

Execução, viabilização e verificação final.

Nesta etapa, considera-se o ciclo de vida do produto em relação às propostas. A partir destas são desenvolvidos protótipos (escala) e/ou modelados matematicamente, para posteriormente elaborar o protótipo funcional do escolhido, para os testes (de usabilidade, por exemplo). Em seguida, já sendo definida a proposta que atende as especificações, o produto é testado em situação real, junto a usuários. Somado a este são realizadas pesquisas (no exemplo de uma embalagem, podem ser realizadas em pontos de venda), e junto a potenciais consumidores. Podem ser utilizadas ferramentas de avaliação de ergonomia, usabilidade e qualidade aparente. É assim que ensina Merino (MERINO, 2016).

Figura 8 – Representação visual da metodologia GODP



Fonte: <http://ngd.ufsc.br/godp/> (2020)

Desta forma, o próximo capítulo apresentará o desenvolvimento do projeto adotando a metodologia GODP adaptada, bem como o direcionamento de cada subtópico.

4 DESENVOLVIMENTO

Na etapa inicial do GODP, inicia-se o projeto definido os blocos de referência. Sendo eles:

- **PRODUTO**

O PMA 2000 é um adaptador de oxigênio, pequeno e leve. Projetado para fornecer baixo fluxo de oxigênio suplementar (até 6L/min), para a válvula de traqueostomia PMV 2000 da mesma fabricante.

- **USUÁRIO**

O adaptador PMA 2000 é direcionado a pacientes que estão traqueostomizados. Sendo assim todos os pacientes, homens, mulheres, crianças e adultos que precisam de ventilação mecânica, passíveis do procedimento de traqueostomia (TRAQUEOSTOMIA: O QUE É, PARA QUE SERVE E MODOS VENTILATÓRIOS, 2020).

- **CONTEXTO**

O PMA 2000 é de uso hospitalar. Podendo ser usado em qualquer ambiente em que possa fornecer tratamento de oxigenoterapia (VITALAIRE, 2020). Desta forma, o produto é utilizado em usuários acamados e durante a transferência de pacientes. Devido às características dos equipamentos aos quais está acoplado, pode receber forças de impacto, torção e está submetido constantemente a vibrações.

Figura 9 – Passy-Muir PMA 2000 Adaptador De Oxigênio



Definidos os blocos de referência, iniciamos a prática projetual com os momentos de projeto e suas respectivas etapas. O Guia apresenta um roteiro de orientação, que possibilita compreender o funcionamento e operacionalização em cada etapa, no qual são apresentados: O que é? O que fazer? e Como fazer?

4.1 INSPIRAÇÃO

Tabela 1 – Tabela - Etapa 1 - Momento de Inspiração



O QUE É?	O QUE FAZER?	COMO FAZER?
<ul style="list-style-type: none"> IDENTIFICAÇÃO DA DEMANDA /PROBLEMÁTICA CENTRAL QUE NORTEARÁ O PROJETO. 	<ul style="list-style-type: none"> Fazer um levantamento preliminar de mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> Visitar sites, ponto de vendas, concorrentes e similares.
<ul style="list-style-type: none"> COLETA DE DADOS EM DIFERENTES FONTES. 	<ul style="list-style-type: none"> Pesquisar a viabilidade técnica. 	<ul style="list-style-type: none"> Buscar os principais meios de produção.
	<ul style="list-style-type: none"> Realizar visita(s) a campo. 	<ul style="list-style-type: none"> Levar equipamentos para medição; Entrevistar envolvidos.

Fonte <http://ngd.ufsc.br/godp/> (2020)

Em meados de 2015 fui contactado via Facebook por um enfermeiro residente do Hospital Mestre Vitalino, localizado na BR-104, 175 - Luiz Gonzaga, Caruaru - PE. O mesmo me apresentou o adaptador de oxigênio PMA 2000 e me questionou sobre a possibilidade de reproduzi-la em impressora 3D. Naquele momento o mesmo me relatou sobre a alta demanda e sobre a necessidade de barateamento para substituição do adaptador de oxigênio. O produto é importado e alguns pacientes que não tinham condições acabavam usando de métodos caseiros ou até mesmo massa epóxi para reparação. Ele me relatou que o paciente ao se movimentar no leito, acabava quebrando o adaptador e gerando a necessidade de substituição, tão bem como o comprometimento no seu tratamento. A curiosidade e o ímpeto em resolver este problema me fizeram resgatar este caso e assim poder tratá-lo como projeto de graduação.

O primeiro problema a ser apontado é a fragilidade da peça em questão. Por ser proprietária e fabricada em território americano, a substituição da PMA 2000 é de

custo elevado para o paciente. Verificamos em sites de fornecedores nacionais, o custo médio do adaptador de oxigênio é de R\$207,00.

Figura 10 - Adaptador PMA 2000 - Custo para aquisição (2020)

Home / Passy-Muir PMA 2000 Adaptador De Oxigênio

Passy-Muir PMA 2000 Adaptador De Oxigênio



SKU: PMA2000

★★★★★ *Seja o primeiro a avaliar este produto*

O Adaptador de Oxigênio Passy-Muir - PMA2000 permite o incremento de oxigênio suplementar somente através das Válvulas PMV2000 (Clear/Transparente) e PMV2001 (Purple/Purple), nas quais se encaixa facilmente através de uma leve pressão.

Por: R\$212,75
 à vista no boleto ou depósito
R\$202,11
 8x de R\$26,59 sem juros

COMPRAR
COTAR

Parcelamento no cartão

1x de R\$212,75	sem juros	5x de R\$42,55	sem juros
2x de R\$106,38	sem juros	6x de R\$35,46	sem juros
3x de R\$70,92	sem juros	7x de R\$30,39	sem juros
4x de R\$53,19	sem juros	8x de R\$26,59	sem juros

CEP

eu não sei meu cep

Fonte: <https://www.marcamedica.com.br/passy-muir-pma-2000-adaptador-de-oxigenio/> (2020)

O Segundo problema a ser apontado é o conector da porta lateral (Figura 11), em que é encaixado o tubo de oxigênio. Segundo relato do enfermeiro, o mesmo informou que é “uma das primeiras partes a serem comprometidas” da peça. Observamos o processo de encaixe fornecido pelo vídeo instrucional do fabricante e percebemos que esta parte é a que se conecta diretamente ao tubo de oxigênio.

Figura 11- telas do vídeo instrucional



<https://www.youtube.com/watch?v=zg217x87ynY>

Em maio de 2020 tentei entrar em contato com os responsáveis pelo NEP - NÚCLEO DE EDUCAÇÃO PERMANENTE, setor este que possui parceria com a Universidade Federal de Pernambuco (Campus Agreste) e não obtivemos sucesso. Logo em seguida entramos em “*lockdown*” devido aos crescentes casos de COVID - 19 (CAVALCANTI, 2020), inviabilizando a visita in loco para observação da usabilidade do adaptador. Até o fechamento deste trabalho não foi possível executarmos a visita ou mesmo contato por telefone com os responsáveis do setor.

Desta forma resolvemos adquirir o produto para que pudéssemos continuar com os estudos e prosseguir com a pesquisa. Contudo, podemos observar a oportunidade de reprodução focando na redução de custos, viabilização de reprodução em impressão 3D e solução criativa para reforçar o conector da porta lateral.

4.2 IDEIAÇÃO

Tabela 2 – Etapa 2 - Momento de Ideação



O QUE É?	O QUE FAZER?	COMO FAZER?
<ul style="list-style-type: none"> • Organização e análise de dados para definir as estratégias de projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Selecionar informações mais relevantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar filtros, mapas mentais, painéis, etc., para selecionar e hierarquizar informações;
<ul style="list-style-type: none"> • Geração de conceitos e alternativas de projeto. (Ao final é escolhida a alternativa que melhor responde especificações e objetivos de projeto.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de técnicas/ ferramentas 	<ul style="list-style-type: none"> • Decomposição das funções, Análise funcional do produto.
	<ul style="list-style-type: none"> • Gerar ideias/refinamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação sistemática de variantes e Render 3D.

Fonte: <http://ngd.ufsc.br/godp/> (2020)

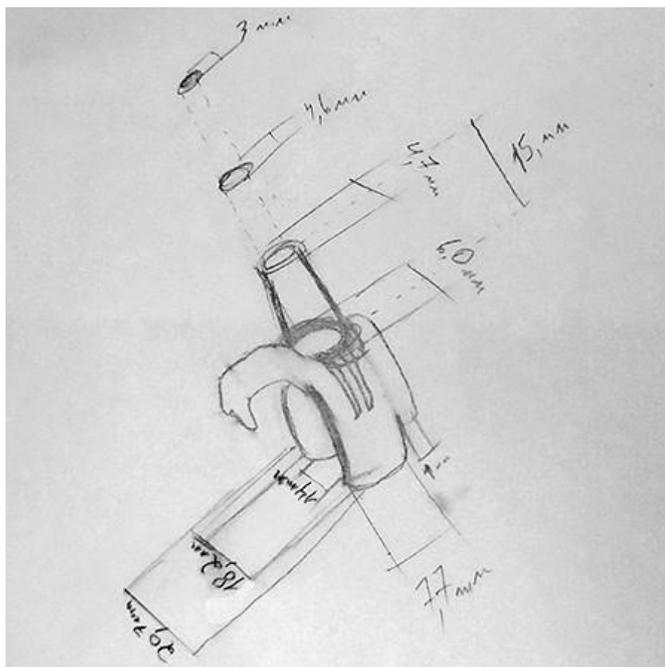
O material da PMA 2000 é um polímero translúcido. Uma das primeiras etapas após receber o adaptador PMA 2000 é de definir a sua metrologia (SENAI - ES, 2014), por meio da utilização de um paquímetro digital. Com todas as medidas registradas, foi possível gerar sketches à mão livre.

Figura 12 – Utilização do paquímetro - Metrologia - Acervo Pessoal



Fonte: O Autor (2021).

Figura 13 – Sketch com as medidas - Acervo pessoal

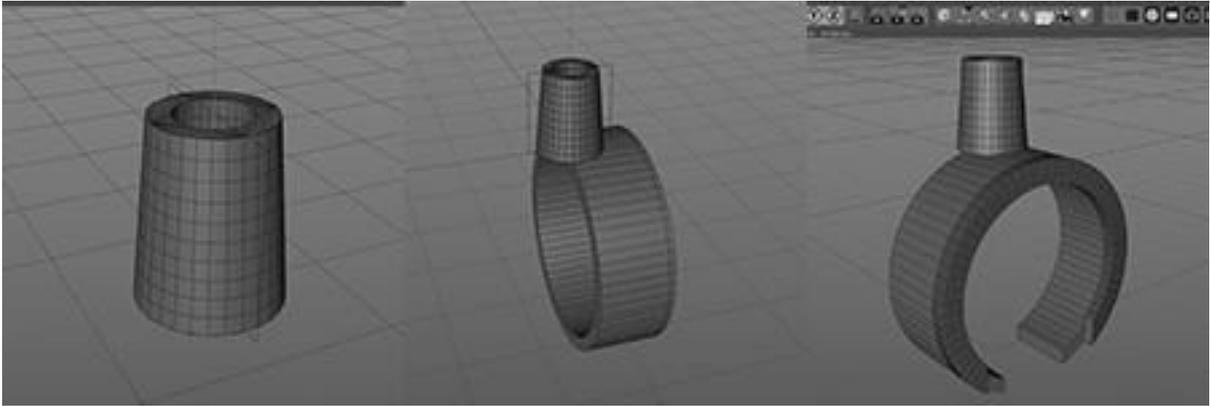


Fonte: O Autor (2021).

Com estas informações, foi possível começarmos a modelar e gerar toda o modelo a partir das informações básicas. O Software utilizado para modelar foi o Cinema 4D versão R19. Como o modelo é formado por formas geométricas primitivas, a modelagem 3D foi separada por partes partindo do conector da lateral e assim foi

possível construir todo o corpo. O conhecimento técnico para executar o modelo foi adquirido ao longo da graduação, portanto, não houve necessidade de aprender a modelar.

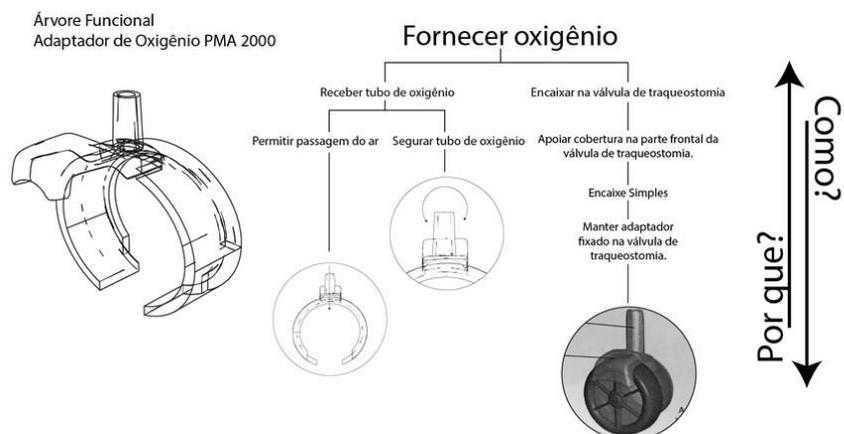
Figura 14 – Construção do modelo tridimensional - Acervo Pessoal



Fonte: O Autor (2020).

De modo a compreender melhor sobre o adaptador, resolvi aplicar o método de análise sistemática das funções segundo Baxter (MIKE R. BAXTER, 2000). De forma simplificada, a análise sistemática da função propõe que nós listemos as funções, a função principal, as funções básicas, ordenar funções secundárias e por fim determinar uma árvore funcional.

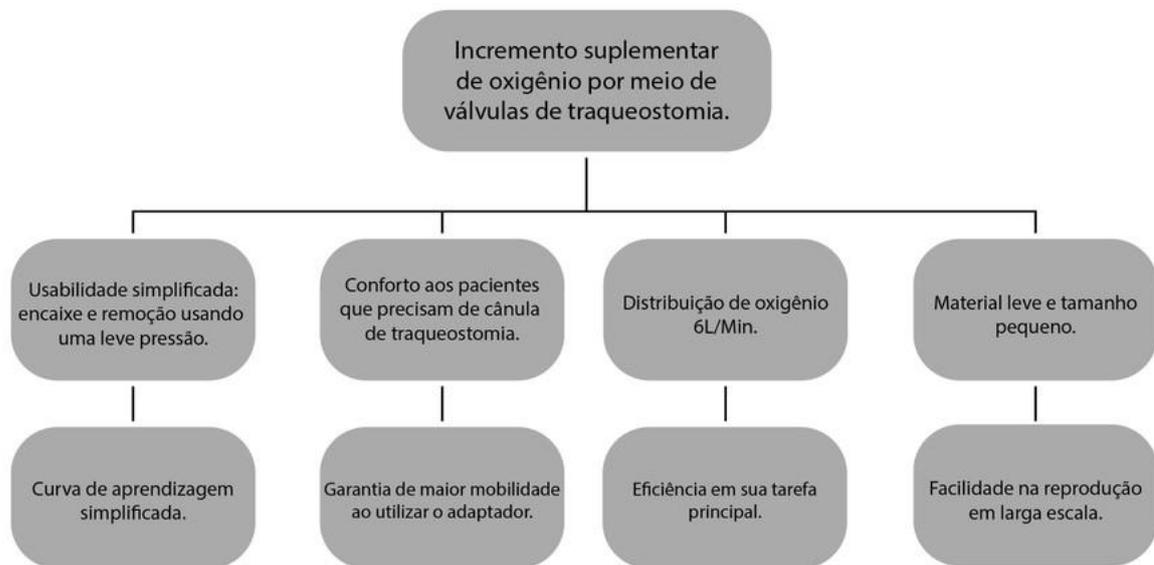
Figura 15 – Árvore Funcional do adaptador PMA 2000



Fonte: O Autor (2020).

Ao propor a decomposição global das funções (BACK *et al.*, 2008), optamos por identificar e extrair princípios de solução para cada função elementar. Sendo assim a figura a seguir nos mostra a necessidade de garantir a mobilidade do paciente, manter a eficiência de sua tarefa principal e a facilidade na reprodução em série, da peça.

Figura 16 – Decomposição Global da Funções - PMA 2000



Fonte: O Autor (2020).

Contudo, conseguimos compreender as necessidades de melhorias e oportunidades na iteração do modelo tridimensional final. Na próxima etapa iremos explorar, tanto a aplicação destas possíveis modificações e melhorias quanto desenvolver a ficha técnica para a reprodução da peça.

4.3 IMPLEMENTAÇÃO

Tabela 3 – Tabela - Etapa 3 - Momento de Implementação



O QUE É?	O QUE FAZER?	COMO FAZER?
<ul style="list-style-type: none"> • Testes e Ajustes organização da produção. • Verificações finais e Viabilização da produção 	<ul style="list-style-type: none"> • Testar a(s) alternativas escolhidas; • Especificar os itens para produção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver modelos/ protótipos finais; • Fazer arquivos digitais para edição posterior e para produção (arquivos em curvas/vetor, imagens);
	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar e definir terceiros para produção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar e avaliar orçamentos;
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicar recomendações gerais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entregar materiais e documentos digitais (separados por pastas e em mídia digital)

Fonte: <http://ngd.ufsc.br/godp/> (2020)

Haja visto a escala e a necessidade de reprodução local da peça, a melhor de impressora 3D são as de SLA. Ao buscar modelos vendidos em comércio brasileiro, conseguimos achar duas opções que atenderiam a demanda de acordo com suas tecnologias e capacidade de impressão.

Figura 17 – Anycubic Photon Zero - Impressora de SLA



Impressora 3D Anycubic Photon Zero

Código: photonzero Marca: Anycubic

Adicionar aos favoritos

R\$ 2.397,00
R\$ 1.967,00

até 10x de R\$ 196,70 sem juros
 ou R\$ 1.789,97 via Boleto Bancário

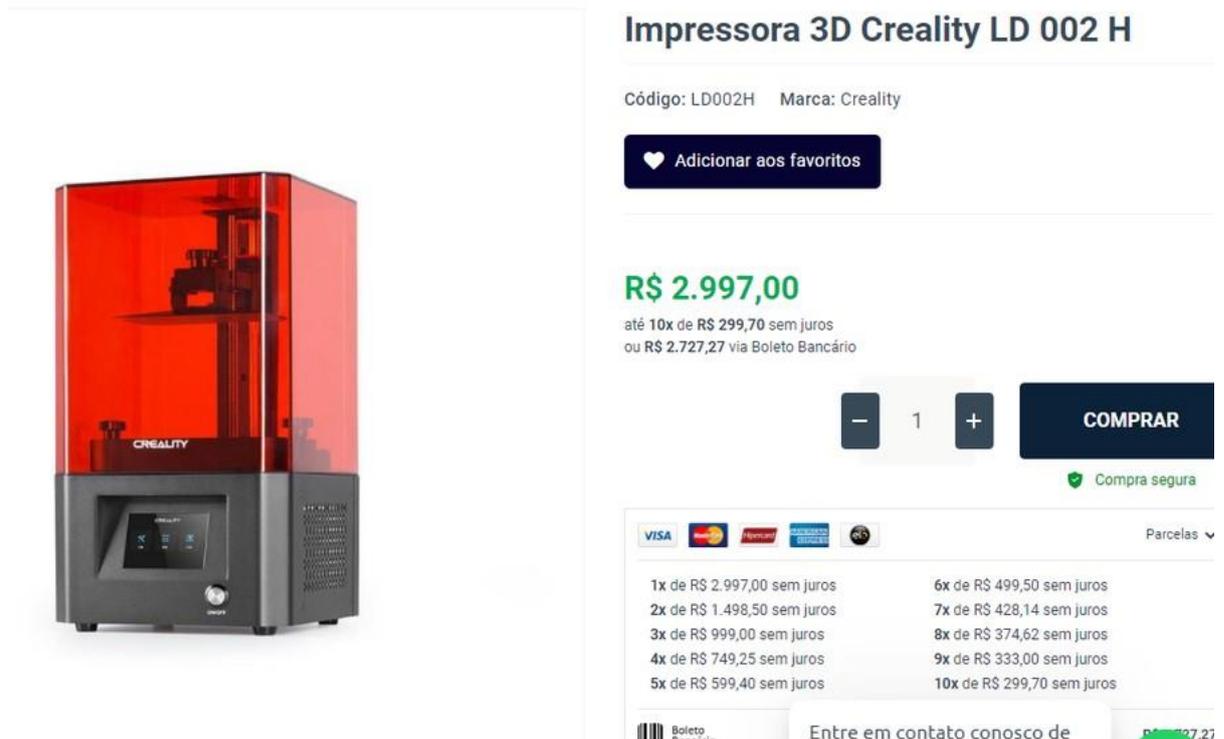
- 1 + **COMPRAR**

Compra segura

Fonte: [https://www.lojavolt3d.com.br/impressora-3d-anyubic-photon-zero?utm_source=Site&utm_medium=Goog leMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant](https://www.lojavolt3d.com.br/impressora-3d-anyubic-photon-zero?utm_source=Site&utm_medium=Goog%20leMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant)

Com um valor médio de R\$ 2.000,00, a Anycubic Photon Zero possui tecnologia SLA baseado em LCD e anti-aliasing de 16x que suaviza as curvas das peças. A impressora em questão possui uma área de impressão de 97 mm x 54 mm x 150 mm e uma fonte de luz UV de 405 nm de comprimento de onda.

Figura 18 – Impressora Creality LD 002 H - Impressora de SLA



Impressora 3D Creality LD 002 H

Código: LD002H Marca: Creality

Adicionar aos favoritos

R\$ 2.997,00
 até 10x de R\$ 299,70 sem juros
 ou R\$ 2.727,27 via Boleto Bancário

1 **COMPRAR**
 Compra segura

VISA Mastercard American Express Boleto Bancário Parcelas

1x de R\$ 2.997,00 sem juros	6x de R\$ 499,50 sem juros
2x de R\$ 1.498,50 sem juros	7x de R\$ 428,14 sem juros
3x de R\$ 999,00 sem juros	8x de R\$ 374,62 sem juros
4x de R\$ 749,25 sem juros	9x de R\$ 333,00 sem juros
5x de R\$ 599,40 sem juros	10x de R\$ 299,70 sem juros

Boleto Bancário Entre em contato conosco de R\$ 2.727,27

Fonte: <https://www.lojavolt3d.com.br/impressora-3d-creality-ld-002-h> (2020)

A Creality tem um valor médio de R\$ 3.000,00, possui área de impressão útil de 130 mm x 82 mm x 160 mm, display LCD monocromático de 2K que permite aumentar a solidificação da resina com tempo de 1 a 4 segundos, possui resolução de 1620 x 2560 garantindo detalhes mais definidos no modelo impresso com precisão de 51 μ m. A LD 002 H possui um módulo de luz UV que atinge 8000 uw/cm² que aumenta a taxa de sucesso da impressão.

Figura 19 – Resina Eco Plant 500ml da marca Anycubic

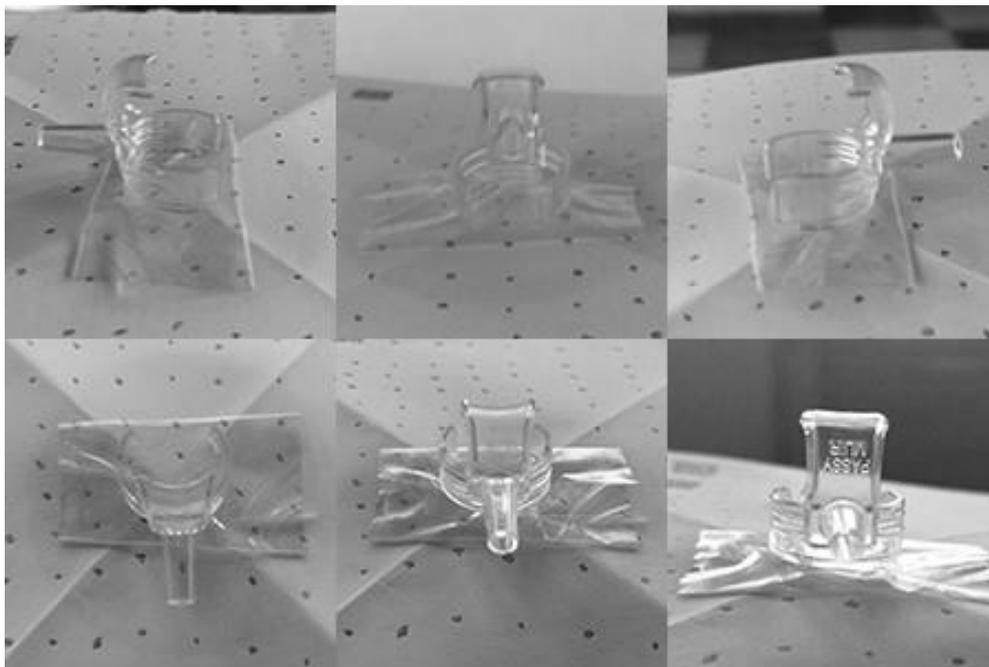


Fonte: <https://www.anycubic.com/products/anycubic-plant-based-uv-resin> (2020)

De todas as resinas disponíveis no mercado brasileiro, a que melhor se adequará ao projeto é a Resina Eco Plant 500ml da marca Anycubic. Produzida a partir do óleo de soja, esta resina garante qualidade final, compatibilidade com as impressoras sugeridas e rápido tempo de cura (ANYCUBIC PLANT-BASED UV RESIN, 2021). O custo médio do frasco com 500ml é de R\$340.

Para que haja uma melhor compreensão, resolvemos fotografar o adaptador de oxigênio em diversos ângulos diferentes. Sendo assim o processo de finalização da modelagem 3D irá respeitar o modelo original baseado em suas vistas em diversos ângulos.

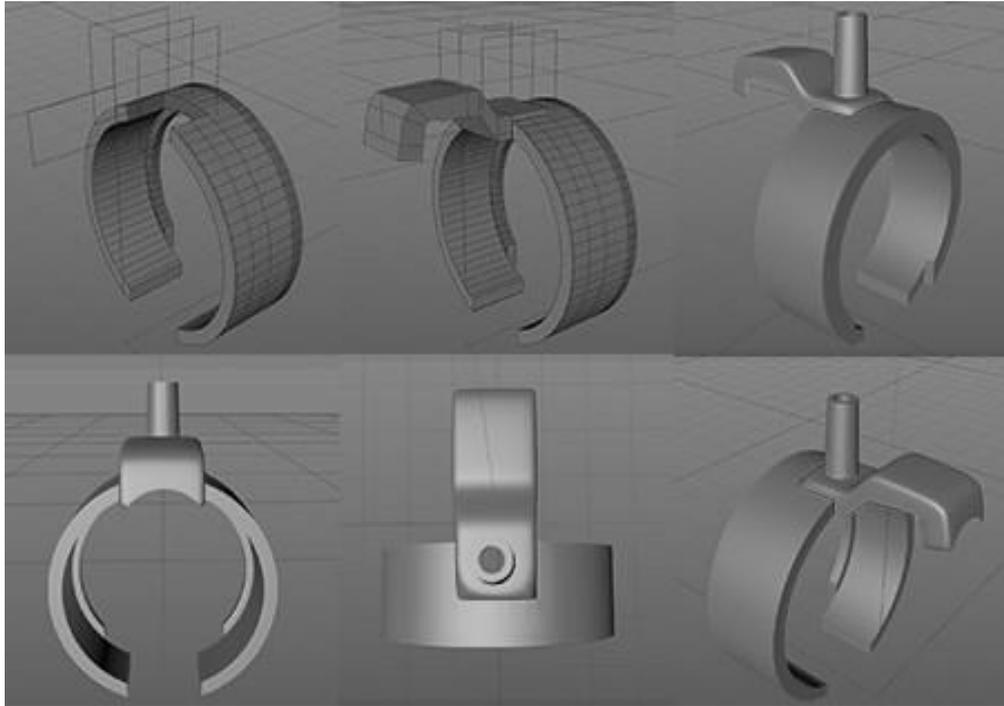
Figura 20 – Registro fotográfico - PMA 2000



Fonte:O Autor (2020).

O conceito de protótipo final tem como base as características físicas e volumétricas do produto original, garantindo assim a reprodução para um uso imediato. Haja vista a necessidade de propor melhorias em sua estrutura fragilizada no conector de porta lateral, deixamos como sugestão para testes, cinco alternativas, com características de protótipo.

Figura 21 – Finalização da modelagem - protótipo final.



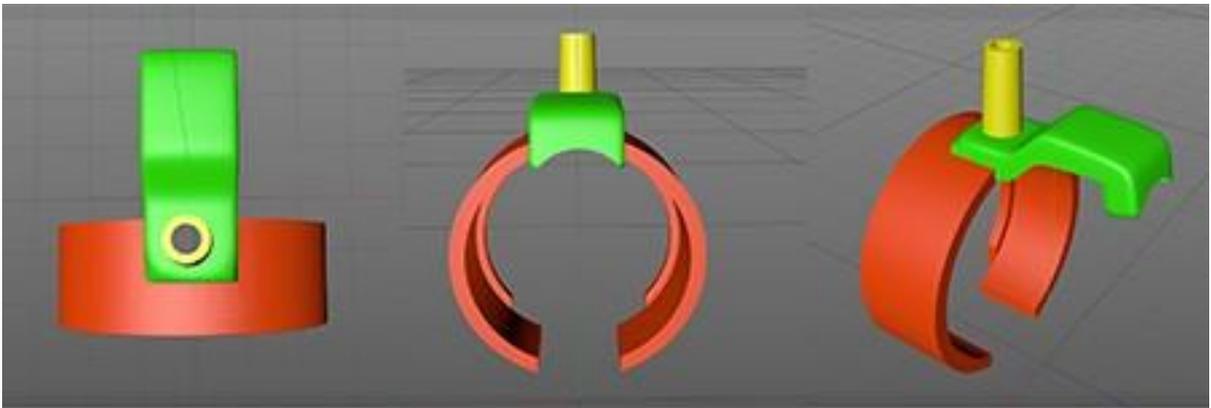
Fonte:O Autor (2020).

Dando continuidade ao levantamento de recomendações gerais, simular a impressão em software nos dará uma noção do tempo de impressão requerido e a quantidade média de peças que podem ser impressas de uma só vez. O Software usado para simular é o Photom Workshop, disponibilizado gratuitamente pela marca Anycubic. Assim estes dados servirão para o usuário que irá executar as impressões do adaptador. No capítulo a seguir serão apresentados os resultados.

5 RESULTADOS

O Objetivo final é testar a viabilidade de impressão 3D desta peça, considerando os problemas anteriormente citados. Sua finalidade é executar um trabalho acadêmico e não havendo fim comercial. Devido ao contexto atual de pandemia, não será possível executar testes presenciais do produto. Independentemente não há intenção de substituir a peça original, no entanto, a viabilidade técnica aqui apresentada é uma prova conceitual do uso da impressão 3D numa iminente falta do insumo.

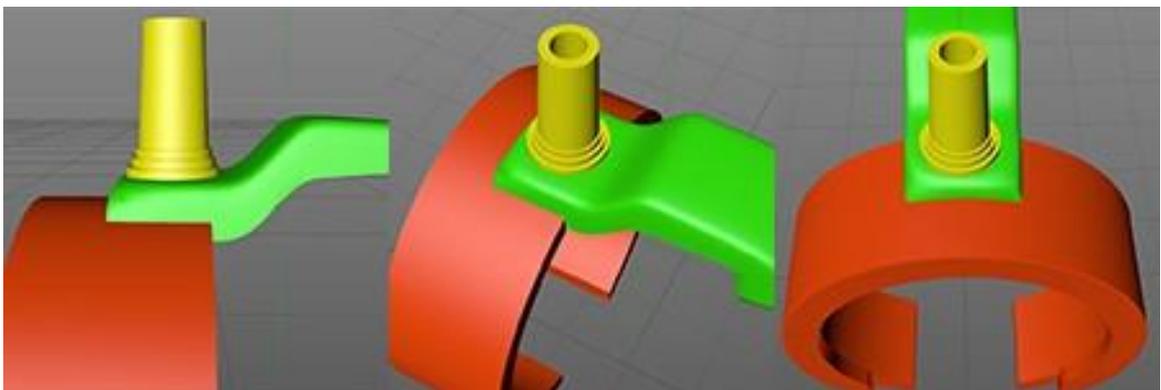
Figura 22 – Primeira iteração para testes



Fonte:O Autor (2020).

A primeira iteração do adaptador de oxigênio foi feita com o intuito de compreender o modelo e chegar o mais próximo da geometria original. Sendo assim temos um modelo de referência para poder executar as modificações.

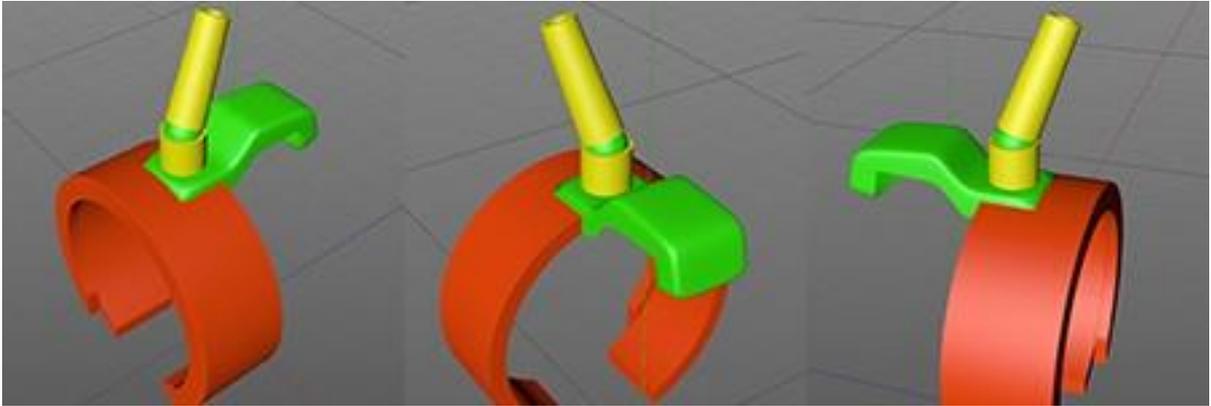
Figura 23 – Segunda iteração para testes - Reforço no conector da porta lateral.



Fonte:O Autor (2020).

Na segunda iteração fizemos uma implementação de reforço no conector da porta lateral, sendo assim uma sugestão inicial de melhoria no modelo.

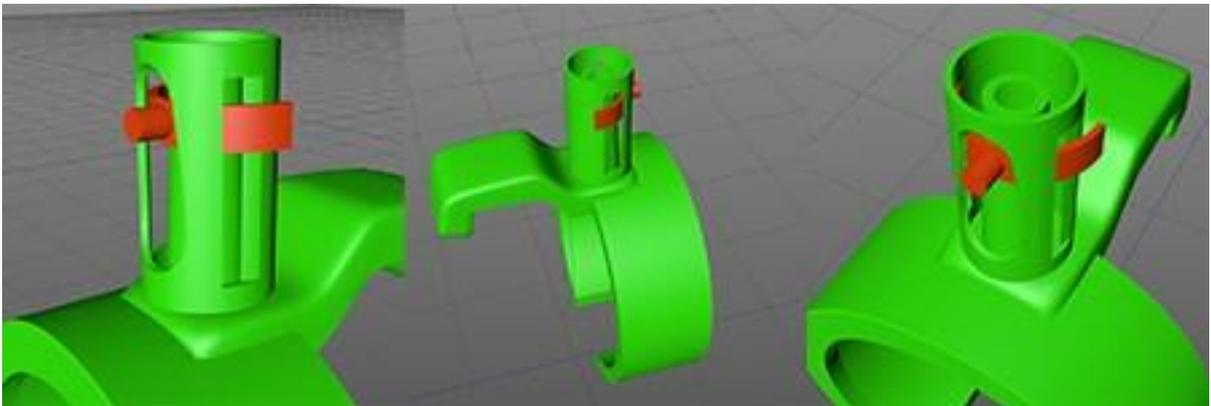
Figura 24 – Terceira iteração para testes - cabeça móvel do tipo “ballhead”



Fonte:O Autor (2020).

Na terceira iteração resolvemos implementar uma modificação no conector da porta lateral, assim criando uma parte móvel que permite a mobilidade da peça em ângulos não tradicionais.

Figura 25 – Quarta iteração - Presilha do tubo de oxigênio

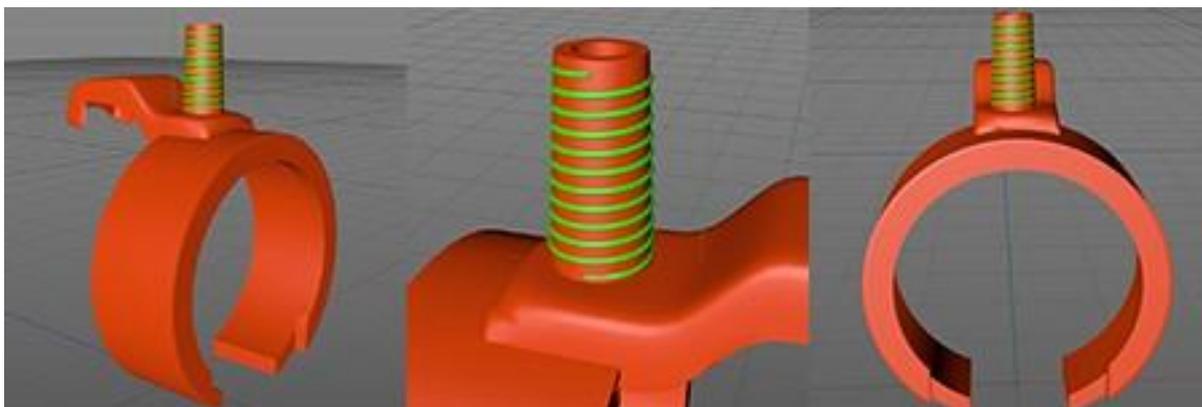


Fonte:O Autor (2020).

Na quarta iteração é sugerido a criação de uma presilha de pressão. Além do adaptador de oxigênio, seria necessário criar uma peça móvel que seria impressa à parte. Esta solução me leva a crer que não iríamos atingir um nível desejável de praticidade.

Portanto, descarto tal possibilidade de implementação.

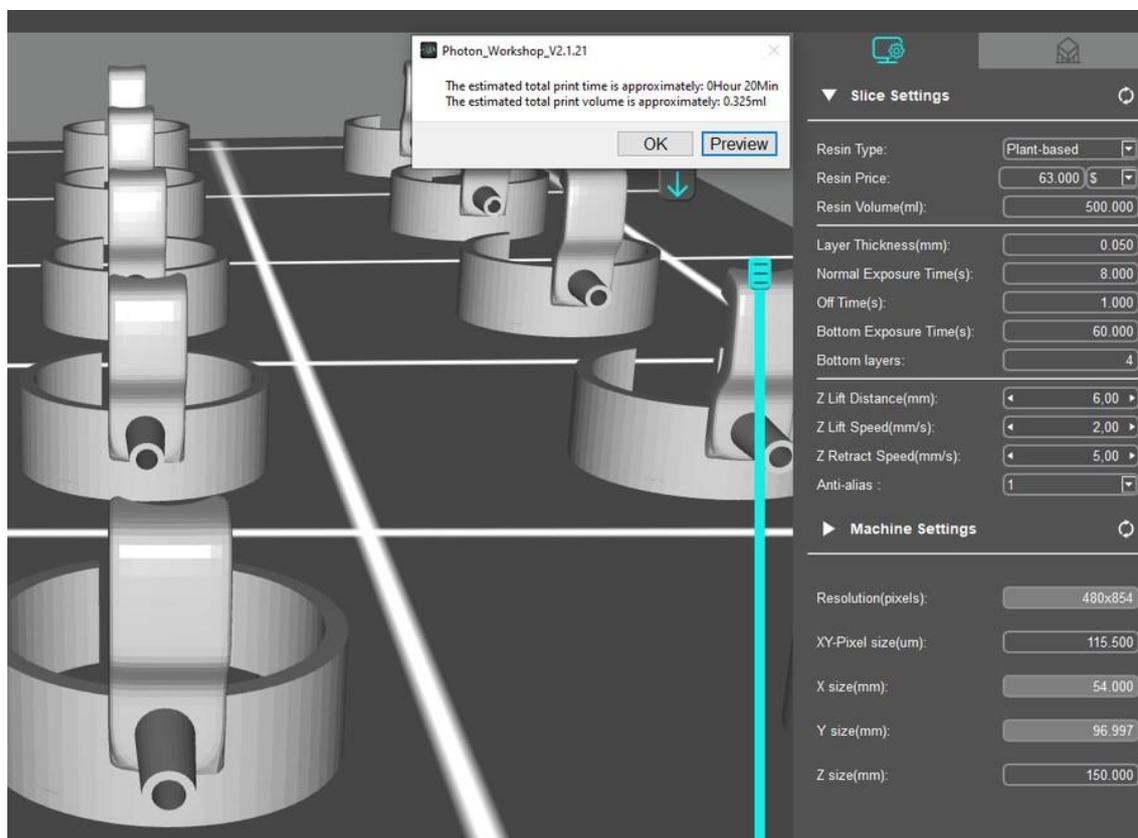
Figura 26 – Quinta iteração - Mola de reforço



Fonte:O Autor (2020).

Na quinta iteração foi criado um sistema de mola que iria reforçar o conector da porta lateral. Sendo assim um reforço focado na mecânica. Esta solução também não me leva a crer que iríamos deixar a peça mais complexa e assim podendo atrapalhar a sua produção em série. Também descarto tal possibilidade.

Figura 27 – Simulação de impressão



Fonte:O Autor (2020).

Os dados finais apresentados pela simulação no software, foram de 20 minutos para impressão de 50 unidades. Gastando apenas 0.336ml da Resina Eco Plant da Anycubic. O custo médio por impressão ficou de R\$ 0,21 na cotação do dólar do primeiro semestre do ano de 2020.

Figura 28 – Impressão em SLA - Adaptador de Oxigênio modelado - Primeira Iteração



Fonte:O Autor (2020).

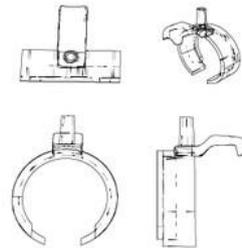
De todas as opções aqui apresentadas, optamos por fazer a simulação de impressão da peça original para que fosse possível verificar custo-benefício. Conforme previsto em software a impressão ocorreu de forma a permitir observar e concluir esta hipótese da reprodução do adaptador de oxigênio em SLA.

Os resultados da impressão serão distribuídos em uma ficha técnica. Assim podemos manter o padrão de qualidade estabelecido e a facilitação na hora da implementação da produção do adaptador de oxigênio. A ficha irá conter todos os materiais, configurações e requisitos técnicos já definidos.

Figura 29 – Ficha técnica elaborada para a finalização deste projeto.

FICHA TÉCNICA - IMPRESSÃO EM SLA

Nome: Adaptador de oxigênio
 Modelo: PMA 2000 Adaptado para impressão 3D
 Cor: Translúcido
 Modelo pronto para impressão em manufatura aditiva, utilizando tecnologias de SLA (Stereolitografia).



Prévia do modelo pronto para impressão

<i>Impressora - Anycubic Photon Zero - SLA</i>				
Modelo	Potência	Velocidade	Tipo de Resina	Área de impressão
Anycubic Photon Zero	30W	30 mm/h	405 nm Fotosensível	97 mm x 54 mm x 150 mm

<i>Resina Eco Plant</i>					
Dureza	Viscosidade	Encolhimento	Tempo de vencimento	Densidade sólida	Comprimento de onda
84D	150MPa.s (25°) 300MPa.s (25°)	3.72% 4.24 %	1 ano	1.05gcm ³ 1.25gcm ³	355nm 410nm
Força de Flexão	Força de Extensão	Temperatura de Vitrificação	Deformação térmica	Alongamento na ruptura	Expansão térmica
59MPa 70MPa	36MPa 52MPa	100°C	80°C	11% 20 %	95*E-6

<i>Configurações básicas de impressão</i>				
Espessura da camada	Tempo de exposição	Intervalo	Tempo de exposição inferior	Antisserrilhamento
0.050mm	8 Segundos	1 Segundo	60 segundos	1

OBS.: Máquina configurada com tamanho de pixel XY: 115.500 (um), tamanho em X: 54 (mm), tamanho em Y: 96.997 (mm), tamanho em Z: 150 (mm)

Esta ficha técnica foi usada para um projeto de reprodução de 50 unidades do adaptador PMA2000. Tais configurações garantem um tempo estimado de 20 minutos de impressão, com previsão de 0.336ml de volume de resina. Os custos com a resina poderão variar de acordo com a cotação do dólar ou o valor médio do tubo de resina utilizado. O Custo médio final por impressão deste projeto ficou de R\$ 0,21 (cotação do dólar no primeiro semestre de 2020).

Os valores supracitados foram registrados conforme pesquisa e requisitos técnicos para execução de um projeto. Cabe ao atual projetista adequar a quantidade necessária que atenda a sua demanda pessoal. Os valores aqui registrados irão garantir uma qualidade de impressão e padronização na hora de adaptar o projeto ao modelo de impressora usado ou ao tipo de resina que vier a ser usada. Tais modificações são de estrita responsabilidade do projetista ou responsável pelo projeto.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo alcançar um detalhamento técnico e provar a viabilidade de impressão 3D de uma peça que é fabricada com métodos tradicionais. Ao apresentar excelentes resultados podemos considerar este um embrião para implementação de processos de manufatura aditiva em setores que não estejam ligados diretamente ao Design, assim como o setor de saúde. Dado o momento de pandemia não foi possível executar uma impressão do modelo proposto, em contrapartida, os registros e o arcabouço projetual aqui alcançados, servirão como guia para adaptação de qualquer outro projeto similar e o arcabouço aqui criado servirá como uma sugestão para estudos posteriores.

O trabalho do Designer ao seguir uma metodologia projetual visa padronizar processos com a finalidade de melhorar situações, resolver problemas dar melhor qualidade de vida para outros seres humanos. Ao aplicar a metodologia GODP (MERINO, 2016), pude reiterar a eficácia de sua proposta estrutural e considero um dos fatores facilitadores que me permitiu coletar os dados de forma simplificada e assim montar este trabalho aqui proposto. Tendo em vista todo o desenvolvimento deste projeto, consigo enxergar as transformações de setores já consolidados e o quanto o papel do Design de produto pode ser fundamental para que possamos atuar de forma a criar soluções na combinação de procedimentos tradicionais junto com a inovação e a implementação de novas tecnologias. Acredito também na importância do valor social do projeto, tendo em vista a realidade de nosso país e o quanto passamos por dificuldades com incentivos governamentais, assim como aconteceu em 2019, visto a aprovação da emenda constitucional que congelou os gastos públicos em 20 anos (MARIANO, 2017). Com a colaboração do Design de produto e o Design 3d, no meio social podemos transformar realidades e contribuir no avanço tecnológico e científico nacional.

No decorrer da elaboração deste projeto de pesquisa, houveram dificuldades como a obtenção do adaptador de oxigênio por ter um custo elevado e a impossibilidade de observação de sua utilização in loco. Entretanto, isto não foi determinante para impossibilitar a simulação da produção em ambiente de impressão 3D dado a facilidade da prova de execução do projeto, proporcionada pelos

“softwares” disponibilizados gratuitamente na internet. Tudo me leva a crer que todos os dados aqui coletados serão suficientes para a implementação da reprodução do adaptador de oxigênio PMA 2000. Aqui concluo minha hipótese de que a prototipagem em impressão 3D, mesmo executada em meio simulado (software) permite a reposição de peças e insumos hospitalares, contribuindo assim para a inovação e a evolução no diálogo do Design com outras áreas.

REFERÊNCIAS

3D PRINT OF THE ANATOMICAL MODEL OF THE SKULL. *3D Gence*. 2020. Case studies. Disponível em: <<https://3dgence.com/case-studies/preoperative-planning-3d-printedanatomical-model/>>. Acesso em: 26/02/2021.

ANYCUBIC PLANT-BASED UV RESIN. **Anycubic**. 2021. Marketplace/Website. Disponível em: <https://www.anycubic.com/products/anycubic-plant-based-uv-resin?variant=31264116932739>. Acesso em: 02/04/2021.

APIS COR RAISES 6M FOR ITS CONSTRUCTION 3D PRINTING BUSINESS. **VictorAnusci**. 2017. Disponível em: <https://www.3dprintingmedia.network/apis-cor-raises-6mconstruction-3d-printing-business/>. Acesso em: 19/01/2020.

ARE 3D PRINTED DRUGS THE FUTURE OF PERSONALIZED MEDICINE? **3D Natives**. 2020. Disponível em: <https://www.3dnatives.com/en/3d-printed-drugs-personalizedmedicine-140520204/#!> Acesso em: 10/02/2021.

BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produtos::** planejamento, concepção e modelagem. 1. ed. Baruei: Manole, 2008. ISBN 978-85-204-2208-3.

BAHIA, I. P.; AVELAR, J. P.; ALBERTO, I. C. Contribuições do Design de Serviços na Saúde Pública: a Unidade Básica de Saúde - UPA. **Colóquio Internacional de Design 2017**, Blucher Design Proceedings, v. 4, n. 3, p. 194 – 206, 2018. ISSN2318-6968. Issn = “2318-6968” doi =“<http://dx.doi.org/10.5151/cid2017-17>”. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/contribuies-do-design-de-serviosna-sade-pblica-a-unidade-basica-de-sade-upa-28127>. Acesso em: 25 de maio de 2020.

BATE, P.; ROBERT, G. Experience-based design: from redesigning the system around the patient to co-designing services with the patient. **BMJ Quality & Safety**, v. 15, n. 5, p. 307 – 310, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/qshc.2005.016527>.

CAVALCANTI, M. **Pernambuco endurece isolamento contra coronavírus em cinco municípios; veja locais e novas regras**. 2020. Portal Jornal do Commercio. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/pernambuco/2020/05/5608784-pernambuco-endureceisolamento-contracoronavirus-em-cinco-municipios--veja-locais-e-novas-regras.html>. Acesso em: 15/06/2020.

CHUA, C. K.; LEONG, K. F.; LIM, C. S. Rapid Prototyping. **Rapid Prototyping: Principles And Applications**, Singapura, v. 3, n. 01, p. 1 – 540, Janeiro 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1142/6665>.

CONHEÇA OS TIPOS DE IMPRESSÃO 3D E OS SEUS BENEFÍCIOS. **3D LAB**. 2018. Blog. Disponível em: <https://3dlab.com.br/tipos-de-impressao-3d-e-beneficios/>. Acesso em: 12/11/2020.

ESCOLA POLITÉCNICA - UFBA. **Moldagem por Injeção**. 2004. Disponível em: <http://www.ferramentalrapido.ufba.br/moldagemporinjecao.htm>. Acesso em: 25/02/2020.

ESTEREOLITOGRAFIA. **3D Systems**. 2016. Information guides. Disponível em: <https://br:3dsystems.com/resources/information-guides/stereolithography/sla>. Acesso em: 08/04/2020.

FERRANTE, M. **A Materialização da Idéia: Noções de Materiais para Design de Produto**. 1. ed. RIO DE JANEIRO: LTC, 2010. 212 p.

FERREIRA, D. *et al.* Development of low-cost customised hand prostheses by additive manufacturing. **Plastics, Rubber and Composites**, [S.l.], v. 47, n. 1, p. 25 – 34, 12/12/2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/14658011.2017.1413793>.

ISO. **ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; ASTM AMERICAN SOCIETY OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR TESTING AND MATERIALS. ISO/ASTM 52900:2015 (E): standard terminology for additive manufacturing general principles - terminology**. Genève: ISO; West Conshohocken: ASTM International: [s.n.], 2016. Acesso em: 08/02/2020.

MANNOOR, M. S. *et al.* 3D Printed Bionic Ears. **Nano Letters**, v. 13, n. 6, p. 2634 – 2639, 6 maio 2013.

MARCELO NUNES. **Impressão 3D e Saúde—Desafios e Oportunidades**. 2016. Homepage. Disponível em: <https://www.cesar.org.br/index.php/2016/12/12/24395/>. Acesso em: 08/02/2020.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 310 p. ISBN 85-224-3397-6.

MARIANO, C. M. Emenda constitucional 95/2016 e o teto dos gastos públicos: Brasil de volta ao estado de exceção econômico e ao capitalismo do desastre. **Revista de Investigações Constitucionais**, Universidade Federal do Parana, v. 4, n. 1, p. 259 – 281, FEVEREIRO 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rinc.v4i1.50289>.

MERINO, G. S. A. D. **GODP – Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos: Uma metodologia de Design Centrado no Usuário**. 2016. Tese (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção) — Florianópolis: Ngd/Ufsc. Disponível em: <http://ngd.ufsc.br/>. Acesso em: 12 jul. 2016.

MIKE R. BAXTER. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2000. ISBN 978- 85 -212-0265-5.

NASCIMENTO, D. E. **Projetando Produtos Sociais**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2009. v. 1. 108 p.

SENAI - ES. **Mecânica: Metrologia Básica**. 2014. Blog. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/arquivos/70/70.pdf>. Acesso em: 25/02/2020.

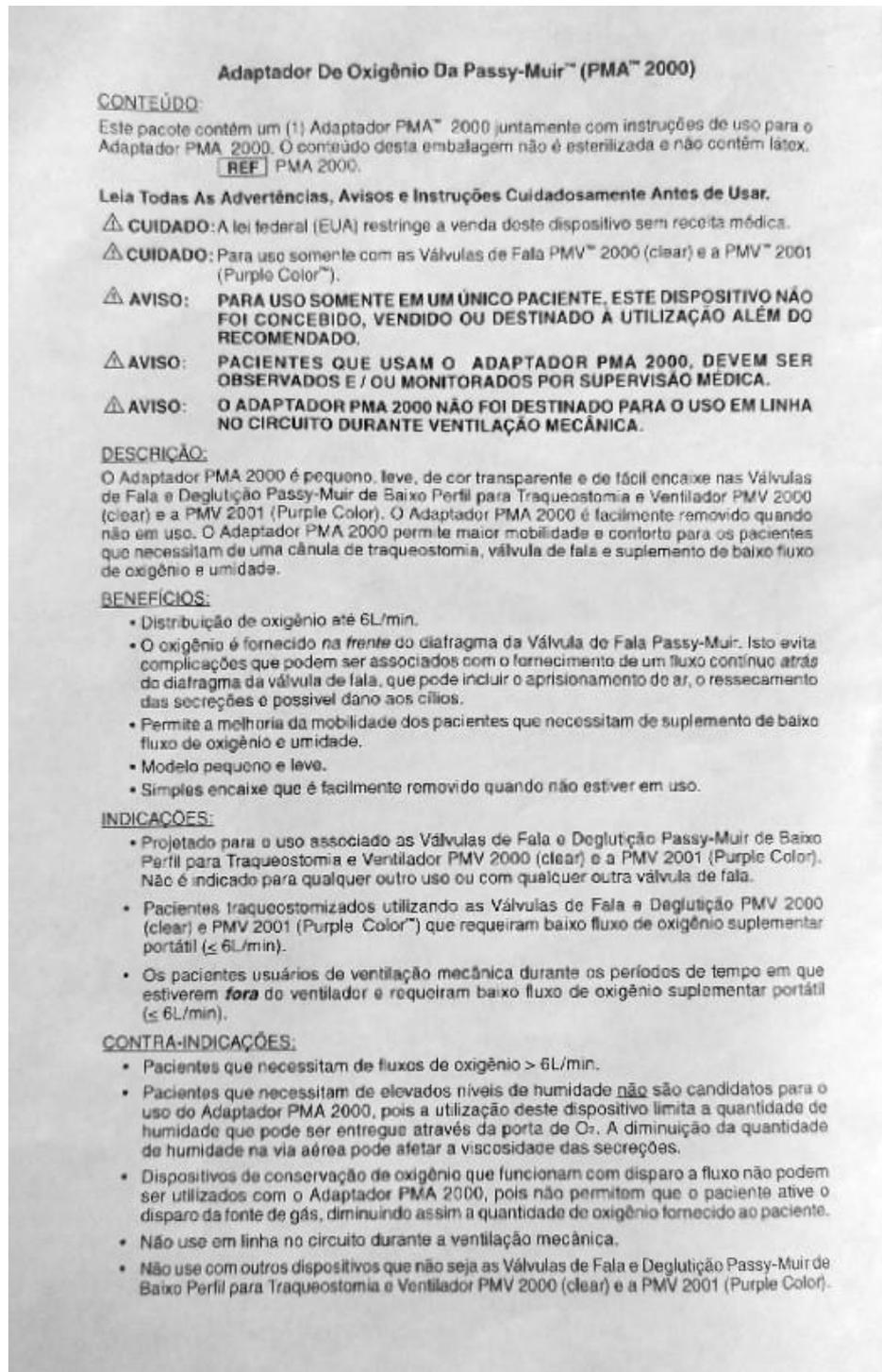
TRAQUEOSTOMIA: O QUE É, PARA QUE SERVE E MODOS VENTILATÓRIOS. **Cpaps**. 2020. Blog. Disponível em: <https://www.cpaps.com.br/blog/traqueostomia-o-que-e-para-que-serve-modos-ventilatorios/>. Acesso em: 10/09/2020.

VITALAIRE. **O que é Oxigenoterapia Entenda sobre a terapia e quem precisa**. 2020. Disponível em: <https://www.vitalaire.com.br/nossos-servicos-oxigenoterapia/oxigenoterapiao-que-e>. Acesso em: 10/07/2020.

VOLPATO, N. **Manufatura aditiva**: tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo: Blucher, 2017. 44 p.

ANEXO A – MANUAL TRADUZIDO ADAPTADOR DE OXIGÊNIO PMA 2000

PÁGINA 1



Fonte: <https://www.passy-muir.com/wp-content/uploads/2019/05/IBO2.pdf> (2020)

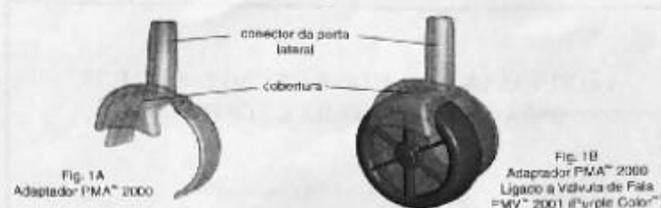
ANEXO B – MANUAL TRADUZIDO ADAPTADOR DE OXIGÊNIO PMA 2000

PÁGINA 2

COLOCAÇÃO:

As instruções a seguir são somente para o Adaptador PMA™ 2000. Consulte as instruções de avaliação para as Válvulas de Fala PMV 2000 (clear) e PMV™ 2001 (Purple Color™) no *Manual de Instruções da Passy-Muir*.

- Antes de colocar a Válvula de Fala da Passy-Muir na cânula de traqueostomia, conecte o tubo de oxigênio no conector da porta lateral (Fig. 1A), na porção lateral do Adaptador PMA 2000 para garantir uma fixação segura.



- Encaixe o Adaptador PMA 2000 suavemente na posição lateral, da Válvula de Fala e Deglutição Passy-Muir de Baixo Perfil para Traqueostomia e Ventilador PMV 2000 (clear) ou PMV 2001 (Purple Color). As curvaturas das duas partes devem encaixar firmemente uma ao outro, sem espaços ou interferências do pequeno orifício PMV™ Secure-It,™ que está moldado no lado da Válvula de Fala Passy-Muir.™ Quando o dispositivo estiver conectado corretamente, o conector (ver Fig. 1B) do Adaptador PMA 2000 deve sobressair da borda frontal da Válvula Passy-Muir, a fim de fornecer oxigênio diretamente em frente do diafragma da válvula.

- Depois que o Adaptador PMA 2000 foi encaixado na Válvula Passy-Muir (com o tubo de oxigênio já conectado), a Válvula Passy-Muir pode então ser acoplada à cânula de traqueostomia da maneira convencional (veja o *Manual de Instruções da Passy-Muir*).

⚠ AVISO: EM COMPARAÇÃO AO FORNECIMENTO DE OXIGÊNIO ATRAVÉS DE UM COLAR TRAQUEAL, O ADAPTADOR PMA 2000 É UM FORNECIMENTO DE OXIGÊNIO DE SISTEMA ABERTO. PORTANTO, A DISTRIBUIÇÃO DE FIO₂ ATRAVÉS DO ADAPTADOR PMA 2000 PODE SER DIFERENTE DO QUE COM O USO DE UM COLAR TRAQUEAL. O MÉDICO DEVE USAR MÉTODOS COMO OXIMETRIA DE PULSO PARA GARANTIR A TITULAÇÃO DE O₂ QUANDO USAR O ADAPTADOR PMA 2000.

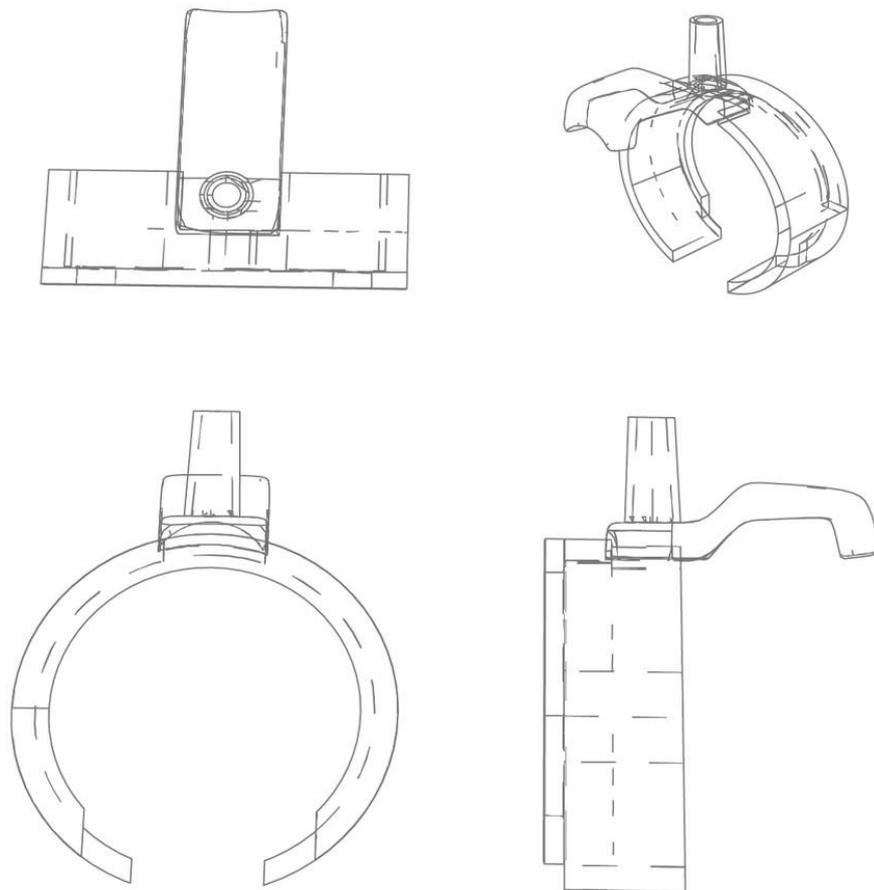
REMOÇÃO:

- Retire a Válvula Passy-Muir da cânula de traqueostomia (de acordo com o *Manual de Instruções da Passy-Muir*).
- Retire o Adaptador PMA 2000 da Válvula de Fala Passy-Muir puxando-o com um movimento suave.
- Remova o tubo de oxigênio do Adaptador PMA.

CONSERVAÇÃO E LIMPEZA:

- O Adaptador PMA 2000 deve ser limpo diariamente para evitar o acúmulo de resíduos no interior da porta de oxigênio e da câmara. Antes da limpeza, retire o Adaptador da Válvula de Fala Passy-Muir e retire o tubo de oxigênio a partir do Adaptador PMA 2000. Lave o Adaptador PMA 2000 e a Válvula de Fala Passy-Muir como unidades separadas (de acordo com as instruções de limpeza para as Válvulas de Fala Passy-Muir, fornecidas no *Manual de Instruções da Passy-Muir*).
- Enxágue o Adaptador PMA 2000 em água morna e sabão neutro (não use água quente).
- Lave o Adaptador PMA 2000 cuidadosamente com água morna.
- Deixe o Adaptador PMA 2000 secar completamente em um ambiente seco e arejado antes de colocá-lo no recipiente de armazenamento que é embalado com a Válvula Passy-Muir.
- Não aplique calor para secar o Adaptador PMA 2000. Não use água quente, água oxigenada, água sanitária, vinagre ou álcool para limpar o Adaptador PMA 2000. Não faça esterilização em autoclave.

**ANEXO C – SILHUETA DO MODELO TRIDIMENSIONAL OBTIDA COM AJUDA
DO SOTWARE RHINOCEROS 3D**



Fonte: O Autor (2020).