

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
MATEUS RODRIGUES BASTOS**

**O USO DE IMPRESSÃO 3D PARA PROTOTIPAGEM NA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA**

Varginha

2021

MATEUS RODRIGUES BASTOS

**O USO DE IMPRESSÃO 3D PARA PROTOTIPAGEM NA INDÚSTRIA
AUTOMOBILÍSTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob a orientação do Prof. Me. Fabiano Farias de Oliveira.

**Varginha
2021**

MATEUS RODRIGUES BASTOS

**O USO DE IMPRESSÃO 3D PARA PROTOTIPAGEM NA INDÚSTRIA
AUTOMOBOLÍSTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof.:

Prof.:

Prof.:

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus pais, pois é graças ao seu esforço que hoje posso concluir o meu curso. Dedico também para aqueles ajudaram a elaborar a pesquisa com êxito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade, aos professores e familiares por terem auxiliado e colaborado na construção deste trabalho. Agradeço também ao professor me. Fabiano Farias de Oliveira, por ter me ajudado a buscar informações e dados sobre o tema proposto.

“Nenhuma Engenharia constrói caráter, mas com caráter se faz os melhores engenheiros.”
Jordan Lucas.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo mostrar como diferentes tecnologias podem auxiliar em diferentes situações, tanto na fabricação quanto no teste de peças que futuramente irão para a produção em massa, a partir disso, realizar uma comparação entre o método de injeção e o método de impressão. O estudo de protótipos feitos a partir da impressão 3D, contribui para a melhoria e facilidade de obtenção de resultados na fabricação de uma peça, seja ela complexa ou não. Para a obtenção dos resultados, foram escolhidos dois equipamentos: uma impressora 3D modelo Creality Ender 3 Pro da empresa Creality, e uma injetora modelo Sandretto SDL-300, a fim de obter o tempo de fabricação, a quantidade de material utilizado, a fabricação custo por peça, e o número de peças feitas por hora, sendo estes os pontos principais. Os objetivos foram alcançados e pôde-se observar que a impressora 3D é a mais indicada para a prototipagem, pois oferece qualidade, precisão e facilidade de alteração em seu modelo, seja ele complexo ou não.

Palavras-chave: Impressão 3D. Impressora 3D. Indústria Automobilística. Prototipagem. Protótipo.

ABSTRACT

This work aims to show how different technologies can help in different situations, both in the manufacturing and testing of parts that will go to mass production in the future, based on this, to perform a comparison between the injection method and the printing method. The study of prototypes made from 3D printing, contributes to the improvement and ease of obtaining results when manufacturing a part, whether complex or not. To obtain results, two equipment were chosen: a of model Creality Ender 3 Pro 3D printer from the company Creality, and a Sandretto SDL-300 model injection molding machine, in order to obtain the manufacturing time, the amount of material used, the manufacturing cost per part, and the number of parts made per hour, these being the main points. The objectives were achieved and it could be observed that the 3D printer is the most suitable for prototyping, as it offers quality, precision and ease of change in your model, whether it is complex or not.

Keywords: Automobile Industry. 3D Printing. 3D Printer. Prototyping. Prototype.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Etapas da impressão 3D camada por camada	13
Figura 02 – Protótipos de lanternas	18
Figura 03 – Modelo 3D da carcaça do difusor	20
Figura 04 – Modelo 3D do protótipo no software Ultimaker Cura	21
Figura 05 – Impressora 3D Creality Ender 3 Pro	22
Figura 06 – Protótipo finalizado ainda com as rebarbas de impressão	22
Figura 07 – Protótipo finalizado sem as rebarbas de impressão	23
Figura 08 – Conjunto completo do difusor.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D – Três dimensões

ABS – Acrilonitrila butadieno estireno

CNC – Controle número computadorizado

etc. – Et cetera

FDM ou FFF – Fabricação com filamento fundido

g – Gramas

m – Metros

mm – Milímetros

PC – Policarbonato

PET – Polietileno tereftalato

PETG – Polietileno tereftalato de etileno glicol

PLA – Ácido polilático

s – Segundos

SLA – Estereolitografia

SLS – Sinterização seletiva a laser

STL – Standard tessellation language

USB – Universal serial bus

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 IMPRESSORA 3D.....	13
2.1 Tipos.....	14
2.2 Métodos de impressão	14
2.2.1 – FDM ou FFF.....	14
2.2.2 – SLA.....	14
2.2.3 – SLS	14
2.3 Filamentos	15
2.3.1 Principais materiais e filamentos.....	15
2.3.1.1 PLA.....	15
2.3.1.2 ABS	15
2.3.1.3 PETG	16
3 PROTOTIPAGEM.....	17
3.1 Fabricação de protótipos	17
4 IMPRESSORA 3D NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	18
5 METODOLOGIA.....	20
5.1 Demonstração do protótipo	20
5.2 Fabricação do protótipo.....	20
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6.1 Resultados obtidos por impressão.....	24
6.2 Resultados obtidos por injeção.....	25
7 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho, teve a finalidade, de estudar a utilização de mais protótipos fabricados em impressoras de três dimensões (3D) na área da indústria automobilística, de modo que ela possa vir a ser mais utilizada, tendo como algumas vantagens, a rapidez, praticidade, qualidade e precisão nas peças teste.

A busca pelo aumento da qualidade, precisão, ganho de tempo e praticidade nos testes dos protótipos feitos a partir da impressão 3D, além de maior conhecimento e controle dos defeitos na peça mais facilmente, são motivos que justificam este trabalho, assim apresentar comparações e vantagens de sua fabricação, de modo a analisar qual método é mais vantajoso de se utilizar e produzir.

No capítulo inicial serão apresentadas informações sobre a impressora 3D, seus tipos, materiais e filamentos; no segundo, algumas informações sobre prototipagem; no terceiro, como a indústria automobilística já está lidando com a tecnologia 3D; no quarto, a metodologia usada para os testes; e no quinto serão expostos os resultados dos produtos fabricados.

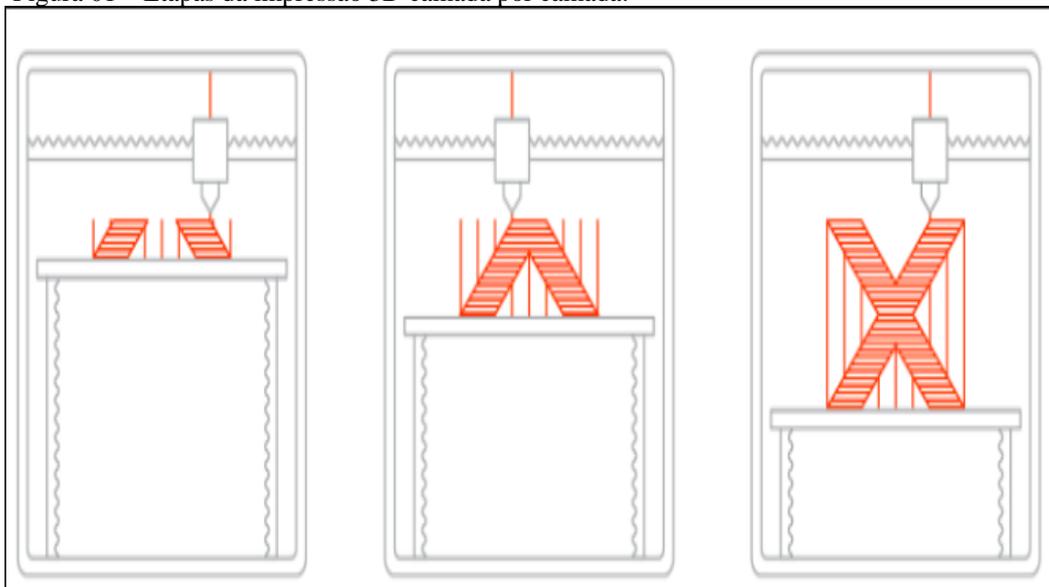
2 IMPRESSORA 3D

A indústria de impressão 3D começou no final da década de 1980 (com alguns experimentos iniciais na década de 1970), mas essas máquinas eram caras demais, deixando seu uso muito limitado na época (CANESSA; FONDA; ZENNARO, 2013).

Em 1988, a jovem empresa 3D Systems, fundada em 1986 pelo engenheiro Chuck Hull, lançou a primeira impressora 3D, intitulada SLA-250. Para o procedimento de impressão, foi utilizado a estereolitografia, que foi uma técnica criada e patenteada por Chuck Hull em 1984. O termo “impressão 3D”, não existia ainda naquela época. A impressora 3D foi um verdadeiro sucesso desde o início no mundo industrial. O formato *Standard Tessellation Language* (STL), que hoje é o formato padrão utilizado, é de origem da 3D Systems (BERCHON; LUYT, 2014).

Todas impressoras 3D tem algo em comum, mesmo tendo inúmeros processos diferentes, já que vão formando o objeto camada por camada. Essa técnica é chamada de manufatura aditiva, já que a impressora vai adicionando material camada por camada até formar o objeto, que consiste na solidificação dessas camadas (BERCHON; LUYT, 2014). Exemplo das etapas de adição de material camada por camada pode ser vista na figura 01 abaixo.

Figura 01 – Etapas da impressão 3D camada por camada.



Fonte: All3P (2019).

2.1 Tipos

Existem vários tipos de impressoras 3D, podendo elas serem divididas em dois grandes grupos, sendo aquelas que vão adicionando material camada por camada (por deposição) e aquelas que vão compactando o material (por compactação) (VIZOSO, 2018).

2.2 Métodos de impressão

Existem diversas tecnologias de impressão, mas as mais utilizadas são a fabricação com filamento fundido (FDM ou FFF), estereolitografia (SLA), e a sinterização seletiva a laser (SLS) (WISHBOX, 2018).

2.2.1 FDM ou FFF

É o processo em que a impressora deposita material fundido camada por camada em uma rota predeterminada. Seu material vem em forma de filamentos, sendo os seus materiais polímeros termoplásticos. Desenvolvida por Scott Crump (fundados da Stratasys em 1990), é a tecnologia de impressão 3D mais utilizada no mundo (VIZOSO, 2018).

2.2.2 SLA

É um processo que consiste na utilização de uma luz ultravioleta para solidificar uma resina depositada em camadas, sendo esse processo caracterizado pelo elevado grau de detalhamento e acabamento no produto final (SOARES; BORTOLUZZI; SOUZA, 2019).

Segundo Vizoso (2018), é o processo mais lucrativo que existe, com peças de alta precisão e acabamento totalmente liso.

2.2.3 SLS

Uma impressora SLS, funciona a partir da deposição de náilon fino camada por camada, onde um laser vai derretendo esse náilon fino e fundindo a forma do objeto, sendo esse processo repetido várias vezes até o término do objeto. E o pó não fundido que fica sobressalente, fornece suporte para as peças conforme elas são construídas, fazendo com que essas peças permaneçam no lugar durante a impressão (HAUSMAN; HORNE, 2014).

2.3 Filamentos

Os filamentos para impressão 3D, são compostos de polímeros termoplásticos (plásticos que atingem um estado pastoso quando aquecidos) e são produzidos na forma de um fio contínuo que é enrolado em um carretel para venda (WISHBOX, 2016).

O filamento de plástico é enrolado em uma bobina e desenrolada conforme a extrusora vai criando o objeto, assim sempre fornecendo material para a extrusora conforme ela vá movimentando ao longo dos três eixos por um mecanismo controlado por computador, assim endurecendo o material imediatamente após a extrusão (CANESSA; FONDA; ZENNARO, 2013).

2.3.1 Principais materiais e filamentos

Existem diversos tipos de materiais e filamentos para utilização em uma impressão 3D para a fabricação de seus objetos, sendo o ácido polilático (PLA), acrilonitrila butadieno estireno (ABS) e o polietileno tereftalato de etileno glicol (PETG) os mais utilizados no mundo.

2.3.1.1 PLA

O PLA é um dos termoplásticos mais utilizados em impressoras 3D, sendo ela um polímero biodegradável e ecologicamente correto de origem natural e de fontes renováveis, como de cana-de-açúcar, milho e tapioca. Você pode usar uma cama de impressão coberta com fita adesiva, não sendo necessário placa de impressão aquecida. O PLA derrete a uma temperatura bem baixa, em torno dos 160°C, embora grude melhor em torno dos 180°C, tendo a maioria das impressoras PLA, um pequeno ventilador na extrusora para resfriar o material assim que ele é adicionado, evitando que a extremidade quente da extrusora, volte a derreter o material já adicionado anteriormente (HAUSMAN; HORNE, 2014).

O PLA possibilita peças bem detalhadas e com ótima resolução, e que são mais brilhantes do que as feitas com ABS, por exemplo (WISHBOX, 2020).

2.3.1.2 ABS

O ABS é o segundo filamento mais utilizado, sendo um plástico a base de petróleo usado para muitos fins e bem conhecido pelos tijolos de LEGO™. Por ser um filamento a base de

petróleo, emite um cheiro forte e até são considerados perigosos para a saúde, sendo altamente recomendável o uso de ventilação forçada para a extração dos fumos ao imprimir em ABS por longos períodos (CANESSA; FONDA; ZENNARO, 2013).

Para imprimir filamentos em ABS, é preciso estar atento ao processo de empenamento, que é quando o material encolhe e descola algumas de suas camadas. Para evitar o empenamento, é indicado manter a mesa limpa e com temperatura ideal. Seus objetos possuem alta resistência, durabilidade e são indicados para a construção de peças que tendem a sofrer impactos mecânicos (WISHBOX, 2016).

Dados para utilização do ABS:

Temperatura da mesa: Aquecida entre 95°C e 120°C.

Temperatura do extrusor: Aquecido entre 225°C e 240°C.

2.3.1.3 PETG

O PETG é uma versão modificada do politereftalato de etileno (PET), o qual o “G” significa “glicol”, que é adicionado a composição do material durante a polimerização. O resultado é um filamento menos rígido, mais transparente e mais fácil de utilizar que o PET (SANTANA et al., 2018).

O PETG, é um polímero com temperatura de transição vítrea próxima a 80°C, com propriedades mecânicas parecidas às do PET, tendo como vantagens flexibilidades, tenacidade e alta capacidade de processamento (SANTANA et al., 2018).

3 PROTOTIPAGEM

A prototipagem é um termo técnico que explica a prática de prototipar, ou seja, criar um protótipo de algo que deseja produzir (TRYBE, 2020).

A prototipagem é uma ferramenta muito importante, já que possibilita o processo de desenvolvimento de futuros produtos. Com a utilização da prototipagem, a um auxílio no desenvolvimento do produto a ser fabricado, já que possibilita simular o produto real, o que permite identificar erros de projeto e realizar testes em laboratórios por grupos de teste (PALHAIS, 2015).

3.1 Fabricação de protótipos

A fabricação de um protótipo, depende de um modelo 3D para sua fabricação, e a partir desse modelo, a necessidade de uma máquina onde será produzida, podendo ser em tornos de controle numérico computadorizado (CNC), impressoras 3D, máquinas a laser etc. Fazendo com que o equipamento vá retirando material onde não a necessidade, até chegar ao produto final.

4 IMPRESSORA 3D NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

A tecnologia digital 3D tem um enorme impacto na indústria automotiva. No setor em que a inovação tecnológica é causada pelo desejo constante de permanecer competitivo, o desenvolvimento da impressão 3D trará mudanças nos próximos anos devido aos seus enormes benefícios em termos de sustentabilidade econômica e de produção (KNAUF AUTOMOTIVE, 2020).

Usando métodos tradicionais de design, um engenheiro que projeta peças de carros em um computador deve esperar meses para criar um protótipo. Enquanto isso a impressão 3D reduz o tempo de espera a tal ponto, que cada item estará disponível em alguns dias ou em apenas algumas horas, até mesmo um modelo em escala 1:1 de todo o carro a um custo muito menor (KNAUF AUTOMOTIVE, 2020).

Alinhada às mais avançadas tendências mundiais de fabricação, a tecnologia de imprimir em 3D é utilizada pela Volkswagen do Brasil para fazer peças que já estão auxiliando os funcionários no trabalho de produção de automóveis: com a chegada da tecnologia 3D, o processo de fabricação dessas peças teve ganho em produtividade, tempo, qualidade e padronização, otimizando também o uso de material (MECÂNICA ONLINE, 2016).

A impressora 3D revolucionou o processo de criação dos protótipos de veículos. Em poucas horas, ou mesmo minutos, o equipamento fabrica (imprime) peças em resina para o carro protótipo que simulam as reais, com os mesmos formatos e medidas, entre as quais faróis, lanternas, telas de som, revestimentos de colunas, saídas de ar do painel de instrumento, calotas, entre outras (MECÂNICA ONLINE, 2016). Alguns protótipos podem ser vistos na figura 02 abaixo.

Figura 02 – Protótipos de lanternas.



Fonte: Mecânica Online (2016).

Com o avanço da pandemia da Covid-19 este ano, a impressão 3D emergiu como uma tecnologia ágil e eficaz para a produção de equipamentos de proteção individual, de protótipos de equipamentos médicos e de swabs orofaríngeos utilizados na coleta de material para exames. No entanto, a GM, que vem ampliando seus investimentos em impressão 3D nos últimos dois anos, acredita que os benefícios promovidos pela tecnologia continuarão mesmo depois da pandemia. A empresa adicionou, no final do ano passado, 17 impressoras 3D Stratasys FDM, de manufatura aditiva industrial, e passou a produzir ferramentas impressas em 3D para aumentar a velocidade, reduzir o peso e melhorar a eficiência dos custos em suas linhas de produção (INDÚSTRIA 4.0, 2020).

A aplicação da impressão 3D na indústria automobilística vem para substituir a usinagem e reduzir em até 80% os custos com protótipos de peças. Com isso, é possível inovar mais e desenvolver novas soluções em menos tempo e com menores custos. Tudo que o mercado competitivo do segmento automobilístico mais precisava (MUV. – 3D PRINT, 2018).

A impressão 3D permite trabalhar de forma mais eficiente com designs mais personalizados, ajustados às necessidades e testar diferentes versões do produto de forma mais rápida e barata (KNAUF AUTOMOTIVE, 2020).

5 METODOLOGIA

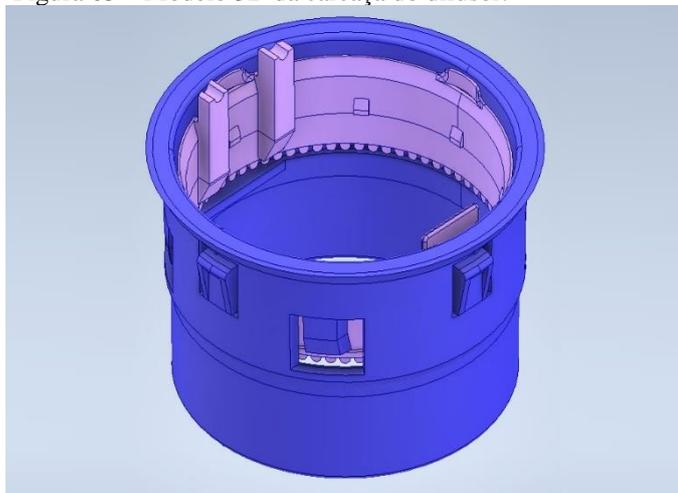
Este estudo foi realizado baseado nas tecnologias de impressão 3D mais utilizadas hoje, mostrando quais métodos e materiais são mais utilizados hoje para a fabricação de peças e protótipos. Primeiramente, foi mostrado quando surgiu a impressão 3D, como ela funciona, características de cada material, e filamentos mais utilizados que compõem essa tecnologia.

Para a obtenção dos resultados, a metodologia utilizada foi a de realizar pesquisas bibliográficas em livros, artigos, sites e principalmente na fabricação de um protótipo, de modo que cada um explicitam com exatidão a temática abordada no trabalho.

5.1 Demonstração do protótipo

Para realizar as devidas comparações e demonstrar o produto, o objeto a ser prototipado será de uma carcaça de um difusor de um veículo, como pode ser visto na figura 03 abaixo.

Figura 03 – Modelo 3D da carcaça do difusor.



Fonte: O autor.

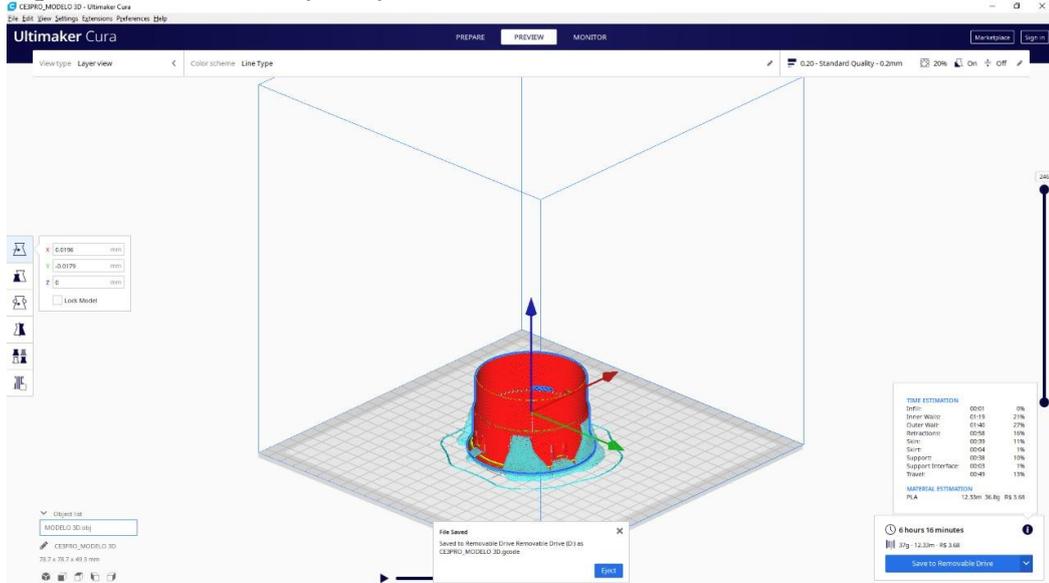
O objeto a ser prototipado, serve para compor um difusor de ar-condicionado dentro da cabine do veículo, de modo que ele interrompa ou não a passagem desse ar. Sua montagem completa poderá ser vista ao decorrer do trabalho.

5.2 Fabricação do protótipo

O objeto a ser prototipado tem as seguintes dimensões: 78,7x78,7x49,3 mm. Antes do protótipo ser fabricado, primeiro é preciso carregar o modelo 3D em um software de

modelagem 3D, que foi o Ultimaker Cura (versão 4.10.0) da empresa Ultimaker, assim, o software irá carregar as informações de impressão do produto juntamente com as informações de dimensões do produto, escolha do filamento de impressão, tempo estimado de impressão, peso do protótipo, custo de impressão, comprimento do filamento gasto etc. O software Ultimaker Cura juntamente com o modelo 3D carregado, podem ser vistos na figura 04 abaixo.

Figura 04 – Modelo 3D do protótipo no software Ultimaker Cura.



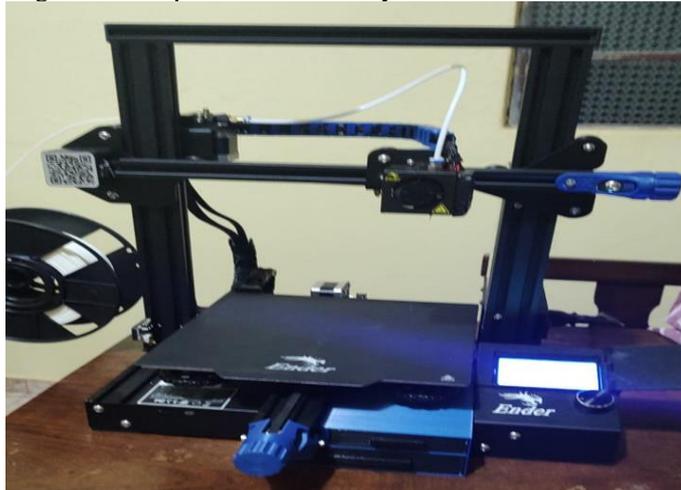
Fonte: O autor.

Depois que o software carrega todas as informações do modelo 3D, o operador então o configura de acordo com sua impressora 3D, temperatura e filamento de impressão, para então começar a impressão do protótipo. Para a impressão do protótipo, foi utilizado a impressora 3D Creality Ender 3 Pro da empresa Creality.

Essa impressora é ideal para o público maker, hobistas, entusiastas ou iniciantes em impressão 3D. Ela é composta por um kit de montagem simples e rápida, com manual de instruções e vídeo, possibilitando o usuário a começar a usar sua impressora 3D em minutos (3D FILA, 2020).

A Creality Ender 3 Pro (figura 05), é compatível com vários modelos de filamentos, sendo assim, fácil de encontrar um filamento para sua impressão, tendo eles espessura de 1,75 mm. A impressora em questão utiliza a tecnologia de impressão FFF, que é a adição de material camada por camada até a finalização do produto. A impressora conta com ajustes de espessura de camada que podem variar de 0,1 a 0,4 mm. A impressora também conta com uma área de impressão de até 220x220x250 mm. O envio de arquivos para impressão podem ser via Cartão SD ou Universal Serial Bus (USB), o que deixa o modo de impressão mais prático.

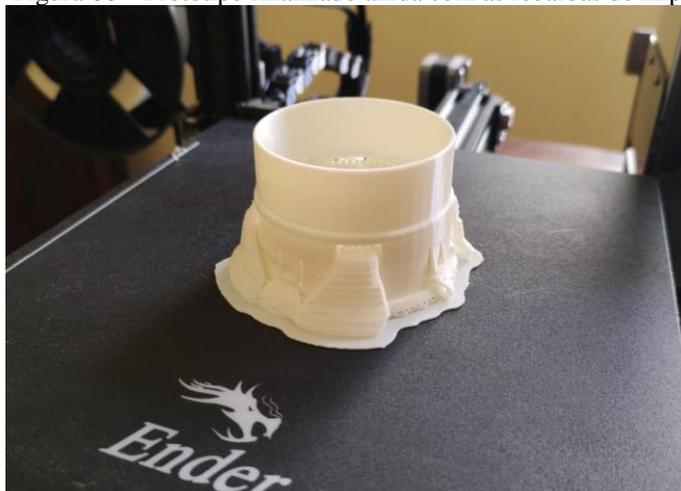
Figura 05 – Impressora 3D Creality Ender 3 Pro.



Fonte: O autor.

Depois que o operador inicia o processo de impressão, a extrusora da impressora então vai fazendo movimentos lineares nos três eixos, dando assim tamanho e formato ao protótipo camada por camada. O resultado final do protótipo pode ser visto nas figuras 06 e 07 abaixo.

Figura 06 – Protótipo finalizado ainda com as rebarbas de impressão.



Fonte: O autor

Figura 07 – Protótipo finalizado sem as rebarbas de impressão.

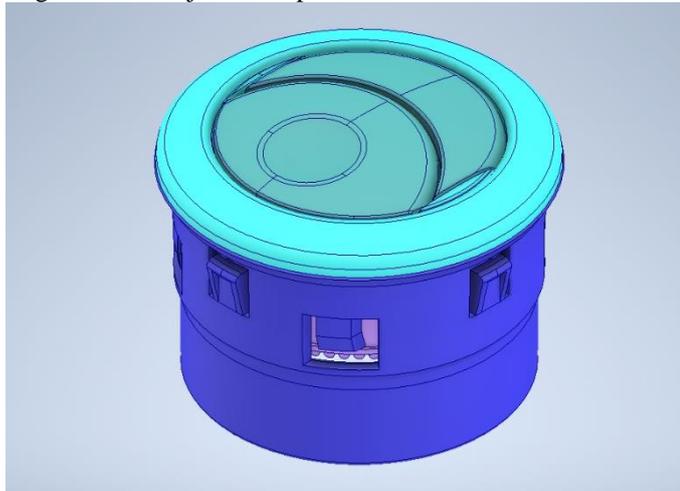


Fonte: O autor.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho, foram feitas em cima de uma das peças que compõem um difusor de um automóvel, sendo esse apenas a carcaça dessa peça, tendo a função de liberar ou bloquear a circulação de ar que vem a partir do ar-condicionado do automóvel. O conjunto completo do difusor pode ser mostrado na figura 08 abaixo.

Figura 08 – Conjunto completo do difusor.



Fonte: O autor.

A peça em questão ainda não teve sua produção iniciada, então não foi possível obter uma foto real do produto já pronto, apenas em modelo 3D.

A seguir, serão apresentadas tabelas com os resultados obtidos ao fabricar um protótipo em uma impressora 3D, e em uma injetora. Os resultados obtidos por injeção, são de acordo com os cálculos realizados pela empresa que irá fabricar esse produto.

6.1 Resultados obtidos por impressão

Na tabela 01 abaixo, poderá ser visto os resultados obtidos a partir do software de impressão 3D Ultimaker Cura (figura 04), tendo uma alteração, já que o software não foi tão preciso em relação ao tempo gasto na fabricação do protótipo.

Tabela 01 – Resultados obtidos por impressão

Dados

Resultados

Dimensões do produto:	78,7x78,7x49,3 mm
Método de impressão:	FFF
Material utilizado:	PLA
Comprimento do filamento gasto:	12,33 m
Peso final do protótipo:	36,8 g
Temperatura do bico da extrusora:	215°C
Temperatura da mesa de impressão:	60°C
Custo de impressão:	R\$ 3,68
Tempo de impressão:	7 horas
Peças por hora:	0 peças

Fonte: O autor.

6.2 Resultados obtidos por injeção

A mesma peça feita pela impressora 3D, é feita em uma injetora de modelo SDL-300 da Sandretto. O molde de injeção da carcaça do difusor, tem as seguintes dimensões: 546x346x645 mm. Para a fabricação por injeção, é necessário um molde juntamente com a forma da peça desejada em sua estrutura, que ao fechar o molde, será injetado material em sua forma líquida pelos canais de injeção da peça, dando assim forma a peça. A tabela com os resultados obtidos através de injeção pode ser vista na tabela 02 abaixo.

Tabela 02 – Resultados obtidas por injeção

Dados	Resultados
Dimensões do produto:	78,7x78,7x49,3 mm
Material utilizado:	ABS / PC
Temperatura de injeção do ABS:	190°C à 230°C
Temperatura de injeção do PC:	270°C à 320°C
Peso de material gasto:	44 g
Peso final do protótipo:	44 g

Custo de injeção:	R\$ 0,49
Tempo de injeção:	45 s
Peças por hora:	160 peças

Fonte: O autor.

7 CONCLUSÃO

Ao avaliar os resultados obtidos, fica claro que o método por injeção é mais vantajoso, barato e rápido para a fabricação em massa de peças do que fazer a utilização de impressoras 3D para esse fim, porém, que mesmo a impressora 3D não sendo a mais ideal para a fabricação em massa de peças, ela ainda sim é a mais recomendada para a fabricação de protótipos, já que a partir da impressora 3D, a empresa economiza tempo e custos ao utilizar esse método, já que fazer moldes de injeção levam muito tempo e custam muito caro a empresa, ainda mais para a realização de testes, que talvez precisariam de vários moldes até chegar ao resultado final do produto.

Existem também outros meios para se realizar a prototipagem, podendo elas ser por torno CNC, laser, a mão, escupindo etc. O resultado em alguns desses métodos também são bem precisos, outros muito menos precisos, porém, que no caso da utilização de tornos CNC e a laser, esses equipamentos também oferecem o problema do alto custo de fabricação, sendo a utilização da impressão 3D a mais recomendada, já que além de oferecer mais detalhes, precisão, qualidade, pode também facilmente fazer peças mais complexas a um valor bem mais acessível do que em outros métodos.

REFERÊNCIAS

- 3D FILA. **Impressora 3D Creality Ender 3 Pro**. 2020. Disponível em: <<https://3dfila.com.br/produto/impressora-3d-creality-ender-3-pro>>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- ALL3DP. **The Types of 3D Printing Technology**. 2019. Disponível em: <<https://all3dp.com/1/types-of-3d-printers-3d-printing-technology>>. Acesso em: 25 out. 2021.
- BERCHON, M.; LUYT, B.. **La impresión 3D**: Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL, 2014. 200 p.
- CANESSA, E.; FONDA C.; ZENNARO, M.. **Low-cost 3D Printing**: for Science, Education and Sustainable Development. Miramare – Trieste, Italy: Science Dissemination Unit (SDU) of the Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP). 2013.
- HAUSMAN, K.; HORNE, R.. **3D Printing For Dummies**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2014. 384 p.
- INDÚSTRIA 4.0. **GM acelera sua capacidade de impressão 3D para ganhar agilidade e eficiência nos negócios**. 2020. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/noticias/20231-gm-acelera-sua-capacidade-de-impressao-3d-para-ganhar-agilidade-e-eficiencia-nos-negocios>>. Acesso em: 17 set. 2021.
- KNAUF AUTOMOTIVE. **Revolução da tecnologia 3D na indústria automotiva**. 2020. Disponível em: <<https://knaufautomotive.com/pt-br/tecnologia-3d-no-setor-automotivo>>. Acesso em: 17 out. 2021.
- MECÂNICA ONLINE. **Impressoras 3D já são utilizadas na criação de protótipos de carros e otimização da produção**. 2016. Disponível em: <<http://mecanicaonline.com.br/wordpress/2016/12/22/mecanica-em-dias-impressoras-3d-ja-sao-utilizadas-na-criacao-de-prototipos-de-carros-e-otimizacao-da-producao>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

MUV. – 3D PRINT. **Indústrias estão se transformando com a impressão 3D**. 2018. Disponível em: <<https://muv3dprint.com.br/industrias-estao-se-transformando-com-a-impressao-3d>>. Acesso em: 17 set. 2021.

PALHAIS, C.. **PROTOTIPAGEM: Uma abordagem ao processo de desenvolvimento de um produto**. Dissertação (Mestrado em Design de Produto) – Faculdade de Belas-Artes, Design de Produtos, Universidade de Lisboa. Lisboa, p. 153. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/29163/2/ULFBA_TES_942.pdf>. Acesso em: 16 out. 2021.

SANTANA, L. et al.. Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 3, jan. 2018.

SOARES, L.; BORTOLUZZI, A.; SOUZA, A.. **Propostas de utilização de uma impressora 3D no curso de engenharia mecânica**. Disponível em: <https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/162_759.pdf>. Acesso em: 17 out. 2021.

THE MOTLEY FOOL. **Why Carbon's M1 3D Printer Subscription-Pricing Model Is a Brilliant Move**. 2016. Disponível em: <<https://www.fool.com/investing/general/2016/04/09/why-carbons-m1-3d-printer-subscription-pricing-mod.aspx>>. Acesso em: 01 mai. 2021.

TRYBE. **Prototipagem: o que é, quais os tipos e dicas para montar o seu protótipo!**. 2020. Disponível em: <<https://blog.betrybe.com/tecnologia/prototipagem>>. Acesso em: 16 out. 2021.

VIZOSO, Laura Díaz. **Fabricación Digital em Fachadas: Difuminación de los Limites Constructivos Mediante la Impresión 3D**. Dissertação (Graduação em Arquitetura) – Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Curso de Arquitetura, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, p.124. 2018. Disponível em: <http://oa.upm.es/49446>. Acesso em: 17 set. 2021.

WISHBOX. **Comparando tecnologias de impressão 3D FFF, SLA e SLS**. 2018. Disponível em: <<https://www.wishbox.net.br/blog/fff-sla-e-sls-comparando-tecnologias>>. Acesso em: 22 set. 2021.

WISHBOX. **Filamentos para impressão 3D: O que você precisa saber**. 2016. Disponível em: <<https://www.wishbox.net.br/blog/filamentos-para-impressao-3d>>. Acesso em: 25 abr. 2021.

WISHBOX. **Material para impressão 3D: Conheça os tipos de filamentos e saiba qual escolher**. 2020. Disponível em: <<https://www.wishbox.net.br/blog/material-para-impressao-3d-conheca-os-tipos-de-filamentos-e-saiba-qual-escolher>>. Acesso em: 18 set. 2021.