

**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE
ENGENHARIA MECÂNICA**



Relatório Ações de Enfrentamento ao COVID 19

Projeto de Impressora 3D Delta de custo reduzido

Estudante: Luiz Renato Rodrigues Carneiro

Orientador: Dr. José Jean-Paul Zanlucchi de Souza Tavares

UBERLÂNDIA
JUNHO DE 2020

RESUMO

Novos método de manufatura estão sendo desenvolvidos e a impressão 3D é um processo que permite a confecção de peças complexas em um curto período de tempo a partir de um simples modelo feito em um software de *Computer Aided Design* (CAD). Tais vantagens podem ser amplamente utilizadas tendo em vista a demanda inesperada e EPIs para conter a propagação do COVID-19. Esse trabalho refere-se ao projeto do desenvolvimento de uma impressora 3D do tipo FDM (Modelagem de Deposição Fusão ou *Fused Deposition Modeling*) de arquitetura delta, contendo a análise de requisitos do projeto, custo estimado, EPIs capazes de serem impressos e o projeto finalizado em funcionamento.

EPIs DISPONÍVEIS PARA IMPRESSAO

Tendo em vista o atual cenário mundial muitas pessoas desenvolveram Equipamentos de Proteção Individual (EPI) que são capazes de serem impressos por impressoras 3D e disponibilizaram os arquivos CAD em plataformas de livre acesso. Nas referências segue os links dos sites NIH 3D e o Thingiverse com diversos EPIs disponíveis, vale ressaltar que a maior parte deles estão relacionados com mascaras ou peças para respiradores.

No link do site Wishbox vemos 6 projetos feitos em impressão 3D para o combate do coronavirus, entre esses projetos temos, válvula para bomba de oxigênio, mascara protetora, viseira protetora (*Face Shield*), ventiladores pulmonares, acessórios para evitar contato com maçaneta. Todos esses projetos e muitos outros estão disponíveis nos repositórios já mencionados acima.

Atualmente o EPI mais utilizado é o *Face Shield* presente na Figura 1, que é uma proteção extra utilizada geralmente por profissionais na área da saúde para colocar na frente da máscara reduzindo a chance de contaminação por micro partículas oriundas de tosse ou espirro.



Figura 1: *Face Shield* para proteção extra com o uso da mascara

Outros projetos bem conhecidos são essas mascaras que se assemelham a N95 presente na Figura 2, por apresentar uma boa vedação e um filtro para inalar o ar. Essas mascaras podem ser utilizadas por profissionais de qualquer área, diferentemente do Face Shield que possui maior utilidade para pessoas que estão com maior contato com os infectados.

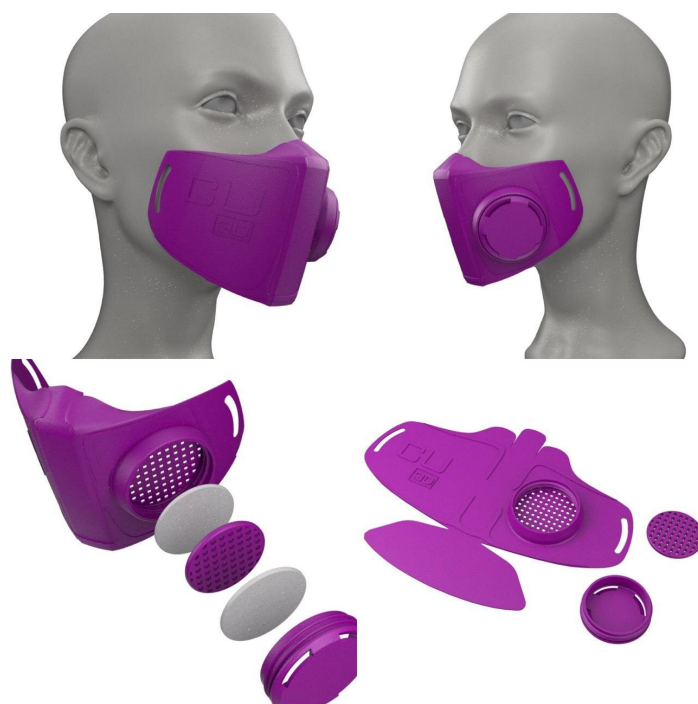


Figura 2: Mascara impressa em 3D com filtro descartável.

Além dessas duas peças que trabalham como EPIs, também existem tensionadores de mascaras que podem ser fixados na parte posterior da cabeça para que a máscara não seja fixada a partir da orelha do usuário, pode-se observar seu funcionamento na Figura 3. Do meu ponto de vista é uma das melhores peças por é a que gasta menos material, mais rápida de ser impressa e pelo que percebo a maior parte das pessoas não utilizam as máscaras devido ao desconforto, e com essa peça diminui o desconforto gerado na orelha que é a parte mais incomoda das máscaras, principalmente as feitas de tecido. Pois essas mascaras em geral utilizadam menos elástico, assim deixando o elástico mais rígido quando tensionado e exercendo maior força nas orelhas.



Figura 3: Tensionador para máscaras

Todas essas imagens são apenas representações desses projetos, pois todos eles apresentam muitas variações feitas por uma grande comunidade, assim existem versões com otimização de massa, volume e até melhor ergonomia.

ANÁLISE DE REQUISITOS

A primeira decisão para iniciar o projeto foi escolher a arquitetura da impressora. Atualmente os 3 tipos de arquiteturas FDM são a cartesiana, *COREXY*, e a delta. Analisando as vantagens e desvantagens de cada uma delas, optou-se pela Delta, em virtude do seu custo benefício avaliando principalmente velocidade de impressão, volume de impressão e custo de implementação. Entre os três modelos é o mais distinto devido a sua cinemática, seu movimento nos eixos X, Y e Z são em virtude de três motores que trabalham em conjunto para mover as hastes na vertical, como pode ser visto na Figura 1. Assim é a impressora com estrutura mais simples, que utilizada menos elementos estruturais, utiliza no máximo 4 motores ao invés de 5 como nas outras arquiteturas, possibilita a impressão de peças muito altas devido ao seu formato e sua mesa estar estática, facilidade de desenvolver uma versão maior ampliando o eixo Z, maior facilidade para imprimir peças com geometrias mais complexas e superfície de revolução pois utiliza transformadas trigonométricas para calcular seus movimentos. Por possuir uma estrutura móvel mais leve apresenta menor inércia, o que melhora sua precisão e limite de velocidade de impressão frente aos outros modelos. Logo possibilita o uso de motores menos potentes, o que confere ser o modelos mais barato com mesmo volume de impressão. Porém por apresentar essa cinemática diferente é o modelo mais difícil de calibrar, além de ser pior para trabalhar com peças no plano XY, apresenta área de impressão reduzido por sua mesa ser circular, e ocupa mais espaço vertical.

ORÇAMENTO

Com todos os itens necessários para a montagem da impressora já avaliados, foi feito um orçamento incluindo o frete de todos os itens e um rolo de 1 kg de ABS para fazer os testes com a impressora. Além disso, foi estimado um valor em torno de 150 reais para a confecção de todas as peças impressas representado na tabela por “peças impressas”.

Tabela 1: Orçamento da impressora protótipo.

Itens	Quantidade	Preço com frete
Abraçadeira	10	R\$5,00
Arduino Mega + Ramps + Drivers + LCD	1	R\$169,86
Barra Roscada M5 e M8	3	R\$16,60
Correia + 4 polias	1	R\$87,90
Extrusora	1	R\$66,80
Filamento	1	R\$104,84
Fios e Termo Retrátil	Diversos	R\$10,00
Fonte Chaveada 12 V 30 A	1	R\$68,90
Guia Linear 700 mm x 8 mm x 6	1	R\$114,90
Haste x 6	1	R\$71,51
Hotend+cooler+bico	1	R\$61,90
Mesa	1	R\$88,35
Mosfet	1	R\$52,35
Motor Nema 17	4	R\$239,96
Parafusos + porcas + arruelas	Diversos	R\$45,00
Peças impressas	2 Kg	R\$150,00
Perfil	4,848	R\$164,57
Porca Martelo	42	R\$67,20
Rolamento 608zz x 10	1	R\$47,89
Rolamento Linear Lm8uu x 6	1	R\$42,80
Sapata	3	R\$6,00
Sensor fim de Curso	3	R\$40,30
Suporte Eixo Linear	12	R\$133,29
Suporte Hotend	1	R\$84,90
Suporte Motor	1	R\$37,20
Vidro	1	R\$15,00
Total		R\$1.993,02

Dessa forma, o valor da impressora está estimado em R\$1.993,02, esse é um valor muito abaixo das impressoras da arquitetura Delta presentes no mercado nacional com esse volume de impressão, é possível encontrar impressoras a partir de 2.500,00 no mercado livre, porém com 8 cm a menos

no eixos Z, e kits de impressoras cartesianas que é o modelo mais comum, simples e limitado saem a partir de 2.300,00 reais ainda sendo necessário a montagem por parte do cliente. Além disso, vale ressaltar que esse preço é na compra dos itens suficientes para montar apenas uma única impressora, caso fossemos comprar mais itens o valor do frete seria diluído e o preço por impressora seria menor.

Ademais, estamos avaliando a viabilidade de instalar um sensor de auto nivelamento e um display de LCD para facilitar a utilização da impressora por parte do usuário, esses dois itens custariam em torno de 200 reais a mais para o projeto. Contudo na faixa de preço de 2.200,00 reais não existem impressoras com sensores de auto nivelamento já inclusos.

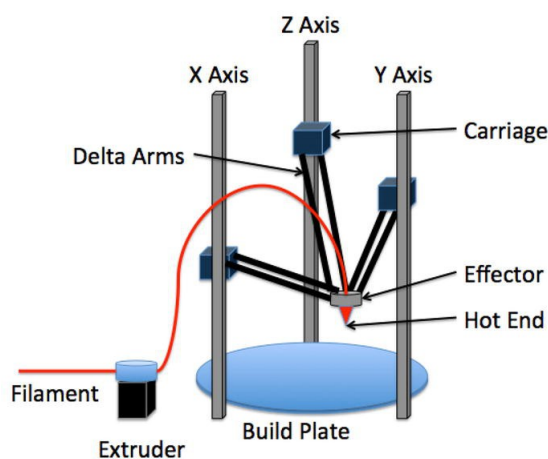


Figura 0: Representação cinemática de uma impressora Delta (Bell, 2015).

Dessa forma, após fazer os cálculos da cinemática da impressora foi possível calcular o seu volume útil de impressão, tendo 38 cm de altura e 17,6 cm de diâmetro para a mesa. Em geral a Delta é uma impressora que possibilita impressões maiores no eixo Z do que nos eixos X e Y. Esse volume de impressão atende a maior parte das peças impressas, mas caso seja necessário o possível alterar as dimensões do projeto alterando poucos elementos mecânicos. Dos EPIs citados no começo do relatório o único que não seria possível de imprimir devido a suas dimensões é o *Face Shield*, pois

sua maior dimensão é 20 cm e não é possível de ser impressa no eixo Z da impressora.

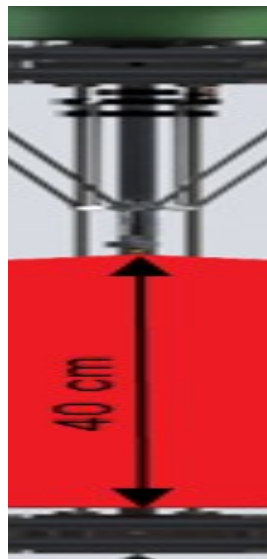


Figura 5: Volume de impressão da impressora projetada.

IMPLEMENTAÇÃO

O projeto foi realizado integralmente no MAPL (*Laboratório de Planejamento Automático de Manufatura*), todas as peças mecânicas foram feitas no software de CAD SolidWorks ou compradas, apenas uma peça foi retirada do repositório Thingiverse.

A montagem mecânica e elétrica e a programação da impressora foram realizadas com sucesso. Porém, como essa foi a primeira versão da impressora observou-se algumas questões que poderiam ser otimizadas. Como: reduzir o volume das peças da aresta da impressora, que são as maiores peças que gastam mais material e mais demoradas para serem produzidas, fazer a passagem dos fios na parte externa do perfil de alumínio, pois no protótipo os colocou no interior do perfil tornando um processo muito demorado, e a possível utilização de um sensor de auto nivelamento, pois o processo de calibração da mesa das impressoras de arquitetura delta possuem um processo muito complicado devido aos seus três motores trabalharem em conjunto em sua cinemática.

Dessa forma, o projeto já está em funcionamento com sua versão protótipo. Pode-se observar as imagens da impressora projetada e renderizada no software Solidworks na Figura 6, e a versão protótipo já em funcionamento na Figura 7.



Figura 6 : Impressora modelada no software SolidWorks



Figura 7: Impressora protótipo montada



Figura 8: Cubo de calibração 20 mm x 20 mm x 20 mm

As dimensões do primeiro cubo de calibração presente na Figura 8 foram muito próximas das dimensões nominais, na ordem de 0,20 mm de diferença, vale ressaltar que a etapa de calibração ainda não foi totalmente finalizada e essas dimensões podem se aproximar mais ainda do valor nominal.

CONCLUSÃO

Assim, pode-se observar que já se tem o projeto base para produzir mais impressoras delta similares a essa. Esse protótipo é capaz de imprimir as peças com uma precisão e acabamento superficial compatível para o processo de fabricação FDM. Além disso, o objetivo próximo desse projeto é aprimorar a estrutura da impressora para que ela gaste menos material impresso, fazer mais 4 modelos e fecha-los por uma estufa para fazer um centro de impressão, desenvolver manuais de uso e manutenção da máquina, e caso seja necessário, adaptar o projeto para que se tenha um maior aproveitamento da área de impressão.

REFERÊNCIAS

Bell C. (2015) Delta Printer Hardware. In: 3D Printing with Delta Printers. Apress, Berkeley, CA

SITE NIH 3F Print Exchange. **PPE.** Disponível em: <https://3dprint.nih.gov/discover/ppe>. Acessado 01/06/2020.

SITE Thingiverse. **PPE.** Disponível em: <https://www.thingiverse.com/search?q=ppe&type=things&sort=relevant>.

Acessado 01/06/2020.

SITE Wishbox. **6 iniciativas com impressão 3D contra o coronavírus.** 08/05/2020. Disponível em: <https://www.wishbox.net.br/blog/impressora-3d-coronavirus/>. Acessado 02/06/2020.