

Otimização de processos por manufatura aditiva para auxílio no ambiente de trabalho

Vinícius R.M. Alves^{1,2}, Laureana S.B. Fontolan¹, Marcelo F. Oliveira¹

{vralves, laureana.fontolan, mfolivei}@cti.gov.br

Laboratório Aberto de Impressão 3D/Divisão de Tecnologias para
Produção e Saúde - LAprint/DITPS
CTI/MCTI Renato Archer – Campinas/SP

Faculdade de Engenharia Mecânica
Universidade Estadual de Campinas – Campinas/SP

***Abstract.** Additive manufacturing (AM), also known as 3D printing, is a production technique that employs the successive addition of material in the form of layers to manufacture three-dimensional objects. It has stood out in the realm of Industry 4.0 for utilizing modern technologies and presenting various advantages compared to other production methods. Therefore, the aim of this article is to demonstrate in practice how additive manufacturing optimizes a process, enabling versatility in the production of parts that enhances competitiveness in the market.*

***Resumo.** A manufatura aditiva (MA), popularmente conhecida como impressão 3D, é uma técnica de produção que utiliza da adição sucessiva de material na forma de camadas para a fabricação de objetos tridimensionais. Essa que se destacou no âmbito da indústria 4.0 por utilizar tecnologias modernas e apresentar diversas vantagens comparada a outros métodos de produção. Assim, o objetivo do presente artigo é demonstrar na prática como a manufatura aditiva otimiza um processo, permitindo a versatilidade na produção de peças que aumenta a competitividade no mercado.*

1. Introdução

A indústria 4.0, também conhecida como quarta revolução industrial, representa uma revolução tecnológica que vem transformando o cenário da produção e manufatura. Este termo foi citado pela primeira vez em 2011, na Alemanha, abrangendo tecnologias revolucionárias empregadas aos processos de produção automatizadas com o objetivo de aumentar a competitividade da indústria alemã (Hermann, 2016). No entanto, a tecnologia evoluiu constantemente, sendo integrada na rotina da sociedade atual por meio de smartphones, tablets, computadores, eletrodomésticos, entre outros.

O atual mercado com características voláteis, com mudanças constantes e crescente complexidade dos produtos, impõe desafios diários para as empresas se manterem competitivas em termos de globalização (Arnold, 2017). Os processos de produção inteligente atuantes na indústria 4.0 são caminhos que transformam a atuação das empresas no mercado, visto que possuir o controle de toda a cadeia de produção é essencial, resultando na redução significativa dos custos, danos e prazos (Vilela, 2016). Dito isso, é evidente a procura das empresas pela opção que traga produtos com ampla competitividade e baixo custo.

Nesse cenário, observou-se um expressivo aumento na fabricação de componentes por manufatura aditiva (ma), também conhecida como impressão 3D (tridimensional) (Lux Research, 2014). Essa é uma técnica de produção que utiliza da adição sucessiva de material na forma de camadas, com base nos comandos enviados para o equipamento do modelo tridimensional obtido pelo sistema computacional (Volpato, 2017). Por outro lado, é uma metodologia de fabricação que se destacou dentre as outras, pois permite a construção de geometrias complexas, que dificilmente outra forma de fabricação atingirá (Gao et al., 2015). Também diversas outras vantagens são observadas, como: redução dos custos de produção, maior variedade de materiais, liberdade geométrica de fabricação, aumento da precisão dos equipamentos, redução do tempo de processo, entre outros (Giordano, 2016).

O presente artigo demonstra todo o processo da manufatura aditiva feito na prática para a produção de uma peça no laboratório, com o objetivo de realçar a importância de empresas e laboratórios utilizarem dessa metodologia de produção para automatizar processos dentro do ambiente de trabalho e assim obter versatilidade, redução de custos, inovação, entre outras vantagens para maior competição no mercado.

2. Metodologia

Foi observado um problema com a peça que ligava o aspirador com a sua mangueira dentro do laboratório. A metodologia para a produção da peça foi separada em etapas (Figura 1). A modelagem da peça foi feita utilizando o *software Blender*, que é um programa de código aberto que permite a criação, transformação e edição de modelos tridimensionais, também, utilizou-se um modelo de auxílio do *Thingiverse* para precisão no modelo final. No planejamento de processo foi utilizado o *software Materialise Magics*, que dispõe de ferramentas para análise do modelo. Já a tecnologia utilizada na execução foi a *Selective Laser Sintering (SLS)*, a qual está presente no equipamento SLS HiQ, e em conjunto com o material de poliamida PA12. No pós-processo utilizou-se o equipamento RBO e a jateadora, os quais auxiliam na limpeza do produto final.

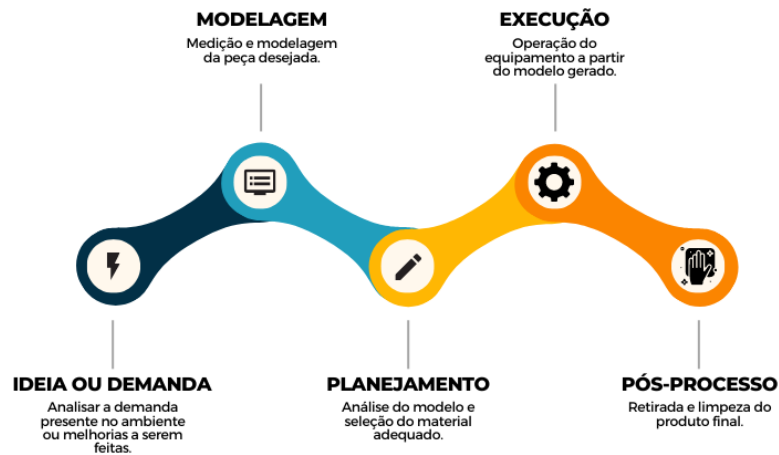


Figura 1: Etapas do procedimento da peça

2.1. Modelagem

Um paquímetro foi utilizado para tirar as medidas do diâmetro e da espessura da peça defeituosa, para realizar o molde no *software Blender* com as medidas necessárias para obter o encaixe correto entre a mangueira e o aspirador. No *Blender* foi modelada uma peça cilíndrica adaptada com um rasgo (Figura 1), que possibilitou a contração da peça e permitiu a entrada com facilidade no cano do aspirador. Agora, com objetivo de evitar o desencaixe da peça cilíndrica com o cano do aspirador, foi modelada duas travas em conjunto com o cilindro (Figura 2).

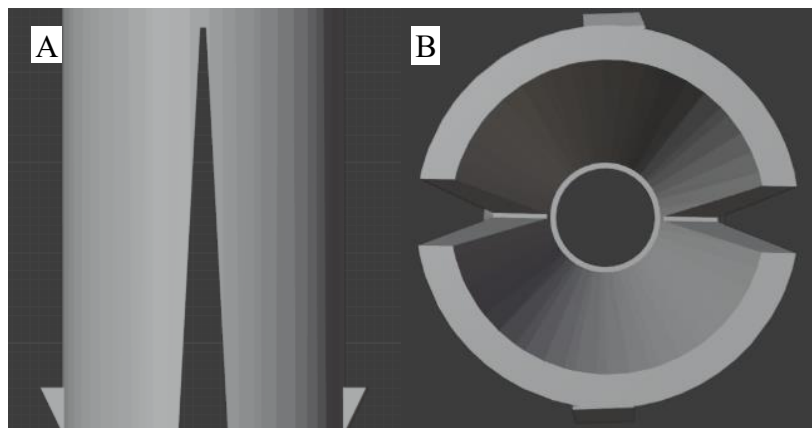


Figura 2: (A) Vista lateral dos rasgos e (B) vista inferior dos rasgos

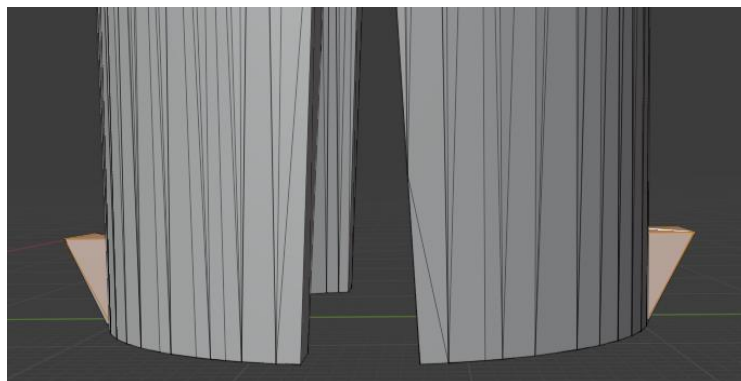


Figura 3: Travas da peça destacadas em laranja

Além das travas e dos rasgos no cilindro, a peça foi modelada com uma rosca interna para encaixar perfeitamente com a rosca externa da mangueira e não ocorrer vazamento de pó. A partir do site *Thingiverse* encontrou-se um modelo em arquivo STL (Schrader adapter swimming) que obtinha uma rosca externa. Esse foi importado no *Blender* para assim com a função booleana conseguir a rosca interna da peça, a partir da rosca externa desse modelo. Assim, foi subtraído de um cilindro, este modelo, concluindo em uma rosca interna (Figura 4), a qual em conjunto com o cilindro das Figuras 1 e 2 fará parte da peça.

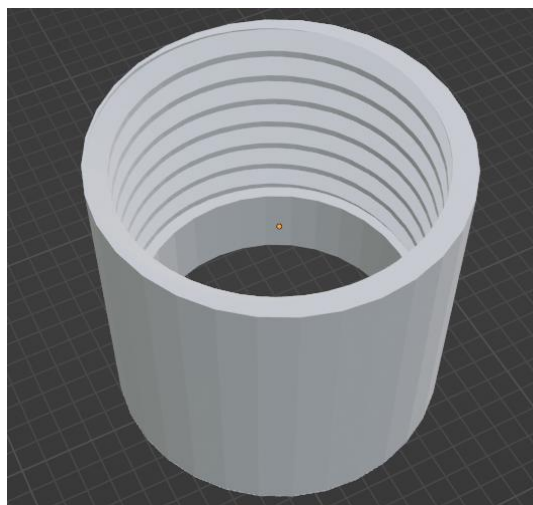


Figura 4: Rosca interna obtida da função booleana

Por fim, para interligar as peças obtidas (Figuras 1, 2 e 3) foi modelada, a partir de um cilindro, uma peça em formato de funil (Figura 5), com diferentes diâmetros de entrada e saída. Assim finalizou-se a modelagem, sobrepondo e juntando as peças obtidas pelo *Blender*, resultando no produto final da peça do aspirador (Figura 6).

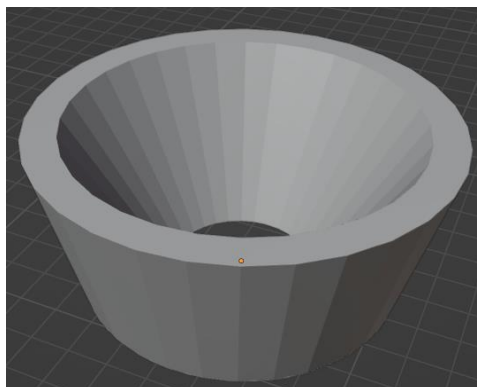


Figura 5: Peça de interligação

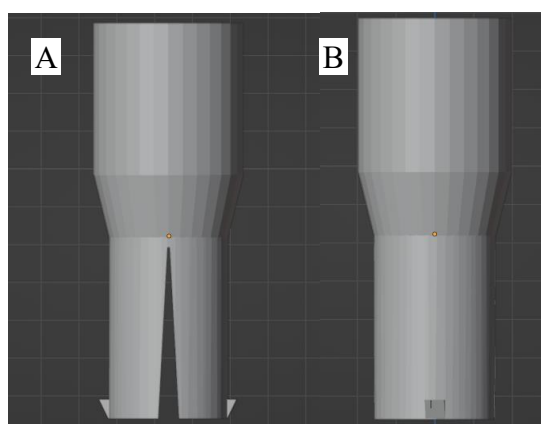


Figura 6 – Peça completa: (A) Vista frontal e (B) Vista lateral

2.2. Planejamento de Processo

A composição de peças a ser executada, comumente designada de “build” foi montada a partir do software *Materialise Magics*. Assim, dentro do *software*, o modelo digital obtido é alocado dentro de uma caixa delimitadora, geralmente em conjunto com outros modelos distintos, visando otimizar a produção e reduzir gastos de material. Esta caixa delimitadora consiste no volume de impressão da respectiva máquina.

Com o objetivo de reduzir erros de impressão, como: empenamento de peça, colisão de modelos, malhas defeituosas e modelos fora da caixa delimitadora, foram utilizadas ferramentas do *Materialise Magics*. Para evitar o empenamento da peça e otimizar sua construção, utilizou-se ferramentas de posição, que permitem a rotação e posicionamento das peças. Além disso foram utilizados outros recursos de auxílio, como: *Collision Detection* que verifica se há modelos colidindo, *Fix Wizard* que repara automaticamente as malhas dos modelos e *Out of Bounds* que verifica se todos os modelos estão dentro da caixa delimitadora.

Após todo esse planejamento de processo dentro do *software*, o *build* foi salvo em um único arquivo STL, o qual é enviado para o *software* de operação da máquina.

2.3. Execução

Como dito anteriormente, utilizou-se da tecnologia *SLS* no equipamento *Sinterstation HiQ*, o qual utiliza a poliamida como material. De início, envia-se o

arquivo STL obtido (Subsecção 2.2) para o *software* da máquina (*Build Setup 3.42*), que possibilita a alteração de parâmetros desejados para o respectivo *build*. Visando a melhor estratégia para o produto final foi alterado alguns parâmetros, como: a escala, potência do laser, velocidade do rolo, dentre outros, que irão variar de acordo com o *build* e seu objetivo final. Diante disso, salvou-se o arquivo e verificou-o para dar início à operação.

Neste caso, a operação do equipamento *SLS HiQ* ocorre por meio do software de controle do equipamento, *SLS System*, que possui ferramentas de execução da máquina. Para a calibração da máquina utilizou-se a ferramenta *IR Cal*, que é indispensável para qualquer execução deste equipamento. Em seguida, executou-se o arquivo no *software Build Setup 3.42* e apertou-se o botão físico *START*, dando início ao processo.

2.4. Pós-processo

Esta etapa foi dividida em três fases: retirada do build, limpeza do build e *setup* da máquina. Na retirada do build, posiciona-se uma caixa acrílica acima do pistão do *Part Bed* para a remoção do *build* e eleva-se o pistão para sua altura máxima, com auxílio do *SLS System*, e retira-se o *build* com apoio de uma bandeja inox. Agora, na limpeza do *build*, utiliza primeiramente ferramentas de limpeza como pincéis e hastes metálicas, e posteriormente jateia-se com esferas de vidro e aplica-se ar comprimido para remover o pó restante na peça. Por fim, com o objetivo de preparar para executar um futuro processo, foi feito o *setup* da máquina. Para isso, carregou-se todo o pó restante na máquina do *build* retirado para o equipamento de peneiramento de pó, o qual nos permite peneirar o pó não processado e reutilizá-lo num próximo processo. Com isso, carrega-se a máquina com o pó peneirado, otimizando para um próximo processo.

3. Resultados e Discussões

Após a retirada do build, na fase de limpeza do build (Subsecção 2.4) observou-se que a espessura da rosca da peça havia ficado reduzida, gerando uma ruptura significativa. Por outro lado, no momento de encaixe do cilindro da peça com o aspirador, notou-se que suas garras (Subsecção 2.1) ficaram pequenas, assim não encaixou por completo com o aspirador, ficando solto.

Diante disso, retornou-se para o *Blender* (Subsecção 2.1) para remodelar as técnicas aplicadas. De início, a espessura da rosca interna da peça obtida na Subsecção 2.1 (Figura 4) foi aumentada para evitar a ruptura de sua camada novamente e obter uma peça mais resistente (Figura 6). Após isso, a partir das garras modeladas anteriormente (Figura 3), foi aumentado sua escala para obter garras maiores com o intuito de encaixarem corretamente com o aspirador e também para evitar o desencaixe, aumentou-se a altura do cilindro que contém as garras (Figura 8)

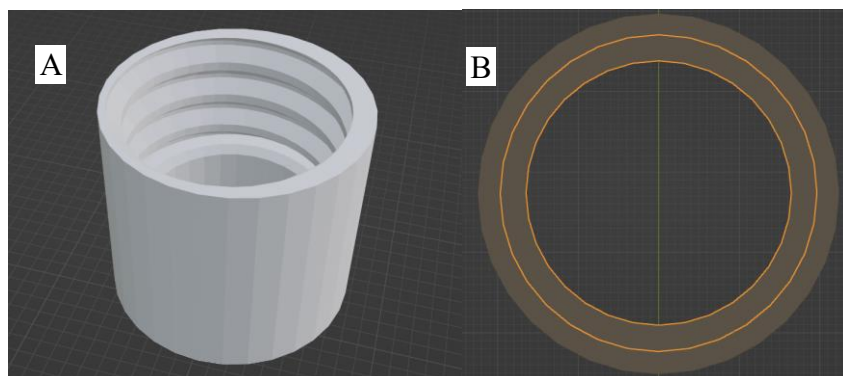


Figura 7: (A) Rosca interna com maior espessura e (B) Comparação das espessuras das roscas

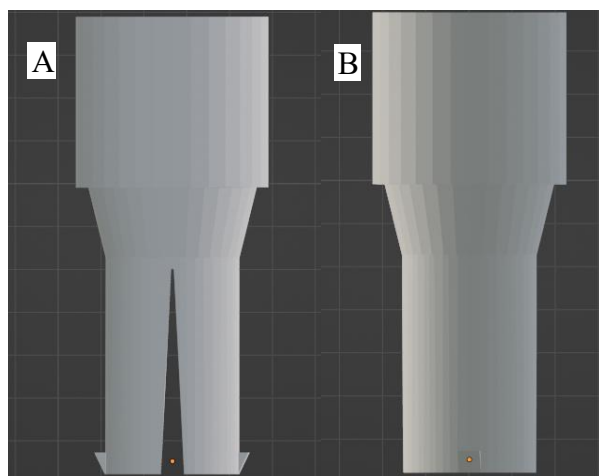


Figura 8 – Produto final da peça do aspirador: (A) Vista frontal e (B) Vista lateral

Assim, as etapas das Subsecções 2.2, 2.3 e 2.4 foram realizadas novamente para a obtenção do produto final da peça do aspirador, resultando numa peça sem rupturas e que encaixou corretamente com o aspirador, sem vazamento de pó, cumprindo seu objetivo.

4. Conclusão

A produção por manufatura aditiva (ma) otimizou um processo dentro do laboratório, resultando numa peça adequada a sua função, a partir dos procedimentos necessários. Mostrou-se na prática que o processo de ma permite versatilidade na produção de peças que se encaixam adequadamente às suas funções, dando liberdade nas composições geométricas e reduzindo o tempo de processo, os quais outro método de produção não alcançaria. Ademais, o uso de peças com procedimentos exclusivos e materiais diversificados, aumentam a competitividade de empresas que tem o objetivo de se destacar no mercado.

5. Agradecimentos

Agradeço à minha co-orientadora Laureana S. B. Fontolan pelos ensinamentos dos processos envolvendo as diversas tecnologias de ma. A troca de conhecimentos agregou muito para o meu aprendizado, o que corroborou consequentemente às

atividades realizadas no Laboratório Aberto de Impressão 3D (LAprint). Também sou grato ao meu orientador Marcelo F. Oliveira pelos ensinamentos e treinamentos realizados, além da oportunidade de operar diferentes equipamentos de MA e da troca de conhecimentos com a Divisão de Tecnologias para Produção e Saúde (DITPS). Ainda, com enorme satisfação agradeço a comissão PIBIC e ao CNPQ pela oportunidade em realizar a presente pesquisa e ao CTI pela infraestrutura disponibilizada.

6. Referências

- Albertin, M. R., Elienesio, M. L. B., Aires, A. S., Pontes, H. L. J., Junior, D. P. A., *Principais Inovações Tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura, 2017.*
- Arnold, C., Kiel, D., Voigt, K.-I., *Innovative Business Models for the Industrial Internet of Things*, BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 169(9) (2017) 371-381.
- B. P. Santos, A. Alberto, T.D.F.M.Lima, F.M.B. Charrua-Santos. *INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES*. Revista Produção e Desenvolvimento, v.4, n.1, p.111-124, 2018.
- Gao, W., Zhang, Y., Ramanujan, D., Ramani, K., Chen, Y., Williams, C. B., Zavattieri, P. D. (2015). *The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering*. CAD Computer Aided Design, 69, 65–89
- Giordano, C. M., Zancul, E. S., Rodrigues, V. P. (2016). *Análise dos custos da produção por manufatura aditiva em comparação a métodos convencionais*. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v. 16, n. 2, p. 499-523.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016, January). *Design principles for industrie 4.0 scenarios*. In 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS) (pp. 3928–3937). IEEE.
- Inácio, D., Drozda, F. O., Silva, W. A., Marques, M. A. M., Seleme, R. (2020). *A importância da manufatura aditiva como tecnologia digital para a indústria 4.0: uma revisão sistemática*. Revista Competitividade e Sustentabilidade, 7(3), 653-667.
- LUX RESEARCH. *LED BY AUTO, MEDICAL AND AEROSPACE, 3D PRINTING TO GROW INTO \$8.4 BILLION MARKET IN 2025*. 2014. Disponível em: <https://www.luxresearchinc.com/press-releases/led-by-auto-medical-and-aerospace-3dprinting-to-grow-into-8-billion-market-in-2025>. Acessado em: 19 de agosto de 2020
- Schrader adapter swimming floats / water pools to
<<https://www.thingiverse.com/thing:2914689/files>>
- Vilela, B. D. A., Alves, C. D. S., Ferreira, R. F. C., Freitas, K. A. de, & Souza Junior, W. C. de. (2016). *Coordenação em cadeias de suprimentos: o papel da tecnologia da informação e da gestão orientada por processos*. *Exacta*, 14(4), 645–660.
- Volpato, N. (2017). *Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D*. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, Brasil, 1st edition. ISBN 85-212-1150-3.