

## APLICAÇÃO DA PROTOTIPAGEM 3D NA FABRICAÇÃO DE PEÇAS MECÂNICAS: ANÁLISE DE CUSTO DO TEMPO DE FABRICAÇÃO

Dogivan Macêdo de Santana Junior, dogivanmsjunior@gmail.com<sup>1</sup>

David Fernando de Medeiros, ddfernando@hotmail.com<sup>1</sup>

Eduardo José Silva, eduardo.jose184@gmail.com<sup>2</sup>

Elton Ítalo Vieira Xavier, elton.ivx@hotmail.com<sup>2</sup>

Gabriel Fernando Vasques Barros, gabriel.fvbarros@gmail.com<sup>2</sup>

Juan Estanislau Batista da Silva, juanestanislau@gmail.com<sup>1</sup>

Moisés Euclides da Silva Junior, juniormoisés7@hotmail.com<sup>1</sup>

Rafael Silva de Santana, rafaeldsantana@gmail.com<sup>2</sup>

Fillipe Stephany de Souza Virgolino, fsmecanica@gmail.com<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Estácio do Recife, Av. Eng. Abdias de Carvalho, 1678 - Madalena, Recife - PE, 50720-635,

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco, R. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, 50740-530.

**Resumo.** Este trabalho tem como objetivo fabricar uma polia de redutor utilizando a impressão 3D, uma técnica de prototipagem rápida, avaliar sua funcionalidade e seu custo-benefício. A polia foi fabricada como peça de reposição para a máquina a partir da polia original, onde foi utilizado software de modelagem 3D para replicar o modelo e software de fatiamento para impressão para enviar o modelo a impressora. Foi utilizada impressora com tecnologia FDM e PLA como matéria-prima. Foi realizado teste de funcionalidade instalando o componente na máquina e uma análise de custo para todas as matérias-primas mais convencionais nas impressoras FDM. A funcionalidade do componente obteve ótimos resultados e o custo da polia fabricada via impressão 3D foi menor quando compara as disponíveis no mercado.

**Palavras chave:** Prototipagem rápida. Impressão 3D. Polia

**Abstract.** This work aims to manufacture a reducer pulley using 3D printing, a rapid prototyping technique, to evaluate its functionality and its cost-benefit ratio. The component will be manufactured as a spare part for the machine from the original pulley, 3D modeling software will be used to replicate the model and print slicing software to send the model to the printer. A printer with FDM technology was used, and PLA as a raw material. Functionality testing was performed by installing the component on the machine and a cost analysis for all the most conventional raw materials in FDM printers. The component's functionality obtained excellent results and the cost of the pulley manufactured via 3D printing was lower when comparing those available on the market.

**Keywords:** Rapid prototyping, 3D printing, Pulley

### 1. INTRODUÇÃO

A competitividade na indústria cresce a cada dia e atualmente qualquer melhoria, por mais simples que seja, pode provocar um diferencial na liderança do mercado. Entre as diversas etapas do processo de concepção de um produto, pesquisas recentes apontam para um grande salto tecnológico impulsionado pelo aumento do valor agregado que é gerado com melhorias de engenharia (MOURA, 2020).

Ainda segundo Moura (2020) este campo apresenta uma constante busca por melhores formas de representação da realidade através de modelos computacionais tratáveis e solucionáveis de maneira mais simples e com resultados satisfatórios. Neste contexto faz-se o uso dos mais diversos e tecnológicos modos de produção como a utilização da prototipagem rápida, principalmente com modelos impressos em 3D.

Atualmente as técnicas de impressão 3D nos dão a possibilidade de reproduzir, produzir e até mesmo criar peças e equipamentos exclusivos com mais agilidade e rapidez, contudo ainda são necessários estudos para avaliar o custo-benefício da utilização desta técnica nas mais diversas áreas. (PORTO, 2016)

Menezes (2020) cita que a prototipagem rápida pelas técnicas de impressão 3D vem crescendo a cada dia, pois parte da criação de uma representação computacional onde pode-se simular o funcionamento de um componente novo ou já existente. Sendo possível, segundo Porto (2016), criar o protótipo e testar um produto já existente e com uma

funcionalidade específica, ou um produto novo sem que se faça necessário que o desenvolvimento esteja em um estágio avançado.

Fernandes (2017) caracteriza a prototipagem utilizando a impressão 3D consiste na criação de um modelo computacional da peça a ser fabricada, a preparação (fatiamento) da peça por meio de software específico e a impressão direta da peça pela impressora ligada ao computador. Para Giordano *et al.* (2016) a automatização da fabricação diminui a quantidade de erros, enquanto que os métodos tradicionais como a usinagem necessitam de equipamentos mais caros como fresadoras e tornos que precisam ser operados por técnicos com maior grau de especialização. Além disso, para peças mais complexas é necessário um operador extremamente qualificado ou a utilização de um equipamento CNC (Comando Numérico Computadorizado), que também vem a exigir operadores especializados (FERNANDES, 2017).

Diante do exposto, este trabalho visa produzir pela técnica FDM (Fusão e Deposição de Material) de impressão 3D uma polia de um redutor para servir como peça de reposição na indústria em estudo e avaliar seu custo-benefício. A quebra de tal peça leva a parada da produção na linha até sua reposição, envolvendo perdas de tempo em etapas como solicitação, envolvimento de empresa terceirizada e até importação. Busca-se diminuir o tempo de reposição levando a ganhos no processo produtivo e avaliar o custo de fabricação da polia.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Modelagem 3D

A polia a ser fabricada para reposição foi uma polia escalonada de aro abaulado, mostrada na mostra a fig. 1. Tal componente pertence a um redutor de uma furadeira de bancada.



Figura 1. Polia do redutor (O autor, 2020)

Inicialmente foram realizadas as medições e consultados catálogos do componente e a mesma foi reproduzida em um software de modelagem 3D. A figura 2 mostra a representação 3D do elemento de máquina em questão. A figura 3 apresenta duas vistas da polia com as cotas das principais medidas, onde o desenho é da polia é apresentado em vista frontal em meio corte e vista superior.



Figura 2. Representação 3D da polia em software de modelagem (O autor, 2020)

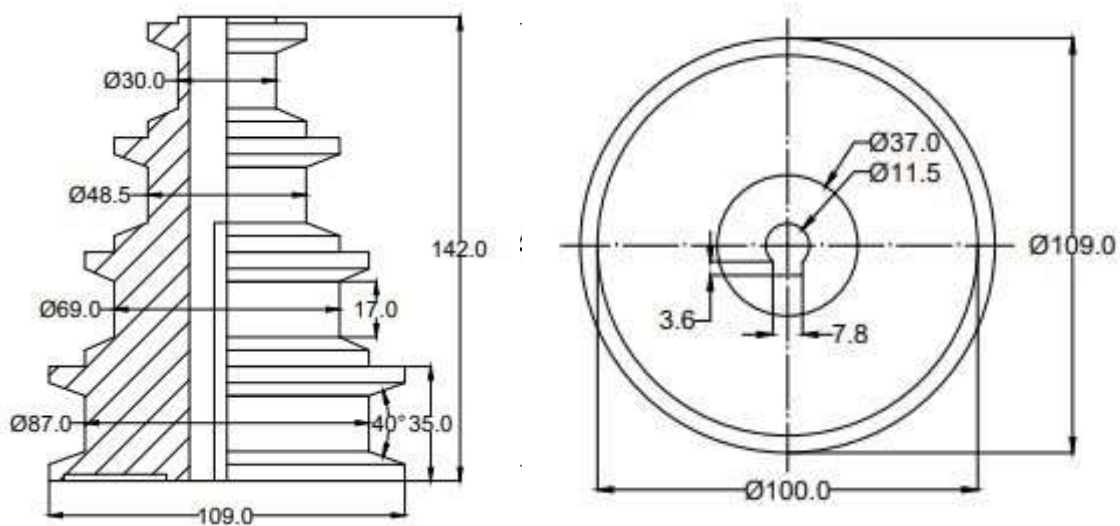


Figura 3. Representação de duas vistas da polia em software de modelagem (O autor, 2020)

## 2.2. Fabricação/Prototipagem 3D

Foi utilizada uma impressora *Graber Z35* com área de impressão de  $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 350\text{mm}$ , mostrada na fig. 4. Esta impressora utiliza a técnica FDM onde o material fundido é depositado em camadas que vem a dar forma ao componente. Nesta técnica as peças fabricadas podem ser de diversos polímeros sendo os mais comuns: o ABS, o PLA e o PET-G. Com auxílio do software fatiador de código aberto *Cura 3d Ultimaker* foram geradas as camadas do modelo 3D da polia e o código para fabricação foi enviado a impressora para o componente então ser fabricado, a impressão seguiu com temperatura de extrusão igual a  $190^\circ\text{C}$  e temperatura da mesa a  $65^\circ\text{C}$ , a velocidade de impressão foi de  $55\text{mm/s}$  com espessura de camada igual a  $0.2\text{mm}$ .



Figura 4. Impressora 3D Graber Z35 (O autor, 2020)

A Figura 5 mostra a polia fabricada, na qual foi utilizado o filamento de PLA devido a sua maior resistência mecânica e melhor acabamento superficial.



Figura 5. Polia fabricada por impressão 3D (O autor, 2020)

### 2.3. Teste de funcionalidade

Após fabricado o componente foi instalado na máquina para teste de sua funcionalidade, como mostrado na fig. 6. Não foi escopo de trabalho avaliar a durabilidade do componente, apenas foi avaliado se o mesmo desempenhou sua função sem nenhum empecilho. O teste foi efetuado na perfuração de chapas de madeiras e de alumínio onde nestes materiais o componente de transmissão não apresentou falhas ou dificuldades para transmitir a potência para a polia movida e conseqüentemente perfurar as chapas.



Figura 6. Polia instalada no redutor da furadeira de bancada (O autor, 2020)

#### 2.4. Análise de custos de fabricação

Na análise dos custos de produção foi realizada inicialmente uma cotação com o fornecedor convencional da indústria para o componente em aço fabricado convencionalmente e disponível no mercado, desta cotação obteve-se o valor de R\$155,00 por polia.

Para o valor das polias fabricadas por impressão 3D foram solicitados ao fabricante responsável valores do custo por hora de impressão, do tempo de fabricação, da quantidade de material gasto. Os custos de matéria-prima foram obtidos mediante cotação com empresa fornecedora ao fabricante da polia, apesar da polia fabricada ser de PLA foram solicitados e analisados os valores para os três polímeros convencionais (ABS, PLA e PET-G) a critério de comparação. Os custos são analisados na seção de resultados.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Teste de funcionalidade

A polia fabricada cumpriu sua função sem apresentar nenhum problema no desenvolvimento das atividades de rotina no equipamento, apresentando ótimos resultados no quesito funcionalidade.

#### 3.2. Análise de custos de fabricação

Os valores fornecidos pela fabricante são mostrados na Tab.1 para os custos de energia elétrica para fabricação do componente.

Tabela 1. Custo de energia elétrica na fabricação da polia (O autor, 2020)

Custo por hora	Horas de fabricação	Custo total
R\$0,29	26 h	R\$7,50

A tabela 2 mostra a análise dos custos de matéria-prima para fabricação da polia a partir do tempo de fabricação e do custo dos três filamentos convencionais.



Tabela 2. Custo de matéria-prima na fabricação da polia (O autor, 2020)

	PLA	ABS	PET-G
<b>Custo por kg</b>	R\$55,00	R\$50,00	R\$130,00
<b>Material utilizado</b>	0,8 kg	0,8 kg	0,8 kg
<b>Custo total</b>	R\$44,00	R\$40,00	R\$104,00

A tabela 3 compara os custos totais envolvidos na fabricação da polia para as três opções de material para impressão 3D com o preço da polia convencional.

Tabela 3. Custo total na fabricação da polia (O autor, 2020)

	Convencional	PLA	ABS	PET-G
<b>Energia</b>	-	R\$7,50	R\$7,50	R\$7,50
<b>Matéria-prima</b>	-	R\$44,00	R\$40,00	R\$104,00
<b>Custo total</b>	<b>R\$155,00</b>	<b>R\$51,50</b>	<b>R\$47,50</b>	<b>R\$111,50</b>

Da análise realizada o ABS e o PLA têm custo menor bastante evidente podendo de fato ser uma solução viável em curto prazo, o PET-G apesar de ainda se apresentar mais barato do que a polia convencional pode ter um custo-benefício pouco atrativo devido a questão da durabilidade.

#### 4. CONCLUSÕES

Do trabalho conclui-se que a utilização da prototipagem via impressão 3D e tecnologia FDM pode apresentar grandes melhorias na indústria quando utilizadas para fabricação de componentes mecânicos.

No quesito funcionalidade os resultados foram excelentes com a polia em estudo desempenhando de maneira normal sua função, entretanto fica claro a necessidade de um estudo de durabilidade para complementar os resultados aqui obtidos.

Na questão do custo de fabricação os polímeros comumente utilizados na técnica FDM podem gerar um componente com menor custo do que o encontrado convencionalmente no mercado.

A utilização do PLA e ABS é uma opção viável em curto prazo, como por exemplo, apresentando bom custo-benefício para uma reposição de emergência não comprometendo a produção industrial por longo período de tempo e ganhando produtividade. Já o PET-G apresenta custo mais elevado e em caso de apresentar uma durabilidade menor que a polia convencional pode não ser uma boa opção.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Fernandes, L., 2017. "Prototipagem em impressão 3D: Veja 4 benefícios" Fluxo consultoria UFRJ. 22 Out. 2020 <<https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/prototipagem>>.
- Giordano, C.M., Zancul, E.S., Rodrigus, V.P., 2016. "Análise dos custos da produção por manufatura aditiva em comparação a métodos convencionais". *Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção*, Vol. 16, p. 499-523.
- Menezes, M., 2020. *Plataforma CAD para elaboração de projetos e gerenciamento e controle de impressão 3D com ênfase na construção civil*. Trabalho de conclusão de curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Rio Verde-GO.
- Moura, E., 2020. "A importância da análise de elementos finitos" SKA. 22 Out. 2020 <<https://www.ska.com.br/ska/blog/importancia-da-analise-de-elementos-finitos>>.
- Porto, T.M.S., 2016. *Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

#### 6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.