

DIMENSIOMANETO DE SUBSISTEMAS TÉCNICOS PARA UMA INJETORA DE POLÍMEROS

Bruno Vendruscolo Costa, bruno.vendruscolo@acad.ufsm.br¹

Juan Victor Almeida Pinheiro, ju4n.set@gmail.com²

Venícios Lapazini Cardoso, venicios.lapazini@acad.ufsm.br²

César Gabriel dos Santos, cesar.g.santos@ufsm.br¹

¹ Grupo de Tecnologia e Mecânica dos Materiais. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

² Departamento de Engenharia Mecânica, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

Resumo. A utilização de novas tecnologias nos últimos anos tem avançado o desenvolvimento de novos processos para a conformação de peças plásticas por conta da praticidade alcançada a partir da impressão de objetos 3D. O crescimento industrial, privado e no meio estudantil, facilitando o desenvolvimento de projetos de grande e pequena escala, gerando um acúmulo de lixo de materiais falhos, que por diversos motivos não chegam ao seu resultado final satisfatório. Os materiais mais usados hoje são ABS e PLA, o PLA é um termoplástico biodegradável feito de recursos renováveis como amido de milho ou de cana-de-açúcar e o ABS derivado do petróleo. Esses materiais que acabam sendo inutilizados ao final da impressão, se tornam um prejuízo de recursos e financeiro. Visto que o crescimento da impressão 3D está em constante evolução e conseqüentemente, um aumento na fabricação e nas vendas da matéria prima, a venda de filamentos de impressoras também cresce, com isso surgem novas demandas na área de soluções de reciclagem de filamentos. Este projeto tem como objetivo um estudo preliminar para a criação, desenvolvimento e fabricação de uma extrusora para reciclagem de filamentos, dando continuidade a um projeto de trabalho de conclusão de curso onde foi projetada e fabricada uma trituradora de polímeros por (Slaviero 2021) para poder triturar pequenas peças impressas em impressoras 3D e transformar em granulados plásticos, e aperfeiçoar uma extrusora de polímeros fabricada por (Guarienti 2019) para extrudar os granulados plásticos vindos da trituradora e fabricar filamentos para a reutilização em impressoras que utilizam a impressão por FDM (Fused Deposition Modeling).

Palavras chave: 3D. Extrusora. Extrudar. Granulados plástico.

1. INTRODUÇÃO

O processamento de materiais poliméricos teve seu início em meados do século XIX, baseado principalmente na utilização de borrachas naturais, incentivado pela Revolução Industrial. As primeiras extrusoras foram inventadas concretamente em 1845, eram máquinas do tipo êmbolo e foram utilizadas para revestir fios condutores com guta-percha (Henry Bewley e Henry Brooman). Em 1846 foi registrada uma patente para o revestimento de cabos elétricos por este processo.

A extrusora desempenha um papel importante no processamento de polímeros na indústria, possibilitando a fabricação de estruturas com perfis característicos contínuo, onde o material é forçado a sair por uma abertura com o formato da cavidade, geralmente envolvendo calor (RAWENDAAL, 2014). Além disso, a extrusão é responsável por transformar a matéria polimérica bruta em estruturas e produtos acabados, envolvendo modelagens e reações químicas, produzindo estruturas com valor agregado, como: tubos, filamentos e revestimentos de proteção (TADMOR, 2006).

No ano de 2019, mundialmente produziu-se 460 milhões de toneladas de plástico e reciclou somente cerca de menos de 10%, quase metade dos resíduos é produzida em países ricos membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Vale salientar que os plásticos são responsáveis por 3,4% das emissões globais de gases-estufa. A geração de resíduos, por sua vez, mais que dobrou de 2000 para 2019 chegando a 353 milhões de toneladas, sendo quase dois terços são gerados em plásticos com vida útil inferior a cinco anos. Deste volume, 40% são embalagens, 12% são bens de consumo e 11% roupas e têxteis. De acordo com Agrawala “de 1950 e 2019, o uso de plásticos cresceu 230 vezes”.

Esse projeto deu-se a partir da constatação de que há muito desperdício de materiais inutilizáveis após sua impressão, sendo assim, identificou-se que há uma necessidade de reciclagem de materiais, para que possam ser reimpressos. Com isso esperasse ajudar a comunidade acadêmica a poder reciclar da forma correta seus protótipos acadêmicos que não se tem mais utilização, reaproveitar o plástico novamente através da fabricação de filamento e

ainda reduzir os custos com a compra de filamentos para as impressões.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de projeto empregada corresponde ao método de Pahl e Beitz [5] que guiam as atividades vinculadas ao desenvolvimento do equipamento. O sistema proposto pelos autores orienta de forma cronológica o desenvolvimento das atividades vinculadas através da estruturação de um problema de projeto em etapas. A partir das informações iniciais obtidas tem-se os requisitos dos usuários e de uso, os quais são transfigurados em especificações detalhadas que permitem a proposição de concepções de produto que atendam às necessidades dos seus usuários. O método empregado é o que direciona o desenvolvimento do equipamento, que envolve tanto a elaboração do seu projeto como o plano de manufatura, sendo segmentado em quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Para o desenvolvimento desse projeto utilizou-se como base o trabalho de conclusão de curso de (Guarienti 2019) o qual foi desenvolvido e fabricado uma extrusora de polímeros para plásticos PEAD.

Com isso a metodologia foi destinada para a fase preliminar do projeto da extrusora.

Nesse estudo as etapas de projeto informacional, projeto conceitual já estão definidas pois a ideia do projeto é reaproveitar a ideia de (Guarienti 2019) e aplicar algumas melhorias de projeto e posteriormente validar o projeto já existente, onde a ideia central era desenvolver e fabricar uma extrusora de polímeros para plásticos PEAD.

Recentemente (Guarienti 2019) projetou e fabricou uma extrusora de polímeros a base de materiais recicláveis e reutilizáveis, onde foi feito um estudo com base a fabricação de uma extrusora onde foram identificados certos problemas de fabricação como por exemplo, a reutilização da rosca de madeira não sendo ideal para o processo, tubo com costura (cordão de solda), motor com baixa rotação e entre outros problemas que fizeram ela não funcionar da forma correta.

Com isso foi estudado as possíveis melhorias para uma extrusora com mais robustez para o processo, onde para os problemas citados acima foi dimensionado uma nova rosca, reaproveitada uma “bengala” de moto para fazer como tubo e conseguido por doação um motor com a potência desejada para atender a operação desejada.

Na fase de projeto preliminar, a alternativa conceitual escolhida é desenvolvida em termos da sua arquitetura, com o estabelecimento da árvore genealógica do produto. Nesta etapa são dimensionados geometricamente os componentes do produto, bem como, realizada a seleção de materiais e processos para a sua fabricação. Após estas definições, a resistência dos componentes do produto é verificada através da realização de ensaios ou simulações. A alternativa conceitual é analisada ao final desta fase, sendo julgado quanto a sua otimização através dos testes

realizados. Por fim, a fase de projeto detalhado compreende às descrições definitivas do produto (leiaute final, desenhos técnicos etc.). Nesta fase também são definidos os fornecedores, cronograma de produção, culminado com uma análise crítica do projeto, objetivando avaliar se todas as etapas foram adequadamente cumpridas. Nesta fase também é realizada a construção do protótipo e realização de testes funcionais, de modo a fixar as especificações técnicas do equipamento.

2.1. Equações para projetar a rosca

O diâmetro da rosca depende do material ou composto a ser processado, que pode ser de vários tamanhos e formatos (entre 0,3 e 0,6 g/cm³). Assim o ângulo (θ), comprimento (L), folga radial (δ), passo (Ls), profundidades dos canais (h_i e h_f) e largura do canal (W), são parâmetros definidos com base no material a ser utilizado, neste caso, aqui será usado PLA um polímero biodegradável por ir de encontro com o objetivo do trabalho a reciclagem e reutilização de materiais usados para impressão 3D.

O passo (LS) é comumente associado ao diâmetro da rosca, em muitas extrusoras o diâmetro é igual ao passo $D_s = L_s$, e o ângulo é dado pela equação 1.

$$\tan \theta = \frac{L_s}{\pi D_s}, \text{ então } \theta = \arctan \frac{L_s}{\pi D_s} \quad (1)$$

O diâmetro da rosca (D_s) (equação 2) é função do diâmetro interno do tubo (D_b). Da mesma forma o diâmetro da raiz na zona de alimentação (D_i) é função das folgas associadas (equação 4).

$$D_s = D_b - 2 * \delta \quad (2)$$

$$D_i = D_s - 2 * (H_i - \delta) \quad (3)$$

A largura do canal (W) é dada pela equação 4.

$$W = L_s * \cos(\theta) - e \quad (4)$$

Após determinar a largura do canal, a razão H_i/W (também conhecido como t) é a distância entre a raiz na zona de alimentação e a parede interna do tubo (H_i) pela largura do canal (W). Esta é uma razão importante porque quanto maior o valor H_i/W , mais tempo leva para transportar o material extrudado.

A taxa de compressão (TC) é calculada de acordo com a razão da profundidade do canal na zona de alimentação (h_i) e a profundidade do canal na zona de controle de vazão (h_f).

$$TC = \frac{h_i}{h_f} = 1,8 \text{ a } 5,5 \quad (5)$$

Segundo Manrich (2005), entre a rosca e o tubo deve existir uma folga (δ), em torno de $\delta = 0,15 \text{ mm}$.

Segundo Giles (2005) a folga entre as paredes do tubo e a rosca deve ser de 0,025 mm vezes o diâmetro (Ds).

$$\delta = (0,025 * Ds) \quad (6)$$

A teoria de folga mais aceitável foi considerada a de Giles (equação 6) por considerar um múltiplo do diâmetro da broca a invés de valores fixos

2.2. Figuras



Figura 1. Extrusora de Polímeros (Guarienti 2019).

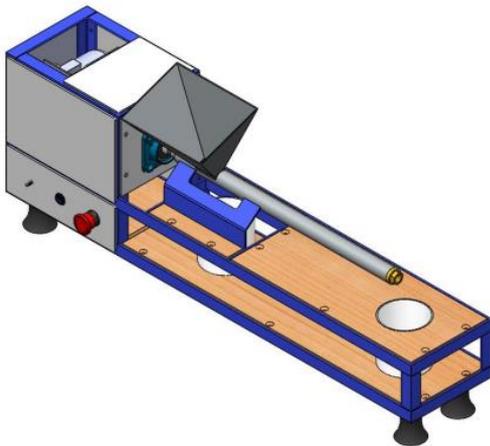


Figura 2. Mocape digital da extrusora de polímeros (Guarienti 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Projeto Preliminar

No projeto preliminar a alternativa conceitual do equipamento é concebida, sendo realizado o dimensionamento dos elementos que integram o produto, a seleção de materiais e processo de fabricação, bem como uma estimativa de custo do produto. A fim de desenvolver um equipamento de fácil fabricação e simples manutenção, optou-se pela utilização de componentes comerciais para a construção do mesmo.

3.2. Projeto Preliminar Detalhado

É a fase de projeto destinada ao desenvolvimento do produto a partir das especificações de projeto, pontuado definições e restrições de projeto assim como os cálculos de dimensionamento, estimativa de custo, lista de peças, portanto, dados as novas definições das especificações de projeto, o sistema mecânico pode ser analisado e projetado seguindo as restrições estabelecidas do PLA.

É importante ressaltar que o equipamento desenvolvido é constituído por conjuntos e subconjuntos, tubo, rosca, bico, estrutura, motor e redução, aquecimento e resfriamento.

3.3. Árvore Genealógica do Produto

Nessa etapa do projeto a fim etapa a fim de detalhar e hierarquizar os conjuntos, subconjuntos e componentes do equipamento foi estruturada sua árvore genealógica (Figura 3), empregando-se uma metodologia e codificação específica de cada componente para facilitar a visualização, de tal maneira a compreender as partes constituintes do produto.

Lembrando que para este trabalho somente as peças do grupo geral sistema mecânico dados pelo número inicial “01” foram considerados, entretanto os outros sistemas ou grupos gerais foram definidos arbitrariamente conforme os números de 02 a 06, estes foram definidos para que posteriormente sejam usados no desenvolvimento das peças e grupos subsequentes assim como a possibilidade de obtenção de uma lista de peças padronizada ao fim da projeção de todos os conjuntos.

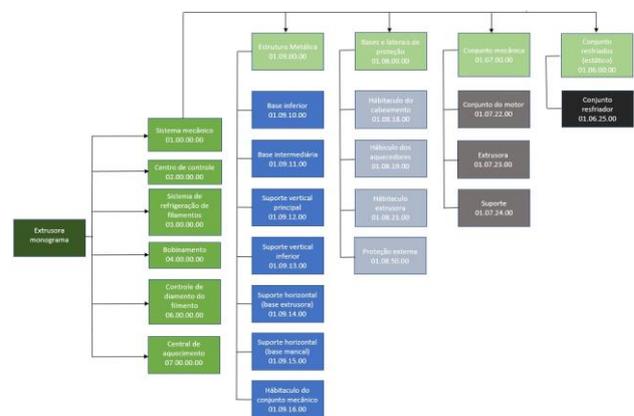


Figura 3. Árvore genealógica

4. CONCLUSÕES

Com esse trabalho esperasse aprimorar, projetar e fabricar componentes mecânicos técnicos para uma extrusora de filamentos à base de polímeros termoplásticos reciclados que irão ser utilizados para uso em impressoras 3D, além de estudar as características e os tipos de materiais utilizados na impressão 3D pelo processo FDM e por fim projetar e selecionar os componentes mecânicos e elétricos necessários para uma extrusora de polímeros;

5. REFERÊNCIAS

- [1] CALLISTER, William, D. Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Introdução – 9ª. Ed – Rio de Janeiro: LTC, 2018, il.;
- [2] MANRICH, Silvio. Processamento de Termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes / Silvio Manrich. – São Paulo: Artliber Editora, 2ª edição, 2018, SP, Brasil.
- [3] VOLPATO, Neri. Manufatura Aditiva: Tecnologias e Aplicações da Impressão 3D. 2017. 308p, São Paulo: Blucher, 2017.
- [4] GUARIANTI, E. Projeto preliminar de uma máquina extrusora para a produção de filamentos de polietileno para impressora 3D. Cachoeira do Sul, 2019.
- [5] PAHL, G; BEITZ, W. Engineering Design: a systematic approach. Londres: The Design Council, 1996