

PROJETO E ESTUDO DE UM DISPOSITIVO DE VALORIZAÇÃO DE RESÍDUO DO POLÍMERO ABS

Dr. Luís Gustavo de Mello Paracêncio (Professor) E-mail: luis.paracencio@docente.unip.br
Jonathan Henkemeier Pereira (Aluno) E-mail: jonatanhenkemeier@hotmail.com
Kaique de Camargo (Aluno) E-mail: kaique.eng.mac@hotmail.com
Paulo Sergio dos Santos Junior (Aluno) E-mail: paulo_carespia@hotmail.com
Pedro Henrique Gavioli Leme (Aluno) E-mail: pedrogavioli.mec@gmail.com
Ruan Vitor De Souza Soares Da Silva (Aluno) E-mail: ruanvitor780@hotmail.com

Resumo: A presença dos polímeros em nosso cotidiano é cada vez mais notável. A maioria dos produtos possuem polímeros sejam eles em sua composição ou até mesmo na embalagem e todos possuem uma grande desvantagem que é o descarte inadequado do mesmo, este acaba gerando um grande impacto ambiental. Para reverter esse cenário faz se necessário a reciclagem do material, seja ela, química, energética ou mecânica. Esse projeto tem o objetivo de desenvolver a pesquisa e projetar um dispositivo de reciclagem por extrusão de filamento para alimentar uma impressora 3D, usando como matéria prima resíduos de polímeros descartados pelo homem que poderiam poluir o meio ambiente. O equipamento pode ser dividido em duas etapas, triturar o polímero e extrudar.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Polímero, Reciclagem, Meio Ambiente.

DESIGN AND STUDY OF AN ABS POLYMER RESIDUE VALIDATION DEVICE

Abstract: The presence of polymers in our daily lives is increasingly remarkable. The majority of products have polymers in their composition or even in the packaging and all have a considerable disadvantage that's the inadequate waste, it ends up generating a terrible environmental impact. In order to reverse this scenario, it's necessary to recycle the material, being it chemical, electrical or mechanical. The aim of this project is: to develop the research, to design a filament extrusion recycling device to 3D printer, using as raw material polymer residues discarded by the men that could pollute the environment. The equipment can be divided into two steps, shred the polymer and extrude.

Keywords: Solid Residues, Polymer, Recycling, Environment

1. Introdução

A preocupação com os resíduos vem sendo discutida há algumas décadas nas esferas nacionais e internacionais, reflexo da expansão da consciência coletiva com relação ao meio ambiente. Propondo assim, mudanças de posicionamento tanto dos três níveis de governo, da sociedade civil e da iniciativa privada. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

No Brasil, em 1991 o primeiro projeto de lei sobre coleta, tratamento, transporte e destinação dos resíduos de serviços de saúde é apresentado e durante anos, diversos assuntos referentes aos resíduos são discutidos. Porém, após vinte e um anos, no Congresso Nacional, em 2 de agosto de 2010, é aprovado a Lei nº 12.305/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, que impõe obrigações aos empresários e aos cidadãos no gerenciamento dos resíduos. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

Com o crescimento populacional das sociedades de consumo, tem-se como consequência o aumento da produção de resíduos. Por outro lado, a concentração da população em torno dos centros urbanos, cujos espaços disponíveis cada vez mais escasseiam, faz com que o manuseio e, principalmente, a disposição final destes resíduos se torne um problema de difícil solução. O fato é agravado uma vez que muitos dos componentes, como, por exemplo, os plásticos e metais, apresentam tempos de degradação elevados. Em consequência, os riscos de poluição do solo, das águas de superfície e subterrâneas e do ar estão cada vez mais presentes o que vem gerando a deterioração do meio ambiente, com implicações na qualidade de vida das populações. (SEWELL, 1978).

2. O polímero

Os Polímeros ("polymers") são macromoléculas caracterizadas por seu tamanho, estrutura química e interações intramoleculares e intermoleculares. Possuem unidades químicas ligadas por covalências, em que se repetem de maneira regular ao longo da cadeia, conhecida como meros cmers. O número de meros da cadeia polimérica é denominado grau de polimerização, geralmente simbolizado por N ou DP ("degree of polymerization"). (MANO; MENDES, 1999).

A palavra polímero tem como significado "muitas partes". Isso foi dado devido as grandes moléculas formadas por unidades químicas simples repetitivas (monômeros). Já a polimerização é o conjunto de reações quando os monômeros reagem entre si, onde se forma uma macromolécula polimérica. A velocidade de reação mecanismos e rendimentos dependem de fatores como temperatura, pressão e tempo. (JACQUES, 2011).

2.1 Tipos de polímeros

Os polímeros possuem propriedades mecânicas intermediárias aos encontrados nos elastômeros e nas fibras. Divide -se os plásticos em dois grupos, quando se refere ao processo tecnológico de preparação e comportamento durante aquecimento: Termoplásticos - que são materiais poliméricos capazes de ser moldado no formato desejado, pela capacidade de amolecer e fluir quando aquecido. Transformação física e reversível. Ex: Polietileno e poliestireno. Termorrígido – produtos polimerizados, que se torna rígidos com formação e ligações cruzadas entre cadeias. Ex: Poliuretano e resina epóxi. Plásticos flexíveis são utilizados em embalagens e filmes para empacotamento, já os rígidos em lentes de óculos e utensílios domésticos, por terem alta resistência a deformação. (NASCIMENTO, 2015).

Tabela 1: Principais tipos de plásticos

Resina	Aplicação	Característica
PET	Frascos e garrafas para uso alimentício, hospitalar e cosmético, bandejas para micro-ondas, filmes para áudio e vídeo, fibras têxteis e telhas	Transparência total, inquebrável, impermeável, bastante leve
PEAO	Embalagens para detergentes e óleos automotivos, sacolas de supermercados, tampas. Tambores para tintas, potes e utilidades domésticas	Inquebrável, resistente a baixas temperaturas, leve, rígido, impermeável, resistência química
PVC	Embalagens para água mineral, óleos comestíveis, maioneses e sucos, perfis para janelas, tubulações de água e esgotos, mangueiras, embalagens para remédios, brinquedos, bolsas de sangue e material hospitalar	Rígido, transparente, impermeável, resistente à temperatura e inquebrável
PEBO e PELBD	Sacolas para supermercados e boutiques. Filmes para embalar leite e outros alimentos, sacaria industrial, filmes para fraldas descartáveis, bolsa para soro medicinal, sacos de lixo	Flexíveis, leves, transparentes
PP	Filmes para embalagens e alimentos, embalagens industriais, cordas, tubos para água quente, fios e cabos, frascos, caixas de bebidas, fibras para tapetes, potes, fraldas e seringas descartáveis	Conserva o aroma, inquebrável, transparente, brilhante, rígido e resistente a mudanças de temperatura
PE	Potes para iogurtes, sorvetes, doces, frascos, parte interna da porta de geladeiras, pratos, tampas, brinquedos e aparelhos de barbear descartáveis	Rígido e resistente a mudanças de temperatura
ABS	Peças de computadores, carcaça de televisão, capacetes de segurança, brinquedos, grades de carros, calotas e painéis, celulares e teclados	Rígido e resistente a corrosão, química, alta resistência ao impacto, a baixas temperaturas, brilhante

Fonte: Adaptado de Moldes Injeção Plásticos. Disponível em: <<http://moldesinjecaplasticos.com.br/tabelas-com-valores-para-aplicacoes-de-termoplasticos/>>

2.2 Polímero ABS

Material que é base para quase todos materiais plásticos que se utiliza, o acrilonitrila butadieno estireno, o ABS, é um termoplástico constantemente utilizado pela indústria, por ser um material viável economicamente, leve e flexível, porém muito resistente, em que recebe qualquer tipo de cor, apresentando aspectos que vai do opaco ao transparente, mesmo sendo inflamável em altas temperaturas, comparando com outros materiais, o ABS apresenta certa resistência ao calor e a temperaturas baixas. Encontra-se o plástico ABS em diversas aplicações, como, filamentos para impressora 3D, embalagens cosméticas, mouse, notebook, celulares, calculadoras, capacetes, aparelhos e ar condicionado, etc. (ECYCLE, 2019).

Assim como citado acima, o ABS é um copolímero derivado de três monômeros: acrilonitrila, butadieno e o estireno; Acrilonitrila: monômero sintético produzido a partir do hidrocarboneto, propileno e amoníaco; Butadieno: obtido a partir da desidrogenação do butano; Estireno: obtido a partir da desidrogenação do etilbenzeno. O resultado físico deste copolímero é a rigidez, leveza, grande resistência a absorção de impacto,

moldagem fácil, oferecendo bom equilíbrio entre a resistência a tração, ao calor, resistência química, dureza superficial, entre outros fatores. (ADIPLAST, 2019).

Diante de tantos benefícios que o polímero ABS tem indicado, sua reciclagem torna-se cada vez mais necessária, observando que além do cuidado com os impactos ambientais, é um material de grande valor, com características importantes para o meio industrial, podendo transformar-se em novos produtos, estes, encontrados frequentemente.

3. A reciclagem

H.-Y. Kang, J.M. Schoenung (2005) falam que existem três tipos de processos de reciclagem de plásticos. No processo químico de reciclagem utilizam resíduos de plásticos como matérias-primas para processos petroquímicos ou como um redutor em uma fundição de metal. A reciclagem mecânica é um método convencional, que utiliza um processo de trituração e identificação para eventualmente fabricar novos produtos plásticos. Na térmica reciclagem, os plásticos são utilizados como combustível alternativo.

Realiza-se a reciclagem mecânica por meio do reprocessamento por injeção, extrusão, termoformagem, entre outros. Para isso alguns procedimentos são necessários, são eles: A separação dos resíduos primeiramente, seguindo por moagem, lavagem, secagem, reprocessamento e finalizando com a transformação do polímero em um produto final. Entretanto existem variações durante estes processos, devido a procedência e o tipo de polímero utilizado, além das diferenças de investimentos e qualidade dos equipamentos utilizados nas plantas de processamento. Poucas informações sobre processamento são conhecidas, pois as indústrias que trabalham com estes processos têm interesse econômico e acabam protegendo seus procedimentos com patentes. Toda via, busca-se a obtenção de produtos que possuam propriedades mais próximas possíveis do polímero virgem, para emprega-los na produção de materiais com aplicações nobres. (SPINACÉ; DE PAOLI, 2004).

HAWKINS (1987) diz que a reciclagem mecânica primária é a reutilização direta de polímero descartado não contaminado em um novo produto sem perda de propriedades. Na maioria dos casos, a reciclagem mecânica primária é conduzida pelo próprio fabricante para resíduos pós-industriais. Portanto, este processo é frequentemente denominado reciclagem em circuito fechado. Em princípio, os resíduos pós-consumo também pode ser submetido à reciclagem primária; contudo, neste caso, uma série de complicações adicionais pode surgir como a necessidade de coleta seletiva. Tais questões podem aumentar significativamente os custos de reciclagem. Assim, em geral, este método permanece impopular entre os recicladores. Antes da reintegração de um material usado em um novo produto, ele normalmente precisa passar por retífica, por exemplo, retalhamento, trituração ou moagem. Estes processos tornam o material mais homogêneo e mais fácil de misturar com aditivos e outros polímeros para em processamento. O material quebrado também pode ser integrado de maneira mais controlável em um processo de produção comum. Além disso, torna-se mais fácil de purificar. Uma limpeza adicional pode ser útil ou até mesmo necessária para evitar problemas nos produtos finais. Um reciclado pode receber uma nova forma após o derretimento. Os métodos mais conhecidos deste tipo de processamento de recicláveis mecânicos são moldagem por injeção, extrusão, rotomoldagem e prensagem a quente. Portanto, apenas polímeros termoplásticos, como PP, PE, PET e PVC, normalmente podem ser mecanicamente reciclados. Reciclagem em circuito fechado pode ser eficientemente realizada da seguinte forma:

- Materiais descartados são integrados muito rapidamente de volta ao ciclo de produção
- As impurezas podem ser removidas, não desempenham qualquer papel no produto final ou na camada de material reciclado.
- Polímero é estável o suficiente para ir novamente através de processos de alta temperatura
- Materiais reciclados são processados (quase) da mesma forma que materiais virgens.

4. Impressão 3D

A impressão 3D é chamada o processo de criação de um objeto em três dimensões a partir de um modelo digital. Diferente dos outros processos de conformação mecânica convencionais, a impressão 3D adiciona camadas de material a fim de se obter um objeto e sem haver sobras, enquanto os demais, como por exemplo, a usinagem remove material de forma a “esculpir” o material. (AZEVEDO, 2013)

As impressoras 3D têm como funcionamento básico a extrusão do plástico que é depositado em camadas para se formar o objeto. Ela funciona semelhantemente a uma máquina CNC de usinagem, o que diferencia é que a ferramenta da impressora é uma extrusora que deposita material, ao invés de uma ferramenta de usinagem que conforma o material através da retirada de material de uma matéria prima. A impressora é composta por uma mesa que se movimenta sobre o eixo Y, um bico extrusor que se movimenta pelo eixo X e pode ser ajustado em um terceiro eixo Z. Eles se movimentam através de motores de passo que rotacionam os eixos, e tanto a mesa quanto o bico possuem temperaturas controladas por termopares e circuitos eletrônicos integrados. (AZEVEDO, 2013)

Na figura 1 pode-se observar uma representação esquemática do processo FDM (Fused Deposition Modeling), que na qual deposita o material através da fusão. O filamento de material termoplástico é movimentado para dentro da câmara de liquidificação por meio da ação de rolos de alimentação (normalmente acionados por motores de passo) que empurram o filamento. Ao redor desta câmara, são posicionadas resistências térmicas que eleva a temperatura do material até valores superiores à temperatura de amolecimento do plástico (ponto de transição vítrea).

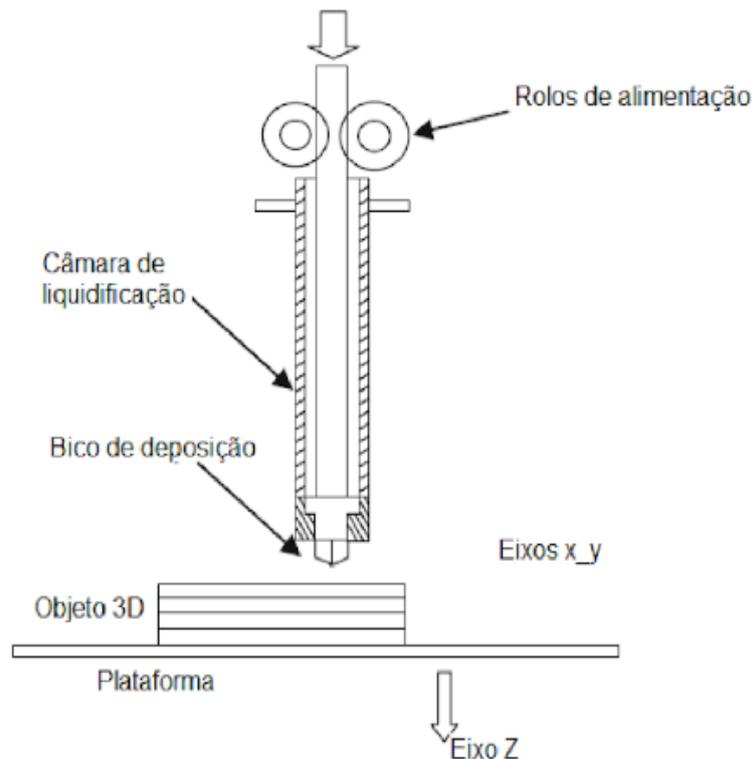


Figura 1: Representação esquemática de processo FDM. Fonte: Cunico (2015)

4. Metodologia

Para alcançar os objetivos que foram citados anteriormente foram realizados diversos estudos sobre o tema e sobre o dispositivo que propriamente está sendo projetado, com o auxílio de livros que abordam temas sobre polímeros, reciclagem, impressora 3D e processos de fabricação, para então definir os parâmetros e projetar o dispositivo. Para a realização desse projeto o grupo subdividiu em duas fases, a primeira para o estudo aprofundado do polímero e sua valorização, e a segunda sobre os processos de fabricação necessários na reciclagem mecânica, sendo eles a moagem e a extrusão, e projetar o dispositivo com base nesses processos.

Na primeira etapa foi realizado um levantamento de dados no site do Ministério do Meio Ambiente, a respeito do descarte de resíduos sólidos e das políticas de reciclagem de resíduos existentes no Brasil. Após isto, foi feita uma pesquisa sobre os incentivos fiscais e os obstáculos existentes em relação à reciclagem no país. Com esses dados em mãos, procuramos fazer uma análise crítica sobre a atual situação em relação ao tema, e as possíveis formas de mudar o presente cenário.

Dentre as formas, encontramos o método de valorização, que consiste em dar uma nova utilidade para o material plástico através de sua reciclagem. Percebemos que necessitaríamos estudar mais a fundo a reciclagem. Procuramos saber mais sobre os processos de reciclagem de polímeros, suas etapas e os equipamentos que são utilizados para realizar a reciclagem e decidimos projetar um protótipo que compõem partes indispensáveis no processo de reciclagem de polímeros: A moagem e a extrusão.

Esses dois processos fazem parte da reciclagem de quase todos os tipos de plásticos, porém tínhamos que fazer a escolha de qual plástico reciclar. Vimos que um material de grande potencial para a reciclagem é o polímero ABS, pois o mesmo é utilizado em um tema em ascensão, a impressão 3D, e seu método de reciclagem é mais simples e barato em relação aos demais plásticos. Diante disso, fizemos um levantamento sobre as características e vantagens do ABS em relação a outros polímeros.

Depois de escolhido o material e com o conhecimento dos processos, começamos a desenvolver o projeto do protótipo. Realizamos uma pesquisa sobre os equipamentos existentes no mercado, suas vantagens e desvantagens e em seguida idealizamos qual seria o melhor tipo para o presente trabalho. Criamos os desenhos do protótipo no software SolidWorks, em seguida realizamos os cálculos necessários para o projeto.

4.1 Moagem

De acordo com H.-Y. Kang, J.M. Schoenung (2005), existem três objetivos principais para redução de tamanho. Primeiro é a geração de partículas que podem ser mais facilmente manipuladas do que peças volumosas. Em segundo lugar é geração de partículas de tamanho e formato uniformes que podem ser separadas efetivamente em processos de fluxo. O terceiro propósito é a liberação de materiais diferentes de um outro. Trituradoras de corte são geralmente usados para realizar redução de tamanho grosseiro e libertação. Os metais devem ser removidos nesta etapa, porque o metal pode danificar equipamentos de redução de tamanho de partículas, tais como granuladores e moinhos. Depois que o metal é removido, a granulação e o fresamento podem ser usados para redução e liberação de tamanho adicional. Granuladores usa uma tela ou grelha fixas para controlar o tamanho das partículas. As etapas adicionais de redução de tamanho são geralmente usadas quando o fluxo de reciclagem contém material estranho bem aderido, como tinta e revestimentos, exigindo uma liberação agressiva.

4.2 Extrusão

Pela obtenção de qualidade na homogeneização do produto, utiliza-se o processo de extrusão, que consiste basicamente em pressionar determinado material através de um fuso contra uma matriz com um formato pré-definido a uma temperatura de fusão do material, proporcionando um perfilado contínuo com as dimensões definidas pela fenda da matriz. As extrusoras de polímeros possuem um compartimento denominado de canhão, que é uma espécie de tubo onde se deposita o material polimérico bruto (granulado em pellets ou em pó) a temperatura ambiente e este é aquecida a uma temperatura controlada. Dentro deste canhão, existe um fuso roscado que é responsável pelo transporte e homogeneização do material a ser extrudado. Este fuso é rotacionado por meio de um motor de indução trifásico, que é ligado juntamente a um inversor de frequência e a função deste é controlar a velocidade e o sentido de rotação do fuso. Após a passagem do material pela matriz é necessário um resfriamento do mesmo, que pode ser executado por água ou por outros meios. O controle da temperatura e tempo de residência ao longo do canhão é um fator que influencia diretamente as propriedades finais do perfilado devido a sua elevada influência na maleabilidade, homogeneidade, resistência à tração e torção, alongamento e aspecto visual do produto. (OLIVEIRA et al., 2018 apud ASSUMPCÃO, 2016; SEBIO, 2003; NOSSA et al., 2015).

5. Resultados obtidos

Com a realização desse trabalho, todos os objetivos foram alcançados, constatando-se através de um estudo aprofundado e coleta de dados que existe uma carência em

relação a meios acessíveis de reciclagem e a valorização de resíduos no país. Devido ao custo dos métodos de reciclagem dos polímeros, torna-se inviável, constatando ainda mais a importância do projeto.

Com os estudos desempenhados, como os cálculos realizados, literaturas estudadas, normas e diversos outros conceitos como também os desenhos, obteve-se resultados suficientes para o projeto de um dispositivo capaz de valorizar polímero ABS, transformando seus resíduos em filamentos para impressora 3D. Tendo em vista a crescente evolução tecnológica, com a implantação da manufatura aditiva, estes filamentos tem papel importante, seja para realização de pesquisas, quanto para fabricação de protótipos.

5.1 Cálculos

<p>Cálculos para o triturador</p> <p>Força de corte: $F_c = E * L * K_s$ (Kgf)</p> <p>F_c = Força de corte (Kgf) E = Espessura da chapa (mm) L = Perímetro de corte ou área cisalhante (mm) K_s = Tensão de ruptura ao cisalhamento (Kgf/mm²)</p> <p>$L = 14 + 5 + 14 = 33$ mm $E = 3$ mm $K_s = \delta = 2.91$ Kgf/mm² $F_c = 3 * 33 * 2.91 = 288.09$ Kgf</p> <p>Momento torçor: $M_t = F_c * d$ (Kgf*cm)</p> <p>d = Distância entre a ponta da lâmina de corte ao centro do eixo de rotação (cm)</p> <p>$M_t = 288.09 * 6 = 1728.54$ Kgf*cm</p> <p>Potência: $M_t = \frac{71620 * P}{RPM}$ (Kgf*cm)</p> <p>Trabalhando a equação, obtemos: $P = \frac{M_t * RPM}{71620}$ (cv)</p> <p>Adotando a rotação com o valor de: $RPM = 82$ $P = \frac{1728.54 * 82}{71620} = 1.98$ cv \cong 2 cv</p> <p>Dimensionamento do eixo:</p> <p>Força tangencial $F_t = \frac{2 * M_t}{d}$ (N)</p>	<p>Momento fletor no plano vertical $M_v = R_a * b$ (N.mm)</p> <p>Momento fletor no plano horizontal $M_h = H_a * b$ (N.mm)</p> <p>b = Distancia até o apoio mais próximo (mm)</p> <p>$M_v = 673.9 * 74 = 49868.6$ N.mm $M_h = 1416.67 * 74 = 104833.58$ N.mm</p> <p>Momento fletor resultante $M_r = \sqrt{M_v^2 + M_h^2}$ (N.mm)</p> <p>$M_r = \sqrt{49868.6^2 + 104833.58^2}$ $M_r = 116090.3$ N.mm</p> <p>Momento ideal $M_i = \sqrt{(M_r^2) + (\frac{\partial}{2} * M_t)^2}$ (N.mm)</p> <p>∂ = coef de Bach = $\frac{\text{Tensão adm de flexão}}{\text{Tensão adm de torção}}$</p> <p>Material do eixo: Aço 1045 Tensão admissível de flexão = 60 N/mm² Tensão admissível de torção = 50 N/mm² $\partial = 60/50 = 1.2$</p> <p>$M_i = \sqrt{([104833.58]^2) + (1.2/2 * 170000)^2}$ $M_i = 154534.6$ N.mm</p> <p>Diâmetro do eixo $D \geq 2.17 * (\sqrt[3]{(M_i/\sigma)})$ (mm)</p> <p>$D \geq 2.17 * (\sqrt[3]{(154434.6/66)})$ $D \geq 29.75$ mm</p>
---	---

<p>Momento torçor considerado $\approx 170 \text{ N}\cdot\text{m}$ d = Distância entre a ponta da lâmina de corte ao centro do eixo de rotação (m)</p> <p>$F_t = 2 * 170 = 2833.33 \text{ N}$ 0.12</p> <p>Força radial $F_r = F_t * \text{tg}(\alpha) \text{ (N)}$</p> <p>$\alpha$ = ângulo de ataque da lâmina $\alpha = 70.44 - 45 = 25.44^\circ$</p> <p>$F_r = 2838.33 * \text{tg}(25.44) = 1347.79 \text{ N}$</p> <p>Reação vertical no apoio A $R_a = \frac{F_r * a}{L} \text{ (N)}$ a = Distancia até o apoio mais próximo (mm) L = Comprimento do eixo (mm)</p> <p>$R_a = \frac{1347.79 * 74}{148} = 673.9 \text{ N}$</p> <p>Reação horizontal no apoio A $H_a = \frac{F_t * a}{L} \text{ (N)}$</p> <p>$H_a = \frac{2933.33 * 74}{148} = 1416.67 \text{ N}$</p>	<p>Cálculos para a extrusora Pressão de extrusão: $P_e = \gamma * \text{Ln}(Re) \text{ MPa}$</p> <p>$P_e$ = pressão de extrusão γ = tensão de escoamento média Re = razão de extrusão (Adimensional) $Re = \frac{A_o}{A} = \frac{\text{área externa} - \text{área interna}}{\text{área do fio}}$</p> <p>Área círculo = $\pi * r^2 \text{ (mm}^2)$ Área externa = $\pi * 18^2 = 530.929 \text{ mm}^2$ Área interna = $\pi * 12.85^2 = 518.748 \text{ mm}^2$ Área do fio = $\pi * 1.5^2 = 7.089 \text{ mm}^2$</p> <p>$Re = \frac{530.929 - 518.748}{7.089} = 1.72$</p> <p>Sendo $\gamma = 28.5 \text{ MPa}$ $P_e = 28.5 * \text{Ln}(1.72)$ $P_e = 15.46 \text{ MPa}$</p> <p>Força de extrusão; $F = P_e * A_o \text{ (N)}$</p> <p>$F$ = força de extrusão P_e = pressão de extrusão A_o = área com material</p> <p>$F = 15.46 * 15.181 = 234.7 \text{ N}$ ou 23.95 kgf</p>
---	--

5.2 Desenhos em 3D

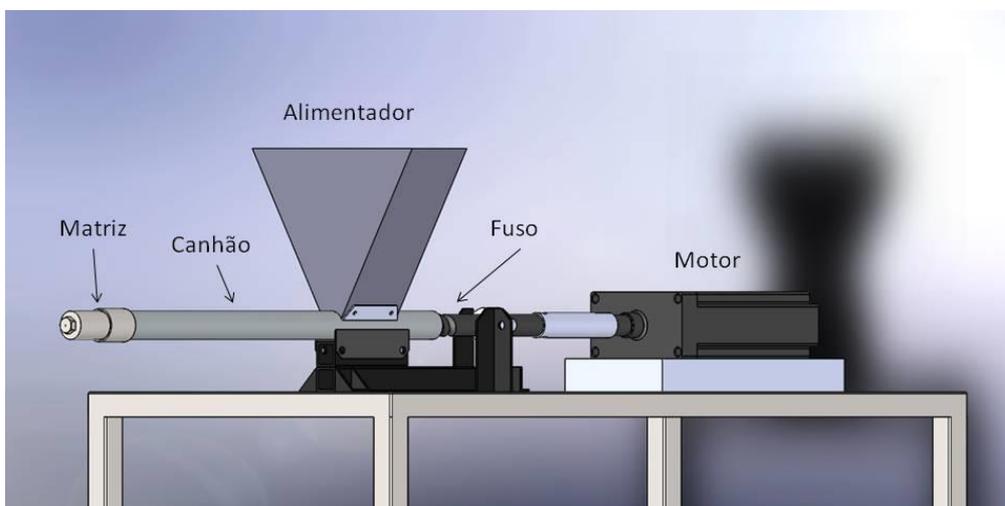


Figura 3 – Modelagem em 3D da extrusora

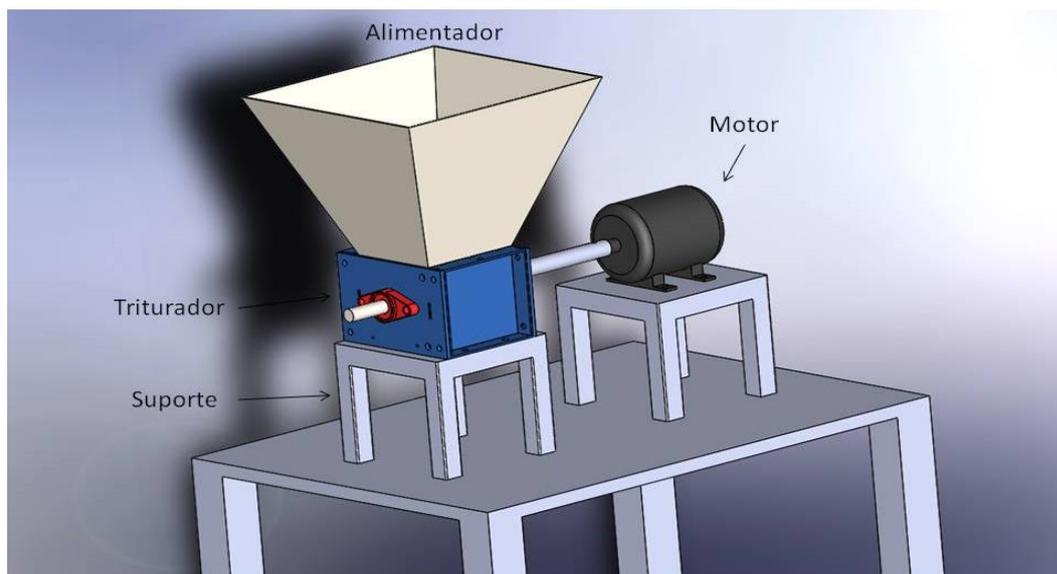


Figura 4 – Modelagem em 3D do triturador

5.3 Lista de materiais

Tabela 2: Custos de material para a construção do triturador

Descrição	Tipo de material	Detalhes	Quantidade	Preço
Materiais mecânicos				Reais
Estrutura	Metal sucata	Perfil L 30x3mm	-	R\$30,00
Facas móveis	Aço carbono 1045	105x85x4,75mm	15	R\$127,20
Facas fixas	Aço carbono 1045	132x55x4,75mm	13	R\$94,25
Espaçadores fixos	Aço carbono 1045	132x25x6mm	15	R\$96,00
Espaçadores móveis	Aço carbono 1045	50x50x6mm	13	R\$58,11
Eixo	Aço carbono 1020	Perfilado sextavado	1	R\$115,00
Peneira	Alumínio	Chapa curvada com furos	1	R\$20,00
Mancal	-	Com rolamento de 25mm	2	R\$56,00
Acoplamento	Aço	Chaveta	1	R\$5,00
Porca	Aço zincado	Porca sextavada M6	10	R\$5,00
Parafuso	Aço zincado	Parafuso M6x25mm	10	R\$10,00
Base	Metalon	-	-	R\$30,00
Materiais eletrônicos				
Motor com redutor	Elétrico	2CV monofásico	1	R\$800,00
Interruptor	Elétrico	Interruptor de alimentação	1	R\$50,00
Cabo de alimentação	-	-	-	
LED	-	220v	1	R\$7,00
Total				R\$1503,56

Fonte: Autor próprio (2019)

Tabela 3: Custos de materiais para a construção da extrusora

Descrição	Tipo de material	Detalhes	Quantidade	Preço
Materiais mecânicos				
Tubo cilíndrico	Aço inox polido	Canhão	1	R\$15,00
Estrutura	Metal sucata	Perfil L 30x3mm	-	R\$30,00
Broca/fuso	Aço	-	1	R\$120,00
Acoplamento	Aço	-	1	R\$20,00
Mancal	-	Com rolamento	1	R\$28,00
Alimentador	Alumínio	Chapa 2mm	-	R\$15,00
Matriz	Aço	Tubo roscado e parafuso	1	R\$20,00
Base	Metalon	-	1	R\$30,00
Parafuso	Aço zincado	M10	12	R\$12,00
Porca	Aço zincado	Porca M10	12	R\$6,00
Materiais eletrônicos				
Motor de passo	Elétrico	30 kgf de torque	1	R\$250,00
Controlador de temperatura	Eletrônico tipo PID	-	2	R\$100,00
Resistência	Elétrica	Até 350 °C	2	R\$90,00
Termopar	-	Medidor de temperatura	2	R\$30,00
Potenciômetro	Eletrônico	Controle de velocidade	1	R\$20,00
Cabo de alimentação	-	-	-	R\$15,00
Interruptor	Elétrico	Interruptor de alimentação	1	R\$10,00
Driver	Eletrônico	Driver do motor	1	R\$85,00
Placa	Eletrônico	Placa para ligações elétricas	1	R\$50,00
Total				R\$946,00

Fonte: Autor próprio (2019)

6. Conclusão

Conclui-se que a reciclagem e a valorização dos polímeros, seja ele o ABS, como todos os outros, resulta em importantes benefícios sociais, econômicos e ambientais. Evidenciando que a maneira correta de se realizar os serviços de manejo dos resíduos são fundamentais para minimizar os impactos ambientais. Nesse sentido, dispõe-se de diversas medidas incentivadoras, seja no âmbito do poder público, iniciativa privada e na sociedade civil, como aprovação da PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), e os incentivos fiscais, em que trazem resultados importantes para a sociedade, como a geração de empregos e diminuição de custo para as empresas.

Tendo em vista que a tecnologia vem aumentando exponencialmente, estes incentivos oferecidos às empresas têm papel preponderante no desenvolvimento do país, pontuando que a utilização dos polímeros é cada vez maior, como o ABS, que dispõe de características benéficas chamando assim atenção para sua utilização, por ser resistente e ao mesmo tempo leve e flexível, e por ser economicamente viável. Somando todos estes fatores, os ganhos conquistados por tais medidas são enormes, como a obtenção de produtos melhores, meio ambiente preservado e uma sociedade melhor.

Referências

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resíduos Sólidos. [S. l.], 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos.html>. Acesso em: 10 maio 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Contexto e Principais Aspectos. [S. l.], 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/contextos-e-principais-aspectos.html>. Acesso em: 10 maio 2019.

SEWELL, G.H. Administração e controle da qualidade ambiental. [s.l.]: Editora Pedagógica e Universitária, 1978.

SPINACE, Márcia Aparecida da Silva; DE PAOLI, Marco Aurelio. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 65-72, Feb. 2005. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100014&lng=en&nrm=iso>. access on 19 May 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422005000100014>.

MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. Introdução a polímeros. 2. ed., rev. e ampl. São Paulo, SP: E. Blücher, c1999

JACQUES, Luiz. História do Plástico. 2011. Disponível em: <<https://nossofuturoroubado.com.br/historia-do-plastico/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

NASCIMENTO, Wesley. Tudo sobre: Vidros, metais, papel e plásticos. 2015. Aula (CURSO QUÍMICA LICENCIATURA; DISCIPLINA: QUÍMICA FUNDAMENTAL I - 1º PERÍODO) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS CAMPUS DE CIENCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS HENRIQUE SANTILLO, Anápolis, 2015. PDF.

ECYCLE. Plástico ABS: você sabe onde ele está presente e do que é feito?: Plástico ABS está presente nos mais diversos objetos e é feito a partir do petróleo. [S. l.], [201-?]. Disponível em: <http://moldeinjecaoplasticos.com.br/tabelas-com-valores-para-aplicacoes-de-termoplasticos/>. Acesso em: 10 abr. 2019.

ADIPLAST. Conheça mais: Acrilonitrila butadieno estireno (ABS). [S. l.], [201-?]. Disponível em: https://www.adiplast.ind.br/news_abs.php. Acesso em: 10 abr. 2019.

Kang, H.-Y. and Schoenung, J.M. (2005) Electronic Waste Recycling: A Review of US Infrastructure and Technology Options. *Resources, Conservation and Recycling*, 45, 368-400.

HAWKINS, W. L. Recycling of polymers. *Conservation & Recycling*, Montclair, Usa, v. 10, n. 1, p.15-19, jan. 1987. Review article no. 14.

AZEVEDO, Fabio Matiotto. Estudo e projeto de melhoria em máquina de impressão 3D. 2013. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica Com ênfase em Eletrônica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180450/tce-16012014-152931/?&lang=br>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

CUNICO, Marlon Wesley Machado. Impressoras 3D: O novo Meio Produtivo. Curitiba: Concep3d Pesquisas Científicas, 2015.

ROSATO, D. V. Extruding Plastics: A Practical Processing Handbook. [s.l.] Springer, 1998.

OLIVEIRA, Marcos Vinicius de Jesus Delgado et al. DESENVOLVIMENTO DE MINI-EXTRUSORA DE BAIXO CUSTO PARA RECICLAGEM DE POLÍMEROS. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, Itapetininga, 9 abr. 2018. PDF