

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA

ADELE CAGNATO CONTE
YVI TIEMI MORI

**DESENVOLVIMENTO DE UM TRITURADOR PARA
TERMOPLÁSTICOS RECICLÁVEIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
(Tcc2)

CURITIBA
2019

ADELE CAGNATO CONTE
YVI TIEMI MORI

**DESENVOLVIMENTO DE UM TRITURADOR PARA
TERMOPLÁSTICOS RECICLÁVEIS**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientadora: Professora M. Daphene Marques Solis.

Co-orientador: M. Antonio Verguetz Silva.

CURITIBA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "DESENVOLVIMENTO DE UM TRITURADOR PARA TERMOPLÁSTICOS RECICLÁVEIS", realizado pelas alunas ADELE CAGNATO CONTE e YVI TIEMI MORI, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Ma. Daphene Marques Solis

DAMEC - UTFPR

Orientador

Prof. Dra. Marcia Silva de Araújo, PhD

DAMEC - UTFPR

Avaliador

Prof. Me. David Kretschek

DAMEC - UTFPR

Avaliador

Curitiba, 04 de março de 2019.

AGRADECIMENTOS

Aos nossos pais e irmãos pelo amor e incentivo em todos os momentos, nos dando o suporte necessário nas horas difíceis. Ao Fernando Milczewski e à Natália Nogueira Porcides pelo carinho e paciência.

À nossa orientadora Daphene Marques Solis e coorientador Antonio Verguetz, não apenas pelas sugestões, correções e atenção com o nosso trabalho, mas também pela grande amizade.

A Piergo Indústria e Comercio de Aço por gentilmente ceder materiais e espaço para a construção do nosso projeto.

Aos professores Marcia Silva de Araújo e David Kretschek pelas sugestões de melhorias.

Ao forum Precious Plastic por nos inspirar a realizar esse e outros projetos que incentivam a reciclagem de plásticos na nossa comunidade.

A todos nossos sinceros agradecimentos.

RESUMO

CONTE, Adele Cagnato; MORI, Yvi Tiemi. **Desenvolvimento de um Triturador para Termoplásticos Recicláveis**. 89 f. Trabalho de conclusão de curso – Tcc2, Bacharelado em Engenharia Mecânica, Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

Todo plástico já produzido pela humanidade ainda existe, pois não houve tempo suficiente para sua decomposição natural. Isto gera um enorme impacto ambiental negativo e é um desperdício econômico e de recursos. A solução de reciclar ao máximo todo material termoplástico gerado já é conhecida, porém pouco empregada. No Brasil, a forma mais difundida e viável de reciclagem é a mecânica, processo que se inicia pela redução dimensional dos resíduos, atividade esta executada por um triturador ou moinho. Este trabalho tem o objetivo de projetar e produzir um triturador para resíduos termoplásticos focado nas necessidades da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Curitiba. Para tal foi realizado um *benchmarking* de produtos similares, um questionário com alunos e servidores da UTFPR, e uma dinâmica com potenciais usuários. Com base nos resultados obtidos foi produzido um equipamento para triturar materiais termoplásticos adequado às necessidades e limitações encontradas na UTFPR. Dentre os cuidados tomados buscou-se priorizar aspectos de segurança para que ele possa ser amplamente utilizado pela comunidade acadêmica. O resultado final foi um triturador para material termoplástico capaz de processar diferentes tipos de resíduos termoplásticos com eficácia e segurança.

Palavras-chave: Termoplástico reciclável. Polímero termoplástico. Triturador. Desenvolvimento de produto.

ABSTRACT

CONTE, Adele Cagnato; MORI, Yvi Tiemi. **Development of a Shredder for Recyclable Thermoplastics**. 89 p. Undergraduate Thesis, Mechanical Engineering, Academic Mechanical Engineering Department, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

All plastic ever produced by mankind still exists, because there was not enough time for its natural decomposition. This creates a huge negative environmental impact and is an economical waste of resources. The solution to recycle to the maximum all thermoplastic material generated is already known, but it is not exploited. In Brazil, the most widespread and viable form of recycling is mechanics, a process that begins with the dimensional reduction of the waste, an activity performed by a shredder or mill. This work aims to *design* and produce a thermoplastic waste shredder focused on the needs of the Federal University of Technology of Paraná (UTFPR) - Campus Curitiba. For this, a benchmarking of similar products was carried out, a questionnaire with UTFPR students and servers, and a dynamic with potential users. Based on the results obtained, an equipment for shredding thermoplastic materials optimized to the needs and limitations of UTFPR was produced. Among the care taken, we sought to prioritize safety aspects so that it can be widely used by the academic community. The final result was a shredder for thermoplastic material capable of processing different types of thermoplastic waste effectively and safely.

Keywords: Thermoplastic Recycling. Thermoplastic Polymers. Shredding Machine. Product Development.

LISTA DE ACRÔNIMOS E ABREVIações

| | |
|-------|---|
| ABS | Acrilonitrila-butadieno-estireno |
| AM | Manufatura Aditiva |
| EEE | Equipamentos Elétricos e Eletrônicos |
| PC | Polycarbonato |
| PE | Polietileno |
| PET | Poli(tereftalato de etileno) |
| PLA | Poli(ácido láctico) |
| PP | Polipropileno |
| PS | Poliestireno |
| PVC | Poli(cloreto de vinila) |
| QFD | Quality Function Deployment |
| REEE | Resíduo de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos |
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 - Fluxo da reciclagem mecânica para materiais termoplásticos | 13 |
| Figura 2.1 - Desenho esquemático do triturador de plásticos | 19 |
| Figura 2.2 - Vista explodida da unidade de trituração | 20 |
| Figura 2.3 - Triturador industrial com quatro e dois eixos. | 20 |
| Figura 2.4 - Exemplos de facas trituradoras..... | 21 |
| Figura 3.1 – Protótipo virtual do Moizinator | 33 |
| Figura 3.2 – Protótipos físicos dos projetos de triturador (a) Precious Plastic e (b) Moizinator..... | 34 |
| Figura 4.1 - Casa da Qualidade | 41 |
| Figura 4.2 - Discussão entre os alunos sobre as características do protótipo do Precious Plastic e Moizinator | 44 |
| Figura 4.3 - Peças cortadas a laser..... | 45 |
| Figura 4.4 – Funil do Moizinator montado | 46 |
| Figura 4.5 – Motor trifásico com redução utilizado no Moizinator e suas especificações..... | 46 |
| Figura 4.6 - Sistema de transmissão por corrente do motor para o eixo da unidade de trituração | 47 |
| Figura 4.7 - Estrutura da bancada e de suporte do motor | 48 |
| Figura 4.8 - Triturador Moizinator finalizado | 48 |
| Figura 4.9 - Utilização do Moizinator por pessoal de diferentes alturas | 49 |
| Figura 4.10 – Posição dos avisos dispostos no Moizinator | 52 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 4.1 - Necessidades dos clientes e importância para o consumidor | 38 |
| Tabela 4.2 - Requisitos de qualidade e respectivas tendências..... | 39 |
| Tabela 4.3 - Valores dos orçamentos para o serviço de corte a laser das peças da unidade de trituração | 45 |
| Tabela 4.4 - Avisos de segurança instalados no Moizinator | 51 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 2.1 - Benchmarking dos trituradores da Comunidade Precious Plastic (Parte 1)..... | 24 |
| Quadro 2.2 - Benchmarking dos trituradores da Comunidade Precious Plastic (Parte 2)..... | 25 |
| Quadro 2.3 - Benchmarking de trituradores industriais (Parte 1) | 26 |
| Quadro 2.4 - Benchmarking de trituradores industriais (Parte 2) | 27 |
| Quadro 4.1 - Observações sobre o protótipo Precious Plastic | 42 |
| Quadro 4.2 - Observações sobre o protótipo Moizinator | 43 |
| Quadro 4.3 - Comparação entre os projetos da Precious Plastic e do Moizinator | 50 |
| Quadro 4.4 - Materiais triturados pelo Moizinator..... | 53 |
| Quadro 4.5 - Custos para a produção dos protótipos para a oficina | 54 |
| Quadro 4.6 - Custos para produção do Moizinator..... | 54 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1. | Oportunidade | 14 |
| 1.2. | Objetivo | 15 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 15 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 15 |
| 1.3. | Justificativa | 15 |
| 1.4. | Organização do Trabalho | 15 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 17 |
| 2.1. | Polímeros Termoplásticos | 17 |
| 2.2. | Processo de Reciclagem Mecânica – Triturador | 18 |
| 2.3. | Estado da Arte | 21 |
| 2.4. | Metodologia de Desenvolvimento de Produto – Pahl & Beitz | 27 |
| 2.5. | <i>Design Thinking</i> | 28 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 32 |
| 3.1. | Projeto Informacional | 32 |
| 3.2. | Projeto Conceitual | 32 |
| 3.3. | Oficina | 32 |
| 3.3.1 | Protótipos | 33 |
| 3.4. | Materiais | 34 |
| 4 | RESULTADOS..... | 36 |
| 4.1. | Levantamento das necessidades dos clientes | 36 |
| 4.2. | Oficina | 42 |
| 4.3. | Construção do Moizinator | 44 |
| 4.4. | Comparação entre as características do Precious Plastic e do Moizinator | 49 |
| 4.5. | Avaliação de funcionamento | 52 |
| 4.6. | Custos de Projeto | 54 |
| 5 | CONCLUSÃO | 56 |
| 5.1. | Sugestões para trabalhos futuros | 56 |
| | REFERÊNCIAS | 57 |
| | APÊNDICE 1 | 62 |
| | APÊNDICE 2 | 64 |
| | APÊNDICE 3 | 66 |
| | APÊNDICE 4 | 68 |
| | APÊNDICE 5 | 75 |
| | APÊNDICE 6 | 77 |
| | ANEXO 1 | 82 |

1 INTRODUÇÃO

Dados da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2017), mostram que o Brasil é o responsável pela produção de 6,4 milhões de toneladas de polímeros termoplásticos anualmente. Entre eles os com maiores volumes de vendas são o polietileno (PE), polipropileno (PP), poli(cloreto de vinila) (PVC) e poli(tereftalato de etileno) (PET), todos recicláveis. Ao mesmo tempo anualmente, são gerados 10,5 milhões de toneladas de resíduos termoplásticos no país, o que representa aproximadamente 13,5% de todo o resíduo sólido. Contudo, apenas 550 mil toneladas são recicladas - aproximadamente 5% (BOEHM, 2018).

Conforme pesquisa realizada pelo Sindicato Nacional das empresas de Limpeza Urbana – Selurb, se todas as 10,5 milhões de toneladas fossem recicladas, seriam retornados aproximadamente R\$ 5,7 bilhões para a economia (BOEHM, 2018). Além das vantagens econômicas, cada tonelada de plástico que é reciclada reduz em média a emissão de 1,53 toneladas de gases do efeito estufa. São ainda poupados 450 litros de água e 75% da energia que seria usada na produção de novos materiais (ABIPLAST, 2017).

A reciclagem também permite a atenuação da exploração de petróleo matéria-prima para a maioria dos polímeros termoplásticos) e seus efeitos nocivos para o meio ambiente (CALLISTER & RETHWISCH, 2010). Estima-se que cada tonelada de plástico reciclado pouparia a produção de aproximadamente 16,3 barris de petróleo (STANFORD UNIVERSITY, [n.d.]). E se todo o resíduo plástico sólido global fosse considerado, o potencial energético que poderia ser economizado é equivalente a 3,5 bilhões de barris por ano (GARCIA & ROBERTSON, 2017).

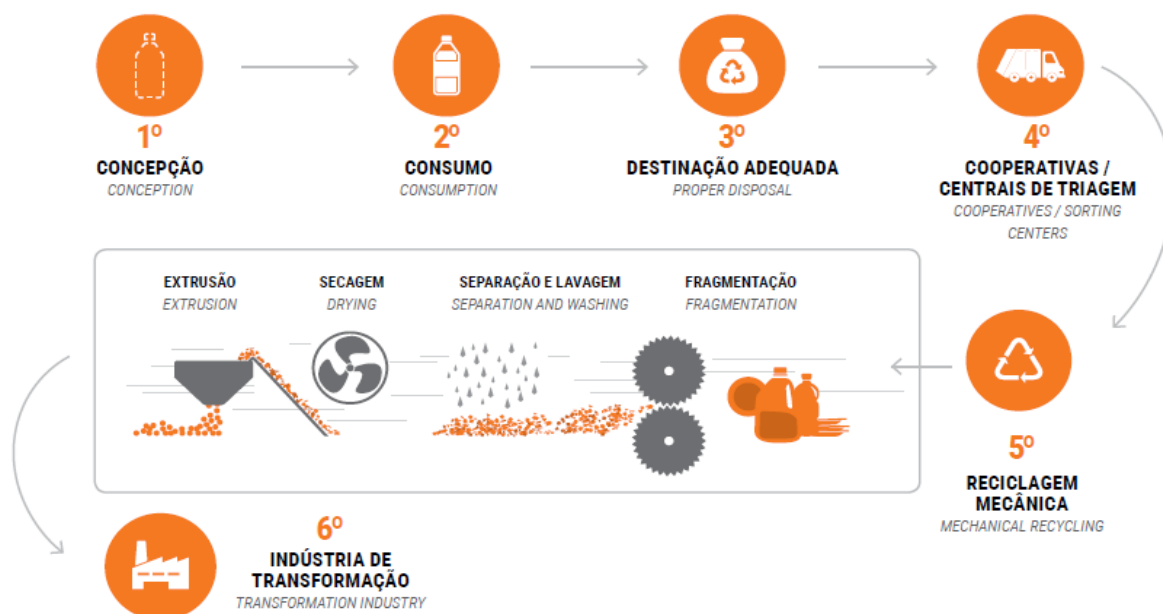
Alemanha, Bélgica e Suécia são os três países que mais “reciclam” no mundo (RETO, 2008). Todavia, estes países não reciclam efetivamente, eles fazem o reuso dos materiais de forma energética. Este tipo de reuso consiste na incineração dos resíduos plásticos, permitindo a utilização do valor calórico armazenado nos materiais à fim de gerar energia térmica e elétrica (MANO, 2005; BOEHM, 2018).

Além do reuso energético há o reuso químico, que é a forma mais elaborada de se reprocessar polímeros termoplásticos. Nele, os resíduos termoplásticos são transformados em material petroquímico básico, fornecendo assim, matéria-prima para a fabricação de produtos de alta qualidade. Este tipo de processo apresenta uma

grande flexibilidade sobre a composição e é mais tolerante às impurezas, não necessitando de triagem completa para separação dos resíduos. Contudo, é mais caro e requer quantidades muito grandes de material para se tornar economicamente viável (MANO, 2005).

A única forma efetiva de reciclagem de resíduos termoplástico é a reciclagem mecânica (MANO, 2005), esquematicamente descrito na Figura 1.1.

Figura 1.1 - Fluxo da reciclagem mecânica para materiais termoplásticos



Fonte: ABIPLAST (2017)

A reciclagem mecânica reutiliza os resíduos industriais (como aparas e peças fora de padrão, por exemplo) e plásticos pós-consumo (resíduos urbanos como embalagens e carcaças de equipamentos elétricos e eletrônicos) para produzir novos produtos. Neste processo, após a coleta do material, realiza-se sua separação, que pode ser realizada por tipo de termoplástico, cor e/ou outros parâmetros. Esta separação é fundamental para manter a qualidade e as propriedades dos produtos que serão fabricados (MANO, 2005).

A próxima etapa é a redução em pequenos fragmentos, o que auxilia não apenas a diminuir o volume para transporte e armazenamento, mas também é necessária para se obter um tamanho de material adequado a ser usado nas próximas etapas da reciclagem. Para esse propósito, é utilizado um triturador especificamente

projetado para reduzir de maneira uniforme os materiais termoplásticos que, então, poderão ser empregados em diferentes processos de fabricação, como extrusão e injeção. Observa-se que o processo de limpeza pode ocorrer tanto antes quanto depois da trituração (MANO, 2005).

Desta forma, nota-se que a etapa de trituração é fundamental na reciclagem mecânica, já que é possível triturar basicamente qualquer tipo de material termoplástico permitindo sua reutilização (CALLISTER & RETHWISCH, 2010).

1.1 Oportunidade

A partir dos relatos de professores responsáveis pelo setor de manejo de resíduos sólidos e de alguns laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em Curitiba, percebeu-se interesse em otimizar o processo de descarte de determinados materiais termoplásticos.

Um ponto que chamou a atenção foi o destino de equipamentos eletrônicos em desuso, como monitores, impressoras, teclados e mouses. Por um lado, esses produtos apresentam peças (placas de circuitos eletrônicos, por exemplo) de grande interesse para muitos laboratórios. As carcaças desses produtos, por outro lado, geralmente são rejeitadas como resíduos. Como esses materiais possuem boa reciclabilidade, existe a oportunidade de obter matéria-prima para o desenvolvimento de outros projetos.

Desta forma, foi considerado iniciar o processo de reciclagem dentro da universidade. Após algumas pesquisas, identificou-se a necessidade de desenvolver um ecossistema para reciclagem e reutilização que permita o envolvimento de toda a comunidade universitária. Portanto, o desenvolvimento de um triturador é a base para incentivar o início desse ecossistema.

Vale ressaltar que a reciclagem de polímeros termoplásticos provenientes de equipamentos eletrônicos é facilitada, uma vez que esses materiais são fáceis de separar e classificar. Além disso, normalmente dispensam o processo de limpeza, diferentemente do que ocorre com plásticos como o PET, que entram em contato com resíduos orgânicos (como alimentos e bebidas).

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa iniciar um ciclo de reciclagem termoplástica dentro da UTFPR Campus Curitiba partindo da produção de um triturador de resíduos termoplásticos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Conduzir uma pesquisa de estado da arte sobre a produção de trituradores termoplásticos industriais e não-industriais;
- Conduzir um questionário para avaliar os requisitos dos clientes;
- Aplicar processos de *Design Thinking* para desenvolvimento de produto;
- Construir protótipos para potenciais clientes testarem e contribuírem com *inputs* para o projeto;
- Avaliar o projeto de código aberto de um triturador de termoplásticos de baixa complexidade;
- Construir um triturador termoplástico de baixa complexidade;
- Produzir um material de instruções para o uso adequado e seguro do produto.

1.3 Justificativa

O desenvolvimento do triturador se justifica pela necessidade de otimizar a destinação correta do resíduo termoplástico limpo e de material conhecido que é descartado nas dependências da UTFPR em Curitiba. Desta forma busca-se diminuir o volume que este material ocupa e reciclar seus componentes, de forma a permitir sua utilização como matéria-prima em outros projetos da comunidade universitária. Este é o começo da criação de um ecossistema alinhado com os preceitos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, adotado pelas Nações Unidas em 2015.

1.4 Organização do Trabalho

Este documento consiste em cinco capítulos.

Capítulo 1 – Introdução: contém uma introdução do impacto ambiental dos processos de reciclagem para contextualização do tema, identifica uma oportunidade,

desenvolve um objetivo a ser alcançado ao fim do trabalho e apresenta uma justificativa ao mesmo.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: apresenta uma breve revisão sobre materiais termoplásticos, seu processo de reciclagem e ao fim apresenta uma análise de *benchmarking* de trituradores termoplásticos industriais e não industriais.

Capítulo 3 – Materiais e Métodos: especifica a metodologia e os materiais empregados.

Capítulo 4 – Resultados: são descritos os resultados obtidos através da aplicação das metodologias de desenvolvimento de produto e a construção do equipamento.

Capítulo 5 – Conclusão: é apresentada a conclusão e são listadas melhorias futuras que podem ser inseridas no equipamento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma breve abordagem sobre os materiais termoplásticos (o problema central da situação percebida), detalhes sobre máquinas de trituração de plástico, sua operação e o *benchmarking* de modelos de projeto.

2.1 Polímeros Termoplásticos

Os polímeros podem ser classificados de diversas maneiras, como, por exemplo, quanto a sua origem, estrutura química, propriedades mecânicas, comportamento à elevada temperatura, entre outras. Quando classificados conforme a fusibilidade, os polímeros podem ser termofixos ou termoplásticos (CALLISTER & RETHWISCH, 2010).

Os polímeros termoplásticos, representam em torno de 92% dos polímeros utilizados no cotidiano (AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL, 2005). Estes materiais podem ser fundidos ou amolecidos quando aquecidos e endurecidos após o resfriamento – processo que é reversível e pode ser repetido algumas vezes contanto que não se alcancem temperaturas excessivamente altas, sendo assim, recicláveis. Exemplos de termoplásticos são: terpolímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), poli(ácido láctico) (PLA), polietileno (PE), polistireno (PS), polipropileno (PP), polietileno tereftalato (PET) e policloreto de vinila (PVC) (CALLISTER & RETHWISCH, 2010).

Além das embalagens, os produtos que se destacam por conterem vários componentes fabricados a partir de plásticos recicláveis são os equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE), como geladeiras, computadores, impressoras, telefones celulares e televisores (UE, 2012). O comércio desses produtos é impulsionado pela inovação tecnológica e pela velocidade com que se tornam obsoletos. Consequentemente, todos os componentes de EEE que foram descartados sem a intenção de reutilização, os chamados resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), ou lixo eletrônico, são um dos fluxos de resíduos que mais crescem no mundo. Apenas em 2016, o Brasil produziu 1,5 milhão de REEE, é o segundo maior produtor das Américas, atrás apenas dos Estados Unidos (BALDÉ *et al.*, 2017). Considerando que se estima que as partes plásticas representem cerca de 20% do peso total dos REEE (HUISMAN *et al.*, 2007), pode-se afirmar que mais de 315 mil toneladas de resíduos plásticos são provenientes de REEE no Brasil.

O ABS é um dos polímeros termoplásticos mais comuns encontrados nos REEE, já que é o componente principal das carcaças (MARTINHO & SARAIVA, 2012). O ABS também é amplamente utilizado como tecnologia de manufatura aditiva (AM) (popularmente conhecida como impressão 3D), bem como o PLA (POLYMER SOLUTIONS, 2016).

PLA é um termoplástico biorrenovável e biodegradável. Suas propriedades físicas são semelhantes às dos derivados do petróleo, embora a matéria-prima para sua fabricação sejam produtos renováveis ricos em amido, como milho, beterraba e trigo (CALLISTER & RETHWISCH, 2010). Contudo, mesmo sendo biodegradável, o PLA só se degradará sob um processo controlado. Isso significa que, em condições ambientais normais, ela é indefinidamente estável, portanto, as rotas de reciclagem devem ser consideradas no ciclo de vida desse material (CALLISTER & RETHWISCH, 2010). Um estudo comparando os três processos de reciclagem (química, energética e mecânica) mostrou que a mecânica é a mais vantajosa para a redução dos impactos ambientais causados pelos resíduos de PLA (ANDRADE *et al.*, 2016).

No que diz respeito à reciclagem do ABS dos REEE, os processos de reuso químico e energético não são vantajosos. Não só porque são mais caros e complexos, mas também porque os componentes EEE são geralmente fabricados com polímeros termoplásticos de melhor qualidade e podem ter boas propriedades para serem reutilizados na fabricação de novos produtos por meio da reciclagem mecânica (GABRIEL *et al.*, 2013).

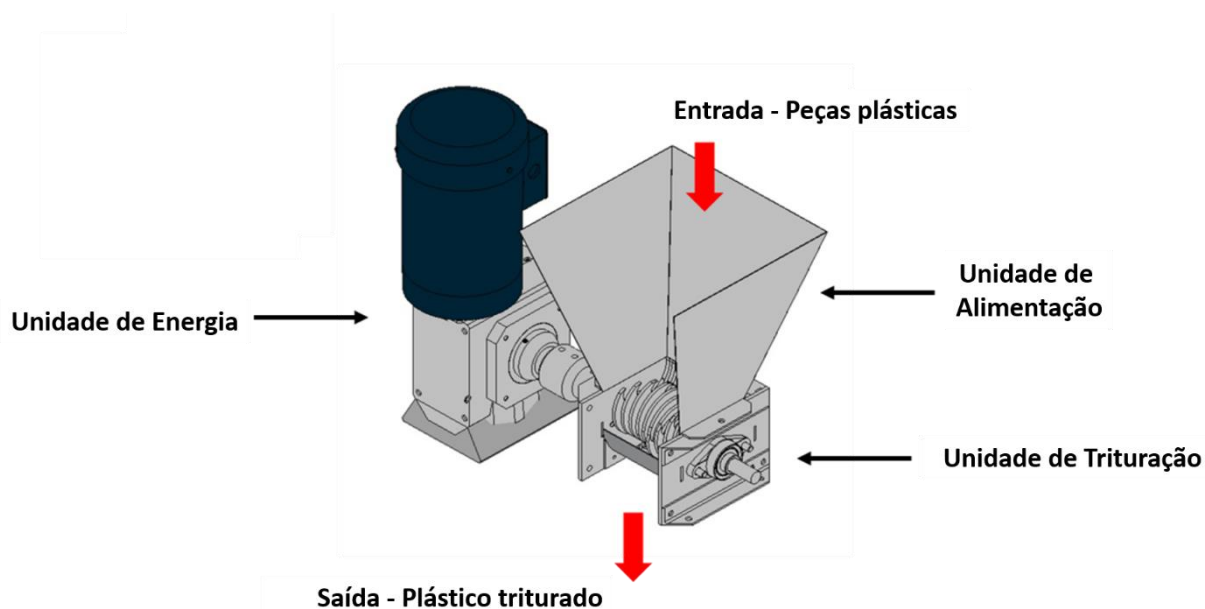
2.2 Processo de Reciclagem Mecânica – Triturador

Os trituradores de materiais termoplástico têm um papel fundamental na reciclagem desses materiais, sendo um componente indispensável de operações eficientes e econômicas (COMPACTOR MANAGEMENT COMPANY, [n.d.]). A redução média do tamanho da peça é essencial para processos subsequentes (injeção e extrusão, por exemplo), porque fornece um tamanho mais adequado para que o material possa ser manipulado (DESHPANDE, 2016).

Basicamente, um triturador de plástico é feito de quatro componentes principais: uma unidade de alimentação, uma unidade de trituração, uma unidade de energia e uma estrutura de suporte (AYO *et al.*, 2017). A ação ocorre colocando as peças termoplásticas na unidade de alimentação - um funil - que as leva para a

unidade de trituração. A operação de fragmentação exige as ações de cisalhamento, rasgo e quebra. Cisalhamento é o corte real do material, o rasgo é puxar o material com força suficiente para que ele se parta e a fratura acontece quando o material quebrável se rompe ou é estilhaçado. Embora todas as três ações ocorram durante a trituração, se as facas forem devidamente afiadas e as tolerâncias apertadas, a ação de redução dominante e mais eficiente deve ser o cisalhamento (SSI SHREDDING SYSTEMS, [n.d.]). A Figura 2.1 mostra esquematicamente essa operação básica de um triturador de um projeto aberto chamado Precious Plastic.

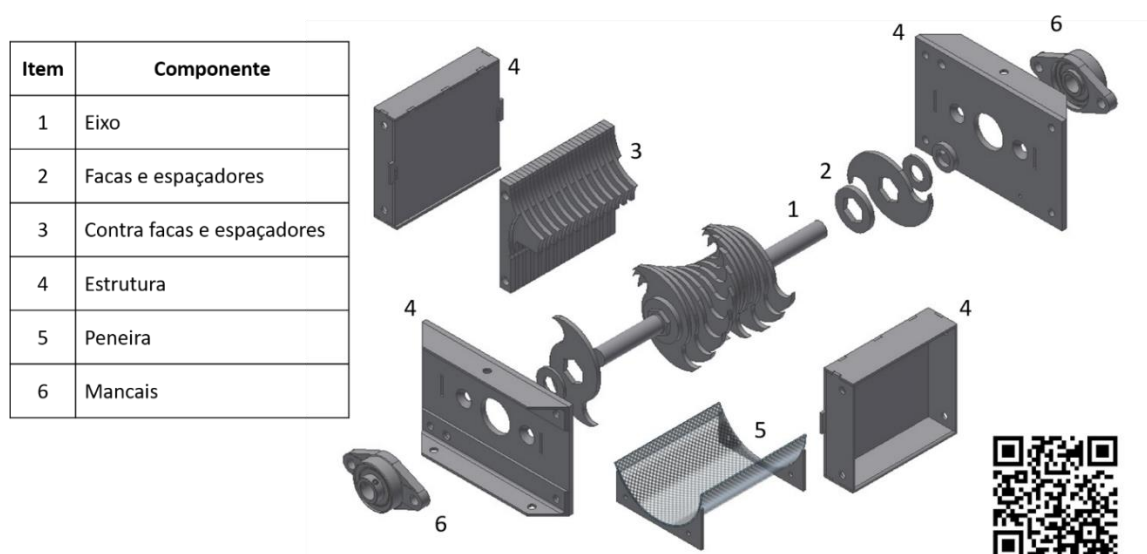
Figura 2.1 - Desenho esquemático do triturador de plásticos



Fonte: Adaptado de Precious Plastic (2018)

A unidade de trituração é onde as facas (Figura 2.2 - Item 2) e as contra facas (Figura 2.2 - Item 3), bem como seus espaçadores, são posicionadas juntamente com o eixo (Figura 2.2 - Item 1). A posição relativa de cada faca é importante para um bom fluxo de corte. O conjunto é montado com os mancais (Figura 2.2 - Itens 6) em uma estrutura (Figura 2.2 - Itens 4). Uma peneira (Figura 2.2 - Item 5), posicionada na parte inferior, busca melhorar a uniformidade no tamanho das peças na saída (PRECIOUS PLASTIC, [n.d.]). Todo esse detalhamento pode ser observado por meio da Figura 2.2. O código QR leva a um vídeo para melhor entendimento.

Figura 2.2 - Vista explodida da unidade de trituração



Fonte: Adaptado de Precious Plastic (2018)

As características comuns a todos os trituradores incluem estrutura robusta, eixos geralmente hexagonais, funcionalidade de reversão automática do sentido de rotação do eixo e personalização para alterar a forma e o tamanho dos materiais. (COMPACTOR MANAGEMENT COMPANY, [n.d.]).

Mesmo assim, como os trituradores são projetados para trabalhar com uma grande variedade de termoplásticos, eles podem apresentar características diferentes, como eixos simples, duplos ou até quádruplos, sendo o número crescente de eixos proporcional à dificuldade de processamento. O aumento da quantidade de eixos eleva o número de ações de corte por ciclo e também aumenta a vazão do material da máquina (EKMAN, 2018). A Figura 2.3 apresenta máquinas trituradoras industriais com quatro e dois eixos, itens (a) e (b) respectivamente.

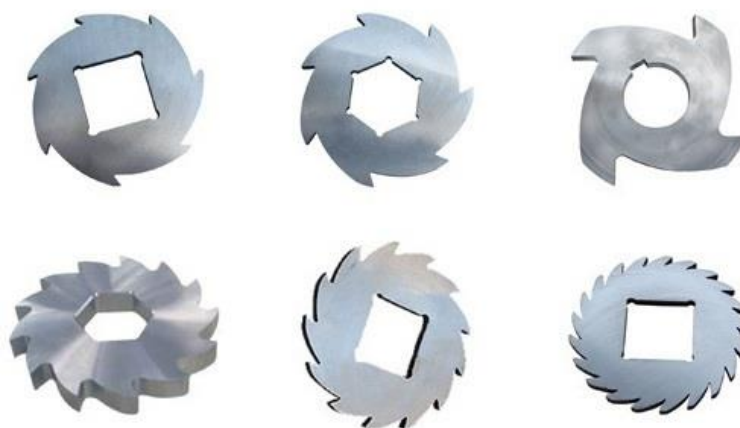
Figura 2.3 - Triturador industrial com quatro e dois eixos.



Fonte: Stokkermill (2018)

Também há diferenças no *design* das facas, variando o número e a forma dos dentes. O aumento do número de dentes torna o corte mais rápido, mas aumenta o risco de obstrução da máquina e, conseqüentemente, impedindo o movimento das facas (EKMAN, 2018). A Figura 2.4 mostra alguns exemplos de facas. Para cada tipo de material que será triturado, é indicado um desenho diferente e uma largura das facas. Por exemplo, para cortar material leve, empregam-se facas com ganchos múltiplos, longos e inclinados para frente (GLASS, 2001).

Figura 2.4 - Exemplos de facas trituradoras



Fonte: Mindimart (2018)

Apesar da gama de geometrias disponíveis para as facas, não se encontrou literatura suficientemente detalhada e com embasamento técnico para esclarecer qual a aplicação ideal de cada modelo.

2.3 Estado da Arte

Como parte do levantamento de informações para encontrar uma solução, esta seção apresenta um *benchmarking* funcional de trituradores de polímeros termoplásticos.

Uma das principais fontes de consulta de projetos para reciclagem de material termoplástico é o Precious Plastic, que é uma comunidade global que busca encontrar soluções para reduzir a poluição de plásticos. No *site* do projeto existem vários projetos abertos disponíveis. Toda a informação apresentada no Quadro 2.1 veio do *site* da comunidade Precious Plastic.

Os Itens 1 e 2 mostrados no Quadro 2.1 são trituradores desenvolvidos por Dave Hakkens, fundador do projeto Precious Plastic. O Item 2 é uma atualização do Item 1, apresentando uma geometria diferente do funil, um empurrador para o funil (mais seguro para a operação) e um painel elétrico diferente.

Dos Itens 3 a 6 são projetos reinventados por pessoas do Reino Unido, Tailândia, Austrália e Itália, respectivamente. Não existem muitas informações técnicas nesses projetos, os destaques são algumas características não vistas nos Itens 1 e 2, como botões de emergência, painéis elétricos tradicionais, uma tampa para o funil e uma armação de alumínio.

Itens 7 a 13, mostrados nos Quadros 2.1 e 2.2, são projetos reinventados por pessoas da Itália, Índia, Países Baixos, Polônia, África do Sul e Estados Unidos, respectivamente. Informações técnicas, como dimensões, peso e especificações de motor, estão disponíveis junto com o preço de venda. Esses Itens têm de 25 kg a 80 kg, dimensões que variam de 500 x 500 x 500 mm a 1270 x 580 x 520 mm (altura x comprimento x largura) e as potências de seus motores são de 1,1 kW a 1,5 kW. Pode ser ressaltado que alguns Itens apresentam características como a possibilidade de desmontagem da máquina e uma tela no funil para olhar o material enquanto ele é triturado.

Quadros 2.3 e 2.4 mostram resultados de *benchmarking* de trituradores industriais produzidos por diversas empresas. Como o triturador a ser desenvolvido é focado na comunidade da UTFPR, a pesquisa de *benchmarking* envolveu os menores trituradores de cada empresa e linha de produto mencionada. Os outros modelos são grandes demais e não estão alinhados com o desenvolvimento pretendido.

A empresa Rone produz os Itens 1 a 5. Os motores de seus trituradores variam de 2 a 5 CV (aproximadamente de 1,5 a 3,7 kW), a abertura de seus funis varia de 155 x 130 mm a 210 x 210 mm, as dimensões das facas são de 150 ou 200 mm e os diâmetros dos rotores são de 130 ou 220 mm. É importante observar que essa empresa oferece produtos para triturar diversos tipos de material e contempla outras etapas do processo de reciclagem no *design* de suas máquinas. A Rone também apresenta preocupações com relação a segurança, ruídos, manutenção e limpeza de seus produtos, pois apresenta máquinas de acordo com normas de segurança, características para diminuição de ruído (como as aberturas de funil emborrachadas

externamente e parede dupla), sistema de abertura bipartida e fácil limpeza da peneira devido à não utilização de parafusos.








Os Itens 6 e 7 são ambos manufaturados pela Momesso, possuem motores de 5 CV e abertura do funil de 320 x 230 mm e 210 x 200 mm, respectivamente. Esse fabricante foca na manutenção de seus produtos, uma vez que a principal característica é o sistema de abertura que permite acesso direto ao rotor, às facas e à peneira para facilitar a manutenção e a limpeza.

Ability, HM, Olifieri, Plastbase, Wittman-Battenfeld e Wortex são as empresas que fabricam os Itens 8 a 13, respectivamente. Esses itens apresentam motores que variam de 2 a 75 CV (aproximadamente 1,5 a 55 kW), o diâmetro de seu rotor varia de 180 a 600 mm e as aberturas de seus funis variam de 190 x 160 mm a 600 x 600 mm.

Esses fabricantes apresentam diferentes características, como circuito de água de arrefecimento, ímãs ao longo do funil e prateleiras diferentes para granulados de cores diferentes. No entanto, é perceptível que segurança, manutenção e limpeza são os atributos principais desses itens.







Os construtores do Fórum e do Bazar Precious Plastic e os fabricantes industriais não fornecem as mesmas informações sobre seus respectivos trituradores.

Quadro 2.1 - Benchmarking dos trituradores da Comunidade Precious Plastic (Parte 1)

| Item | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|---|---|--|---|---|---|---|
| Imagem |  |  |  |  |  |  |  |
| Nome/Projetista | Precious Plastic Shredder 1.0 | Precious Plastic Shredder 2.1 | Tim Howes | Zero Waste YOLO Thailand | Mackay Christian College - Pierre Craven | Fabrizio Forte | Ecologic Shredder |
| Altura x Largura x Comprimento (mm x mm x mm) | 1142 x 600 x 280 | - | - | - | - | - | 900 x 500 x 310 |
| Massa (kg) | 40 | - | - | - | - | - | 25 |
| Especificações do Motor | - 2 kW; - 70 rpm. | - | - | - | - | - | - |
| Custo/Preço (set/2018) | € 300 (custo de produção) | - | - | - | - | - | € 1370 (preço de venda) |
| Destaques | - Projeto pioneiro; - Componentes de baixo custo. | - Empurrador de funil | - Botão de emergência; - Gabinete de eletrônicos. | - Tampa do hopper; - Gabinete de eletrônicos com luzes sinalizadoras. | - Posição do gabinete de eletrônicos | - Quadro de alumínio | - Botão de emergência |






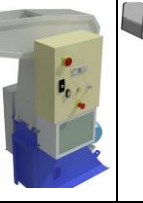

Fonte: Compilado pelas autoras dos Forum e Bazar Precious Plastic (2018)

Quadro 2.2 - Benchmarking dos trituradores da Comunidade Precious Plastic (Parte 2)

| | | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|---|
| Imagem |  |  |  |  |  |  |
| Item | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Nome/ Projetista | MorrenTrading | G B Manufacturer | Van Plastik | Small Recycling Machines | Crutchfield Engineering | Precious Plastic USA |
| Altura x Largura x Comprimento (mm x mm x mm) | 500 x 500 x 500 | 830 x 620 x 450 | 800 x 400 x 300 | 1270 x 580 x 520 | 1100 x 800 x 500 | 1219 x 914 x 304 |
| Massa (kg) | 30 | 80 | 40 | 80 | 70 | 74 |
| Especificações do Motor | - | - Motor de 2 hp; - Velocidade de 1400 rpm; - Razão da caixa de velocidades de 1:20; - Velocidade de 71 rpm. | - 1,5 kW; - 240 V. | 380 V | 220 V | - Ligação reversa monofásica 110/220 VAC; - Motor de 1,5 hp; - Caixa de velocidades de alto torque de 30:1; - 120 V. |
| Custo/Preço (set/2018) | € 1450 (preço de venda) | € 1060 (preço de venda) | € 1950 (preço de venda) | € 4100 (preço de venda) | € 1200 (preço de venda) | € 1190 (preço de venda) |
| Destques | - Sinalização de segurança; - Tampa do funil; - Proteção embaixo do triturador. | - Gabinete de eletrônicos com luzes sinalizadoras | - Proteção embaixo do triturador; - Botão de emergência. | - Desmontagem do conjunto; - Botoeira. | - Rede no meio do funil para olhar o material antes da/durante a trituração | - Empurrador do funil em madeira e com cabo ergonômico; - Acoplamento flexível com inserto de uretano; - Peneira de .25" com pinos de troca rápida. |







Fonte: Compilado pelas autoras dos Forum e Bazar Precious Plastic (2018)

Quadro 2.3 - Benchmarking de trituradores industriais (Parte 1)

| Imagem |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------|---|---|--|---|---|--|--|
| Item | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Fabricante / Vendedor | Rone Linha F S 200 | Rone Linha T T 200 | Rone Linha C C 200 | Rone Linha N N 150 | Rone Linha W WA 155/3 | Momesso MR-150-R | Momesso MR-150-BR |
| Especificações do Motor | 5 CV | 5 CV | 4 / 5 CV | 2 / 3 CV | - 2 / 3 CV; - 200 rpm / 8 polos ou 400 rpm / 6 polos. | - 5 CV; - 4 polos; - 220 V. | - 5 CV; - 8 polos. |
| Comprimento das Lâminas | 200 | 200 | 200 | 150 | 150 | - | - |
| Diâmetro do Rotor (mm) | 220 | 220 | 220 | 130 | 130 | - | - |
| Abertura para Alimentação (mm x mm) | 210 x 210 | 210 x 100 | 210 x 210 | 155 x 140 | 155 x 130 | 320 x 230 | 210 x 200 |
| Produção (kg/h) | 30 a 100 | 30 a 100 | 30 a 100 | 20 a 60 | - | 150 | 40 |
| Preço (Set/2018) | Solicitado | Solicitado | Solicitado | Solicitado | Solicitado | R\$ 16,080.00 | Solicitado |
| Destaques | <ul style="list-style-type: none"> - Design do rotor ideal para materiais leves e volumosos; - Sem necessidade de forçar o material contra as lâminas; - Sistema de funil bi-partido permitindo acesso diretamente às lâminas; - Limpeza fácil da peneira porque nenhum parafuso é usado para essa montagem; - Funil externamente emborrachado para isolamento acústico. | <ul style="list-style-type: none"> - Peças com diâmetro de até 60 mm; - Bocal estendido para peças compridas. | <ul style="list-style-type: none"> - Potência do ventilador de 1,5 CV; - Motor coberto; - Alimentação do material triturado diretamente em outras máquinas; - Atende às normas de segurança NBR15.107; - Transporte pneumático; - Sistema duplo de segurança: dois micro sensores param o equipamento quando a caixa trituradora é aberta; - Placa protetora para evitar que mãos acessem as lâminas. | <ul style="list-style-type: none"> - Para materiais leves; - Trituração com lavagem simultânea; - Sistema de funil bi-partido permitindo acesso diretamente às lâminas; - Limpeza fácil da peneira porque nenhum parafuso é usado para essa montagem; | <ul style="list-style-type: none"> - Alimentação do material triturado diretamente na máquina principal; - Parede dupla para isolamento acústico; - Sistema de segurança com micro sensores. | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de funil bi-partido permitindo acesso diretamente ao rotor, às lâminas e à peneira para auxiliar na manutenção e na limpeza. | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de funil bi-partido permitindo acesso diretamente ao rotor, às lâminas e à peneira para auxiliar na manutenção e na limpeza. |

Fonte: Compilado pelas autoras das páginas eletrônicas das respectivas empresas (2018)

Quadro 2.4 - Benchmarking de trituradores industriais (Parte 2)

| Imagem |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------|---|--|--|--|--|--|
| Item | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Fabricante / Vendedor | Abilty PM-200 | HM MOD HM 2035 | Olifieri OF 310 | Plastbase BR-190 | Wittman- Battenfeld G-Max 12 | Wortex WMS 600 |
| Especificações do Motor | - 5 CV; - 4 polos; - Tri-fásico. | - 5 CV; - 200 rpm. | 5 / 10 CV | 2 CV | 1.5 kW | 50 to 75 CV |
| Comprimento das Lâminas | - | - | - | - | - | - |
| Diâmetro do Rotor (mm) | - | - | 210 | - | 180 | 600 |
| Abertura para Alimentação | - | - | 270 x 210 | 190 x 160 | - | 600 x 600 |
| Produção (kg/h) | 30 a 50 | 150 | 80 a 100 | 15 a 90 | 50 | - |
| Preço (Set/2018) | R\$ 11,260.00 | Solicitado | Solicitado | R\$ 9,900.00 | Solicitado | Solicitado |
| Destques | - Peneiras intercambiáveis; - Proteção das polias. | - Sistema de funil bi-partido permitindo acesso diretamente ao rotor, às lâminas e à peneira para auxiliar na manutenção e na limpeza. | - Sistema de funil bi-partido permitindo acesso diretamente ao rotor, às lâminas e à peneira para auxiliar na manutenção e na limpeza. | - Bocal estendido para evitar acesso às lâminas; - Bloqueio eletromecânico para evitar a abertura da caixa trituradora com o motor em funcionamento; - Prateleiras separadas para pellets de cores diferentes; - Peneira removível fácil de limpar. | - Cesto de coleta de aço inoxidável; - Circuito de reafecimento à água; - Ímã ao longo do funil. | - Abertura manual ou automática para acesso às peças internas; - Peneiras para saídas de diferentes tamanhos de pellets; - Atende à norma de segurança NR12. |

Fonte: Compilado pelas autoras das páginas eletrônicas das respectivas empresas (2018)

2.4 Metodologia de Desenvolvimento de Produto – Pahl & Beitz

Após a execução do Projeto Informacional pode-se dar início ao Projeto Conceitual, que é dividido em quatro etapas. Na primeira, as necessidades devem ser levantadas com os clientes e então o *Quality Function Deployment* (QFD) deve ser realizado (geralmente pela Casa da Qualidade, que é o principal quadro de trabalho do QFD) para auxiliar a preparação da lista de necessidades (PAHL & BEITZ, 2007).

A estrutura funcional se dá na segunda etapa do Projeto Conceitual, em que um modelo com funções genéricas e abstratas do produto é desenvolvido. As funções devem ser combinadas para moldar uma estrutura funcional simples e lógica, que facilite a pesquisa posterior de princípios de solução e alternativas de concepção de produto (FERREIRA, 2007). Para estabelecer as estruturas funcionais, Pahl e Beitz (2007) indicam o Método da Função Global, em que o problema pode ser descrito como um conjunto de blocos de diagrama, expressados em fluxos de entradas e saídas de energia, material e sinal.

A terceira etapa do Projeto Conceitual, consiste em duas tarefas, criar os princípios de solução para cada função que compõe a estrutura funcional selecionada usando técnicas de criatividade e criar alternativas de concepção de produto.

A quarta e última etapa do Projeto Conceitual é selecionar a melhor alternativa da concepção do produto, considerando a viabilidade técnica e econômica das alternativas criadas na terceira etapa (FERREIRA, 2007). Segundo Pahl & Beitz (2007), como a pesquisa por uma solução da etapa anterior é baseada na estrutura funcional (que é direcionada principalmente ao cumprimento de uma função técnica), os princípios elaborados na etapa anterior não são suficientemente concretos para conduzir à adoção de um conceito definitivo.

Como percebeu-se que a metodologia desenvolvida por Pahl e Beitz não era a mais apropriada para o projeto proposto devido às suas características entravadas, deu-se continuidade ao trabalho pelos princípios do *Design Thinking*.

2.5 Design Thinking

Segundo Vianna *et al.* (2011), o *Design Thinking* é uma abordagem focada no ser humano que é capaz de descobrir, por meio da multidisciplinaridade, perspectivas colaborativas que geram pensamentos e processos tangíveis, caminhos que levam a soluções inovadoras.

Segundo Brown e Wyatt (2010), o processo do *Design Thinking* é pensado como um sistema de três espaços sobrepostos:

- a) Inspiração – compreendido como o problema ou oportunidade que motiva a busca por soluções;
- b) Ideação – processo de gerar, desenvolver e testar ideias;
- c) Implementação – caminho que conduz da etapa do projeto até as vidas das pessoas.

São chamados de espaços em vez de passos devido ao seu lançamento não ser sempre sequencial.

O time de projeto pode passar entre inspiração, ideação e implementação mais de uma vez já que as ideias são refinadas e novas direções são exploradas.

O espaço que geralmente inicia o processo de *design* é a inspiração, apesar de os *designers* nem sempre passarem linearmente por cada espaço. O ponto de início para a inspiração é o *brief*.

Segundo Brown e Wyatt (2010), o *brief* é um conjunto de contingências mentais que dá ao time de projeto, por exemplo, uma estrutura da qual pode começar, *benchmarks* pelos quais podem medir progresso e um conjunto de objetivos a serem realizados. É diferente do conjunto de instruções e tentativas para responder às questões antes delas terem sido colocadas. *Briefs* bem traçados permitem serendipidade, imprevisibilidade e caprichos do destino (que proporcionam um campo criativo do qual ideias inovadoras emergem).

De acordo com Brown e Wyatt (2010), depois da construção do *brief*, o time de *design* deve descobrir quais as necessidades dos clientes. Percepções importantes raramente são geradas por formas tradicionais de tentar descobrir quais as necessidades dos clientes, como pesquisas e grupos-alvo. Pesquisa convencional pode ser útil em apontar em direção a melhorias incrementadas, mas geralmente não leva a grandes inovações.

Segundo Brown e Wyatt (2010), pessoas geralmente não contam quais suas necessidades, mas seus comportamentos podem fornecer pistas inestimáveis sobre suas necessidades não atendidas. Portanto, um ponto de início melhor é que os *designers* observem as experiências de pessoas em seu dia a dia. Por meio da observação das pessoas em seus trabalhos e casas, *design thinkers* (pensadores de *Design Thinking*) se tornam integrados nas vidas das pessoas para as quais estão projetando.

Ideação é o segundo espaço do processo de *Design Thinking*. Após dedicar tempo no campo observando e fazendo pesquisa para o *design*, o time passa pelo processo de síntese em que destila o que viu e ouviu em entradas que podem levar a soluções ou oportunidades de mudança (BROWN & WYATT, 2010).

A abordagem mencionada ajuda a multiplicar opções para criar escolhas e diferentes entradas sobre o comportamento humano. Essas podem ser visões alternativas de novas ofertas de produto ou escolhas dentre várias formas de criar

experiências interativas. Ao testar ideias concorrentes umas contra as outras, aumenta-se a probabilidade de o resultado ser mais arrojado e mais convincente.

Para chegar a pensamentos divergentes é importante ter um grupo diverso de pessoas envolvidas no processo. Essas pessoas possuem a capacidade e a disposição para colaboração transversal entre disciplinas. De acordo com Brown e Wyatt (2010), times interdisciplinares tipicamente entram em processos estruturados de *brainstorming*. Assumindo uma questão provocativa de cada vez o grupo gerar centenas de ideias percorrendo do absurdo ao óbvio. Cada ideia pode ser escrita em um Post-it e compartilhada com o time. Representações visuais de conceitos são incentivados, uma vez que isso geralmente ajuda as pessoas a entenderem ideias complexas.

Uma regra durante o processo de *brainstorming* é adiar o julgamento. Participantes são encorajados a inventar o maior número de ideias possível. Isso auxilia os grupos a seguir com o processo de agrupar e selecionar ideias. Boas ideias naturalmente chegam ao topo, ao passo que as ruins são abandonadas desde cedo (BROWN & WYATT, 2010).

O terceiro espaço do *Design Thinking* é a implementação. É quando as melhores ideias geradas na ideação são transformadas em um plano de ação concreto e totalmente concebido. Prototipagem é a ideia central da implementação, tornando ideias em produtos e serviços de verdade que então são testados, iterados e refinados (BROWN & WYATT, 2010).

Segundo Vianna *et al.* (2011), a função da prototipagem é auxiliar na validação das ideias geradas. É o ato de tornar uma ideia mais tangível, sendo a passagem da abstração à fisicalidade para representar a realidade. Por meio da prototipagem, o processo de *Design Thinking* procura detectar desafios imprevistos de implementação e consequências indesejadas a fim de alcançar sucesso a longo prazo mais seguro (BROWN & WYATT, 2010).

Segundo Vianna *et al.* (2011), a prototipagem é um instrumento de aprendizagem em dois aspectos:

- a) Ponto de vista da equipe de projeto: conforme a ideia toma forma, é necessário elaborar seus detalhes, aumentando os níveis de fidelidade da solução ao longo do processo.

- b) Ponto de vista do usuário: ao interagir em vários níveis contextuais com o modelo criado, o usuário pode avaliá-lo e oferecer *feedbacks* para a evolução e melhoria do projeto.

Dessa forma, o desenvolvimento de protótipos torna possível a seleção e refinamento de ideias, a avaliação interativa de ideias, a validação de soluções com uma amostra do público e a antecipação de possíveis problemas e gargalos, reduzindo os riscos e otimizando custos (VIANNA *et al.*, 2011).

Segundo Brown e Wyatt (2010), após o processo de prototipagem, o time de *design* auxilia na estratégia de comunicação, marketing e distribuição. O *storytelling*, particularmente por meio de multimídia, ajuda a comunicar uma solução para um conjunto diverso de partes interessadas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Projeto Informacional

Este trabalho buscava desde sua concepção gerar um triturador para dar início a um ciclo de reciclagem de resíduos termoplásticos dentro da UTFPR. Como a fase de Projeto Informacional alinha a oportunidade com os objetivos desse trabalho, foi necessário verificar se os clientes realmente usariam o triturador como pretendido.

Um formulário foi escolhido como método para levantar as necessidades dos clientes durante a fase de Projeto Conceitual. A pergunta mais importante se referiu às características que os desenvolvedores consideram importantes para auxiliar a definição dos requisitos de projeto, aplicação, materiais a serem utilizados, processos de manufatura, parâmetros de manutenção e custo. O formulário foi cuidadosamente criado para coletar informações satisfatórias, mas sem ludibriar os clientes a darem respostas específicas. Por exemplo, as características que eles escolheriam como mais importantes para o produto estavam dispostas em ordem alfabética.

3.2 Projeto Conceitual

Na primeira etapa do Projeto Conceitual as necessidades dos clientes foram levantadas por meio do formulário disponível no Apêndice 1. O formulário foi enviado por meio do email institucional da universidade para estudantes e servidores. Esse tipo de comunicação permitiu que os potenciais clientes respondessem o formulário sem a necessidade de se identificarem ou se sentirem pressionados. Com isso, foi obtido um total de 146 respostas.

3.3 Oficina

Após a análise dos resultados das fases de Projeto Informacional e projeto Conceitual, percebeu-se que a metodologia de Pahl & Beitz não era a mais adequada para o presente trabalho. Assim, optou-se pela alteração de metodologia, sendo o *Design Thinking* a abordagem escolhida.

Para o espaço de ideação uma oficina foi desenvolvida e executada com alunos do primeiro e segundo períodos do curso de Engenharia Mecânica da UTFPR para validar a concepção do protótipo montado em papelão com as características

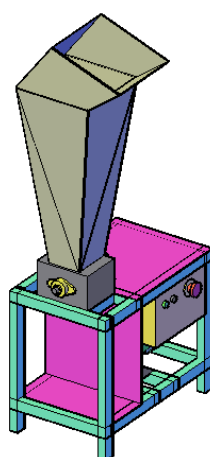
propostas para o produto final, o Moizinator. A oficina contou com a participação de 52 estudantes voluntários.

Os alunos receberam uma breve introdução sobre o cenário da reciclagem no Brasil, tipos de reciclagem, a oportunidade da realização do trabalho e seu objetivo. Os alunos foram separados em cinco grupos e então tiveram a oportunidade de analisar por dez minutos as características do protótipo em papelão paraná em escala real do projeto aberto da Precious Plastic em um lado da sala. No outro lado da sala o protótipo em Papelão Paraná em escala real do projeto do Moizinator, com as modificações propostas para garantir mais segurança durante o uso, limpeza e manutenção do equipamento, também estava a disposição para ser analisado. Durante os dez minutos de análise dos dois protótipos, os participantes fizeram anotações em Post Its e colocaram nas paredes e no quadro.

3.3.1 Protótipos

Para atender ao *Design Thinking* foram gerados protótipos do que seria o triturador. Um protótipo virtual do produto final, batizado de Moizinator, foi projetado no *software* Autodesk Inventor, como apresentado na Figura 4.2.

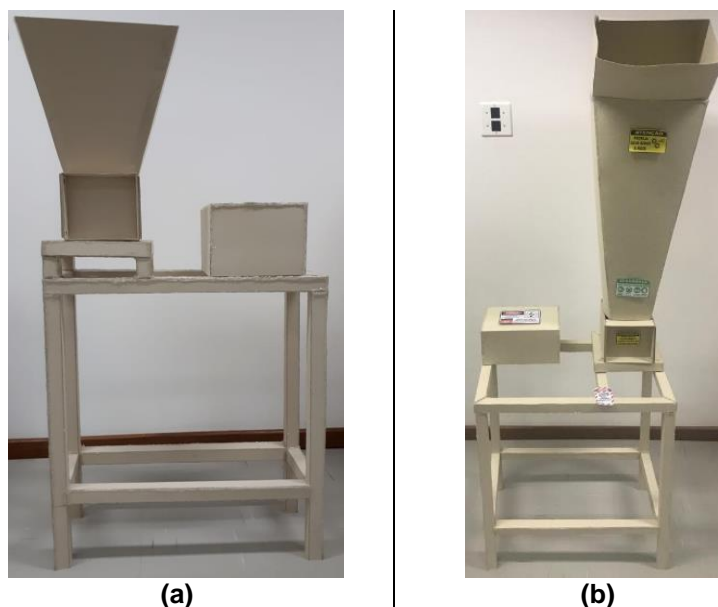
Figura 3.1 – Protótipo virtual do Moizinator



Este mesmo modelo foi produzido em papelão paraná cor natural em escala real para validar a concepção com potenciais usuários do triturador. A fim de comparação, foi produzido também um protótipo em papelão paraná de cor natural em escala real do projeto do triturador do Precious Plastic. As Figuras 4.3 (a) e 4.3 (b)

apresentam uma foto do protótipo do triturador da Precious Plastic e uma foto do protótipo do Moizinator, respectivamente.

Figura 3.2 – Protótipos físicos dos projetos de triturador (a) Precious Plastic e (b) Moizinator



3.4 Materiais

A construção de parte do equipamento seguiu as orientações do projeto disponibilizado pela Precious Plastic. Desta forma, as facas, contra facas, respectivos espaçadores e estrutura da unidade de trituração e da peneira foram produzidos em aço inox 304 por ser resistente à corrosão. O eixo empregou uma barra sextavada de aço 1020.

Foram utilizados parafusos M8x30, arruelas de pressão e porcas para a montagem da unidade de trituração em si. Empregou-se também uma barra roscada M10 com pouco mais de 180 mm e porcas auto travantes para fixação das contrafacas e seus respectivos espaçadores e dois mancais flangeados da marca SNR modelo FL204 para acomodar o eixo.

A estrutura da bancada do Moizinator foi feita com tubos retangulares 40x20 mm de aço laminado a frio de 1,5 mm de espessura. Foram utilizados retalhos de chapas galvanizadas para fazer as laterais e a parte superior da bancada, impedindo assim o acesso direto ao motor e à transmissão. Para o funil também foram utilizados retalhos de chapas de 1 mm.

O movimento das lâminas se deu por meio de um motor trifásico, 220 V e 1720 rpm com redução. Para a ligação elétrica foi necessária a aquisição de cabo próprio para a alimentação deste motor, plugue tripolar + terra de 32 A e disjuntor.

4 RESULTADOS

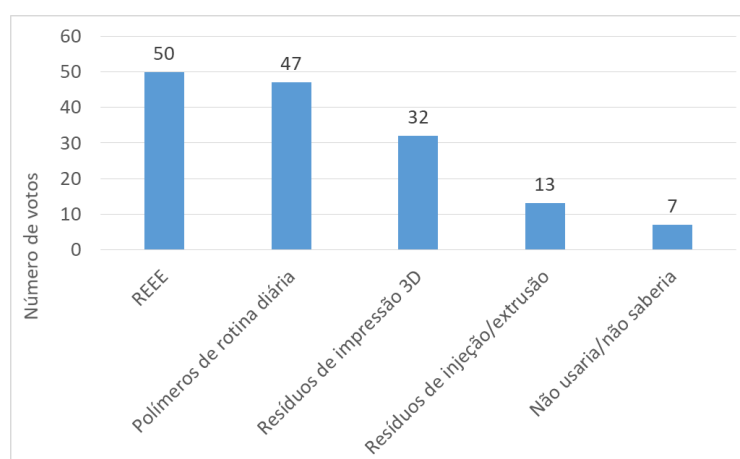
Esta seção apresenta os resultados do processo de desenvolvimento de produto desenvolvido inicialmente por Pahl & Beitz, sequencialmente substituído pelo *Design Thinking* até a obtenção do produto final, o triturador para trituração de resíduos termoplásticos.

4.1 Levantamento das necessidades dos clientes

A aplicação do formulário elaborado na fase informacional (Apêndice 1) retornou um total de 146 respostas. A primeira pergunta teve o objetivo de filtrar as pessoas que usariam o triturador na universidade. 140 de 146 pessoas responderam que usariam o triturador.

A segunda pergunta tinha a pretensão de compreender quais usos os clientes dariam para um triturador. 50 pessoas usariam o produto para triturar REEE, 47 para triturar polímeros no geral usados na rotina diária (como embalagens no geral, garrafas e copos), 32 para triturar resíduos de impressão 3D e 13 para triturar resíduos de processos de injeção e extrusão. Sete pessoas responderam que não usariam ou não sabem para que usariam um triturador. As respostas da segunda pergunta são apresentadas no Gráfico 4.1.

Gráfico 4.1 - Motivos para usar um triturador na UTFPR¹



A terceira pergunta do formulário abordava as características que os clientes consideravam importantes em um triturador a ser utilizado na universidade. Cada cliente podia escolher seis características que julgava importantes. O Gráfico 4.2

mostra as respostas de acordo com a importância das características para os clientes. Nenhum dos 146 clientes considerou importante que o equipamento fosse customizável. 70% dos clientes consideram que o mais importante é que o triturador seja fácil de operar. Uma parcela similar considera prioritária a segurança durante a operação. Aproximadamente 60% dos clientes avaliaram que ter um botão de emergência e a versatilidade de entrada são características cruciais. Além disso 50% dos clientes reconhece que a durabilidade é uma especificação relevante.

A quarta pergunta teve o objetivo de complementar a terceira. Caso o cliente quisesse mencionar alguma outra característica que acreditava ser importante e não foi incluída anteriormente. Baixo custo, baixo ruído e peças intercambiáveis foram características mencionadas nessa quarta pergunta.

A partir da combinação das informações adquiridas nas terceira e quarta perguntas, a Tabela 4.1 foi criada com as necessidades dos clientes identificadas e sua respectiva importância para eles de cinco (representando o mais desejável) a um (representando o menos desejável) de acordo com o número de votos que as características receberam nas perguntas mencionadas.

Gráfico 4.2 - Características principais para os consumidores

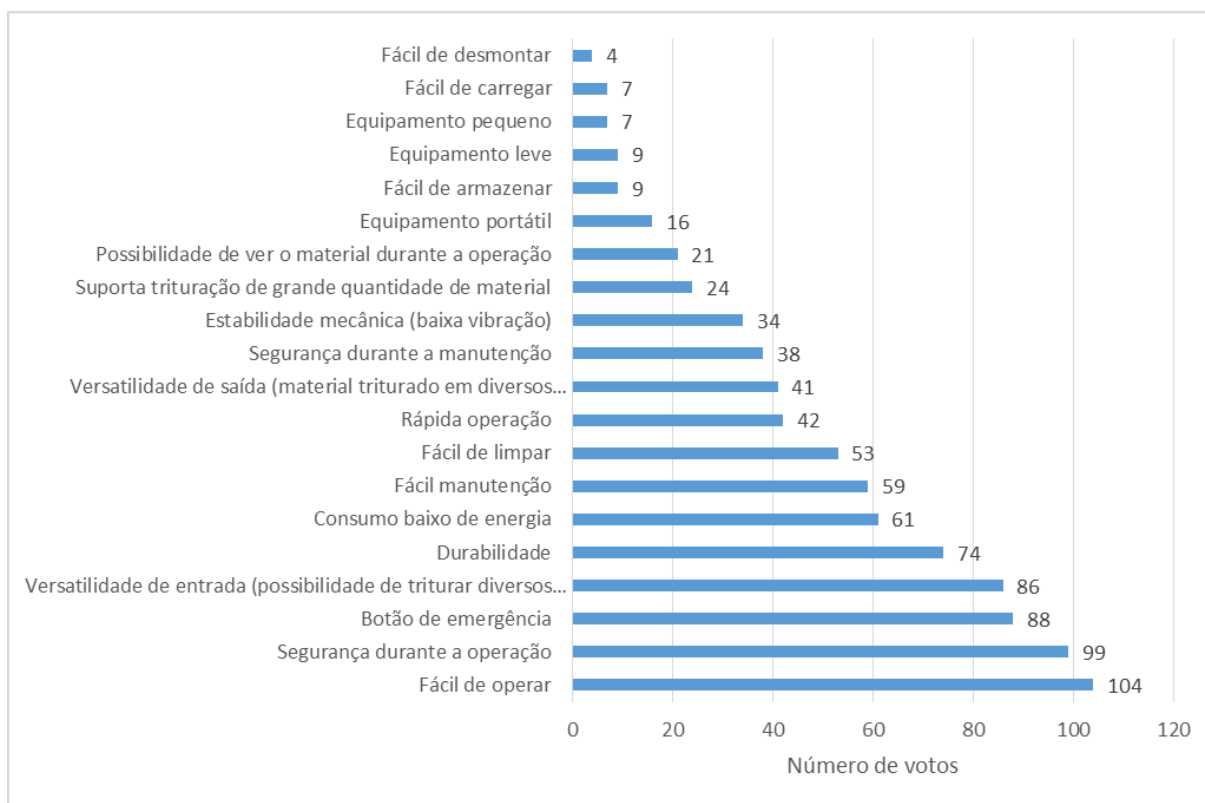


Tabela 4.1 - Necessidades dos clientes e importância para o consumidor

| Necessidade do Cliente | Importância para o cliente |
|--|-----------------------------------|
| Fácil de operar | 5 |
| Segurança durante a operação | 5 |
| Botão de emergência | 5 |
| Versatilidade de entrada (possibilidade de triturar diversos tipos de materiais) | 5 |
| Durabilidade | 5 |
| Consumo baixo de energia elétrica | 4 |
| Fácil manutenção | 4 |
| Fácil de limpar | 4 |
| Rápida operação | 4 |
| Versatilidade de saída (material triturado em diversos tamanhos) | 4 |
| Segurança durante a manutenção | 3 |
| Estabilidade mecânica (baixa vibração) | 3 |
| Suporta trituração de grande quantidade de material | 3 |
| Possibilidade de ver o material durante a operação | 3 |
| Equipamento portátil | 3 |
| Fácil de armazenar | 2 |
| Equipamento leve | 2 |
| Equipamento pequeno | 2 |
| Fácil de carregar | 2 |
| Baixo ruído | 2 |
| Fácil de desmontar | 1 |
| Peças intercambiáveis | 1 |

Os requisitos de qualidade do projeto, que são as necessidades dos clientes expressadas em números e unidades dimensionais e suas tendências, estão listadas da Tabela 4.2. Nessa tabela, tendência alta é representada por ↑, baixa tendência por ↓ e neutra por -. Vibração e mobilidade são parâmetros a serem analisados qualitativamente.

Tabela 4.2 - Requisitos de qualidade e respectivas tendências

| Requisito de Qualidade | Unidade | Tendência |
|--|----------------|-----------|
| Existência de botão de emergência | Unidades | ↑ |
| Quantidade de energia | kW/h | ↓ |
| Vida útil | Horas | ↑ |
| Massa | Kg | ↓ |
| Dimensões | Mm | ↓ |
| Número de módulos depois da desmontagem | Unidades | ↓ |
| Vibração | Qualitative | ↓ |
| Espaço para armazenagem | m ³ | ↓ |
| Mobilidade | Qualitative | ↑ |
| Número de peças depois da desmontagem | Unidades | ↓ |
| Tempo despendido para limpar a máquina | Minutos | ↓ |
| Número de passos até o produto final | Unidades | ↓ |
| Número de peças que podem se desgastar | Unidades | ↓ |
| Número de características que facilitam a visualização | Unidades | ↑ |
| Tempo despendido entre ligar a máquina e a saída do material triturado | Segundos | ↓ |
| Número de dispositivos de segurança | Unidades | ↑ |
| Número de características de segurança | Unidades | ↑ |
| Número de facas na unidade de trituração | Unidades | - |
| Número de materiais que podem ser triturados | Unidades | ↑ |

A Figura 4.1 apresenta a Casa da Qualidade. A coluna de importância do cliente mostra o valor dado para a respectiva necessidade em que o cliente votou no formulário. As colunas à esquerda apresentam o peso relativo e um diagrama com os pesos para trazer melhor visibilidade ao valor que cada necessidade recebeu.

As colunas 1 a 22 (que mostram os requisitos de qualidade analisados para o projeto) cruzam com as linhas 1 a 24 (que apresentam as necessidades nas quais os clientes votaram no formulário). Cada cruzamento entre uma necessidade do cliente e um requisito de projeto teve seu grau de relacionamento avaliado. O número 1 foi dado para grau de relacionamento fraco, o número 3 para médio e o número 9 para forte. As células deixadas em branco significam que não existe um grau de relacionamento naquele cruzamento. A soma entre a importância para o cliente vezes

o grau de relacionamento de todas as necessidades dos clientes (linhas 1 a 24) para cada requisito de qualidade (colunas 1 a 22) apresenta a classificação de importância técnica. Cada peso relativo é mostrado na última linha da Figura 4.1.

Por exemplo, o resultado da soma na coluna 1 é 105. Esse valor pode ser encontrado a partir da Equação 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Soma coluna1} &= (5 * 9) + (4 * 0) + (5 * 0) + (2 * 0) + (2 * 0) + (3 * 0) + (3 * 0) + \\
 &(2 * 0) + (2 * 0) + (1 * 0) + (4 * 0) + (5 * 0) + (4 * 0) + (3 * 0) + (4 * 0) + (3 * 3) + \\
 &(5 * 9) + (3 * 0) + (5 * 0) + (4 * 0) + (2 * 0) + (2 * 3) + (1 * 0) = (5 * 9) + (3 * 3) + \\
 &(5 * 9) + (2 * 3) = 105
 \end{aligned}$$

Equação (1)

Figura 4.1 - Casa da Qualidade

| Nº linha | Diagrama de peso | Peso relativo | Importância para os clientes | Requisitos de Qualidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------------------|---------------|------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|----------------------------------|---|-------------|-------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--------------------------------------|--|--------------------------------------|----------------|------------------------|
| | | | | Nº coluna | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| | | | | Tendência | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | - | ↑ | ↑ | ↓ | ↓ | | |
| | | | | Necessidades dos Clientes | Existência de botão de emergência | Quantidade de energia | Vida útil | Massa | Dimensões | Número de módulos depois da desmontagem | Vibração | Espaço para armazenagem | Mobilidade | Tempo despendido para limpar a máquina | Número de passos até o produto final | Número de peças que podem se desgastar | Número de características que facilitam a visualização | Tempo despendido entre ligar a máquina e a saída do material triturado | Número de dispositivos de segurança | Número de características de segurança | Número de facas na caixa trituradora | Número de materiais que podem ser triturados | Número de tamanhos de peneiras | Decibels | Preço da máquina |
| 1 | | 10% | 5 | Botão de emergência | 9 | 1 | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | | | | | 1 | |
| 2 | | 7% | 4 | Consumo baixo de energia elétrica | | 9 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 3 | | 8% | 5 | Durabilidade | | | 9 | | | | 1 | | | | 9 | | | | | 1 | | | | | 3 |
| 5 | | 1% | 2 | Equipamento leve | | | | 9 | 3 | | 3 | | 3 | | | | | | | 3 | | | | | 3 |
| 6 | | 1% | 2 | Equipamento pequeno | | | | 9 | 9 | | 3 | 9 | 3 | 3 | | | | | | 3 | | | | | 3 |
| 7 | | 2% | 3 | Equipamento portátil | | | 1 | 3 | 3 | 9 | | 3 | 9 | | | | | | | | | | | | 1 |
| 8 | | 4% | 3 | Estabilidade mecânica (baixa vibração) | | 1 | 3 | 9 | | 1 | 9 | | | | 3 | | | | | 3 | | | 9 | | 3 |
| 9 | | 1% | 2 | Fácil de armazenar | | | | 1 | 9 | 3 | | 9 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | 1% | 2 | Fácil de carregar | | | | 9 | 9 | 3 | | | 9 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | 0% | 1 | Fácil de desmontar | | | | 3 | 3 | 9 | | | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | | | 3 |
| 12 | | 6% | 4 | Fácil de limpar | | | 3 | 3 | 3 | 1 | | | | 9 | | 1 | | | | 1 | | | | | |
| 13 | | 12% | 5 | Fácil de operar | | | | | 3 | | | 0 | 1 | | 9 | | 3 | 1 | 1 | 3 | | 1 | | 1 | 1 |
| 14 | | 7% | 4 | Fácil manutenção | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | 1 | 3 | | 9 | | | 9 | 1 | 3 | | 3 | | 1 |
| 15 | | 2% | 3 | Possibilidade de ver o material durante a operação | | | | 1 | 3 | 1 | 1 | | | 3 | | | 9 | | 1 | 1 | | | | | 1 |
| 16 | | 5% | 4 | Rápida operação | | 1 | | | | | | | | | 9 | | | 9 | | | | | | | |
| 17 | | 6% | 3 | Segurança durante a manutenção | 3 | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | 9 | 3 | | | | | 3 |
| 18 | | 11% | 5 | Segurança durante a operação | 9 | | | | | | | | | | | | 3 | | 3 | 9 | | | | | 3 |
| 19 | | 3% | 3 | Suporta trituração de grande quantidade de material | | 3 | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | 9 | | | | | 1 |
| 20 | | 10% | 5 | Versatilidade de entrada (possibilidade de triturar diversos tipos de materiais) | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 9 | 1 | | | 1 |
| 21 | | 5% | 4 | Versatilidade de saída (material triturado em diversos tamanhos) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | | | 3 |
| 22 | | 1% | 2 | Baixo ruído | | 1 | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | 9 | | 1 |
| 23 | | 1% | 2 | Baixo custo | 3 | 1 | 9 | 1 | 3 | 3 | | | 3 | | | 9 | 3 | | 9 | 9 | 9 | | 9 | | 9 |
| 24 | | 0% | 1 | Peças intercambiáveis | | | 3 | | | 3 | | | 1 | 3 | | 9 | 3 | | | 3 | | 9 | | | 3 |
| | | | | Objetivo | Pelo menos um botão de emergência | Menos de 1,5 kW/h | Mais de 1600 horas de uso | Menos de 30 kg | Menor que 1200A x 600C x 300L mm | Menos de 20 módulos após a desmontagem | Qualitativo | Menos de 0,25 m³ | Pelo menos um sistema de rolagem | Menos de dez minutos | Menos de oito passos | Menos de 20 peças | Pelo menos uma forma de ver o material | Menos de 15 segundos | Pelo menos um dispositivo de segurança | Pelo menos duas características | Pelo menos 15 lâminas | Pelo menos cinco tipos de material | Pelo menos três tamanhos de peneiras | Menor que 60dB | Menor que R\$ 2,000.00 |
| | | | | Soma: Σ Grau de relação x Valor para o cliente | 105 | 61 | 106 | 124 | 126 | 79 | 62 | 45 | 80 | 69 | 81 | 123 | 70 | 44 | 149 | 139 | 106 | 50 | 81 | 50 | 138 |
| | | | | Classificação de importância técnica | 5% | 3% | 5% | 6% | 6% | 4% | 3% | 2% | 4% | 4% | 4% | 6% | 4% | 2% | 8% | 7% | 5% | 3% | 4% | 3% | 7% |
| | | | | Peso relativo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Analisando os resultados obtidos a partir da Casa da Qualidade, alguns pontos se mostraram incongruentes. Como por exemplo, pode citar: o baixíssimo peso relativo dado a peças intercambiáveis, que é uma característica importante para qualquer maquinário com peças que sofrem desgaste naturalmente com o uso, que é o caso do triturador. O baixo consumo de energia elétrica, que recebeu uma nota de importância de 4 em uma escala de até 5, enquanto segurança durante a manutenção recebeu uma nota de importância de apenas 3, seguindo a mesma escala. Na visão das autoras a segurança durante a manutenção não deve ser menos importante do que o consumo de energia elétrica.

Com base nos resultados percebeu-se que os clientes envolvidos na pesquisa não possuíam conhecimento técnico e/ou experiência suficientes para que fossem definidos os requisitos de projeto.

O projeto a ser desenvolvido com certeza teria peças intercambiáveis, por ser uma boa prática global de projeto. Todavia isto iria contra os resultados obtidos na Casa da Qualidade. Devido a esses fatores, abandonou-se a metodologia desenvolvida por Pahl e Beitz e passou-se a utilizar a utilizar o *Design Thinking* para dar continuidade ao trabalho porque leva em conta o não conhecimento técnico dos clientes.

4.2 Oficina

O Quadro 4.1 mostra as observações que os grupos discutiram e escreveram nos Post Its sobre o protótipo em escala real do triturador desenvolvido pela Precious Plastic.

Quadro 4.1 - Observações sobre o protótipo Precious Plastic

| Observações para Precious Plastic |
|--|
| Arredondar as arestas cortantes |
| Mudar acesso ao triturador |
| Aleta plástica que abre com o peso para evitar a entrada de insetos no material que vai ser triturado |
| Adicionar tampa |
| Reconhecimento de tampa fechada para operação |
| Sistema de atuação com dois botões para que o operador não coloque as mãos na parte que tritura o plástico |
| Sensores de presença humana |
| Manutenção das engrenagens de trituração |

| |
|--|
| Botão para acionar alçapão de segurança |
| Fragmentação lateralizada |
| Alçapão não abre com máquina ligada |
| Botão de segurança para o caso de mal funcionamento |
| Sensor de rotação na engrenagem |
| Interface acessível - fácil utilização |
| Dispositivo de reconhecimento de presença humana |
| A mesa é mais baixa |
| Tela móvel para segurança e para não "voar" material |
| Plaquinha com instruções |
| Tampo de segurança com sensor de peso |
| Tampo de segurança com botões para situações de travamento e de operação |
| Altura do protótipo - muito baixo |
| Aumentar boca do triturador |
| Melhorar o <i>design</i> |
| Tem que ter tampa com trava de segurança |

O Quadro 4.2 mostra as observações que os grupos discutiram e escreveram nos Post Its sobre o protótipo em escala real do protótipo do Moizinator.

Quadro 4.2 - Observações sobre o protótipo Moizinator

| Observações para o Moizinator |
|--|
| Sensor térmico no motor para evitar danos |
| Recipiente grande para recolhimento do material |
| Tamanho muito grande e diâmetro pequeno |
| Seccionar tudo principal para manutenção (dobrável) |
| Afunilamento da entrada de materiais pode não ser muito grande – travar/emperrar |
| Altura do protótipo (é muito alto) |
| Diminuir altura |
| Cor vermelha (de plástico) para especificar |
| Tiras para frear queda do plástico |
| Aumentar a amplitude do funil |
| Transparente para ver trituração |

A Figura 4.2 apresenta fotos tiradas durante a oficina e mostram os potenciais clientes após as observações dos protótipos em papelão do Precious Plastic e do Moizinator discutindo e fazendo anotações nos Post Its.

Figura 4.2 - Discussão entre os alunos sobre as características do protótipo do Precious Plastic e Moizinator



Uma das propostas levantadas na dinâmica, a instalação de um sensor térmico junto ao motor para evitar danos, foi adaptada e implementada no projeto. Para tanto optou-se pela instalação, no lugar de um interruptor comum, de um disjuntor que percebe a elevação de temperatura do sistema elétrico em caso de sobrecargas e travamentos e cai antes que o próprio motor queime.

4.3 Construção do Moizinator

As facas, contra facas, respectivos espaçadores e estrutura da unidade de trituração e da peneira, apresentados na Figura 4.3, foram produzidas em aço inox 304 cortadas a laser. Esses componentes foram cortados conforme o projeto da Precious Plastic, sem nenhuma adaptação. O Anexo 1 apresenta os desenhos de fabricação dessas peças.

Figura 4.3 - Peças cortadas a laser

A Tabela 4.3 apresenta os nomes e os valores pedidos por cada empresa pelas peças citadas. Foi escolhido seguir com o corte a laser das peças com a empresa EngeCorte por ter apresentado o orçamento mais barato.

Tabela 4.3 - Valores dos orçamentos para o serviço de corte a laser das peças da unidade de trituração

| Fornecedor | Orçamento |
|--------------------|------------------|
| EngeCorte | R\$ 1.090,92 |
| Sahn Laser | R\$ 1.364,69 |
| CorteMetal | R\$ 1.419,59 |
| Trimetais | R\$ 1.432,20 |
| Perfilados Belém | R\$ 7.737,61 |
| Metalúrgica Bruson | R\$ 13.211,65 |

O eixo também foi fabricado conforme orientação do projeto da Precious Plastic e seu desenho de fabricação também pode ser encontrado no Anexo 1. Assim, foi utilizada uma barra sextavada de aço 1020 usinada nas extremidades. Tal material foi disponibilizado pelo aluno Jonathas Luciano de Oliveira da universidade, juntamente com os mancais.

Devido ao funil não apresentar requisitos mecânicos elevados foi admitida a construção do mesmo a partir de retalhos de aço de 1 mm de espessura, porém de especificações desconhecidas. Esses materiais precisaram passar pelos processos de corte, dobra e solda para obter a peça final desejada, como mostrado na Figura 4.4. O processo de corte empregado foi o plasma, onde aproveitou-se para realizar as aberturas que possibilitam a visualização da trituração. A empresa Piergo Indústria e

Comércio de Aço LTDA foi a fornecedora deste material bem como dos serviços citados, além de ceder espaço para montagem e teste do equipamento.

Figura 4.4 – Funil do Moizinator montado

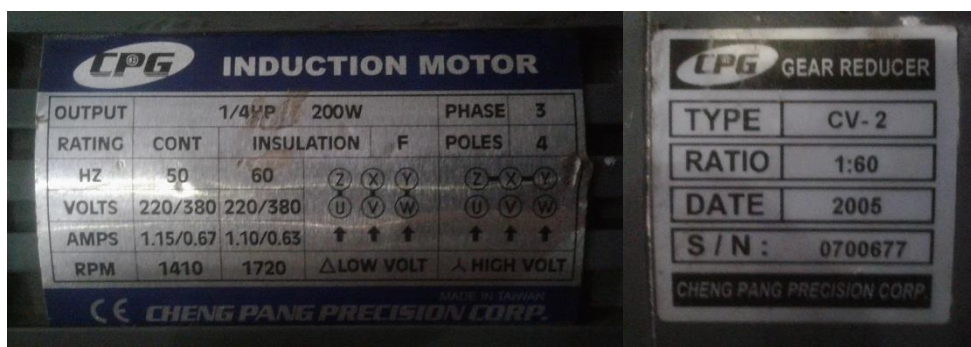


A estrutura da bancada foi adquirida na empresa Dunick Multform Metais e Produtos Manufaturados LTDA. Assim como o funil, o corte e a montagem da bancada foram realizados na Piergo Indústria e Comércio de Aço LTDA.

O motor utilizado foi proveniente de sucata descartada pela própria UTFPR - Campus Curitiba. As especificações do motor podem ser observadas na Figura 4.5, destacando-se a necessidade de instalação elétrica adequada por se tratar de um motor trifásico, 220V e 1720 rpm. Ressalta-se ainda que já havia um redutor acoplado, com aproximadamente 29 rpm na saída.

Figura 4.5 – Motor trifásico com redução utilizado no Moizinator e suas especificações





Para acoplar o motor ao eixo do triturador e atingir uma faixa de rotação adequada para a operação – a partir de 70 rpm, conforme citado pelo projeto da Precious Plastic – utilizou-se um jogo de transmissão e corrente de motocicleta, também proveniente de sucata. Como esta transmissão era de 1:3, atingiu-se 86 rpm no eixo. Na Figura 4.6 é possível observar a adaptação da transmissão.

Figura 4.6 - Sistema de transmissão por corrente do motor para o eixo da unidade de trituração



O motor já possuía rasgo e chaveta, então não foi projetado um acoplamento próprio para o equipamento, apenas adaptado. Para montagem dessa transmissão no motor e eixo foram utilizados tocos de barra redonda também provenientes de retalhos e os serviços de usinagem e solda foram realizados pela empresa Edson Luiz Kuss Serviços de Usinagem, Tornearia e Solda. O motor foi montado no triturador apoiando-o em uma chapa soldada na parte inferior da bancada, como mostra a Figura 4.7.

Figura 4.7 - Estrutura da bancada e de suporte do motor



A finalização da parte estrutural contou com a parafusação de chapas nas laterais e na parte superior da bancada, evitando assim que o sistema ficasse exposto causasse acidentes aos usuários e ao equipamento. Na Figura 4.8 apresenta-se o equipamento completo.

Figura 4.8 - Triturador Moizinator finalizado



A instalação elétrica foi feita empregando-se um plugue Steck 3 polos + terra 32A/9h e um disjuntor tripolar termomagnético da marca Enerbras C32. Esse último

atende a questões de segurança, desligando em caso de travamentos e sobrecargas, desta forma, protegendo o motor.

4.4 Comparação entre as características do Precious Plastic e do Moizinator

Comparando o projeto base, Precious Plastic, e o projeto final, Moizinator, houve diversas alterações, principalmente focadas na incrementação da segurança do equipamento. A altura do funil foi modificada para evitar que as pessoas mais altas (acima de 1,80 m) consigam colocar o braço dentro dele e alcançar a unidade de trituração. A estrutura da bancada do Moizinator teve suas dimensões alteradas em relação ao projeto base, Precious Plastic, de 720 x 600 x 210 mm para 550 x 650 x 400 mm para acomodar o motor e a corrente de transmissão.

O triturador do Precious Plastic tem altura total de 1154 mm, isto é, 720 mm de altura da bancada somada a 134 mm da unidade de trituração e 300 mm de altura do funil. Com isso uma pessoa de 1,50 m de altura consegue alcançar as facas trituradoras sem esforço. O Moizinator por sua vez tem 1584 mm de altura total, uma vez que soma os 550 mm de altura da estrutura com os 900 mm de altura do funil e ainda 134 mm da unidade de trituração. Na Figura 4.9 observa-se a utilização do Moizinator por uma pessoa de 1,81 m de altura e outra de 1,58 m. Em nenhum dos casos os usuários conseguiram alcançar as facas, proporcionando assim uma maior segurança durante a operação.

Figura 4.9 - Utilização do Moizinator por pessoal de diferentes alturas



O Moizinator também conta com recortes para visualização do material que está dentro do funil sendo triturado. Essa característica não está presente no triturador proposto pelo Precious Plastic, uma vez que o funil é menor e a trituração do material pode ser visualizada pela abertura do funil.

Foram colocados dois guias rápidos no porta-documentos do Moizinator, o Guia rápido de utilização e Guia rápido de limpeza e manutenção, apresentados nos Apêndices 2 e 3, respectivamente. Também é mantido junto a máquina o Manual de Instruções, apresentado no Apêndice 4, e duas folhas de cronograma, a de limpeza e a de manutenção, apresentadas no Apêndice 5.

Tais alterações estão apresentadas de forma comparativa no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Comparação entre os projetos da Precious Plastic e do Moizinator

| Número da Linha | Característica comparada | Precious Plastic | Moizinator |
|------------------------|--|-------------------------------|--|
| 1 | Altura do funil | 300 mm | 900 mm |
| 2 | Abertura/Tela de visualização no funil | Não possui | Possui |
| 3 | Gabinete de eletrônicos e botoeira | Apenas uma chave liga/desliga | Disjuntor (proteção contra sobrecarga) |
| 4 | Porta-documentos | Não possui | Possui |
| 5 | Sinalização | Não possui | Possui |
| 6 | Estrutura da bancada | 720 x 600 x 210 mm | 550 x 650 x 400 mm |

Para complementar a segurança dos usuários durante a operação foram colocados avisos, como mostrado na Tabela 4.4. Sendo eles:

1. Uso obrigatório de Equipamentos Individuais de Proteção;
2. Atenção para fazer a limpeza do equipamento apenas com ele desligado;
3. Perigo ao mexer na parte elétrica do triturador;
4. Atenção necessária aos dedos e mãos;
5. Números de telefone de emergência para o caso de acidentes durante a operação, limpeza ou manutenção do Moizinator;
6. Importância de colocar o cartão de segurança para indicar que o equipamento está travado para proteção da pessoa que está fazendo a manutenção.

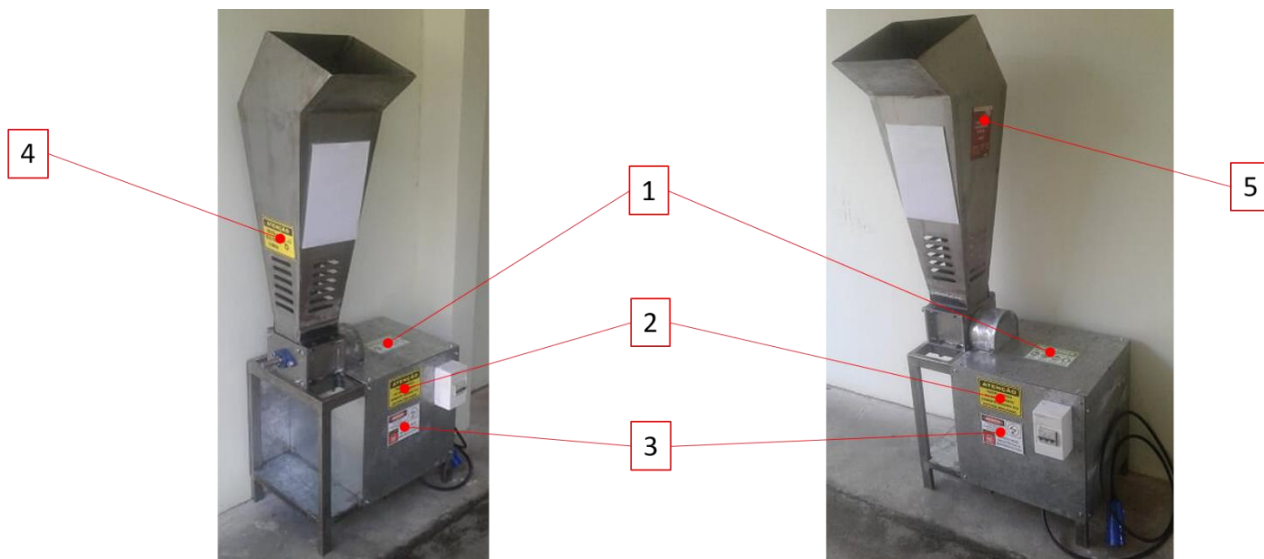
Tabela 4.4 - Avisos de segurança instalados no Moizinator

| | |
|--|--|
| <p>1</p>  <p>Uso obrigatório de Equipamentos Individuais de Proteção</p> | <p>2</p>  <p>Atenção para fazer a limpeza do equipamento apenas com ele desligado</p> |
| <p>3</p>  <p>Perigo de mexer na parte elétrica do triturador</p> | <p>4</p>  <p>Atenção necessária aos dedos e mãos</p> |
| <p>5</p>  <p>Números de telefone de emergência para o caso de acidentes durante a operação, limpeza ou manutenção do Moizinator</p> | <p>6</p>  <p>Importância de colocar o cartão de segurança para indicar que o equipamento está travado para proteção da pessoa que está fazendo a manutenção</p> |

Fontes: UAI Placas, Towbar, UTFPR e autoria própria (2019)

A Figura 4.10 mostra a posição em que cada aviso foi colocado no Moizinator indicados pelos números referenciados pela Tabela 4.4.











Figura 4.10 – Posição dos avisos dispostos no Moizinator



4.5 Avaliação de funcionamento

Após finalizado o projeto e produção do Moizinator, verificou-se seu funcionamento comparando a trituração de diferentes termoplásticos. No Quadro 4.4 estão descritos tais materiais e apresentadas figuras antes e após a trituração. Ressalta-se que a garrafa PET teve seu gargalo cortado e foi seccionada longitudinalmente para facilitar a pega das facas. As carcaças de notebooks foram previamente quebradas para facilitar o processo. É importante destacar que o Moizinator foi capaz de triturar todos os materiais testados, contudo teve dificuldades com as carcaças, apresentando travamento do movimento de rotação.

Quadro 4.4 - Materiais triturados pelo Moizinator

| Material | Peça | Triturado |
|----------------------------|---|--|
| Garrafa PET |  |  |
| Impressão 3D ABS |  |  |
| Impressão 3D PLA |  |  |
| Carcaça de notebook PC+ABS |  |  |
| Carcaça de notebook PC+ABS |  |  |

4.6 Custos de Projeto

A produção dos protótipos em papelão para a oficina custou R\$ 102,34, conforme mostrado no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 - Custos para a produção dos protótipos para a oficina

| Nº da Linha | Descrição | Quantidade | Custo Unitário | Custo Total |
|-------------|--------------------------------|------------|----------------|-------------|
| 1 | Chapa de Papelão Paraná | 10 | R\$ 2,95 | R\$ 29,50 |
| 2 | Refil de cola quente | 10 | R\$ 0,70 | R\$ 7,00 |
| 3 | Cola PVA | 1 | R\$ 14,90 | R\$ 14,90 |
| 4 | Pacote de refil de cola quente | 2 | R\$ 12,97 | R\$ 25,94 |
| 5 | Post Its | 1 | R\$ 25,00 | R\$ 25,00 |
| Total | | | R\$ 56,52 | R\$ 102,34 |

A produção do Moizinator custou R\$ 1.692,99, conforme mostrado no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 - Custos para produção do Moizinator

| Nº da Linha | Descrição | Quantidade | Custo Unitário | Custo Total |
|-------------|---|------------|----------------|--------------|
| 1 | Motor | 1 | R\$ - | R\$ - |
| 2 | Corte das peças da unidade de trituração | 1 | R\$ 1.090,92 | R\$ 1.090,92 |
| 3 | Barra sextavada | 1 | R\$ 13,00 | R\$ 13,00 |
| 4 | Usinagem | 1 | R\$ 30,00 | R\$ 30,00 |
| 5 | Conjunto rolamento e mancal | 2 | R\$ 42,50 | R\$ 85,00 |
| 6 | Transmissão para adaptação do motor ao eixo | 1 | R\$ 83,00 | R\$ 83,00 |
| 7 | Parafusos, porcas e arruelas | 16 | R\$ 0,57 | R\$ 9,04 |
| 8 | Barra para a bancada | 1 | R\$ 48,37 | R\$ 48,37 |
| 9 | Usinagem de acoplamento e rasgo de chaveta | 1 | R\$ 151,20 | R\$ 151,20 |
| 10 | Tela para peneira | 1 | R\$ 37,50 | R\$ 37,50 |
| 11 | Cabo de alimentação, disjuntor e plugue | 1 | R\$ 115,91 | R\$ 115,91 |
| 12 | Eletrodos de solda | 1 | R\$ 14,00 | R\$ 14,00 |
| 13 | Placas | 1 | R\$ 8,10 | R\$ 8,10 |
| 14 | Porta-documentos | 1 | R\$ 6,95 | R\$ 6,95 |
| Total | | | R\$ 1.642,02 | R\$ 1.692,99 |

A produção dos dois protótipos em papelão e do Moizinator foi financiada pelas autoras. Destaca-se que os custos de material, serviços, mão de obra e utilização do espaço provenientes da Piergo Industria e Comércio de Aço LTDA, foram gentilmente cedidos pela própria empresa. Desta maneira, tendo um grande impacto no custo final do equipamento, auxiliando para que o mesmo não se tornasse financeiramente inviável.

5 CONCLUSÃO

Após a condução de uma revisão da literatura acerca de trituradores termoplásticos industriais e não-industriais, a realização de um questionário e uma oficina com potenciais usuários, foi projetado e construído um triturador de polímeros termoplásticos de baixa complexidade para atender às necessidades da comunidade acadêmica da UTFPR. Materiais de instrução e de segurança foram produzidos para que o uso do equipamento seja adequado.

Tem-se a intenção de manter o Moizinator no Abrigo na UTFPR, um espaço colaborativo para projetos independentes dos alunos da UTFPR. O propósito é iniciar um ecossistema de incentivo à reciclagem de polímeros termoplásticos, em que toda comunidade acadêmica tenha amplo acesso à esse e demais equipamentos capazes de reaproveitar os resíduos termoplásticos gerados pela UTFPR.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Devido às limitações financeiras do projeto, algumas alterações que as autoras gostariam, porém não foram feitas são:

- 1) Adição de material emborrachado para diminuição de ruídos;
- 2) Alterações das dimensões da bancada para melhorar a ergonomia e estabilidade do equipamento;
- 3) Adição de um jogo de rodízios para facilitar o transporte;
- 4) Adição de um inversor de frequência para melhorar o controle de rpm motor;
- 5) Adição de uma botoeira com botão de emergência;
- 6) Adição uma proteção inferior da peneira para evitar acidentes no caso de mãos serem colocadas por baixo do triturador;
- 7) Incrementação do sistema de manutenção das facas para que elas possam ser retiradas individualmente do conjunto montado para afiação;
- 8) Cálculos de dimensionamento do eixo e seleção de mancais.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST. Perfil 2017. **Abiplast**, 2017. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/file/download/2018/Perfil_WEB.pdf> Acesso em: 02 out. 2018.

AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL. Plastics. **How Plastics Are Made**. 2005. Disponível em: <<https://plastics.americanchemistry.com/How-Plastics-Are-Made/>>. Acesso em: 02 out. 2018

ANDRADE, Marina F. Cosate de; SOUZA, Patrícia M. S.; CAVALETT, Otávio; MORALES, Ana R. **Life Cycle Assessment of Poly(Lactic Acid) (PLA): Comparison Between Chemical Recycling, Mechanical Recycling and Composting**. J. Polym. Environ. 2016, 24, 372–384. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/327984>>. Acesso em: 02 out. 2018

AYO, Akinfiresoye Waleola; OLUKUNLE, OJ.; ADELABU, DJ. Development of a Waste Plastic Shredding Machine. **International Journal of Waste Resources**, v. 07, n. 02, p. 2–5, 2017. Disponível em: <<https://www.omicsonline.org/open-access/development-of-a-waste-plastic-shredding-machine-2252-5211-1000281.php?aid=90229>>. Acesso em: 01 out. 2018

BALDÉ, Cornelis P.; FORTI, Vanessa; GRAY, Vanessa; KUEHR, R.; STEGMANN, P. **The Global E-waste Monitor – 2017**, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna, 2017. Disponível em: <<https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Pages/Global-E-waste-Monitor-2017.aspx>>. Acesso em: 20 out. 2018.

BOEHM, Camila. **Brasil perde R\$ 5,7 bilhões por ano ao não reciclar resíduos plásticos**. Agência Brasil. São Paulo. 2018. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-06/brasil-perde-r-57-bilhoes-por-ano-ao-nao-reciclar-residuos-plasticos>>. Acesso em: 18 out. 2018.

BROWN, Tim; WYATT, Jocelyn. *Design thinking* for social innovation. **Development Outreach**, v. 12, n. 1, p. 29-43, 2010.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. Economic, Environmental, and Societal Issues in Materials Science and Engineering. **Materials Science and Engineering: An Introduction**. 8th ed. John Wiley & Sons, Inc., 2010. cap. 22, p. 872-883.

CHENG, Lin Chih. QFD em desenvolvimento de produto: características metodológicas e um guia para intervenção. **Revista Produção Online**, v. 3, n. 2, 2003.

COMPACTOR MANAGEMENT COMPANY. **Plastic Shredders and Their Key Features**. All About Plastic Shredders: From Applications to Advantages. Disponível em: [<https://www.norcalcompactors.net/all-about-plastic-shredders-from-applications-to-advantages/>](https://www.norcalcompactors.net/all-about-plastic-shredders-from-applications-to-advantages/). Acesso em: 29 set. 2018.

DESHPANDE, Akshay. **Plastic Shredder Machine**, 2016. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/akshay8989/plastic-shredding-machine>. Acesso em: 29 set. 2018.

EKMAN, Rasmus. **Development of a Plastic Shredder**. Department of *Design Sciences* Faculty of Engineering LTH. Lund University. Lund, 2018. Disponível em: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8938831&fileId=8938833>. Acesso em: 14 set. 2018.

EU. **DIRECTIVE 2012/19/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE)**. n. June, p. 38–71, 2012. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32012L0019>. Acesso em: 03 out. 2018.

FERREIRA, Cristiano Vasconcellos. **Estimativa de custos de produtos na fase de projeto conceitual: uma metodologia para seleção da estrutura funcional e da**

alternativa de solução. 1997. Master Thesis. Universidade Federal de Santa Catarina, Post-Graduation Program in Mechanical Engineering, Florianópolis.

FONSECA, Antonio Jorge Hernandez. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional.** 2000. Doctoral Thesis. Universidade Federal de Santa Catarina, Post-Graduation Program in Mechanical Engineering, Florianópolis.

FORCELLINI, Fernando Antônio. **Apostila Desenvolvimento de Produto**, 2002. Disponível em: <<https://documents.com.br/apostila-desenvolvimento-de-produto-forcellinipdf.html>>. Acesso em: 24 set. 2018.

GABRIEL, Adjanara P.; GROCHAU, Inês H.; SANTANA, Ruth M. C.; VEIT, Hugo M. Reciclagem de Carcaças de Monitores: Propriedades mecânicas e morfológicas. **Polímeros Ciência e Tecnologia**, v. 23, n. 6, p. 823–831, 2013. Disponível em: <<http://revistapolimeros.org.br/doi/10.4322/polimeros.2014.004>>. Acesso em: 08 out. 2018.

GARCIA, Jeannette M.; ROBERTSON, Megan L. The future of plastics recycling. **Science**, v. 358, n. 6365, p. 870–872, 2017. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/358/6365/870>>. Acesso em: 29 set. 2018.

GLASS, Rob. **Shredder Guide -- Shear Shredders.** Recycling Today, 2001. Disponível em: <<https://www.recyclingtoday.com/article/shredder-guide---shear-shredders/>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

HAUSER, John R.; CLAUSING, Don. **The house of quality.** 1988. Disponível em: <<https://hbr.org/1988/05/the-house-of-quality>>. Acesso em: 30 set. 2018.

HUISMAN, Jaco; KUEHR, Ruediger; MAGALINI, Federico. **Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE).** n. 05 August 2007, p. 1–347, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236838723_Review_of_Directive_200296>

_on_Waste_Electrical_and_Electronic_Equipment_WEEE>. Acesso em: 03 out. 2018.

MANO, Eloisa Biasotto; PACHECO, Élen Beatriz Acordi Vasques; BONELLI, Cláudia Maria Chagas. A reciclagem de plásticos. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. 1. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2005. cap. 13.

MARTINHO, Ana Pires Graça.; SARAIVA, Rita Ribeiro Luanha. Composition of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by direct sampling. **Waste Management**, v. 32, n. 6, p. 1213–1217, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X12000700>>. Acesso em: 20 out. 2018.

OGLIARI, André. **Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados**. 1999. Doctoral Thesis. Universidade Federal de Santa Catarina, Post-Graduation Program in Mechanical Engineering, Florianópolis.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang. **Engineering design: a systematic approach**. 3rd Edition. Springer Science & Business Media, 2007.

POLYMER SOLUTIONS. **3 Types of Plastic Used in 3D Printing**. 2016. Disponível em: <<https://www.polymersolutions.com/blog/plastic-in-3d-printing/>>. Acesso em: 27 out. 2018.

PRECIOUS PLASTIC. **Shredder machine**. Disponível em: <<https://preciousplastic.com/en/videos/build/shredder.html>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

Programa SEGS. **Orientador para a prática de benchmarking**. Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo. Disponível em: <<http://cnc.org.br/central-do-conhecimento/apostilas/orientador-para-benchmarking>>. Acesso em: 24 set. 2018.

RETO, Maria Aparecida de Sino. **Notícias – Pesquisa mostra evolução da reciclagem brasileira.** Plástico. 2008. Disponível em: <<https://www.plastico.com.br/noticias-pesquisa-mostra-evolucao-da-reciclagem-brasileira/>>. Acesso em: 25 out. 2018.

ROMEIRO FILHO, Eduardo. **Projeto do Produto - Apostila do Curso**, 8th Edition, 2006. Laboratório Integrado de *Design* e Engenharia de Produto, Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte.

SSI SHREDDING SYSTEMS. **Things you need to Know About Shredding.** Disponível em: <<https://www.ssiworld.com/en/page/resources>>. Acesso em: 29 out. 2018.

STANFORD UNIVERSITY. **Frequently Asked Questions: Benefits of Recycling.** Disponível em: <<https://lbre.stanford.edu/pssistanford-recycling/frequently-asked-questions/frequently-asked-questions-benefits-recycling>>. Acesso em: 22 out. 2018.

Manual de instruções de Triturador de Resíduos. Metalúrgica TRAPP, 2015.

VIANNA, Mauricio *et al.* **Design thinking: business innovation.** MJV Tecnologia Ltda, Rio de Janeiro, 2012.

APÊNDICE 1

O formulário apresentado abaixo estava disponível em <<https://pt.surveymonkey.com/r/6332VRD>> até 29/10/2018. O formulário foi enviado para estudantes e servidores por meio do email institucional da universidade.

Triturador de polímeros termoplásticos

Com o objetivo de fazer um triturador de polímeros termoplásticos como projeto de TCC, agradecemos sua colaboração para o levantamento das necessidades dos clientes para o desenvolvimento do equipamento que posteriormente ficará na universidade para uso dos alunos, professores e servidores da UTFPR.

- * 1. Um triturador é uma máquina utilizada no início do processo de reciclagem de polímeros. Após a trituração de um material, existe a possibilidade de transformá-lo em inúmeros produtos com o uso de equipamentos como extrusoras, injetoras e prensas.

Se você tivesse a oportunidade de utilizar um triturador na UTFPR, você utilizaria?

- Sim
 Não
 Outro (especifique)

- * 2. Se sim, por que ou para que você o utilizaria?

Por exemplo: restos de impressão 3D, peças refugadas de extrusoras ou injetoras, carcaças de lixo eletrônico...

* 3. Se você tivesse a oportunidade de utilizar um triturador na UTFPR, quais das características você considera mais importantes?

(Selecione exatamente 6 características)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Botão de emergência | <input type="checkbox"/> Fácil de limpar |
| <input type="checkbox"/> Consumo baixo de energia elétrica | <input type="checkbox"/> Fácil de operar |
| <input type="checkbox"/> Durabilidade | <input type="checkbox"/> Fácil manutenção |
| <input type="checkbox"/> Equipamento estilizável | <input type="checkbox"/> Possibilidade de ver o material enquanto ele é triturado |
| <input type="checkbox"/> Equipamento leve | <input type="checkbox"/> Rápida operação |
| <input type="checkbox"/> Equipamento pequeno | <input type="checkbox"/> Segurança durante a manutenção |
| <input type="checkbox"/> Equipamento portátil | <input type="checkbox"/> Segurança durante a operação |
| <input type="checkbox"/> Estabilidade mecânica (pouca vibração) | <input type="checkbox"/> Suporta triturar grande quantidade de material |
| <input type="checkbox"/> Fácil de armazenar | <input type="checkbox"/> Versatilidade de input (possibilidade de triturar diversos materiais) |
| <input type="checkbox"/> Fácil de carregar | <input type="checkbox"/> Versatilidade de output (diversos tamanhos de materiais triturados) |
| <input type="checkbox"/> Fácil de desmontar | |

* 4. Você considera importante alguma característica que não foi citada na pergunta acima?

5. Você gostaria de deixar alguma sugestão para o nosso projeto?

6. Você gostaria de se identificar para o caso de entrarmos em contato com você? (Nome, curso, email...)

Concluído







APÊNDICE 2

O Guia rápido de utilização foi colocado e preso no porta-documentos do Moizinator.

Guia rápido de utilização Triturador de polímeros



MOIZINATOR

| | | |
|---|---|--|
| <p style="text-align: center;">EPIs</p> <p>Coloque os Equipamentos de Proteção Individual apropriados para operar o Moizinator (principalmente óculos e protetores auriculares e esteja de sapatos fechados) antes de ligá-lo.</p>  | <p style="text-align: center;">Ligar o Moizinator</p> <p>Com o cabo de alimentação fora da rede elétrica coloque a chave na posição “desligada” (cor verde). Coloque o cabo de alimentação na rede elétrica e então coloque a chave na posição “ligada” (cor vermelha).</p>  | <p style="text-align: center;">Entrada de materiais</p> <p>Jogue dentro do funil do Moizinator os materiais a serem triturados. Nunca deixe o Moizinator funcionando desacompanhado.</p>  |
| <p style="text-align: center;">Emergência</p> <p>Caso seja necessário parar o Moizinator abruptamente, coloque a chave na posição “desligada” (cor verde).</p>  | <p style="text-align: center;">Saída de materiais</p> <p>Os materiais triturados saem do Moizinator pela peneira e caem no reservatório. Deve-se apenas pegar os materiais triturados que estão no reservatório. Nunca pegue os materiais que saem direto da peneira.</p>  | <p style="text-align: center;">Desligar o Moizinator</p> <p>Ao encerrar o processo de trituração, coloque a chave na posição “desligada” (cor verde) para desligar o Moizinator. Desconecte o cabo de alimentação da rede elétrica.</p>  |

APÊNDICE 3

O Guia rápido de limpeza e manutenção foi colocado e preso no porta-documentos do Moizinator.

Guia rápido de limpeza e manutenção Triturador de polímeros



MOIZINATOR

| | | |
|--|---|--|
| <p>EPIs</p> <p>Utilize os Equipamentos de Proteção Individual apropriados para a limpeza ou manutenção do Moizinator (principalmente óculos, protetores auriculares, luvas e calçados fechados).</p>  | <p>Limpeza ou Manutenção</p> <p>Retire o cabo de alimentação da rede elétrica. Assegure que o motor do Moizinator está desligado e as lâminas estão paradas antes de realizar qualquer operação de limpeza ou manutenção.</p>  | <p>Sinalização</p> <p>Antes de iniciar a operação de limpeza ou manutenção, coloque a placa adequada para sinalizar que o equipamento está sendo utilizado.</p>  |
| <p>Adaptações e Modificações</p> <p>Não faça adaptações ou modificações. A alteração das características originais do Moizinator pode comprometer seu correto funcionamento.</p>  <p>NÃO FAÇA GAMBIARRAS</p> | <p>Verificação</p> <p>Após a limpeza ou manutenção, verifique se não há ferramentas, panos de limpeza ou outros materiais/objetos deixados dentro de espaços ou guias com partes móveis.</p>  | <p>Cronograma</p> <p>Após a limpeza e/ou manutenção do Moizinator, registre as operações realizadas no respectivo cronograma.</p>  |

APÊNDICE 4

O Manual de Instruções foi colocado no porta-documentos do Moizinator.

MOIZINATOR



MANUAL DE INSTRUÇÕES

Triturador de Polímeros Termoplásticos

Atenção!

Leia todas as instruções contidas neste manual antes de operar, limpar e/ou fazer a manutenção do Moizinator, sempre observando as indicações de segurança e seguindo as instruções para prevenir acidentes e/ou ferimentos.

Leia e guarde estas instruções

Área de trabalho

- **Mantenha espectadores afastados.** Quando o Moizinator estiver em operação, limpeza ou manutenção, todas as pessoas, especialmente crianças, animais e objetos, devem permanecer a uma distância segura da área de trabalho, que é de pelo menos dois metros. O operador/usuário é o responsável por eventuais acidentes que possam ocorrer.
- **Não opere o Moizinator perto de atmosferas explosivas nem onde houver líquidos inflamáveis, gases e/ou pó em suspensão.** A instalação elétrica do equipamento produz centelhas que podem dar ignição em líquidos inflamáveis, gases e/ou pó em suspensão.

Segurança elétrica

- **Não exponha o Moizinator à chuva ou umidade.** Instale-o em local seco e protegido das intempéries. Água dentro do equipamento pode danificar os circuitos elétricos do motor, além de aumentar o risco de choque elétrico.
- **Para sua segurança, realize o aterramento do Moizinator.** O não aterramento pode resultar em acidentes, choque elétrico ou outros danos pessoais.

Segurança pessoal

- **Redobre a atenção durante a operação, limpeza e/ou manutenção do Moizinator.** A maioria dos acidentes ocorre enquanto o operador utiliza a máquina ou durante sua manutenção e são causados por falta de atenção com as precauções básicas de segurança. É necessário estar consciente dos riscos potenciais de uma ação, prestando atenção nas suas próprias ações e suas consequências.
- **Mantenha-se alerta.** Fique atento ao que está acontecendo e use o bom senso. Não opere o Moizinator quando estiver cansado, distraído ou sob influência de drogas, bebidas alcoólicas ou medicação. Um momento de desatenção pode resultar em um acidente ou ferimento.
- **Previna-se contra o funcionamento acidental.** Assegure-se de que a chave elétrica do Moizinator esteja na posição "desligada" antes de colocar o plugue na tomada. Conectar o plugue na tomada com a chave na posição "ligada" pode causar acidentes.
- **Utilize os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), principalmente os óculos de proteção e os protetores auriculares.** Para a operação é importante utilizar óculos de proteção, protetores auriculares e sapatos fechados. Para limpeza e/ou manutenção do equipamento, é importante utilizar óculos de proteção, protetores auriculares, sapatos de segurança e luvas de segurança.

- **Vista-se de maneira adequada.** Não use roupas soltas ou joias durante a operação, limpeza ou manutenção do Molzinator, pois podem enganchar acidentalmente nas partes móveis do equipamento. Se você tiver cabelos compridos, prendá-os com segurança.
- **Remova qualquer objeto antes de ligar o Molzinator.** Uma ferramenta ou qualquer outro objeto preso nas partes móveis do equipamento pode causar acidentes ou resultar em ferimentos.
- **Não force o equipamento.** Utilize-o de forma correta e para as aplicações descritas neste manual, obtendo assim maior desempenho e segurança.
- **Não permita que pessoas não familiarizadas utilizem o Molzinator.** O equipamento pode se tornar perigoso nas mãos de usuários não familiarizados com o seu funcionamento.
- **Nunca empurre pedaços pequenos ou que ficaram travados.** É perigoso empurrar com materiais longos os materiais pequenos ou que ficaram travados nas facas e contra facas. Se isso acontecer, o Molzinator deve ser desligado pela chave, seu plugue deve ser retirado da tomada e deve ser realizado o procedimento de limpeza com segurança.

Utilização e cuidados

- **Nunca deixe o Molzinator funcionando desacompanhado.** O motor do Molzinator não é potente o suficiente para triturar qualquer tipo de polímero. Desligue o triturador imediatamente se as facas travarem.
- **Não utilize o equipamento se a chave elétrica não liga ou não desliga.** O equipamento não pode ser controlado se a chave elétrica estiver danificada. A chave elétrica com defeito deverá ser reparada imediatamente.
- **Não utilize o equipamento em períodos que ocorrem quedas de energia elétrica.**
- **Verifique o estado do cabo de alimentação.** Nunca o repare com fita isolante.
- **Antes de realizar qualquer ajuste, troca de facas ou contra facas e acessórios, desligue a chave e desconecte o plugue da tomada.** Essas medidas preventivas de segurança reduzem o risco de funcionamento acidental do equipamento.
- **Se ao acionar o Molzinator as facas não funcionarem (se estiverem travadas), desligue-o imediatamente.**
- **Conserve bem o Molzinator.** Verifique com frequência se as partes móveis estão montadas corretamente, se algum componente está danificado ou se há qualquer outra condição que possa afetar o seu bom funcionamento. Se houver algum problema, faça o reparo antes de usar o triturador. Muitos acidentes são causados pela falta de manutenção adequada.
- **Mantenha as facas e contra facas afiadas e limpas.**
- **Nunca utilize jato de água para limpar o Molzinator.** A melhor forma de limpar o equipamento é com jato de ar comprimido.

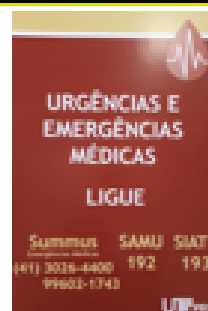
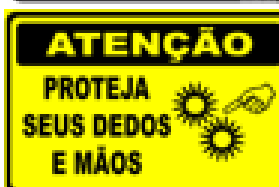
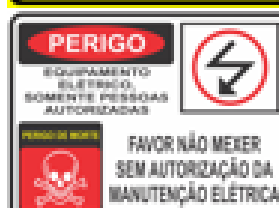
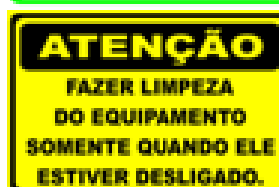
- Nunca triture pedras, vidros, metais, embalagens de produtos químicos (perfumaria, limpeza e tintas, por exemplo) ou outros materiais que possam danificar o Moizinator ou que não estejam limpos ou secos. Esses materiais podem desafiar ou oxidar facilmente as facas e contra facas do equipamento.
- Nunca afrouxe ou remova as proteções de segurança enquanto o Moizinator estiver em funcionamento.
- Nunca use ferramentas em mau estado ou de forma inadequada. Por exemplo, um alicate em vez de uma chave.
- Após limpeza e/ou manutenção, verifique se não há ferramentas, panos de limpeza ou outros materiais/objetos deixados dentro do Moizinator.

Atenção!

As facas continuam em movimento após o Moizinator ser desligado. Portanto, fique atento a isso quando fizer qualquer tipo de limpeza ou manutenção.

Avisos de Segurança

- Siga sempre as instruções e normas de segurança.
- A não observância às normas e avisos pode causar acidentes graves e/ou ferimentos.
- Os avisos devem ser mantidos no Moizinator de forma visível e legível.
- Coloque o cartão de "Perigo: equipamento travado para a proteção de pessoas trabalhando na manutenção" no disjuntor quando for fazer a limpeza e/ou manutenção do Moizinator.



Principais Componentes

1. Funil de alimentação
2. Porta-documentos
3. Recortes para visualização (idem item 17)
4. Unidade de trituração (idem item 18)
5. Eixo sextavado (idem itens 20 e 34)
6. Saída de materiais triturados
7. Proteção para a corrente da transmissão
8. Carenagem
9. Disjuntor - Chave liga/desliga
10. Cabo de alimentação (idem item 12)



11. Cabo - motor/disjuntor
12. Cabo de alimentação – disjuntor/rede elétrica (idem item 10)
13. Motor (idem item 26)
14. Redutor acoplado ao motor (idem item 25)
15. Corrente (idem item 22)
16. Coroa (idem item 23)



17. Recortes para visualização (idem item 3)
18. Unidade de trituração (idem item 4)
19. Mancal (x2) (idem item 31)
20. Eixo sextavado (idem itens 5 e 34)
21. Pinhão
22. Corrente (idem item 15)
23. Coroa (idem item 16)
24. Eixo do motor
25. Redutor acoplado ao motor (idem item 14)
26. Motor (idem item 13)
27. Estrutura da bancada



28. Estrutura da unidade de trituração
29. Espaçadores das contra facas (x14)
30. Contra facas (x13)
31. Mancais (x2) (idem item 19)
32. Facas (x14)
33. Espaçadores das facas (x13)
34. Eixo sextavado (idem itens 5 e 20)
35. Peneira



Passo a passo - Operação

Siga o passo a passo para uma operação segura:

1. Coloque os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) apropriados para operar o Moizinator (principalmente óculos e protetores auriculares e esteja de sapatos fechados) antes de ligá-lo.
2. Com o cabo de alimentação fora da rede elétrica coloque a chave na posição "desligada".
3. Coloque o cabo de alimentação na rede elétrica.
4. Coloque a chave na posição "ligada".
5. Verifique se as facas estão funcionando normalmente.

Atenção!

Se ao acionar o Moizinator as facas não funcionarem (estiverem travadas), desligue-o imediatamente colocando a chave na posição "desligada" (cor verde).

6. Jogue dentro do funil de alimentação os materiais a serem triturados.

Atenção!

Nunca triture pedras, vidros, metais, embalagens de produtos químicos (perfumaria, limpeza e tintas, por exemplo) ou outros materiais que possam danificar o Moizinator ou que não estejam limpos ou secos. Esses materiais podem desafiar ou oxidar facilmente as facas e contra facas do equipamento.

7. Caso seja necessário parar o Moizinator abruptamente, coloque a chave na posição "desligada" (cor verde).

8. Os materiais triturados saem do Moizinator pela peneira e caem no reservatório.

Atenção!

Deve-se pegar apenas os materiais triturados que estão no reservatório. Nunca pegue os materiais que saem direto da peneira.

9. Ao encerrar o processo de trituração, coloque a chave na posição "desligada" para desligar o Moizinator.

Atenção!

As facas continuam em movimento após o Moizinator ser desligado.

10. Desconecte o cabo de alimentação da rede elétrica.

Passo a passo – Limpeza e/ou manutenção

Siga o passo a passo para uma limpeza e/ou manutenção segura:

1. Coloque os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) apropriados para limpar e/ou fazer a manutenção do Moizinator (principalmente óculos de proteção, protetores auriculares, sapatos de segurança e luvas de segurança).
2. Retire o cabo de alimentação da rede elétrica.
3. Assegure-se de que o motor do Moizinator está desligado e as facas estão paradas antes de realizar qualquer operação de limpeza ou manutenção.

4. Antes de iniciar a operação de limpeza ou manutenção, coloque o cartão de segurança na botoeira para sinalizar que o equipamento não pode ser ligado.
5. Prosiga com a operação de limpeza e/ou manutenção do Moizinator.

Atenção!

Nunca use ferramentas em mau estado ou de forma inadequada. Por exemplo, um alicate em vez de uma chave.

Atenção!

Não faça adaptações ou modificações! A alteração das características originais do Moizinator pode comprometer seu correto funcionamento.

6. Após limpeza e/ou manutenção, verifique se não há ferramentas, panos de limpeza ou outros materiais/objetos deixados dentro do Moizinator.
7. Registre as operações realizadas no respectivo cronograma.
8. Coloque a chave na posição "desligada" (cor verde).
9. Desconecte o cabo de alimentação da rede elétrica.

Em caso de acidentes, ligue para os telefones de emergência:

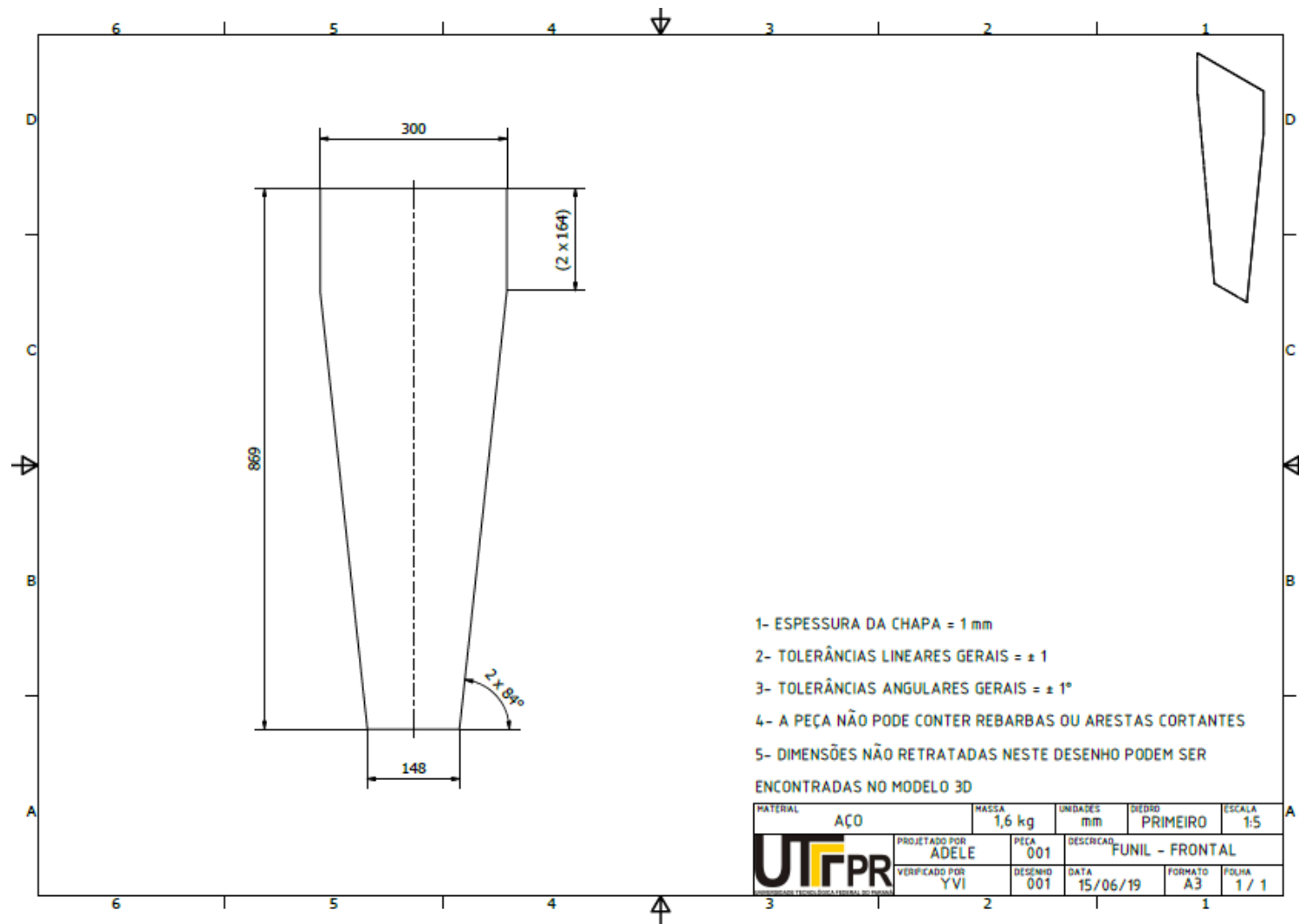
Summus
(Emergências Médicas)
(41) 3028-4400
(41) 99602-1743

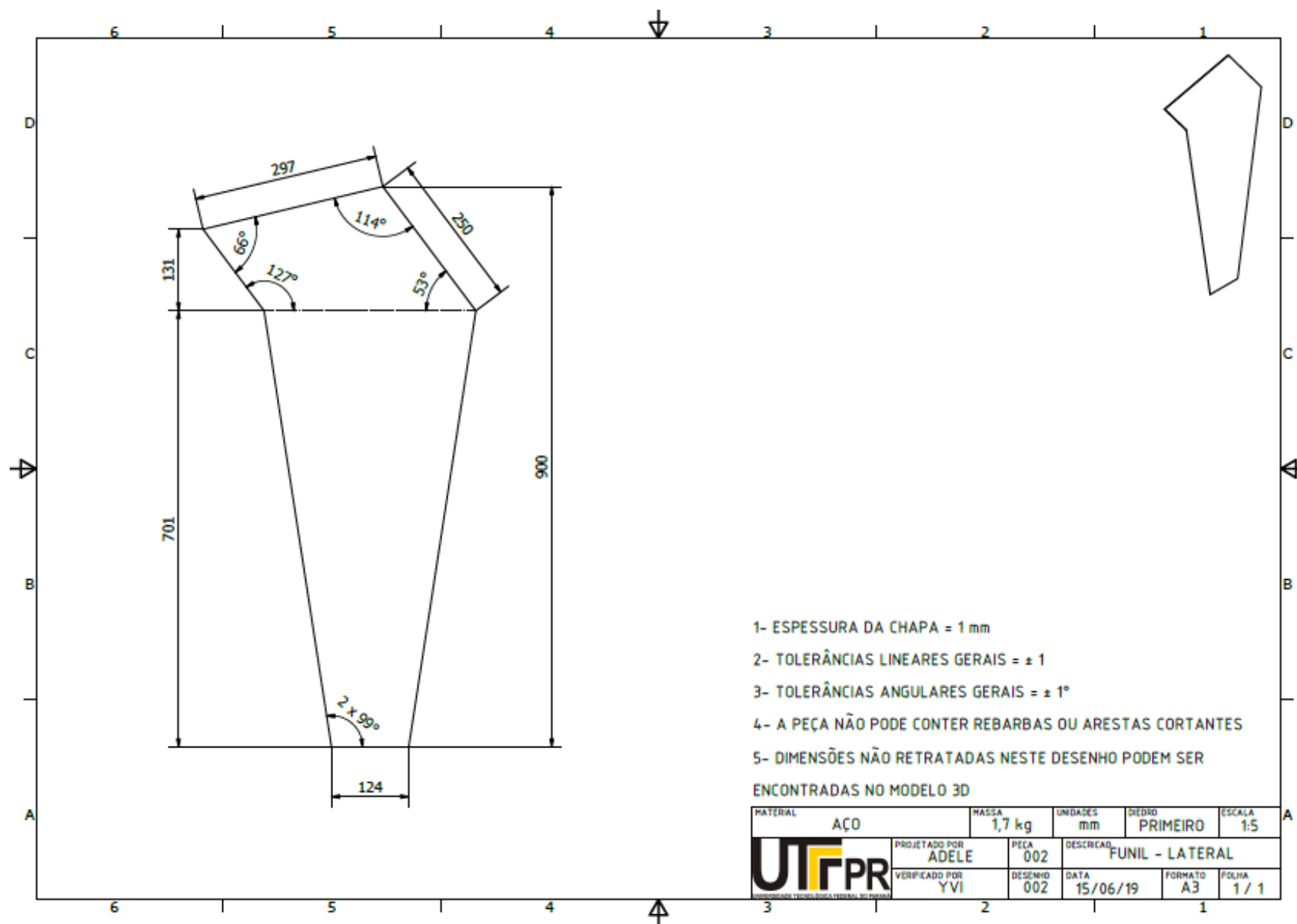
SAMU
192

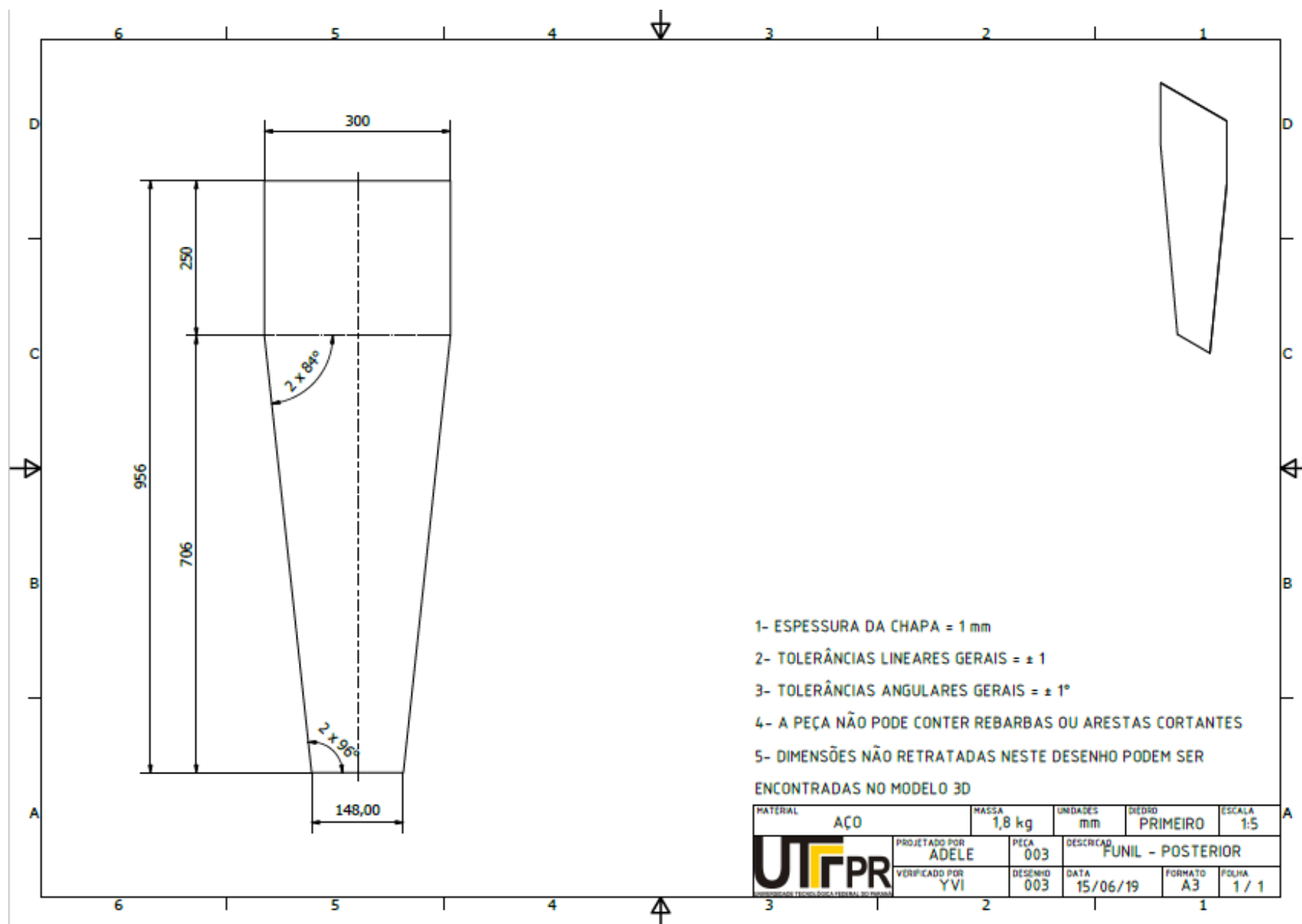
SIATE
193

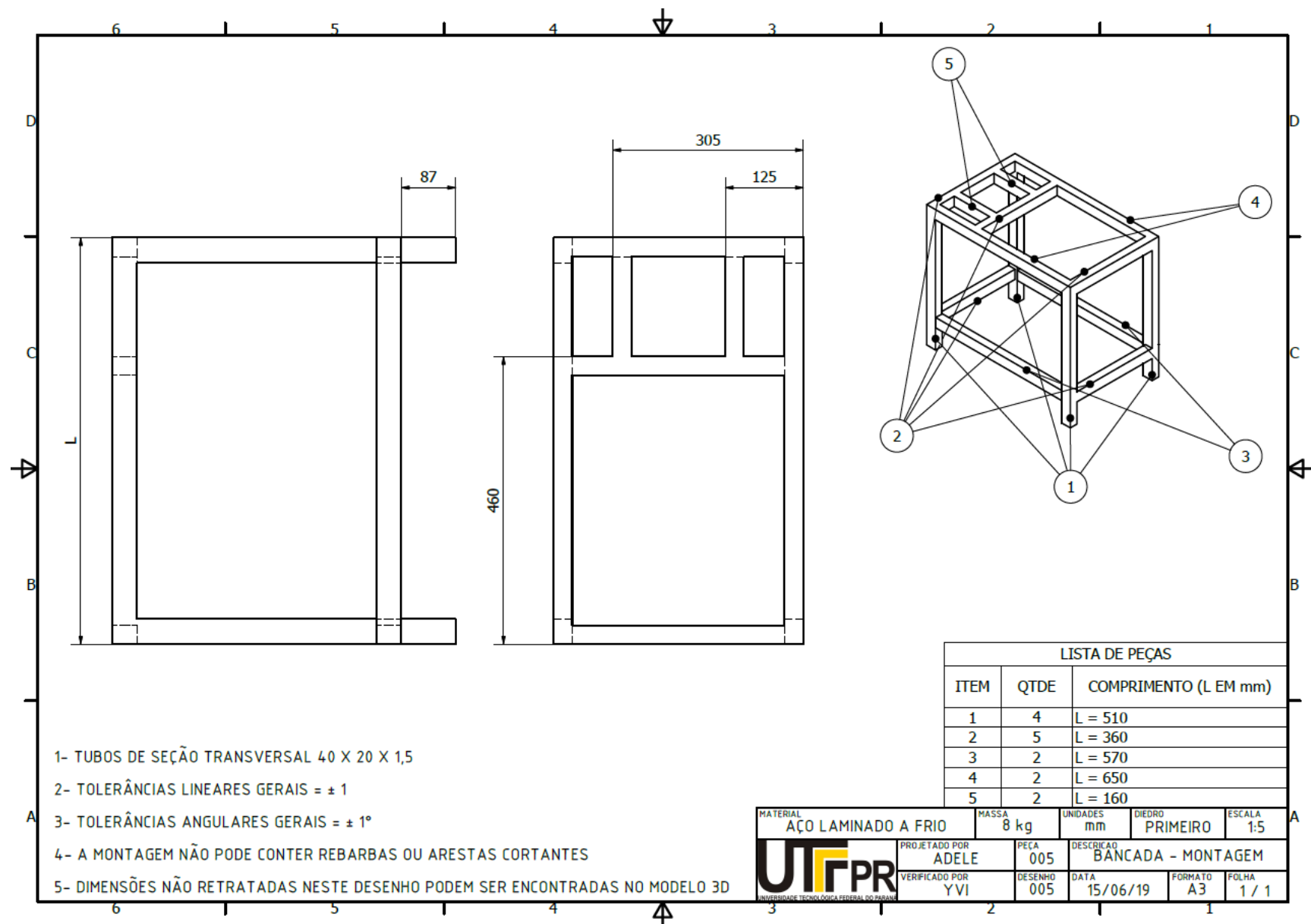
APÊNDICE 6

Desenhos de fabricação do funil e da estrutura da bancada do Moizinator.





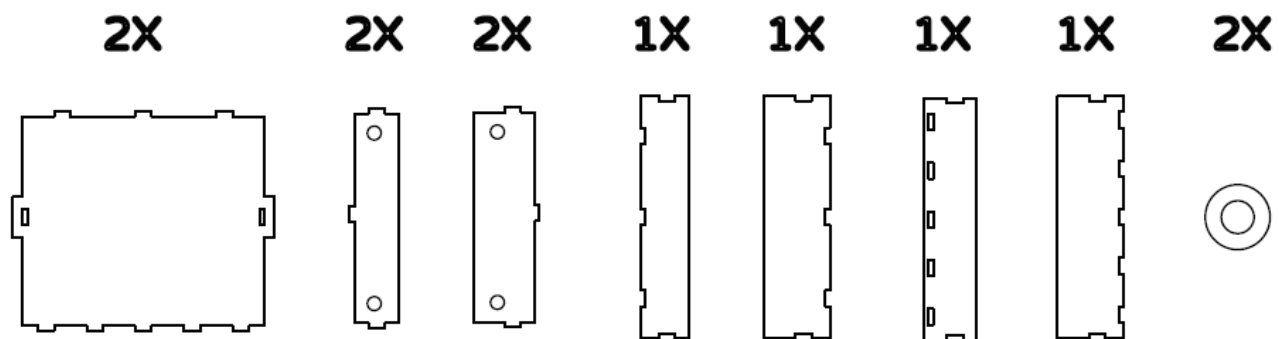




ANEXO 1

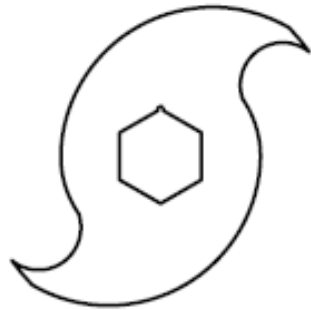
Desenhos de fabricação criados e disponibilizados pelo projeto Precious Plastic das peças cortadas a laser para a unidade de trituração.

3MM



5MM

5X



5X



5X



13X

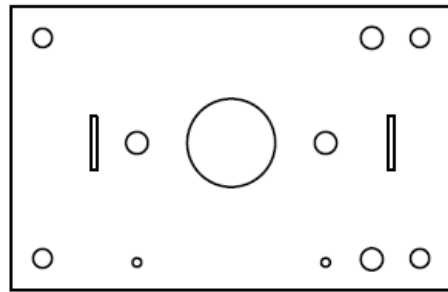


6MM

15X



2X



13X

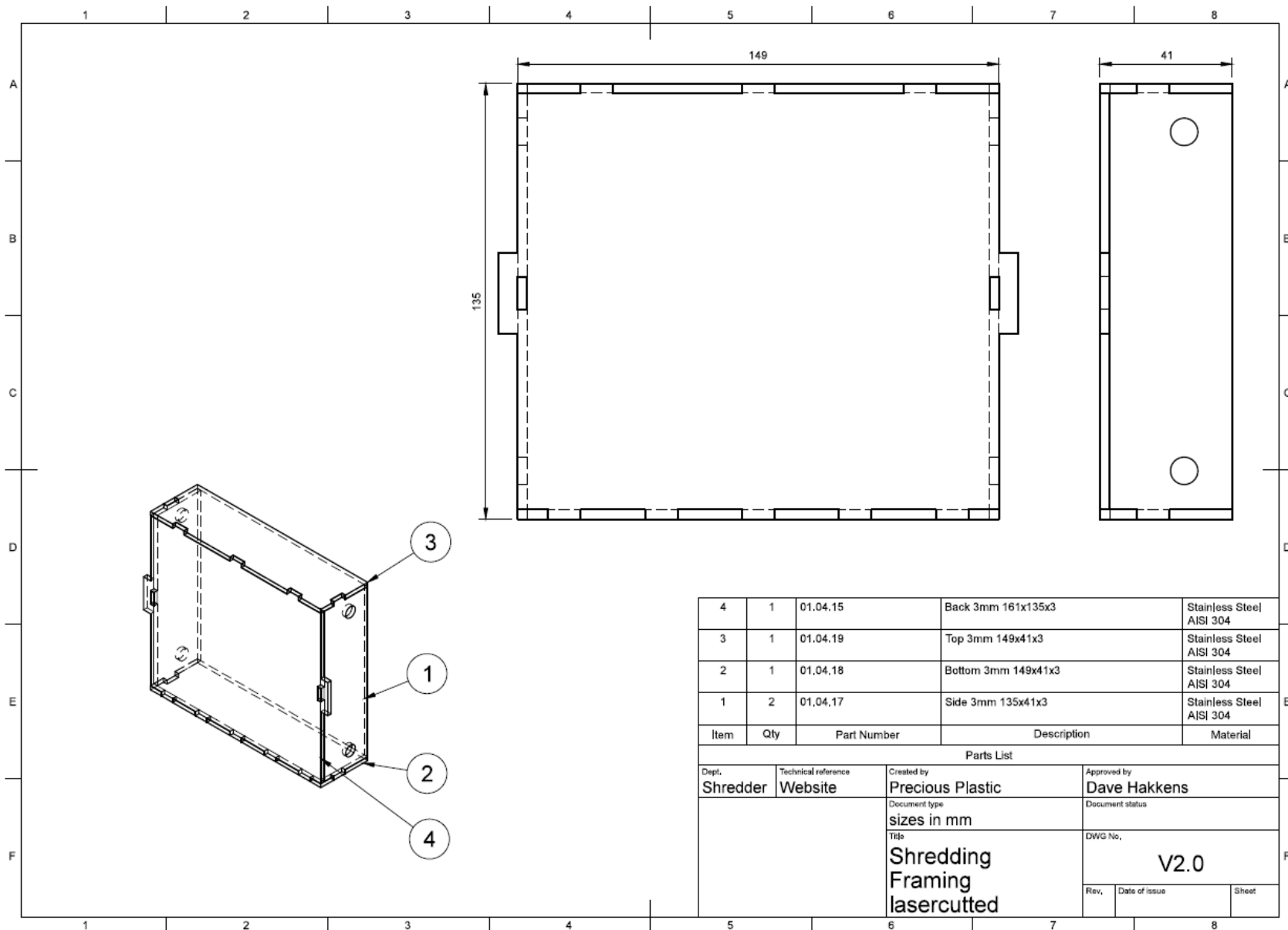


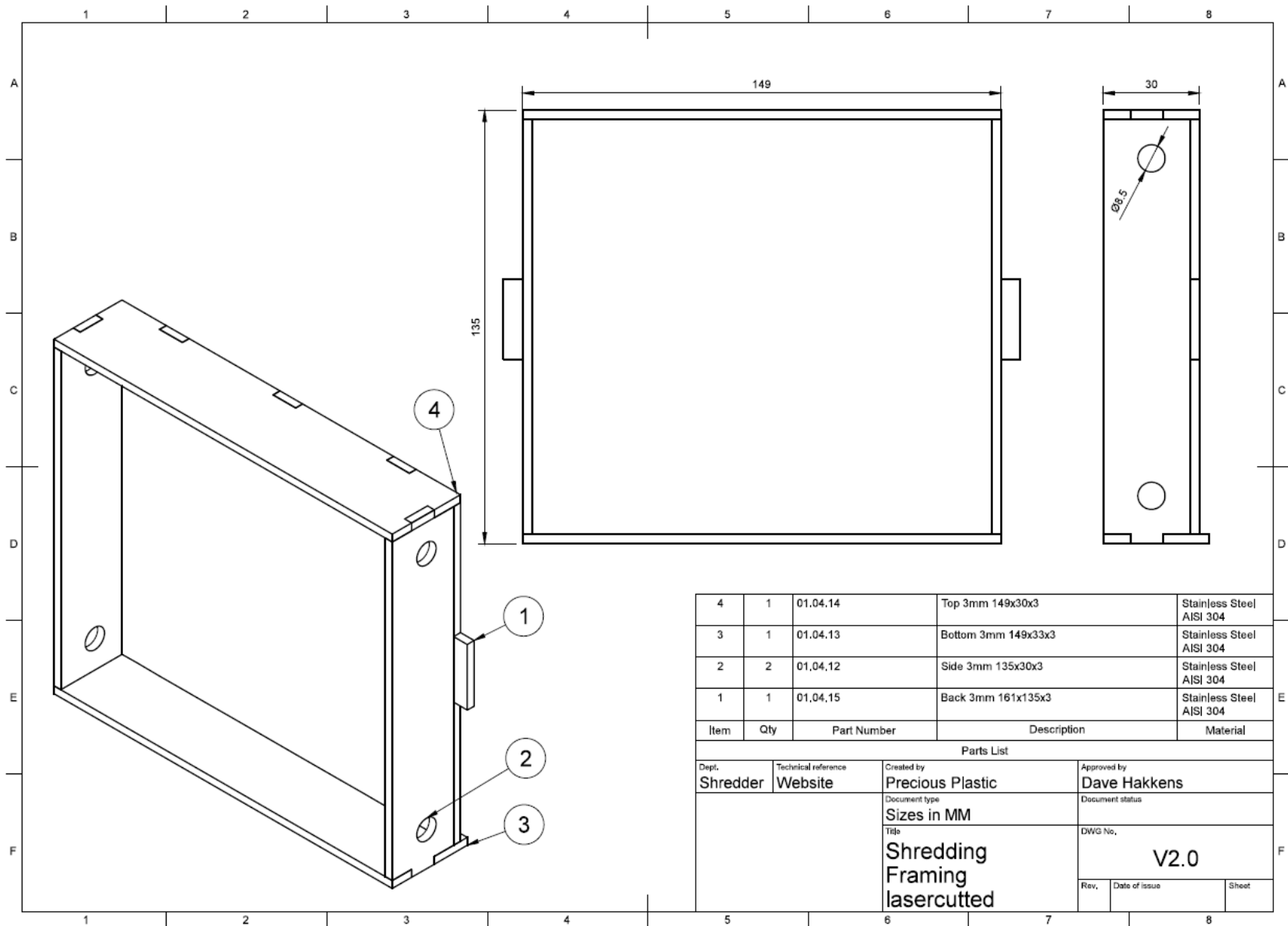
2X



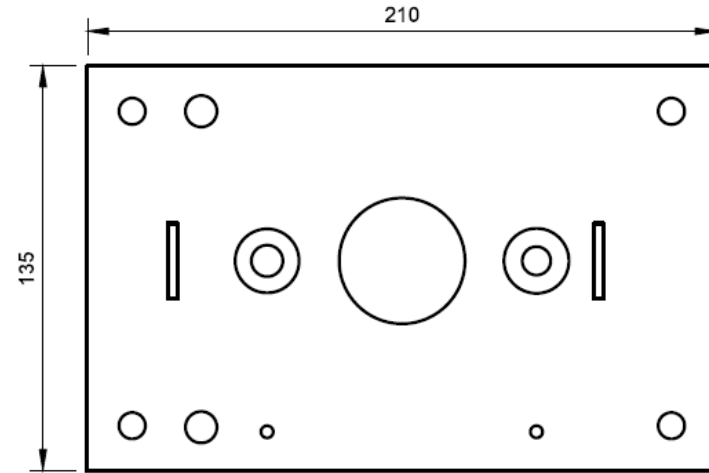
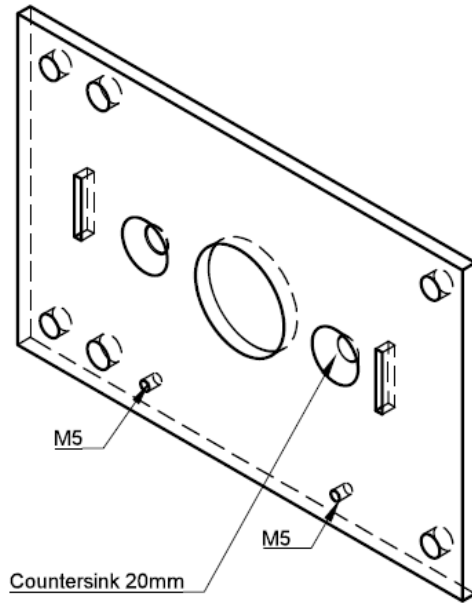
2X





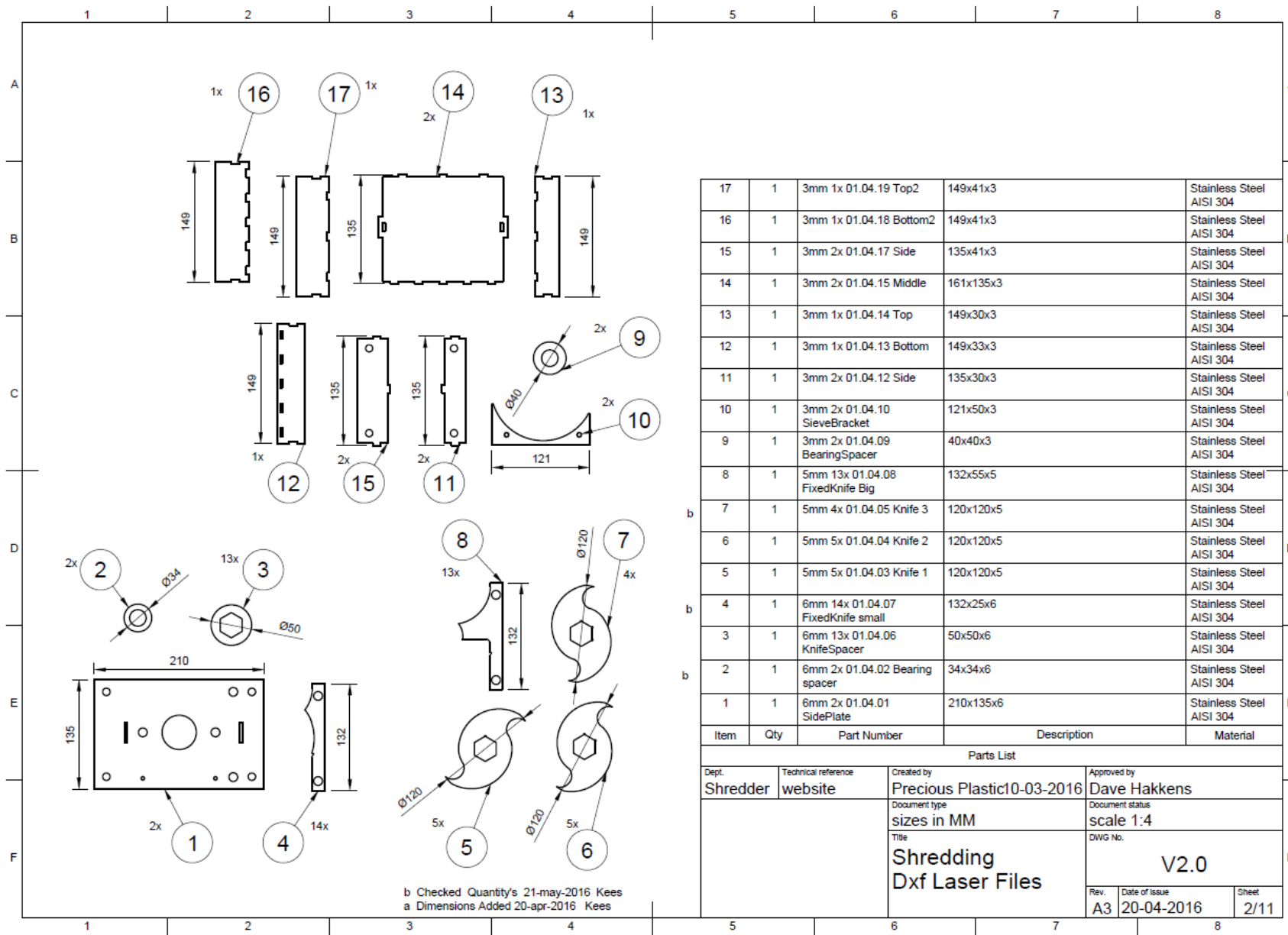


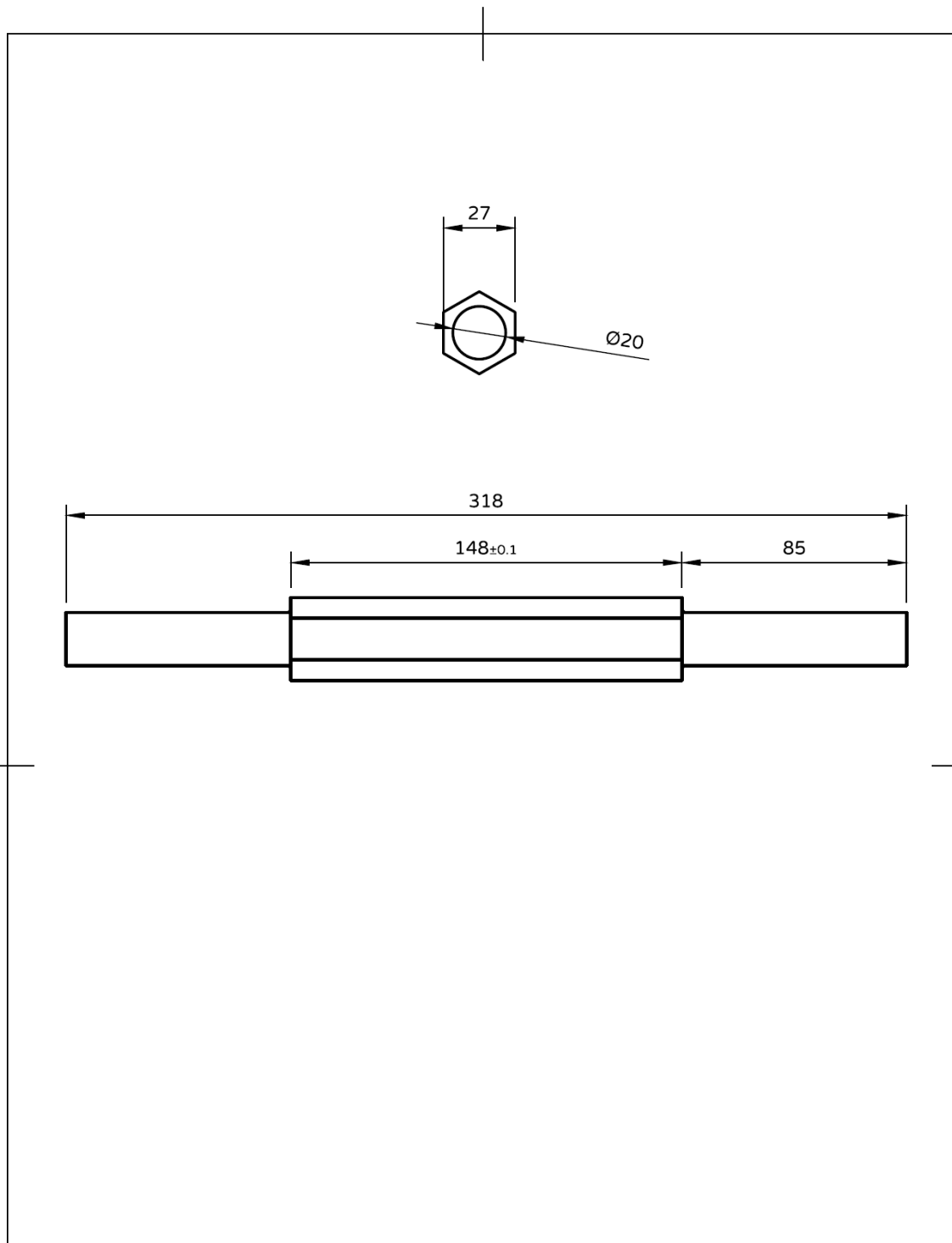
| 4 | 1 | 01.04.14 | Top 3mm 149x30x3 | Stainless Steel AISI 304 |
|-------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|
| 3 | 1 | 01.04.13 | Bottom 3mm 149x33x3 | Stainless Steel AISI 304 |
| 2 | 2 | 01.04.12 | Side 3mm 135x30x3 | Stainless Steel AISI 304 |
| 1 | 1 | 01.04.15 | Back 3mm 161x135x3 | Stainless Steel AISI 304 |
| Item | Qty | Part Number | Description | Material |
| Parts List | | | | |
| Dept. Shredder | Technical reference Website | Created by Precious Plastic | Approved by Dave Hakkens | |
| | | Document type Sizes in MM | Document status | |
| | | Title Shredding Framing laser-cutted | DWG No. V2.0 | |
| | | Rev. | Date of issue | Sheet |

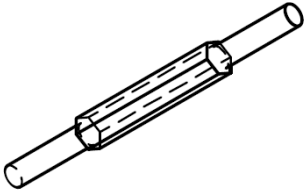


1x as drawing
1x Mirrored

| 1 | 1 | Sideplate | 210x135x6 | Stainless Steel AISI 304 |
|--------------------------|---------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|
| Item | Qty | Part Number | Description | Material |
| Parts List | | | | |
| Dept. Shredder | Technical reference Website | Created by Precious Plastic | Approved by Dave Hakkens | |
| | | Document type Sizes in MM | Document status | |
| | | Title Shredding Sideplate Lasercutted | DWG No. V2.0 | |
| | | | Rev. | Date of issue |
| | | | | Sheet |





| | | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Dept. Shredding | Technical reference website | Created by Precious Plastic | Approved by Dave Hakkens | |
|  | | Document type sizes in MM | Document status scale 1:2 | |
| | | Title Shredding Axe | DWG No. V2.0 | |
| | | Rev. A4 | Date of issue 10-03-2016 | Sheet 3//11 |