

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA

RICARDO SCHWAB CASIMIRO CARVALHO

**ANÁLISE DE CUSTOS DA FABRICAÇÃO DE UM TRITURADOR DE
PLÁSTICO NA UTFPR-PG EM COMPARAÇÃO COM SERVIÇOS
TERCEIRIZADOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2019

RICARDO SCHWAB CASIMIRO CARVALHO

**ANÁLISE DE CUSTOS DA FABRICAÇÃO DE UM TRITURADOR DE
PLÁSTICO NA UTFPR-PG EM COMPARAÇÃO COM SERVIÇOS
TERCEIRIZADOS**

Trabalho de Conclusão de apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho

PONTA GROSSA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DE CUSTOS DA FABRICAÇÃO DE UM TRITURADOR DE PLÁSTICO NA UTFPR-PG EM COMPARAÇÃO COM SERVIÇOS TERCEIRIZADOS

por

RICARDO SCHWAB CASIMIRO CARVALHO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 3 de julho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho
Orientador

Prof. Dr. Mario José Van Thienen da Silva
Membro Titular

Prof. Dr. Davi Fusão
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho
Coordenador do Curso

RESUMO

CARVALHO, Ricardo S. C. **Análise de Custos da Fabricação de um Triturador de Plástico na UTFPR-PG em Comparação com Serviços Terceirizados**. 2019. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Dentro do conceito de redução de desperdício de plásticos, buscando se ter um ciclo interno de reciclagem na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa, é projetado um triturador de plástico utilizando apenas recursos disponíveis na Universidade. Por se tratar de recursos públicos o real custo normalmente não se é exposto, logo é feita uma estimativa de custo da fabricação do triturador tendo-se em base a matéria-prima, a utilização das máquinas e desgaste de ferramentas. Compara-se os custos, vantagens e desvantagens entre se fabricar o triturador com processos convencionais disponíveis na UTFPR-PG e entre terceirizar a fabricação de um projeto de triturador similar utilizando corte a laser e a plasma, processos de fabricação normalmente utilizados na fabricação de um triturador de pequeno porte.

Palavras-chave: Triturador de Plásticos. Reciclagem. Fabricação. Custos.

ABSTRACT

CARVALHO, Ricardo S. C. **Cost Analysis of a Plastic's Shredder Manufacturing on UTFPR-PG and Comparing with third-party companies' services.** 2019. 90p. Work of Conclusion Course (Graduation in Mechanical Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2019.

Inside the concept of reducing the plastic's waste, aiming to an internal recycling system of plastic inside the Federal Technology University of Paraná campus Ponta Grossa, it is designed a plastic's shredder using only the resources available on the University. As it is used public resources to do so, the real costs are seldom shown to the user, that's why it is made a cost analysis of the manufacturing having in count the costs of raw materials, machine use and tool's wear. It is compared the costs, benefits and disadvantages between manufacturing the shredder with the processes available on UTFPR-PG and outsource a similar shredder's project using laser's and plasma's cut, considered as ideal manufacturing processes of small size shredders.

Keywords: Plastic's Shredder. Recycling. Manufacturing. Costs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Triturador Patente US1980193A	14
Figura 2 – Triturador de Garrafas de Plástico Caseiro, Patente US7546965B1	15
Figura 3 – Triturador de Plástico Automático, Patente US5102057A	15
Figura 4 – Triturador com lâminas em configuração “V”	16
Figura 5 – Triturador de pequeno porte com oito lâminas móveis	16
Figura 6 – Diferença entre os métodos discordante e concordante na fresagem	19
Figura 7 – Cabeçalho da Tabela de Parâmetros da Eletroerosão	21
Figura 8 – Foto da extrusora em desenvolvimento da UTFPR-PG	22
Figura 9 – Triturador pela <i>Precious Plastic</i>	23
Figura 10 – Triturador com peças ocultadas para melhor visualização	24
Figura 11 – Imagem do Triturador de Plástico com Laterais em Transparência	26
Figura 12 – Detalhamento da Faca móvel de 0°	27
Figura 13 – Módulo feito no torneamento para a fabricação de seis facas móveis	28
Figura 14 – Diferença das facas móveis	28
Figura 15 – Faca Fixa Grande	29
Figura 16 – Faca Fixa Pequena	30
Figura 17 – Eixo Sextavado	30
Figura 18 – Caixa do triturador	31
Figura 19 – Serra Mecânica	32
Figura 20 – Torno Mecânico Nardini	33
Figura 21 – Castelo de fixação da ferramenta no torno	33
Figura 22 – Rotações disponíveis no torno Nardini	34
Figura 23 – Fresadora Diplomat	35
Figura 24 – Painel de rotação da Fresadora	35
Figura 25 – Eletroerosora Engemaq	36
Figura 26 – Fixação da eletroerosora	36
Figura 27 – Máquina Guilhotina presente no Laboratório	37
Figura 28 – Pastilha da Ferramenta T01	38
Figura 29 – Suporte da Ferramenta T01	38
Figura 30 – Pastilha da Ferramenta T02	39
Figura 31 – Corpo da Ferramenta T02	39
Figura 32 – Adaptador para o torno da ferramenta T02	40
Figura 33 – Broca de centro	40
Figura 34 – Fresa de metal duro diâmetro 25 mm	41
Figura 35 – Pastilha utilizada na fresa	41
Figura 36 – Fresa de Aço Rápido de Ø25 mm	42
Figura 37 – Eletrodo Hexagonal em Cobre Eletrolítico	43
Figura 38 – Etapas de Fabricação do Eletrodo no Torno	43
Figura 39 – Eletrodo preso na morsa para a Fresagem	44
Figura 40 – Etapas de Fabricação do Eletrodo na Fresadora	45

Figura 41 – Tarugo preso na placa do torno	46
Figura 42 – Etapas de Fabricação das Facas Móveis no Torno	47
Figura 43 – Fixação do módulo de facas fixas na morsa da eletroerosão	50
Figura 44 – Controle de Giro da Morsa na Fresadora	50
Figura 45 – Fixação do Módulo na Morsa da Fresadora	51
Figura 46 – Etapas de Fabricação do Módulo de Facas Móveis na Fresadora.....	52
Figura 47 – Esquema de fixação do Módulo invertido na Morsa da Fresadora	53
Figura 48 – Etapas de Fabricação do Módulo Invertido na Fresadora.....	53
Figura 49 – Fixação do Módulo na Placa do Torno.....	55
Figura 50 – Separação das facas no Torno dos módulos A, B e C.....	55
Figura 51 – Tira de chapa com 10 Facas Fixas Grandes.....	56
Figura 52 – Corte de 45° realizado para as Chapas Fixas.....	57
Figura 53 – Tira de chapa com 18 Facas Fixas Pequenas	57
Figura 54 – Corte realizado para separar as duas Facas Fixas Pequenas	58
Figura 55 – Comparação entra as Facas Fixas obtidas pela Guilhotina e a Geometria Final	58
Figura 56 – Nome de cada face para referência das operações	59
Figura 57 – Primeira Fixação das 17 Facas Fixas Grandes na Fresadora	59
Figura 58 – Facas Fixas Grandes após primeira etapa de Fresagem.....	60
Figura 59 – Fixação da Faca Fixa Grande para a furação guia	61
Figura 60 – Furação do Primeiro e Segundo furo das Facas Fixas Grandes.....	61
Figura 61 – Fixação da Faca Fixa Pequena na mesa da Fresa para a furação	62
Figura 62 – Fixação e Ajuste de geometria de nove Facas Fixas Pequenas.....	63
Figura 63 - Fixação e Corte das Pontas de nove Facas Fixas Pequenas	64
Figura 64 – Fixação e Ajuste da angulação da Face de 74° de nove Facas Fixas Pequenas	64
Figura 65 – Fixação e Ajuste da Face de 45° das Facas Fixas	65
Figura 66 – Corte das chapas da Caixa na Guilhotina.....	66
Figura 67 – Fixação e Furação da Lateral da Caixa.....	67
Figura 68 – Matéria-prima do Eixo Sextavado	67
Figura 69 – Fixação e Operação de torneamento da ponta menor do eixo	68
Figura 70 – Fixação e Operação de torneamento da ponta maior do eixo.....	69
Figura 71 – Vista Explodida do Triturador	70
Figura 72 – Peças e Quantidades necessárias de cada no corte	76

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CNC	Comando Numérico Computadorizado
EDM	<i>Electrical discharge machining</i> (Usinagem por Eletroerosão)
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i> (Modelagem por Fusão e Deposição)
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 POLÍMEROS.....	11
2.1.1 Polímeros Termoplásticos	11
2.1.2 Reciclagem de Termoplásticos.....	11
2.1.3 Reciclagem Mecânica.....	12
2.2 TRITURADORES.....	13
2.3 IMPRESSÃO 3D	17
2.4 PARÂMETROS DE USINAGEM.....	18
2.4.1 Torneamento.....	18
2.4.2 Fresamento.....	19
2.4.3 Eletroerosão.....	20
3 PROJETO CONCEITUAL	22
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROJETO NA UTFPR-PG	22
3.2 IDEIA INICIAL DO TRITURADOR	23
3.3 PROJETO BASE DE TRITURADOR	23
3.4 ADAPTAÇÃO DO PROJETO ÀS CONDIÇÕES DA UTFPR	24
3.5 PROJETO PRELIMINAR	25
4 PROJETO DETALHADO	26
4.1 COMPONENTES DO TRITURADOR	26
4.1.1 Facas Móveis.....	26
4.1.2 Facas Fixas.....	29
4.1.3 Eixo.....	30
4.1.4 Caixa.....	31
5 DETALHAMENTO DA FABRICAÇÃO.....	32
5.1 MÁQUINAS.....	32
5.1.1 Serra Mecânica.....	32
5.1.2 Torno	33
5.1.3 Fresadora	34
5.1.4 Máquina de Eletroerosão	36
5.1.5 Guilhotina.....	37
5.2 FERRAMENTAS.....	37
5.2.1 Ferramentas Utilizadas no Torno.....	37
5.2.1.1 Ferramenta T01	38
5.2.1.2 Ferramenta T02	38
5.2.1.3 Brocas.....	40
5.2.2 Ferramentas Utilizadas na Fresadora.....	41
5.2.2.1 Ferramenta F01	41
5.2.2.2 Ferramenta F02	42
5.2.3 Eletrodo da Eletroerosão	42

5.3 FABRICAÇÃO DAS FACAS MÓVEIS.....	45
5.3.1 Matéria-prima.....	46
5.3.2 Etapas de Torneamento	46
5.3.3 Etapas de Eletroerosão	48
5.3.4 Etapas de Fresamento.....	50
5.3.5 Separação das facas no torno	55
5.4 FABRICAÇÃO DAS FACAS FIXAS	56
5.4.1 Matéria-prima.....	56
5.4.2 Etapas na Guilhotina.....	56
5.4.3 Fresamento.....	59
5.5 FABRICAÇÃO DA CAIXA	66
5.5.1 Matéria-Prima	66
5.5.2 Etapas na Guilhotina.....	66
5.5.3 Etapas de Fresamento.....	66
5.6 FABRICAÇÃO DO EIXO	67
5.6.1 Matéria-Prima	67
5.6.2 Torneamento.....	68
5.7 MONTAGEM.....	69
5.8 ANÁLISE DE CUSTOS DA FABRICAÇÃO	70
5.8.1 Custo de Matéria-prima	70
5.8.2 Custo de Hora Máquina	71
5.8.3 Custo de Ferramenta	73
5.8.4 Custo Total por Peça	74
6 PROJETO TERCEIRIZADO	76
7 COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES PROJETOS	78
8 CONCLUSÃO.....	80
9 TRABALHOS FUTUROS	81
REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICE A - Planos Técnicos do Triturador	84

1 INTRODUÇÃO

Atualmente tem-se uma preocupação ambiental e econômica em reduzir os descartes plásticos, seja por reciclagem, seja por diminuir as perdas de material na fabricação, por exemplo, com sistemas de fabricação aditiva. Na UTFPR campus Ponta Grossa há um crescente envolvimento com impressão 3D, havendo nas dependências diversas impressoras. Estas impressoras utilizam filamentos plásticos, e busca-se criar um sistema de reciclagem de plásticos que seja independente de meios externos.

Está em desenvolvimento por alunos da Universidade de Ponta Grossa uma extrusora de pequeno porte para gerar os filamentos, porém a trituração do material plástico ainda é feita manualmente. Vê-se aí a oportunidade de construir um triturador mecânico de pequeno porte, fechando assim um ciclo de reciclagem dentro do campus. É requisitado projetar o triturador utilizando os recursos disponíveis na UTFPR-PG. Como os recursos são públicos, muitas vezes não são expostos os reais custos dos procedimentos adotados. Por isso faz-se uma estimativa de quanto custaria fabricar o triturador, se baseando em custos de matéria-prima, custo pela utilização das máquinas e custo pelo desgaste das ferramentas. É possível ainda comparar quanto custaria um projeto similar terceirizando a fabricação por processos de corte a laser e a plasma de empresas externas, fazendo um paralelo à possibilidade que as indústrias têm hoje em dia de horizontalizar a produção.

Busca-se enfim descobrir o real custo da fabricação de um triturador utilizando recursos da Universidade e verificar se é mais vantajoso a fabricação interna ou externa do produto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 POLÍMEROS

Segundo Canevarolo, 2002, a palavra polímero origina-se do grego, onde *poli* significa muitos e *mero* é uma unidade de repetição. O primeiro contato da humanidade com polímeros é dado na antiguidade com materiais resinosos e graxas, porém só vem a ser feito sinteticamente em 1912 por Leo Baekeland produzindo a baquelite, obtida pela reação entre fenol e formaldeído. O avanço e descobertas deixaram de ser apenas por acidente quando em 1920 o cientista alemão Staundinger propôs a teoria da macromolécula.

As fontes de materiais a serem processados em polímeros podem ser divididas em três categorias: produtos naturais como a celulose ou a borracha natural; hulha ou carvão mineral que quando submetida a uma destilação seca pode produzir gases do qual é possível extrair substâncias; e a maior fonte atualmente que é o petróleo (CANEVAROLO, 2002). Os polímeros também podem ser divididos em duas grandes famílias, termoplásticos e termofixos. A diferença é que polímeros termoplásticos diminuem sua rigidez quando aquecidos, enquanto termofixos tendem a aumentar a rigidez e não alteram mais seu estado físico após a cura. As propriedades do polímero podem variar de acordo com o processo de polimerização e aditivos utilizados (SHACKELFORD, 2008).

2.1.1 Polímeros Termoplásticos

Polímeros termoplásticos, também chamados comumente apenas de plásticos, têm a capacidade de amolecer e fluir quando submetidos a um aumento de temperatura e pressão, transformação física que é reversível e replicável (CANEVAROLO, 2002).

2.1.2 Reciclagem de Termoplásticos

Segundo Mano, 2005, na década de 70 o aumento do volume de resíduos foi notado pela sociedade moderna, problematizando assim o descarte aleatório de

objetos plásticos. Surgiram expressões como *commodities*, que são as matérias-primas mais populares e de baixo preço, e *specialties*, que são as matérias-primas com maior desempenho e preço elevado. O ideal ambientalmente seria a desintegração dos produtos descartados em partículas, incorporáveis ao solo, por isso a estratégia de produzir bens com polímeros biodegradáveis é uma alta hoje em dia. Entretanto o ramo de produtos que podem ser feitos com polímeros biodegradáveis não é tão amplo comparado com as vantagens dos outros materiais, por isso a solução ambiental se volta para a reciclagem.

A reciclagem reduz o volume de produtos descartados em vazadouros e aterros sanitários além de preservar os recursos naturais, por isso é amplamente aceito pela população. A reciclagem pode ser primária, onde é realizada ainda das sobras de materiais na indústria, secundária, onde é realizada após o consumo do produto e por isso pode ter contaminantes tais como terra, resíduos orgânicos, entre outros, terciária, que é a transformação dos refugos plásticos em produtos químicos úteis a partir de reações químicas, e quaternária, que consiste na combustão dos produtos junto com outros materiais visando recuperação energética e tornando possível misturar com o solo sem maiores danos ambientais. Quando se baseia a classificação nos processos, a reciclagem é classificada em três grupos: reciclagem mecânica, reciclagem química e reciclagem energética. (MANO, 2005)

Como o intuito do trabalho é o projeto de um triturador de plástico, é estudado mais a fundo o tipo de reciclagem mecânica.

2.1.3 Reciclagem Mecânica

Segundo Mano, 2005, A reciclagem mecânica é a mais difundida mundialmente, em que consiste na preparação dos produtos plásticos em alguma forma ou estado que possibilite a transformação em novos produtos, por meio de algum processo de fabricação como extrusão, injeção, sopro etc. As principais etapas na reciclagem mecânica são a triagem, a prensagem, a moagem, a lavagem, a secagem, a aglutinação, o reprocessamento e a transformação.

A triagem é uma das etapas mais importantes quando a origem do material a ser reciclado provem do lixo urbano. É nesta etapa que é necessário o discernimento para separar os materiais em comum e retirar materiais que podem prejudicar o

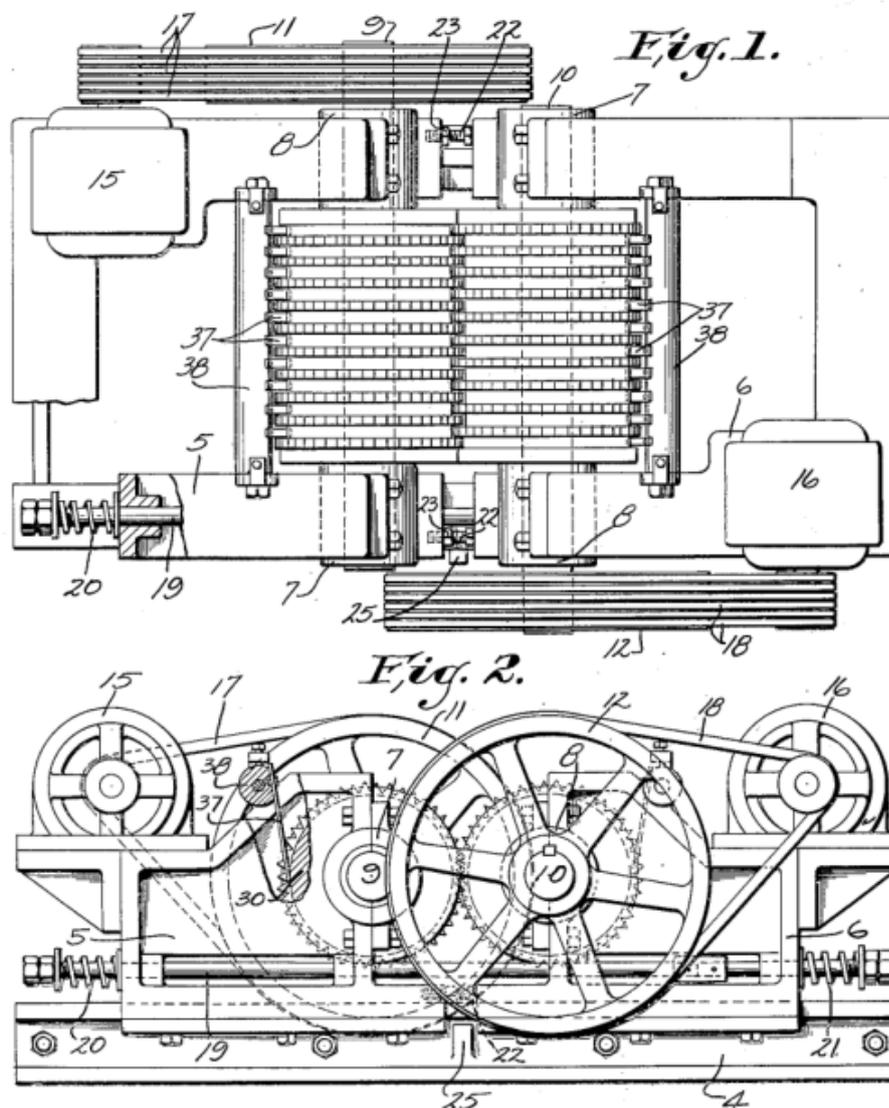
resultado ao final. A prensagem é utilizada para viabilizar o transporte em grandes quantidades. Na etapa de moagem os resíduos plásticos são reduzidos a tamanhos desejados a partir de um triturador. Logo após o material passa pela lavagem com água, também podendo conter outras soluções, onde pode possibilitar a separação do material por densidade. O resíduo é secado e passa pela etapa de aglutinação que tem como função a retirada do restante de umidade e pode-se adicionar aditivos como cargas, pigmentos e lubrificantes. O material então passa pelo reprocessamento, durante o qual são homogeneizados em uma extrusora e podem, ou não, serem transformados em *pellets*. Assim, é obtida uma matéria-prima reciclada que pode passar pelo processo de transformação a um produto reciclado. (MANO, 2005)

2.2 TRITURADORES

Trituradores ou pelo termo em inglês, *shredders*, tem a função de reduzir um material inteiro em partículas menores. Seus formatos e configurações podem variar de acordo com a aplicação, porém partem do princípio de aplicar tensões cisalhantes no material a ser triturado através de elementos rotativos cortantes. A diferença mais básica e comum é o número de eixos utilizados, onde aumenta proporcionalmente à capacidade de puxar o material a ser triturado. A segunda diferença mais básica é o *design* das facas, que devem ser adaptadas de acordo com o esforço aplicado a elas, por exemplo, trituradores com esforços pesados devem conter facas mais espessas. As facas também podem variar pelo número de dentes, quanto mais dentes em cada faca, aumenta assim o desempenho do triturador, mas em contrapartida aumenta a chance de o material escapar dos eixos. (EKMAN, 2018)

Um dos primeiros registros de trituradores é a patente de um triturador voltado à indústria madeireira feita em 1932 por E. J. Finegam.

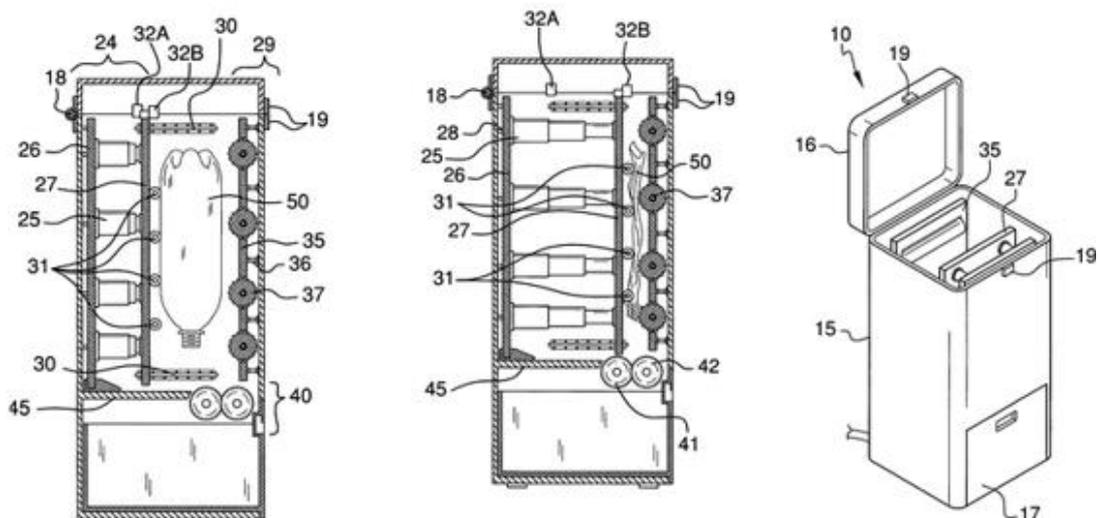
Figura 1 – Triturador Patente US1980193A



Fonte: E. J. Finegam (1934)

É interessante citar outras formas de triturar plástico doméstico como o triturador doméstico de garrafas de plástico com patente US7546965B1 registrada em 2007 por John W. Parker, que consiste no trabalho de uma prensa em conjunto com as lâminas rotativas.

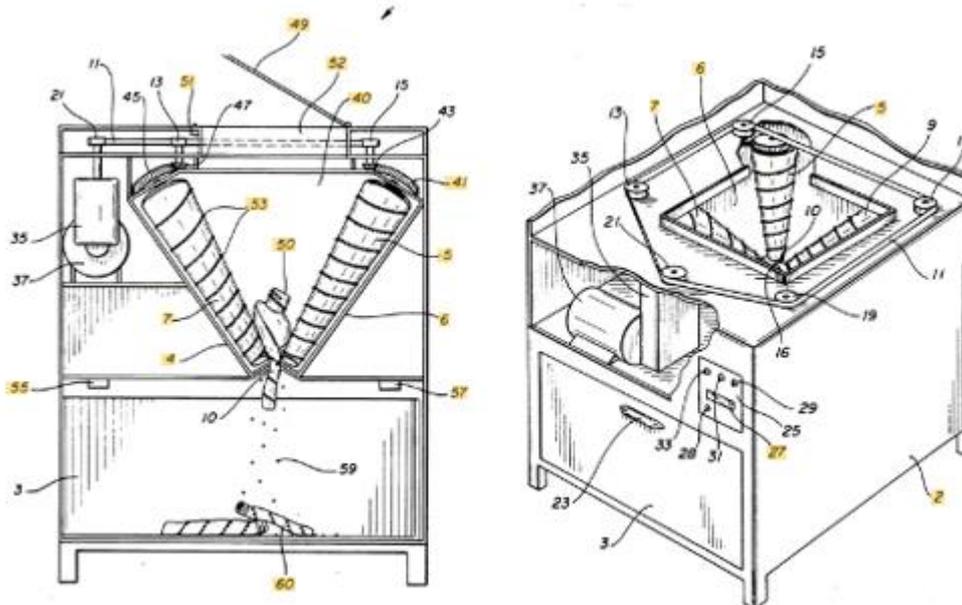
Figura 2 – Triturador de Garrafas de Plástico Caseiro, Patente US7546965B1



Fonte: PARKIN, John W. (2007)

Ou ainda utilizando quatro rolos com lâminas acopladas em forma de um funil para a trituração de plástico como na patente US5102057A por William H. Ellis III.

Figura 3 – Triturador de Plástico Automático, Patente US5102057A



Fonte: ELLIS, William H. (1991)

Ekman construiu um triturador baseado no projeto online fornecido pela *Precious Plastic* e configurou as lâminas em V, como na Figura 4.

Figura 4 – Triturador com lâminas em configuração “V”



Fonte: EKMAN, Rasmus (2018)

Andrade projetou e construiu um triturador de pequeno porte com oito lâminas móveis de oito milímetros de espessura, as quais variam em 60° entre uma e outra em sua montagem.

Figura 5 – Triturador de pequeno porte com oito lâminas móveis



Fonte: ANDRADE, Rômulo A. (2018)

2.3 IMPRESSÃO 3D

Segundo Cunico, 2014, as impressoras 3D tiveram início na década de 80, época onde foram registradas diversas patentes. Em 1984 foi registrada a patente de Estereolitografia utilizando polímeros fotocuráveis que implicou na fundação da empresa 3D System, uma das líderes mundiais no ramo atualmente. Em 1989, por Crump, foi patenteada a modelagem por fusão e deposição (FDM), uma das tecnologias mais difundidas hoje em dia na impressão 3D. Além dessas, outras técnicas foram desenvolvidas para a manufatura aditiva, como a sinterização seletiva por laser, a modelagem de objetos laminados, entre outras.

Evans, 2012, diz que a fabricação de protótipos por tecnologia de fabricação aditiva é uma tendência em crescimento atualmente. Esta tecnologia também incentiva a cultura de “*do it yourself*” (faça você mesmo) já que as máquinas de impressão 3D estão ficando cada vez mais acessíveis à população comum.

No processo de FDM é utilizado um filamento de material termoplástico que é puxado por um rolo de alimentação para uma câmara de liquefação que eleva a temperatura além da temperatura de amolecimento do plástico. A partir de um sistema de eixos CNC, é movimentada a mesa enquanto o material é depositado formando a geometria da peça em camadas horizontais (CUNICO, 2014).

Os materiais mais comuns atualmente a serem utilizados nos processos de FDM são polímeros como acrilonitrila butadieno estireno (ABS), poliácido láctico (PLA) que é biodegradável e PETG, que é a combinação do polímero PET com Glicol (3D Fila, 2019).

PETG se comparado ao PLA possui maior resistência à impacto, é mais durável, aguenta maiores temperaturas e é mais barato. Porém na impressão 3D necessita uma mesa aquecida a pelo menos 70°C e é mais propenso a arranhões que o PLA. Ambos têm o mesmo grau de dificuldade para imprimir.

O PETG e o ABS são materiais recicláveis, porém, não são biodegradáveis como o PLA. O ABS é solúvel em acetona e outros solventes enquanto o PETG é inerte a maioria dos solventes e produtos químicos, ainda tendo a vantagem de ser seguro para alimentos. Ao se imprimir utilizando ABS necessita-se um aquecimento da mesa de pelo menos 100°C. O PETG tem maior resistência a flexão e maior tenacidade em comparação ao ABS (3D Fila, 2019).

2.4 PARÂMETROS DE USINAGEM

No desenvolvimento do triturador para o laboratório da UTFPR serão utilizados alguns processos de fabricação de usinagem, por isso é importante conhecer quais parâmetros devem ser definidos, como eles se relacionam e qual a implicação destes no resultado da peça.

Segundo Souza a seleção dos parâmetros depende de fatores que devem ser previstos com antecedência, como quais materiais a utilizar para a peça e a ferramenta, quanto de material será retirado, limitações geométricas tanto da peça quanto da ferramenta, acabamento superficial desejado etc.

2.4.1 Torneamento

No torneamento os parâmetros mais importantes a serem determinados são a velocidade de corte, a taxa de avance e a profundidade de corte. (STEPHENSON, 2006)

A velocidade de corte V_c , normalmente em metros por minuto (m/min), pode ser definida pela rotação por minuto N multiplicada pelo comprimento de circunferência da operação em milímetros, dado pela multiplicação do diâmetro por π como na Equação 1.

$$V_c = \frac{\pi \cdot N \cdot D}{1000} \quad (1)$$

O tempo de uma etapa de torneamento pode ser estimada pela Equação 2.

$$t = \frac{L \cdot 60}{N \cdot fn} \quad (2)$$

Onde avanço da ferramenta por rotação da peça fn está em milímetros por rotação. O comprimento usinado L que pode ser em comprimento ou no raio em milímetros e N é a rotação em rpm (SOUZA, 2011).

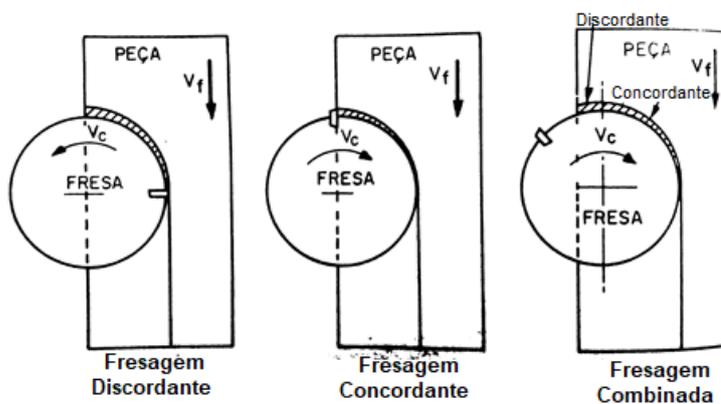
Os parâmetros de usinagem devem estar de acordo com os limites da máquina, em termos práticos, não deve exceder a potência da máquina no avanço da

ferramenta nem na pressão de agarre da peça. A potência de corte está em função da profundidade de corte a_p , que é a espessura de material retirado da superfície da peça em milímetros, assim como relacionado com a velocidade de corte, avanço e resistência do material.

2.4.2 Fresamento

No processo de fresamento há dois métodos a serem considerados, concordante e discordante, e isso influencia na penetração de trabalho dos gumes no material. O fresamento concordante ocorre quando a velocidade periférica da ferramenta e a velocidade de mesa estão em mesmo sentido, já a discordante ocorre quando estão em sentidos opostos. De forma geral, a fresagem concordante aumenta a vida útil da ferramenta e gera menor força e potência para o avanço (STEMMER, 1995).

Figura 6 – Diferença entres os métodos discordante e concordante na fresagem



Fonte: Stemmer (1995)

Segundo Souza, 2011, nos processos de fresamento devem ser definidos alguns parâmetros de máquina para a usinagem, são eles: a velocidade de avanço da mesa V_f definida em mm/min; a frequência de rotação da fresa N em rotações por minuto (rpm); a profundidade de corte a_p em milímetros; a penetração de trabalho a_e que é quanto do diâmetro da fresa irá usinar a peça por passada; e se será em sentido concordante ou discordante. Normalmente define-se uma velocidade de corte V_c em milímetros por minuto adequada ao processo de usinagem de acordo com o

acabamento desejado e o conjunto de materiais da peça e ferramenta e, a partir disto, define-se a rotação da fresa em rpm pela Equação 3.

$$N = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (3)$$

Onde D é o diâmetro da fresa em milímetros. Para se obter melhores acabamentos é necessária uma maior velocidade de corte e menores profundidades de corte. O avanço por dente em milímetros por dente é calculado relacionando a velocidade de avanço, rotação e número de dentes na fresa, z , pela Equação 4.

$$f_z = \frac{V_f}{N \cdot z} \quad (4)$$

Logo, definindo um avanço por dente condizente com o esperado, encontra-se a velocidade de avanço ideal da mesa.

O tempo de corte em segundos pode ser estimado pela Equação 5 onde L é o comprimento total percorrido pela mesa em milímetros, sendo o comprimento da peça mais o diâmetro da fresa.

$$t_c = \frac{60 \cdot L}{V_f} \quad (5)$$

2.4.3 Eletroerosão

Segundo Guitral, 1997, o processo de eletroerosão, também conhecido por EDM (*Electrical Discharge Machining*), consiste em gerar descargas elétricas entre o eletrodo e a peça através de um fluido dielétrico causando aumento rápido da temperatura localizada. Assim o material é derretido e vaporizado quase que instantaneamente configurando um processo de usinagem não convencional. Como o eletrodo nunca toca fisicamente a peça, esse processo não implica pressões de corte ou tensão mecânica a serem consideradas na peça final. É dito que a qualidade do processo de eletroerosão está diretamente ligado ao *flushing*, que é o ato de afastar

o eletrodo e deixar que o fluido passe entre a peça e o eletrodo retirando os cavacos e esfriando ambos.

Segundo o manual da máquina de eletroerosão do laboratório são apresentadas variáveis de acordo com parâmetros definidos na máquina. Essas tabelas variam de acordo com a combinação de material eletrodo/peça e polaridade do eletrodo. No caso para a fabricação das facas fixas será utilizado um eletrodo de cobre em uma peça de aço.

Santos, 2010 citando Engemac 2002 diz que o dielétrico indicado pelo fabricante para a máquina Engenmaq é o hidrocarboneto Electron, fabricado pela Archem Química Ltda.

Figura 7 – Cabeçalho da Tabela de Parâmetros da Eletroerosão

ENGENMAQ	ELETRODO: Cobre		PEÇA: Aço		POLARIDADE ELETRODO: (+)		TENSÃO: 100 V									
	ELECTRODE: Cooper		WORKPIECE: Steel		ELECTRODE POLARITY: (+)		TENSION: 100 V									
RUSSIDADE	VAL. ESTABELEC.			REMOÇÃO MATERIAL V_w			SUBDIMENSIONAMENTO		LAVAGEM – FLUSHING		CONDIÇÕES DE TESTE					
ROUGHNESS	SETTING VALUES			STOCK REMOVAL V_w			UNDERSIZE		PRESSÃO	SUCÇÃO	TEST CONDITIONS					
	R_{max}	R_{max}	t_{on}	TS	t_{off}	V_w	V_w	V_w	2gs	2gs max	PRESSURE	SUCTION	V_{min}	Ir		
	μm	μin	μs	DT	%	mm ³ /min	in ³ /min	%	mm	in	Kg/Cm ²	Psi	Kg/Cm ²	Psi	Volt	AMP
																

Fonte: Engemac (2002)

Dos parâmetros apresentados na tabela, os que se define na máquina são o tempo com corrente ativa, t_{on} , e o tempo em que a ferramenta está afastada da peça e não há eletroerosão, t_{off} , este diretamente responsável pelo *flushing*. É atrelado um R_{max} , que é a rugosidade máxima ao final do processo. É apresentada também V_w que é a taxa volumétrica de remoção do material da peça em milímetros cúbicos por segundo (mm^3/s). Ao lado, V_γ é a porcentagem de desgaste do eletrodo em relação ao desgaste da peça. Há “2gs”, que é o dobro da distância mínima entre a peça e o eletrodo, ou duas vezes a distância de *gap*. Em seguida é apresentada as pressões para a lavagem dos cavacos que ficam entre a peça e o eletrodo. Para as condições de teste atribui-se uma voltagem mínima, que será o controle do tamanho do *gap*, e uma corrente elétrica em amperes.

3 PROJETO CONCEITUAL

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROJETO NA UTFPR-PG

Atualmente na UTFPR há um aumento dos estudos em relações aos processos de fabricação aditiva, particularmente, impressão 3D a partir da deposição de filamentos fundidos. Foram adquiridas e construídas impressoras 3D nas quais se utiliza filamentos poliméricos. Tendo em vista que esses filamentos são todos feitos de termoplásticos e podem feitos por reciclagem, vem-se a possibilidade de criar um sistema de reciclagem e produção desses filamentos dentro das instalações da Universidade. Está em desenvolvimento uma extrusora capaz de produzir filamentos contínuos a partir de pequenas partículas do material chamados *flakes*.

Figura 8 – Foto da extrusora em desenvolvimento da UTFPR-PG



Fonte: Autoria Própria (2019)

Portanto para ser viável a produção, é interessante, tanto academicamente quanto em termos de praticidade, a existência de um triturador dentro do laboratório, para que, a partir de materiais como garrafas PET, produtos da impressão 3D malsucedidos etc., se possa obter os próprios polímeros em formato *flake* adequados.

3.2 IDEIA INICIAL DO TRITURADOR

Os principais requisitos foram levantados em reuniões com o orientador deste trabalho. Define-se que o triturador não necessita ter alta produtividade, já que a demanda de *flakes* para a utilização na universidade não é tão grande, portanto, é possível o projeto de um triturador de pequeno porte. É imprescindível que o triturador proporcione total segurança ao operador, porque é aberta a possibilidade de um acadêmico fazer uso deste. Também deve ser simples e lógico de ser operado, sem necessidade de muita instrução. O projeto do triturador deve ser adaptado aos processos de fabricação e matérias-primas presentes nas dependências da UTFPR.

3.3 PROJETO BASE DE TRITURADOR

O projeto do triturador foi baseado em um projeto disponível pela *Precious Plastic*, uma comunidade global fundada em 2013 por Dave Hakkens, que busca solucionar a poluição causada por desperdícios de plásticos. No *design* consta uma coifa de alimentação que permite que o plástico chegue ao triturador, contendo um conjunto de lâminas fixas e outras lâminas móveis, em um eixo hexagonal rotacionado por um motor e caixa redutora. O plástico é triturado e cai por gravidade quando o tamanho do *flake* for menor que o definido pela peneira.

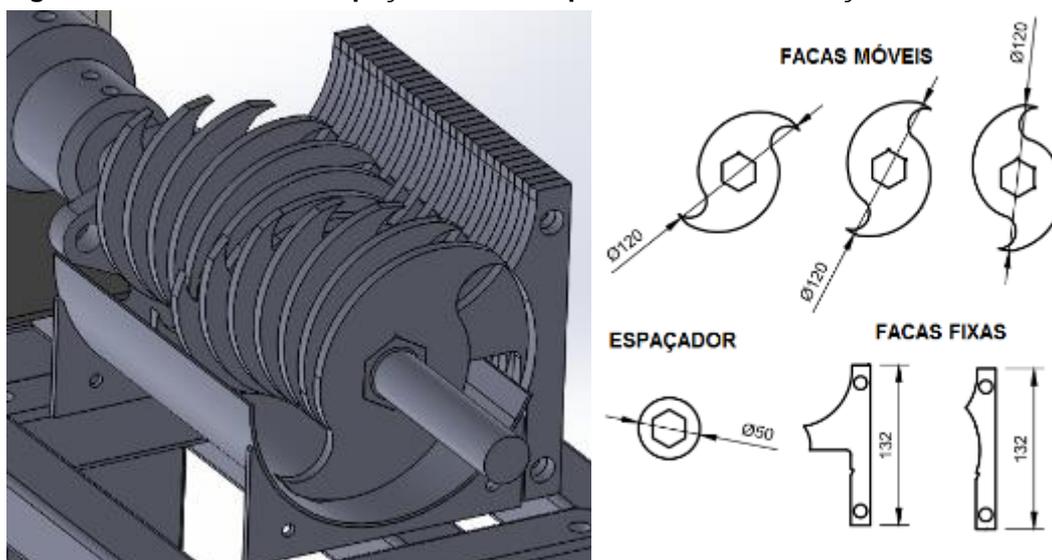
Figura 9 – Triturador pela *Precious Plastic*



Fonte: Precious Plastic (2019)

A principal parte do equipamento é o triturador com as facas móveis e facas fixas. O elemento é composto de chapas cortadas a laser ou plasma. São três modelos de facas móveis, apenas com uma diferença de 20° na rotação do corte hexagonal central, em um total de 18 facas. Entre cada faca móvel há também um espaçador. Há dois modelos de facas fixas, 18 delas que são pares para as facas móveis e 17 delas com os espaçadores.

Figura 10 – Triturador com peças ocultadas para melhor visualização



Fonte: Precious Plastic (2019)

3.4 ADAPTAÇÃO DO PROJETO ÀS CONDIÇÕES DA UTFPR

Tendo-se em vista que a maior parte das peças do triturador *Precious Plastic* são fabricadas por corte CNC a laser ou a plasma, é necessária a adaptação das peças aos processos de fabricação presentes na UTFPR-PG. Foi estabelecido que o triturador será todo de aço, devido à disponibilidade de materiais da Universidade. No momento estão disponíveis tarugos cilíndricos de aço SAE 1045 forjado nos diâmetros de 3", 4" e 6" e chapas de aço A36 de 3 mm, 4 mm e 5 mm. Esses materiais podem ser processados apenas por tornos, fresas, eletroerosão por penetração, retificadora plana, serra mecânica para os tarugos e guilhotina para as chapas.

3.5 PROJETO PRELIMINAR

É definido que como melhor opção para fabricar as facas móveis e os espaçadores está o tarugo de aço SAE 1045 de 4 polegadas de diâmetro. Para as facas fixas deve-se utilizar as chapas de aço A36 de 5 mm de espessura.

A fabricação das peças será mais bem detalhada ao decorrer do trabalho, mas em de forma geral é seguidos os seguintes passos:

É decidido fazer o furo hexagonal das facas através da eletroerosão por penetração, por isso cogita-se a possibilidade de aderir os espaçadores junto às facas móveis para economizar material e tempo. Como o desgaste do eletrodo está diretamente ligado à quantidade de material a se retirar, faz-se útil ter uma furação central antes da eletroerosão. É necessário também a fabricação do eletrodo em cobre eletrolítico.

Por essa justificativa, o tarugo de aço deve ser cortado na serra mecânica, seguido de um torneamento para fazer o furo central, e aproveita-se para acertar o diâmetro das facas e dos espaçadores. Como são seis peças para cada modelo de faca móvel, projeta-se a fabricação em três módulos de seis facas e seis espaçadores.

Após a eletroerosão utiliza-se o eletrodo e o furo hexagonal como guias no processo de fresamento, onde se faz a geometria das facas. Para separar as facas uma das outras utiliza-se mais uma vez o torno.

As facas fixas serão feitas cortando as chapas de 5 mm na guilhotina aproximadamente na geometria. Faz-se duas furações guias em cada chapa. Une-se as chapas pelos furos com uma barra redonda guia para facilitar a finalização da geometria das facas na fresa.

A caixa externa será cortada na guilhotina com a mesma chapa A36 de cinco milímetros de espessura.

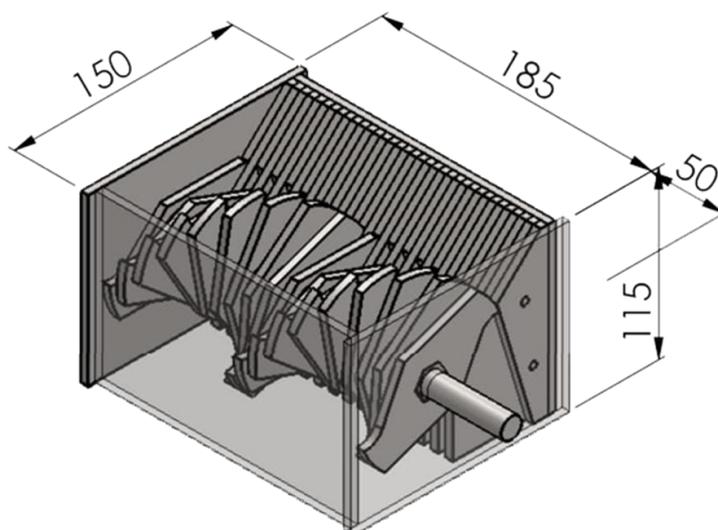
4 PROJETO DETALHADO

No projeto detalhado é descrito as principais peças do triturador.

4.1 COMPONENTES DO TRITURADOR

O triturador é composto de um Eixo, 18 Facas Móveis, 2 Laterais e 2 Frentes da Caixa, 18 Facas Fixas Pequenas, 17 Facas Fixas Grandes e 2 Barras Trefiladas de $\text{Ø}5 \times 175$ mm. Os componentes são de aço A36 ou SAE 1045 e totalizam uma massa de 11,7 kg.

Figura 11 – Imagem do Triturador de Plástico com Laterais em Transparência



Fonte: Aatoria Própria (2019)

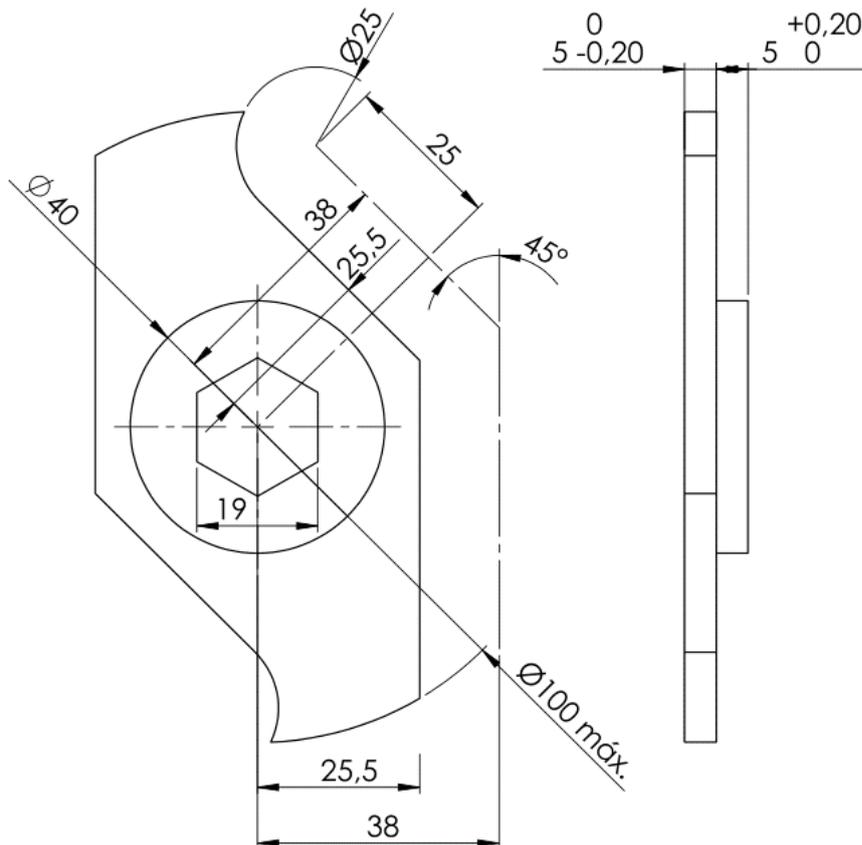
O sistema de rolamentos deverá ser feito externamente da caixa, utilizando dois mancais, um para cada ponta do eixo. Na ponta maior do eixo deverá ser acoplada a caixa redutora e o motor.

4.1.1 Facas Móveis

As facas móveis são as principais responsáveis por exercer a força de corte e para evitar que o material escape do triturador. Como adaptação do projeto será

fabricada cada faca móvel com seu respectivo espaçador, que dará espaço para a faca fixa. Na Figura 12 está detalhada a geometria final da faca tipo A, com ângulo do furo hexagonal em 0 grau.

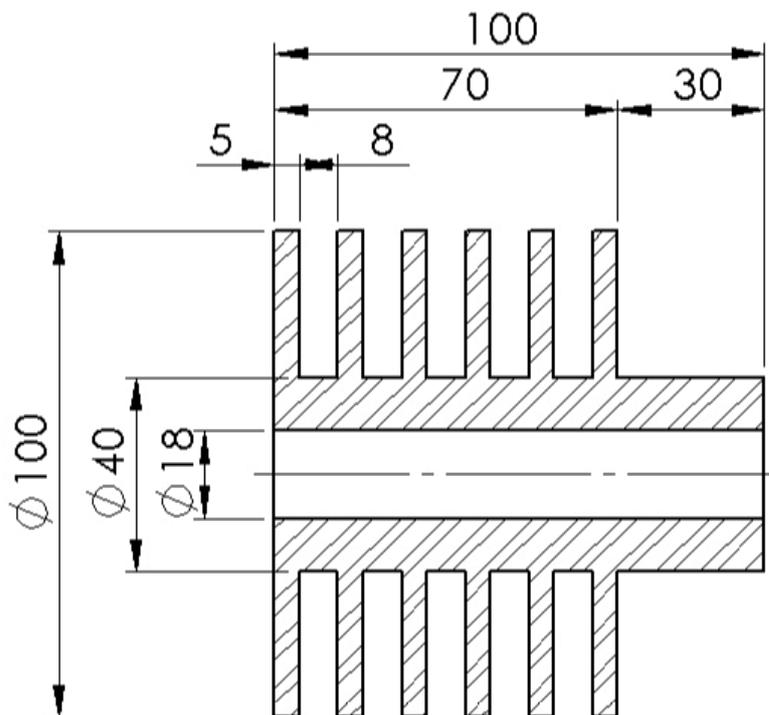
Figura 12 – Detalhamento da Faca móvel de 0°



Fonte: Aatoria Própria (2019)

As facas móveis serão fabricadas a partir de um tarugo de quatro polegadas de aço SAE 1045. Elas são fabricadas em três módulos contendo seis facas cada, já que são três modelos diferentes de facas. O perfil do módulo é demonstrado na Figura 13.

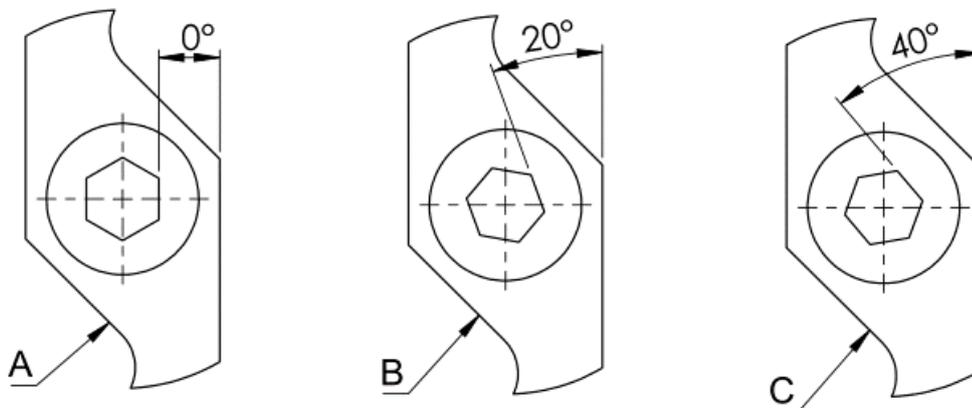
Figura 13 – Módulo feito no torneamento para a fabricação de seis facas móveis



Fonte: Autoria Própria (2019)

Após o processo de torneamento será feito um fresamento para usinar a geometria das facas, seguido de um processo de corte novamente no torno para separar cada faca do módulo. A diferenciação de cada faca será feita no processo de fresamento tendo um incremento na angulação da morsa de 20° e 40° respectivamente, diferenciando assim em facas tipo A, B e C conforme a Figura 14.

Figura 14 – Diferença das facas móveis



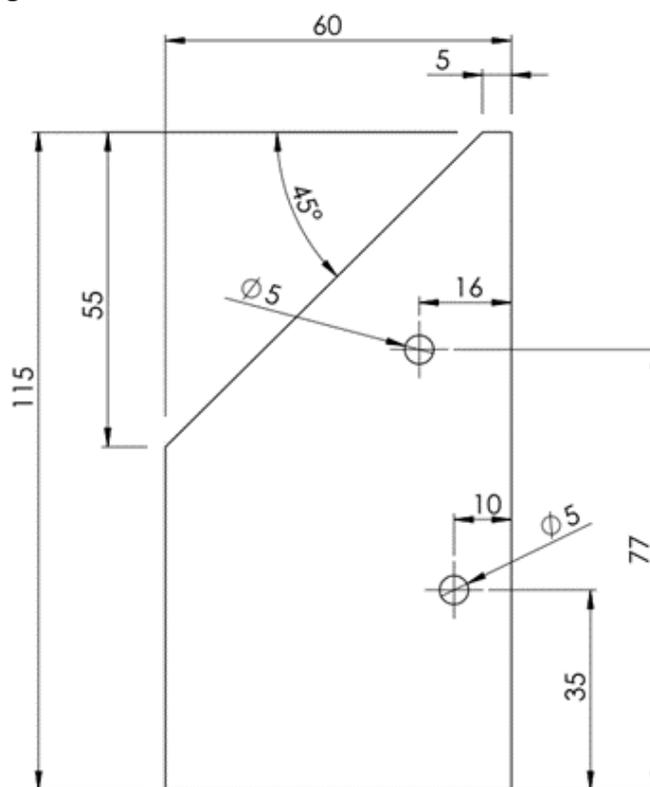
Fonte: Autoria Própria (2019)

4.1.2 Facas Fixas

As facas fixas serão feitas de chapa de aço A36 com 5mm de espessura, cortadas previamente na guilhotina, feita a furação de furos guias e depois terminadas na fresa. São no total dois modelos que se alternam na montagem do triturador, a Faca Fixa Grande, e a Faca Fixa Pequena.

As facas fixas servem para gerar, junto com as facas móveis, tensões de cisalhamento no material a ser triturado. A inclinação superior serve para que o material por meio da aceleração da gravidade possa chegar ao ponto de encontro das facas e ajuda ao material não escapar. A Faca Fixa Grande funciona em conjunto com o espaçador presente na faca móvel e impede que o material passe pelo triturador sem ser triturado.

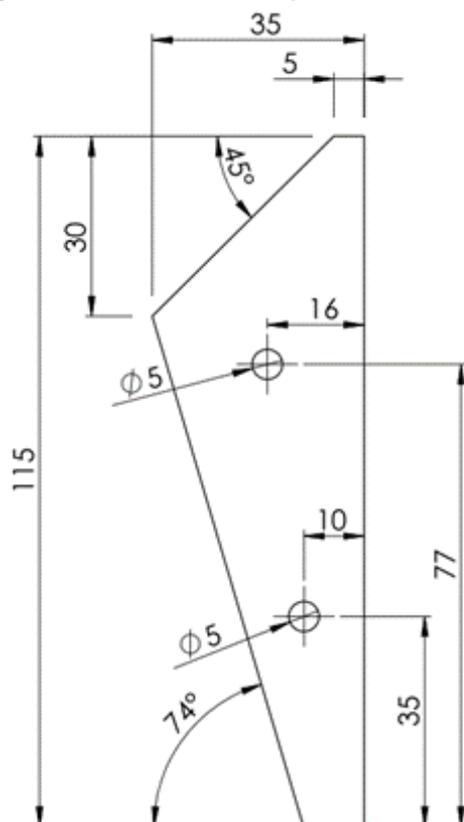
Figura 15 – Faca Fixa Grande



Fonte: Autoria Própria (2019)

A Faca Fixa Pequena é muito parecida com a faca maior, porém possui uma inclinação de 74° para que não haja contato com as facas móveis.

Figura 16 – Faca Fixa Pequena

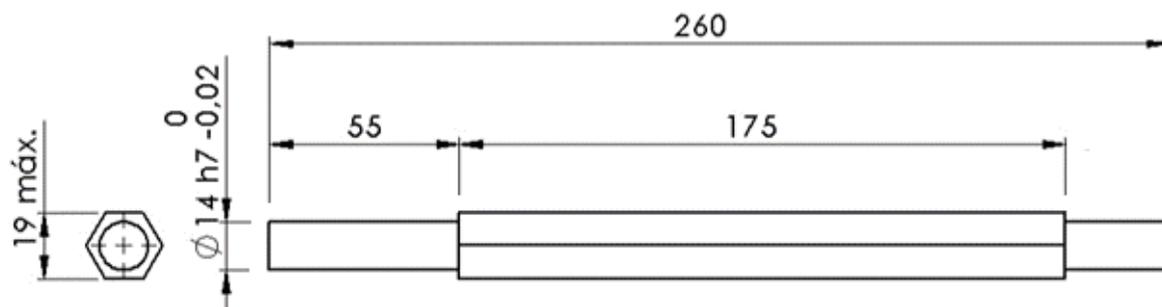


Fonte: Autoria Própria (2019)

4.1.3 Eixo

O eixo é de aço SAE 1045, terá uma parte sextavada que servirá para movimentar as facas móveis sem deslizamentos, também terá duas partes cilíndricas onde servirão de apoio junto com o sistema de rolamento.

Figura 17 – Eixo Sextavado

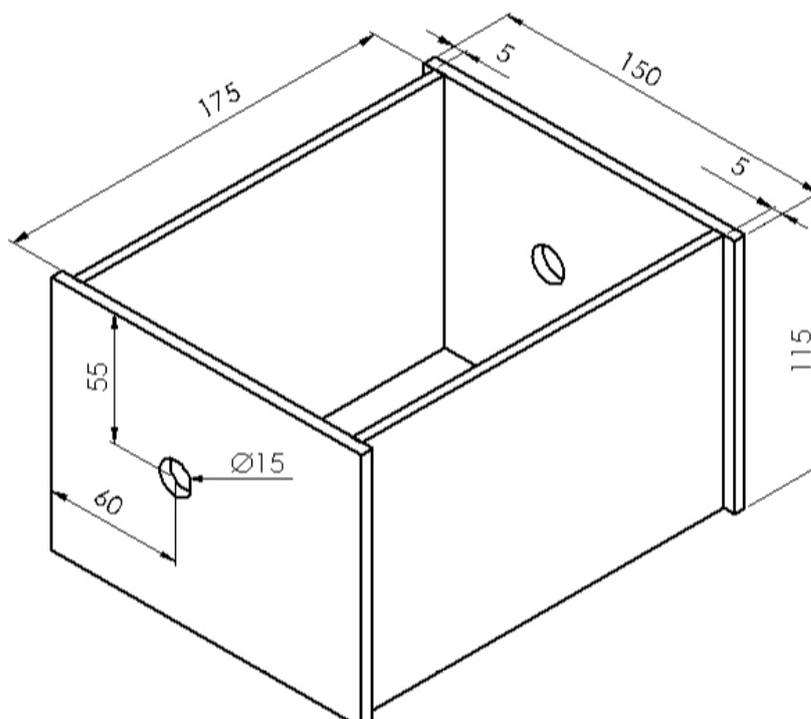


Fonte: Autoria Própria (2019)

4.1.4 Caixa

A caixa será constituída de quatro chapas de aço A36 de 5 milímetros de espessura, sendo duas de dimensões 115x175 milímetros e duas de 115x150 milímetros que possuem um furo de diâmetro 15 milímetros para a passagem do eixo. As chapas serão unidas e fixadas por sistema de parafusos.

Figura 18 – Caixa do triturador



Fonte: Aatoria Própria (2019)

5 DETALHAMENTO DA FABRICAÇÃO

No detalhamento da Fabricação são explicadas as máquinas utilizadas, ferramentas utilizadas e etapas de fabricação com seus respectivos parâmetros.

5.1 MÁQUINAS

5.1.1 Serra Mecânica

A serra mecânica serve para processos de corte simples, a fixação do tarugo se dá através do aperto de uma morsa, para o corte é utilizada uma serra de três milímetros de espessura.

Figura 19 – Serra Mecânica



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.1.2 Torno

O torno disponível no laboratório é do fabricante Nardini S.A. e possui uma potência instalada de 7kW. A fixação da peça é feita em uma placa com três castanhas fixadoras autocentrantes com comprimento máximo de agarre de 30. O diâmetro interno máximo do torno é de 50 milímetros.

Figura 20 – Torno Mecânico Nardini



Fonte: Autoria Própria

A fixação da ferramenta é feita em um castelo com altura máxima de 35 mm para o suporte da ferramenta. O ajuste da ponta da ferramenta para o eixo da peça, caso a ferramenta não esteja na altura certa, é feito a partir de calços metálicos.

Figura 21 – Castelo de fixação da ferramenta no torno



Fonte: Autoria Própria

Há 18 opções de rotações disponíveis que são selecionadas a partir de duas alavancas. Estas reduções modificam a rotação da peça em rotações por minuto.

Figura 22 – Rotações disponíveis no torno Nardini



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.1.3 Fresadora

A fresadora, da fabricante Diplomat, tem disponível para a fixação das peças uma morsa com 45 mm de altura por 150 de largura para apoio e uma máxima abertura de 150 mm. Também pode-se fixar as peças diretamente na mesa da fresa, através de ranhuras em “T”. Para controle de posicionamento da ferramenta, além das marcações nas alavancas, também possui um painel digital que mostra um sistema de coordenadas em x, y e z.

Figura 23 – Fresadora Diplomat



Fonte: Autoria Própria (2019)

A rotação da fresa é ajustada através de um potenciômetro, logo há uma margem entre 0 e 4500 rpm na rotação.

Figura 24 – Painel de rotação da Fresadora



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.1.4 Máquina de Eletroerosão

A máquina de eletroerosão, da fabricante Engemaq, é utilizada em processos de eletroerosão de penetração.

Figura 25 – Eletroerosora Engemaq



Fonte: Autoria Própria (2019)

A peça é fixada em uma morsa e o eletrodo através de uma rosca M10.

Figura 26 – Fixação da eletroerosora



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.1.5 Guilhotina

A máquina disponível no laboratório para cortar chapas é do tipo guilhotina da fabricante ACL Lifeng Machine Factory, da série QC12Y. É possível cortar chapas de no máximo 6 (seis) milímetros de espessura e 2500 milímetros de comprimento.

Figura 27 – Máquina Guilhotina presente no Laboratório



Fonte: A autoria Própria (2019)

5.2 FERRAMENTAS

5.2.1 Ferramentas Utilizadas no Torno

No total serão utilizadas duas ferramentas com pastilhas de metal duro e diferentes brocas de aço rápido.

5.2.1.1 Ferramenta T01

A ferramenta T01 é feita para processos de cilindragem e faceamento gerais. Sua pastilha é do fabricante Palbit de código padronizado WNMG 060408-PA conforme a Figura 28.

Figura 28 – Pastilha da Ferramenta T01



Fonte: Autorial Própria (2019)

O suporte para a pastilha é do fabricante Iscar de código MWLNR 2020K-06W como mostrado na Figura 29.

Figura 29 – Suporte da Ferramenta T01

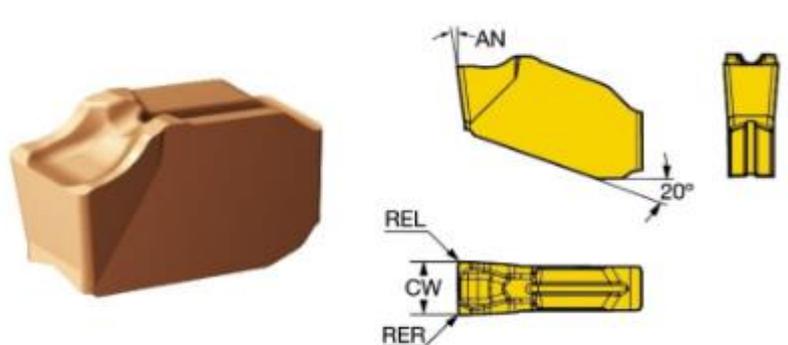


Fonte: Autorial Própria (2019)

5.2.1.2 Ferramenta T02

A ferramenta T02 é própria para canais e corte da peça. A pastilha, do fabricante Sandvik de código QD-NG-0300-0003-CR 1125, tem largura de corte CW de 3 mm e raio de canto REL 0,3 mm conforme a Figura 30.

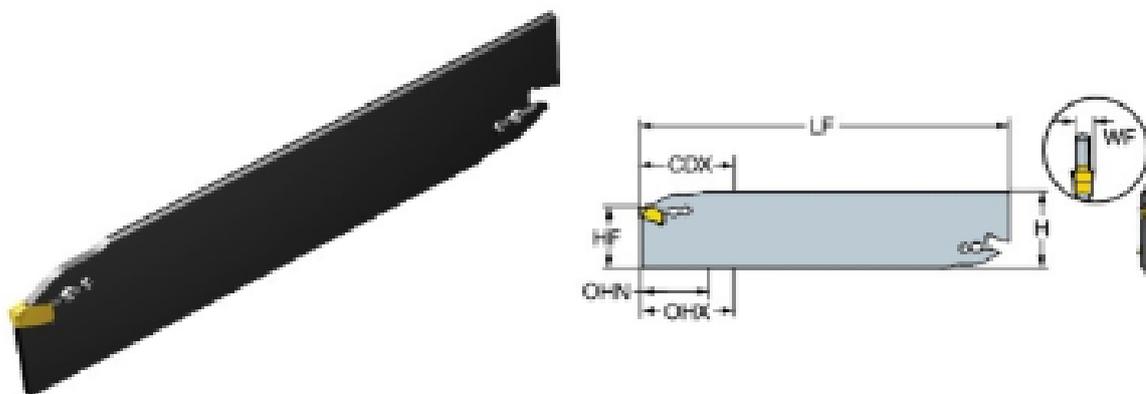
Figura 30 – Pastilha da Ferramenta T02



Fonte: Sandvik (2019)

O suporte da ferramenta T02 é composto por duas partes, o corpo da ferramenta e o adaptador para o torno, ambos da Sandvik. O corpo de código QD-NN2G60-25A tem profundidade máxima de corte CDX de 60 mm e uma altura funcional HF de 25 mm e um comprimento LF de 150 mm conforme a Figura 31.

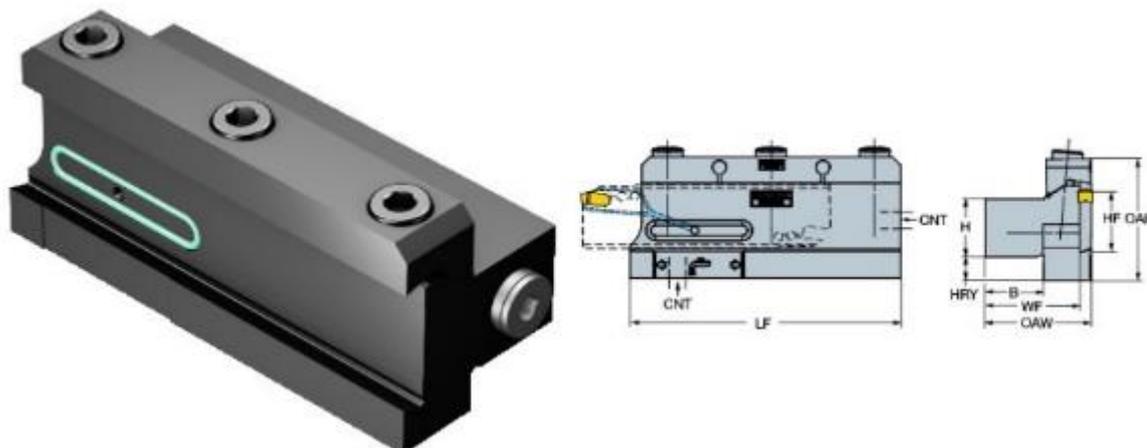
Figura 31 – Corpo da Ferramenta T02



Fonte: Sandvik (2019)

Para acoplar a ferramenta no torno é necessário um adaptador de código BA-RGC2020-25M com altura funcional HF de 25 mm, comprimento funcional de 115 mm e altura de haste H, onde é acoplado ao torno, de 20 mm, conforme a Figura 32.

Figura 32 – Adaptador para o torno da ferramenta T02



Fonte: Sandvik (2019)

5.2.1.3 Brocas

Para fazer o furo central será utilizada uma sequência de brocas de aço rápido. Será utilizada uma broca de centro para começar o processo de furação no torno.

Figura 33 – Broca de centro



Fonte: Autoria Própria (2019)

As brocas disponíveis são apresentadas no quadro com seus diâmetros e comprimentos úteis.

Quadro 1 – Brocas em milímetro disponíveis com respectivos comprimentos úteis

D(mm)	5	7,5	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	14	15	16	18
L (mm)	45	55	70	65	70	70	75	90	90	90	100	105	100	120

Fonte: Autoria Própria (2019)

5.2.2 Ferramentas Utilizadas na Fresadora

5.2.2.1 Ferramenta F01

Nos processos de fresamento será utilizada a fresa de metal duro do fabricante LMT, uma fresa de diâmetro 25 mm e comprimento útil de 35 mm. Seu suporte, de código ID 1028508, tem 3 slots para pastilhas.

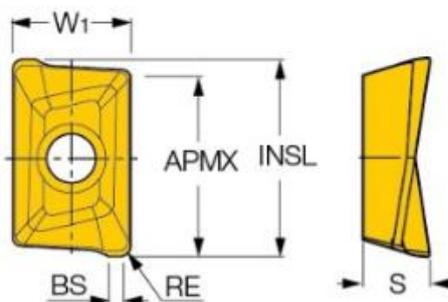
Figura 34 – Fresa de metal duro diâmetro 25 mm



Fonte: Aatoria Própria (2019)

A pastilha de código ID 1052343 e nomenclatura padrão APKT1003PDR possui uma profundidade máxima de corte APMX de 8 mm e um raio RE de 0,5 mm, segundo a Figura 35. O fabricante aconselha um avanço por dente de 0,08 a 0,15 milímetros por dente.

Figura 35 – Pastilha utilizada na fresa



Fonte: ISCAR Cutting Tools (2019)

5.2.2.2 Ferramenta F02

Outra ferramenta a ser utilizada é uma fresa de aço rápido de diâmetro 25 milímetros, seis dentes, um comprimento máximo de corte de 50 milímetros e uma profundidade máxima de corte de 65 milímetros.

Figura 36 – Fresa de Aço Rápido de Ø25 mm

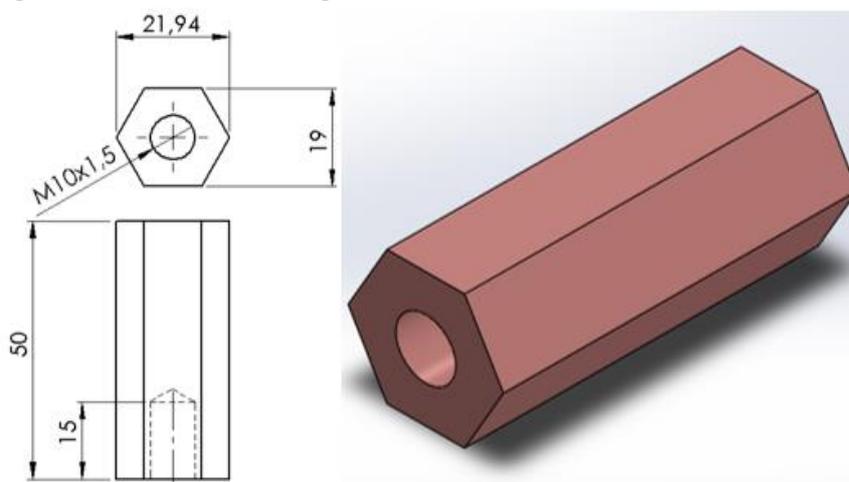


Fonte: Autoria Própria (2019)

5.2.3 Eletrodo da Eletroerosão

O eletrodo utilizado no processo de eletroerosão será utilizado para fazer as cavidades hexagonais nas facas móveis e deverá ser fabricado. Utiliza-se cobre eletrolítico para sua fabricação, com um tarugo disponível já cortado de 2" (duas polegadas) de diâmetro e um comprimento de 117 mm. O eletrodo é um prisma hexagonal de 19 milímetros e 50 milímetros de comprimento com um furo rosqueado M10 de 15 milímetros de profundidade conforme a Figura 37.

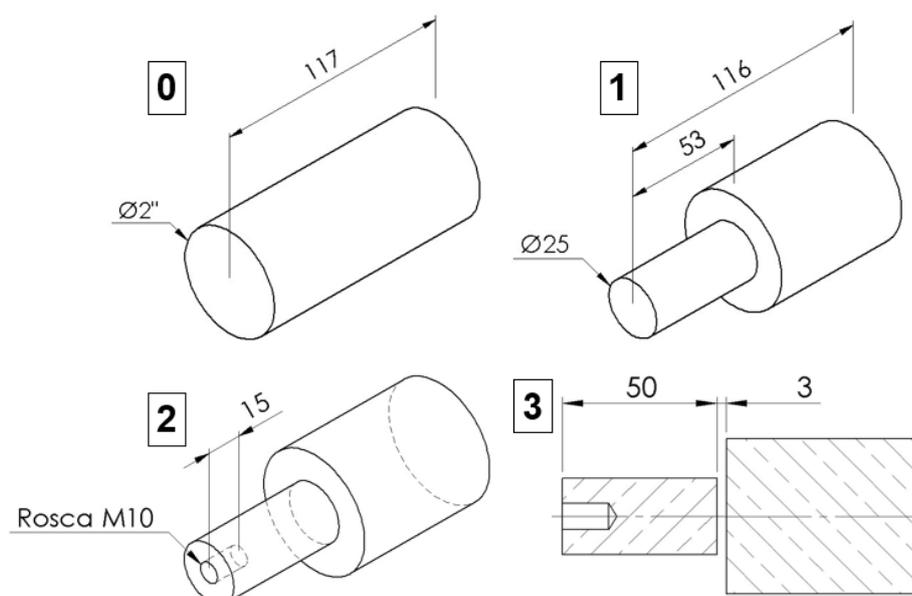
Figura 37 – Eletrodo Hexagonal em Cobre Eletrolítico



Fonte: Autoria Própria (2019)

Para sua fabricação, o tarugo de cobre será fixado no torno, onde será feito um faceamento de um milímetro e cilindragem de desbaste até um diâmetro de 25 milímetros em 53 milímetros de comprimento. Em seguida será feita uma sequência de furações no centro da peça até chegar a um diâmetro de 7,5 milímetros e 17 milímetros de profundidade. A partir de um macho de rosca M10 será feita a rosca central em 15 milímetros de comprimento. A peça será cortada com 50 milímetros de comprimento.

Figura 38 – Etapas de Fabricação do Eletrodo no Torno



Fonte: Autoria Própria (2019)

É descrito os parâmetros utilizados e ferramentas para cada operação, relacionando com as etapas da Figura 38 no Quadro 2. Como foi mantido uma rotação constante, a velocidade de corte no acabamento foi menor que no desbaste.

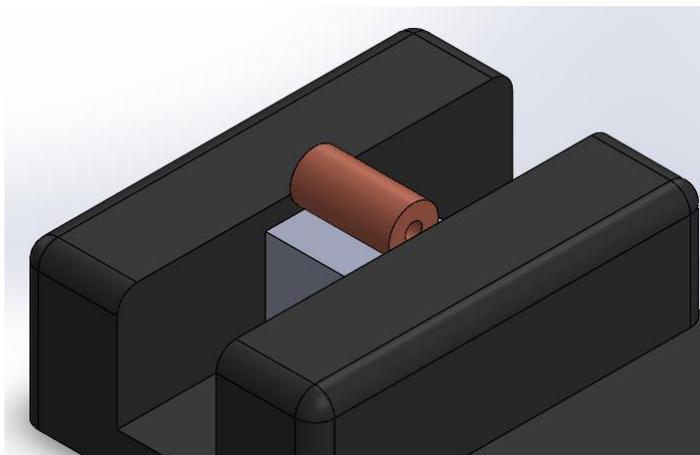
Quadro 2 – Detalhamento da Fabricação do Eletrodo no Torno relacionando com a Figura 38

Etapa	Ferramenta	Operação	Vc (m/min)	Ap (mm)	Fn (mm/rot)	Rot (rpm)	Passadas	L (mm)	t (s)
1	T01	Faceamento	128	-	0,3	1600	1	51	6
		Cilindragem Desb.	194	2	0,3	1600	7	53	40
		Cilindragem Acab.	128	0,5	0,3	1600	1	53	7
2	Broca de Centro	Furo de Centro	13	-	Manual	1600	1	5	5
	Broca Ø5 mm	Aumento Furo	13	2,5	Manual	1600	1	17	12
	Broca Ø7,5 mm	Aumento Furo	16	1,25	Manual	800	1	17	12
	Macho Rosca M10	Rosca	Manual	-	1,5	Manual	1	15	23
3	T02	Corte Peça	49	-	Manual	1250	1	-	8

Fonte: Autoria Própria (2019)

A peça então será finalizada na fresadora. Será fixada em uma morsa, utilizando as faces com o furo e a sua oposta como apoios de aperto. Utiliza-se calços metálicos para melhor assento na base da morsa.

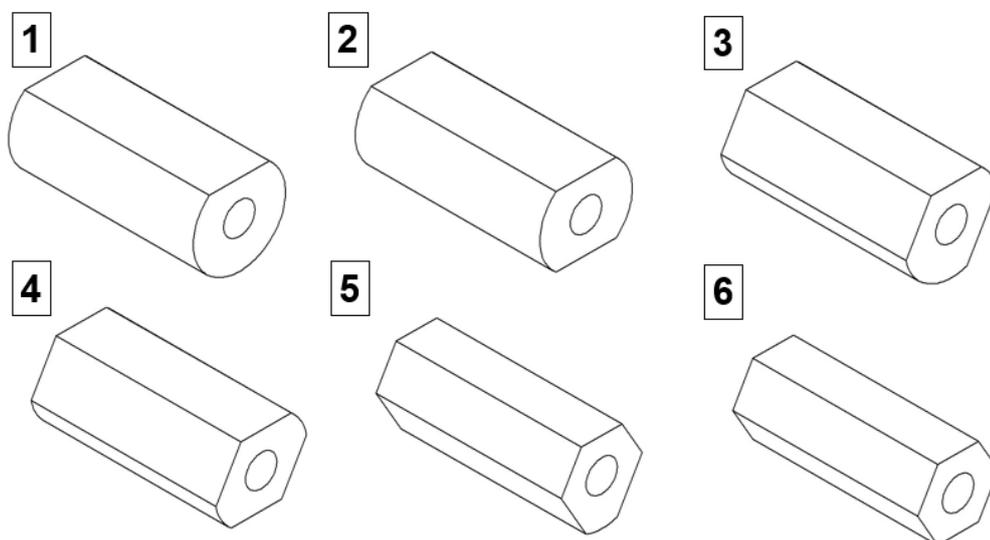
Figura 39 – Eletrodo preso na morsa para a Fresagem



Fonte: Autoria Própria (2019)

Assim, a fresa será posicionada a 9,5 milímetros acima do centro da peça, e será realizada a usinagem por toda o comprimento da peça de 50 milímetros. Após terminada, se gira a peça em 180° utilizando a face recém usinada como base, e faz-se a face oposta. Com auxílio de um goniômetro gira-se a peça a 60° e realiza a usinagem da próxima face. Repete-se até que o hexágono seja formado e o eletrodo esteja pronto. Utiliza-se uma rotação da fresa de 2500 rpm. Utilizando um avance manual da mesa de aproximadamente 80 mm/min estima-se um tempo de 56 segundos para cada face. As etapas estão ilustradas na Figura 40.

Figura 40 – Etapas de Fabricação do Eletrodo na Fresadora



Fonte: Aatoria Própria (2019)

Com o eletrodo finalizado é possível fabricar as facas móveis.

5.3 FABRICAÇÃO DAS FACAS MÓVEIS

As facas móveis serão feitas em três módulos dos quais contém seis facas e seis espaçadores cada.

5.3.1 Matéria-prima

Para a fabricação de todas as facas será utilizado três tarugos de aço SAE 1045 com quatro polegadas de diâmetro e 145 mm de comprimento cortados na serra mecânica.

5.3.2 Etapas de Torneamento

No processo de torneamento o tarugo será preso no torno de três castanhas autocentrantes encostando a sua base na placa para melhor fixação.

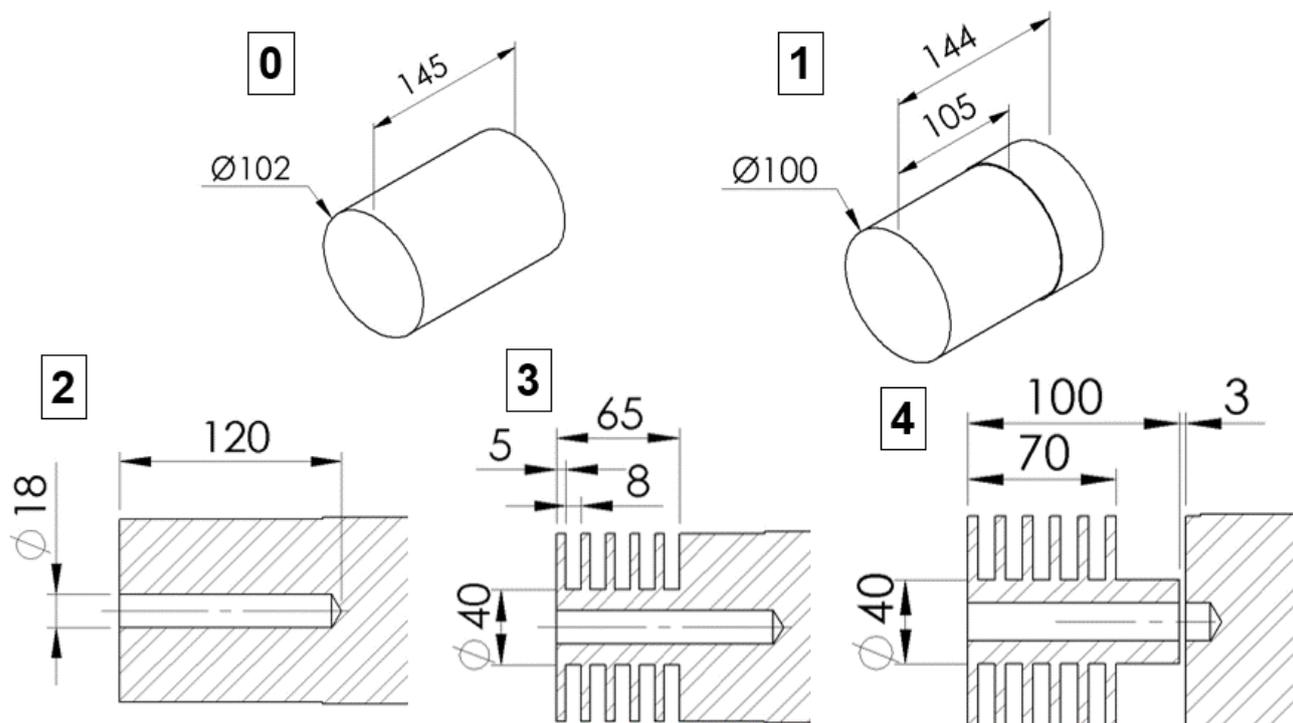
Figura 41 – Tarugo preso na placa do torno



Fonte: Autoria Própria (2019)

Será ajustada a geometria do diâmetro externo, realizado um furo central de 18 milímetros. Também é usinado os canais até o diâmetro 40 mm referente aos espaçadores de 5 mm e mais 3 mm extras no comprimento que será necessário para o corte de cada faca na última etapa de fabricação.

Figura 42 – Etapas de Fabricação das Facas Móveis no Torno



Fonte: Autoria Própria (2019)

São apresentados no Quadro 3 os parâmetros de corte para os processos de torneamento do módulo das facas móveis, relacionando com as etapas da Figura 42. São estimados os tempos de cada etapa com base na Equação 2 descrita no capítulo 2.4.1. Nas etapas de furações com brocas será utilizado avanço manual, e deve-se recuar 2 milímetros a cada 5 milímetros avançados para quebrar o cavaco, então estima-se um avanço de meio segundo por milímetro (0,5 mm/s) e calcula-se um tempo estimado dependendo do avance L de cada broca.

Quadro 3 – Parâmetros de Usinagem para as Facas Móveis no Torno

Etapa	Ferramenta	Operação	Vc (m/min)	Ap (mm)	Fn (mm/rot)	Rot (rpm)	Passadas	L (mm)	t (s)
1	T01	Faceamento	128	1	0,3	800	1	102	26
		Cilindragem	254	2	0,3	800	1	105	26
2	Broca de Centro	Furo de Centro	6	-	Manual	800	1	5	5
	Broca Ø5 mm	Aumento Furo	6	2,5	Manual	800	1	40	28
	Broca Ø7,5 mm	Aumento Furo	16	1,25	Manual	800	1	50	35
	Broca Ø9,5 mm	Aumento Furo	21	1	Manual	800	1	65	46
	Broca Ø11,5 mm	Aumento Furo	26	1	Manual	800	1	70	49
	Broca Ø14 mm	Aumento Furo	20	1,25	Manual	500	1	100	70
	Broca Ø16 mm	Aumento Furo	24	1	Manual	500	1	100	70
3	T02	5 Canais de 8 mm	176	-	0,1	800	15	30	75
		1 Canal de 30 mm	176	-	0,1	800	10	30	75
4		Corte Peça	88	-	0,1	400	1	100	48

Fonte: Autoria Própria (2019)

Estima-se um tempo de corte de 10 minutos e 37 segundos. Estes processos devem ser repetidos para os outros dois módulos. Logo é possível fazer o furo hexagonal na eletroerosão.

5.3.3 Etapas de Eletroerosão

Utiliza-se como fluido dielétrico o hidrocarboneto Electron, fabricado pela Archem Química Ltda.

Foram coletados alguns parâmetros da tabela fornecida pelo fabricante, calculado o tempo total de eletroerosão, e organizado em ordem decrescente do tempo total de eletroerosão, mostrado no Quadro 4.

Estão sombreadas no Quadro 4 as melhores opções dependendo da quantidade de transistores que se é permitido utilizar. Em um caso ideal, é selecionado para a operação a configuração de 500 microssegundos em ligado e 97% desligado utilizando 12 transistores, pois possui um menor tempo relativo com um menor desgaste do eletrodo. A operação de cada módulo de facas demorará cerca de 26 minutos.

Quadro 4 – Alguns Parâmetros Disponíveis para a Eletroerosão Cobre-Aço

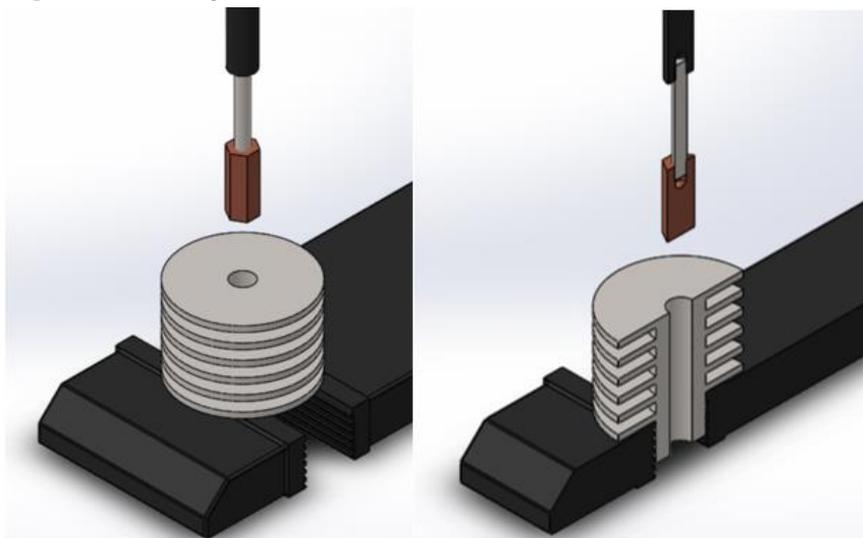
t_{on} (μs)	TS	t_{off} (%)	Vw (mm ³ /min)	Vv (%)	t (min)	Ra (μm)
200	12	92	232	5	25,07	56
300	12	95	232	2,8	25,07	67
500	12	97	224	0,6	25,96	80
750	12	98	205	0,5	28,37	92
500	11	97	200	0,6	29,08	78
750	10	98	175	0,4	33,23	90
150	8	91	152	5,5	38,26	44
300	8	95	152	1,2	38,26	56
200	7	92	132	1,8	44,06	48
750	8	98	126	0	46,16	98
75	6	86	112	7	51,93	32
500	6	97	96	0,2	60,58	65
100	4	89	62	1,3	93,81	30
300	4	95	60	0	96,93	44
500	4	97	56	0,001	103,86	54
150	2	88	16	0,001	363,50	26
200	2	90	14	0,001	415,43	30
50	1	89	6,8	1,5	855,29	14

Fonte: Engemaq (2002)

O eletrodo descrito na seção 5.2.3 será fixado na máquina de eletroerosão através de barra roscada M10 com no mínimo 100 milímetros de comprimento. A peça deverá ser fixada na morsa utilizando a base da faca como base de esquadro, como mostrado na Figura 43.

O volume total a ser retirado na eletroerosão é de 5816 mm³ por módulo, resultando em um desgaste da ferramenta de 35 mm³ por módulo, um valor que se pode ignorar em termos de precisão dimensional. A rugosidade máxima esperada ao final do processo é de 80 micrometros. O tempo de eletroerosão é de 26 minutos por módulo.

Figura 43 – Fixação do módulo de facas fixas na morsa da eletroerosão



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.3.4 Etapas de Fresamento

No processo de fresagem será usinada a forma externa das facas. Para todas as etapas será utilizada a mesma ferramenta F01 descrita no item 5.2.2, com mesma rotação da fresa de 2500 rpm e um avanço da mesa manual de aproximadamente 80 mm/min. São fresados três módulos, diferenciados pelo ângulo do furo hexagonal em 20 graus, ângulo controlado pelo giro da morsa mostrado na Figura 44.

Figura 44 – Controle de Giro da Morsa na Fresadora

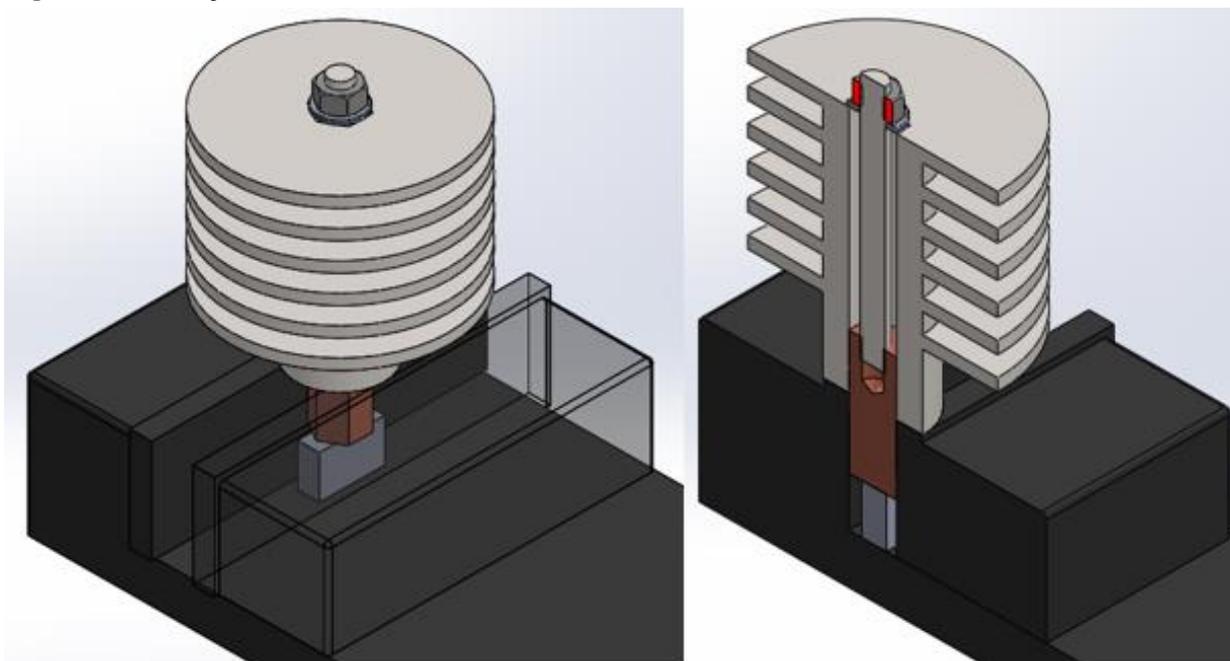


Fonte: Autoria Própria (2019)

Essa diferença de ângulo na peça também é mostrada na Figura 14, chamados de módulos A, B e C. Em cada módulo, cada passada da fresa terá uma profundidade de corte no eixo z de 5 milímetros, que é a espessura de cada faca. Como a profundidade de corte da fresa F01 é limitada em 35 milímetros será necessário inverter a peça na morsa após a terceira faca ser usinada, realizando assim a operação do lado oposto.

É utilizado o eletrodo como artifício de fixação e orientação das facas na morsa, como o eletrodo apenas limitará a movimentação da peça no plano horizontal, utiliza-se a mesma barra roscada do item 5.3.3 do tipo M10 por 100 mm, uma arruela M10 e uma porca para que também tenha limitação em z.

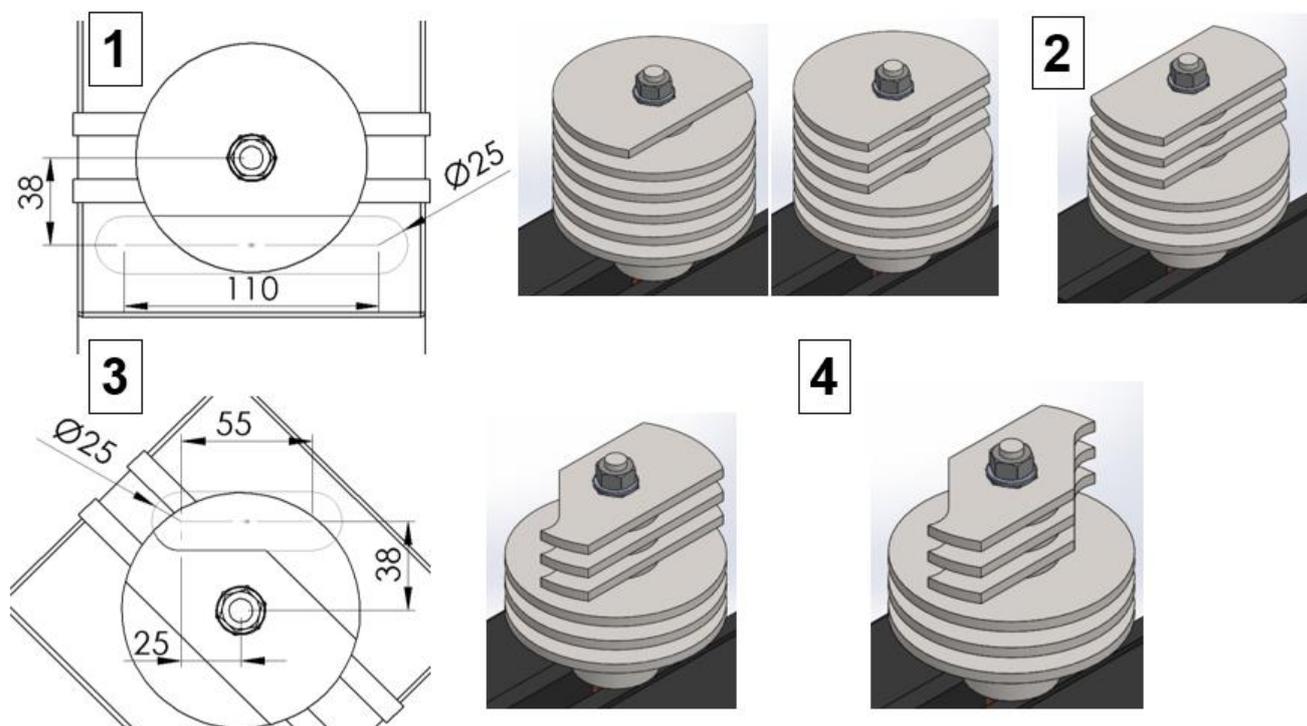
Figura 45 – Fixação do Módulo na Morsa da Fresadora



Fonte: Autoria Própria (2019)

É importante que as facas sejam feitas em sentido horário quando o agarre estiver do lado inferior, como mostrado na Figura 46, para que na próxima etapa de torneamento não sofra o risco de a ponta da faca encontrar a ferramenta.

Figura 46 – Etapas de Fabricação do Módulo de Facas Móveis na Fresadora



Fonte: Autoria Própria (2019)

As etapas de fabricação são mostradas no Quadro 5 relacionando com a Figura 46. É estimado o tempo de fabricação baseado na Equação 5, utilizando uma velocidade da mesa V_f manual aproximada de 80 mm/min. Mantem-se a rotação da fresa em 2500 rpm.

Quadro 5 – Etapas de fabricação das Facas Móveis na Fresadora a partir do Módulo A

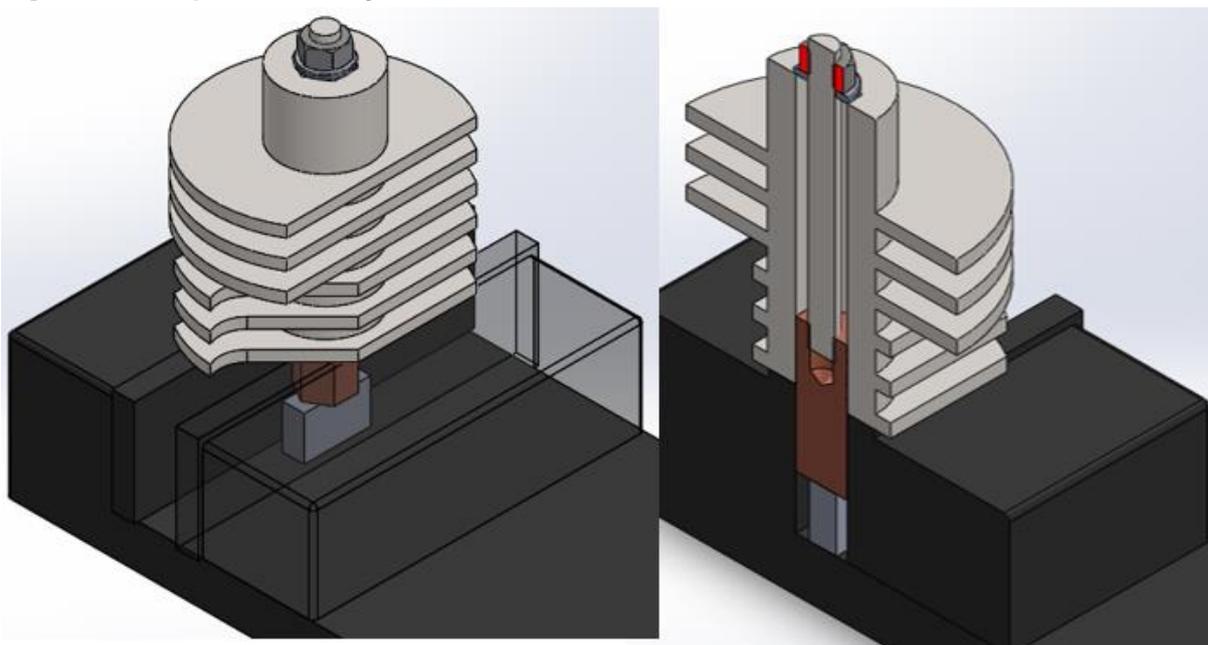
Etapa	Módulo	Operação	Angulação Morsa (grau)	L (mm)	Passadas	t (s)
1	A	Usi. Costas Facas	0	110	3	83
2		Usi. Costas Paralela	0	110	3	83
3		Usi. Frente Facas Oposta	45	55	3	41
4		Usi. Frente Paralela Oposta	45	55	3	41

Fonte: Autoria Própria (2019)

Totaliza-se um tempo de corte de 4 minutos e 8 segundos.

Em seguida deve-se inverter a peça e fixar com o mesmo esquema de antes, como mostrado na Figura 47.

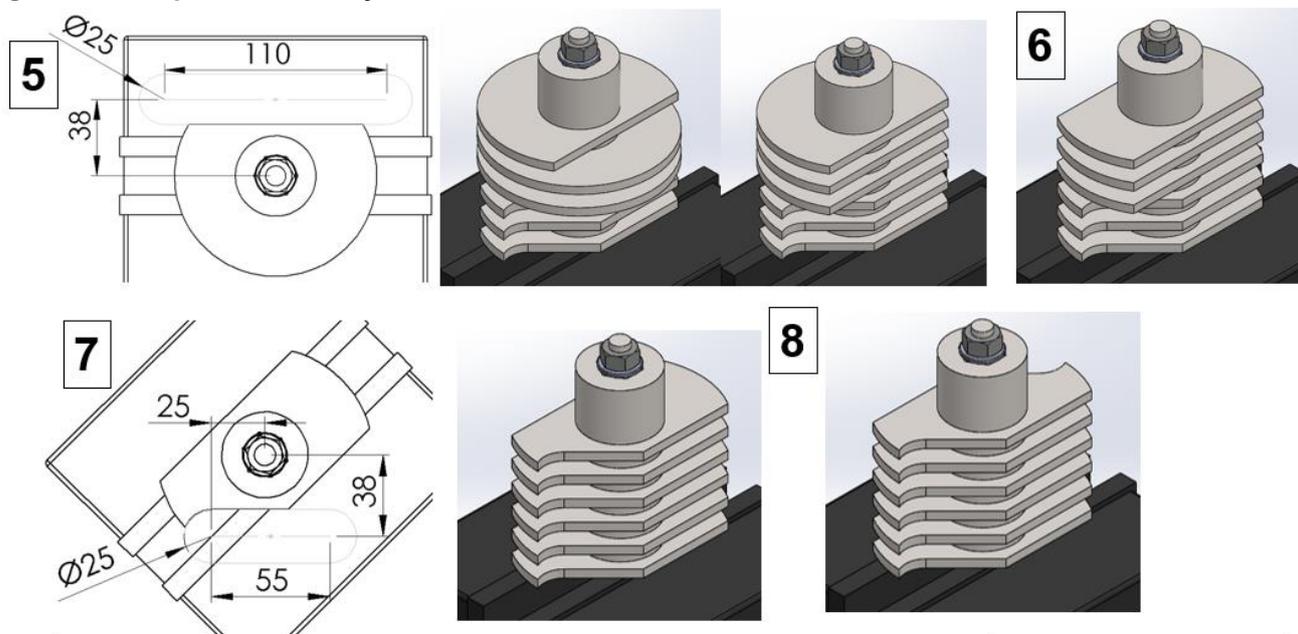
Figura 47 – Esquema de fixação do Módulo invertido na Morsa da Fresadora



Fonte: Autoria Própria (2019)

Deve-se realizar as operações de usinagem de forma a seguir o mesmo desenho das facas já usinadas da parte inferior, como mostrado na Figura 48.

Figura 48 – Etapas de Fabricação do Módulo Invertido na Fresadora



Fonte: Autoria Própria (2019)

As etapas de fabricação são mostradas no Quadro 6 relacionadas com a Figura 48. É estimado o tempo de fabricação baseado na Equação 5, utilizando uma velocidade da mesa V_f manual de aproximadamente 80 mm/min. Mantem-se a rotação da fresa em 2500 rpm.

Quadro 6 – Etapas de fabricação das Facas Móveis com Módulo A Invertido na Fresadora

Etapa	Módulo	Operação	Angulação Morsa (grau)	L (mm)	Passadas	t (s)
-	A	Inverter a Peça	-			
5		Usi. Costas Facas	0	110	3	83
6		Usi. Costas Paralela	0	110	3	83
7		Usi. Frente Facas Oposta	-45	55	3	41
8		Usi. Frente Paralela Oposta	-45	55	3	41

A única diferença na fabricação dos módulos B e C em relação ao módulo A na fresagem é a angulação da morsa, que têm um incremento de 20° e 40° respectivamente como mostrado no Quadro 7.

Quadro 7 – Comparação da angulação da Morsa em cada etapa dos diversos Módulos

Etapas	Módulo	Angulação Morsa (grau)
1, 2, 5 e 6	A	0°
3, 4		45°
7 e 8		-45°
1, 2, 5 e 6	B	20°
3, 4		65°
7 e 8		-25°
1, 2, 5 e 6	C	40°
3, 4		85°
7 e 8		-5°

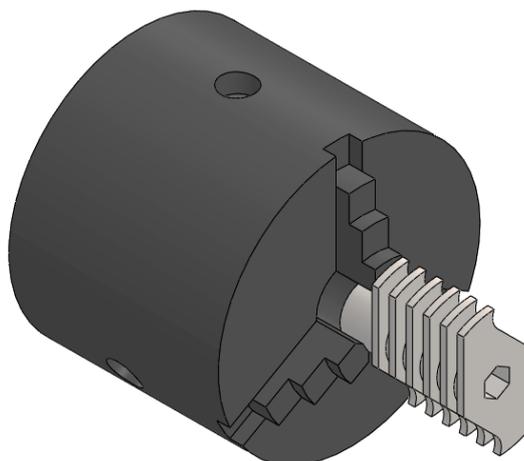
Fonte: Autoria Própria (2019)

Terminadas as etapas de fresagem é possível realizar a última operação para separar uma faca fixa da outra, que será feita no torno.

5.3.5 Separação das facas no torno

Após a etapa de fresamento, os módulos deverão ser torneados para a separação das facas móveis uma das outras. A fixação será conforme a Figura 49.

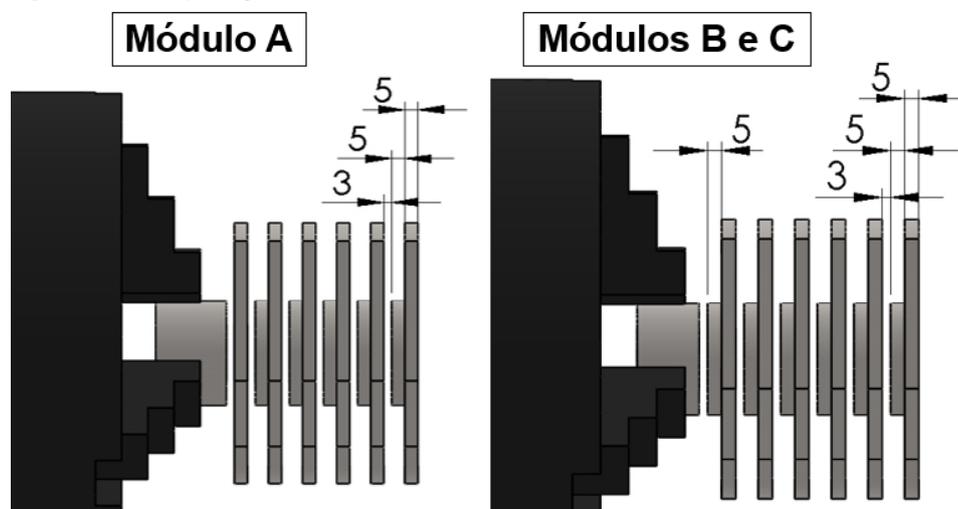
Figura 49 – Fixação do Módulo na Placa do Torno



Fonte: Autoria Própria (2019)

Deve-se utilizar a ferramenta T02 com 3 milímetros de espessura de canal para realizar o corte de cada peça. O procedimento para o módulo A deverá ser diferente dos módulos B e C não tendo o espaçador na parte mais próxima do agarre, já que o conjunto do triturador contém uma única faca sem espaçador.

Figura 50 – Separação das facas no Torno dos módulos A, B e C



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.4 FABRICAÇÃO DAS FACAS FIXAS

As facas fixas consistem em dois modelos diferentes, totalizando 17 Facas Fixas Grandes e 18 Facas Fixas Pequenas.

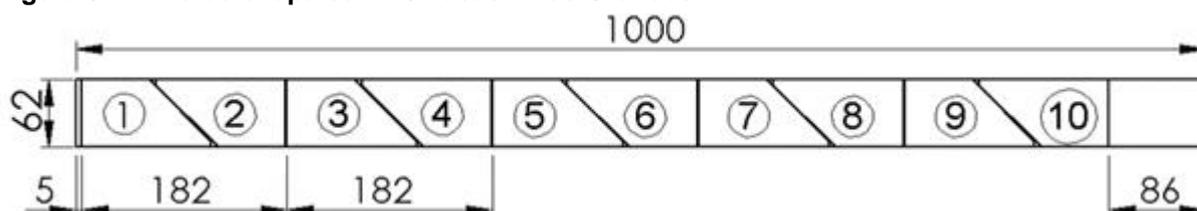
5.4.1 Matéria-prima

Será utilizada uma chapa de aço A36 de cinco milímetros de espessura para a fabricação de todas as chapas fixas. A chapa tem 1000x2000 milímetros de largura.

5.4.2 Etapas na Guilhotina

Será utilizada a guilhotina disponível no laboratório para fazer o desenho externo das facas fixas. Para tal, será utilizado um gabarito para riscar as peças na dimensão adequada. Como é importante a largura estar paralela, será deixado dois milímetros extras na largura da peça, por isso deverá ser cortada uma tira de 1000x62 milímetros. Também deverá ser deixada uma folga na primeira peça para ajustar o paralelismo da base da primeira peça. Em cada tira é possível cortar 10 facas fixas conforme a Figura 51.

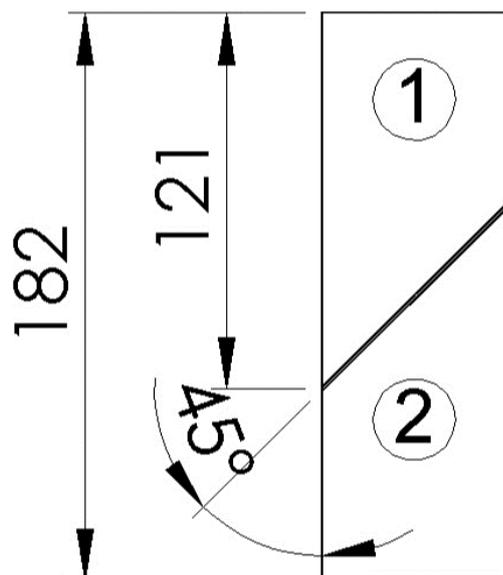
Figura 51 – Tira de chapa com 10 Facas Fixas Grandes



Fonte: Autoria Própria (2019)

Da tira de chapa mostrada na Figura 51 deverá ser cortada 5 outras tiras de 182 milímetros, das quais poderá ser feito mais um corte de 45° para separar as duas peças contidas nesta, conforme a Figura 52.

Figura 52 – Corte de 45° realizado para as Chapas Fixas

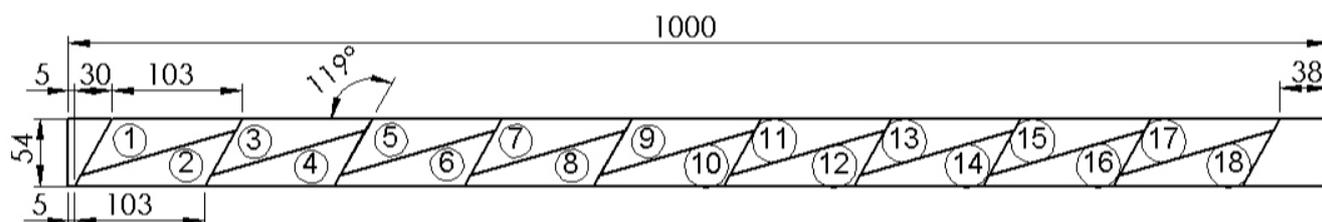


Fonte: Autoria Própria (2019)

Totaliza-se 22 cortes de chapas para se obter as 17 chapas que darão origem às Facas Fixas Grandes.

O corte das Facas Fixas Pequenas seguirá a mesma lógica, em uma tira da chapa de 1000x54 milímetros podem ser feitas as 18 chapas necessárias conforme mostrado na Figura 53.

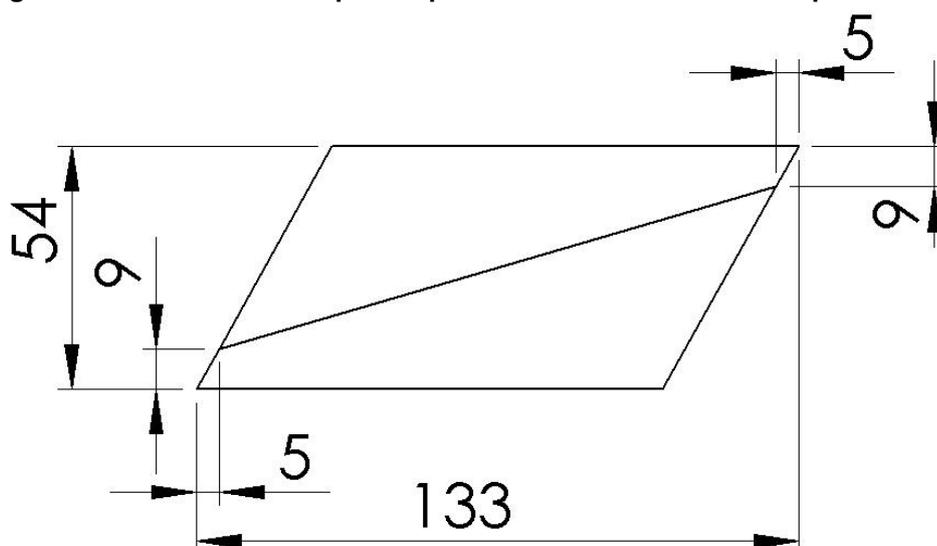
Figura 53 – Tira de chapa com 18 Facas Fixas Pequenas



Fonte: Autoria Própria (2019)

Após o corte da tira mostrada na Figura 53 deverão ser cortadas nove tiras conforme a Figura 54 que conterão duas Facas Fixas Pequenas cada, separadas também na guilhotina.

Figura 54 – Corte realizado para separar as duas Facas Fixas Pequenas

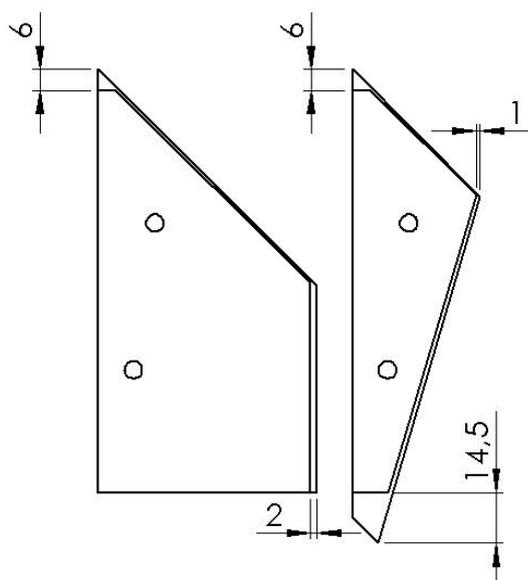


Fonte: Autoria Própria (2019)

Totaliza-se 20 cortes para se obter as 18 chapas que darão origem às Facas Fixas Pequenas.

A comparação das chapas obtidas utilizando a guilhotina e as peças finais são mostradas na Figura 55.

Figura 55 – Comparação entre as Facas Fixas obtidas pela Guilhotina e a Geometria Final



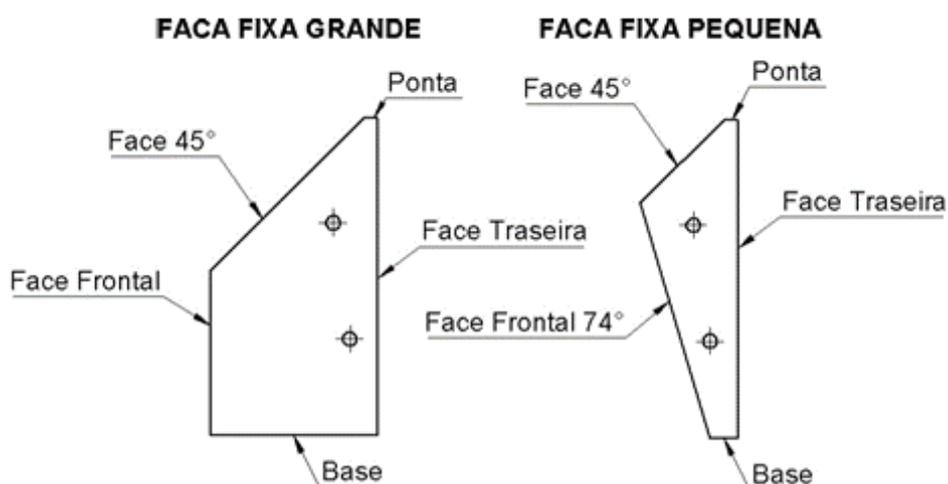
Fonte: Autoria Própria (2019)

A finalização da geometria será feita na fresadora.

5.4.3 Fresamento

Para facilitar a explicação, nomeia-se cada face da faca para auxiliar na referência de cada operação, conforme a Figura 56.

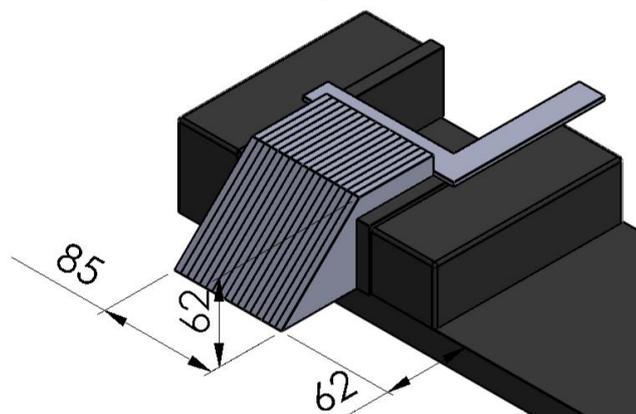
Figura 56 – Nome de cada face para referência das operações



Fonte: Autoria Própria (2019)

Deve-se começar finalizando todas as Facas Fixas Grandes adequando-as na geometria final e deixando-as todas iguais. Para fixá-las na morsa deve-se utilizar um esquadro para alinhar as Bases das facas e servir como referência, como mostrado na Figura 57.

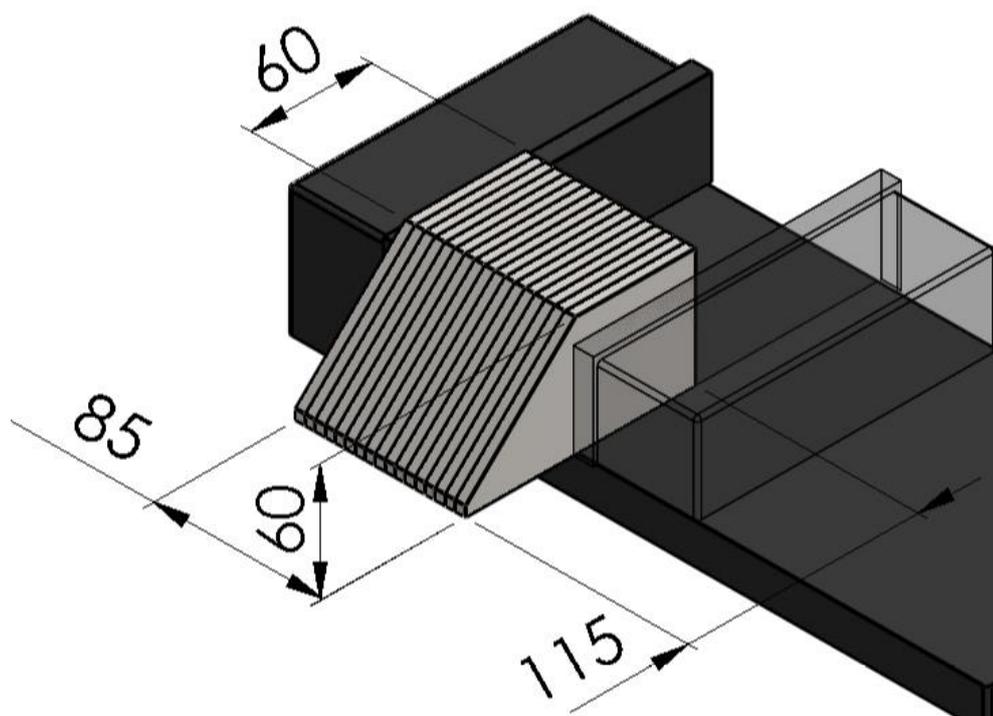
Figura 57 – Primeira Fixação das 17 Facas Fixas Grandes na Fresadora



Fonte: Autoria Própria (2019)

Deverá ser feito um fresamento de topo na Face Frontal até que o comprimento da Base seja de 60 milímetros. Também deverá ser usinado a Ponta da faca, tomando como referência a distância à Base da faca. Utiliza-se a fresa F01 em sentido concordante com a mesa em avance manual de aproximadamente 80 mm/min, rotação da fresa de 2500 rpm e profundidade de trabalho de 50% da fresa. Estima-se um tempo de 446 segundos para a Face Frontal e 83 segundos para fresar as Pontas. O resultado é mostrado na Figura 58.

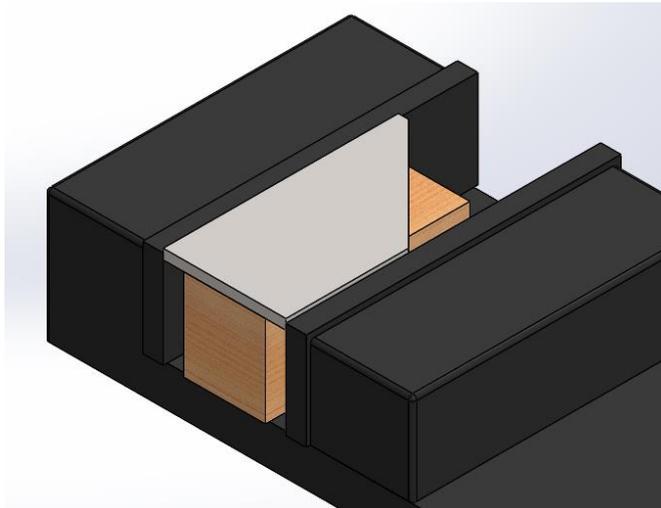
Figura 58 – Facas Fixas Grandes após primeira etapa de Fresagem



Fonte: Aatoria Própria (2019)

O próximo passo é realizar a furação dos dois furos guias nas chapas grandes. Para isto deve-se utilizar a morsa da fresadora e um calço de madeira, alinhando, com o auxílio de um esquadro, a Base da faca e o limite da morsa. Deve-se utilizar o encontro da Base com o limite da morsa como ponto de referência de coordenada conforme a Figura 59.

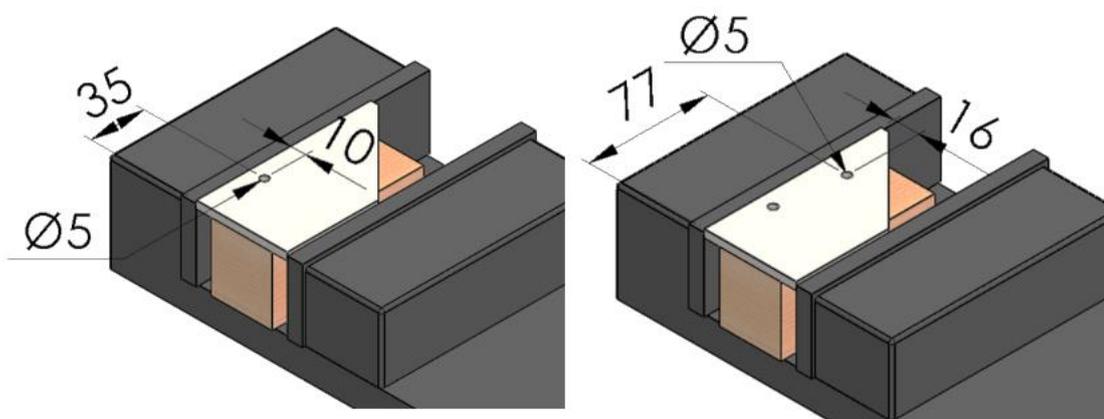
Figura 59 – Fixação da Faca Fixa Grande para a furação guia



Fonte: Autoria Própria (2019)

Para realizar a furação, em cada chapa deve-se primeiramente fazer apenas a marcação com uma broca de centro e em seguida o furo com a broca de 5 milímetros.

Figura 60 – Furação do Primeiro e Segundo furo das Facas Fixas Grandes



Fonte: Autoria Própria (2019)

Terminado os furos das Facas Fixas Grandes deverá ser feita a furação das Facas Fixas Pequenas. Para tal será utilizada as ranhuras em “T” da fresadora para que, com auxílio de uma porca “T”, uma arruela, um parafuso M12x35 milímetros e uma chapa de MDF com 6 milímetros de espessura a faca seja fixada para a furação.

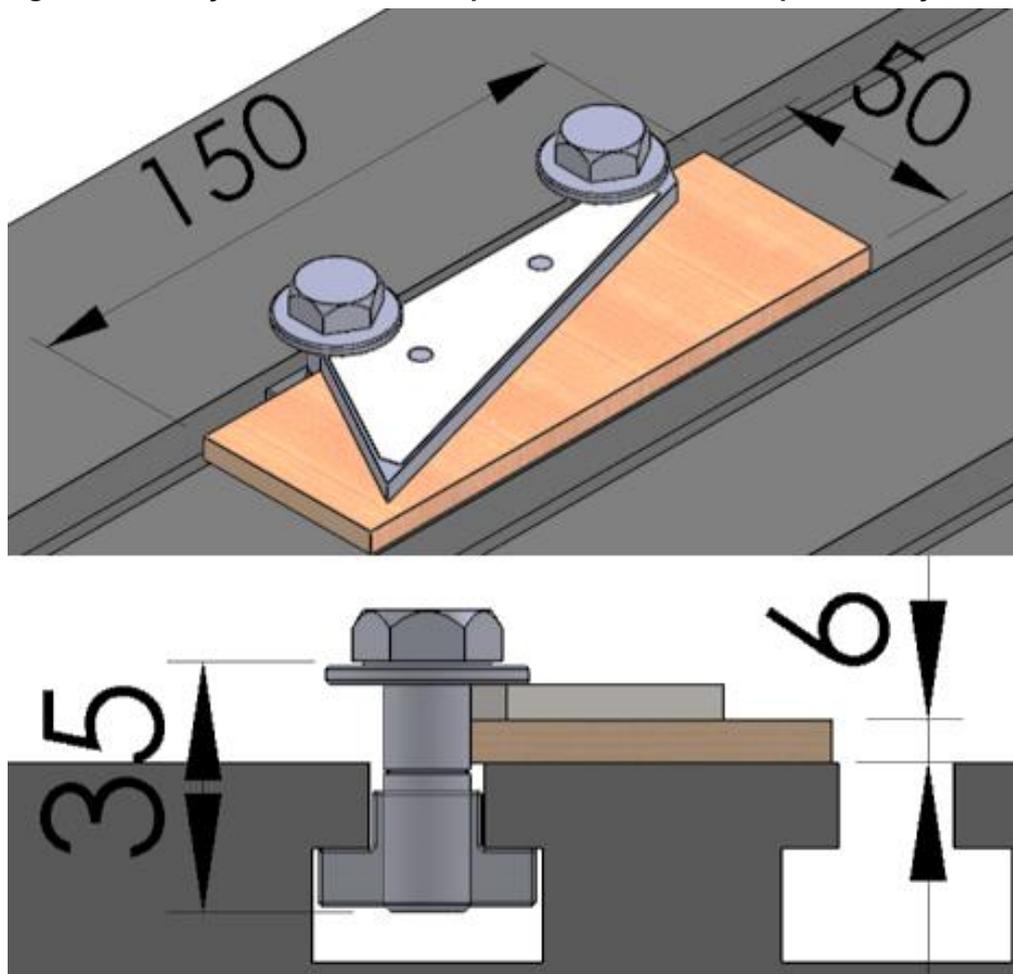
Deve-se garantir que a Face Traseira da faca esteja bem apoiada em ambos os parafusos e paralela à mesa, para referência da ferramenta à peça. Utiliza-se um

gabarito de papel apenas para ter uma noção se a partir da posição dos furos a peça estará dentro dos limites da chapa. Permite-se frisar que a irregularidade do desenho externo não é tão importante nesta etapa pois os lados da faca serão finalizados em outras operações de fresamento, porém é essencial que a peça se encontre dentro dos limites da chapa.

A posição do furo deve ser feita através da coordenada da fresadora, tendo sua origem baseada no desenho do gabarito. A posição do segundo furo deve ser feita em relação ao primeiro furo, sendo a distância entre centros a mais importante.

Deverá ser feita primeiramente uma marcação com uma broca de centro nos dois furos, trocar a ferramenta para a broca de 5 milímetros e realizar a operação em ambos os furos seguindo novamente as coordenadas. Utiliza-se rotação de 800 rpm das brocas. Deve-se repetir o procedimento para cada faca.

Figura 61 – Fixação da Faca Fixa Pequena na mesa da Fresa para a furação

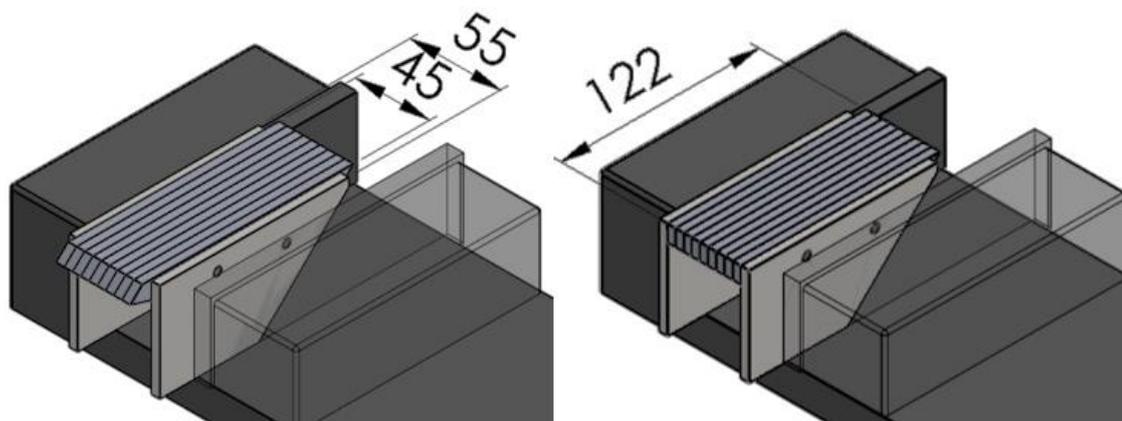


Fonte: Autoria Própria (2019)

A partir do momento que todas as furações estão feitas, é possível finalizar a geometria das Facas Fixas Pequenas utilizando como auxílio as Facas Fixas Grandes e duas barras trefiladas de cinco milímetros de diâmetro e 54 milímetros de comprimento.

Serão fixadas 9 Facas Fixas Pequenas e 2 Facas Fixas Grandes, unidas pelas duas barras nos furos guias conforme a Figura 62.

Figura 62 – Fixação e Ajuste de geometria de nove Facas Fixas Pequenas



Fonte: Autoria Própria (2019)

Deve-se utilizar a fresa F01 em sentido concordante com a mesa em avance manual de aproximadamente 80 mm/min, rotação da fresa de 2500 rpm e profundidade de trabalho de 50% da fresa. Para medidas de referências se utiliza a Faca Fixa Grande. Os parâmetros de corte são exibidos no Quadro 8.

Quadro 8 – Parâmetros de corte para Finalização da Geometria da Faca Fixa Pequena

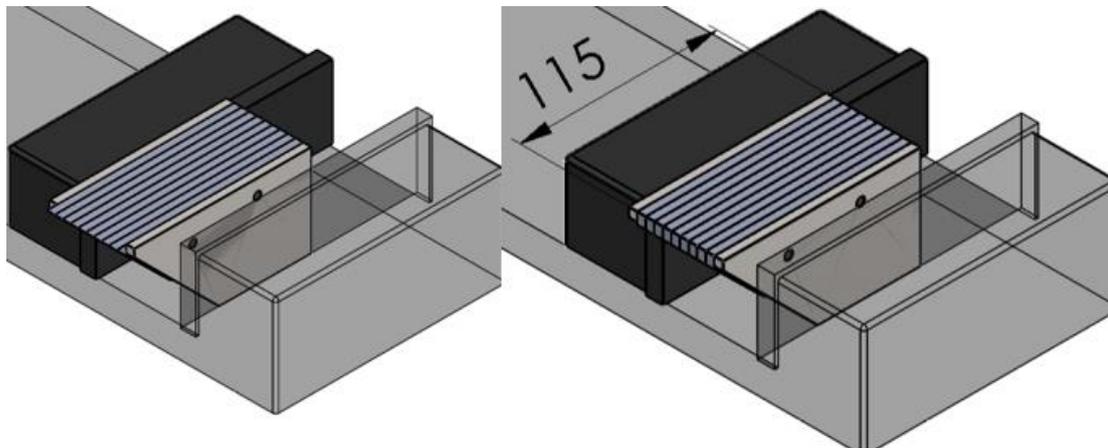
Parte a Fresar	L + D (mm)	Apz (mm)	Ae (mm)	Passes	t (s)
Base das Facas	70	5	12,5	2	105
Face Traseira das Facas	147	1	12,5	4	441
Pontas das Facas	70	5	7	1	53
Face Frontal de 74°	115	1	12,5	4	345

Fonte: Autoria Própria (2019)

Totaliza-se um tempo de corte de 15 minutos e 44 segundos.

Em seguida deve-se transladar o conjunto das facas para o outro lado da morsa para que seja possível fresar as Pontas das facas como na Figura 63. Os parâmetros de corte estão descritos no Quadro 8.

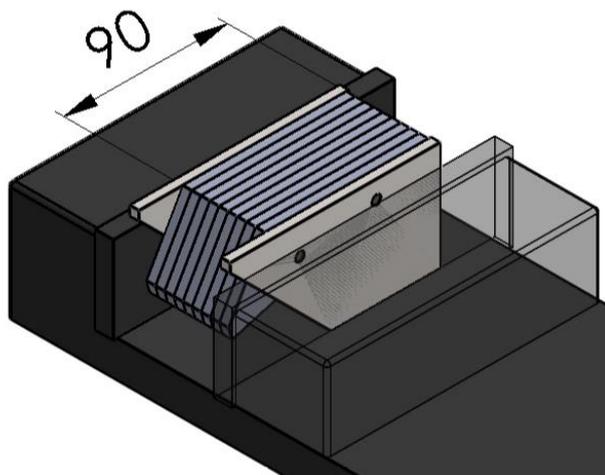
Figura 63 - Fixação e Corte das Pontas de nove Facas Fixas Pequenas



Fonte: Autoria Própria (2019)

Logo, para fresar a Face Frontal de 74° deve-se inverter as facas em relação aos furos, de forma que o ângulo de 45° da faca pequena esteja em cruz com o outro ângulo de 45° da faca grande, como mostrado na Figura 64. Os parâmetros de corte são mostrados no Quadro 8.

Figura 64 – Fixação e Ajuste da angulação da Face de 74° de nove Facas Fixas Pequenas

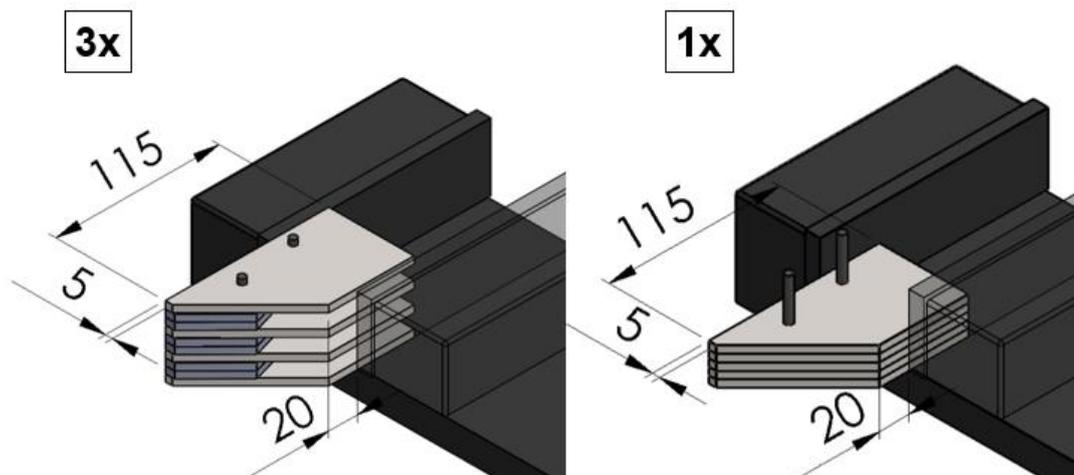


Fonte: Autoria Própria (2019)

O ajuste da Face de 45° deve ser feito em conjunto com todas as chapas fixas grandes, já que não tiveram esta superfície finalizada. Para isto deve-se girar a morsa da fresadora em 45° . Serão três configurações alternando quatro chapas facas grandes e seis facas pequenas, e uma configuração com cinco facas grandes como

mostrado na Figura 65, finalizando assim a fabricação de todas as facas fixas. Utiliza-se a fresa F02 de aço rápido com diâmetro 25 milímetros, uma rotação de 2500 rpm, uma profundidade de corte em z de 5 milímetros por passada e um avance de mesa manual de aproximadamente 80 mm/min. O comprimento de corte mais a saída da ferramenta é de 80 milímetros.

Figura 65 – Fixação e Ajuste da Face de 45° das Facas Fixas



Fonte: Autoria Própria (2019)

O número de operações na fresa para a fabricação e tempos são resumidos no Quadro 9.

Quadro 9 – Resumo dos tempos e número de operações na fabricação das Facas Fixas

Face da Faca Fixa a ser fresada	L+ D (mm)	Passes por Operação	Tempo por Operação (s)	Número de Operações	Tempo total de Corte (s)
Face Frontal Faca Grande	85	7	446	1	446
Base Faca Grande	110	1	83	1	83
Base Faca Peq.	70	2	105	2	210
Face Traseira Faca Peq.	147	4	441	2	882
Ponta Faca Pequena	70	1	53	2	105
Face Frontal 74° Faca Peq.	115	4	345	2	690
Face 45° Facas Grandes e Peq.	80	10	600	3	1800
Face 45° apenas Facas Grandes	80	5	300	1	300

Fonte: Autoria Própria (2019)

5.5 FABRICAÇÃO DA CAIXA

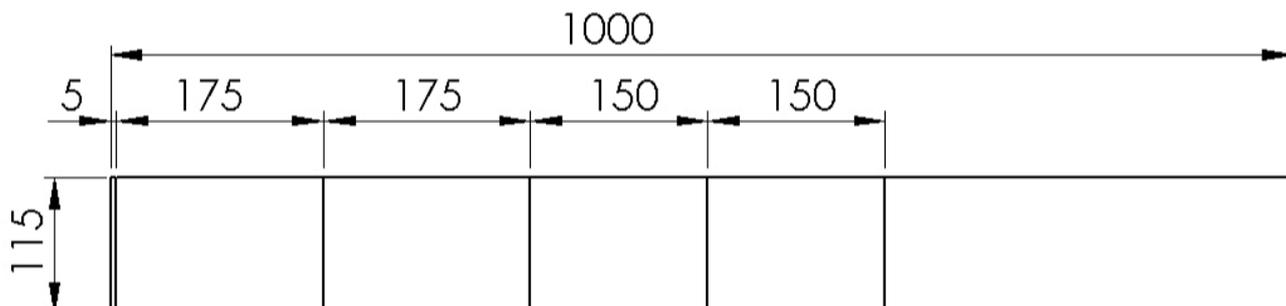
5.5.1 Matéria-Prima

Será utilizada uma chapa de aço A36 de 5 milímetros de espessura.

5.5.2 Etapas na Guilhotina

O corte da geometria da caixa deve ser feito na guilhotina. Como a chapa possui um comprimento de 2000 milímetros, deve-se primeiro cortar uma faixa de 1000x115 mm, da qual se poderá obter as quatro laterais da caixa, duas chapas de 150x115 mm e duas de 175x115 mm.

Figura 66 – Corte das chapas da Caixa na Guilhotina



Fonte: Autoria Própria (2019)

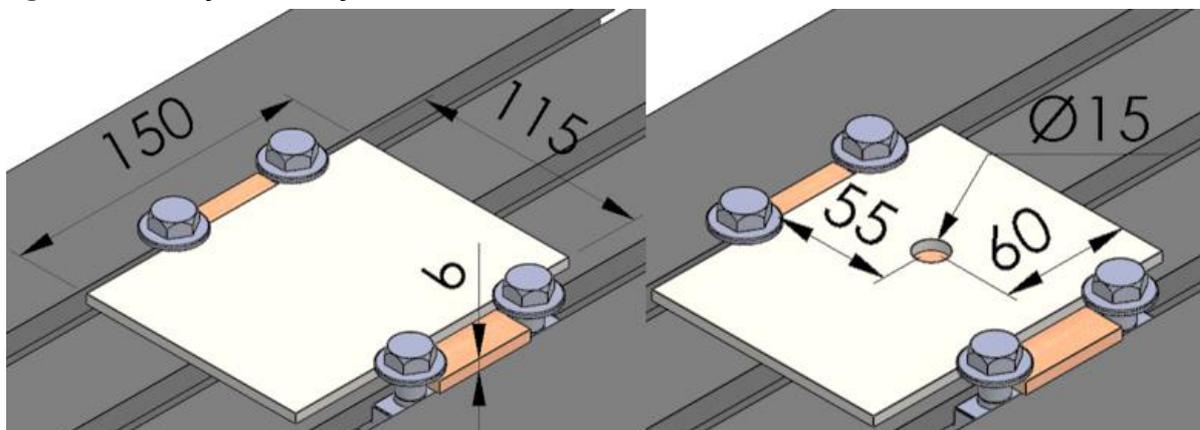
O próximo passo é realizar a furação por onde o eixo atravessará a chapa de 150x115 milímetros.

5.5.3 Etapas de Fresamento

A chapa de 150x115 milímetros deverá ser fixada na fresadora a partir das ranhuras em “T” da mesa com auxílio de uma porca “T”, uma arruela, um parafuso M12x35 milímetros e uma chapa de MDF com 6 milímetros de espessura. Deve-se utilizar uma sequência de brocas para chegar em um diâmetro final de 15 milímetros.

Começa-se com uma broca de centro, em seguida brocas de aço rápido de 5 mm, 7,5 mm, 9,5 mm, 11,5 mm, 13 mm e 15 milímetros.

Figura 67 – Fixação e Furação da Lateral da Caixa



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.6 FABRICAÇÃO DO EIXO

5.6.1 Matéria-Prima

O eixo será fabricado a partir de um eixo já existente. Este possui um comprimento de 230 milímetros da parte sextavada de 19 milímetros e mais um comprimento de 30 mm de rosca M15.

Figura 68 – Matéria-prima do Eixo Sextavado



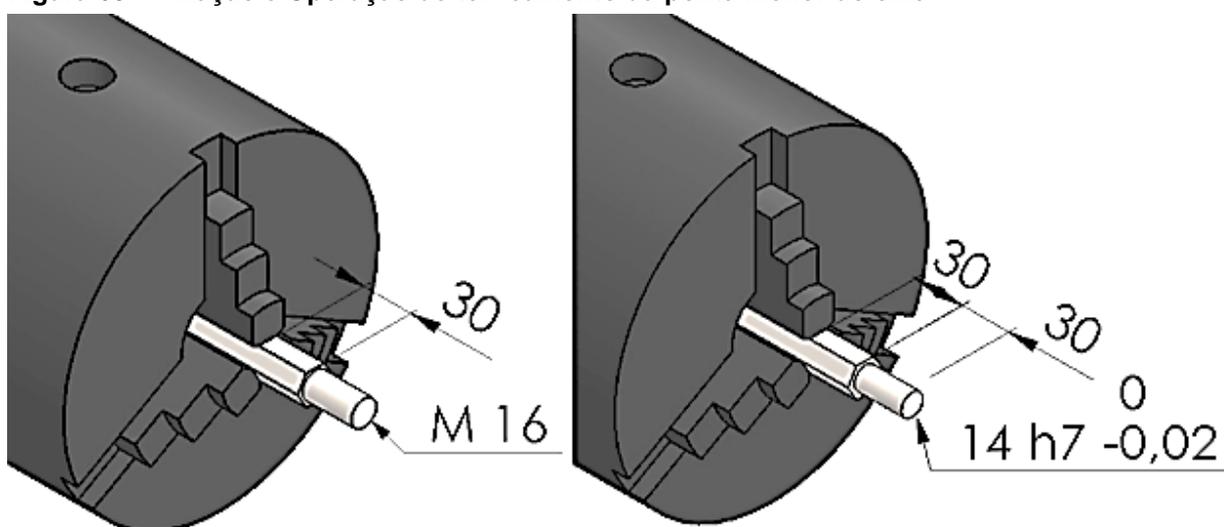
Fonte: Autoria Própria (2019)

5.6.2 Torneamento

Para a finalização do eixo é necessário torneare os apoios de rolamentos, que serão cilíndricos em ambas as pontas e deixar a parte sextavada com um total de 175 milímetros, sendo esta medida a mais importante.

Fixa-se o eixo pela parte hexagonal com 60 milímetros para trabalho e, utilizando a ferramenta T01 e uma rotação de 800 rpm, se cilindra a ponta a $\varnothing 14$ milímetros com tolerância h7 em 30 milímetros de comprimento, totalizando um tempo de 20 segundos em desbaste mais acabamento.

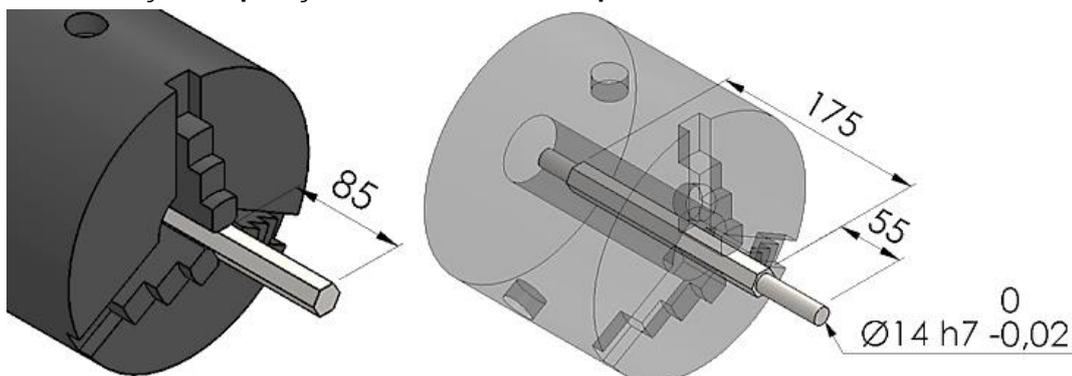
Figura 69 – Fixação e Operação de torneamento da ponta menor do eixo



Fonte: Aatoria Própria (2019)

Faz-se a cilindragem do outro lado do eixo utilizando a mesma ferramenta T01 e rotação de 800 rpm, deixa-se um comprimento de 85 milímetros para se trabalhar. É importante que o comprimento da parte hexagonal seja de no máximo 175 milímetros. se cilindra a ponta a $\varnothing 14$ milímetros com tolerância h7 até o comprimento necessário, idealmente 55 milímetros. Totaliza-se um tempo de 30 segundos em desbaste mais acabamento.

Figura 70 – Fixação e Operação de torneamento da ponta maior do eixo



Fonte: Aatoria Própria (2019)

5.7 MONTAGEM

Começa-se montando as facas fixas utilizando duas barras trefiladas de aço SAE 1045 de $\text{Ø}5 \times 175$ milímetros como guia. Alterna-se entre uma Faca Fixa Pequena e uma Faca Fixa Grande, começando e terminando com a pequena.

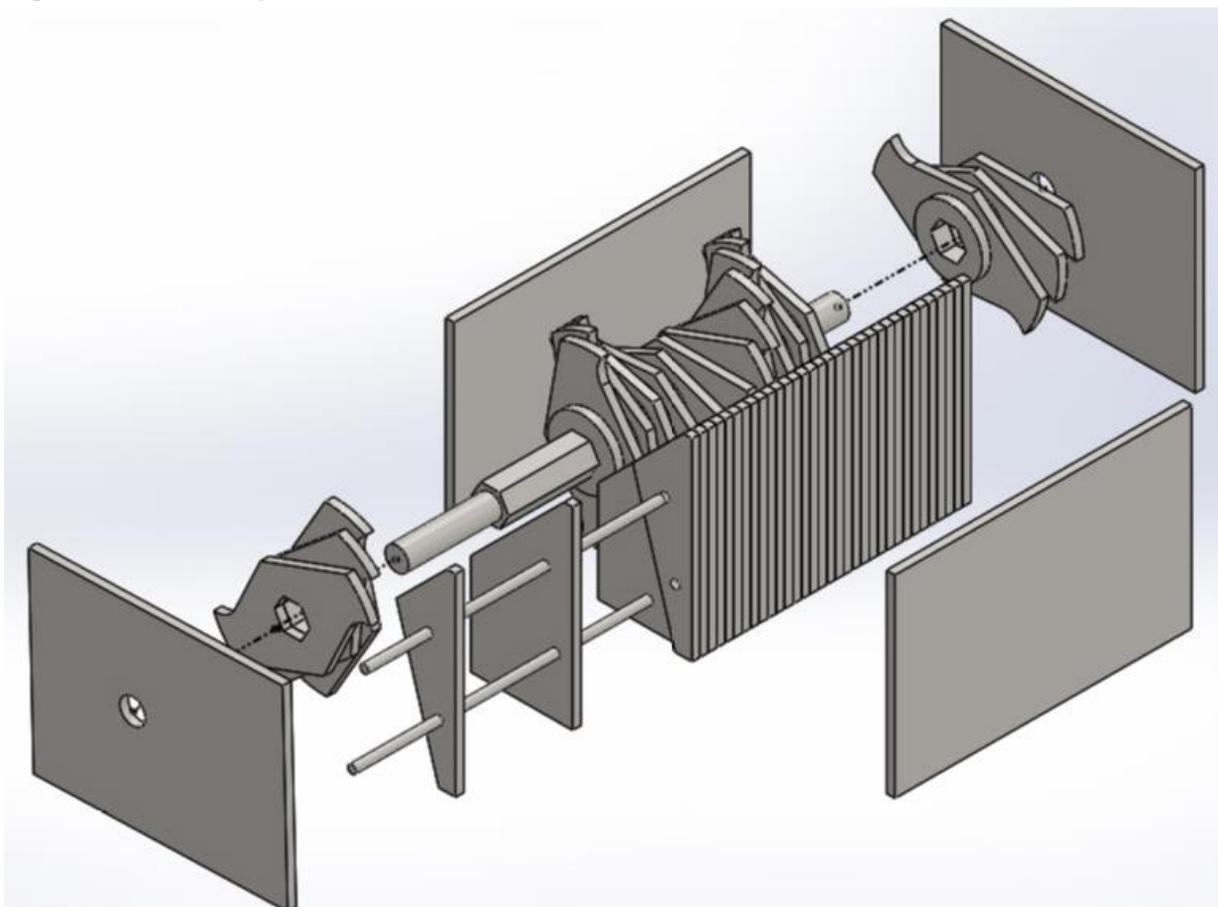
Monta-se as Facas Móveis na parte hexagonal do Eixo, alterando entre modelo A, B e C, com todos os espaçadores voltados para a mesma direção, a cada três facas fixas, deve-se girá-las no próximo encaixe do sextavado, formando um helicoidal. A última Faca Móvel deverá ser a de modelo A sem espaçador, que fará par com uma Faca Fixa Pequena. Com todas as Facas Móveis posicionadas pode-se utilizar as Laterais da Caixa como apoio.

Posiciona-se as Facas Fixas em relação às Facas Móveis para ajustar a folga e termina-se de montar a caixa.

São utilizadas 5 Facas Móveis tipo A, 1 Faca Móvel tipo A sem espaçador, 6 Facas Móveis tipo B, 6 Facas Móveis tipo C, um Eixo sextavado, 18 Facas Fixas Pequenas, 17 Facas Fixas Grandes, 2 Barras Trefiladas $\text{Ø}5 \times 175$ mm, 2 Laterais da Caixa e 2 Frentes da Caixa.

Na Figura 71 é mostrada uma vista explodida com todas as peças do triturador.

Figura 71 – Vista Explodida do Triturador



Fonte: Autoria Própria (2019)

5.8 ANÁLISE DE CUSTOS DA FABRICAÇÃO

O custo da fabricação pode ser dividido em três categorias, custo de matéria-prima, custo de utilização da máquina e custo de ferramenta.

5.8.1 Custo de Matéria-prima

O custo de matéria-prima é relativo à quantidade de material bruto necessária para a fabricação das peças. Foram utilizados três tipos de materiais, tarugo de cobre eletrolítico de diâmetro duas polegadas, tarugo de aço SAE 1045 de diâmetro quatro polegadas e chapa de aço A36 de espessura cinco milímetros. A quantidade de

material utilizada relativa a cada peça, seus respectivos custos de matéria-prima e seu custo total são mostrados no Quadro 10.

Quadro 10 – Custo de matéria-prima para a fabricação das peças do triturador

Peça	Matéria-Prima	Medida	R\$/medida	Custo total (R\$)
Eletrodo	Tarugo Cobre Eletrolítico Ø2"	53 mm	1,23 R\$/mm	65
Facas Móveis	Tarugos SAE1045 Ø4"	3x145 mm	0,052 R\$/mm	22,62
Faca Fixa Grande	Chapa A36 #5mm espessura	914x62 + 732x62 mm	0,0168 R\$/cm ²	17,14
Faca Fixa Pequena	Chapa A36 #5mm espessura	962x54 mm	0,0168 R\$/cm ²	8,73
Caixa	Chapa A36 #5mm espessura	650x115 mm	0,0168 R\$/cm ²	12,56

Fonte: Autoria Própria (2019)

Somando os custos de matéria-prima, obtém-se um valor de R\$126,05.

5.8.2 Custo de Hora Máquina

Os valores de utilização para cada máquina foram fornecidos pela UTFPR campus Ponta Grossa, sendo uma aproximação de um valor real. É desprezado os custos de amortização das máquinas por se tratar de maquinário de uma instituição pública.

Quadro 11 – Valores de Utilização das Máquinas e de Operações na UTFPR-PG

Máquina:	Torno Mecânica	Fresadora Ferramenteira	Eletroerosão	Guilhotina
Taxa custo (R\$/h)	15	20	40	15

Fonte: UTFPR (2019)

Foi estimado um tempo de fabricação para cada peça através da Equação 6.

$$t_{\text{fabricação}} = t_{\text{corte}} + t_{\text{movimentação}} + t_{\text{ajuste ferramenta}} + t_{\text{referencia}} + t_{\text{ajuste peça}} \quad (6)$$

Sendo t_{corte} o tempo em que a ferramenta está retirando material, $t_{\text{movimentação}}$ o tempo de movimentação da ferramenta em que não está retirando material que foi estimado como metade do tempo de corte, já que todos os processos são manuais. O $t_{\text{ajuste ferramenta}}$ é o tempo de ajuste de ferramenta na fixação da máquina quando é realizada uma troca de ferramenta, foi estimada como 1 minuto por troca. O $t_{\text{referencia}}$ é referente ao tempo que leva para referenciar a ferramenta à peça,

foi estimado como 2 minutos por referência. O $t_{ajuste\ peça}$ está relacionada a toda vez que se deve fixar a peça na máquina, estimado como 40 segundos por ajuste e 90 segundos por giro de morsa.

Os tempos de fabricação em segundos de todas as peças fabricadas no torno são mostrados no Quadro 12.

Quadro 12 – Tempos em segundos estimados para todas as peças de fabricação no Torno

Peça	t_{corte}	$t_{movimentação}$	$t_{ajuste\ ferramenta}$	$t_{referencia}$	$t_{ajuste\ peça}$	$t_{fabricação}$
Eletrodo	112	56	360	240	40	808
Facas Móveis	1809	905	1800	720	40	5274
Eixo	30	15	60	240	80	425

Fonte: Autoria Própria (2019)

Somando os valores de $t_{fabricação}$ é obtido um tempo de utilização do torno de 6507 segundos, ou seja, 109 minutos.

Da mesma maneira foram estimados os tempos na utilização da fresadora, mostrados no Quadro 13.

Quadro 13 - Tempos em segundos estimados para todas as peças de fabricação na Fresadora

Peça	t_{corte}	$t_{movimentação}$	$t_{ajuste\ ferramenta}$	$t_{referencia}$	$t_{ajuste\ peça}$	$t_{fabricação}$
Eletrodo	336	168	60	720	240	1524
Facas Móveis	4455	2228	180	1440	510	8813
Facas Fixas Grande	1549	775	2220	2640	970	8154
Facas Fixas Pequena	2967	1484	2220	2880	1050	10601
Laterais Caixa	20	10	720	120	80	950

Fonte: Autoria Própria (2019)

Somando os valores de $t_{fabricação}$ é obtido um tempo de utilização da fresadora de 30041 segundos, ou seja, 8 horas e 20 minutos.

O tempo de utilização da eletroerosão foi estimada a partir da taxa de remoção de material de 224 mm³/min. Apenas se é utilizada na fabricação dos furos hexagonais das facas móveis, logo 26 minutos por módulo. Como serão fabricados três módulos, tem-se um total de 78 minutos da máquina de eletroerosão.

O tempo de utilização da guilhotina é estimado pelo número de cortes feitos. Estima-se cerca de 60 segundos por corte. Os números de cortes com seus tempos relativos em segundos são mostrados no Quadro 14.

Quadro 14 – Tempos em segundos estimados para todas as peças de fabricação na Guilhotina

Peça	Número de Cortes	$t_{fabricação}$
Facas Fixas Grandes	22	1320
Facas Fixas Pequenas	20	1200
Caixa	5	300

Fonte: Autoria Própria (2019)

Somando os valores de $t_{fabricação}$ é obtido um tempo de utilização da guilhotina de 2820 segundos, ou seja, 47 minutos.

O custo de hora máquina é calculado multiplicando a taxa de custo de cada máquina por seu tempo de utilização e são explicitados no Quadro 15.

Quadro 15 – Custos da utilização das Máquinas

Máquina	Taxa Custo (R\$/h)	Tempo Utilizado (min)	Custo Total (R\$)
Torno	15,00	109	27,25
Fresadora	20,00	500	166,67
Eletroerosão	40,00	78	52,00
Guilhotina	15,00	47	11,75

Fonte: Autoria Própria (2019)

Somando os custos referentes às máquinas obtém-se um valor de R\$257,67.

5.8.3 Custo de Ferramenta

O custo de ferramenta é baseado no desgaste e na vida útil de cada ferramenta utilizada. É estimada uma vida útil para cada ferramenta através da plataforma ToolGuide do fabricante de pastilhas para usinagem Sandvik. Nesta, foram configurados os parâmetros de corte mais prejudiciais para a vida da ferramenta utilizados no processo de fabricação do triturador. Despreza-se as furações realizadas pelas brocas, pois são insignificantes perto da vida útil delas. Por ser uma estimativa de custo mínimo, conta-se que nenhuma das brocas irá quebrar. Também foi calculado o comprimento total utilizado por cada ferramenta para estimar quanto da ferramenta foi gasto. Os valores de vida útil referentes a cada ferramenta e a quantidade utilizada na fabricação de todo o triturador são mostrados no Quadro 16.

Quadro 16 – Vida útil e quantidade utilizada de cada ferramenta

Ferramenta	Vida Útil (mm)	Comprimento Utilizado (mm)	Porcentagem de uso (%)
T01	4090	1403	34,30
T02	13800	2575	18,66
F01	21950	4256	19,39
F02	56000	2100	3,75

Fonte: Autoria Própria (2019)

O custo relativo às ferramentas é calculado pela porcentagem de uso da ferramenta multiplicado pelo custo da ferramenta. No Quadro 17 é apresentado o preço relativo a cada ferramenta. As ferramentas T01 e T02 possuem uma pastilha, a ferramenta F01 possui três pastilhas e a ferramenta F02 é inteiriça de aço rápido. Os preços foram coletados de revendedores na internet, desprezando valores de frete.

Quadro 17 – Custo relativo para cada ferramenta utilizada

Ferramenta	Preço por Ferramenta (R\$)	Porcentagem de Uso (%)	Custo (R\$)
T01	17,00	34,30	5,83
T02	63,90	18,66	11,92
F01	42,00	19,39	8,14
F02	236,30	3,75	8,86

Fonte: Autoria Própria (2019)

Totaliza-se um custo de ferramenta de R\$34,76.

5.8.4 Custo Total por Peça

Pode-se calcular os custos referentes à matéria-prima, utilização das máquinas e por desgaste de ferramenta relativos na fabricação de cada tipo de peça. Os resultados são mostrados no Quadro 18.

Quadro 18 – Custos por fabricação de cada tipo de peça

Peça	Matéria-prima (R\$)	Máquina (R\$)	Desgaste Ferramenta (R\$)	Total (R\$)
Eletrodo	65,00	11,67	2,44	79,11
Facas Móveis	22,62	160,26	18,73	201,61
Facas Fixas Grandes	17,14	50,30	6,56	74,00
Facas Fixas Pequenas	8,73	58,89	7,03	74,65
Caixa	12,56	6,36	Desprezível	18,92

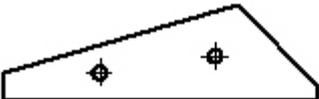
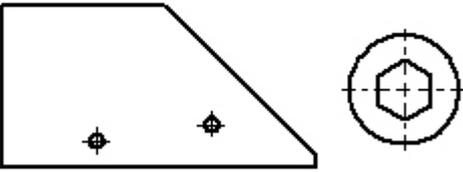
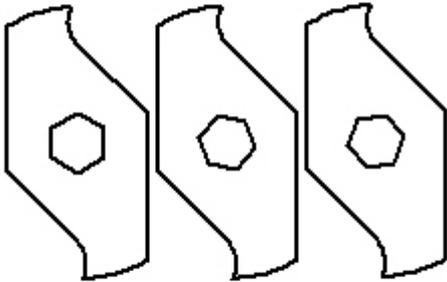
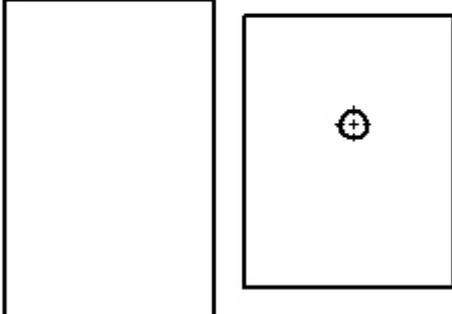
Fonte: Autoria Própria (2019)

Como o Eletrodo só foi fabricado para a manufatura das Facas Móveis, pode-se incorrer seu custo ao custo das Facas Móveis, logo tem-se um custo total de R\$280,72 para as 18 Facas Móveis.

6 PROJETO TERCEIRIZADO

Como o projeto descrito no Item 5 foi baseado em um projeto cuja fabricação é feita por corte de chapas à Laser ou Plasma em máquinas CNC, tem-se a opção de realizar um projeto muito similar, porém todo em corte de chapa. Para isso a única modificação a ser feita é transformar as facas móveis em duas peças, uma a faca móvel e a outra o espaçador.

Figura 72 – Peças e Quantidades necessárias de cada no corte

Qtd.	Perfil da Peça
18	
17	
6	
2	

Fonte: Aatoria Própria (2019)

Se totaliza um perímetro total de 22544 milímetros e uma área total de 284788 mm².

O eixo deverá ser feito da mesma forma que descrito no item 5.6, além disso é requerido duas barras de aço SAE 1045 trefiladas de diâmetro 5 milímetros e comprimento de 175 milímetros.

Foi realizado um orçamento para corte a plasma com a Metalúrgica Schiffer, eles apenas tinham disponível chapas de aço SAE 1020 na espessura de 3/16 polegadas, isto é, 4,76 milímetros. Os valores de material e serviço de corte referentes a cada peça estão explícitos no Quadro 19, totalizando um custo de R\$689,42 para todas as peças do triturador.

Quadro 19 - Orçamento no Corte a Plasma da Metalúrgica Schiffer

Peça	Quantidade	Material (R\$)	Serviço Corte (R\$)	Custo Total (R\$)
Faca Móvel	18	27,10	147,40	174,50
Espaçador	17	8,03	120,60	128,63
Faca Fixa Grande	17	34,63	120,60	155,23
Faca Fixa Pequena	18	21,39	127,30	148,69
Caixa Frente	2	11,88	26,80	38,68
Caixa Lateral	2	10,19	33,50	43,69

Fonte: Metalúrgica Schiffer (2019)

Foi realizado outro orçamento a laser na empresa FeX. O corte foi planejado em chapa de aço SAE 1020 com 3/16" de espessura, ou seja, 4,76 milímetros, totalizando um valor de R\$283,99. Os valores por tipo de peça incluindo o serviço de corte e material somados estão expostos no Quadro 20.

Quadro 20 – Orçamento no Corte a Laser da Metalúrgica FeX

Peça	Quantidade	Custo Material + Serviço (R\$)
Faca Móvel	18	68,86
Espaçador	17	24,14
Faca Fixa Grande	17	84,49
Faca Fixa Pequena	18	57,51
Caixa Frente	2	26,27
Caixa Lateral	2	22,72

Fonte: Aatoria Própria (2019)

7 COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES PROJETOS

É possível comparar os diferentes projetos em vários aspectos, como custo total, custo por peça, tempo de projeto, tempo de fabricação, diferença de acabamento, diferença de tolerância dimensional, limitações dos processos de fabricação e consequências no desempenho do triturador.

É mostrado no Quadro 21 o preço por peça referente à fabricação no laboratório da UTFPR, no corte a plasma pela metalúrgica Schiffer e no corte a laser pela Metalúrgica FeX. O custo do Eletrodo é agregado ao custo das Facas Móveis quando fabricado na UTFPR, assim como o custo dos Espaçadores nos cortes a laser e a plasma.

Quadro 21 – Comparação de Orçamentos das Peças do Triturador entre Diferentes Fontes

Peça	UTFPR: Diversos Processos (R\$)	FeX: Laser (R\$)	Schiffer: Plasma (R\$)
Facas Móveis	280,72	93,00	303,13
Facas Fixas Grandes	74,00	84,49	155,23
Facas Fixas Pequenas	74,65	57,51	148,69
Caixa	18,92	48,99	82,31
Total	448,29	283,99	689,36

Fonte: Autoria Própria (2019)

Para fabricar na UTFPR foi necessária a utilização de quatro máquinas, quatro ferramentas e dez diferentes brocas, totalizando um tempo de uso de maquinário de 12 horas e 14 minutos. O tempo de planejamento de fabricação necessário foi de aproximadamente uma semana a mais do que o necessário para a fabricação em laser ou a plasma, pois foi necessário adaptar o projeto às limitações das máquinas e ferramentas, verificar quais materiais estavam disponíveis e planejar os parâmetros de corte. Em processos de usinagem tradicionais sem CNC a geometria irregular é uma limitação, o que causou a necessidade de adaptar a geometria da Faca Móvel à linhas retas e a ponta da faca ser o resultado do diâmetro da fresa, assim como a necessidade de fabricar as Facas Fixas Grandes com paralelismo dos lados, o que dificulta a montagem de uma peneira rente às lâminas do triturador. Isto facilitaria a realimentação automática dos materiais plásticos ainda muito grandes para passar na peneira.

Em espessuras de cinco milímetros pode-se dizer que em processos de usinagem tradicionais é possível conseguir melhores acabamentos superficiais que em cortes a laser e a plasma, respectivamente. Em fresamento e torneamento é possível realizar orifícios de qualquer diâmetro, limitado apenas às dimensões da ferramenta, logo é mais usual orifícios com dimensão padrão. O tempo de projeto nos cortes a laser e a plasma é relativamente menor se comparado ao realizado na UTFPR, já que não é necessário planejar parâmetros de fabricação. O tempo de fabricação é realmente menor, com tempo de corte inferior a uma hora, porém por se tratar de uma terceirização apenas seria possível coletá-los no dia seguinte.

Em cortes a laser e a plasma é de livre a escolha da geometria plana, podendo assumir contornos complexos, melhorando a eficiência de corte das facas e reduzindo massa. É possível realizar furos de qualquer diâmetro, no corte a laser é possível produzir orifícios com razão diâmetro-espessura inferior a 1:1, porém no corte a plasma é difícil realizar o corte de orifícios com diâmetro menor que o da chapa, sendo necessário o aumento do diâmetro dos furos guias nas Facas Fixas. Quanto à tolerância dimensional, em cortes a plasma é inerente a produção de uma angularidade na chapa a ser cortada. No corte a plasma podem ser produzidos chanfros de 1 a 3 graus na chapa a ser cortada (HYPERTHERM, 2019), como a chapa é de 5 milímetros, há um desvio máximo de 0,26 milímetros no perímetro da peça. Este desvio não necessariamente seria um problema no desempenho das facas, inclusive, uma angulação pode gerar maior pressão de corte por conseguir perfurar melhor o material.

8 CONCLUSÃO

A fabricação do triturador nas dependências da UTFPR se mostrou mais barato se comparado ao orçamento a plasma e mais caro se comparado ao orçamento de corte a laser. Além disto, mostrou limitações de geometria no *design* das Facas Móveis e Facas Fixas Grandes. As Facas Móveis são responsáveis por 62,6% do custo de fabricação do triturador e por cerca de 35% do tempo de fabricação, além de ter sido responsável pela maior demanda de projeto de adaptação nos planejamentos de fabricação e ser o elemento principal do triturador. Logo, seria interessante a terceirização do serviço de corte das Facas Móveis e das Facas Fixas em corte a laser, já que possui um custo inferior, acelera a manufatura e abre à possibilidade de se fazer geometrias curvas.

Vale ressaltar que devido à complexidade de fabricação nas dependências da UTFPR e por conter muitos processos, muitas vezes individuais, é aberta a possibilidade de erros dimensionais e geométricos, que poderiam acarretar desbalanceamento do eixo e possíveis choques das pontas das Facas Móveis com as Facas Fixas. Por isso é necessário montar a caixa apenas ao final para ajustar a distância entre as facas. No corte CNC a laser este risco é minimizado consideravelmente.

Por se tratar de um órgão público foi desconsiderado possíveis gastos com mão-de-obra. Ao serem considerados, fazendo uma analogia a uma indústria, o custo de fabricação utilizando processos de fabricação convencionais aumentaria. Também foi analisada apenas a produção de uma unidade de triturador, se no caso fosse feita uma produção em lote de vários trituradores, o tempo de fabricação implicaria em vários custos de estoque e exigiria um mais complexo planejamento de produção.

Caso o corte das Facas Móveis, Espaçadores e Facas Fixas fossem cortados no laser, enquanto que a Caixa fosse feita nas dependências da UTFPR, aplicando assim uma produção mista, o triturador resultaria em um custo final de R\$253,92, isto é, 43% mais barato que se fabricado apenas na UTFPR e 10,5% mais barato que se cortado apenas no laser.

9 TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista que o triturador é interessante às necessidades letivas da UTFPR-PG, como trabalhos futuros elenca-se:

- Projetar os mancais de apoio do eixo, adaptação de uma peneira, coifa de alimentação, adaptar a fixação da caixa em um modelo desmontável;
- Construir o triturador seguindo o projeto descrito nas dependências da Universidade ou terceirizado;
- Realizar testes de desempenho verificando quais materiais é possível triturar;
- Realizar testes de torque e comparar eficiência de diferentes configurações das lâminas, por exemplo, montando-as em V, alinhadas ou helicoidal.

REFERÊNCIAS

3D FILA. **Guia de Impressão 3D**. Disponível em: <<https://3dfila.com.br/impressao-com-petg-xt-facil-com-guia-de-impressao-exclusivo-3d-fila/>>. Acesso em: 09 jun. 19.

ANDRADE, R. A. **Projeto e Fabricação de um Protótipo de um Triturador Shredder para Trituração de Materiais Termoplásticos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

CANEVAROLO, JR; SEBASTIÃO, V. **Ciência dos polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

CUNICO, M. W. M. **Impressoras 3D: O novo meio Produtivo**. 1 ed. Curitiba: Concep3D, 2014.

EKMAN, R. **Development of a Plastic Shredder**. Dissertação (Mestrado) – Faculty of Engineering LTH, Lund University. Lund, 2018.

ELLIS, W. H. III. **Patente US5102057A**: Automatic Plastic Crusher Apparatus. United States, 1991.

ENGEMAQ. **Parâmetros de Eletroerosão**. Engemaq, 2002.

EVANS, B. **Practical 3D Printers**: The Science and Art of 3D Printing. 1. ed. Nova York: Apress, 2012.

FINEGAM, E. J. **Patente US1980193A**: Chip Cutter. United States, 1934.

GUITRAU, E. P. **The EDM handbook**. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 1997.

HYPERTHERM. **Angularidade de Corte no Plasma**. Disponível em: <<https://www.hypertherm.com/pt/customer-support/getting-the-most-from-your-products/cut-quality/cut-angularity/?region=SART>>. Acesso em: 09 jun. 19.

MANO, E. B; PACHECHO, E. B. A. V; BONELLI, C. M. C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PARKER, J. W. **Patente US7546965B1**: Domestic Plastic Bottle Shredder. United States, 2007.

PRECIOUS PLASTIC. **Shredder Machine**. Disponível em: <<https://preciousplastic.com/en/videos/build/shredder.html>>. Acesso em: 15 mai. 19.

SANDVIK. **ToolGuide**. Disponível em: <<https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/products/Pages/toolguide.aspx>>. Acesso em: 08 jun. 19.

SANTOS, Irapuan. **Análise dos Parâmetros de Entrada na Eletroerosão de Penetração da Liga de Titânio TI-6AL-4V**. Curitiba: UTFPR, 2010.

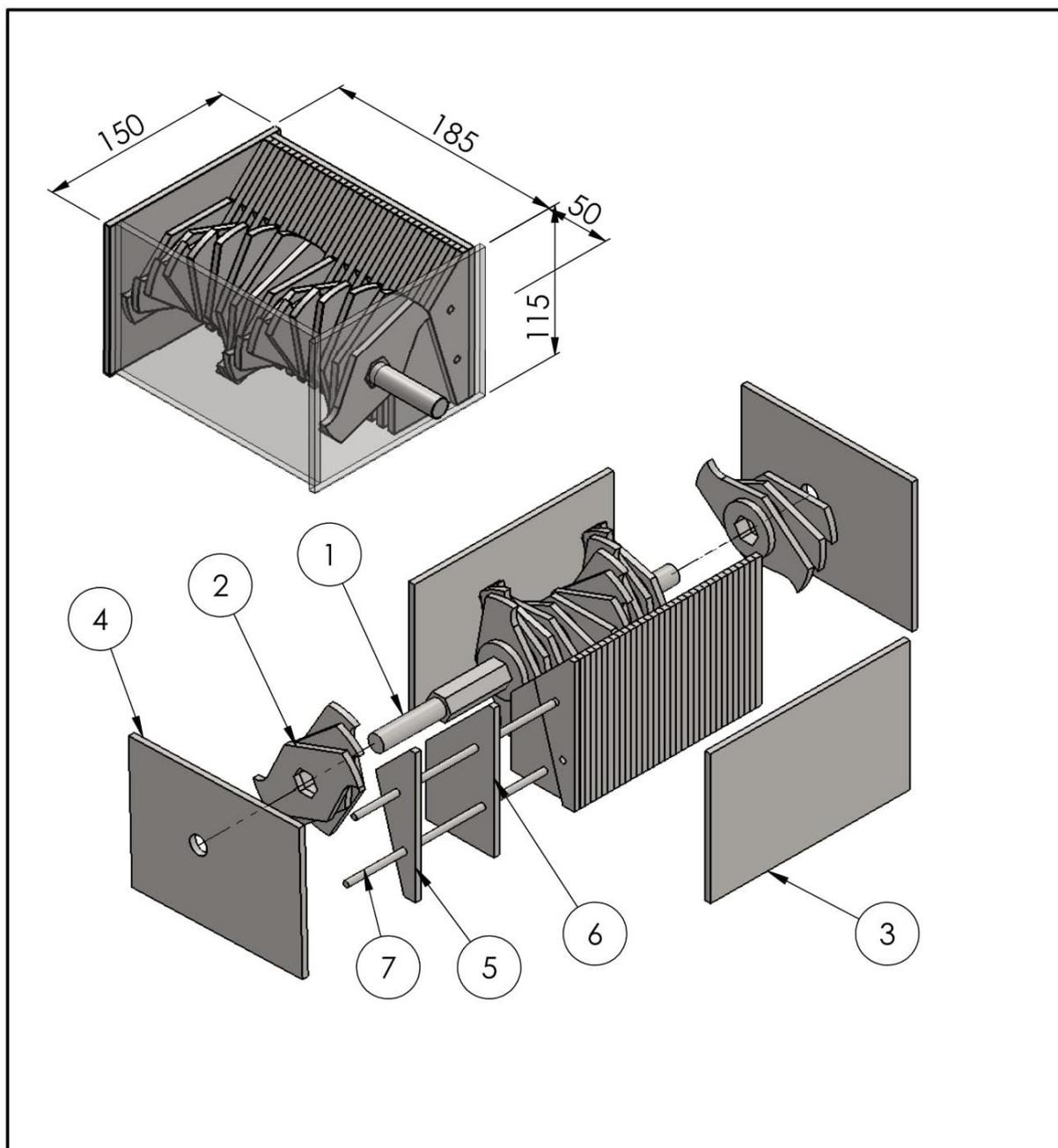
SHACKELFORD, J. F. **Introdução à ciência dos materiais para engenheiros**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

SOUZA, A. J. **Apostila Processos de Fabricação por Usinagem**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2011.

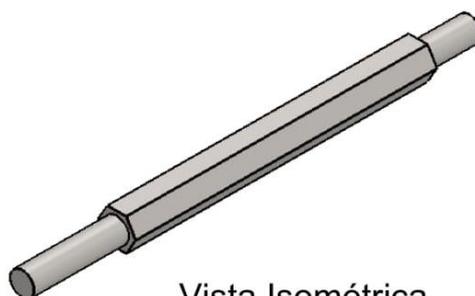
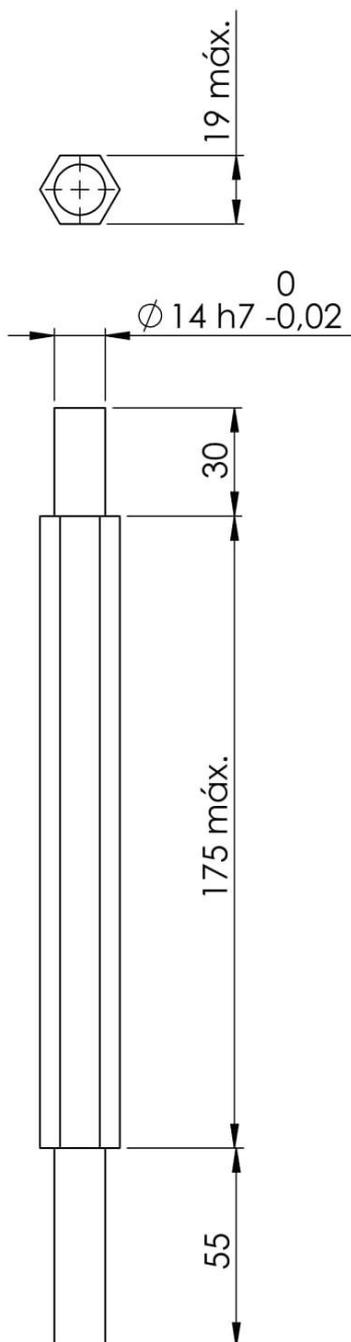
STEMMER, C. E. **Ferramentas de corte II**: brocas, alargadores, ferramentas de roscar, fresas, brochas, rebolos e abrasivos. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1995.

STEPHENSON, D. A. **Metal Cutting Theory and Practice**. 2. ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.

APÊNDICE A - Planos Técnicos do Triturador

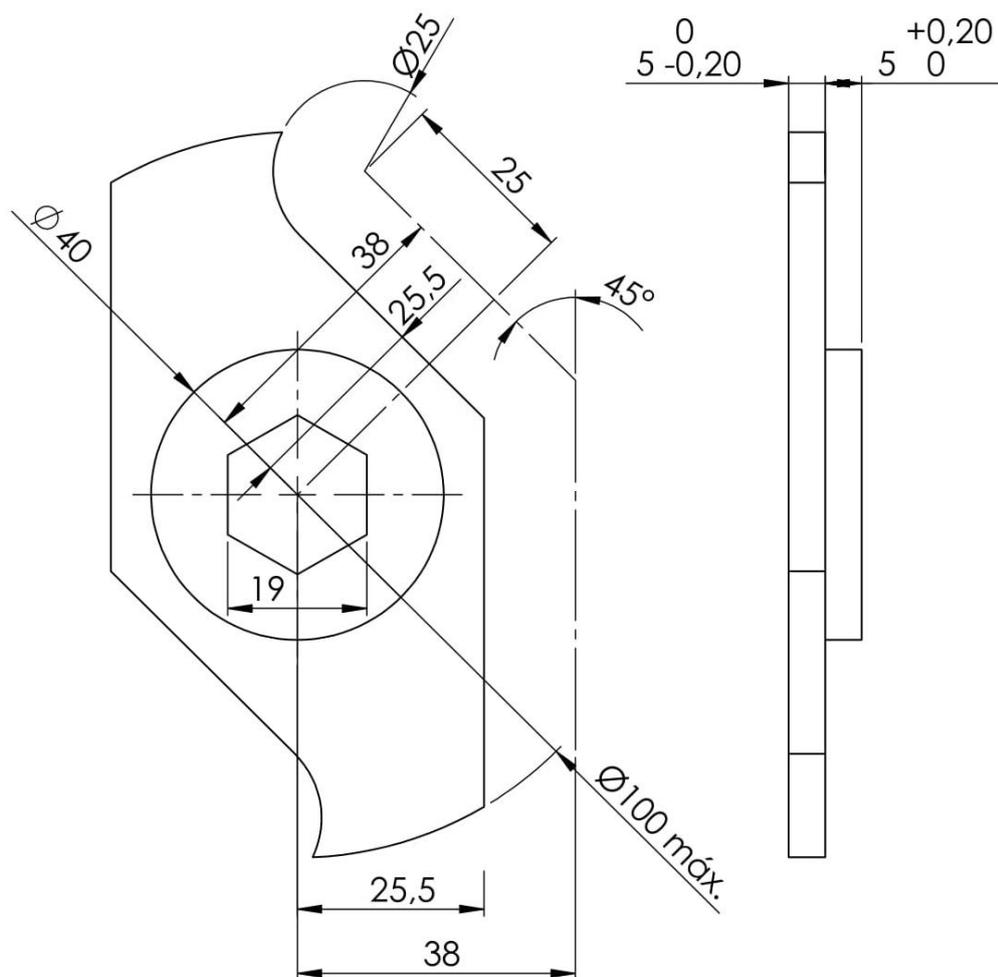


Desenho	Nome da Peça	QTD.
1	Eixo	1
2	Facas móveis	18
3	Frente Caixa - Chapa #5 x 115 x 175 mm - Aço A36	2
4	Lateral Caixa	2
5	Faca Fixa Pequena	18
6	Faca Fixa Grande	17
7	Barra Trefilada Ø5x175mm - Aço SAE 1045	2
Triturador Shredder		Desenho Nº 00
		Data: 07/06/2019
Material: Aço A36 / SAE 1045		Massa: 11,7kg
Desenhista: Ricardo Schwab		Escala 1:4
		
		A4



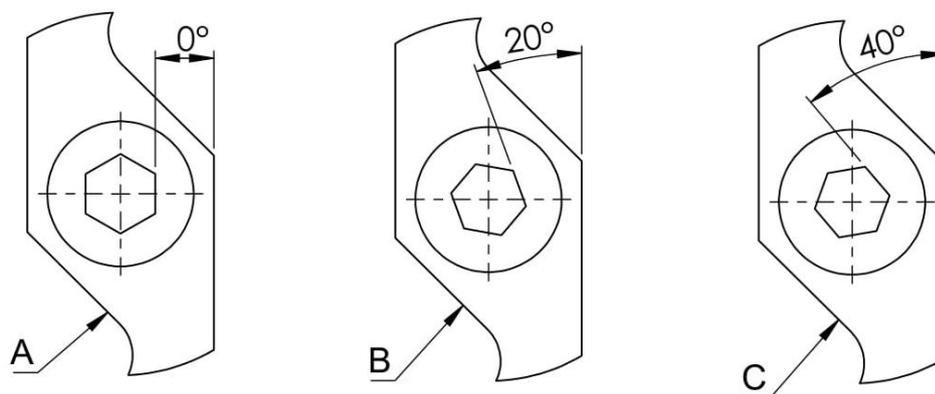
Vista Isométrica
Escala 1:3

EIXO	Desenho N° 01	Data: 15/05/2019
Material: Aço SAE 1045	Massa: 530g	Escala 1:2
Desenhista: Ricardo Schwab		A4

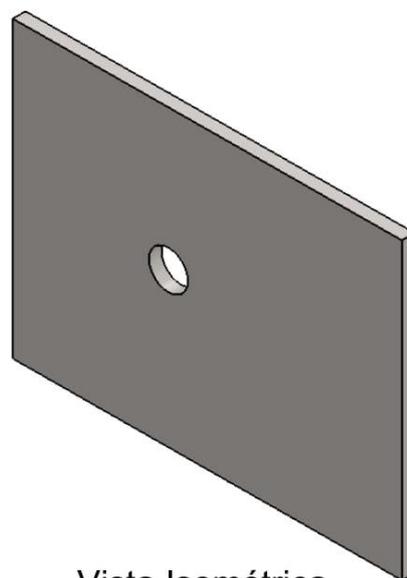
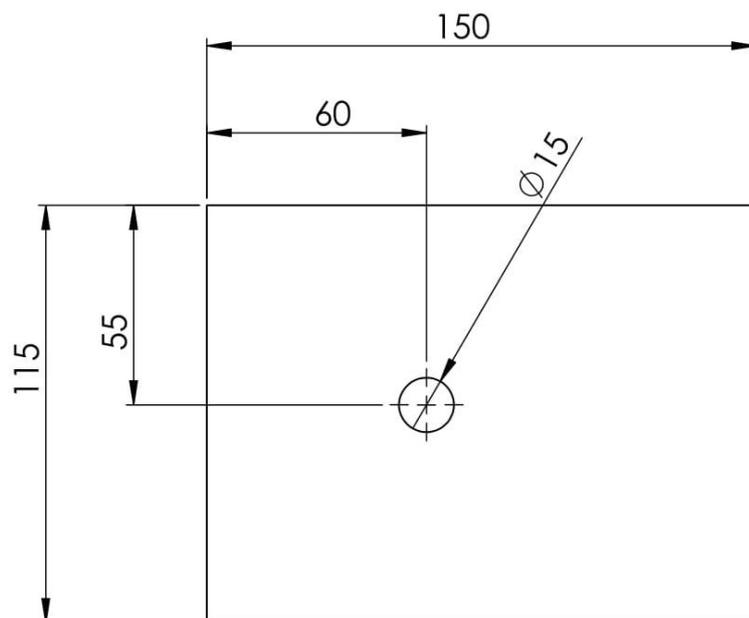


Diferença das facas móveis A, B e C:

Escala 1:2

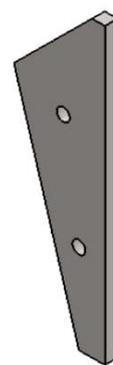
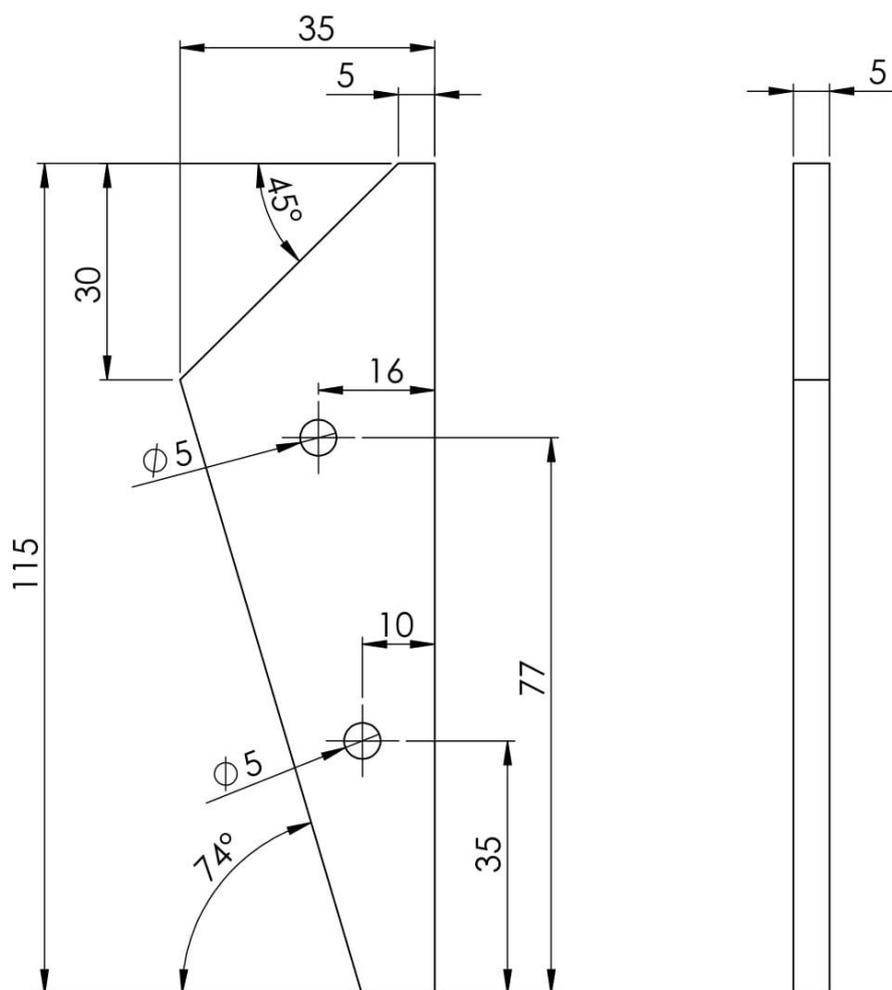


FACAS MÓVEIS	Desenho N°	Data:
	02	15/05/2019
Material: Aço SAE 1045	Massa: 166g	Escala 1:1
Desenhista: Ricardo Schwab		A4

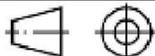


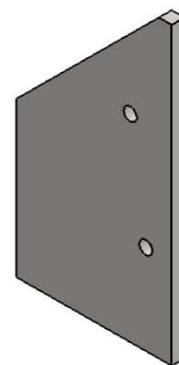
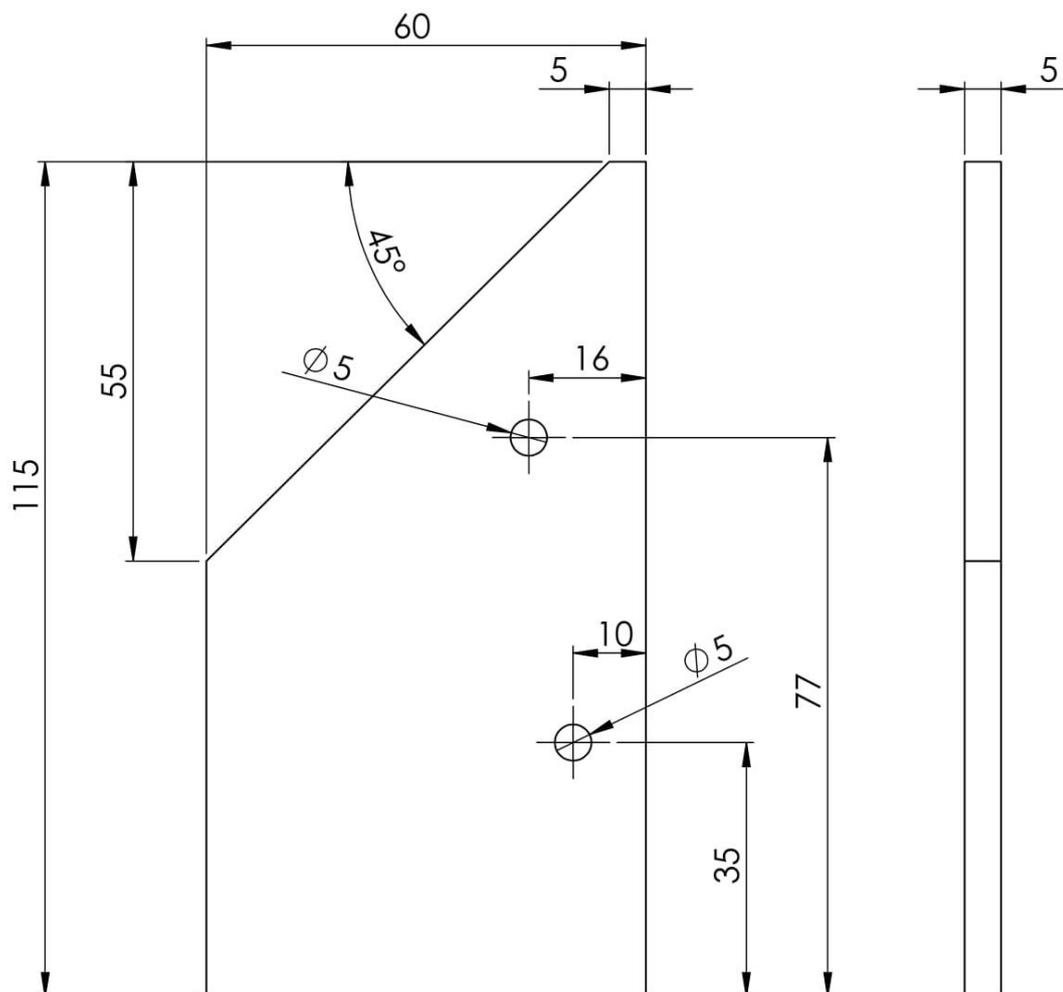
Vista Isométrica
Escala 1:2

LATERAL CAIXA	Desenho N° 04	Data: 07/06/2019
Material: Aço A36	Massa: 665g	Escala 1:1
Desenhista: Ricardo Schwab	 	A4

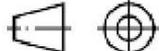


Vista Isométrica
Escala 1:2

FACA FIXA PEQUENA	Desenho N° 05	Data: 23/05/2019
Material: Aço A36	Massa: 96g	Escala 1:1
Desenhista: Ricardo Schwab		A4



Vista Isométrica
Escala 1:2

<p>FACA FIXA GRANDE</p>	<p>Desenho N° 06</p>	<p>Data: 23/05/2019</p>
<p>Material: Aço A36</p>	<p>Massa: 208g</p>	<p>Escala 1:1</p>
<p>Desenhista: Ricardo Schwab</p>		<p>A4</p>