CENTRO UNIVERSITÁRIO RITTER DOS REIS

EVANDRO LUIZ SOARES ANDRADE

# PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE UMA GUILHOTINA PARA O CORTE DO FINAL DE BOBINAS EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Canoas

2022

**EVANDRO LUIZ SOARES ANDRADE**

# PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE UMA GUILHOTINA PARA O CORTE DO FINAL DE BOBINAS EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Ritter dos Reis, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Manoel Henrique Alves, Me.

Canoas

2022

**EVANDRO LUIZ SOARES ANDRADE**

**PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE UMA GUILHOTINA PARA O CORTE DO FINAL DE BOBINAS EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Ritter dos Reis.

_____, _____ de _____ de 20____.

Local dia mês ano

_____

Prof. e orientador Manoel Henrique Alves, Me.

Centro Universitário Ritter dos Reis

_____

Prof. João Vinícius Vares, Dr.

Centro Universitário Ritter dos Reis

## AGRADECIMENTOS

A minha mãe Marilze (*in memorian*), que sempre esteve ao meu lado, mesmo quando não estava mais neste plano.

Ao meu pai Emo, que sempre me cobrou a formação superior, me ajudando de todas as formas para que esta etapa fosse concluída como fiador dela.

Agradeço a minha esposa Fabiane que além de cuidar da manutenção do lar, enquanto eu permanecia ocupado nesta fase de estudos, foi capaz de me incentivar todos os dias. Muito obrigado por me ajudar a realizar este sonho.

Aos meus meninos Murilo e Miguel. Que isso possa ser um dos meus legados para vocês: a busca sempre pelo conhecimento e a importância do estudo.

A minha família que sempre me apoiou em todos os momentos para que esta etapa fosse realizada.

Aos meus professores do SENAI de Eletromecânica, que despertaram em um garoto de 14 anos a paixão pela mecânica industrial e muito mais que formar um profissional para indústria, ajudaram a preparar um menino para a vida.

Aos meus tios avós Glória e Flávio (*in memorian*), pela ajuda em minha criação e por serem tão amorosos comigo, sempre me ajudando em todos os momentos.

A minha madrinha Andrea, um exemplo do que é ser uma segunda mãe. Talvez tenha sido a pessoa que mais me cobrou o estudo. Muito obrigado!

Agradeço a empresa General Motors, por todas as oportunidades de aprendizado e crescimento profissional cedidas. Aos meus amigos e colegas que compartilharam comigo durante esses quinze anos de jornada, todo o seu conhecimento profissional. Se hoje eu sou o profissional que me tornei, devo a cada um de vocês.

A todos os colegas e amigos da Uniritter, que sempre me ajudaram em todos os momentos em que isso foi necessário. Muito sucesso a todos!

“Se eu fui capaz de ver mais longe foi por estar de pé nos ombros de gigantes”

(ISAAC NEWTON)

## RESUMO

Este Trabalho tem como objetivo mostrar as etapas envolvidas no projeto de construção de uma guilhotina para o corte do final de bobinas em uma indústria automotiva. Com a recente alta no preço do aço no cenário global, as empresas do ramo metalúrgico cada vez mais procuram alternativas para reduzir os seus custos. Uma das alternativas encontradas por uma indústria automotiva, foi a fabricação e instalação de uma guilhotina no final do processo de corte de chapas para posterior conformação em prensas, chamado *Blanking Line.* Neste processo havia uma grande quantidade de rejeito de chapas de bobina que mantinham as suas características e propriedades mecânicas intactas, mas eram descartadas como sucata não nobre para posterior venda a empresa sucateira. Visando este potencial de comercialização, foi projetado uma guilhotina de corte para ser instalada no final do processo do equipamento *Blanking Line*. Toda a parte estrutural foi projetada, usinada e montada pelo time de ferramentaria da empresa automotiva, sendo o resultado obtido deste projeto totalmente satisfatório.



Palavras-chave: Guilhotina. Chapa de aço. Força de corte. Industria automotiva.

**ABSTRACT**

This work aims to show the steps involved in the construction project of a crop shear for cutting final coils in an automotive industry. With the recent rise in steel prices on the world stage, companies in the metallurgical sector are increasingly looking for alternatives to reduce their costs. One of the alternatives for an automotive industry was the manufacture and installation of a crop shear at the end of the sheet cutting process for subsequent press conformation, called Blanking Line. In this process, there were many tailings from coil sheets that kept their characteristics and mechanical properties intact but were discarded as non-noble scrap for later sale to the scrap company. Aiming at this commercialization potential, a cutting shear was designed to be installed at the end of the Blanking Line equipment line. The entire structure was designed, machined, and assembled in the company by the tool and die team, and the result obtained from this project was totally satisfactory.

Key words: Crop shear. Steel sheet. Cutting force. Automotive industry.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES


Figura 1 — Equipamento *Blanking Line*..... 15
Figura 2 — Descarte do final de bobina..... 16
Figura 3 — Fases do corte por cisalhamento..... 19
Figura 4 — Principais elementos de um corte por guilhotina..... 19
Figura 5 — Guilhotina mecânica..... 21
Figura 6 — Guilhotina pneumática..... 22
Figura 7 — Guilhotina de acionamento hidráulico..... 23
Figura 8 — Comparativo entre as folgas de corte..... 25
Figura 9 — Redução da força de corte com a inclinação da aresta..... 26
Figura 10 — Guilhotina com faca inclinada..... 27
Figura 11 — Dureza para ferramentas fabricadas em aço AISI D2 e AISI D6.. 29
Figura 12 — Valor típico de 8° de inclinação da faca..... 34
Figura 13 — Valor de inclinação da ferramenta oscilante..... 35
Figura 14 — Pressão de trabalho unidade hidráulica..... 36
Figura 15 — Cilindro Parker utilizado no projeto..... 37
Figura 16 — *End of Line Blanking Line*..... 38
Figura 17 — Orçamento orientativo do fabricante do equipamento..... 39
Figura 18 — Listagem dos orçamentos orientativos..... 40
Figura 19 — Divisão dos subconjuntos modelamento guilhotina..... 41
Figura 20 — Detalhamento da divisão dos subconjuntos..... 41
Figura 21 — Usinagem na mandriladora CNC..... 43
Figura 22 — Usinagem no torno mecânico..... 44
Figura 23 — Usinagem na fresadora ferramenteira..... 46
Figura 24 — Processo de rosqueamento..... 47
Figura 25 — Soldagem da parte inferior..... 48
Figura 26 — Montagem dos subconjuntos..... 49
Figura 27 — Pente de folga e calço calibrado..... 50
Figura 28 — Simulação do ciclo de corte com o auxílio da ponte rolante..... 51
Figura 29 — Teste de corte com fita crepe marrom..... 51
Figura 30 — Conjunto guilhotina pintado..... 52
Figura 31 — Primeiro teste de corte com chapa..... 54
Figura 32 — Teste de corte guilhotina..... 54

Figura 33 — Teste com relógio comparador..... 55
Figura 34 — Teste com macaco com rosca..... 56
Figura 35 — Chapas cortadas na guilhotina..... 57
Figura 36 — Comparação entre sistemas de corte..... 59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Tabela classificação das chapas através da espessura..... 25
Tabela 2 — Diretrizes de seleção de aço para corte de chapas metálicas..... 29
Tabela 3 — Chapas utilizadas no processo de estampagem laminadas a frio 30
Tabela 4 — Listagem dos principais componentes estruturais da guilhotina... 38
Tabela 5 — Componentes usinados na mandriladora..... 43
Tabela 6 — Componentes usinados no torno mecânico..... 44
Tabela 7 — Componentes usinados na fresadora..... 45
Tabela 8 — Relação pressão – força para o cilindro escolhido..... 53
Tabela 9 — Relação pressão sistema mola gás – pressão de sujeição..... 53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AISI — *American Iron and Steel Institute*

CAD — *Computer Aided Design*

EOL — *End of Line*

ISO — *International Organization for Standardization*

GMDDS — *General Motors Die Design Standards*

## LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|---|---|
| cm — | Centímetros |
| D — | Diâmetro |
| HRC — | Dureza Rockwell |
| kgf — | Quilograma-força |
| mm — | Milímetros |
| MPa — | Mega Pascal |
| $\pi$ — | Número Pi, equivalente a 3,1416 |

**SUMÁRIO**


**1 INTRODUÇÃO..... 14**
**2 OBJETIVO DE PESQUISA..... 15**
2.1 OBJETIVO GERAL..... 16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 16
2.3 JUSTIFICATIVA..... 17
**3 REVISÃO DE LITERATURA..... 18**
3.1 PROJETO GUILHOTINA..... 18
3.2 CORTE POR CISALHAMENTO DE CHAPAS..... 18
**3.2.1 Guilhotinamento..... 19**
**3.2.2 Tipos de guilhotina..... 20**
3.2.2.1 Guilhotina mecânica..... 20
3.2.2.2 Guilhotina pneumática..... 21
3.2.2.3 Guilhotina hidráulica..... 22
3.3 PARÂMETROS DO PROCESSO DE CORTE..... 23
**3.3.1 Força de corte..... 23**
**3.3.2 Espessura da chapa..... 24**
**3.3.3 Folga de corte..... 25**
**3.3.4 Ângulo de corte..... 26**
**3.3.5 Pressão de sujeição..... 28**
**3.3.6 Materiais utilizados para corte..... 28**
**3.3.7 Características do material a ser cortado..... 30**
3.4 DESENHOS..... 30
**3.4.1 Desenho a mão livre..... 31**
**3.4.2 Computer aided design – CAD..... 31**
**4 METODOLOGIA..... 33**
4.1 CÁLCULO DA FORÇA DE CORTE..... 33
**4.1.1 Cálculo do ângulo real de inclinação da faca..... 34**
**4.1.2 Cálculo força de corte com facas inclinadas..... 35**
**4.1.3 Escolha do tipo de guilhotina..... 35**
**4.1.4 Escolha do atuador..... 36**
4.2 DESENHOS A MÃO LIVRE – CROQUIS..... 37
4.3 PRINCIPAIS COMPONENTES DA GUILHOTINA..... 38

4.4 VIABILIDADE TÉCNICA – ORÇAMENTOS..... 39
**4.4.1 Cost – saving..... 40**
4.5 MODELAMENTO EM CAD..... 40
4.6 GERAÇÃO DOS DESENHOS TÉCNICOS..... 42
4.7 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO..... 42
**4.7.1 Usinagem mandriladora CNC..... 42**
**4.7.2 Usinagens torno mecânico..... 44**
**4.7.3 Usinagens fresadora ferramenteira..... 45**
**4.7.4 Rosquemento..... 46**
4.8 COLUNAS E BUCHAS..... 47
4.9 FACAS DE CORTE..... 48
4.10 MONTAGEM DOS SUBCONJUNTOS..... 48
4.11 PRESSÃO DE SUJEIÇÃO..... 49
4.12 PASSAGEM DAS FACAS..... 49
4.13 MONTAGEM DO CONJUNTO GUILHOTINA..... 52
**5 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 53**
5.1 CAPACIDADE DE CORTE DA GUILHOTINA..... 53
**6 CONCLUSÃO..... 58**
**7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... 59**
**REFERÊNCIAS..... 60**
**APÊNDICE A – *TRIM AND PIERCE DIE DESIGN REQUIRIMENTS AND CHECKLIST*..... 62**
**APÊNDICE B – Levantamento do volume de material descartado como sucata no início de bobina..... 63**
**APÊNDICE C – Levantamento do volume de material descartado como sucata no final de bobina..... 64**
**APÊNDICE D – Estudo de viabilidade técnica..... 65**
**APÊNDICE E – Croquis do conjunto guilhotina..... 66**
**APÊNDICE F – Desenhos técnicos do conjunto guilhotina..... 73**
**ANEXO A – *GMDDS* 90.20.55..... 110**
**ANEXO B – *GMDDS* 90.20.51..... 112**
**ANEXO C – Parafusos com sextavado Interno padrão GMB.... 114**
**ANEXO D – Diâmetros de furos para roscar..... 115**

# 1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva é o setor responsável pela fabricação de veículos automotores. O processo de conformação mecânica de metais está presente na fabricação de diversos componentes desse setor. Dependendo o componente a ser fabricado, processos como dobragem, estampagem, trefilação, poderão ser utilizados. No meio dos processos de conformação mecânica, a estampagem é muita utilizada pois permite a fabricação de perfis de várias formas a partir de chapas metálicas conhecidas como *blanks*. Devido a possibilidade de confeccionar peças com formas extremamente complexas e com um volume alto de produção, o processo de estampagem é utilizado em indústrias de ramos diversificados, como a indústria automotiva.

O trabalho para a redução de custos nos processos está cada vez mais presente nas indústrias automotivas, devido à alta competitividade do setor. Sendo melhorando o processo de manutenção dos equipamentos, buscando uma maior confiabilidade nos ativos e consequentemente reduzindo as perdas por paradas no processo, ou a redução na conta do setor de utilidades, como a economia de energia elétrica, água e gás.

O setor automotivo brasileiro tem sofrido recentemente com o aumento da principal matéria-prima utilizada no seu processo: o aço. Devido a Pandemia de COVID-19, muitas usinas tiveram as suas produções paralisadas, fazendo o tempo de entrega aumentar e o volume disponível por região diminuir, fatores esses que aumentaram a concorrência na aquisição do produto. Isso fez o valor do aço subir 130% em 12 meses no Brasil, dados de junho de 2021.

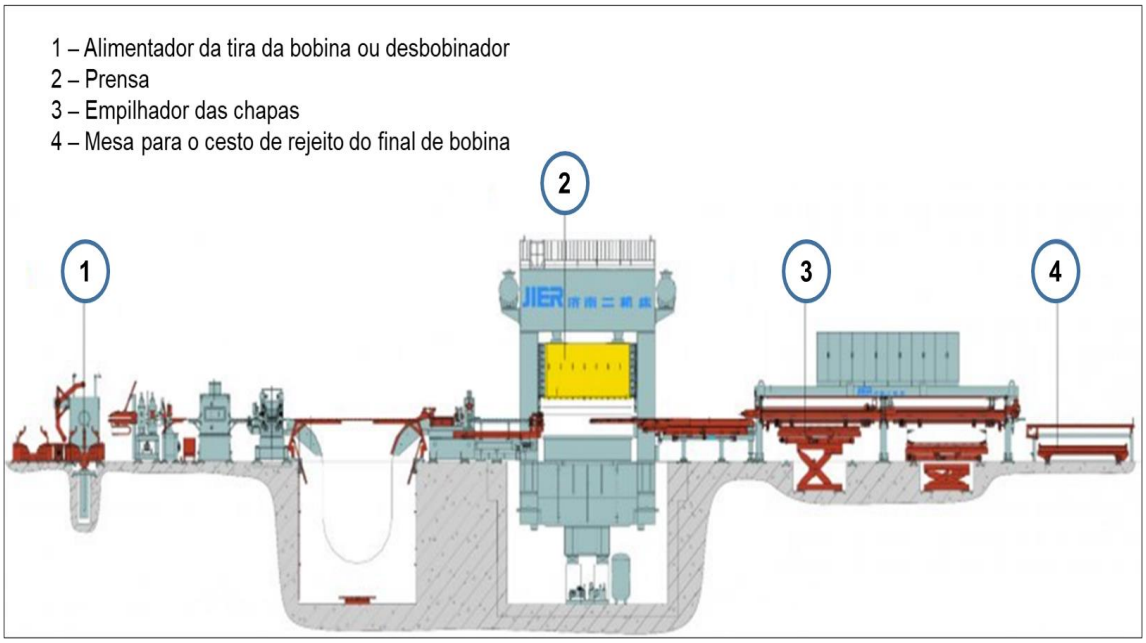
Neste Trabalho será demonstrado o estudo de viabilidade técnica para a implementação e posteriormente a construção de uma guilhotina em uma indústria do setor automotivo, com a finalidade de cortar o rejeito de chapas provenientes do final da bobina de aço e que, por não interagir com ele, mantém suas qualidades e propriedades originais, e consequentemente, seu potencial de comercialização.

## 2 OBJETIVO DE PESQUISA

Atualmente no processo de corte de chapas para posterior estampagem, existe um equipamento de grande porte chamado *Blanking Line*. As linhas de *Blanking* são muito utilizadas na indústria automotiva pois são responsáveis pelo corte preciso das chapas, sobretudo para as chapas da carroceria que serão posteriormente conformadas no processo de estampagem. As linhas de *Blanking,* como mostra a Figura 1, em sua maioria são compostas por:

a) Uma linha de alimentação da tira da bobina;
b) Uma prensa mecânica excêntrica, link drive, ou servo-prensa, ou por uma máquina de corte oscilante;
c) Um sistema de empilhamento das chapas cortadas

Figura 1 — Equipamento *Blanking Line*




Fonte: Capa do site https://www.jier-na.com/products/Blanking-Line_AE16.html

Neste processo é necessário realizar descartes no final da bobina, pois o equipamento é incapaz de tracionar um comprimento menor que oito metros para ser cortado. Esse comprimento pode variar de oito a doze metros e é descartado em uma mesa para ser posteriormente vendido como sucata. A Figura 2 ilustra essa condição.

Figura 2 — Descarte do final de bobina *Blanking Line*

Fonte: o Autor (2022)

O principal problema deste processo é o tamanho que as chapas de final de bobina a serem rejeitadas possuem, pois o cesto de rejeito onde essas chapas devem ser descartadas não atendem as medidas de comprimento do final de bobina, ocorrendo que as chapas se acumulem de forma desordenada. Isso faz que o potencial de comercialização futura desse descarte seja reduzido, pois esse rejeito é vendido como sucata não nobre.

O objetivo deste trabalho é projetar uma guilhotina no final do processo do equipamento *Blanking Line* em uma montadora do setor automotivo, com a finalidade cortar o rejeito de final de bobina em chapas de menor comprimento, com isso visando um maior poder de comercialização do material a ser descartado como sucata nobre.

## 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste Trabalho compreende em demostrar a construção de uma guilhotina com capacidade de cortar as chapas do final de bobina e as principais etapas envolvidas neste processo.

## 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O presente Trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

a) Realizar o modelamento e desenhos técnicos de todo o conjunto guilhotina em CAD;
b) Calcular a força de corte requerida no processo de guilhotinamento;
c) Comparar a folga teórica com a folga real necessária para cortar a chapa sem rebarbas.

## 2.3 JUSTIFICATIVA

A realização deste Trabalho se justifica pela incessante busca das indústrias na redução dos seus custos. Devido ao alto valor no preço do aço nos últimos anos e o poder da sua posterior comercialização como material nobre.

# 3 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura oferece uma visão do processo de desenvolvimento do projeto guilhotina. Neste capítulo serão incluídos os conceitos teóricos e necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

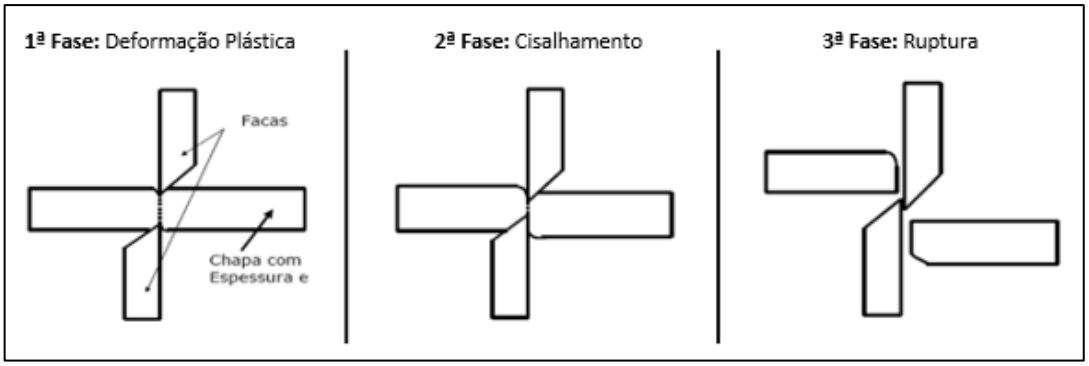
## 3.1 PROJETO GUILHOTINA

Para Romeiro (2010), apesar de todo o avanço tecnológico, o trabalho de projetar algo continua sendo feita de forma exclusiva por pessoas. Há várias ferramentas, programas de computador que dão o suporte, mas não existe máquina capaz de realizar a atividade de projetar por conta própria. Ainda afirma que a atividade de projetar, não é algo que se possa explicar ou ensinar, como ocorre por exemplo em disciplinas descritivas, pois projetar envolve conhecimentos que só serão adquiridos com o tempo na prática. Existem hoje *softwares* de modelamento CAD bastante avançadas e que permitem realização de simulações virtuais do projeto, fazendo que o produto projetado seja melhorado, antes do processo produtivo final.

## 3.2 CORTE POR CISALHAMENTO DE CHAPAS

Segundo Schaeffer e Boff (2011), o corte por cisalhamento é um processo que se emprega quando a finalidade é obter peças de formas geométricas variadas a partir de chapas submetidas a pressão exercida por um punção ou uma faca de corte. Quando a faca de corte ou punção começa o processo de penetração na chapa, o esforço de compressão se converte em esforço de corte (esforço cisalhante), provocando a separação súbita de uma porção da chapa. A Figura 3 ilustra as fases de corte por cisalhamento.

Figura 3 — Fases do corte por cisalhamento



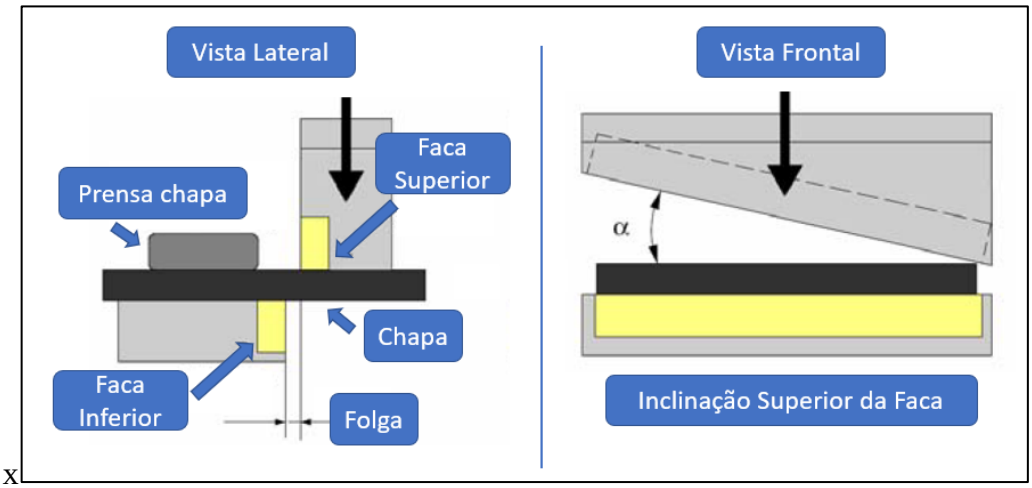

Fonte: Adaptado de Caversan e Junior, (2012)

Segundo Santos, Moura e Sappak (2008), o corte por cisalhamento é um dos métodos mais utilizados no processo de fabricação de produtos metálicos na indústria.

### 3.2.1 Guilhotinamento

Para Oliveira (2011), dá-se o nome de “guilhotinamento” ou corte por guilhotina, o processo de corte por cisalhamento efetuado por duas facas retas, onde a faca superior é inclinada, com um ângulo de inclinação $\alpha > 0$, em relação a faca inferior. A tira que será cortada é presa na faca inferior através de um prensa chapa, pisador ou sujeitador, que evita qualquer movimentação da chapa durante o corte. Quando a faca móvel é forçada em direção a faca fixa, com uma pequena folga entre as facas, a chapa e cortada de forma progressiva a partir de uma extremidade a outra. A Figura 4 ilustra os principais elementos de um corte por guilhotina.

Figura 4 — Principais elementos de um corte por guilhotina




Fonte: Adaptado de Oliveira, (2011)

### 3.2.2 Tipos de guilhotina

Segundo Oliveira (2011), a tesoura do tipo guilhotina é um de equipamento que possibilita o corte total ou parcial de chapas de metal. Existem muitos tipos de guilhotinas, de tamanhos e modelos específicos. Podem ser acionadas de forma mecânica através de um eixo excêntrico, de forma pneumática e com acionamento hidráulico, que lhe confere uma maior capacidade de corte. São fabricadas com facas de corte que podem variar de 1 a 6 metros de comprimento e sua capacidade de corte pode chegar a 25 mm de espessura, dependendo o tamanho e as características construtivas do equipamento.

#### 3.2.2.1 Guilhotina mecânica

Conforme Oliveira (2011), uma guilhotina do tipo mecânica tem sua força de corte acionada mecanicamente através de um motor, um volante, um eixo que é girado pelo volante através de uma engrenagem, uma embreagem que conecta a engrenagem do eixo ao eixo motriz, e um pistão atuado pelo eixo motriz através de excêntricos e conexões. Ainda para o autor, as guilhotinas mecânicas oferecem algumas vantagens se comparadas aos outros tipos de guilhotina. Possuem em sua maioria, mais golpes por minuto (gpm), podendo em alguns casos, o seu ciclo de chegar em até 100 gpm. Outras vantagens do uso da guilhotina mecânica é que o corte intermitente pode ser feito com um motor menor devido à energia armazenada no volante e a faca móvel se desloca de forma mais rápida se comparadas as facas móveis dos outros tipos de guilhotina. A Figura 5 mostra uma guilhotina de acionamento mecânico.

Figura 5 — Guilhotina mecânica

Fonte: Capa do site https://www.mfrural.com.br/

3.2.2.2 Guilhotina pneumática

Conforme Oliveira (2011), as guilhotinas de tipo pneumática são usadas quase de forma exclusiva em cortes de chapas metálicas de espessura menores que 1,52 mm e em chapas relativamente curtas, com comprimentos menores que 1,5 m. Este tipo de guilhotina, mostrada na Figura 6, está associado a necessidade de maior precisão do corte e por essa condição não são usadas em peças que exigem grande produção. A força utilizada para o corte é gerada através de um motor que comprimi o ar para um reservatório. O ar sob pressão fica armazenado até o acionamento do sistema, que faz o ar entrar no cilindro pneumático forçando o pistão a mover a faca móvel em direção a faca fixa.

Figura 6 — Guilhotina pneumática

Fonte: Capa do site https://www.gratispng.com/png-0ybi8l

3.2.2.3 Guilhotina hidráulica

Para Oliveira (2011), neste tipo de guilhotina, a força de corte é acionada através de um motor que faz a bomba movimentar o óleo através do sistema, pressionando-o para um cilindro hidráulico. O pistão do cilindro faz que a faca móvel se movimente em direção a faca fixa. Este tipo de guilhotina pode fazer cursos mais longos no seu ciclo de corte do que uma guilhotina mecânica. Em sua maioria, cortes com espessura de chapa acima de 12,7 mm são quase todos feitos em guilhotinas hidráulicas. A Figura 7 ilustra uma guilhotina do tipo hidráulico.

Figura 7 — Guilhotina de acionamento hidráulico

Fonte: Capa do site https://www.remap.com.br/guilhotina-dobradeira

## 3.3 PARÂMETROS DO PROCESSO DE CORTE

Para Wick, Benedict e Veilleux (1984), as variáveis que determinam o tipo e o tamanho da faca a ser utilizada incluem a espessura e as propriedades do material a ser cortado. O material a ser cortado, por sua vez, tem influência direta na velocidade e na força de corte assim como na folga e na inclinação das lâminas.

### 3.3.1. Força de corte

Conforme Silveira e Schaeffer (2008), o esforço necessário para efetuar um corte depende do material que será cortado, das dimensões do corte e da espessura da chapa. Wick, Benedict e Veilleux (1984), afirmam que quando uma faca realiza um corte em uma peça metálica, esta exerce uma força considerável para iniciar o corte e continuar o processo. Num corte convencional, apenas uma fração do material é cortada, o restante do material é fraturado durante o processo de corte.

Segundo Schaeffer e Boff (2011), as forças envolvidas no processo de corte são altas. Isso se deve ao fato de o material ir encruando devido à deformação plástica crescente, o que faz com que a força de corte aumente gradualmente, até alcançar um valor máximo, iniciando a fissuração.

A força de corte requerida pode ser dada usando as equações 1 e 2:

$$F_C = \tau_C \, . A_C \tag{1}$$

Onde:
$F_C$ = Força de corte [N];
$\tau_C$ = Tensão máxima de cisalhamento do material [MPa];
$A_C$ = Área a ser cisalhada [mm²], calculada por:

$$A_C = l_c \, . S \tag{2}$$

Onde:
$l_c$ = Perímetro ou comprimento da aresta de corte [mm];
$S$ = Espessura da chapa [mm].

Segundo Schaeffer (1995), a resistência do material contra o corte é 80% da sua resistência a ruptura.

### 3.3.2 Espessura da chapa

A espessura da chapa a ser cortada é uma variável muito importante a ser considerada no processo de corte, sendo ela responsável inclusive na escolha da capacidade do equipamento a ser utilizado para realizar o cisalhamento da chapa. Espessuras de chapas diferentes para o mesmo tipo de material, demandam ajustes de folgas diferentes. Para chapas de espessuras menores, ajustes de folgas mais fechadas e para chapas de espessuras maiores, folgas mais abertas (ASM, 1993).

Segundo Oliveira (2011), costuma-se ter maiores dificuldades em encontrar um ótimo ajuste no corte de chapas de espessura reduzida.

Para Schaeffer (2004), toda chapa produzida através do processo de laminação, pode ser classificada através da sua espessura. A Tabela 1 ilustra essa classificação.

Tabela 1 — Tabela classificação das chapas através da espessura

| Classificação das chapas através da espessura | |
|---|---|
| Espessura $(s)$ | Denominação |
| $s < 3$ mm | chapa fina |
| 3 mm $\leq s <$ 4,76 mm | chapa média |
| 4,76 mm $\leq s$ | chapa grossa |

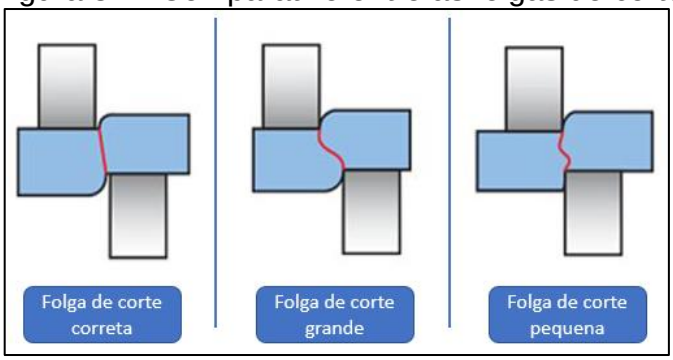
Fonte: Adaptado de Schaeffer, (1995)

### 3.3.3 Folga de corte

Segundo Santos, Moura e Sappak (2008), a folga de corte e de extrema importância pois é ela que define a qualidade do corte e a formação de rebarba.

Para Wick, Benedict e Veilleux (1984), a folga de corte é a distância entre a faca móvel e a faca fixa, quando uma passa pela outra. Quando se há uma folga de corte demasiadamente grande, ou o contrário, uma folga de corte pequena, no momento que que a chapa é submetida ao esforço máximo, acontece a ruptura. Como resultado, há um corte com um grande nível de rebarba na tira e de aparência feia em sua borda. Conforme Oliveira (2011), a folga ideal entre as facas de corte depende do limite de resistência e limite de escoamento da chapa a ser cortada. Quanto maior o limite de resistência à tração e de escoamento, maior será a folga entre as facas de corte.  A Figura 8 mostra as diferentes configurações das folgas de corte.

Figura 8 — Comparativo entre as folgas de corte




Fonte: Adaptado de Santos, Moura e Sappak, (2008)

Para Schaeffer e Boff (2011), em geral, não existe uma regra para determinar o valor da folga de corte pois são vários os seus parâmetros de influência. Atributos como: material a ser cortado, aspecto superficial do corte, imprecisões, operações posteriores e aspectos funcionais, podem influenciar na escolha da folga de corte adequada. Para Caversan e Junior (2012), a folga de corte entre as facas de uma guilhotina, se dá pela equação (3)

$$FC = \frac{S}{25} \tag{3}$$

Onde:

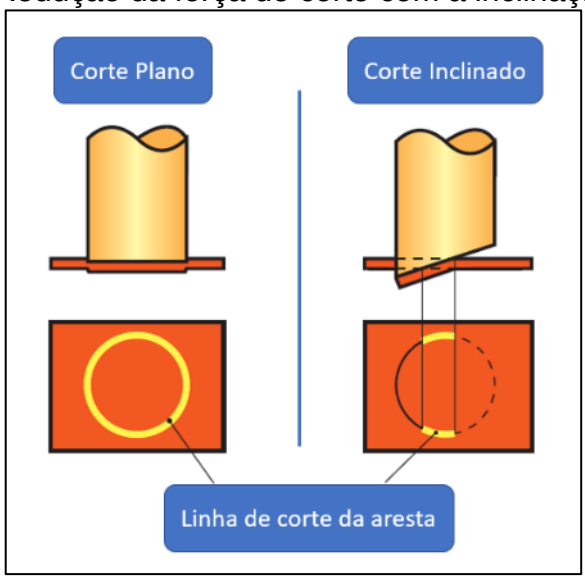
$FC$ = Folga de corte [mm];

$S$ = Espessura da chapa [mm].

### 3.3.4 Ângulo de corte

O aumento do ângulo de inclinação reduz a força necessária para cortar uma chapa de certa espessura, já que a chapa é cortada de forma progressiva e não de forma instantânea, como ocorre quando o corte é feito de forma plana ou paralela (ASM, 1993). Conforme Schuler (1998), ao se inclinar a aresta de corte, as forças de corte são reduzidas em pelo menos 30% em comparação a uma aresta de corte paralela à superfície plana. A Figura 9 ilustra as duas configurações de corte.

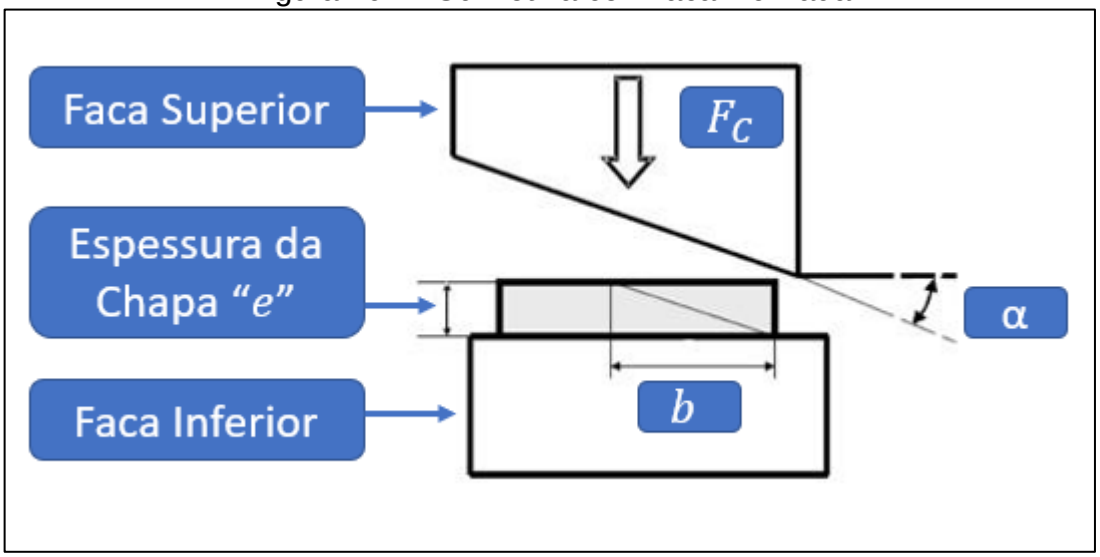
Figura 9 — Redução da força de corte com a inclinação da aresta




Fonte: Adaptado de Schuler, (1998)

Segundo Caversan e Junior (2012), o corte de chapas por guilhotina, pode ser feito também com a faca inclinada, pois isso facilita o corte devido a diminuição da força aplicada. A Figura 10 ilustra o corte com faca inclinada.

Figura 10 — Guilhotina com faca inclinada




Fonte:Adaptado de Caversan e Junior, (2012)

O cálculo da área a ser cisalhada $(A_C)$ e da força de corte $(F_C)$, é dada através das equações 4 e 5 respectivamente:

$$A_C = \frac{e.b}{2} \tag{4}$$

$$F_C = \frac{e^2.\tau_C}{2.tg\alpha} \tag{5}$$

Onde:

$b$ = comprimento da região cortada instantaneamente [mm];

$\alpha$ = ângulo entre a faca superior e a faca inferior [°].

Para Caversan e Junior (2012), os valores típicos de $\alpha$ usados na inclinação das facas, variam de 8° a 10°

### 3.3.5 Pressão de sujeição

Conforme Pereira, Ceda e Guimarães (2014), em um processo de corte o punção ou faca de corte, tendem a arrastar a chapa na qual penetram, provocando a sua própria ruptura. Este problema pode ser evitado por meio do uso de prensa chapa, pisador ou sujeitador como são conhecidos. Eles impedem que a chapa se desloque durante a operação de corte, mantendo a chapa presa, pressionando-a firmemente.

Para Souza (2001), é oportuno dizer que não foi encontrada alusão na influência da presença ou não do prensa chapa na qualidade do corte. Ele tem apenas a função de extrair a chapa após a operação de corte, ou muito superficialmente, evitar o seu empenamento. O time de *Tool and Die* da General Motors, utiliza a planilha *TRIM AND PIERCE DIE DESIGN REQUIRIMENTS AND CHECKLIST* para calcular a pressão de sujeição necessária no seu ferramental de corte. O modelo desta planilha pode ser visto no APÊNDICE A deste Trabalho.

### 3.3.6 Materiais utilizados para corte

O aço ferramenta representa um importante fatia do segmento de aços especiais. Para Villares Metals (2022), estes aços possuem características como elevada dureza e resistência à abrasão, boa tenacidade e, em algumas ligas, a capacidade de manter as propriedades de resistência mecânica mesmo sob elevadas temperaturas o que permite que ele seja utilizado em segmentos diferentes e variados, produzidos e processados para atingir um elevado padrão de qualidade e são utilizados principalmente em: matrizes, moldes, ferramentas de corte intermitente e contínuo, ferramentas de conformação e corte de chapas a frio, componentes de máquina,etc.

Para Silveira e Schaeffer (2008), o aço ferramenta AISI D6 é um aço de extrema estabilidade dimensional, conhecido como indeformável. Ele possui excelente resistência à abrasão e máxima estabilidade de gume, sendo recomendado para este tipo de aplicação pois possui boas propriedades mecânicas como: dureza elevada devido à alta taxa de carbono e alta resistência ao desgaste.

Conforme Yoshida (2003), existem alguns fatores que influenciam na escolha do aço ferramenta:

a) Projeto da ferramenta;

b) Projeto da peça a ser produzida;
c) Espessura da chapa a ser cortada;
d) Processo de estampagem a ser utilizado;
e) Propriedades mecânicas da chapa a ser cortada.

Yoshida (2001) apresentou diretrizes para a seleção de aços ferramenta para corte de chapas metálicas com dureza correspondente, conforme mostrado na Tabela 2.

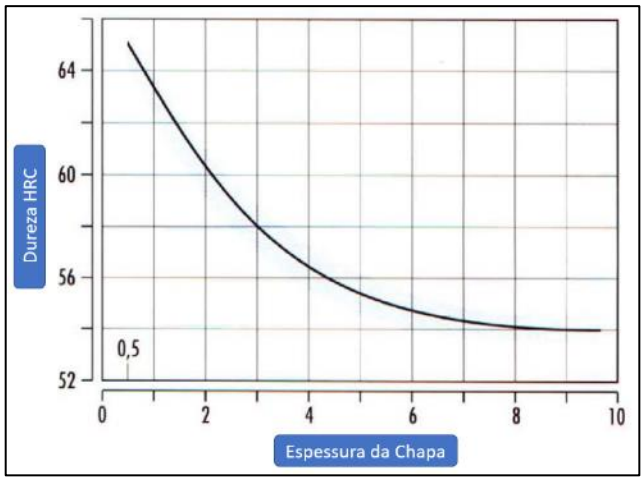
Tabela 2 — Diretrizes de seleção de aço para corte de chapas metálicas

| PROCESSO | PRODUÇÃO | AÇO FERRAMENTA | DUREZA RECOMENDADA (HRC) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ESPESSURA DA CHAPA (mm) | | | | |
| | | | >1,0 | 1 - 2 | 2 - 4 | 4 - 6 | >6,0 |
| FERRAMENTA GOLPE SIMPLES | BAIXA | AISI D2 | 58/60 | | | | NÃO |
| | MÉDIA | | | | | | |
| | ALTA | AISI M2 | 60/62 | | | 58/60 | |
| FERRAMENTA PROGRESSIVA | BAIXA | AISI D2 | 58/60 | | | | |
| | MÉDIA | AISI M2 | 60/62 | | | | 58/60 |
| | ALTA | AISI M2 | 60/62 | | | | |
| CARACTERISTICAS DA CHAPA | COMUM | AISI D2 | 58/60 | | | | |
| | ALTA RESIST. | AISI D2/M2 | 58/60 - 60/62 | | | | |
| | SILICIOSA | AISI M2 | 60/62 - 62/64 | | | | |

Fonte: Adaptado de Yoshida, (2001)

Yoshida (2003) propôs a relação de dureza adequada para ferramentas de corte fabricadas em aço AISI D2 e AISI D6 em função da espessura da chapa a ser cortada, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 — Dureza para ferramentas fabricadas em aço AISI D2 e AISI D6




Fonte: Adaptado de Yoshida, (2003)

### 3.3.7 Características do material a ser cortado

Para Sirtoli (2013), as propriedades do material que será cortado, afetam a capacidade de corte e o acabamento obtido na chapa após o processo de corte finalizado. Essas características afetam na escolha do projeto do ferramental de corte.

A Tabela 3 ilustra as características de algumas chapas de aço utilizadas no processo de estampagem na empresa automotiva.

Tabela 3 — Chapas utilizadas no processo de estampagem laminadas a frio

| QUALIDADE MP | Faixa de Espessura (mm) | LE (MPa) | LE (MPa) | LR (MPa) | LR (MPa) | Alongamento % mín |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mín | max | mín | max | |
| *BH* | *0,65* | *180* | *240* | *300* | * | *34* |
| *CSC* | *0,65* | *140* | *180* | *270* | * | *42* |
| *CR3* | *0,8* | *140* | *210* | *270* | *350* | *38* |
| *CR4* | *0,7* | *140* | *200* | *270* | *330* | *40* |
| *CR210B2* | *0,6* | *210* | *270* | *320* | * | *33* |

Fonte: o Autor, (2022)

## 3.4 DESENHOS

Borges e Naveiro (1997), destacam que ao ato de desenhar é dado um papel muito importante em termos de expressão de ideias, já que o desenho à mão livre e o desenho técnico fazem parte do início de todo projeto. Em um primeiro momento, como expressão do potencial do pensamento e em seguida como representação técnica, voltada para a projeção real desse objeto de pensamento. Segundo Monnerat (2012, p.11), “desenho é a ciência e a arte de representar graficamente objetos e ideias, através de linhas, cores e formas, a mão livre ou com instrumentos; é a expressão gráfica da forma”. A autora afirma ainda que o “o desenho também pode ser compreendido como sendo uma descrição gráfica que fornece, mediante linhas, a imagem de um objeto que dificilmente poderia ser explicado com palavras” (MONNERAT,2012, p. 13). Para Pinhal (2017), a aparição de figuras como o projetista e o engenheiro, aconteceu diante da Revolução Industrial, juntamente com o desenvolvimento de novas tecnologias e a divisão do trabalho. A sistematização da geometria descritiva feita por Gaspar Monge, teve grande contribuição na possibilidade de economizar tempo na construção de vários modelos originados do

desenho técnico. O que de fato normatizou a criação de projetos e estabeleceu padrões que permitiram industrializar componentes da construção civil.

Segundo Menezes, Rossi e Valente (2011), o ensino de desenho técnico sempre esteve em constante avanço. A partir dos anos 90, os estudos referentes a disciplina tiveram grande evolução com a inserção de tecnologias como o uso do computador, que mostraram ao desenho técnico novas possibilidades e que auxiliaram o desenhista na execução do projeto.

### 3.4.1 Desenho a mão livre

Para Romeiro (2010), chama-se de croqui, o esboço ou desenho a mão livre, sem grandes preocupações dimensionais. Entre suas vantagens principais destaca-se a facilidade e rapidez de execução. O croqui permite a visualização rápida da solução proposta, proporcionando, se assim exigido, diversas versões do produto. Um croqui pode ser usado em diversas áreas como arquitetura, engenharia a moda. Por ser um esboço, ele e feito de forma simples, sem a necessidade de grandes detalhes no desenho.

### 3.4.2 Computer aided design – CAD

Conforme Alonso (2012), o uso de imagens em sistemas computacionais, teve o seu início em 1950, logo após o surgimento dos primeiros computadores. Alonso ainda cita que conforme o avanço da tecnologia na área computacional, e o interesse de setores da indústria como o automotivo e o aeroespacial, que enxergavam no sistema um grande potencial, teve início um grande desenvolvimento da área da computação gráfica na década de 60. Nos anos 1970, surgiram os primeiros sistemas CAD (*Computer Aided Design*), denominados também de sistemas de interação gráfica. Com o passar dos anos, e a evolução de softwares e hardwares, o sistema CAD consolidou-se na indústria, surgindo assim os primeiros modelos tridimensionais.

Segundo Stranieri (2008), CAD (*Computer Aided Design*) ou em português, Desenho Assistido por Computador é o termo utilizado quando se refere aos *softwares* que ajudam na criação de desenhos e projetos, através da modelagem produzida em computadores. Estes *softwares* são capazes de produzir geometrias em 2D ou 3D, através das coordenadas X, Y e Z. Ao criar um projeto com o auxílio de um sistema CAD, a representação gráfica dos elementos estruturais deixa papel e lápis e vão para

o ambiente digital, tornando o desenvolvimento do produto mais prático sem a necessidade de retrabalhos posteriores como nos processos tradicionais. Até adaptações de projetos em desenvolvimento estão disponíveis com o auxílio do sistema CAD. Esse sistema é utilizado em projetos mecânicos, elétricos, eletrônicos, de engenharia civil, aeronáuticos e navais, entre outros.

# 4 METODOLOGIA

Nesta seção serão abordados os processos, técnicas, ferramentas e materiais, utilizados no projeto e na construção da guilhotina.

A primeira etapa do projeto guilhotina, foi elaborar um equipamento que atenda determinadas condições, que são:

- Custo inferior a uma guilhotina fabricada por uma empresa especializada na construção desse tipo de equipamento;
- Capacidade de cortar chapas de até 2 mm de espessura e 2100 mm de comprimento;
- Não afetar a produtividade do equipamento *Blanking Line.*

## 4.1 CÁLCULO DA FORÇA DE CORTE

O cálculo da força de corte é fundamental para o seguimento do projeto, pois ele é quem dará a direção na escolha do tipo de prensa, tamanho do atuador e velocidades de ciclo, por exemplo.

Utilizando a equação 1, equação 2 e com o auxílio da Tabela X, conseguiu-se chegar na seguinte força de corte.

$F_C$ = 1203913,39 N ou 122765 kgf;

Onde:

$\tau_C$ = 280 MPa (80% do LR máximo retirada da Tabela X) ou 28,55 kgf/mm²
$A_C$ = 2100 mm (largura máxima da bobina) x 2 mm (espessura máxima da chapa) = 4300 mm²

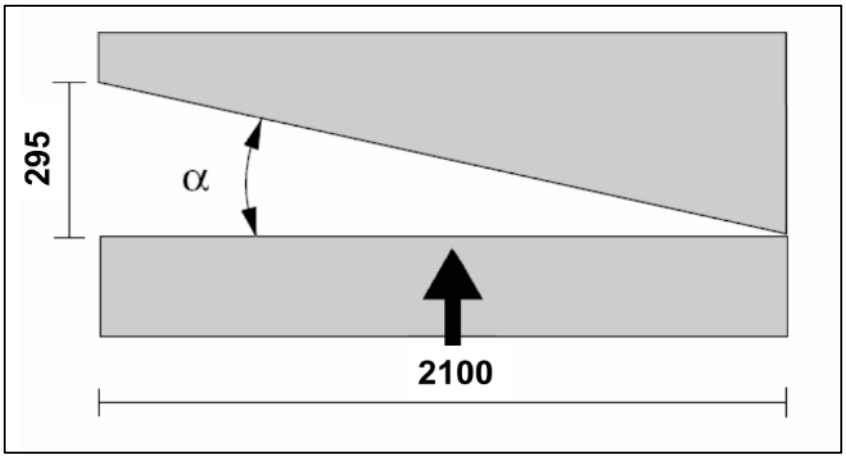
Nota-se que a $F_C$ excessiva deve-se ao fato de a equação usada não contemplar o ângulo de corte, que reduz a força aplicada durante o processo.

### 4.1.1 Cálculo do ângulo real de inclinação da faca

Um grande problema de usar os valores típicos $\alpha$ sugeridos na inclinação das facas é o fato que a inclinação interfere na abertura exigida entre as facas superiores e as facas inferiores. Isso faz que o ciclo de corte seja aumentado de forma significativa, se comparado ao corte de facas paralelas, por exemplo.

Como mostrado na Figura 12, seria preciso uma abertura de 295 mm se usado o valor típico de 8° de inclinação entre as facas na guilhotina.

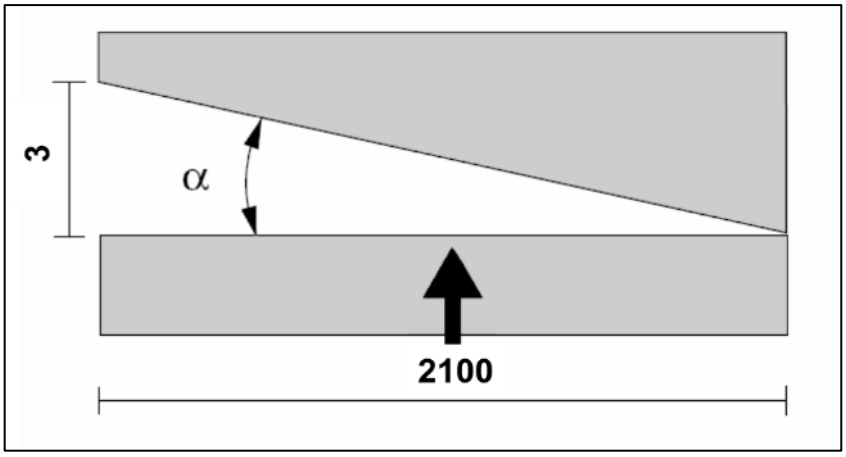
Figura 12 — Valor típico de 8° de inclinação da faca




Fonte: o Autor, (2021)

Ao utilizar o valor típico sugerido para inclinação das facas, a produtividade do equipamento *Blanking Line* seria afetada, pois isso demandaria um acréscimo de tempo no corte do rejeito de bobina. Como balizador para definição do ângulo de inclinação ideal, foi utilizado a ferramenta de corte usada para cortar a bobina em chapas para posterior conformação nas linhas de prensa, chamada de “ferramenta oscilante”. Verificou-se na ferramenta, que o comprimento total das facas é de 2100 mm, mesmo comprimento que será usado nas facas da guilhotina, e altura máxima quando as duas facas, inferior e superior, se interceptam é de 3 mm, conforme indicado na Figura 13.

Figura 13 — Valor de inclinação da ferramenta oscilante




Fonte: o Autor, (2021)

Dessa forma, pode-se calcular $\alpha$ como:

$$arc\ tg \frac{3}{2100}$$

Então temos:

$\alpha$ = 0,08°

### 4.1.2 Cálculo força de corte com facas inclinadas

Para o cálculo de força de corte com inclinação das facas, utilizou-se a Equação 4 e 5. Como resultado, obteve-se a seguinte força de corte:

$F_C$ = 401041,28 N ou 40894,83 kgf

### 4.1.3 Escolha do tipo de guilhotina

Pela necessidade da força de corte, optou-se por projetar a guilhotina com acionamento hidráulico.

### 4.1.4 Escolha do atuador

Para a escolha do atuador, foi preciso saber a pressão máxima de trabalho da unidade hidráulica que transmitirá a energia necessária para efetuar o processo de corte. A Figura 14 mostra a pressão de trabalho que será usada na unidade hidráulica da guilhotina.

Figura 14 — Pressão de trabalho unidade hidráulica

Fonte: o Autor, (2021)

Com a pressão de trabalho coletada e sabendo a força de corte necessária para efetuar o processo de corte, consegue-se calcular o diâmetro mínimo necessário para efetuar o trabalho requerido.

Para este cálculo, utilizou-se a equação 6

$$F = P.A \tag{6}$$

Onde:

$F$ = Força do atuador [kgf]

$P$= Pressão máxima de trabalho da unidade hidráulica [kgf/cm²]

$A$= Área do pistão do atuador [cm²]

Nesta equação a incógnita será área do pistão do atuador, pois sabe-se à força necessária para cortar a chapa e a pressão de trabalho da unidade hidráulica.

Substituindo os valores, a área do pistão mínima necessária para aplicar uma força de 40894,83 kgf a 142,76 kgf/cm² (140 bar) de pressão de trabalho, será de 286,45 cm²

Através da equação 7 foi possível determinar o diâmetro mínimo necessário para efetuar o trabalho.

$$A = \frac{\pi . D^2 (cm)}{4} \tag{7}$$

Substituindo os valores, encontrasse o diâmetro mínimo necessário para efetuar o trabalho de 19,09 cm ou 190,97 mm

Com os dados coletados, selecionou-se o atuador de dupla ação da marca Parker da série *Heavy Duty Hydraulic Cylinders*, como mostra a Figura 15, com pressão máxima de trabalho de 250 bar, diâmetro do pistão de 203 mm, diâmetro da haste de 88,9 mm e curso de 269,4 mm

Figura 15 — Cilindro Parker utilizado no projeto

Fonte: o Autor, (2021)

## 4.2 DESENHOS A MÃO LIVRE - CROQUIS

Na elaboração dos croquis, foram feitas análises em guilhotinas similares já existentes e que possibilitaram uma concepção inicial do projeto. Com um pré esboço do modelo, o desafio foi projetar um equipamento que de certa forma se encaixa-se a estrutura da máquina já existente. Para isso, foi necessário ir ao EOL da *Blankink Line,* mostrado na Figura 16, e anotar as medidas da estrutura existente.

Figura 16 — *End of Line Blanking Line*

Fonte: o Autor, (2022)

Com as medidas anotadas, iniciou-se a fase de projetar no papel, através dos croquis o equipamento. Os croquis deste projeto podem ser vistos no APÊNDICE E deste Trabalho.

## 4.3 PRINCIPAIS COMPONENTES DA GUILHOTINA

Através dos croquis, foi possível listar os principais componentes estruturais da guilhotina. A Tabela 4, detalha esses componentes.

Tabela 4 — Listagem dos principais componentes estruturais da guilhotina

| AÇO | DESCRIÇÃO - TAMANHO | QTD |
|---|---|---|
| AISI 1020 | 100 x 460 x 2220 mm | 1 |
| | 30 x 115 x 2220 mm | 1 |
| | 230 x 230 x 70 mm | 4 |
| | 460 x 460 x 30 mm | 6 |
| | 75 x 380 x 2700 mm | 1 |
| | 790 x 2760 x 12.7 mm | 2 |
| | 790 x 2810 x 12.7 mm | 2 |
| | 75 x 200 x 2170 mm | 1 |
| | 55 x120 x 2110 mm | 1 |
| | 12.7 x 100 x 2170 mm | 1 |
| | 12.7 x 330 x 770 mm | 2 |
| | 12.7 x 330 x 2760 mm | 1 |
| | 12.7 x 360 x 770 mm | 2 |
| | 12.7 x 385 x 2810 mm | 1 |
| AISI D6 | 36 x 75 x 1050 | 4 |

Fonte: o Autor, (2021)

## 4.4 VIABILIDADE TÉCNICA – ORÇAMENTOS

Para dar seguimento ao projeto era necessário saber se ele era viável financeiramente. Para isso, foi solicitado a uma empresa especialista neste tipo de equipamento, um orçamento orientativo que contemplava a construção e instalação de uma guilhotina com capacidade de cortar chapas de espessura até 2 mm. A Figura 17 detalha o orçamento orientativo de construção e instalação de uma guilhotina no EOL da *Blanking Line*.

Figura 17 — Orçamento orientativo do fabricante do equipamento

**INVESTIMENTO - FABRICANTE AUTOMATIC FEED COMPANY**

automatic FEED COMPANY

Cydak for GM - Brazil
Proposal No. PN9434
End of Stacker Crop Shear and Scrap Tub Design
December 11, 2020

| DESCRIÇÃO | VALOR |
|---|---|
| **FORNECIMENTO DE ENGENHARIA E EQUIPAMENTOS**<br>PARA INCLUSÃO DE UMA GUILHOTINA NA LINHA DE CORTE WIA<br>*> CONSIDERANDO UM PEDIDO DIRETO COM A AUTOMATIC FEED, EM US$*<br>*> NÃO INCLUSO:*<br>*- FRETE MARÍTIMO*<br>*- IMPORTAÇÃO*<br>*- TRANSPORTE TERRESTE (PORTO >> GM GRAVATAÍ)*<br>*- DESEMBARGO ALFANDEGÁRIO*<br>*- RIGGING PARA POSICIONAMENTO DO EQUIPAMENTO* | **US$ 351.500,00** |
| **FORNECIMENTO DE MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA**<br>E FABRICAÇÃO DE ACESSÓRIOS E COMPONENTES PARA POSSIBILITAR A INCLUSÃO DE UMA GUILHOTINA NA LINHA DE CORTE WIA<br>*> CONSIDERANDO UM PEDIDO DIRETO COM A CYDAK, EM R$*<br>*> IMPOSTOS INCLUSOS:*<br>*- PIS: 1,65%*<br>*- COFINS: 7,60%*<br>*- ISS: 3,00%* | **R$ 485.500,00** |
| Total | R$2.525.184,00 |

Fonte: o Autor, (2021)

Com os principais componentes da guilhotina listados, foi possível solicitar orçamentos orientativos as empresas fornecedoras com o intuito de fabricar a guilhotina na empresa automotiva. A Figura 18 detalha esses componentes.

Figura 18 — Listagem dos orçamentos orientativos

| INVESTIMENTO GM PARA IMPLEMENTAÇÃO FERRAMENTA DE CORTE GUILHOTINA BLK | |
|---|---|
| Material em Aço estrutural | R$78.900,65 |
| Buchas Grafitadas em Bronze | R$5.493,15 |
| Coluna em Aço SAE 8620 - Cementado 100 x 1000mm | R$11.561,00 |
| Facas de Corte Aço SAE D2 - Temperado/Retificado | R$19.825,00 |
| Unidade hidraulica / Bloco hidráulico NR12 | R$279.356,09 |
| Automação,tubulações hidráulicas, transdutores de pressão, sensores lazer, cabos de comunicação. | R$68.000,00 |
| Integração do sitema ao PLC e software Siemens/Rockwell | R$55.270,00 |
| Construção de caixas - Processo para vendas retalhos | R$136.900,00 |
| Layout e ampliação da Célula | R$85.000,00 |
| Plano de contingência / Gerenciamento de riscos | R$135.000,00 |
| Total | R$875.305,89 |

Fonte: o Autor, (2021)

### 4.4.1 Cost – saving

Para Oliver (2016), um cost – saving, ou medida de redução de custo, é qualquer ação que resulte em um benefício financeiro tangível que reduza os gastos atuais, investimentos ou níveis de dívida de uma empresa. Para saber o custo evitado do projeto, comparou-se os dois orçamentos orientativos mostrados acima. Ao compará-los percebe-se que ao projetar e construir a guilhotina na própria empresa automotiva, o custo evitado será o valor de R$1.649.878,11

Diante do valor apresentado, a empresa automotiva optou por fazer o projeto da guilhotina na própria empresa.

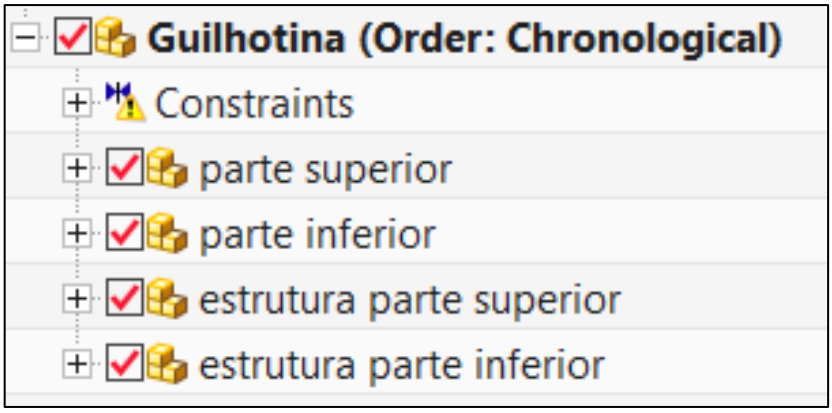
## 4.5 MODELAMENTO EM CAD

Para o modelamento tridimensional de todos os componentes da guilhotina, o *software* escolhido foi o Siemens NX, devido a sua facilidade de operação, alteração do projeto e ser o *software* padrão utilizado pela empresa automotiva. Este *software* oferece uma enorme quantidade de recursos que auxiliam o modelamento dos componentes, fornecendo em conjunto, uma vasta biblioteca de componentes

*standard* previamente modelados. Ao total foram feitos o modelamento de trinta e sete componentes com a utilização do *software*.

Cada componente foi modelado de forma individual. Em seguida foram montados em quatro subconjuntos: parte superior, parte inferior, estrutura parte superior e estrutura parte inferior, conforme mostra a Figura 19. A grande vantagem da utilização do sistema CAD 3D está na rápida análise de possíveis interferências no projeto. Neste ambiente é possível fazer simulações de movimentos, fazendo que o projeto tenha uma grande probabilidade de um resultado satisfatório.

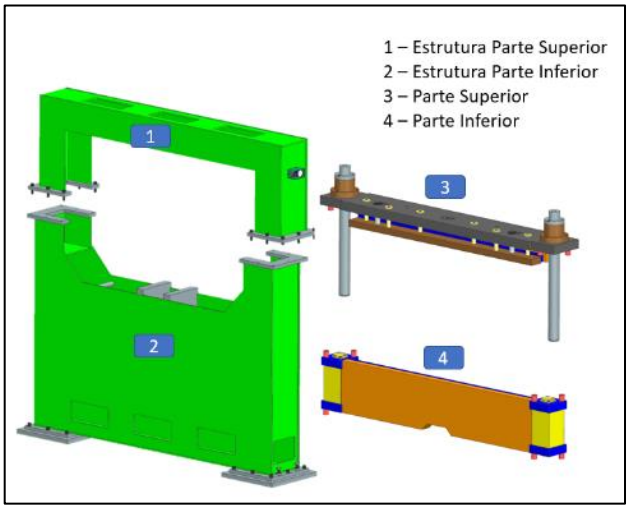
Figura 19 — Divisão dos subconjuntos modelamento guilhotina




Fonte: o Autor, (2021)

A Figura 20 detalha o modelamento desses componentes, separados por grupos.

Figura 20 — Detalhamento da divisão dos subconjuntos




Fonte: o Autor, (2021)

## 4.6 GERAÇÃO DOS DESENHOS TÉCNICOS

A tecnologia CAD é uma importante ferramenta aliada no trabalho de geração dos desenhos técnicos. Através do *modeling* do componente criado no software Siemens NX é possível criar o seu *drafting, isto é,* o desenho 2D do componente. Na aba de *drafting* é possível, entre seus inúmeros recursos, criar e editar elementos gráficos, textos e símbolos, criar cotas, colocar o desenho em perspectiva, criar escalas adequadas e vistas em corte, por exemplo, que irão constituir o desenho final. Os desenhos gerados são salvos em arquivos de computador. Isso torna seu manuseio simples e seguro, além de poder fornecer aos usuários de forma organizada o histórico de revisões prévias de todos os documentos. Estes desenhos 2D são de extrema importância, pois sem eles não é possível agilizar os processos de fabricação.

Foram gerados ao total trinta e sete desenhos técnicos da guilhotina, mostrados todos no Apêndice F deste Trabalho

## 4.7 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

O material escolhido para ser utilizado nos elementos estruturais da guilhotina foi o aço SAE 1020. Para Aços Roman (2022) o aço SAE 1020 possui excelente soldabilidade, conformabilidade e boa usinabilidade. Por possuir propriedades mecânicas versáteis, possui ótima relação custo-benefício.

Antes de iniciar o processo de fabricação, realizou-se um estudo dos desenhos técnicos, analisando as dimensões dos componentes, medidas com ajustes e tolerâncias precisas, para definir assim o melhor processo de fabricação para cada componente.

### 4.7.1 Usinagem mandriladora CNC

Possuindo uma mesa de 3930 x 1775 mm, faixa de rotação de 40 a 2500 RPM, 10000 mm/min de avanço e precisão centesimal, foi a mandriladora responsável pela usinagem de grande parte dos componentes da guilhotina. Toda a programação CNC foi feita de forma manual, utilizando o comando Fidia, com o auxílio do sistema *Isograph.* Foram usinados um total de trinta e nove componentes na mandriladora. A Tabela 5 lista os componentes usinados na mandriladora.

Tabela 5 — Componentes usinados na mandriladora

| Usinagens Mandriladora | Qtd |
|---|---|
| *placa de reforço do conjunto superior* | 1 |
| *base de apoio da faca superior* | 1 |
| *sujeitador* | 1 |
| *base da faca inferior* | 1 |
| *reforço frontal da base da faca inferior* | 1 |
| *mão francesa* | 11 |
| *calço* | 1 |
| *conjunto superior* | 2 |
| *placa lateral de fechamento superior* | 2 |
| *placa superior de fechamento* | 1 |
| *base do conjunto superior* | 4 |
| *conjunto inferior* | 2 |
| *placa lateral de fechamento inferior* | 2 |
| *placa de fechamento parte inferior* | 1 |
| *placa de apoio batente inferior* | 2 |
| *t base cilindro* | 2 |
| *pés da guilhotina* | 2 |
| *placa de fixação base inferior* | 2 |

Fonte: o Autor, (2022)

A Figura 21 mostra a usinagem da placa de reforço do conjunto superior na mandriladora CNC.

Figura 21 — Usinagem na mandriladora CNC

Fonte: o Autor, (2021)

### 4.7.2 Usinagens torno mecânico

Os componentes cilíndricos da guilhotina, que não possuíam perfis complexos, foram todos usinados em torno mecânico convencional. Com um barramento de 2500 mm, 2240 RPM máxima e placa de quatro castanhas com capacidade de prender peças de até Ø 300 mm, o torno mecânico foi responsável pela usinagem de vinte e nove componentes da guilhotina. A Tabela 6 detalha a lista dos componentes usinados no torno.

Tabela 6 — Componentes usinados no torno mecânico

| Usinagens Torno Mecânico | Qtd |
|---|---|
| *bucha superior coluna* | 2 |
| *flange batente* | 2 |
| *bucha espanhola* | 6 |
| *flange bucha espanhola* | 6 |
| *stop inferior* | 12 |
| *flange haste cilindro* | 1 |

Fonte: o Autor, (2022)

A Figura 22 mostra a usinagem da bucha superior da coluna no torno mecânico.

Figura 22 — Usinagem no torno mecânico

Fonte: o Autor, (2021)

### 4.7.3 Usinagens fresadora ferramenteira

Por se tratar de um equipamento muito versátil, a fresadora ferramenteira destaca-se nos trabalhos feitos em uma oficina de ferramentaria. Possui movimentos nos três planos, x, y e z como em uma fresadora convencional, mas o seu grande diferencial se deve ao fato da precisão e rendimento dos trabalhos, pois conta com auxílio de régua e indicador digital. A função principal da régua é controlar o movimento dos barramentos da fresadora, eliminando possíveis erros dos elementos mecânicos. Toda a movimentação dos eixos é mostrada de forma clara no leitor digital, que ainda possui o recurso de furação circular ou angular, que otimiza o tempo de trabalho.

Com uma mesa de 300 x 1300 mm, e faixa de rotação de 60 a 4200 RPM, a fresadora ferramenteira usinou doze componentes da guilhotina, além de ter feito rebaixos e furos. A Tabela 7 detalha a lista dos componentes usinados na fresadora ferramenteira.

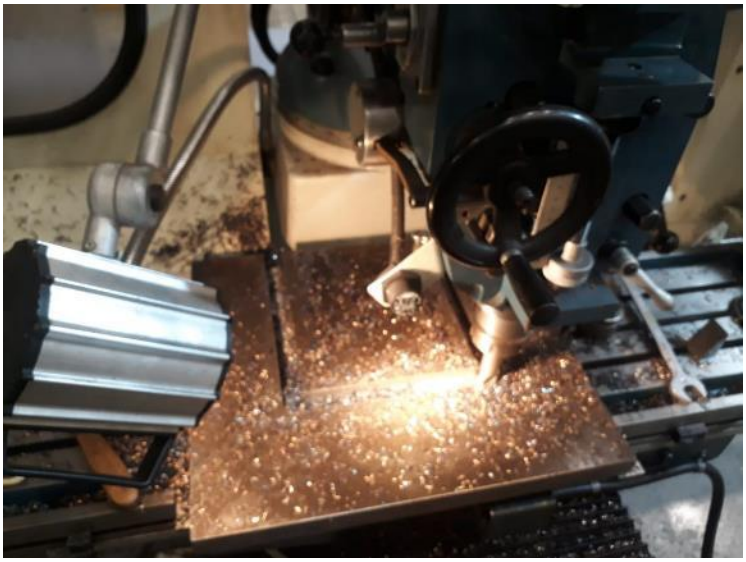
Tabela 7 — Componentes usinados na fresadora

| Usinagens Fresadora Ferramenteira | Qtd |
|---|---|
| *placa da bucha* | 4 |
| *trava da bucha* | 8 |
| *rebaixos para furos na bucha superior coluna* | 6 |
| *rebaixos para furos na flange batente* | 6 |

Fonte: o Autor, (2022)

A Figura 23 mostra a usinagem da placa da bucha superior na fresadora ferramenteira.

Figura 23 — Usinagem na fresadora ferramenteira

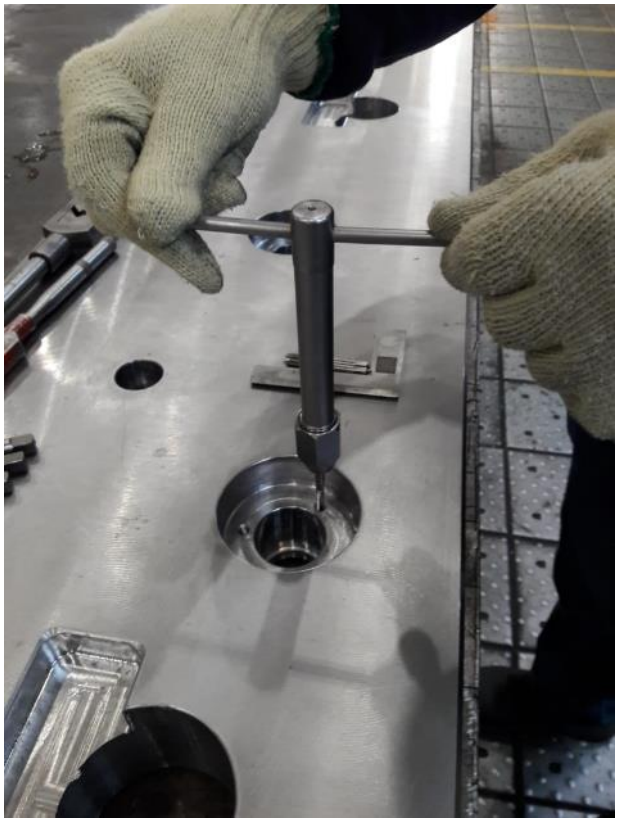


Fonte: o Autor, (2021)

### 4.7.4 Rosquemento

Devido à sua funcionalidade e complexidade, as roscas possuem um dos processos de usinagem mais importantes em um componente. Usualmente o processo de rosqueamento é feito na última etapa de usinagem de uma peça. Devido a este fato, o processo de rosqueamento possui um grande valor agregado pois qualquer problema que surgir nesta etapa poderá acarretar o retrabalho da peça ou até mesmo a sua perda, o que gera perda de tempo, matéria-prima e por consequência dinheiro. O processo de rosqueamento foi feito de formal manual, com auxílio de machos manuais métricos, desandador e esquadro biselado, como mostra a Figura 24.

Figura 24 — Processo de rosqueamento



Fonte: o Autor, (2021)

## 4.8 COLUNAS E BUCHAS

A guilhotina foi projetada com duas colunas e quatro buchas, que devem ser tratadas e consideradas como um conjunto, pois, ajustadas entre si, estes componentes têm função conjunta de guiar e centralizar o fechamento entre o conjunto fixo e o conjunto móvel da guilhotina. As colunas e buchas foram projetadas respeitando as normas do documento *GMDDS*. Este documento rege as normas e padroniza todo ferramental de estampo e injeção construído e/ou adquirido pela *General Motors*.

Por se tratar de um componente *standard*, as buchas foram adquiridas de fornecedor externo especialista na usinagem deste componente, através do documento *GMDDS 90.20.55,* que pode ser visto, de forma mais detalhada no ANEXO A deste Trabalho. Foram fabricadas em bronze com inserção de autolubrificante sólido (grafite) nos recessos da bucha.

As colunas foram adquiridas de fornecedor externo, usinadas em Aço 8620, cementado, com dureza de 60 – 64 HRC, com penetração de 1 mm ou mais, conforme norma ISO 9182-3, exigida pelo documento *GMDDS 90.20.51*, que pode ser visto de forma mais detalhada no ANEXO B deste Trabalho.

## 4.9 FACAS DE CORTE

As facas de corte foram projetadas em aço AISI D2, com tratamento térmico de têmpera e revenimento, atingindo dureza de 60 a 62 HRC, combinando boas propriedades de resistência ao desgaste e tenacidade. Foram usinadas em fornecedor externo pois não havia retifica com o tamanho de mesa compatível na empresa automotiva para fabricá-las.

## 4.10 MONTAGEM DOS SUBCONJUNTOS

Assim como o modelamento, a guilhotina foi montada em quatro subconjuntos: parte superior, parte inferior, estrutura parte superior e estrutura parte inferior. Os subconjuntos foram soldados por um profissional da área, usando o processo *MIG/MAG* que tem em sua vantagem o fato de ser um processo em que é possível soldar em qualquer posição, não ter a necessidade de remoção da escória e a alta velocidade de soldagem, otimizando assim o tempo necessário nesta etapa.

A Figura 25 mostra esta etapa da montagem do subconjunto parte inferior, utilizando o processo de soldagem *MIG/MAG.*

Figura 25 — Soldagem da parte inferior

Fonte: o Autor, (2021)

A Figura 26 mostra a montagem dos subconjuntos.

Figura 26 — Montagem dos subconjuntos

1 – Estrutura parte inferior 2 – Estrutura parte superior e parte fixa 3 – Parte Inferior (móvel)

Fonte: o Autor, (2021)

## 4.11 PRESSÃO DE SUJEIÇÃO

Conforme a planilha utilizada pelo time de *Tool and Die* da *General Motors, TRIM AND PIERCE DIE DESIGN REQUIRIMENTS AND CHECKLIST* mostrada no APÊNDICE A deste Trabalho, seria necessária uma pressão de sujeição de 73,5 kN ou 7500 kgf aplicada diretamente no prensa chapa. Para este trabalho foi definido o uso de três cilindros mola gás Kaller X2400-063, ligados em sistema de rede, proporcionando cada cilindro, a sua máxima pressão de trabalho, 2500 kgf.

## 4.12 PASSAGEM DAS FACAS

Em ferramentaria, chama-se de passagem o processo de ajuste da folga existente entre a faca fixa e móvel. Através da equação 3 foi possível definir a folga teórica necessária entre as facas.

$$FC = \frac{0{,}8}{25}$$

Como resultado, obteve-se uma folga teórica de 0,03 mm.

$FC$ = Folga de corte [mm];

$S$ = Espessura da chapa [mm], retirada da maior espessura de chapa da Tabela 3.

O principal ponto do projeto, quando se trata desse assunto, é deixar folga suficiente para ser calibrada durante a passagem das facas. Por tratar-se de uma folga relativamente justa, qualquer erro de usinagem poderia ocasionar no choque entre as facas durante a passagem. Para isso, definiu-se durante a fase inicial do projeto, a folga de 0,5 mm entre as facas, para posterior ajuste durante a passagem.

Para esta etapa se faz necessário o uso de um pente calibre de folga e calços calibrados de espessuras variadas, como mostra a Figura 27.

Figura 27 — Pente de folga e calço calibrado

Fonte: o Autor, (2021)

Com a parte móvel e fixa guiadas e centralizadas entre colunas e buchas, simula-se o movimento de corte, fazendo uma faca passar pela outra. Neste momento, mede-se a folga existente entre as facas com ajuda do pente calibre de folga. Com a medida retirada pelo pente calibre de folga, corta-se o calço calibrado com a medida necessária, fazendo o assentamento dele atrás da faca (fixa ou móvel). O movimento de simulação de corte é repetido até o ferramenteiro ajustador entender que a folga está adequada. Importante dizer que para esta etapa fixou-se, junto a mesa, o conjunto superior da guilhotina virado e com o auxílio da ponte rolante, içando a parte móvel da guilhotina, simulou-se o ciclo de corte. Isso se fez necessário pois neste

momento a guilhotina estava sem a sua unidade hidráulica montada. A Figura 28 ilustra essa etapa.

Figura 28 — Simulação do ciclo de corte com o auxílio da ponte rolante

Fonte: o Autor, (2021)

Concluída a fase de passagem das facas, se faz necessário o teste de corte. Para esta etapa utiliza-se geralmente fita crepe marrom com espessura de 0,10 mm. Neste teste a fita faz o papel da chapa e espera-se, como resultado, o corte total da fita sem qualquer tipo de rebarba aparente, mostrado na Figura 29.

Figura 29 — Teste de corte com fita crepe marrom

Fonte: o Autor, (2021)

## 4.13 MONTAGEM DO CONJUNTO GUILHOTINA

Os quatro subconjuntos foram montados com a ajuda da ponte rolante. Para finalizar o trabalho foi solicitado a pintura para o time responsável, como mostra a Figura 30.

Figura 30 — Conjunto guilhotina pintado

Fonte: o Autor, (2021)

# 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, será discutido o resultado obtido ao término deste Trabalho da seguinte maneira: capacidade de corte da guilhotina, folga adequada para o corte e a influência da pressão de sujeição na capacidade de corte.

## 5.1 CAPACIDADE DE CORTE DA GUILHOTINA

Com a guilhotina instalada no *EOL* do equipamento *Blanking Line* e ligada à sua unidade hidráulica, foi possível fazer o teste de corte na guilhotina. A tabela 8 mostra as relações de pressão x força para o cilindro escolhido, juntamente com o seu tempo de ciclo. Destacado em amarelo está a pressão de trabalho escolhida para o teste de corte, 150 bar.

Tabela 8 — Relação pressão – força para o cilindro escolhido

| PRESSÃO EM BAR | VAZÃO L/MIN@1750 RPM | VELOCIDADE AVANÇO mm/s | VELOCIDADE RETORNO mm/s | FORÇA AVANÇO Ton | TEMPO AVANÇO | TEMPO RECUO | POTÊNCIA CONSUMIDA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 128 | 66 | 82,45 | 48,6 | 4,2 | 3,4 | 44,5CV |
| 120 | 175 | 90,3 | 111,7 | 38,9 | 3,1 | 2,5 | 48,5CV |
| 140 | 175 | 90,3 | 111,7 | 45,4 | 3,1 | 2,5 | 56,6CV |
| 160 | 162 | 82,35 | 101,85 | 51,8 | 3,4 | 2,75 | 60CV |
| 180 | 145 | 74,67 | 92,34 | 58,3 | 3,75 | 3,03 | 60CV |
| 200 | 130 | 66,99 | 82,84 | 64,8 | 4,18 | 3,38 | 60CV |

Fonte: o Autor, (2022)

O primeiro teste de corte foi feito com a chapa de 0,65 mm de espessura e 1500 mm de comprimento. Para isso, reduziu-se a pressão do sistema mola gás para 50 bar. A Tabela 9 mostra a relação de pressões utilizadas no sistema dos cilindros mola gás pela espessura da chapa a ser cortada.

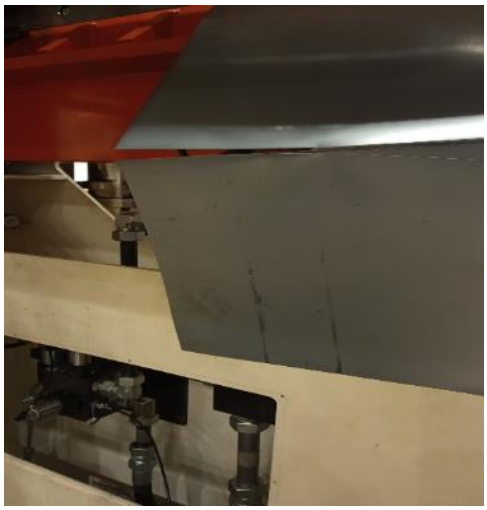
Tabela 9 — Relação pressão sistema mola gás – pressão de sujeição

| Pressão [bar] | Espessura da Chapa [mm] | Força nos cilindros [kgf] |
|---|---|---|
| 150 | 2 | 7500 |
| 60 | 0,8 | 3000 |
| 52,5 | 0,7 | 2625 |
| 48,75 | 0,65 | 2437,5 |
| 45 | 0,6 | 2250 |

Fonte: o Autor, (2022)

O primeiro corte não obteve sucesso, com a chapa sendo cortada somente nos 400 mm iniciais, como ilustra a Figura 31.

Figura 31 — Primeiro teste de corte com chapa



Fonte: o Autor, (2022)

Começou-se então a análise das possíveis causas do corte ter sido interrompido. Primeira etapa da análise foi verificar novamente a folga de corte existente entre as facas. Como resultado, obteve-se os mesmos 0,03 mm já descritos neste Trabalho anteriormente. No segundo momento, pensou-se na força de corte, mas essa possível causa foi prontamente descartada pelo fato da unidade hidráulica ter sido projetada para o corte de chapas mais espessas que 0,65 mm. Então pensou-se na pressão de sujeição, pelo fato da chapa ter sido “engolida” pelas facas, como mostra a Figura 32.

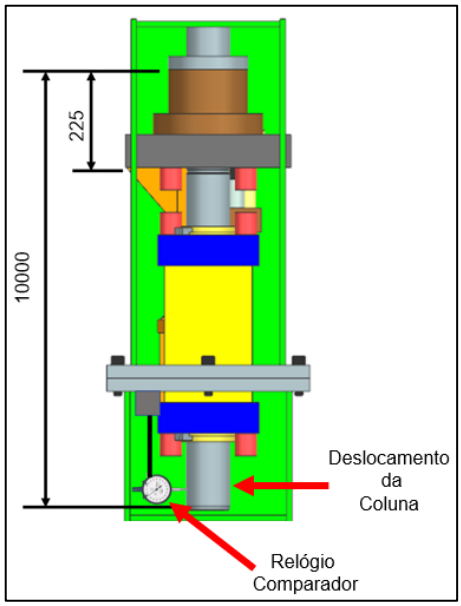
Figura 32 — Teste de corte guilhotina

Fonte: o Autor, (2022)

Aumentou-se a pressão de sujeição para 60 bar e testou-se novamente o corte com a chapa de 0,65 mm de espessura. Mais uma vez o corte não obteve sucesso no resultado. Ao contrário do primeiro corte, a segunda chapa só cortou nos primeiros 200 mm iniciais. Ou seja, a falta de pressão de sujeição foi descartada com esse segundo teste.

A falta de engaste na parte inferior da coluna começou a ser debatida pelo time de ferramentaria pelo fato dela ter 1000 mm de comprimento e ser somente engastada na sua parte superior nos primeiros 225 mm. Para testar essa hipótese foi colocado junto a base das duas colunas, relógios comparadores com o intuito de mostrar o deslocamento da coluna na hora que a faca entrava no corte da chapa. A Figura 33 mostra como foi feito esse teste.

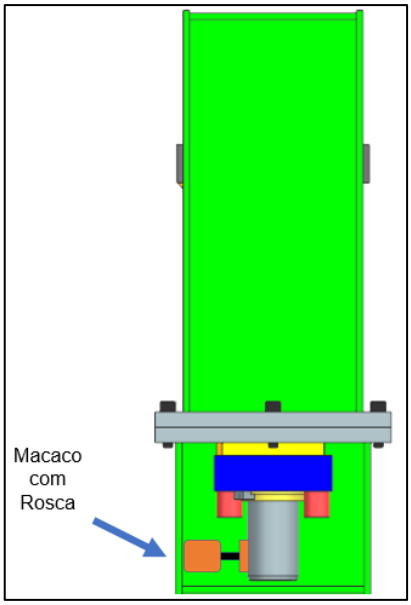
Figura 33 — Teste com relógio comparador




Fonte: o Autor, (2022)

O resultado desse teste mostrou que havia um deslocamento de 0,4 mm das colunas no eixo x, na hora da entrada do corte. A ideia de criar um engaste na base inferior das duas colunas começou a ganhar força com esse teste feito. Para testar essa hipótese, apoiou-se de forma temporária as colunas com a ajuda de macacos com rosca, como ilustra a Figura 34.

Figura 34 — Teste com macaco com rosca



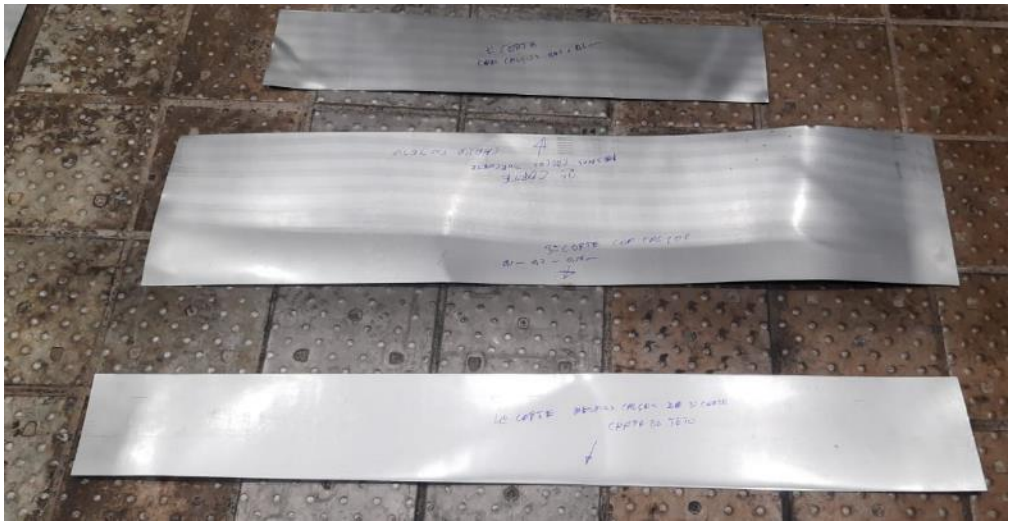

Fonte: o Autor, (2022)

Novamente testou-se o corte da chapa de 0,65 mm de espessura e o resultado obtido mais uma vez não se mostrou satisfatório, com a chapa sendo cortada somente nos primeiros 200 mm, como no teste anterior. O fato que chamou a atenção neste teste, foi que o macaco com rosca caiu do apoio da coluna. Ao invés de ter sido pressionado e evitar o deslocamento de 0,4 mm, medidos anteriormente com o relógio comparador, o macaco com rosca caiu de forma anormal devido a folga entre ele e a coluna.

Testou-se então o ciclo de corte da guilhotina, sem chapa, para observar o deslocamento da coluna. Observou-se então um fato que até o momento não havia sido notado: ao encostar no sujeitador, as facas móveis deslocavam as colunas em sentido contrário ao visto anteriormente, quando as facas entravam no corte da chapa. Como teste a este fato, reduziu-se a pressão de sujeição, abaixando a pressão do sistema mola gás para 20 bar e testou-se novamente o corte com chapa de 0,65 mm de espessura. O resultado desse teste novamente não se mostrou satisfatório, mas um fato chamou a atenção: a chapa foi totalmente cortada, mas em seu corte havia rebarbas em excesso, o que poderia ser ocasionado pela folga excessiva das facas.

Tirou-se então totalmente a folga de corte existente de 0,03 mm e testou-se o corte nas chapas de 0,65 mm, 0,7 mm e 0,8 mm. O resultado obtido mostrou-se satisfatório, com as chapas sendo cortadas totalmente em seu comprimento, sem a presença de rebarbas no seu corte, como mostra a Figura 35.

Figura 35 — Chapas cortadas na guilhotina



Fonte: o Autor, (2022)

Não foi possível testar o corte de chapas com espessura superior a 0,8 mm durante os testes feitos, pelo fato de a empresa automotiva não possuir bobina com espessura superior a indicada em seu estoque. Acredita-se, no entanto, por todo o projeto feito que a guilhotina teria capacidade de cortar chapas com espessura de até 2 mm. Todo o projeto guilhotina foi construído respeitando o modelamento e a geração de desenhos técnicos feitas em CAD e pode ser vista com mais detalhes no APÊNDICE F deste Trabalho.

# 6 CONCLUSÃO

O presente Trabalho demostrou as principais etapas envolvidas na construção de uma guilhotina para o corte das chapas do final de bobina da empresa automotiva. Durante a fase de testes, foi possível cortar de forma satisfatória, todas as espessuras de chapas existentes no processo.

A escolha do ângulo de corte de 0,08°, bem abaixo do teórico indicado, se mostrou correta, pois em nenhum momento afetou a produtividade do processo ou impactou a capacidade de corte da guilhotina.

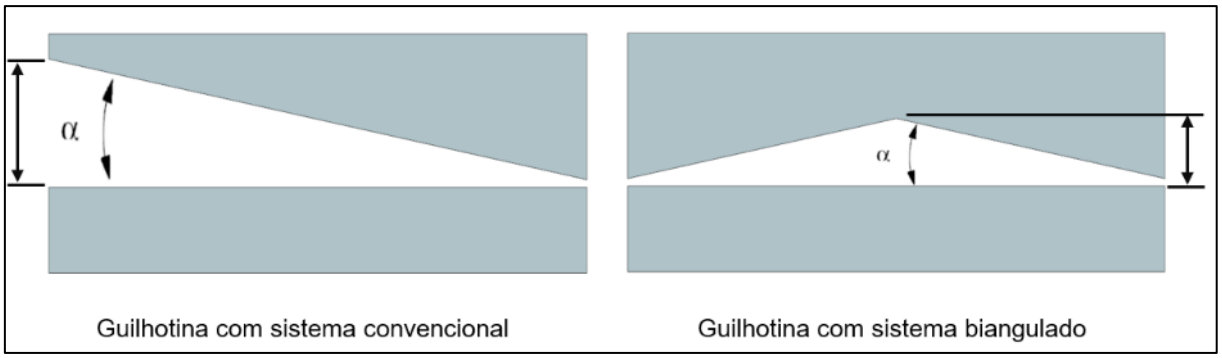
A folga teórica de 0,03 mm entre as facas não se mostrou correta ao longo dos testes feitos, sendo somente possível cortar as chapas sem a presença de rebarbas, com a folga inexistente entre as facas.

A pressão de sujeição teórica não se mostrou correta, sendo somente possível cortar a chapa com metade da pressão de sujeição teórica indicada.

# 7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, espera-se que seja possível uma análise pelo método de elementos finitos, avaliando-se assim as variáveis de projeto aplicáveis a este sistema de corte. O uso do método de elementos finitos feito durante a fase inicial do projeto, evitaria a análise feita com relógio comparador por exemplo, ganhando-se tempo durante a fase dos testes de corte. Outro trabalho a ser desenvolvido, deve ser a construção de um conjunto de corte do tipo biangulado, para corte de chapas com espessura superior a 3 mm. A principal vantagem desse sistema é possibilitar o uso dos ângulos teóricos indicados, facilitando o corte pela redução do ângulo de ataque e reduzindo também o tempo ciclo de corte se comparado ao sistema convencional, conforme mostrado na Figura 36.

Figura 36 — Comparação entre sistemas de corte




Fonte: o Autor, (2022)

# REFERÊNCIAS


ASM, **Metals handbook**. 9th ed. Metals Park, Ohio: ASM, 1993. v.14.

ALONSO, Alberto Fernández. **Sistema CAD/CAM para usinagem com recursos de robótica industrial**. Orientador: Prof. Flávio José Lorini. 2012. 12 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2012.

BORGES, M. M.; NAVEIRO, R. M. **Projetação e Formas de Representação do Projeto**. Graf & Tec, Florianópolis, v. 2, n.1, 2.sem. 1997. Não paginado.

CAVERSAN, Elpidio Gilson; JUNIOR, Ivar Benazzi. **Tecnologia de estampagem 1: Corte**. Sorocaba: Fatec Sorocaba, 2012. 82 p.

GENERAL MOTORS DIE DESIGN STANDARDS: STANDARD COMPONENTS. In: GENERAL MOTORS. 47. ed. rev. [S. l.: s. n.], 2017. cap. **Die shoe components guide post/pin - with retainning groove**, p. 01-02

GENERAL MOTORS DIE DESIGN STANDARDS: STANDARD COMPONENTS. In: GENERAL MOTORS. 47. ed. rev. [S. l.: s. n.], 2013. cap. **Die shoe components guide post/pin bushing**, p. 01-02

MONNERAT, L. P**. Uma abordagem para a melhoria do processo de ensino--aprendizagem em desenho técnico utilizando métodos e técnicas da computação**. 2012. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Compuação, Universidade de Viçosa, Viçosa, 2012.

OLIVEIRA, Douglas Luciano da Silva. **Otimização de corte de pontas de um aço livre de intersticiais laminado a quente usando tesoura do tipo guilhotina**. Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Reis Pereira. 2011. 136 p. Dissertação (Mestre em Ciências na área de concentração: materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos) - Universidade de São Paulo, Lorena - SP, 2011

PEREIRA, ANDRÉIA DAIANA; CEDA, ODILON CÁSSIO; GUIMARÃES, WÁGNEA FRANCISCA. **Substituição de molas de compressão por cilindros de nitrogênio no extrator de ferramentas de estampagem**. Orientador: Prof. Mário Antônio Monteiro. 2014. 48 p. Trabalho de conclusão de curso, (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade São Francisco, Itatiba-SP, 2014.

PINHAL, P. S. Reflexão entre o desenho, representação gráfica e projeto arquitetônico. **Revista Científica UMC**, Mogi das Cruzes, v. 2, n. 1, p. 1-14, fev. 2017.

ROMEIRO,E.,FERREIRA, C.,MIGUEL,P., GOUVINHAS,R.,NAVEIRO,R. **Projeto de Produto**.1ed, Rio de Janeiro, Elsevier. 2010.

SANTOS, A. C.; MOURA, M. E.; SAPPAK, S. **Conheça o processo de corte**. Siderurgia Brasil, Grips Editora, 49.ed, Dez. 2008.

ESTAMPAGEM. SCHAEFFER, Lirio. **Conformação mecânica**. 2. ed. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2004. cap. 7, p. 121-127.

SCHAEFFER, Lírio; BOFF, Uilian. Fundamentos do projeto de ferramentas para o processo de corte. **Corte e Conformação de Metais**, São Paulo, n. , p.82-90, out. 2011. Mensal.

SCHULER GmbH. **Metal Forming Handbook.** Göppingen: Springer, 1998. 563 p < https://www.academia.edu/30987119/Metal_Forming_Handbook> Acesso em: 23 mar. 2022

SILVEIRA, Fabricio Dreher; SCHAEFFER, Lirio. **Diretrizes para projeto de ferramenta de estampagem:** Parte II. Porto Alegre: Ldtm, 2008.

SIRTOLI, Samuel. **Projeto de matrizes de corte por cisalhamento transversal aplicado ao corte de perfis de aço**. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Viecelli. 2013. 66 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul - RS, 2013.

SOUZA, João Henrique Correâ de. **Estudo do processo de corte de chapas por cisalhamento**. Orientador: Prof. Dr. Ing. Lirio Schaeffer. 2001. 101 p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre - RS, 2001

STRANIERI, João Vitor. **Seleção de uma Plataforma CAD para Desenvolvimento de Novos Produtos**. Orientador: Prof. Dr. Osmar Roberto Bagnato. 2018. 36 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica - Automação e Sistemas) - Universidade São Francisco, Campinas - SP, 2018.

VILLARES METALS **Aços para Ferramentas.** Disponível em: <https://www.villaresmetals.com.br/division_stahl/content/download/34345/378185/file/Cat%C3%A1logo%20de%20A%C3%A7os%20para%20Ferramentas_Tool%20Steel.pdf >. Acesso em: 20 abr. 2022.

WICK, C.; BENEDICT, J. T.; VEILLEUX, R. F. **Tool and Manufacturing Engineers Handbook: Forming**. v.2. 4.ed. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1984.

YOSHIDA, Shun. **Seleção de aços, tratamentos térmicos e engenharia de superfícies para ferramentas de conformação de metais.** Congresso de Corte e Conformação, São Paulo, 2001

YOSHIDA, Shun. **Seleção de aços e tratamentos térmicos para ferramentas de conformação a frio - estamparia.** São Paulo: Brasimet, 2003

# APÊNDICE A – *TRIM AND PIERCE DIE DESIGN REQUIRIMENTS AND CHECKLIST*

**TRIM AND PIERCE DIE DESIGN REQUIREMENTS AND CHECKLIST**
**ENGINEERING CALCULATION WORKSHEET**
(shaded area's to be filled out by designer)

**TOOL NUMBER:** *23-00061*

**PANEL DATA**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LENGTH OF TRIM LINE = | 2100 | MM | METAL THICKNESS = | | | 2 | MM | T. S. | | 350 | Mpa |
| LENGTH OF TRIM LINE = (for dual metal thickness) | | MM | METAL THICKNESS = | | | | MM | T. S. | | | Mpa |

| | L | | T | | TS | | | | N/1000 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TRIM FORCE REQ'D: | 2100 | * | 2 | * | 350 | = | 1470000 | N | N/1000 | = | 1470,00 | kN |
| TRIM FORCE REQ'D: | 0 | * | 0 | * | 0 | = | 0 | N | N/1000 | = | 0,00 | kN |
| kn TRIM FORCE / mm = TOTAL TRIM FORCE REQ'D / LENGTH OF TRIM | | | | | | | | | TOTAL | | 1470,00 | kN |

**EQUATION AND RESULTS**

| | L * | | T * | | 0,05 TS | | /1000= | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| STRIPPING FORCE | 2100 | X | 2 | X | 17,5 | | /1000= | 73,50 | kN |
| (for dual metal thickness) | 0 | X | 0 | X | 0 | | /1000= | 0,00 | kN |
| | | | | | | | TOTAL | 73,50 | kN |

**NUMBER OF SPRINGS**

TOTAL STRIPPING FORCE / FORCE PER SPRING

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 73,50 | / | 24 | = | 3,1 | SPRINGS |

## APÊNDICE B – Levantamento do volume de material descartado como sucata no início de bobina

| CSPC | Nºbobinas | Blanks[und] | massa[kg] | Volume/ semestre [ton] | Semestre(s) | Volume anual Estimado 2 turnos [ton] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| GA035IFB | 54 | 21 | 15,856 | 17,981 | 2 | 35,961 |
| GA037IFB | 53 | 15 | 11,677 | 9,283 | 2 | 18,566 |
| GA038IFB | 35 | 15 | 6,957 | 3,652 | 2 | 7,305 |
| GA039IFB | 27 | 20 | 14,23 | 7,684 | 2 | 15,368 |
| GA040IFB | 12 | 17 | 10,424 | 2,126 | 2 | 4,253 |
| GA041IFB | 109 | 19 | 9,714 | 20,118 | 2 | 40,235 |
| GA042IFB | 90 | 14 | 9,121 | 11,492 | 2 | 22,985 |
| GA043IFB | 86 | 13 | 8,307 | 9,287 | 2 | 18,574 |
| GA045IFB | 372 | 11 | 27,029 | 110,603 | 2 | 221,205 |
| GA047IFB | 443 | 11 | 24,803 | 120,865 | 2 | 241,73 |
| GA049IFB | 70 | 11 | 5,951 | 4,582 | 2 | 9,165 |
| GA051IFB | 63 | 11 | 6,024 | 4,175 | 2 | 8,349 |
| GA053IFB | 62 | 13 | 11,172 | 9,005 | 2 | 18,009 |
| GA054IFB | 48 | 13 | 12,814 | 7,996 | 2 | 15,992 |
| GA055IFB | 100 | 13 | 11,607 | 15,089 | 2 | 30,178 |
| GA057IFB | 74 | 14 | 13,755 | 14,25 | 2 | 28,5 |
| GA059IFB | 86 | 13 | 10,943 | 12,234 | 2 | 24,469 |
| GA061IFB | 40 | 15 | 13,933 | 8,36 | 2 | 16,72 |
| GA063IFB | 53 | 13 | 10,215 | 7,038 | 2 | 14,076 |
| GA065IFB | 30 | 15 | 10,062 | 4,528 | 2 | 9,056 |
| GA067IFB | 26 | 14 | 6,599 | 2,402 | 2 | 4,804 |
| GA068IFB | 29 | 14 | 6,718 | 2,728 | 2 | 5,455 |
| GA069IFB | 33 | 13 | 9,974 | 4,279 | 2 | 8,558 |
| GA070IFB | 41 | 14 | 10,477 | 6,014 | 2 | 12,028 |
| | | **TotaL** | | **415,771** | | **831,542** |

# APÊNDICE C – Levantamento do volume de material descartado como sucata no final de bobina

| CSPC | Nº bobinas | Final Bobina [und] | Y (coil) [mm] | Espessura chapa [mm] | massa[kg] | Volume/ semestre [ton] | Semestre(s) | Volume anual Estimado 2 turnos [ton] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GA035IFB | 54 | 4 | 1270 | 0,65 | 12,977 | 2,803 | 2 | 5,606 |
| GA037IFB | 53 | 4 | 1070 | 0,8 | 13,456 | 2,853 | 2 | 5,705 |
| GA038IFB | 35 | 4 | 870 | 0,6 | 8,206 | 1,149 | 2 | 2,298 |
| GA039IFB | 27 | 4 | 1290 | 0,7 | 14,195 | 1,533 | 2 | 3,066 |
| GA040IFB | 12 | 4 | 1310 | 0,7 | 14,415 | 0,692 | 2 | 1,384 |
| GA041IFB | 109 | 4 | 1750 | 0,6 | 16,506 | 7,197 | 2 | 14,393 |
| GA042IFB | 90 | 4 | 1665 | 0,65 | 17,013 | 6,125 | 2 | 12,249 |
| GA043IFB | 86 | 4 | 1045 | 0,65 | 10,678 | 3,673 | 2 | 7,346 |
| GA045IFB | 372 | 4 | 1560 | 0,65 | 15,940 | 23,719 | 2 | 47,438 |
| GA047IFB | 443 | 4 | 1560 | 0,65 | 15,940 | 28,246 | 2 | 56,492 |
| GA049IFB | 70 | 4 | 1100 | 0,6 | 10,375 | 2,905 | 2 | 5,81 |
| GA051IFB | 63 | 4 | 1065 | 0,65 | 10,882 | 2,742 | 2 | 5,485 |
| GA053IFB | 62 | 4 | 1260 | 0,65 | 12,875 | 3,193 | 2 | 6,386 |
| GA054IFB | 48 | 4 | 1260 | 0,65 | 12,875 | 2,472 | 2 | 4,944 |
| GA055IFB | 100 | 4 | 950 | 0,65 | 9,707 | 3,883 | 2 | 7,766 |
| GA057IFB | 74 | 4 | 1420 | 0,7 | 15,626 | 4,625 | 2 | 9,25 |
| GA059IFB | 86 | 4 | 975 | 0,65 | 9,963 | 3,427 | 2 | 6,854 |
| GA061IFB | 40 | 4 | 1395 | 0,7 | 15,351 | 2,456 | 2 | 4,912 |
| GA063IFB | 53 | 4 | 975 | 0,65 | 9,963 | 2,112 | 2 | 4,224 |
| GA065IFB | 30 | 4 | 1315 | 0,7 | 14,470 | 1,736 | 2 | 3,473 |
| GA067IFB | 26 | 4 | 995 | 0,6 | 9,385 | 0,976 | 2 | 1,952 |
| GA068IFB | 29 | 4 | 935 | 0,65 | 9,554 | 1,108 | 2 | 2,216 |
| GA069IFB | 33 | 4 | 1285 | 0,6 | 12,120 | 1,6 | 2 | 3,2 |
| GA070IFB | 41 | 4 | 1150 | 0,7 | 12,655 | 2,075 | 2 | 4,151 |
| | | | | | **TotaL** | **113,3** | | **226,6** |

# APÊNDICE D – Estudo de viabilidade técnica

## Cálculo de viabilidade técnica - Fluxo de Caixa

| Volume Anual [Ton] | Dias/Ano | Ton/Dia |
|---|---|---|
| 1.058,143 | 264 | 4,008117 |

| Valor/Fornecedor [R$] | | Rentabilidade/Dia |
|---|---|---|
| "A" | R$ 850,00 | R$ 3.406,90 |
| "B" | R$ 1.272,00 | R$ 5.098,33 |

| Diferença "A" / "B" | Rentabilidade/Anual Projeto |
|---|---|
| R$ 1.691,43 | R$ 446.536,35 |

## PROJETO GUILHOTINA - LINHA DE CORTE BLANKS

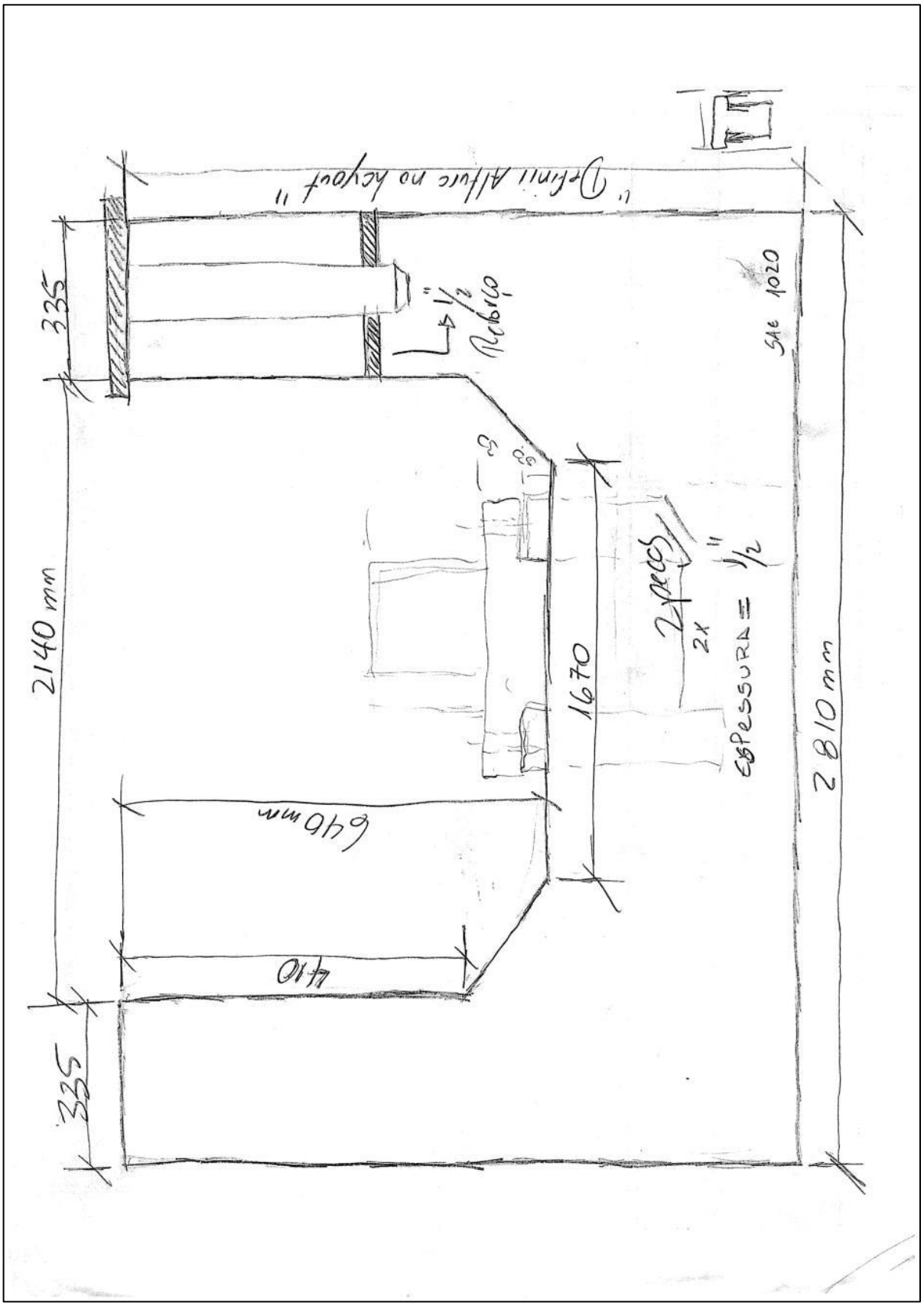
### ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

| | | |
|---|---|---|
| Investimento Inicial | R$ | 875.305,89 |
| Taxa Minina de Atratividade | | 20% |

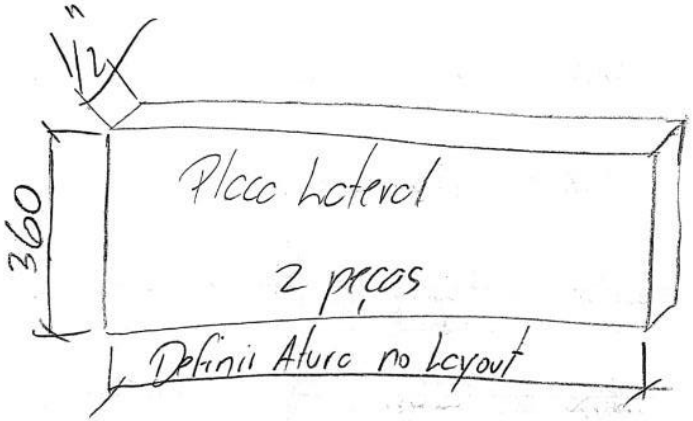
| Periodo | Fluxo de Caixa | Valor Presente | Valor Presente Acumulado |
|---|---|---|---|
| 0 | -R$ 875.305,89 | -R$ 875.305,89 | -R$ 875.305,89 |
| 1 | R$ 446.536,35 | R$ 372.113,63 | -R$ 503.192,27 |
| 2 | R$ 446.536,35 | R$ 310.094,69 | -R$ 193.097,58 |
| 3 | R$ 446.536,35 | R$ 258.412,24 | R$ 65.314,66 |
| 4 | R$ 446.536,35 | R$ 215.343,53 | R$ 280.658,20 |
| 5 | R$ 446.536,35 | R$ 179.452,94 | R$ 460.111,14 |

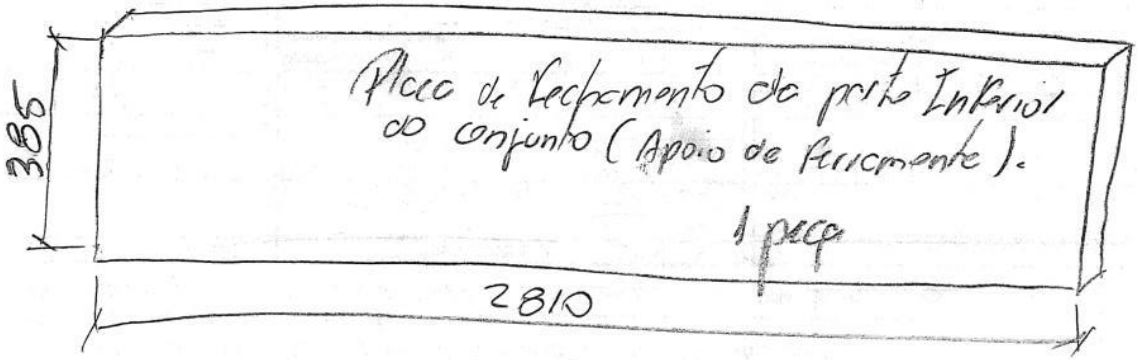
| | | |
|---|---|---|
| Soma VPs (Ano 1 a 5) | R$ 1.335.417,03 | |
| VPL ( Projeto) | R$ 460.111,14 | |
| Taxa Interna de Retorno (TIR) | 42% | |
| Taxa de Lucratividade - IBC | 1,53 | |
| Payback Descontado | 2,7472463 | Anos |
| Payback | 1,9602120 | Anos |
| ROI | 53% | |

**APÊNDICE E – Croquis do conjunto guilhotina**

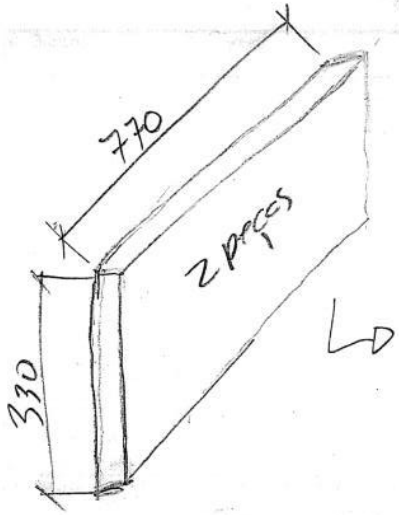


Desenhos do conjunto Inferior
(Placas de fechamento)

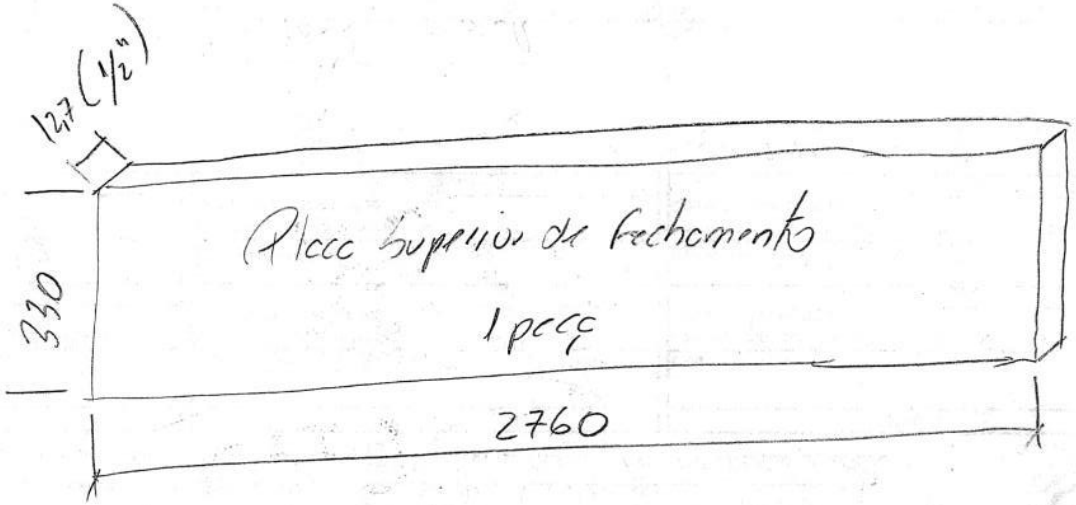


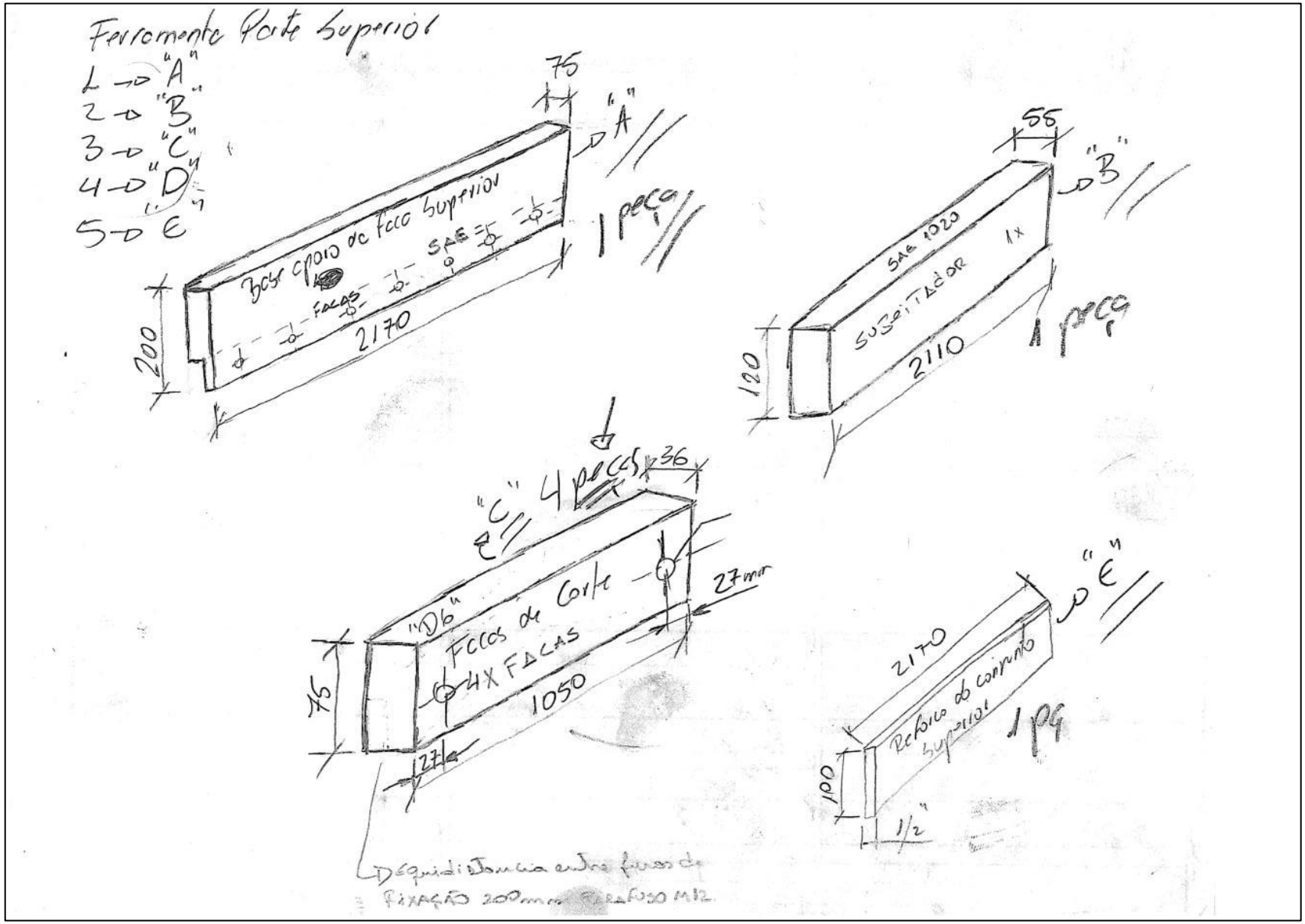



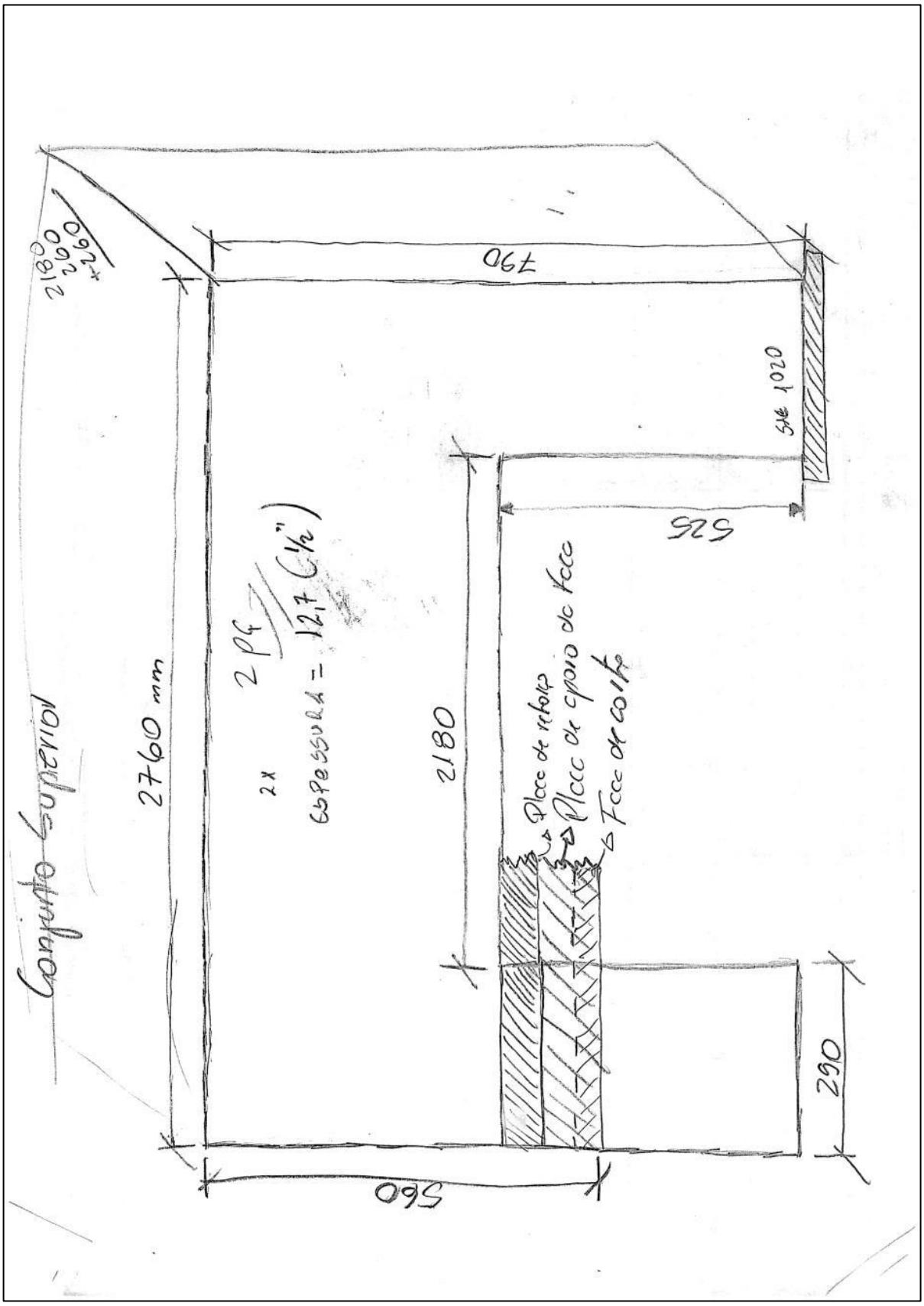
Desenhos do Conjunto Superior
(Placas de Fechamento).

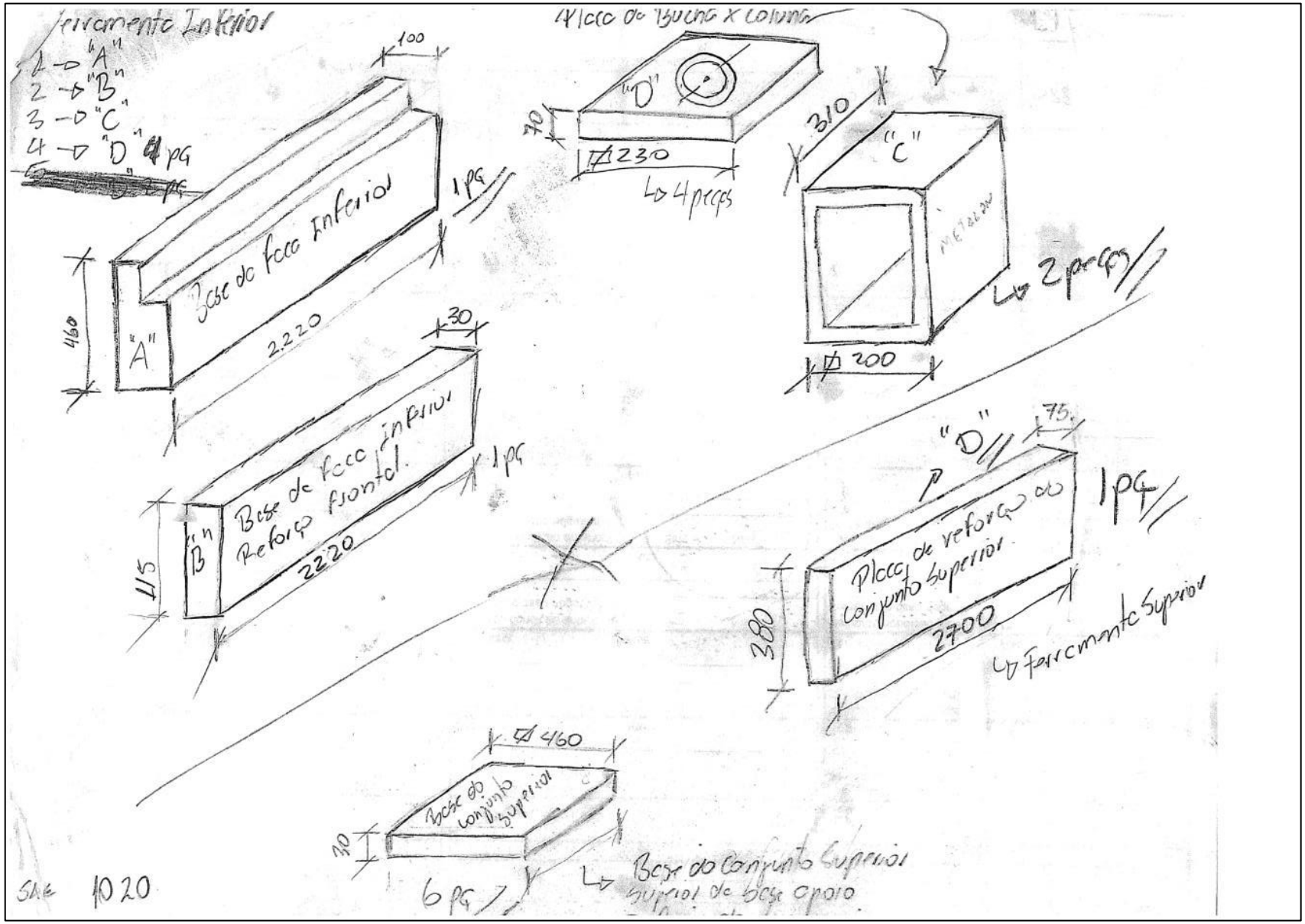


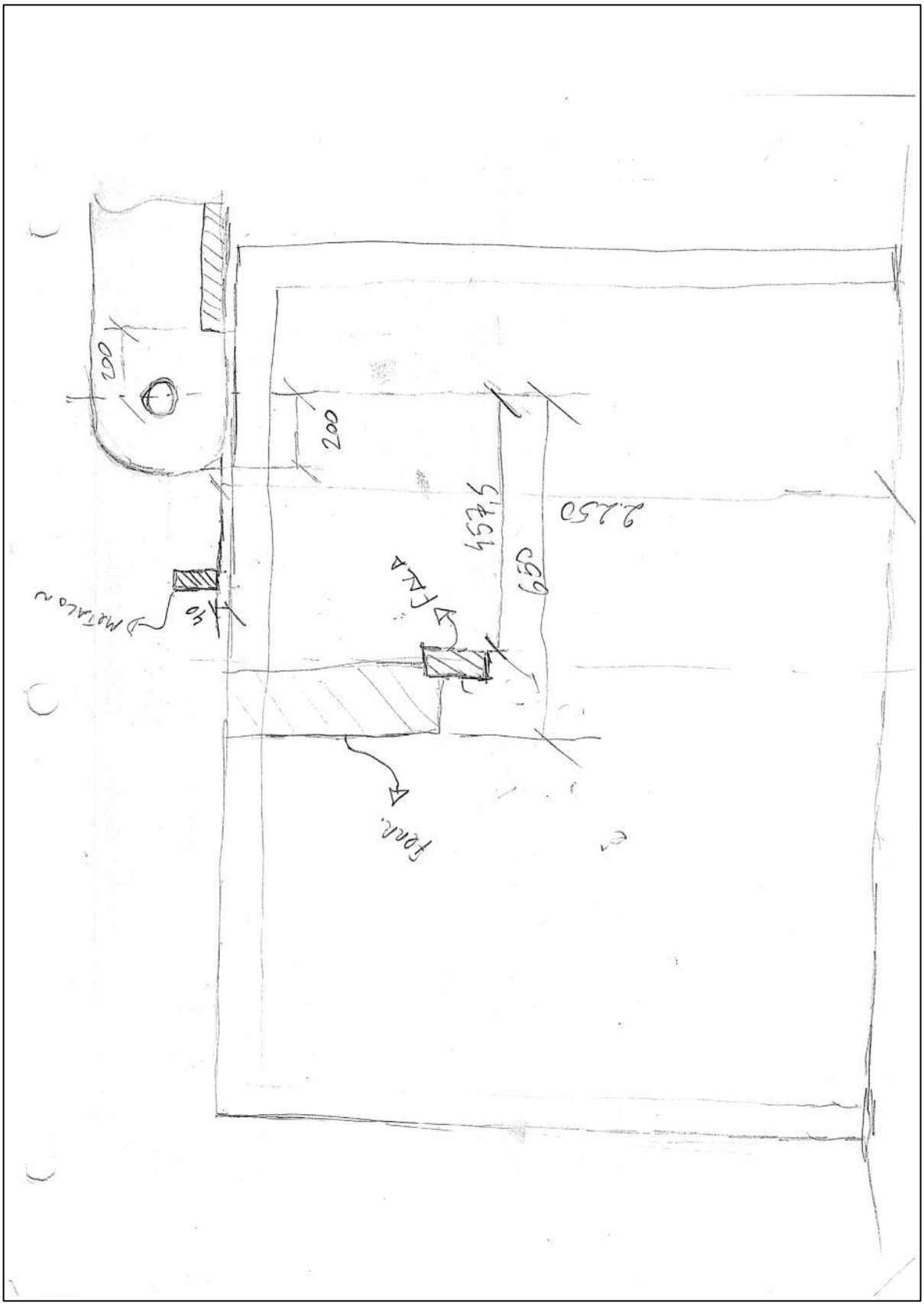

↳ Placas Laterais de Fechamento
(Parte Superior)



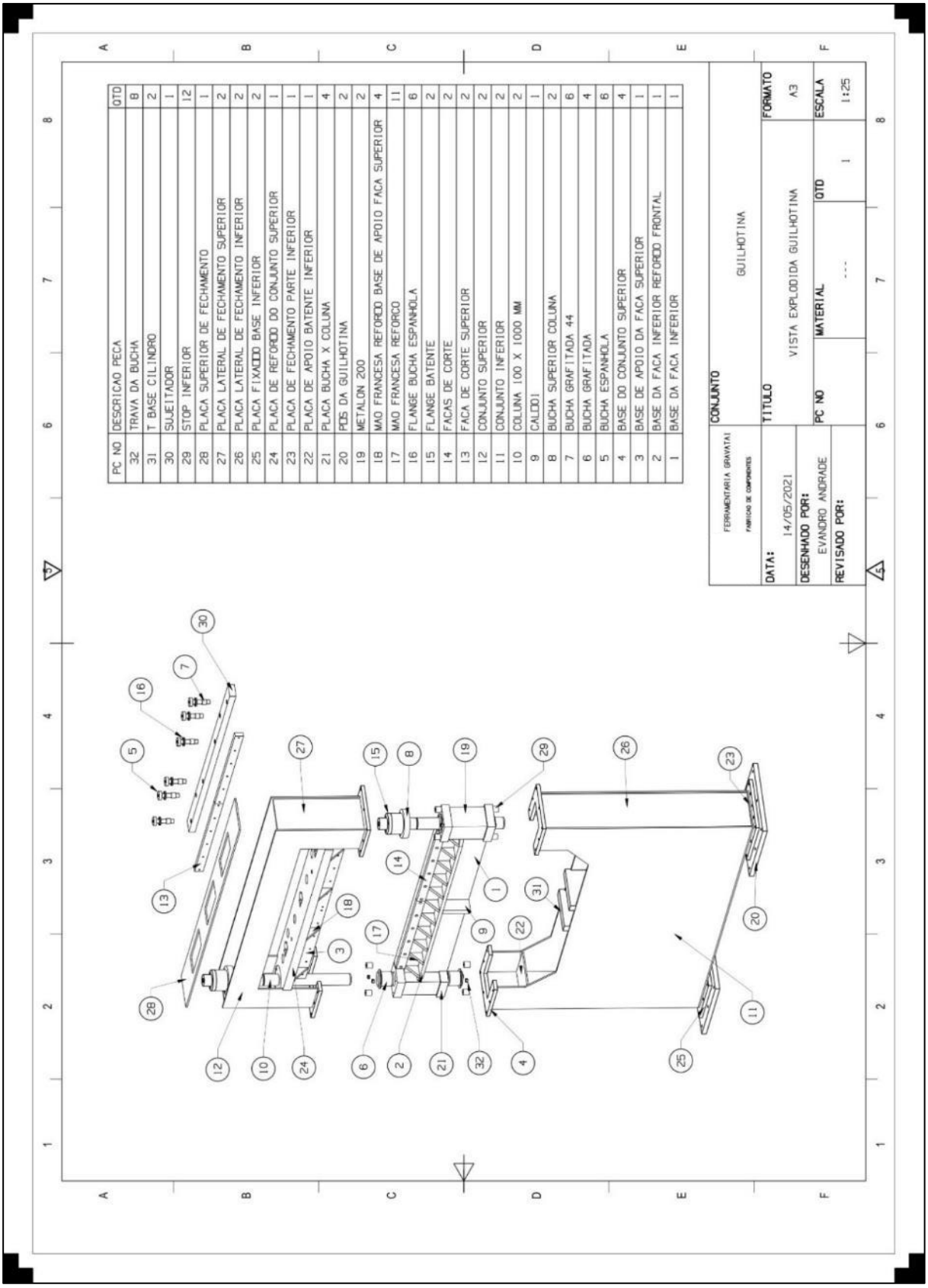

Ferramenta Parte Superior
1 → "A"
2 → "B"
3 → "C"
4 → "D"
5 → "E"
75
"A"
Base apoio de faca superior
SAE
FACAS
2170
200
1 peça
55
"B"
SAE 1020
SUGEITADOR
1x
2110
120
1 peça
"C" 4 peças
36
"D6"
Facas de Corte
4X FACAS
27mm
1050
75
27
Equidistancia entre furos de fixação 200mm
Parafuso M12
"E"
2170
Reforço do conjunto superior
1 pç
100
1/2"

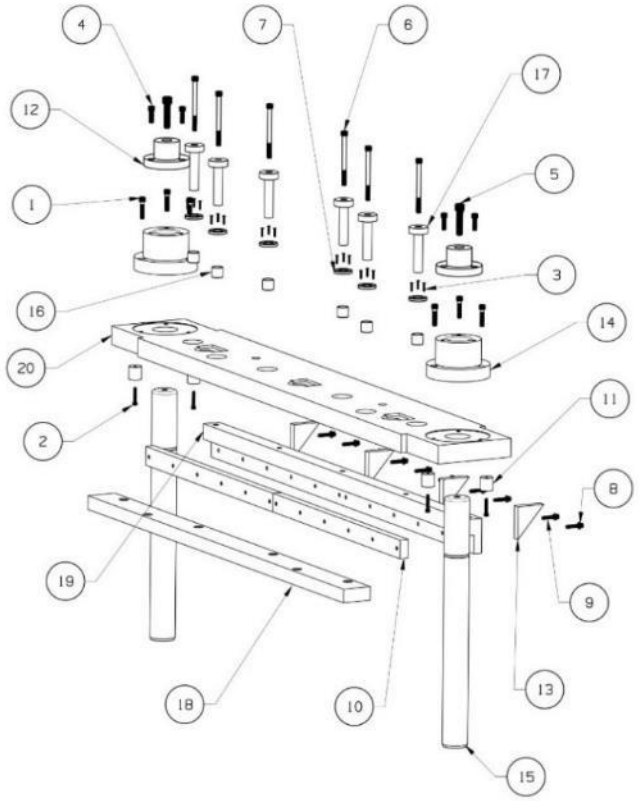

Comprimento superior
2760 mm
2180
2 x
2 pg
espessura = 12,7 (1/2")
Placa de reboco
Placa de apoio do teto
Teto de gesso
790
525
560
290
1020
2600
2180


Ferramenta Inferior
1 → "A"
2 → "B"
3 → "C"
4 → "D" 4 pg
Placa de Bucha x Coluna
"D"
70
Ø230
4 peças
310
"C"
METALON
2 peças
Ø200
100
Base de foco Inferior
1 pg
460
"A"
2220
30
Base de foco inferior
Reforço frontal
1 pg
115
"B"
2220
"D"
75
1 pg
Placa de reforço do conjunto superior
380
2700
Ferramenta Superior
Ø460
Base do conjunto superior
30
6 pg
Base do Conjunto Superior
Superior de base apoio
Sala 1020


2.450
1.454
650
200
100
50
FAA
fona
Material

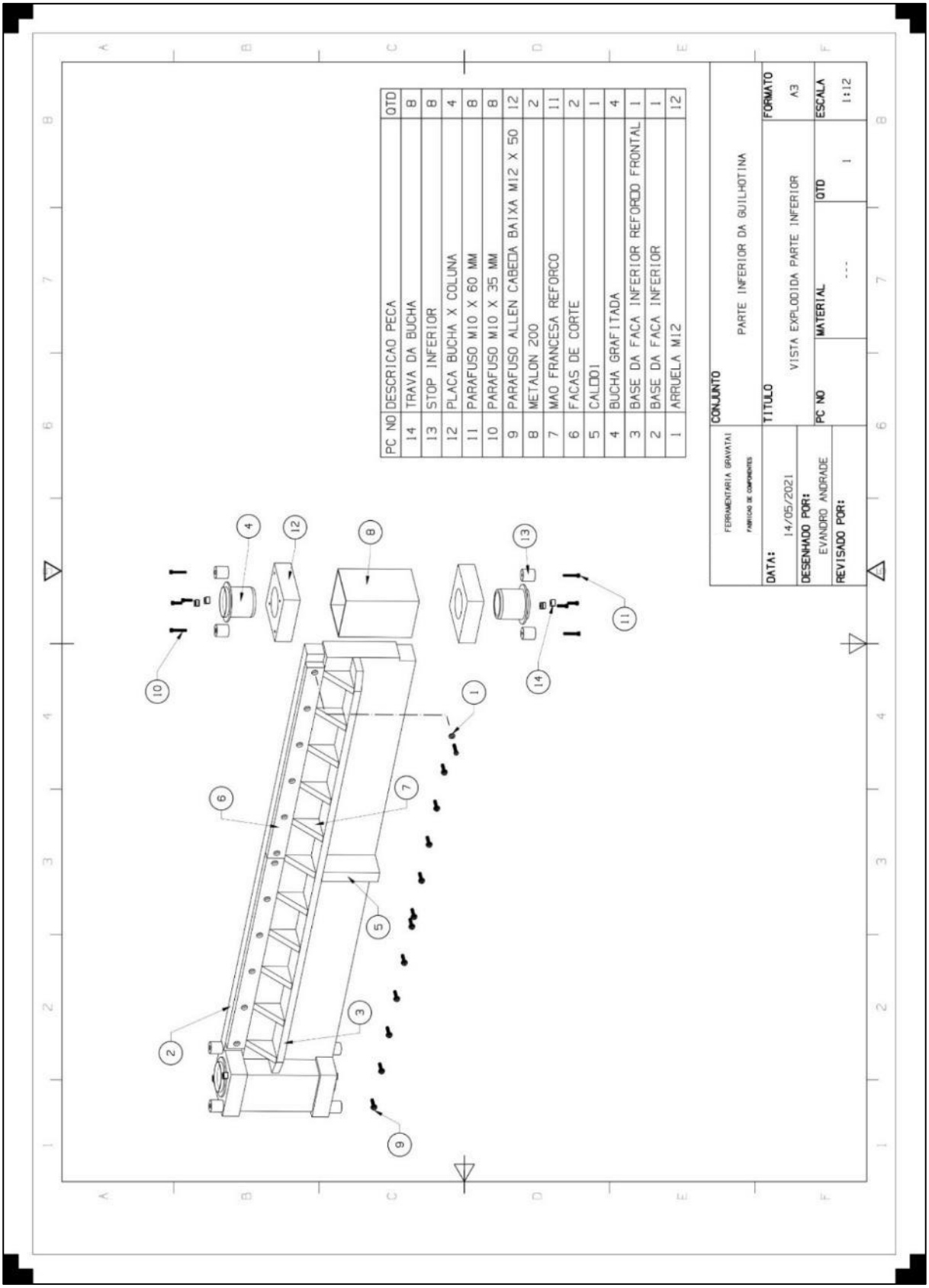
## APÊNDICE F – Desenhos técnicos do conjunto gu ilhotina

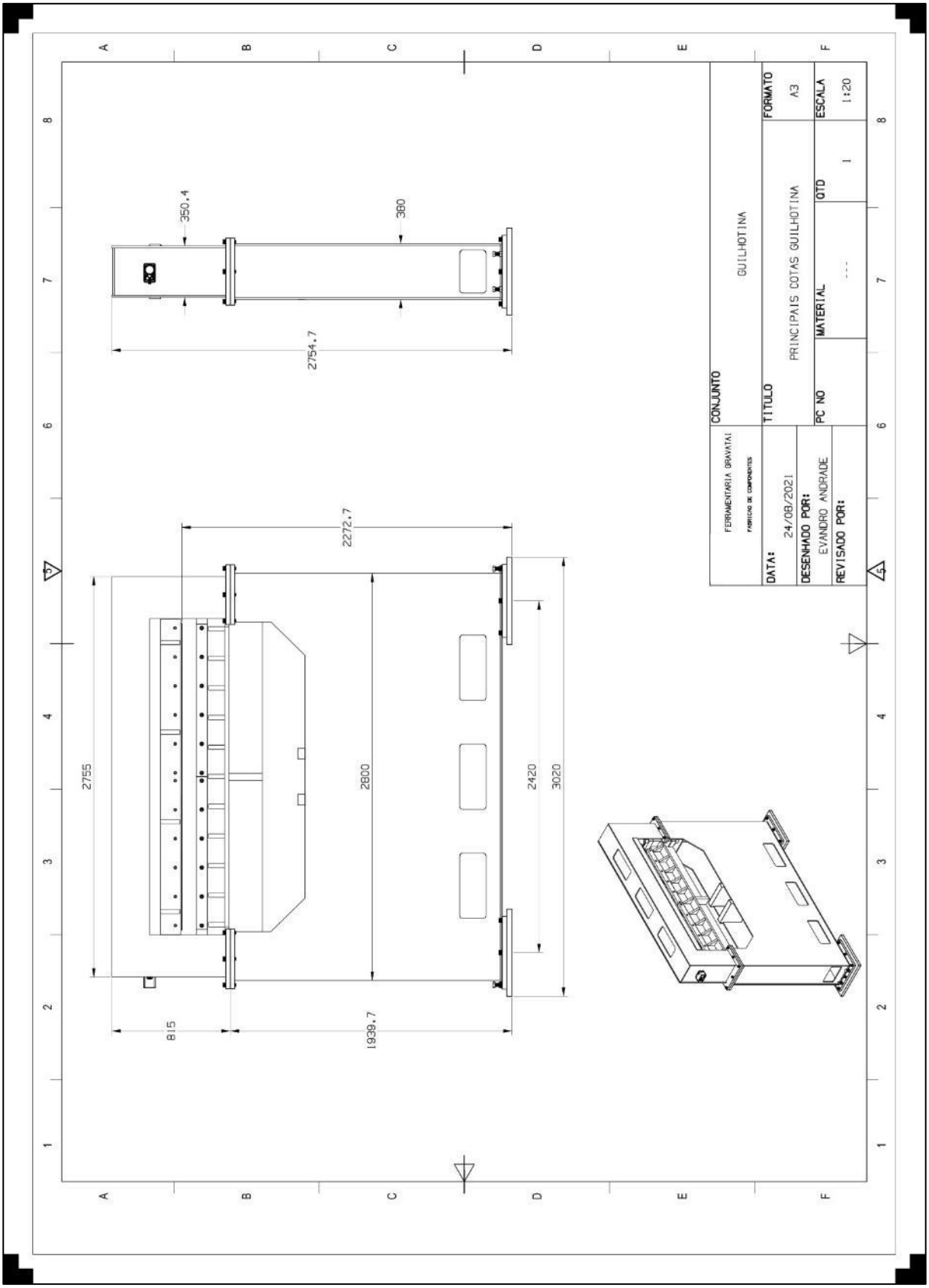


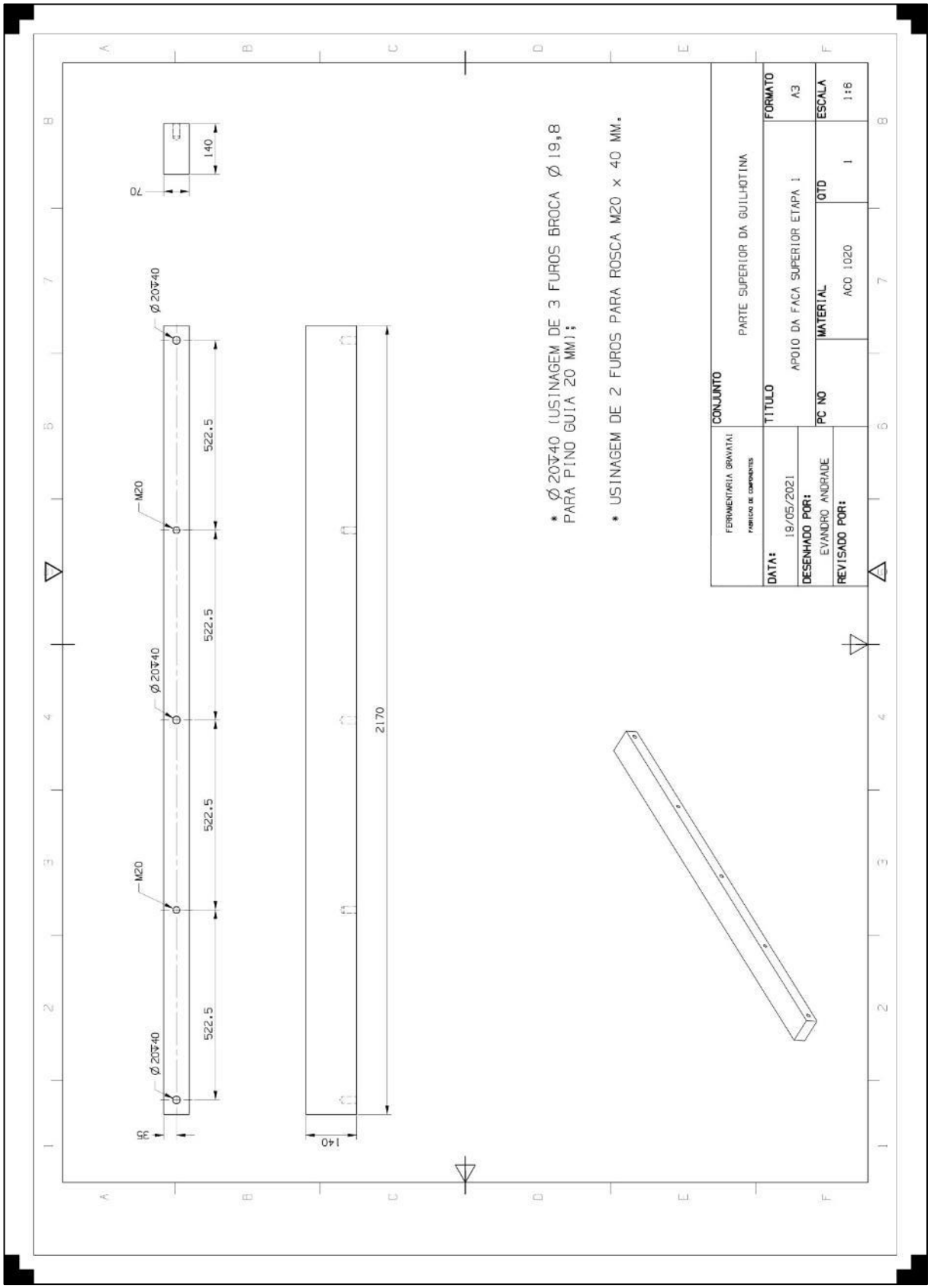


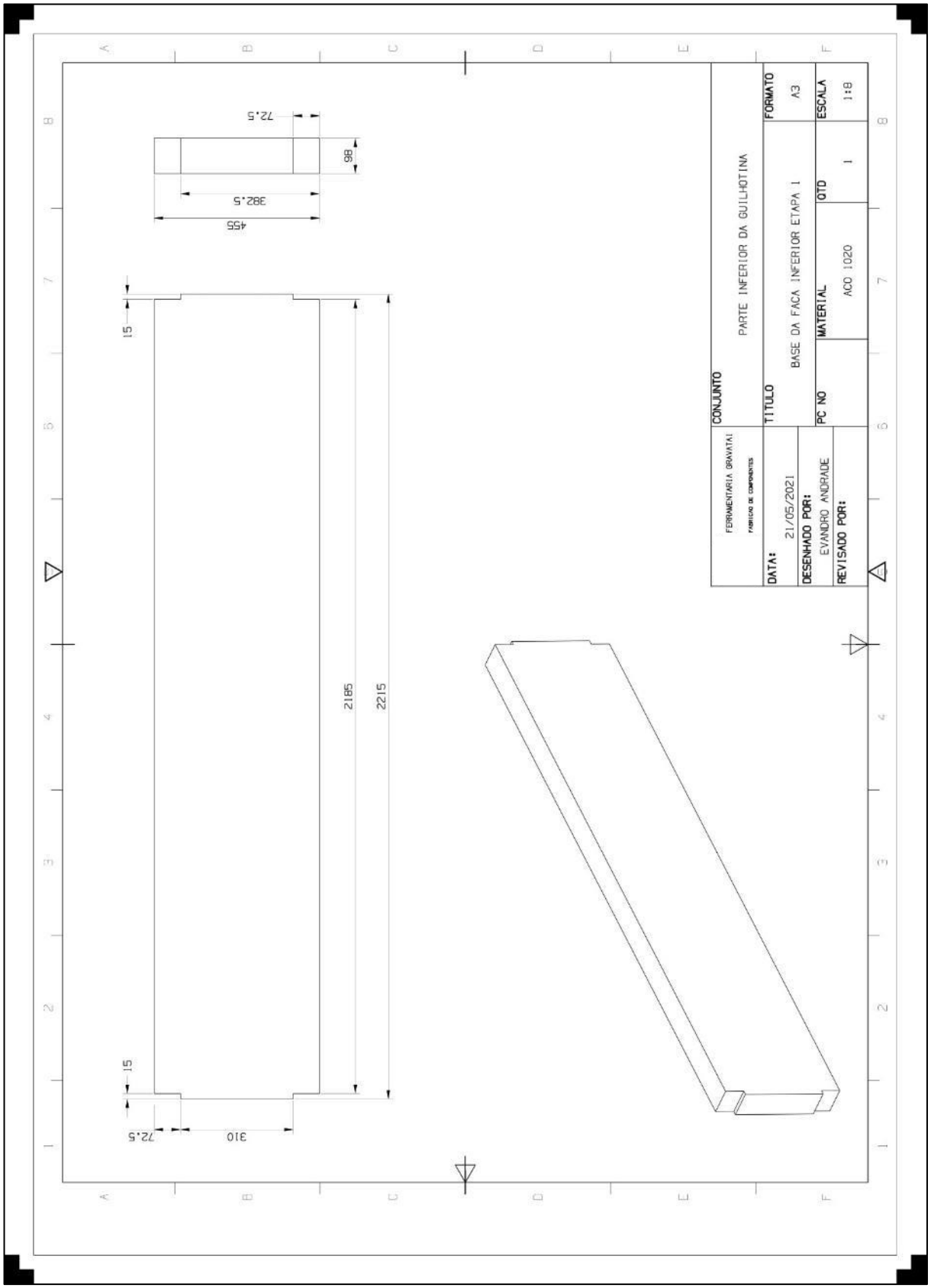

| PC NO | DESCRICAO PECA | QTD |
|---|---|---|
| 20 | PLACA DE REFORÇO DO CONJUNTO SUPERIOR | 1 |
| 19 | BASE DE APOIO DA FACA SUPERIOR | 1 |
| 18 | SUJEITADOR | 1 |
| 17 | BUCHA ESPANHOLA | 6 |
| 16 | BUCHA GRAFITADA 44 | 6 |
| 15 | COLUNA 100 X 1000 MM | 2 |
| 14 | BUCHA SUPERIOR COLUNA | 2 |
| 13 | MAO FRANCESA REFORÇO BASE DE APOIO FACA SUPERIOR | 4 |
| 12 | FLANGE BATENTE | 2 |
| 11 | STOP INFERIOR | 4 |
| 10 | FACA DE CORTE SUPERIOR | 2 |
| 9 | PARAFUSO ALLEN M12 X 60 | 12 |
| 8 | ARRUELA M12 | 12 |
| 7 | FLANGE BUCHA ESPANHOLA | 6 |
| 6 | PARAFUSO M16 X 190 MM | 6 |
| 5 | PARAFUSO M24 X 100 MM | 2 |
| 4 | PARAFUSO M16 X 50 MM | 6 |
| 3 | PARAFUSO ESCAREADO M6 X 30 MM | 18 |
| 2 | PARAFUSO M10 X 60 MM | 4 |
| 1 | PARAFUSO M16 X 70 MM | 6 |

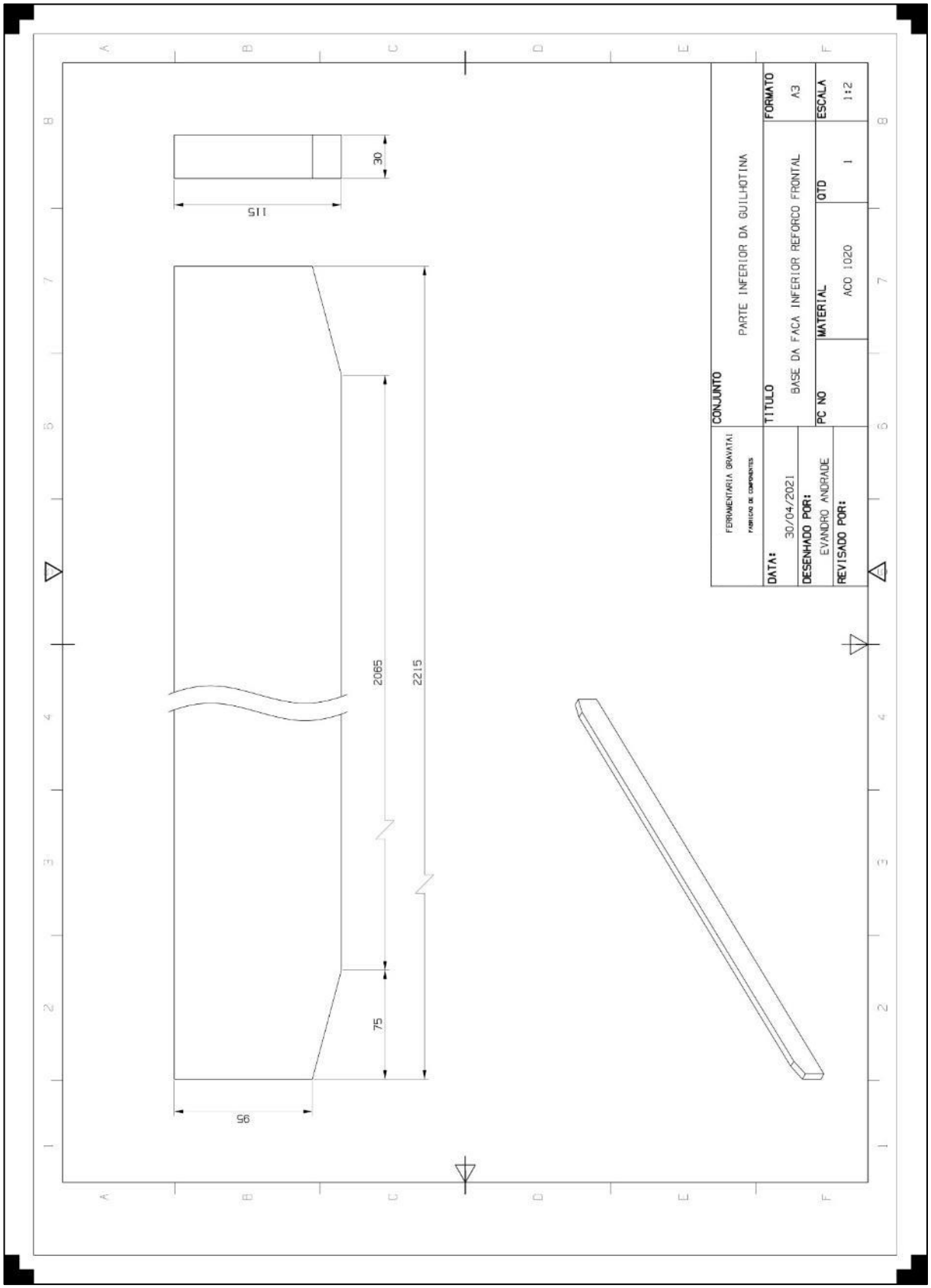
| | | | |
|---|---|---|---|
| FERRAMENTARIA GRAVATAI<br>FABRICAO DE COMPONENTES | CONJUNTO<br>PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA | | |
| DATA:<br>14/05/2021 | TITULO<br>VISTA EXPLODIDA PARTE SUPERIOR | | FORMATO<br>A3 |
| DESENHADO POR:<br>EVANDRO ANDRADE | QTD<br>1 | DESENHO NUMERO | ESCALA<br>1:15 |
| REVISADO POR: | | | |

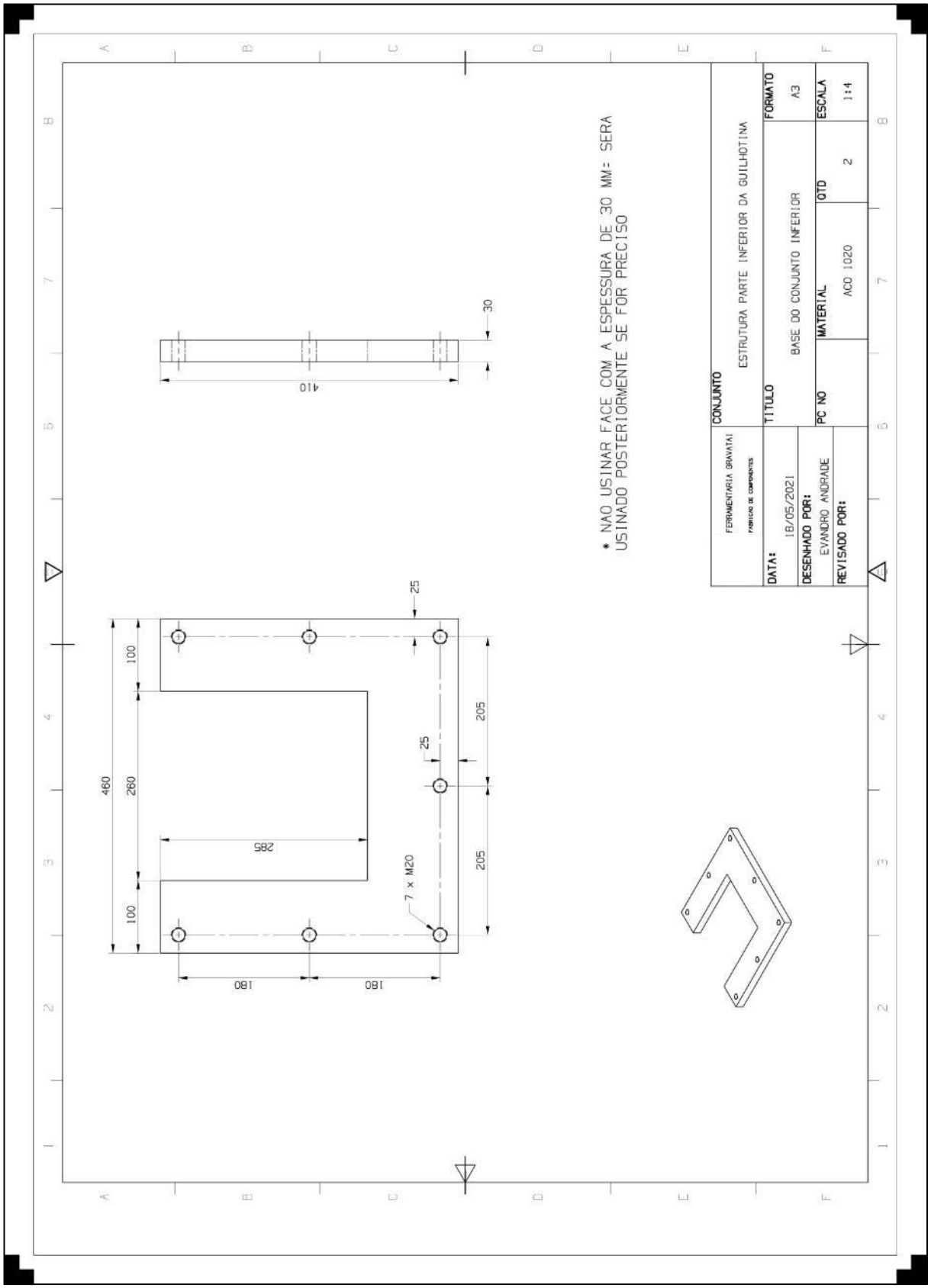

PC NO DESCRICAO PECA QTD
14 TRAVA DA BUCHA 8
13 STOP INFERIOR 8
12 PLACA BUCHA X COLUNA 4
11 PARAFUSO M10 X 60 MM 8
10 PARAFUSO M10 X 35 MM 8
9 PARAFUSO ALLEN CABEDA BAIXA M12 X 50 12
8 METALON 200 2
7 MAO FRANCESA REFORCO 11
6 FACAS DE CORTE 2
5 CALDO1 1
4 BUCHA GRAFITADA 4
3 BASE DA FACA INFERIOR REFORDO FRONTAL 1
2 BASE DA FACA INFERIOR 1
1 ARRUELA M12 12
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
DATA: 14/05/2021
TITULO
VISTA EXPLODIDA PARTE INFERIOR
FORMATO A3
DESENHADO POR: EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL ---
QTD 1
ESCALA 1:12
REVISADO POR:

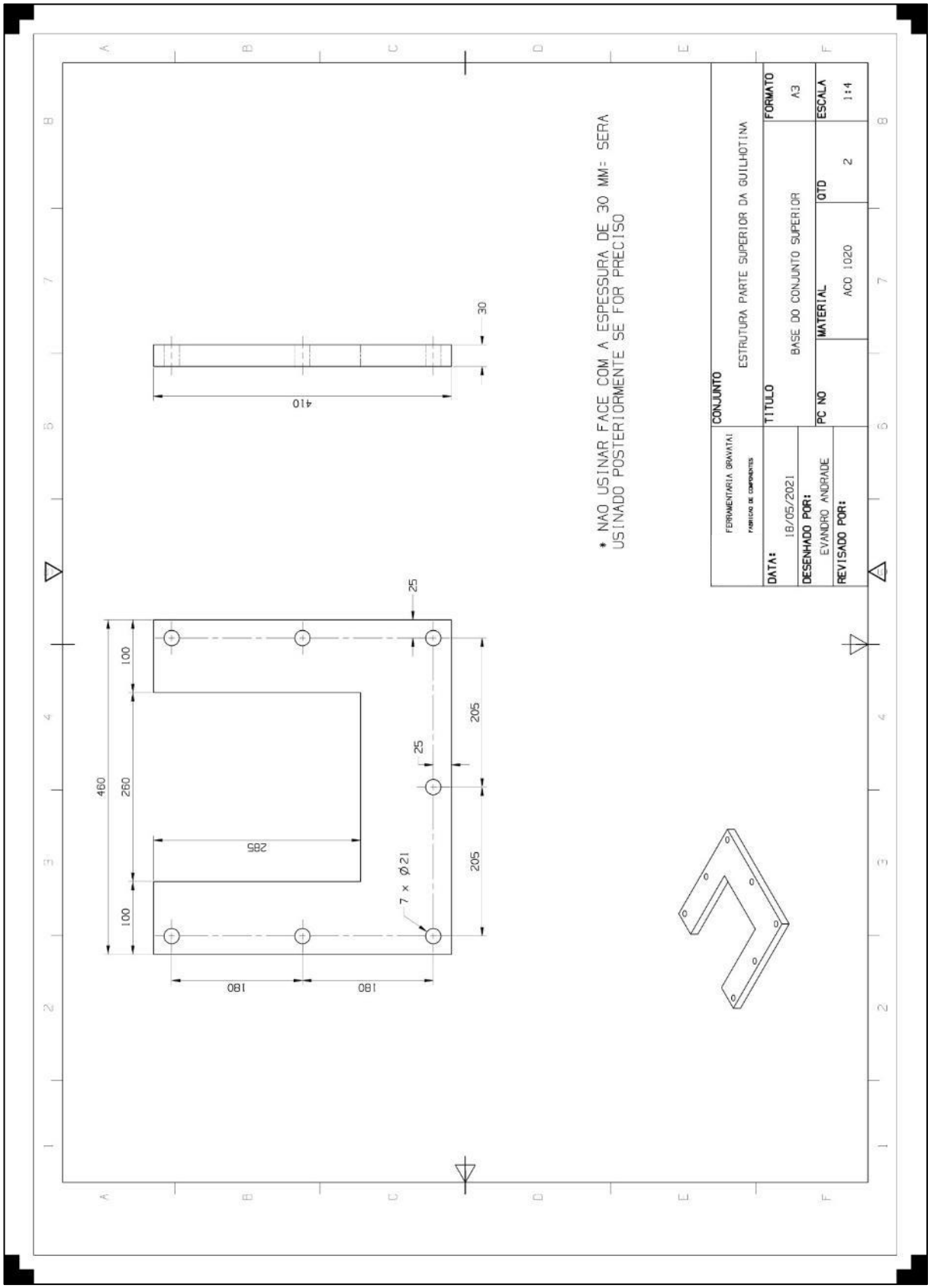

350,4
360
2754,7
2272,7
2755
2800
2420
3020
815
1939,7
CONJUNTO
GUILHOTINA
TITULO
PRINCIPAIS COTAS GUILHOTINA
FORMATO
A3
ESCALA
1:20
QTD
1
MATERIAL
---
PC NO
DATA:
24/08/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:

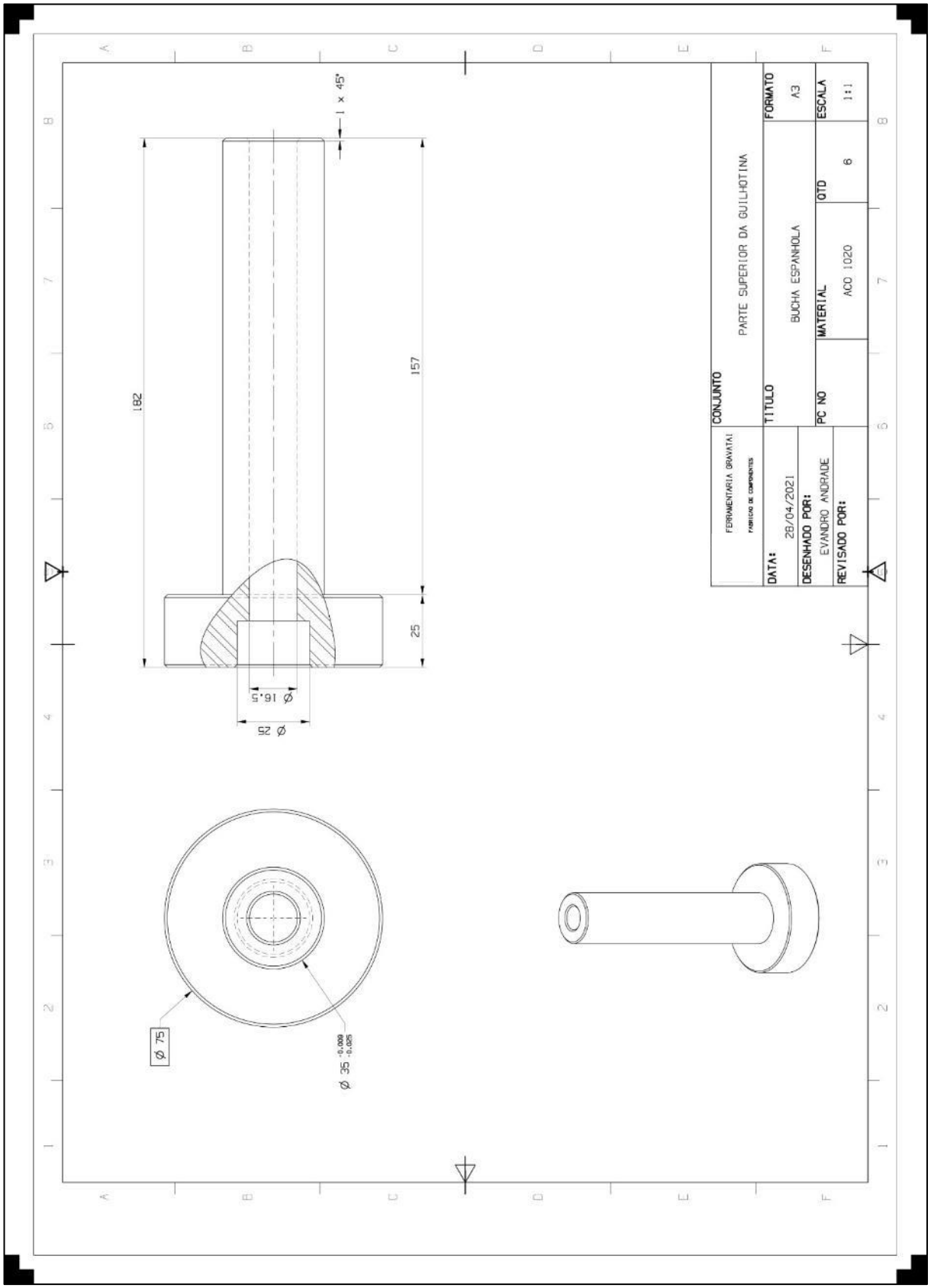

70
140
Ø 20↧40
M20
522.5
522.5
522.5
522.5
Ø 20↧40
Ø 20↧40
M20
35
140
2170
* Ø 20↧40 (USINAGEM DE 3 FUROS BROCA Ø 19,8
PARA PINO GUIA 20 MM);
* USINAGEM DE 2 FUROS PARA ROSCA M20 x 40 MM.
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TÍTULO
APOIO DA FACA SUPERIOR ETAPA 1
FORMATO
A3
DATA:
19/05/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
AÇO 1020
QTD
1
ESCALA
1:6
REVISADO POR:

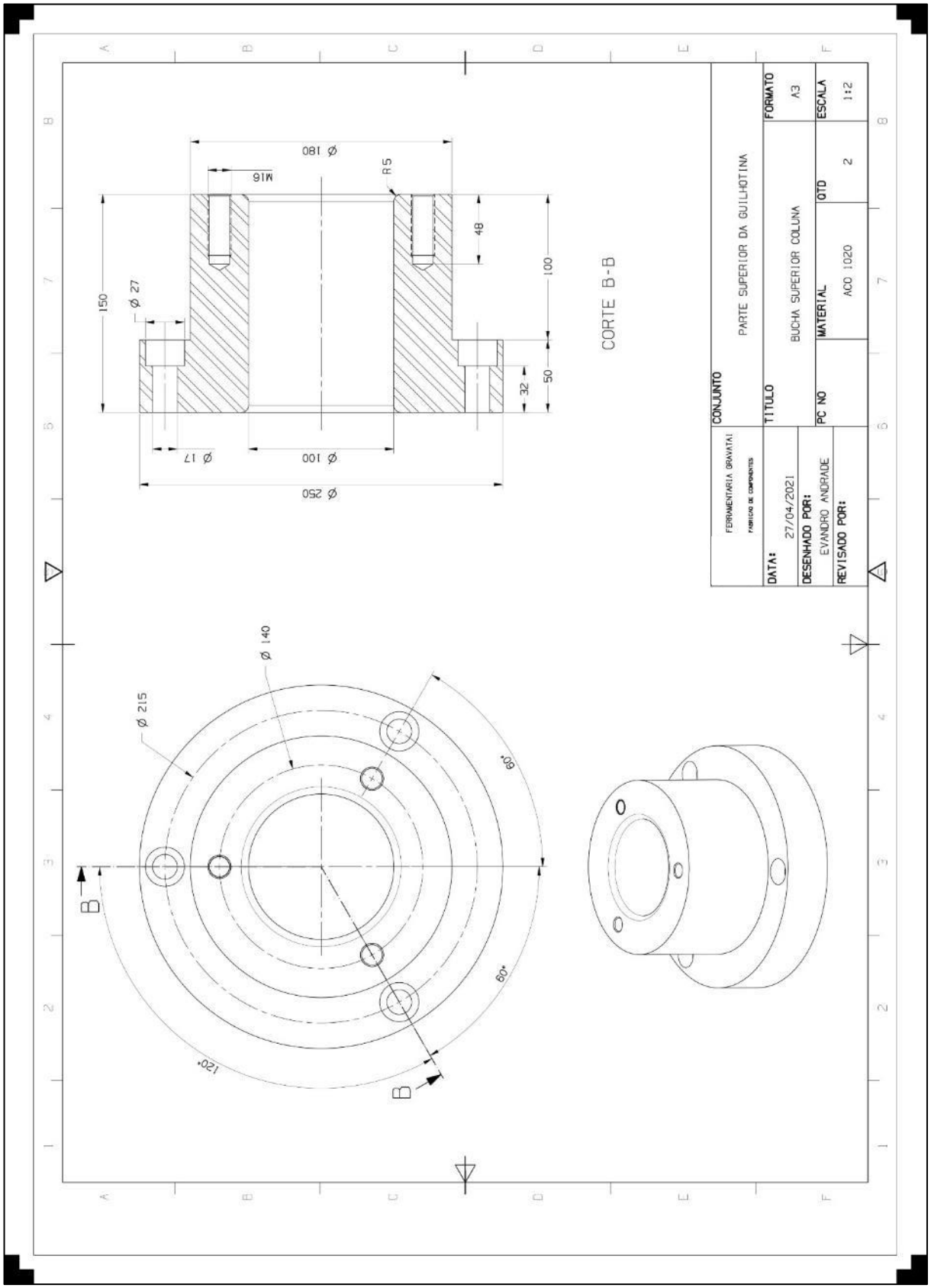

72,5
86
382,5
455
15
2185
2215
15
72,5
310
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
BASE DA FACA INFERIOR ETAPA 1
FORMATO
A3
DATA:
21/05/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
AÇO 1020
QTD
1
ESCALA
1:8
REVISADO POR:

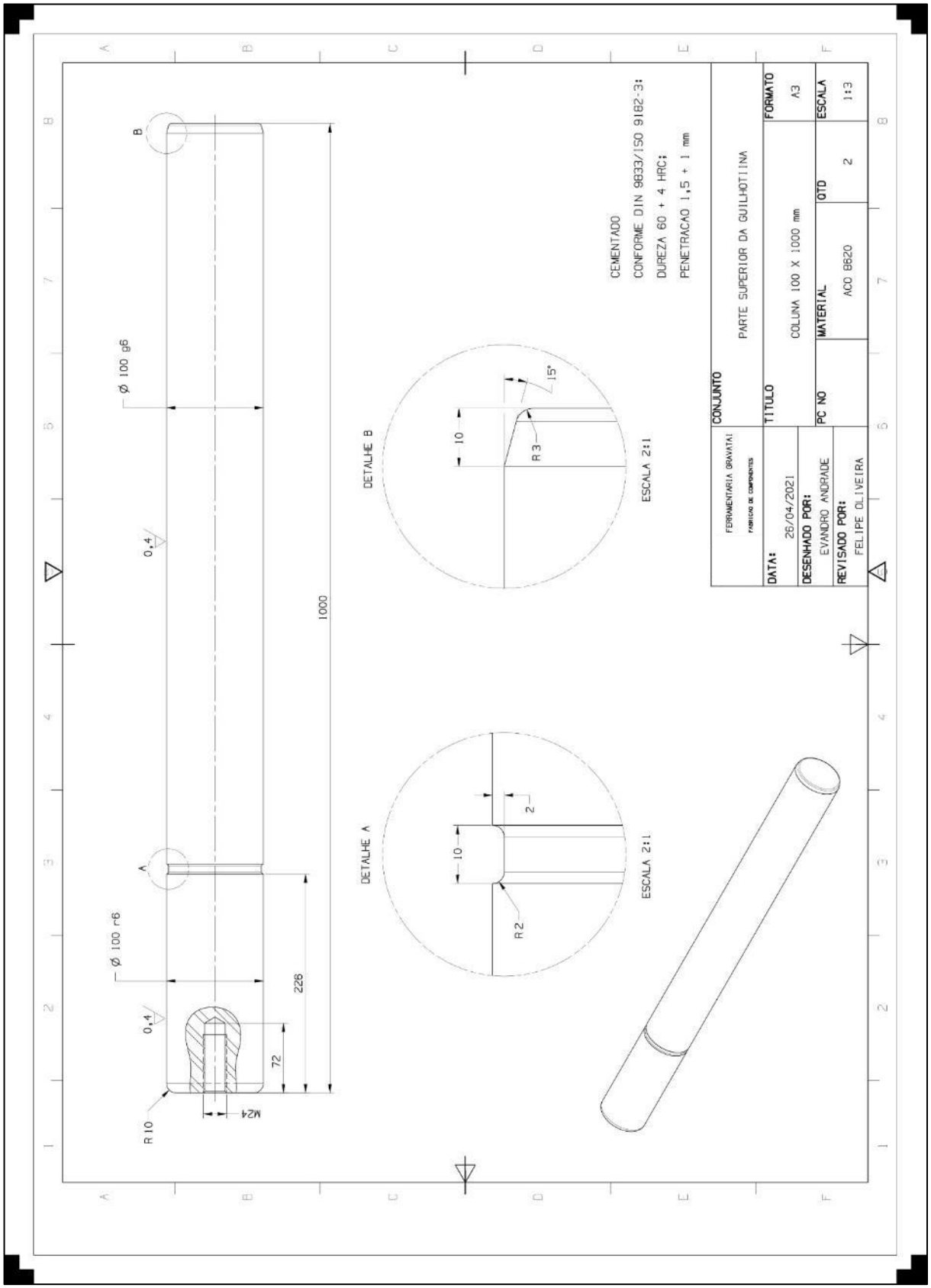

115
30
2065
2215
75
95
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
DATA:
30/04/2021
TITULO
BASE DA FACA INFERIOR REFORCO FRONTAL
FORMATO
A3
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
1
ESCALA
1:2
REVISADO POR:

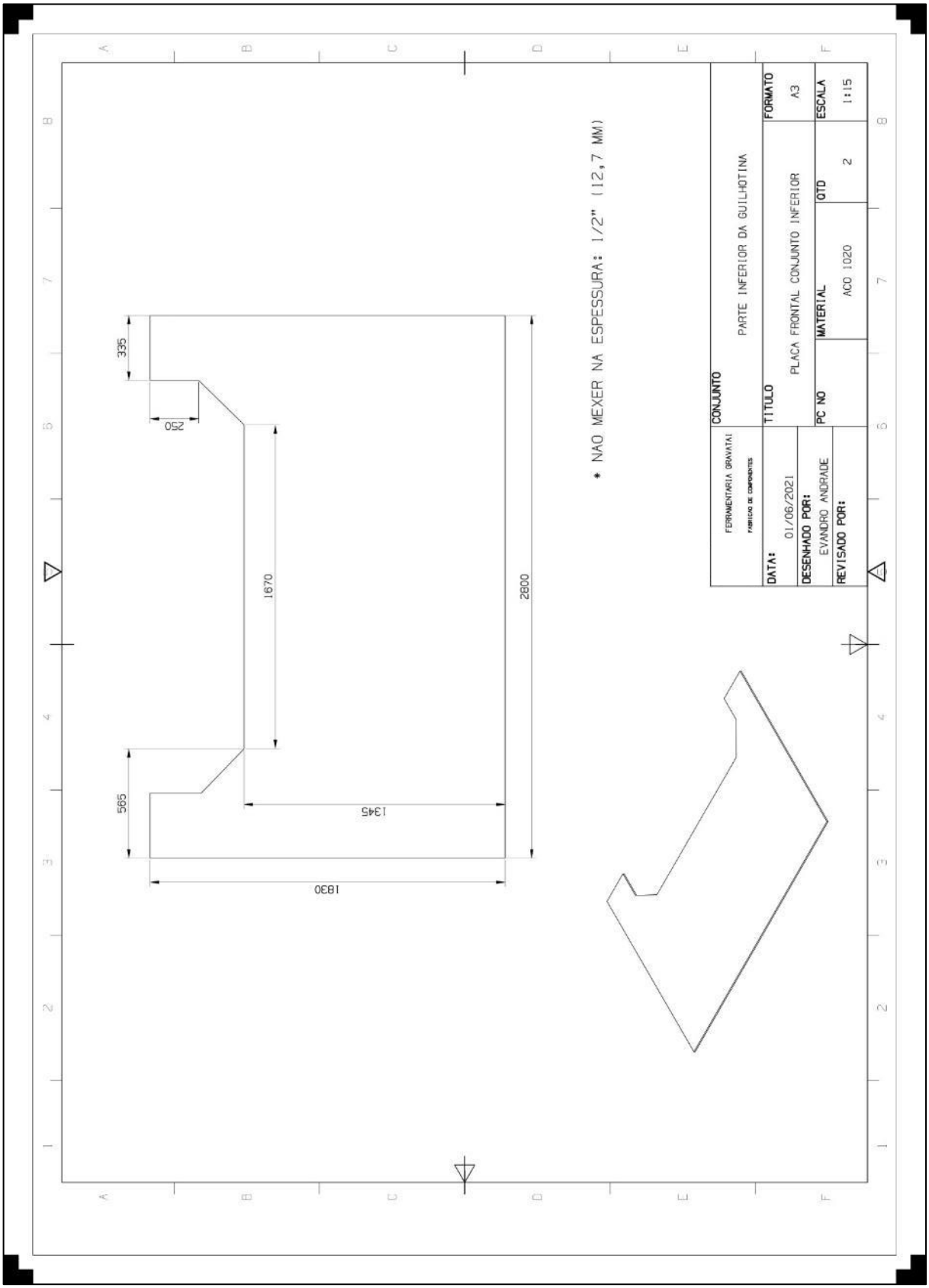

* NAO USINAR FACE COM A ESPESSURA DE 30 MM= SERA
USINADO POSTERIORMENTE SE FOR PRECISO
30
410
25
100
460
280
100
285
25
205
205
7 x M20
180
180
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
ESTRUTURA PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
BASE DO CONJUNTO INFERIOR
FORMATO
A3
DATA:
18/05/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
2
ESCALA
1:4

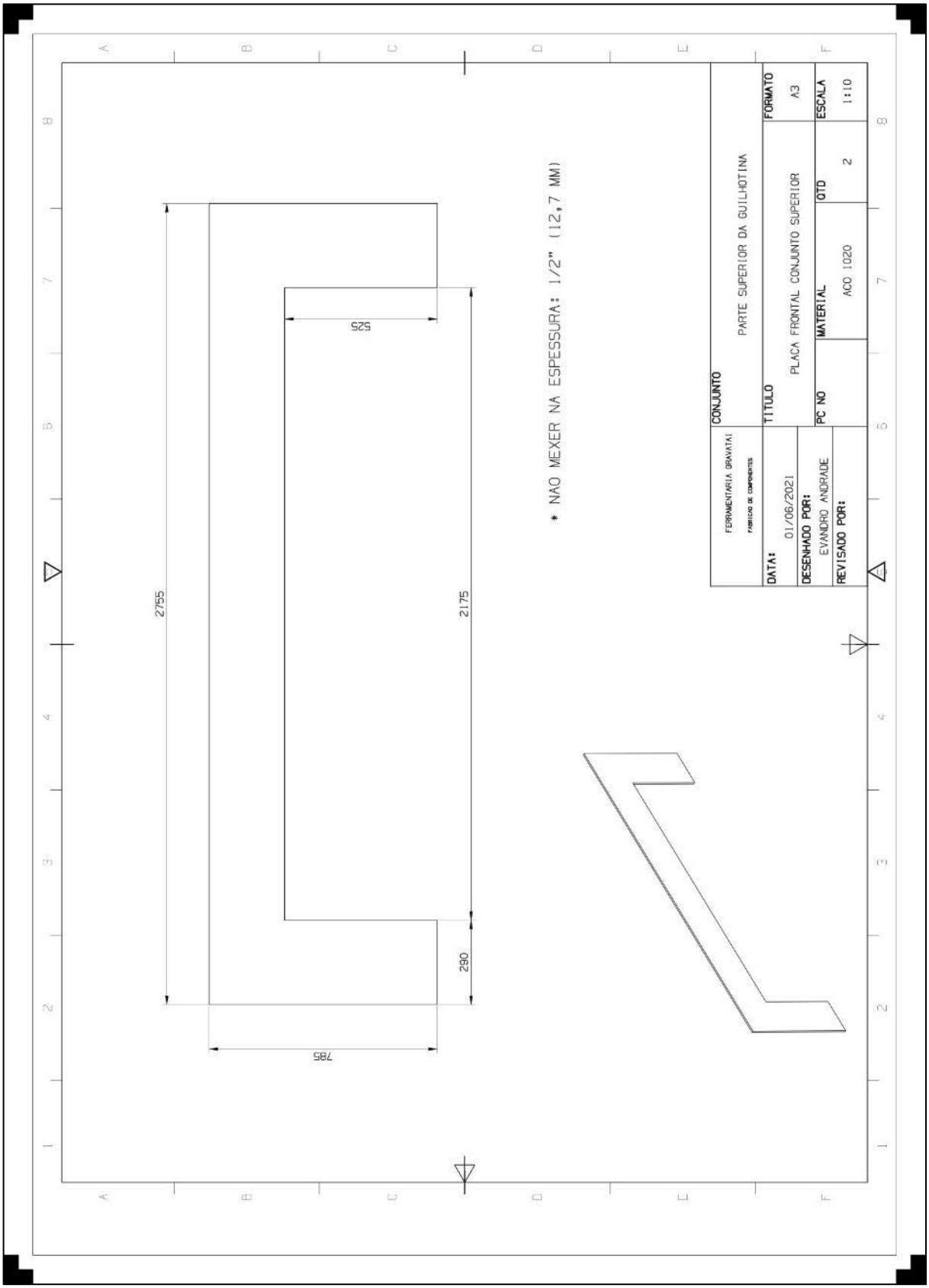

* NAO USINAR FACE COM A ESPESSURA DE 30 MM= SERA
USINADO POSTERIORMENTE SE FOR PRECISO
30
410
25
100
460
260
100
285
25
205
205
7 x Ø21
180
180
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
ESTRUTURA PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
DATA:
18/05/2021
TITULO
BASE DO CONJUNTO SUPERIOR
FORMATO
A3
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
2
ESCALA
1:4
REVISADO POR:

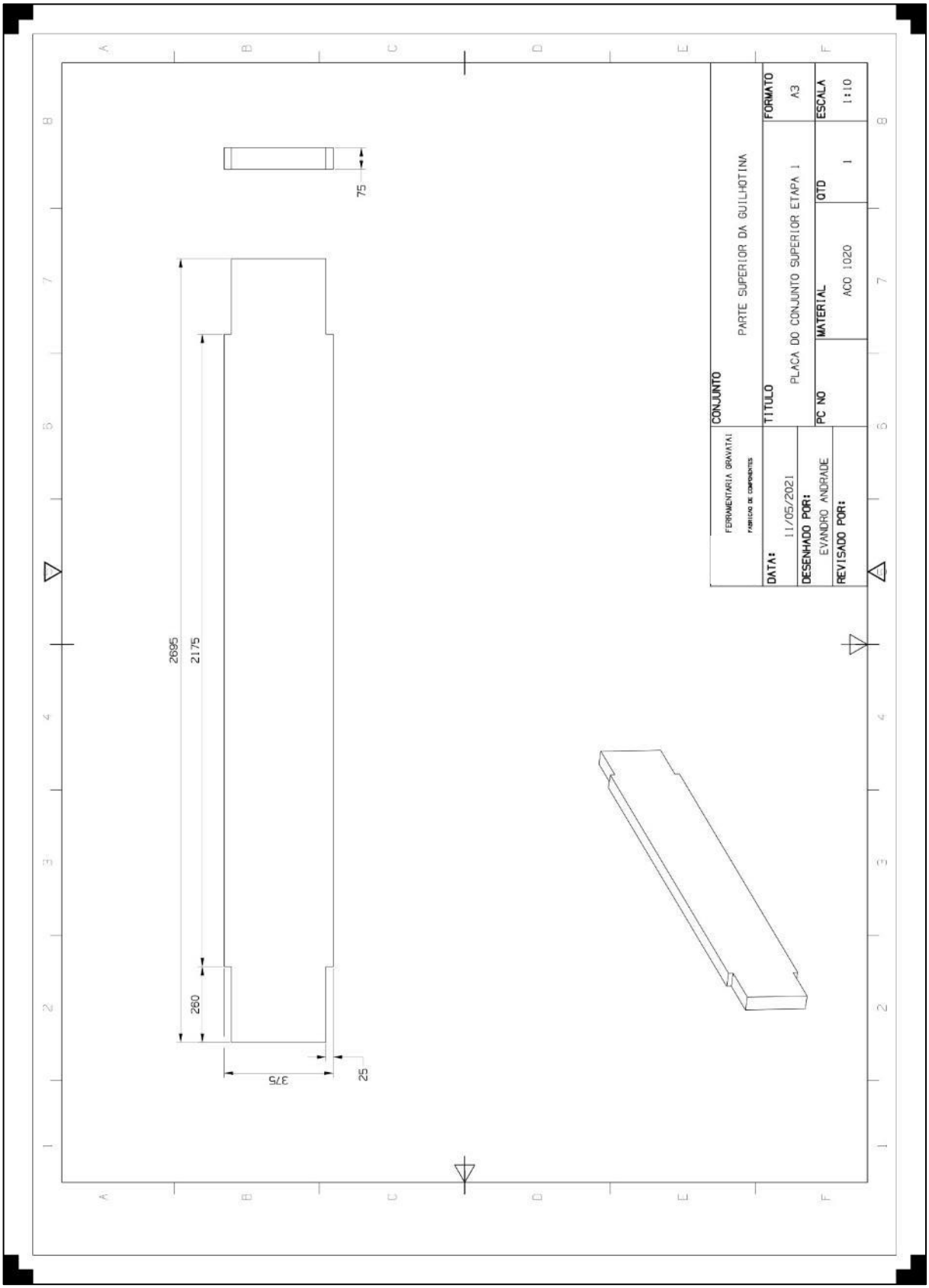

1 x 45°
182
157
25
Ø 16,5
Ø 25
Ø 75
Ø 35 -0,009 -0,025
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
BUCHA ESPANHOLA
FORMATO
A3
DATA:
28/04/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
AÇO 1020
QTD
6
ESCALA
1:1
REVISADO POR:

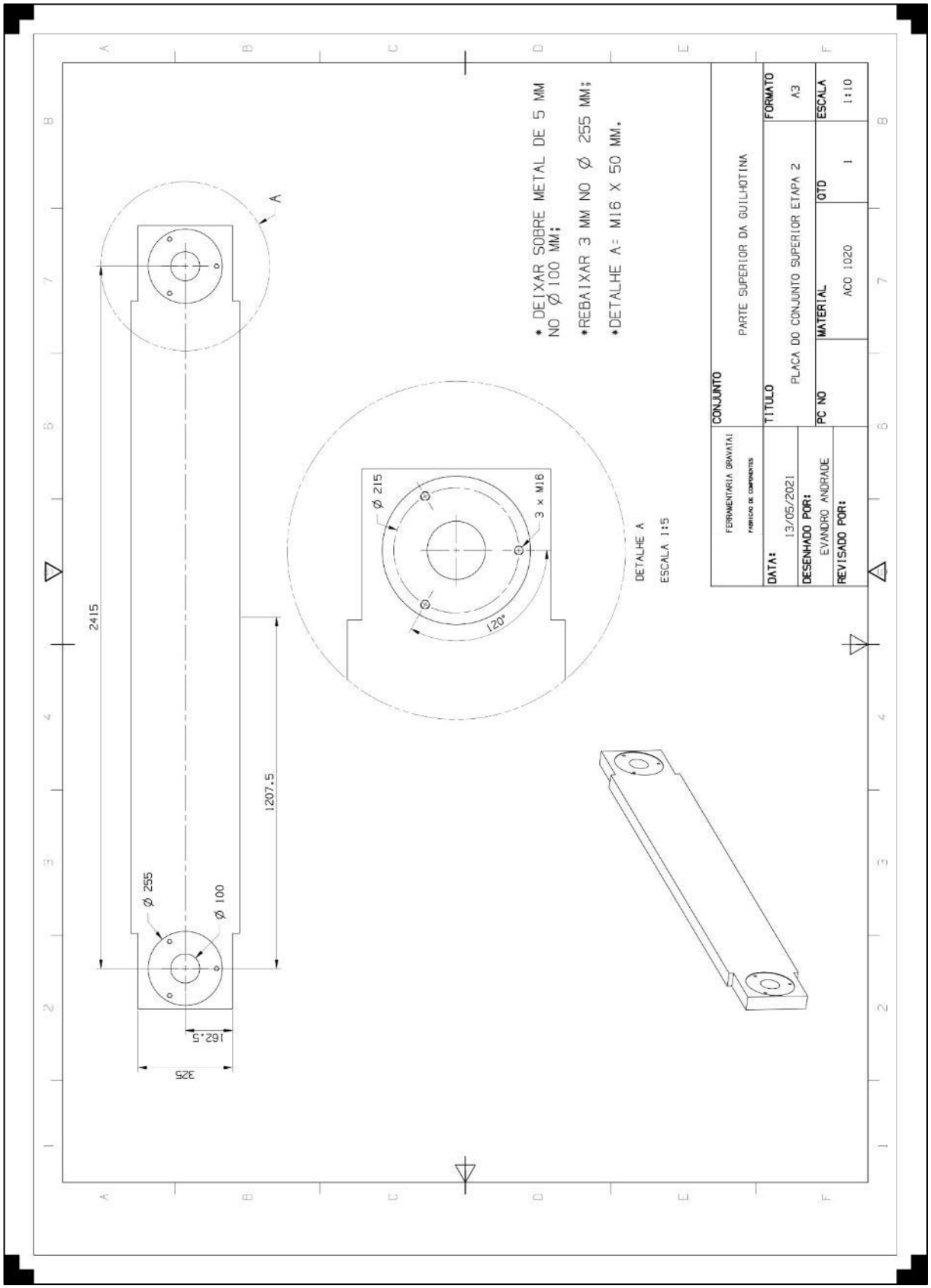

CORTE B-B
Ø 180
M16
R5
48
100
50
32
150
Ø 27
Ø 17
Ø 100
Ø 250
Ø 215
Ø 140
60°
60°
120°
B
B
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
BUCHA SUPERIOR COLUNA
FORMATO
A3
ESCALA
1:2
DATA:
27/04/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
AÇO 1020
QTD
2
REVISADO POR:

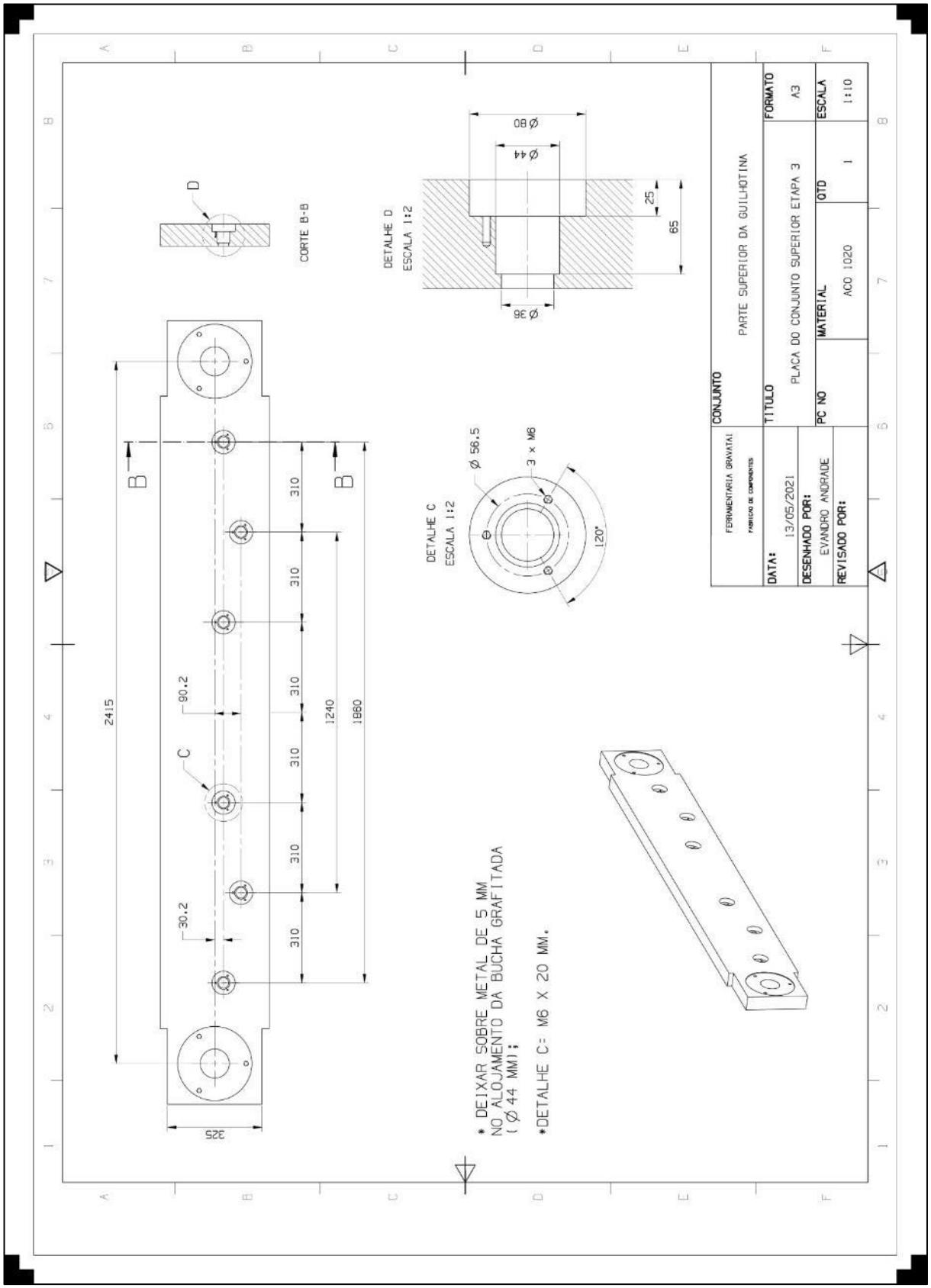

Ø 100 g6
Ø 100 r6
0,4
0,4
B
A
1000
226
72
M24
R 10
DETALHE B
15°
10
R 3
ESCALA 2:1
DETALHE A
10
2
R 2
ESCALA 2:1
CEMENTADO
CONFORME DIN 9833/ISO 9182-3:
DUREZA 60 + 4 HRC;
PENETRACAO 1,5 + 1 mm
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTIINA
TITULO
COLUNA 100 X 1000 mm
FORMATO
A3
DATA:
26/04/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 8620
QTD
2
ESCALA
1:3
REVISADO POR:
FELIPE OLIVEIRA

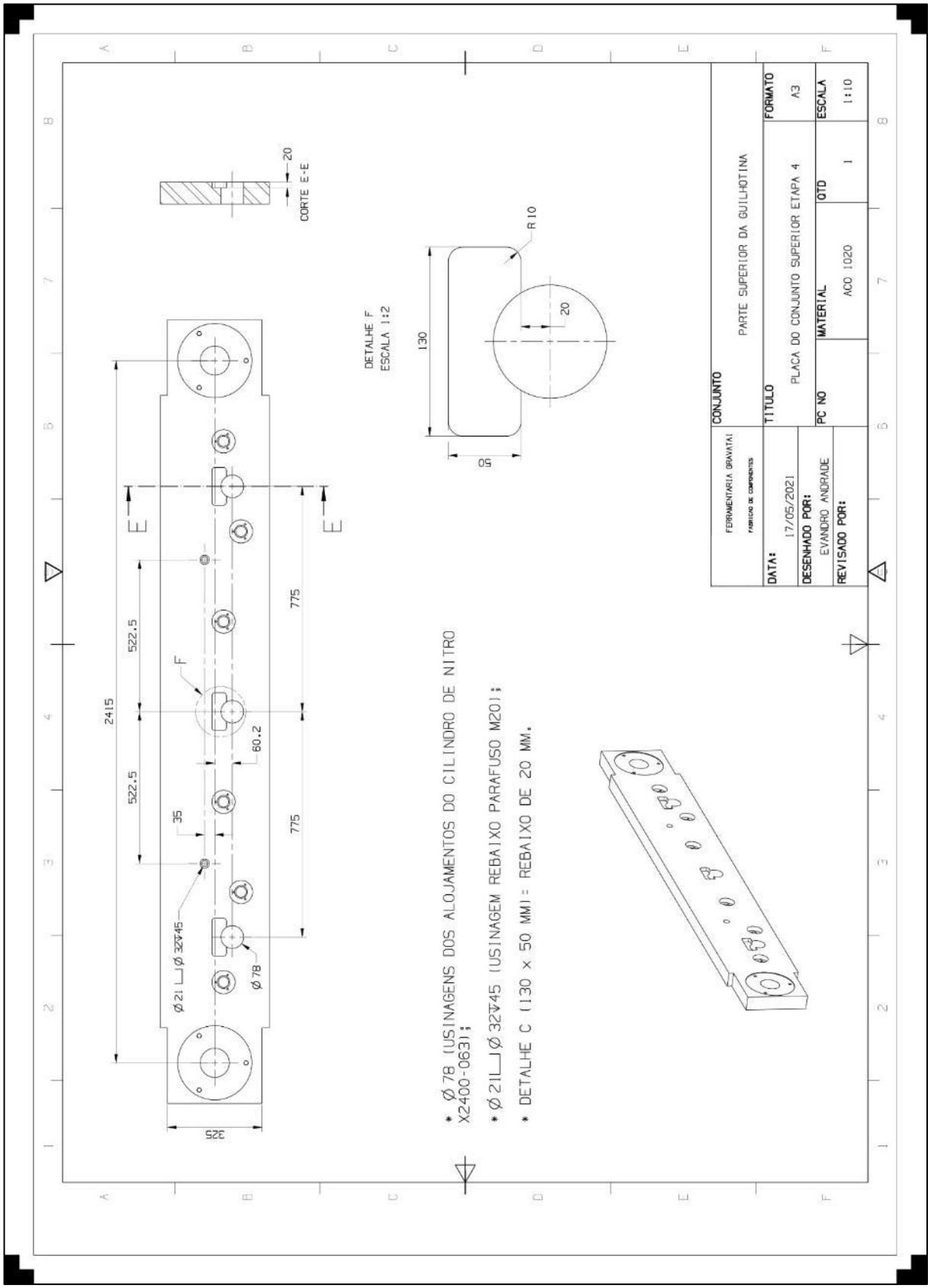

335
250
1670
2800
565
1345
1830
* NAO MEXER NA ESPESSURA: 1/2" (12,7 MM)
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
TITULO
PLACA FRONTAL CONJUNTO INFERIOR
FORMATO
A3
DATA:
01/06/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
2
ESCALA
1:15
REVISADO POR:

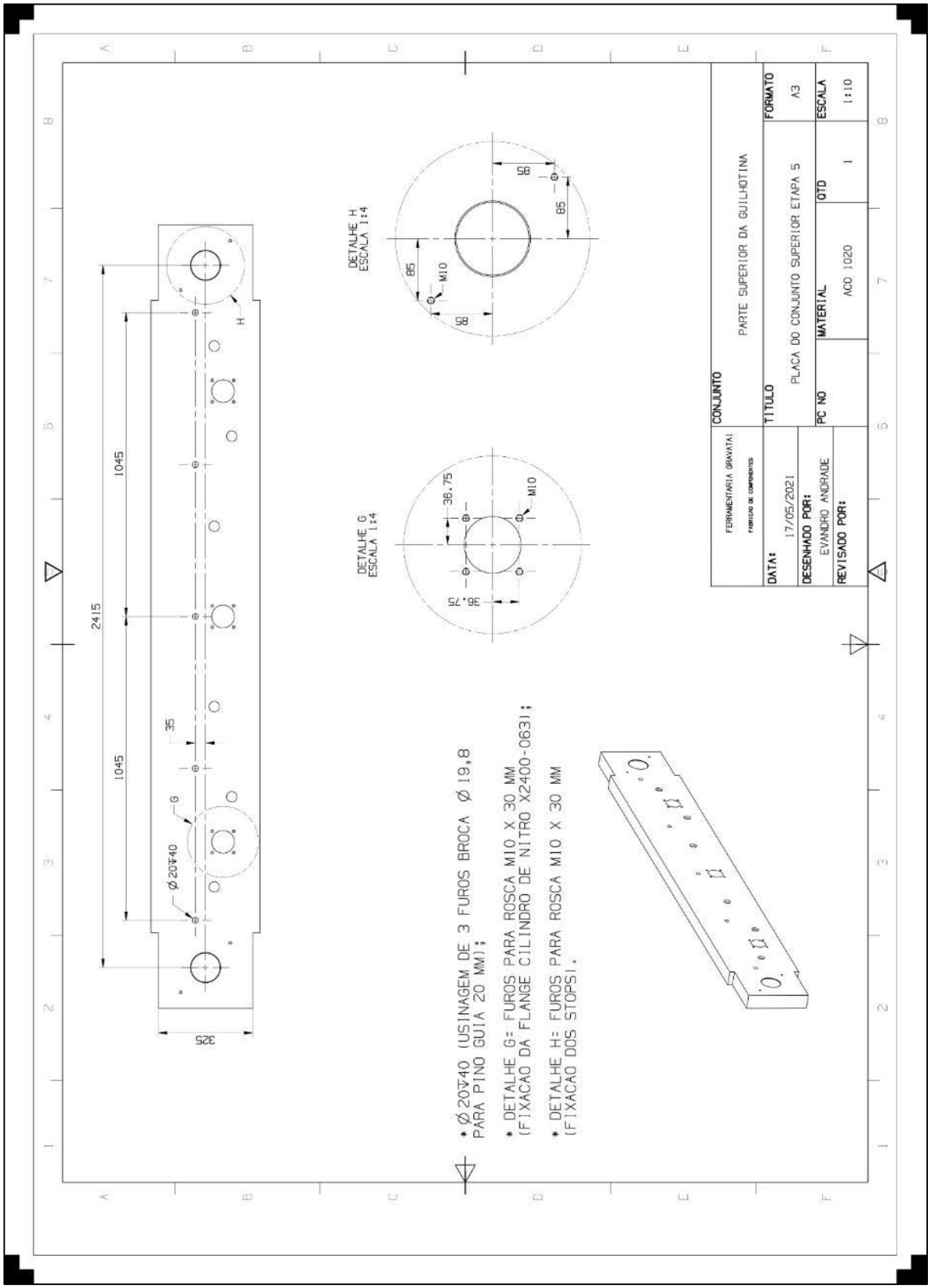

2755
525
2175
290
785
* NAO MEXER NA ESPESSURA: 1/2" (12,7 MM)
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA FRONTAL CONJUNTO SUPERIOR
FORMATO
A3
DATA:
01/06/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
2
ESCALA
1:10

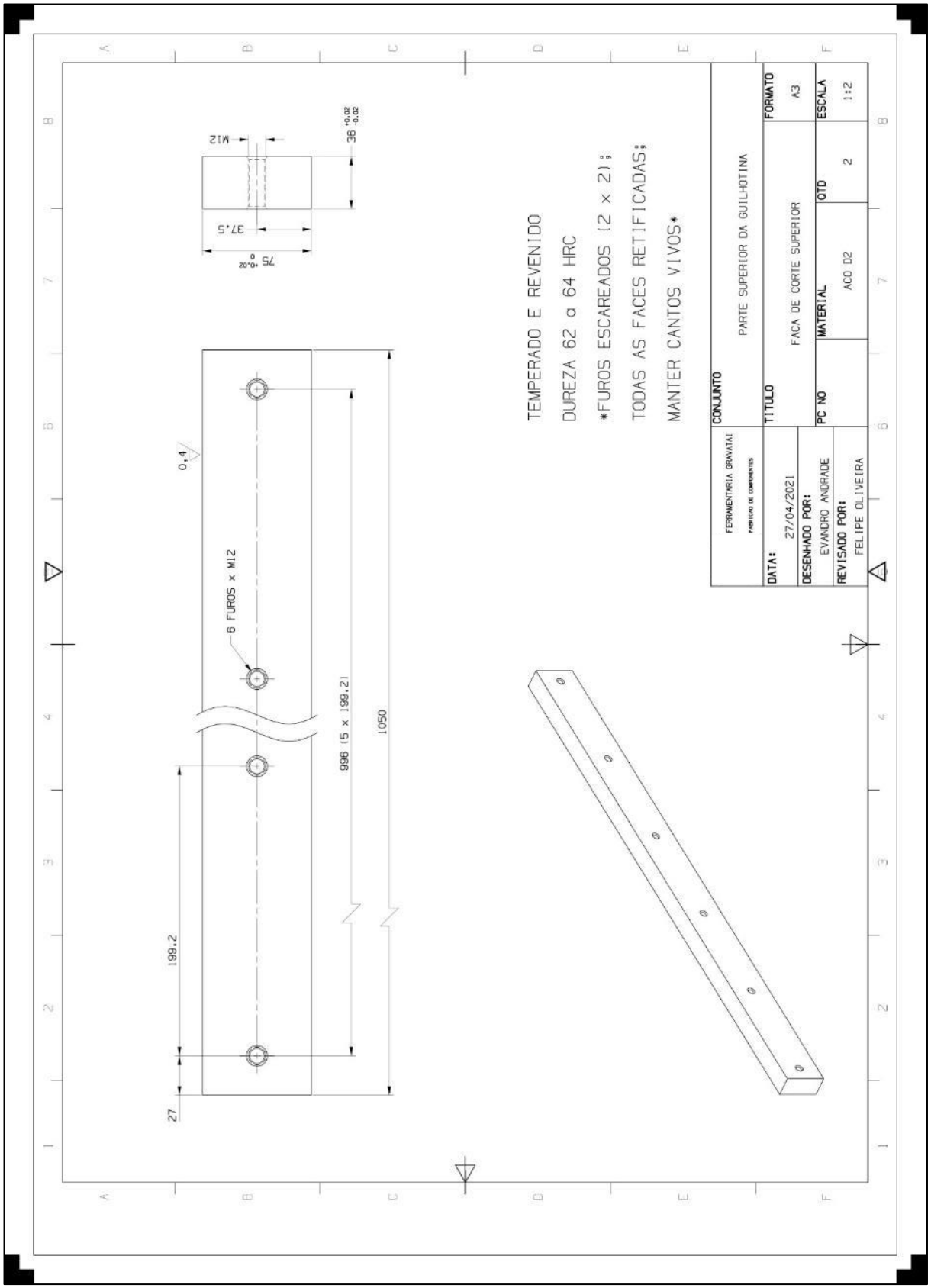

FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
DATA:
11/05/2021
TITULO
PLACA DO CONJUNTO SUPERIOR ETAPA 1
FORMATO
A3
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
1
ESCALA
1:10
REVISADO POR:
2695
2175
260
375
25
75

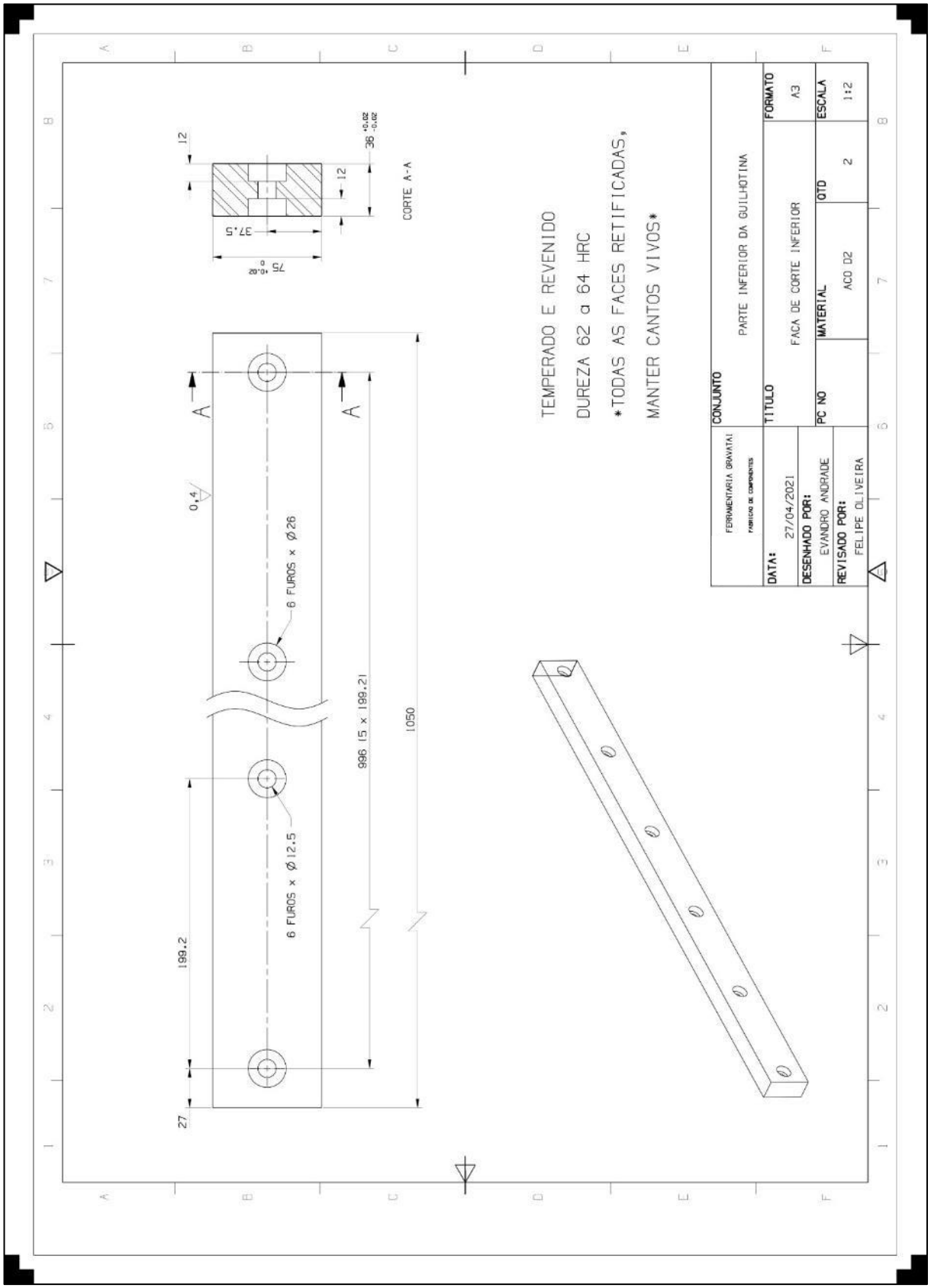

* DEIXAR SOBRE METAL DE 5 MM NO Ø 100 MM;
*REBAIXAR 3 MM NO Ø 255 MM;
*DETALHE A= M16 X 50 MM.
DETALHE A
ESCALA 1:5
Ø 215
3 x M16
120°
A
2415
1207.5
Ø 255
Ø 100
162.5
325
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA DO CONJUNTO SUPERIOR ETAPA 2
FORMATO
A3
MATERIAL
AÇO 1020
QTD
1
ESCALA
1:10
PC NO
DATA:
13/05/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:

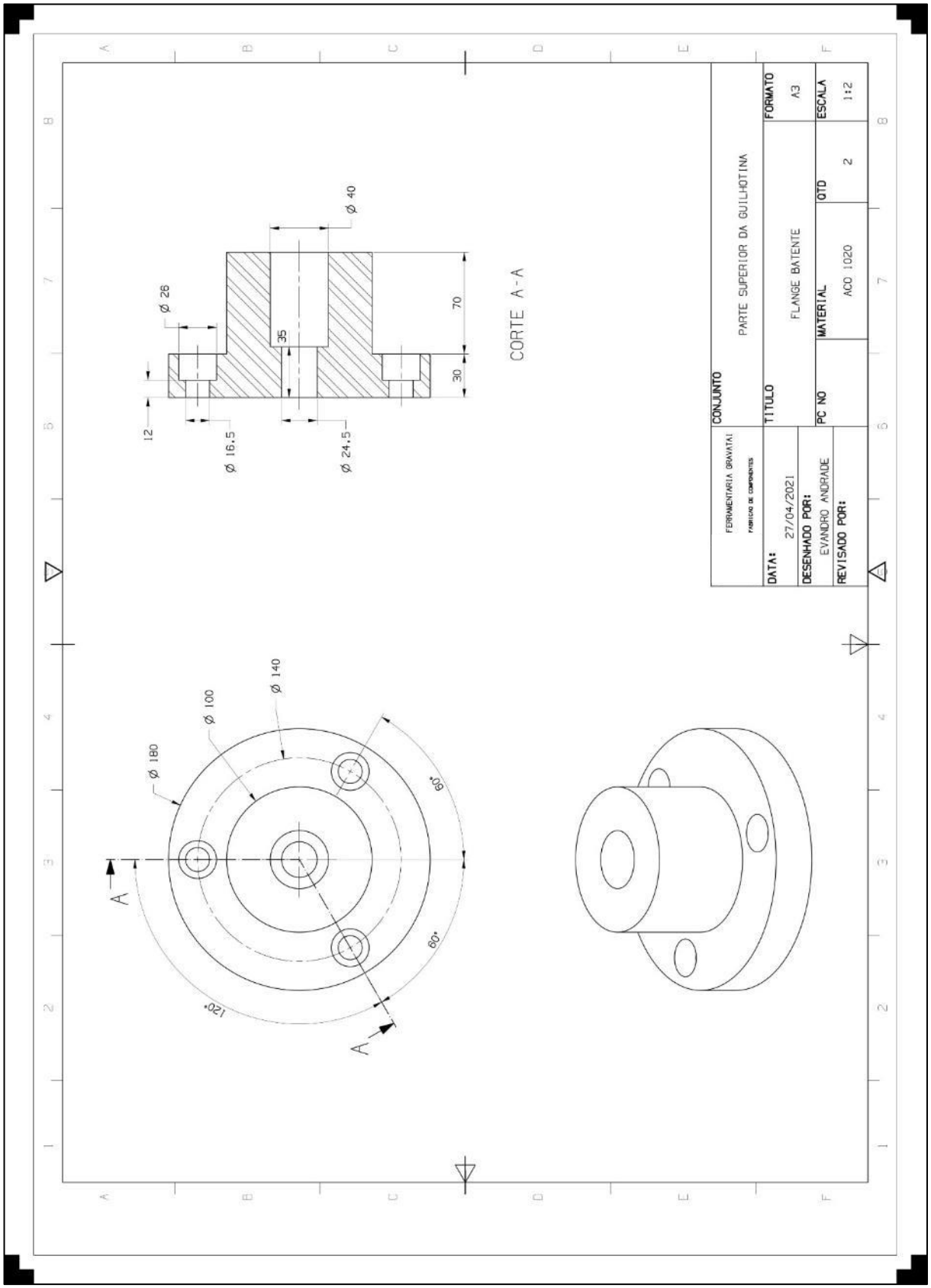

CORTE B-B
DETALHE D
ESCALA 1:2
DETALHE C
ESCALA 1:2
Ø 80
Ø 44
Ø 36
25
65
Ø 56.5
3 x M6
120°
2415
1980
1240
310
90.2
30.2
325
* DEIXAR SOBRE METAL DE 5 MM
NO ALOJAMENTO DA BUCHA GRAFITADA
( Ø 44 MM);
*DETALHE C= M6 X 20 MM.
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA DO CONJUNTO SUPERIOR ETAPA 3
FORMATO
A3
DATA:
13/05/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
1
ESCALA
1:10

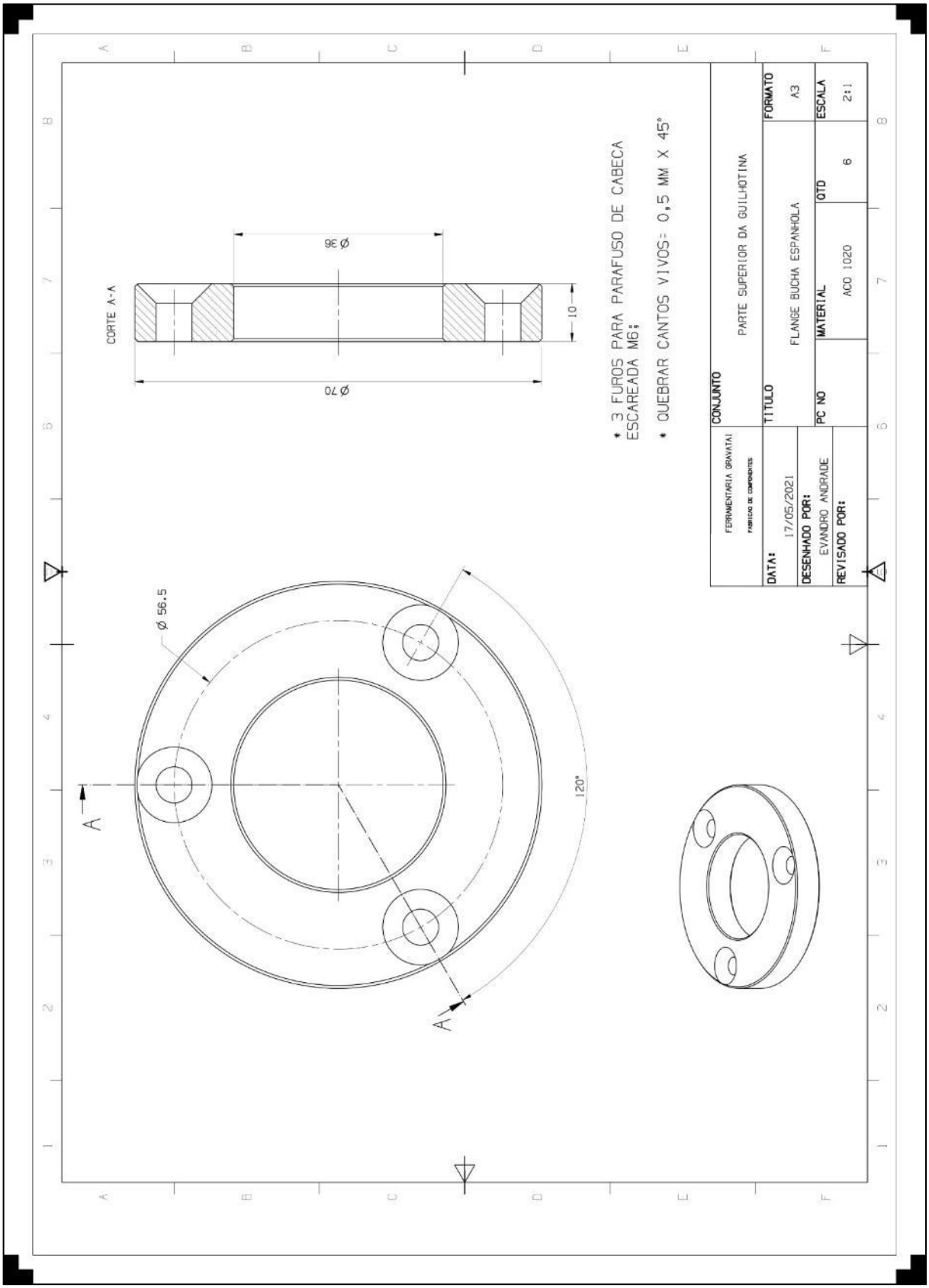

CORTE E-E
20
DETALHE F
ESCALA 1:2
R10
130
20
50
2415
522.5
522.5
775
775
60.2
35
F
E
E
Ø21 ⌴ Ø32↧45
Ø78
325
* Ø78 (USINAGENS DOS ALOJAMENTOS DO CILINDRO DE NITRO X2400-0631);
* Ø21⌴Ø32↧45 (USINAGEM REBAIXO PARAFUSO M20);
* DETALHE C (130 x 50 MM) = REBAIXO DE 20 MM.
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA DO CONJUNTO SUPERIOR ETAPA 4
FORMATO
A3
DATA:
17/05/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:
PC NO
MATERIAL
AÇO 1020
QTD
1
ESCALA
1:10

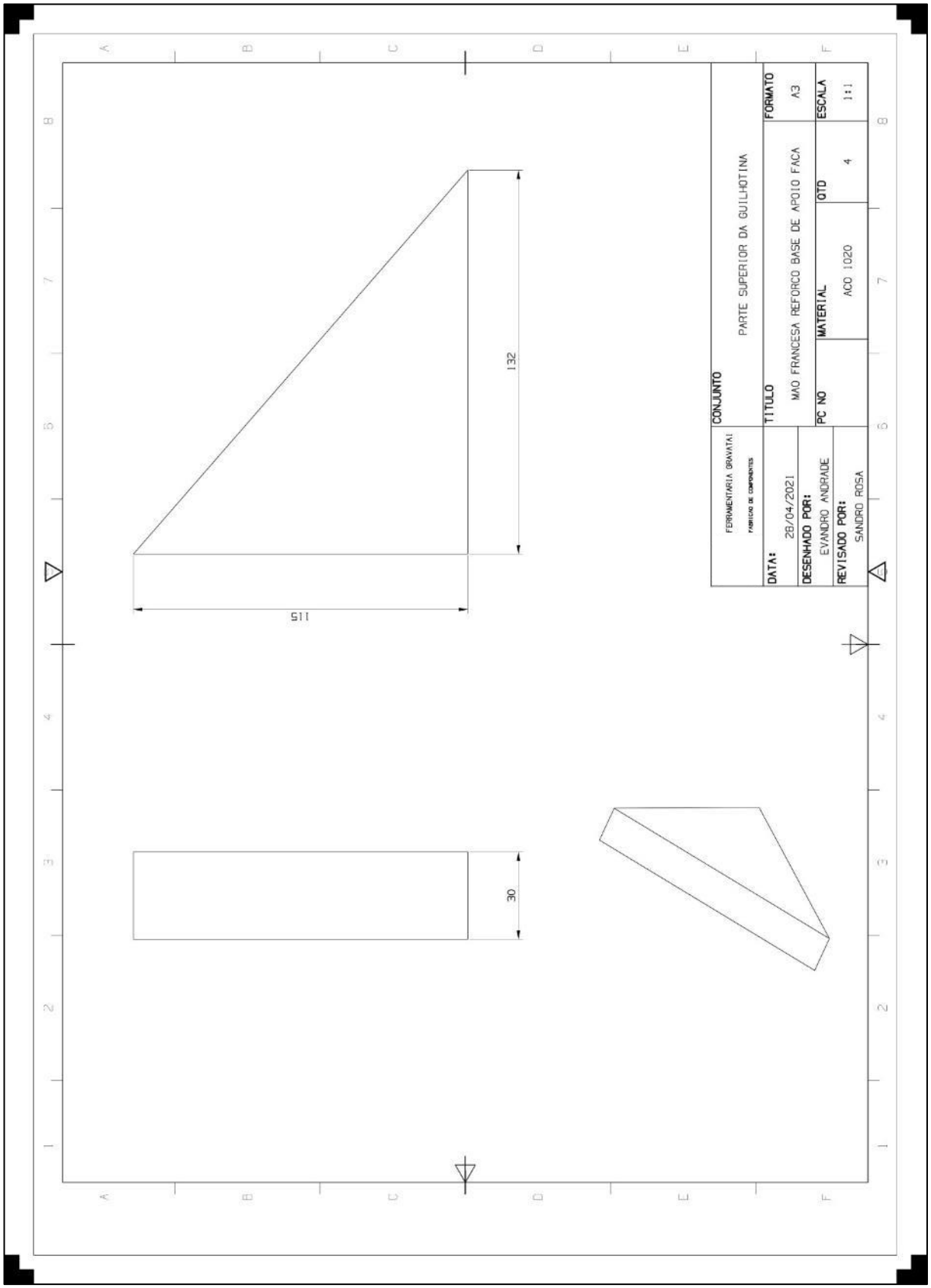

DETALHE H
ESCALA 1:4
DETALHE G
ESCALA 1:4
2415
1045
1045
325
35
Ø20↧40
G
H
M10
85
36.75
* Ø 20↧40 (USINAGEM DE 3 FUROS BROCA Ø 19,8
PARA PINO GUIA 20 MM);
* DETALHE G= FUROS PARA ROSCA M10 X 30 MM
(FIXACAO DA FLANGE CILINDRO DE NITRO X2400-063);
* DETALHE H= FUROS PARA ROSCA M10 X 30 MM
(FIXACAO DOS STOPSI.
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA DO CONJUNTO SUPERIOR ETAPA 5
FORMATO
A3
DATA:
17/05/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
1
ESCALA
1:10

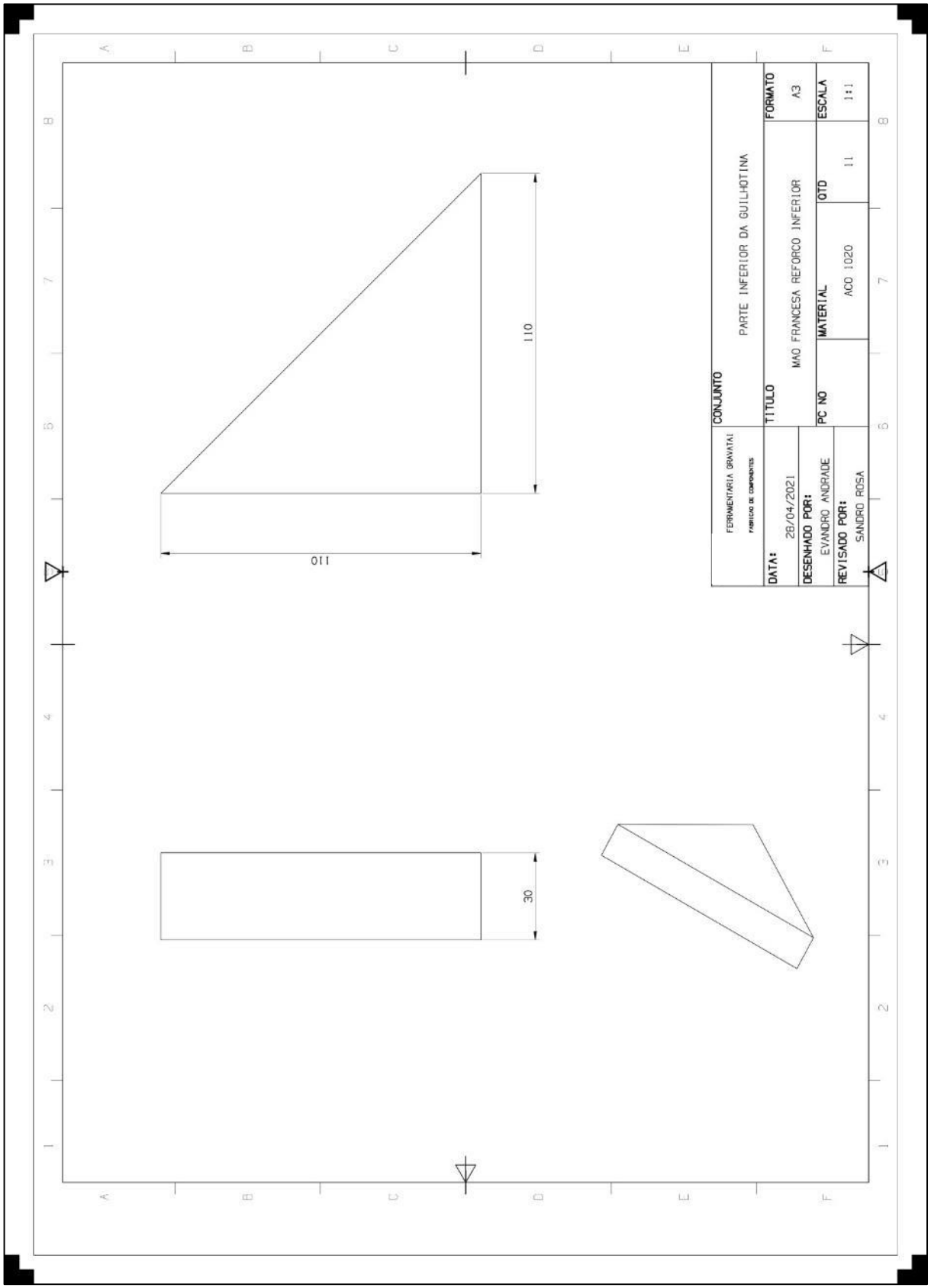

M12
36 +0.02 -0.02
37,5
75 +0.02 0
0,4
6 FUROS x M12
996 (5 x 199,2)
1050
199,2
27
TEMPERADO E REVENIDO
DUREZA 62 a 64 HRC
*FUROS ESCAREADOS (2 x 2);
TODAS AS FACES RETIFICADAS;
MANTER CANTOS VIVOS*
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
FACA DE CORTE SUPERIOR
FORMATO
A3
DATA:
27/04/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
AÇO D2
QTD
2
ESCALA
1:2
REVISADO POR:
FELIPE OLIVEIRA

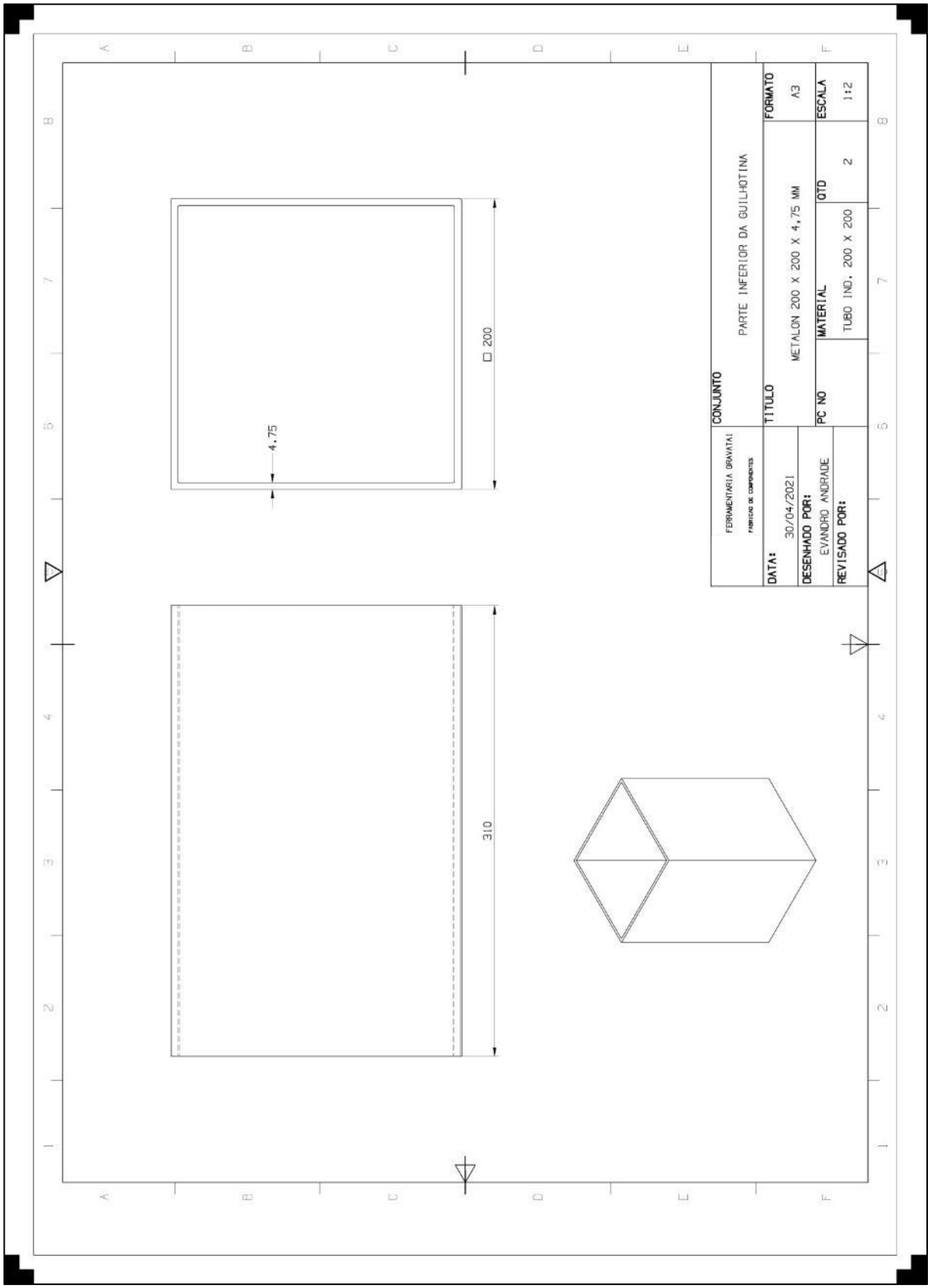

CORTE A-A
12
12
37,5
75 +0,02 0
36 +0,02 -0,02
A
A
0,4
6 FUROS x Ø26
6 FUROS x Ø12.5
996 (5 x 199,21)
1050
199,2
27
TEMPERADO E REVENIDO
DUREZA 62 a 64 HRC
*TODAS AS FACES RETIFICADAS,
MANTER CANTOS VIVOS*
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
FACA DE CORTE INFERIOR
FORMATO
A3
DATA:
27/04/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO D2
QTD
2
ESCALA
1:2
REVISADO POR:
FELIPE OLIVEIRA

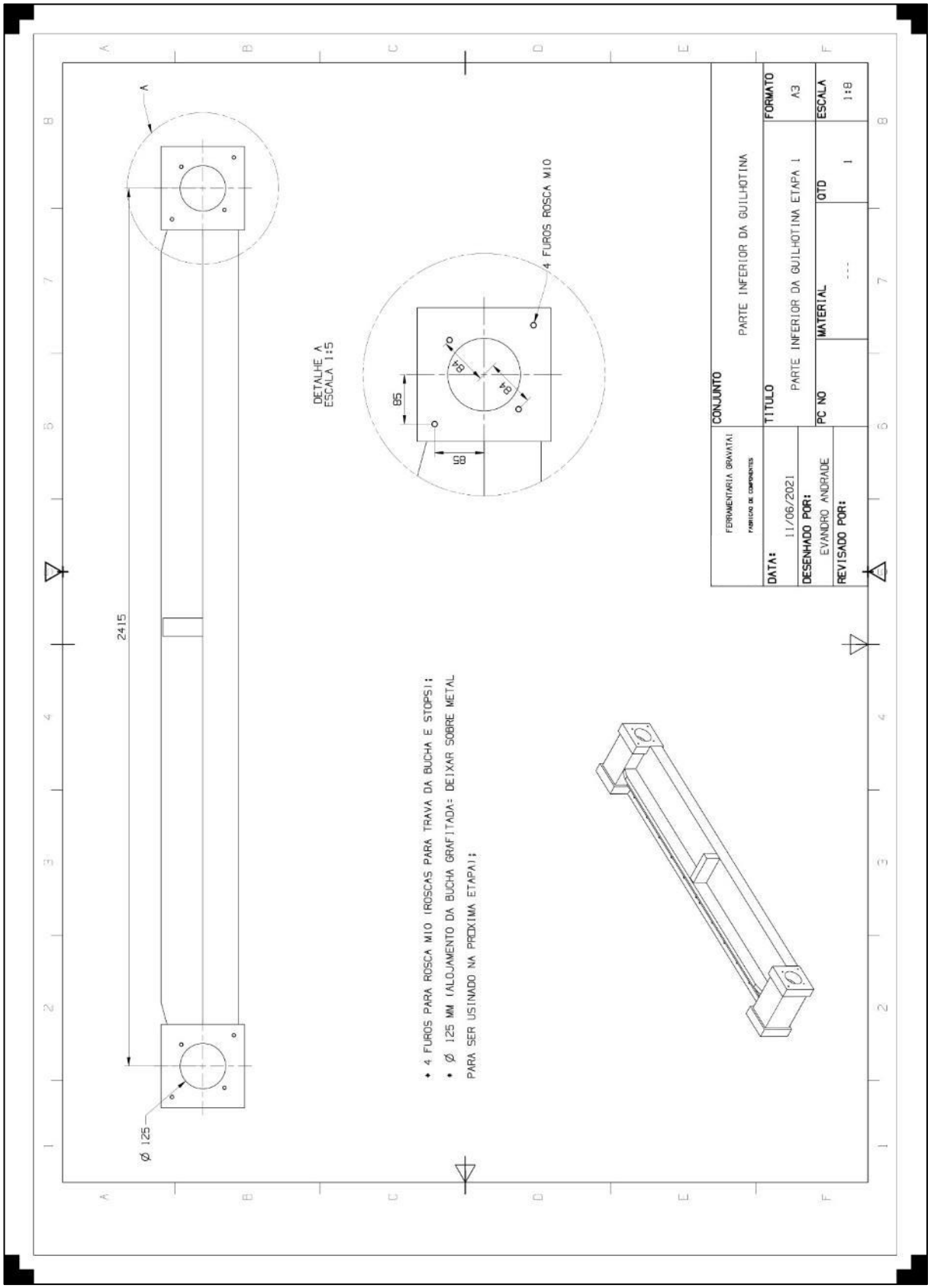

CORTE A-A
Ø 26
Ø 40
35
70
30
12
Ø 16,5
Ø 24,5
Ø 180
Ø 100
Ø 140
60°
60°
120°
A
A
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
FLANGE BATENTE
FORMATO
A3
DATA:
27/04/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
AÇO 1020
QTD
2
ESCALA
1:2
REVISADO POR:

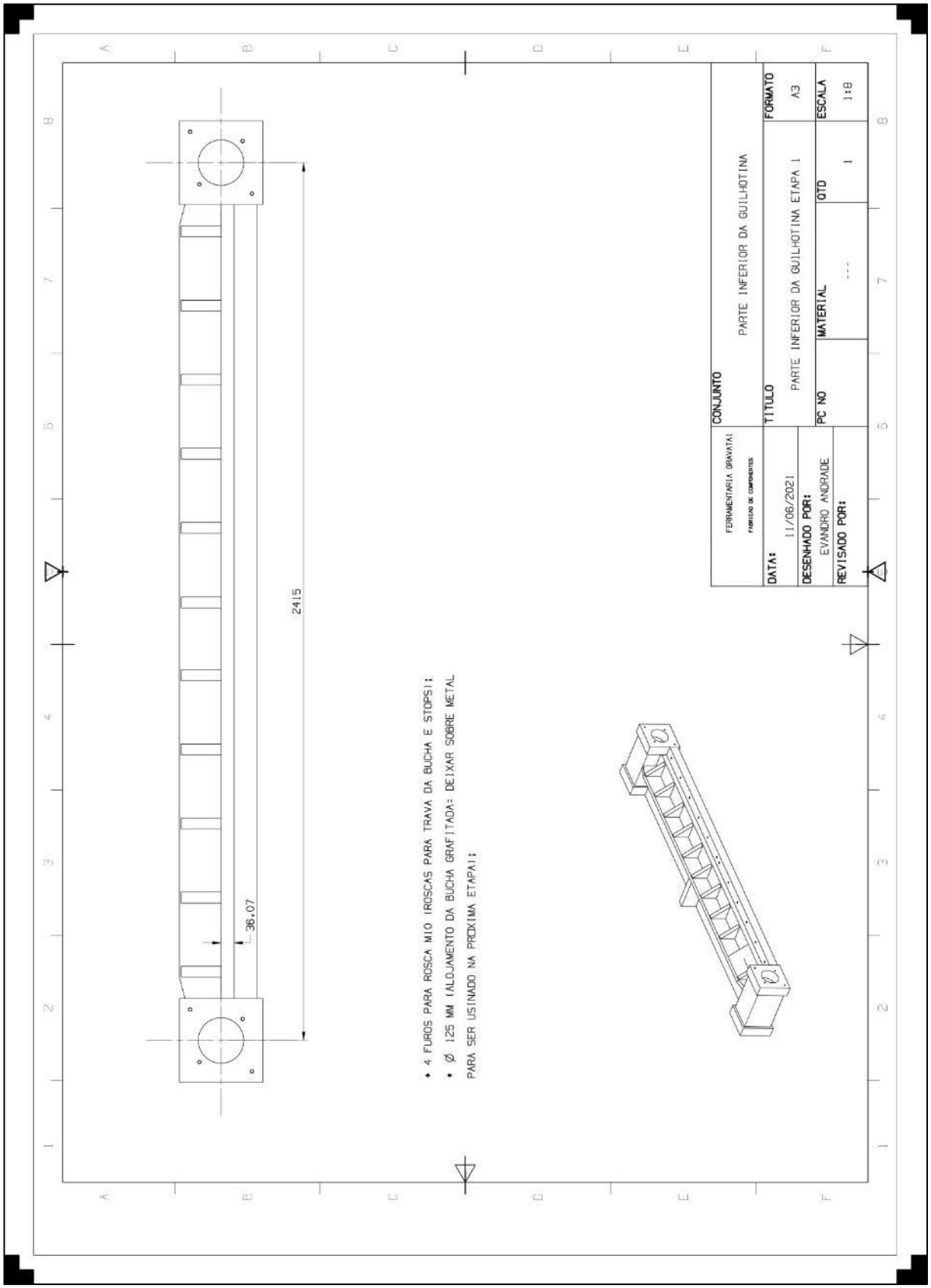

CORTE A-A
Ø 36
Ø 70
10
* 3 FUROS PARA PARAFUSO DE CABECA ESCAREADA M6;
* QUEBRAR CANTOS VIVOS= 0,5 MM X 45°
Ø 56.5
120°
A
A
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
FORMATO
A3
DATA:
17/05/2021
TITULO
FLANGE BUCHA ESPANHOLA
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
6
ESCALA
2:1
REVISADO POR:

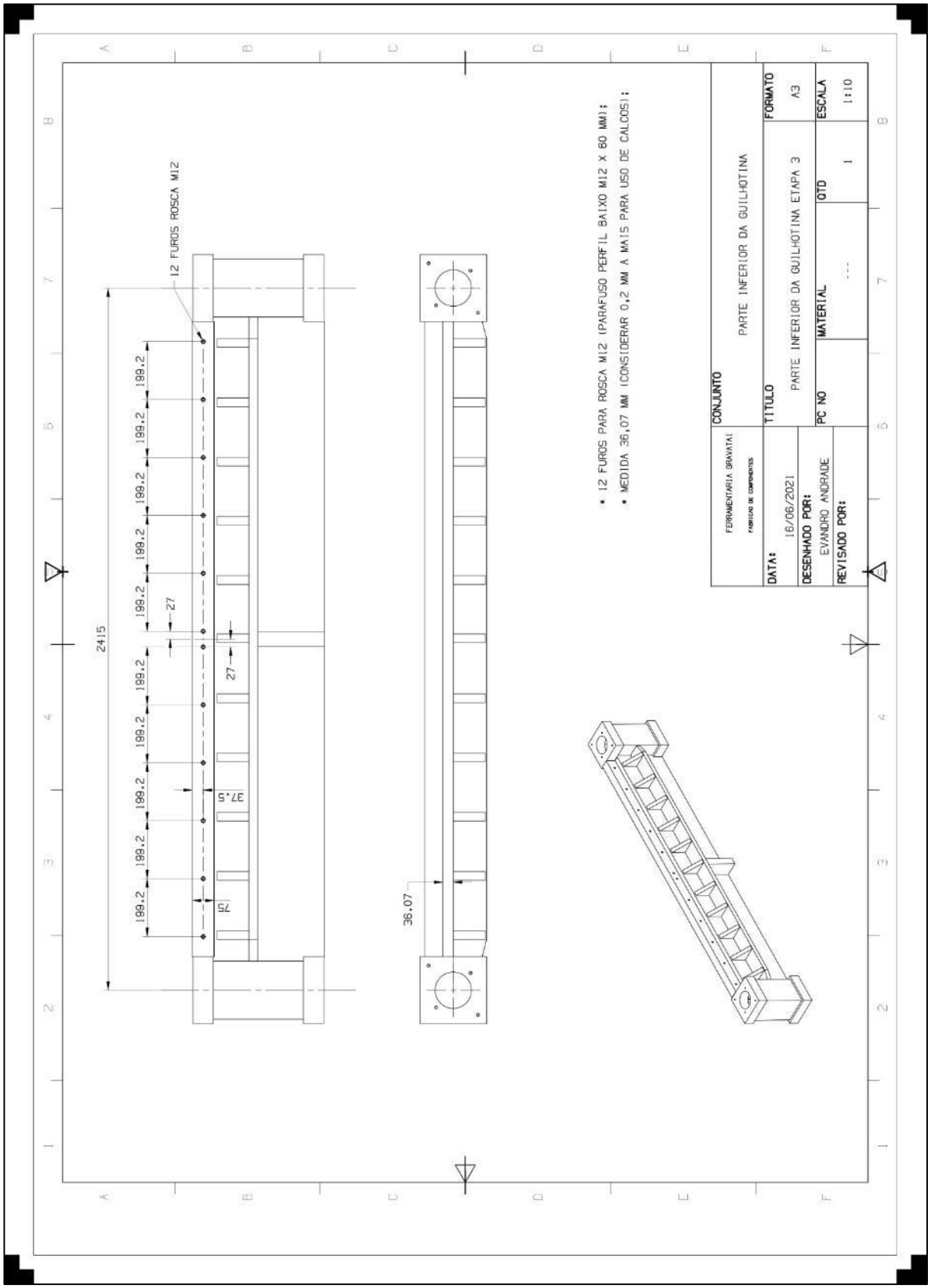

FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
DATA:
28/04/2021
TITULO
MAO FRANCESA REFORCO BASE DE APOIO FACA
FORMATO
A3
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
4
ESCALA
1:1
REVISADO POR:
SANDRO ROSA
132
115
30

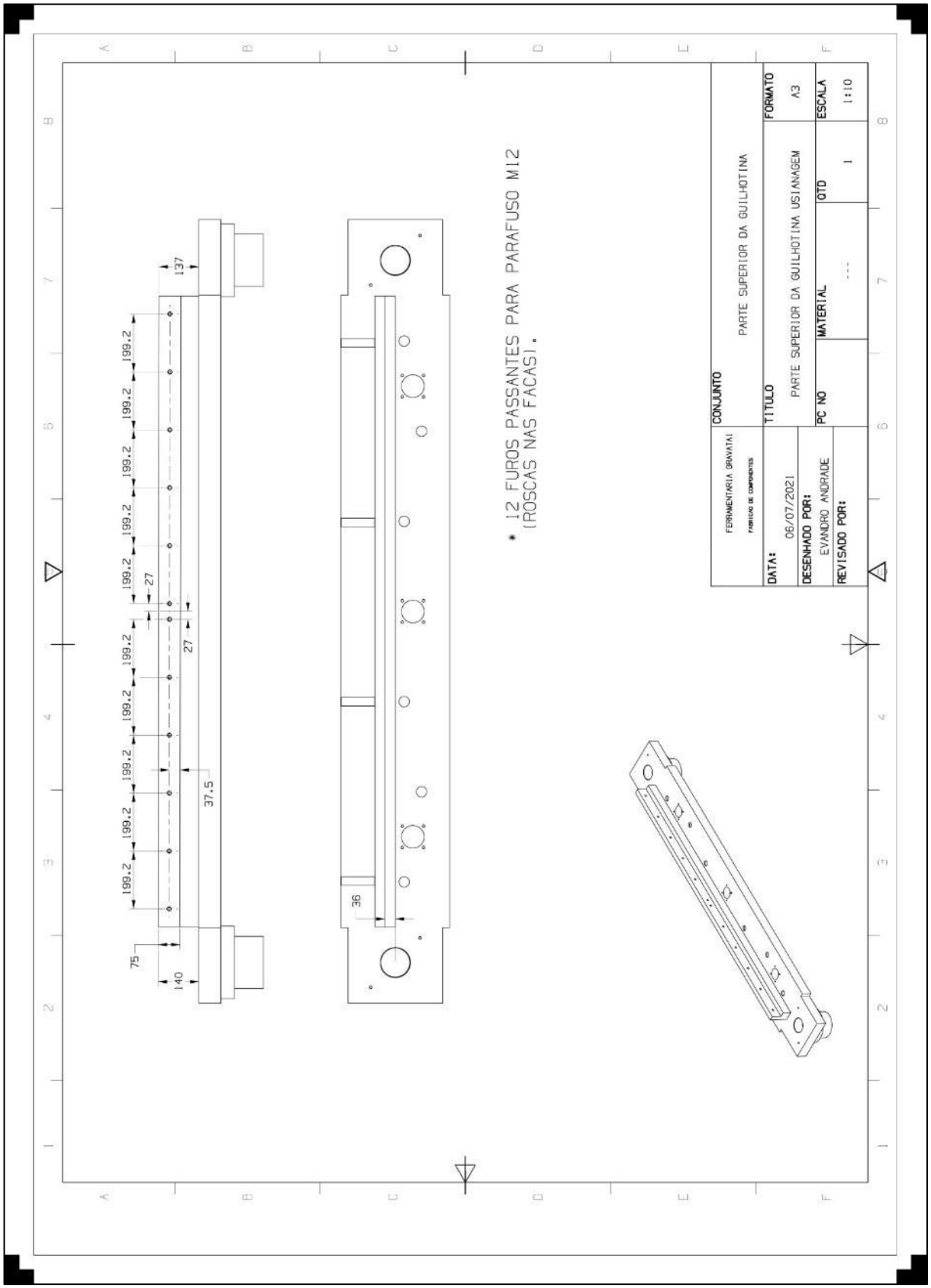

110
110
30
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
MAO FRANCESA REFORCO INFERIOR
FORMATO
A3
DATA:
28/04/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
11
ESCALA
1:1
REVISADO POR:
SANDRO ROSA

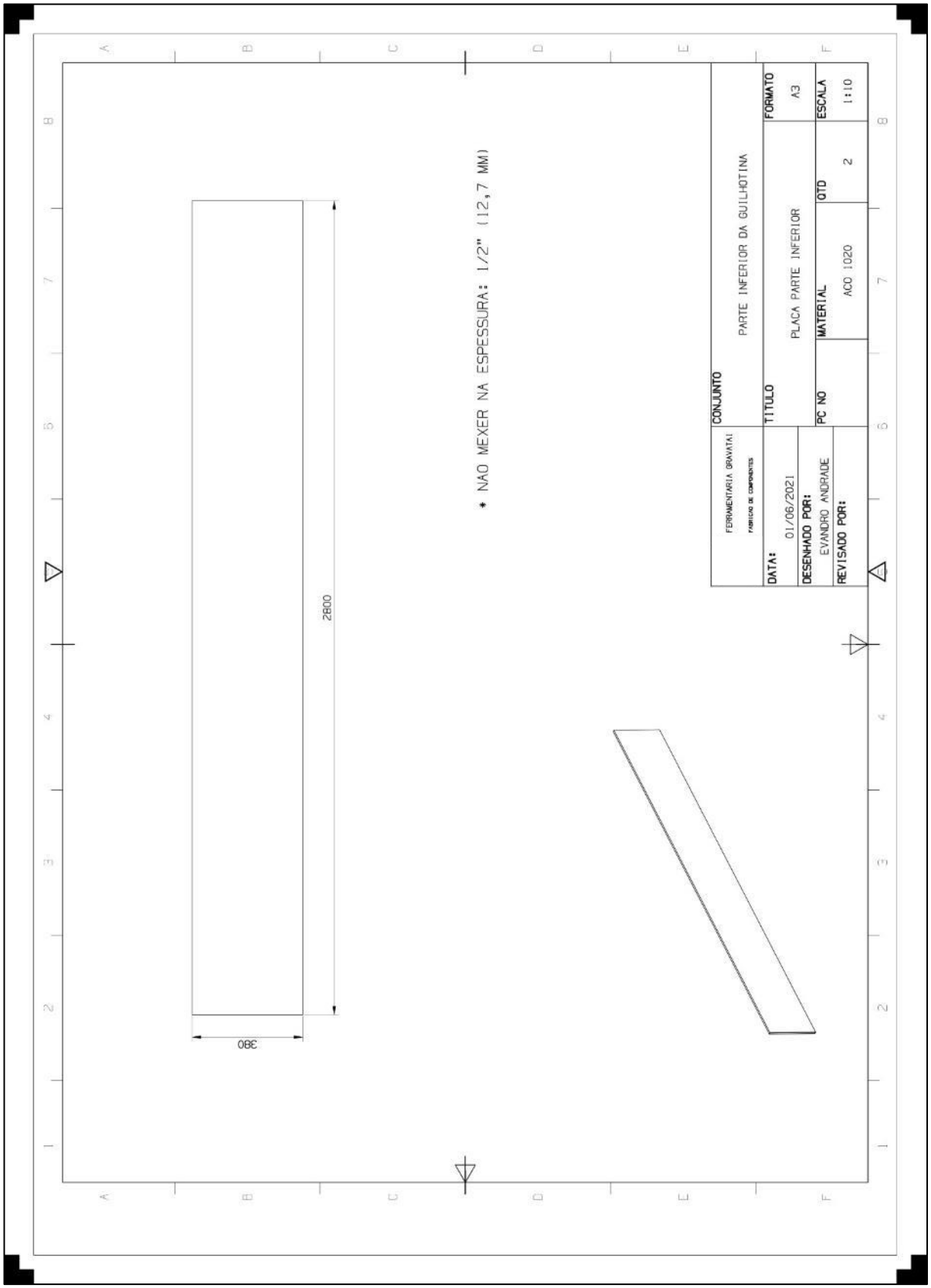

FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
DATA:
30/04/2021
TITULO
METALON 200 X 200 X 4,75 MM
FORMATO
A3
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
TUBO IND. 200 X 200
QTD
2
ESCALA
1:2
REVISADO POR:
□ 200
4,75
310

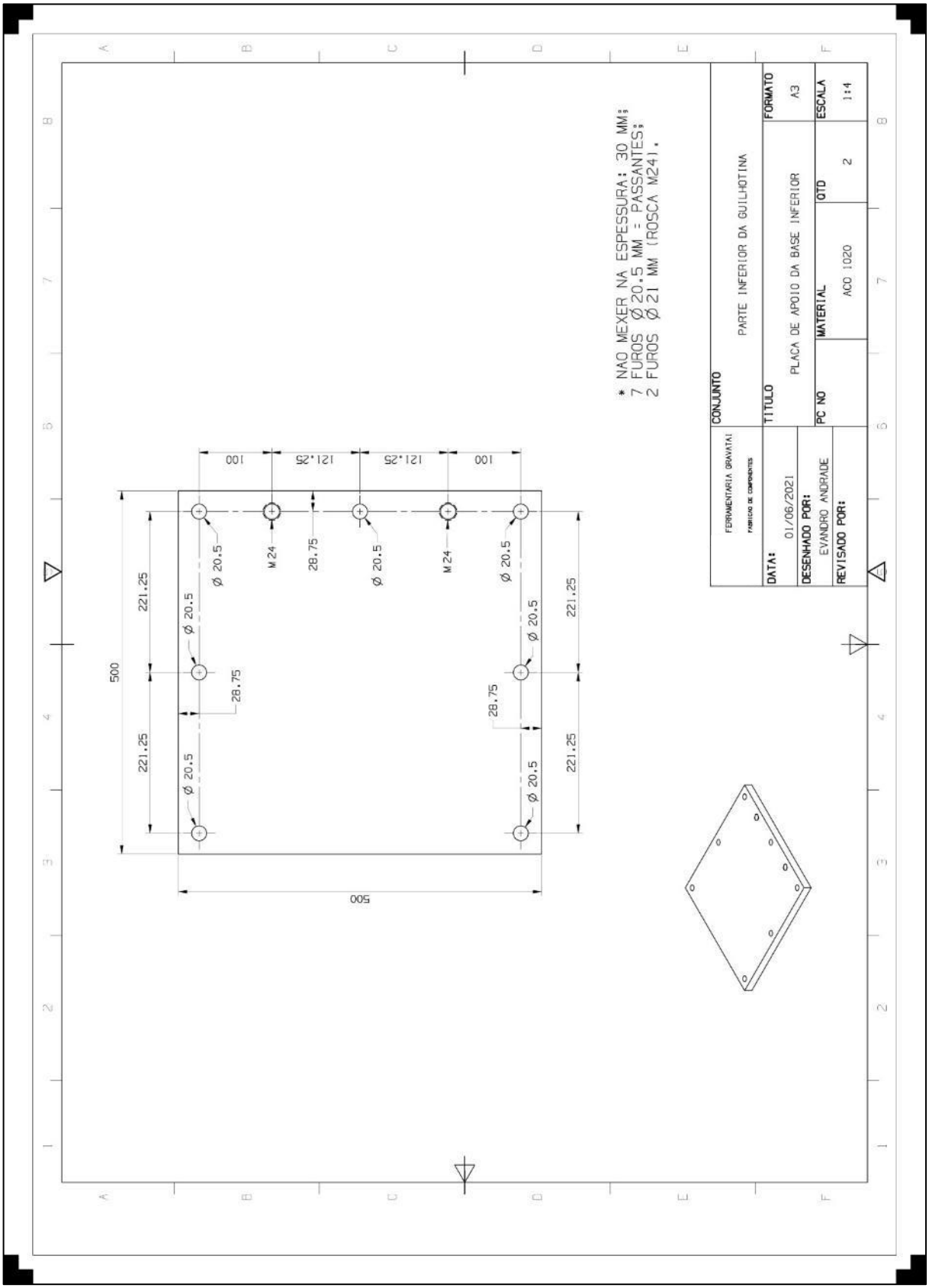

A
2415
Ø 125
DETALHE A
ESCALA 1:5
4 FUROS ROSCA M10
85
85
84
84
• 4 FUROS PARA ROSCA M10 (ROSCAS PARA TRAVA DA BUCHA E STOPS);
• Ø 125 MM (ALOJAMENTO DA BUCHA GRAFITADA: DEIXAR SOBRE METAL
PARA SER USINADO NA PROXIMA ETAPA);
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
DATA:
11/06/2021
TITULO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA ETAPA 1
FORMATO
A3
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
---
QTD
1
ESCALA
1:8
REVISADO POR:

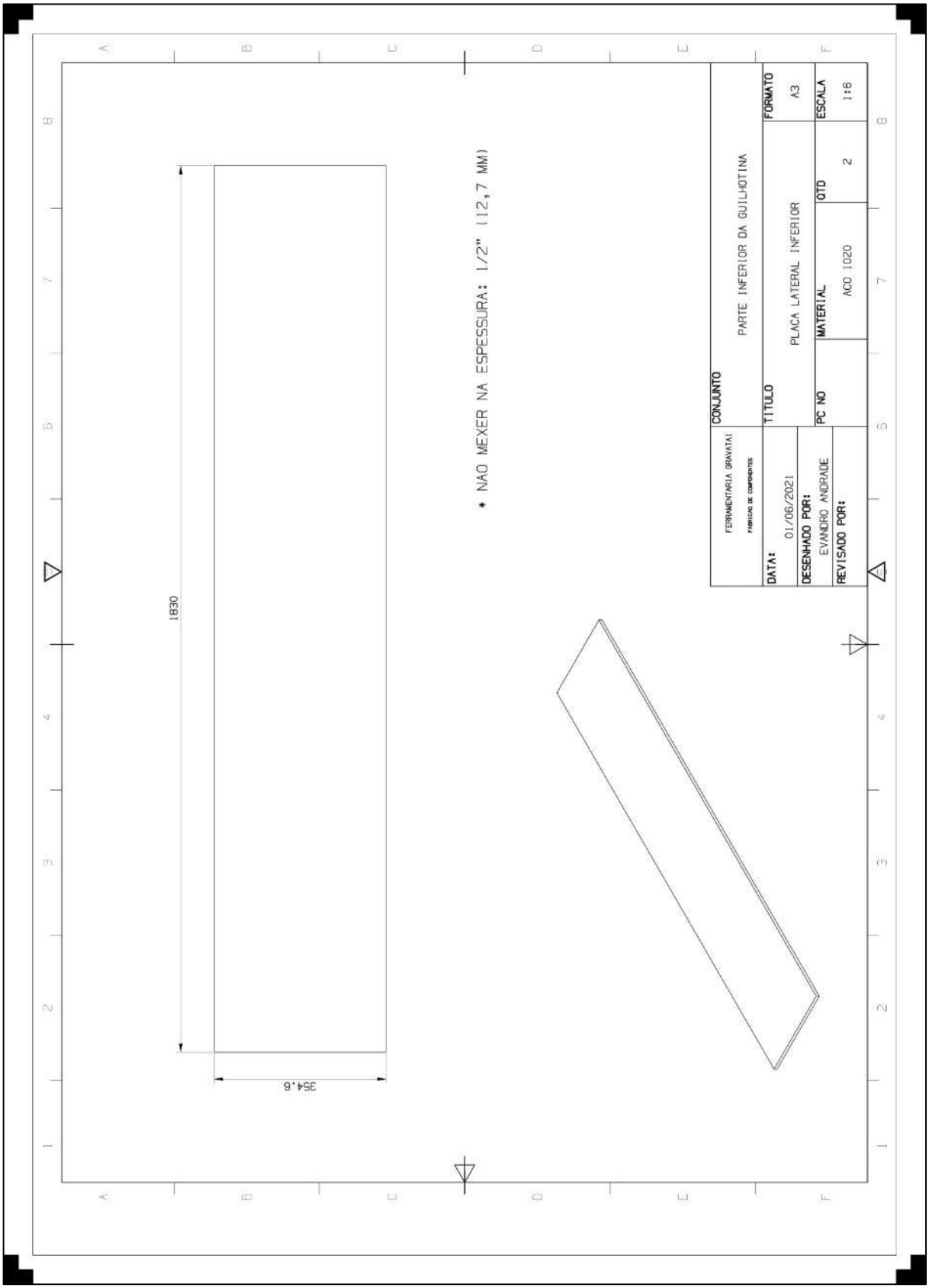

2415
36,07
• 4 FUROS PARA ROSCA M10 (ROSCAS PARA TRAVA DA BUCHA E STOPS);
• Ø 125 MM (ALOJAMENTO DA BUCHA GRAFITADA: DEIXAR SOBRE METAL
PARA SER USINADO NA PROXIMA ETAPA);
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
DATA:
11/06/2021
TITULO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA ETAPA 1
FORMATO
A3
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
---
QTD
1
ESCALA
1:8
REVISADO POR:

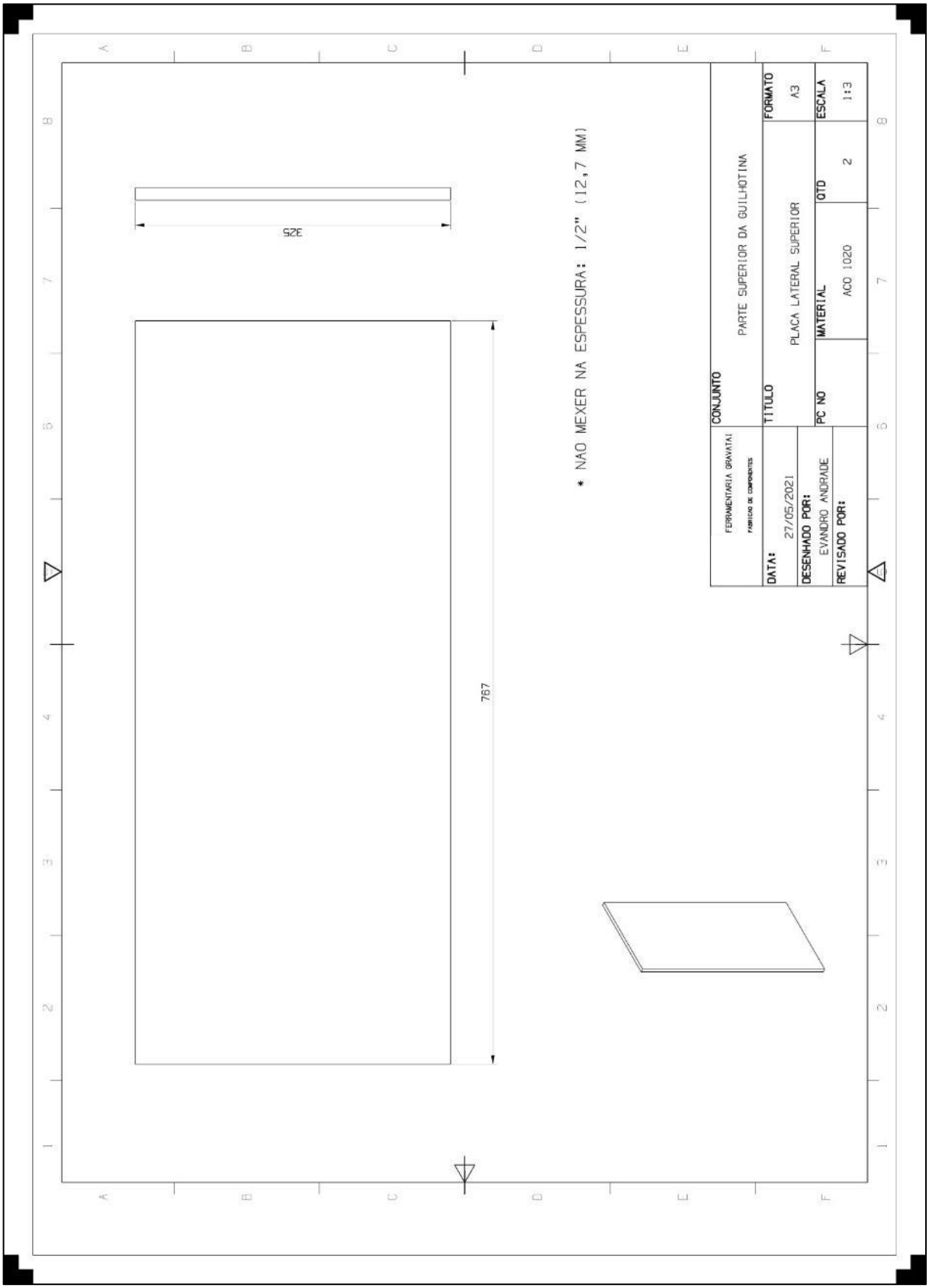

12 FUROS ROSCA M12
2415
199.2
27
37.5
75
36.07
* 12 FUROS PARA ROSCA M12 (PARAFUSO PERFIL BAIXO M12 X 60 MM);
* MEDIDA 36,07 MM (CONSIDERAR 0,2 MM A MAIS PARA USO DE CALCOS);
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA ETAPA 3
FORMATO
A3
DATA:
16/06/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
---
QTD
1
ESCALA
1:10
REVISADO POR:

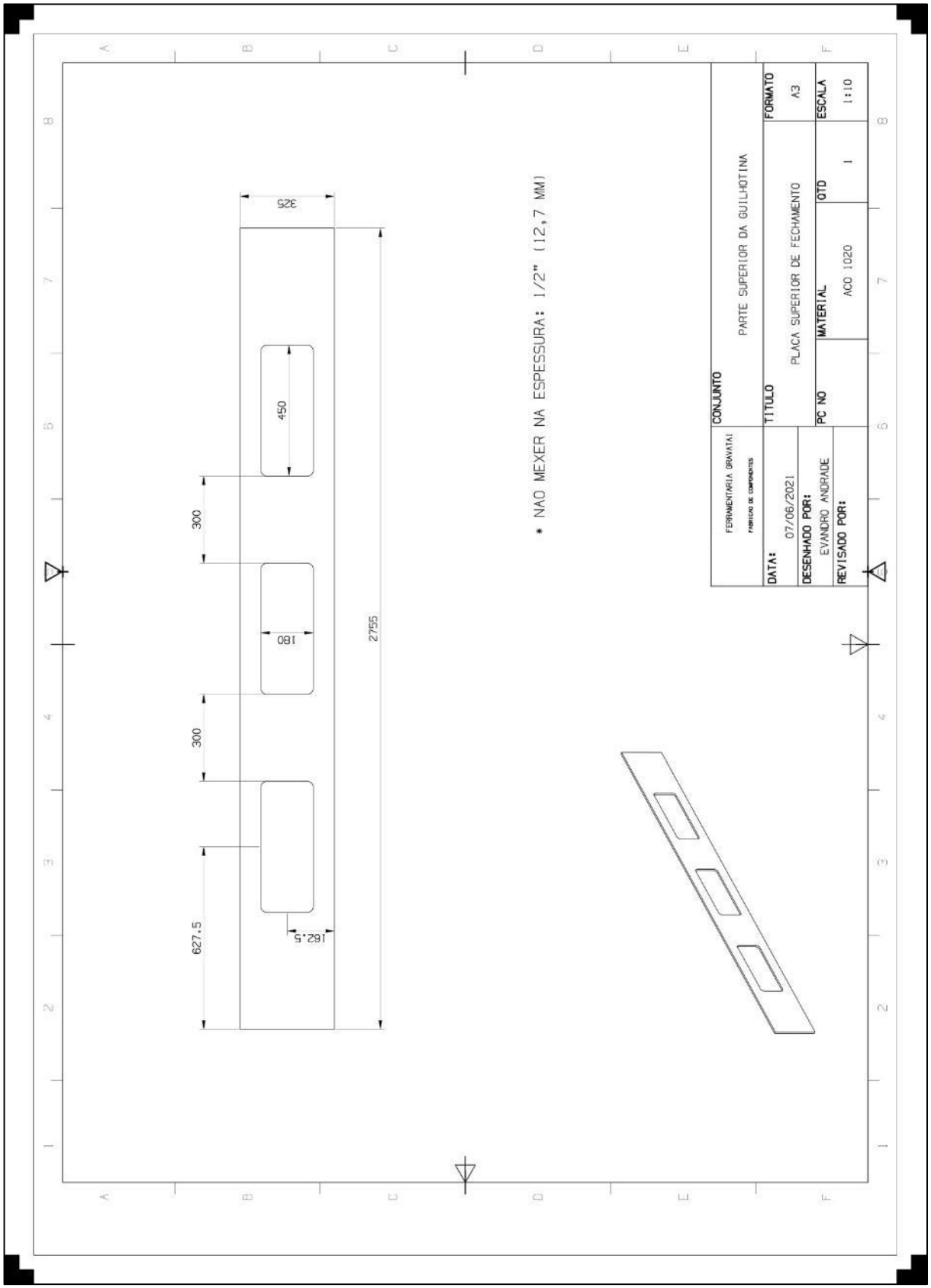

137
199.2
27
37.5
75
140
36
* 12 FUROS PASSANTES PARA PARAFUSO M12
(ROSCAS NAS FACAS).
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA USINAGEM
FORMATO
A3
DATA:
06/07/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
---
QTD
1
ESCALA
1:10
REVISADO POR:

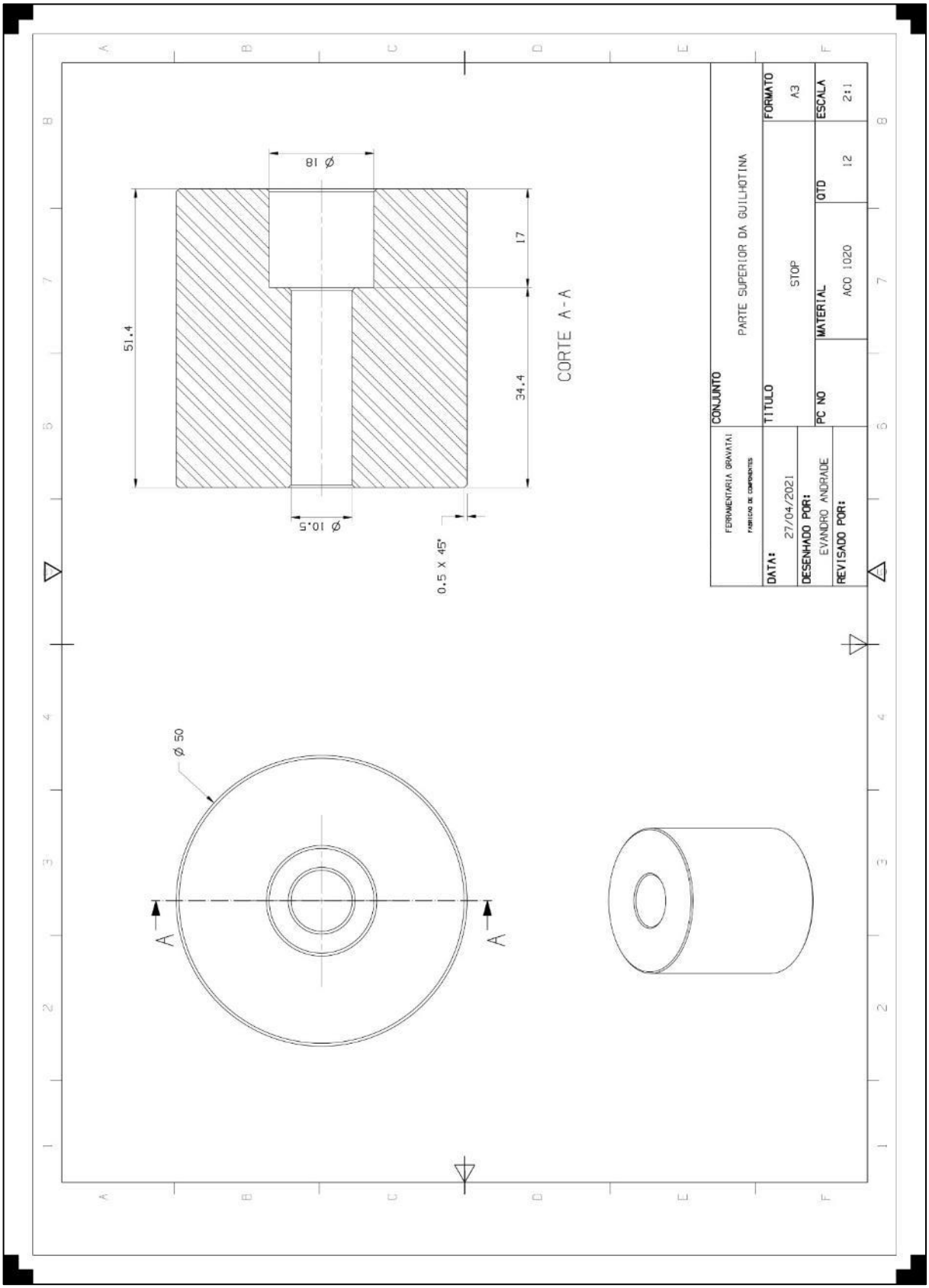

* NAO MEXER NA ESPESSURA: 1/2" (12,7 MM)
2800
380
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA PARTE INFERIOR
FORMATO
A3
DATA:
01/06/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
2
ESCALA
1:10
REVISADO POR:

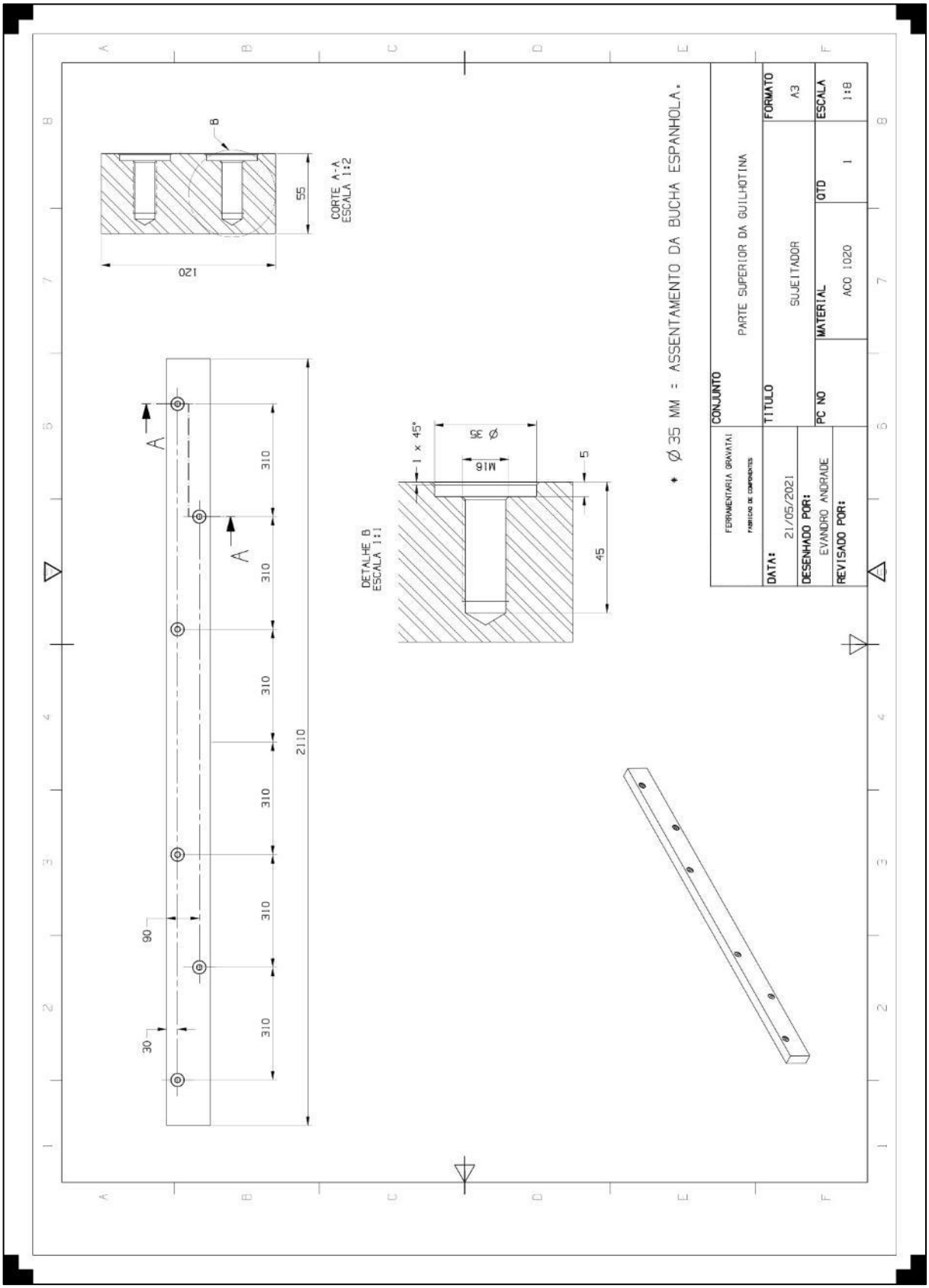

* NAO MEXER NA ESPESSURA: 30 MM;
7 FUROS Ø20.5 MM = PASSANTES;
2 FUROS Ø21 MM (ROSCA M24).
500
221.25
221.25
Ø 20.5
28.75
M24
121.25
100
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICO DE COMPONENTES
DATA: 01/06/2021
DESENHADO POR: EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA DE APOIO DA BASE INFERIOR
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
2
FORMATO
A3
ESCALA
1:4


1830
354,6
* NAO MEXER NA ESPESSURA: 1/2" (12,7 MM)
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE INFERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA LATERAL INFERIOR
FORMATO
A3
DATA:
01/06/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
2
ESCALA
1:6


325
767
* NAO MEXER NA ESPESSURA: 1/2" (12,7 MM)
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA LATERAL SUPERIOR
FORMATO
A3
DATA:
27/05/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
2
ESCALA
1:3


325
450
300
180
300
627,5
162,5
2755
* NAO MEXER NA ESPESSURA: 1/2" (12,7 MM)
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
PLACA SUPERIOR DE FECHAMENTO
FORMATO
A3
ESCALA
1:10
DATA:
07/06/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
REVISADO POR:
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
1


Ø 18
17
51.4
34.4
CORTE A-A
Ø 10.5
0.5 X 45°
Ø 50
A
A
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
FORMATO
A3
DATA:
27/04/2021
TITULO
STOP
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
12
ESCALA
2:1
REVISADO POR:


CORTE A-A
ESCALA 1:2
DETALHE B
ESCALA 1:1
* Ø 35 MM = ASSENTAMENTO DA BUCHA ESPANHOLA.
FERRAMENTARIA GRAVATAI
FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
CONJUNTO
PARTE SUPERIOR DA GUILHOTINA
TITULO
SUJEITADOR
FORMATO
A3
DATA:
21/05/2021
DESENHADO POR:
EVANDRO ANDRADE
PC NO
MATERIAL
ACO 1020
QTD
1
ESCALA
1:8
REVISADO POR:

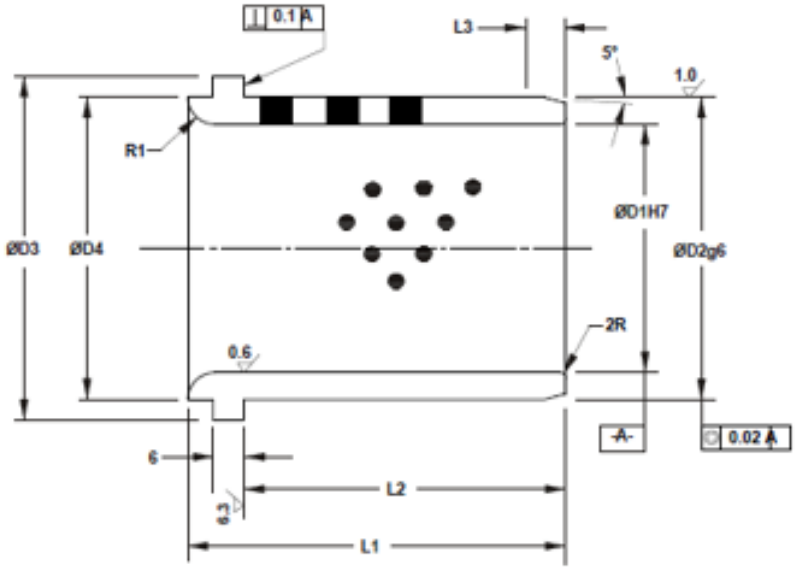
## ANEXO A – *GMDDS* 90.20.55

**DIE DESIGN STANDARDS**

| Title | Valid for | No. | Page |
|---|---|---|---|
| STANDARD COMPONENTS | ALL REGIONS | 90.20.55 | 01 of 01 |
| Sub-title: DIE SHOE COMPONENTS GUIDE POST/PIN BUSHING | | Link to | |

**MATERIAL: ALUMINUM BRONZE WITH GRAPHITE C86300 (CuZn25Al). A SUITABLE SUBSTITUTE IS C95400 (CuAl11Fe4)**

- Break all edges.
- Mark with GMGDS code and manufacturer's logo.
- **Previous number GMGDS 90.30.05**
- Evenly distributed graphite to cover 20-30% of the sliding surface.
- Graphite to be positioned to insure overlapping in the slide direction.
- Bushings to be manufactured in accordance with ISO 9448 specifications.
- Use light machine oil for lubrication. DO NOT USE GREASE




**∗ FOR USE WITH GMGDS 90.20.50-100250 ONLY - SEE SECTION 80 FOR INSTALLATION INFORMATION**

| | GMGDS CODE | D1 | D2 | D3 | D4 | | L1 | L2 | L3 | R1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 90.20.55-25 | 25 | 32 | 40 | 32 | | 40 | 30 | 4 | 3 |
| | 90.20.55-32 | 32 | 40 | 50 | 40 | | 50 | 40 | 4 | 3 |
| | 90.20.55-40 | 40 | 50 | 63 | 50 | | 63 | 50 | 5 | 3 |
| | 90.20.55-50 | 50 | 63 | 71 | 63 | | 71 | 56 | 6 | 5 |
| | 90.20.55-63 | 63 | 80 | 90 | 80 | | 80 | 63 | 8 | 6 |
| | 90.20.55-80 | 80 | 100 | 112 | 100 | | 100 | 80 | 10 | 8 |
| | 90.20.55-100 | 100 | 125 | 140 | 125 | | 125 | 106 | 12 | 10 |
| ∗ | 90.20.55-100S | 100 | 125 | 140 | 125 | | 77 | 58 | 12 | 12 |
| | 90.20.55-125 | 125 | 160 | 180 | 160 | | 160 | 132 | 12 | 12 |

BILL OF MATERIAL EXAMPLE:

| | |
|---|---|
| STD | GMGDS 90.20.55-125, 125mm ID. GUIDE POST BUSHING |
| COMPONENT CLASS | ORDER CODE |

| Page: | Publication: | File Path: | Used in assembly: | |
|---|---|---|---|---|
| 20 | GMDDS Revision 47 | C:/./gbl2edr47/SourceFiles/r47u9020global.dwg | No | 29 JAN 13 |

# DIE DESIGN STANDARDS

| Title | Valid for | No. | Page |
|---|---|---|---|
| STANDARD COMPONENTS | GMNA<br>GMLAAM<br>GMAP | 90.20.51 | 02 of 02 |
| Sub-title: DIE SHOE COMPONENTS<br>GUIDE POST/PIN - WITH RETAINING GROOVE | | Link to | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 g6 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
| D2 r6 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
| L2 + 0.8 | 40 | 45 | 56 | 70 | 80 | 100 | 125 | 140 |
| L3 + 0.8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 |
| R1 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| A | 6.0 | 6.0 | 9.0 | 9.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
| B | 2.5 | 2.5 | 3.5 | 3.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 |
| C | 1 | 1 | 1.5 | 1.5 | 2 | 2 | 2 | 2 |

GMGDS CODE # 90.20.51-XXXXXX

| L1 +0/-1.6 \ D1 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 125 | 25125 | | | | | | | |
| 140 | 25140 | 32140 | 40140 | | | | | |
| 160 | 25160 | 32160 | 40160 | 50160 | | | | |
| 180 | 25180 | 32180 | 40180 | 50180 | 63180 | | | |
| 200 | | 32200 | 40200 | 50200 | 63200 | | | |
| 224 | | | 40225 | 50225 | 63225 | 80225 | | |
| 250 | | | 40250 | 50250 | 63250 | 80250 | Δ100250A | |
| 280 | | | 40280 | 50280 | 63280 | 80280 | 100280A | |
| 315 | | | | 50315 | 63315 | 80315 | 100315A | 125315A |
| 355 | | | | 50355 | 63355 | 80355 | 100355A | 125355A |
| 400 | | | | | 63400 | 80400 | 100400A | 125400A |
| 450 | | | | | 63450 | 80450 | 100450A | 125450A |
| 500 | | | | | 63500 | 80500 | 100500A | 125500A |
| 550 | | | | | | | 100550A | 125550A |
| 600 | | | | | | | 100600A | 125600A |
| 650 | | | | | | | 100650A | 125650A |

Δ FOR USE WITH GMGDS 90.20.55-100S ONLY - SEE SECTION 80 FOR INSTALLATION INFORMATION

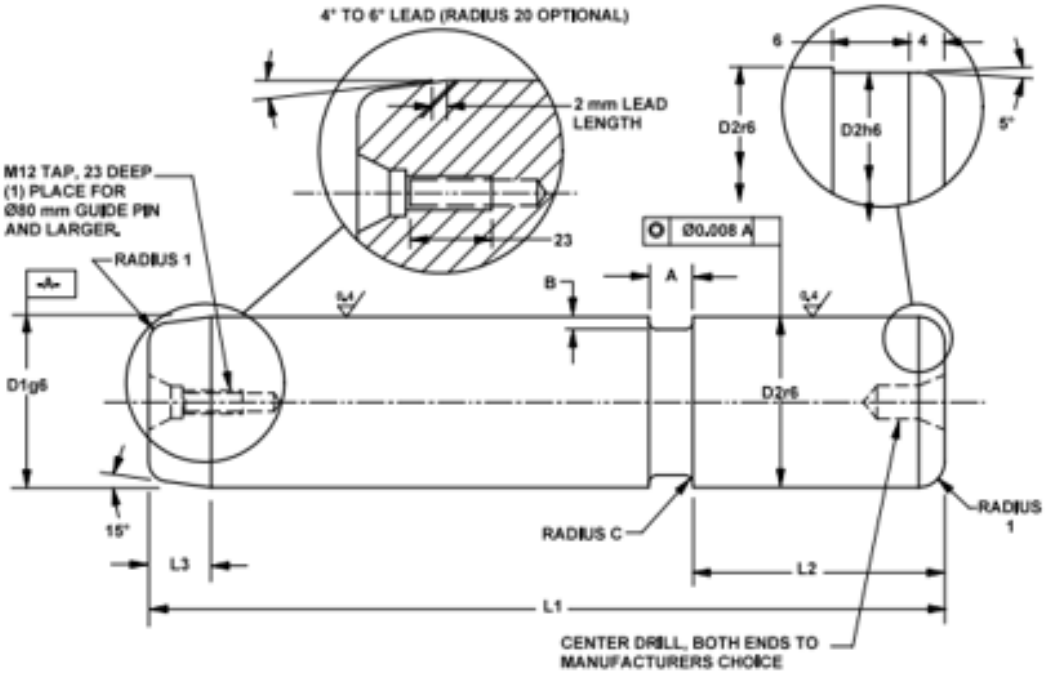
## ANEXO B – *GMDDS* 90.20.51

**DIE DESIGN STANDARDS**

| Title | Valid for | No. | Page |
|---|---|---|---|
| STANDARD COMPONENTS | GMNA<br>GMLAAM<br>GMAP | 90.20.51 | 01 of 02 |
| Sub-title: DIE SHOE COMPONENTS<br>GUIDE POST/PIN - WITH RETAINING GROOVE | | Link to: BASIC TOLERANCE CHART 90.10.00 | |

MATERIAL: ISO 683 C6^

- Break all edges.
- Mark with GMGDS code and manufacturer's logo.
- **Replaces GMGDS 90.30.00 and 90.20.50.**
- Conforms to ISO 9182-3, type B1 (except Retention Groove, Ø125 and lengths of 550, 600, and 650).




BILL OF MATERIAL EXAMPLE:

| | |
|---|---|
| STD | GMGDS 90.20.51-100400, 100 x 400 GUIDE POST/PIN - WITH RETAINING GROOVE |
| STD | GMGDS 90.20.51-50315, 50 x 315 GUIDE POST/PIN - WITH RETAINING GROOVE |
| COMPONENT CLASS | ORDER CODE |

| Page: | Publication: | File Path: | Used in assembly: | |
|---|---|---|---|---|
| 17 | GMDDS Revision 47 | C:/_/gbl2edr47/SourceFiles/r47u9020global.dwg | No | 14 NOV 17 |

# DIE DESIGN STANDARDS

| Title | Valid for | No. | Page |
|---|---|---|---|
| STANDARD COMPONENTS | GMNA<br>GMLAAM<br>GMAP | 90.20.51 | 02 of 02 |
| Sub-title: DIE SHOE COMPONENTS<br>GUIDE POST/PIN - WITH RETAINING GROOVE | | Link to | |

| D1 g6 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D2 r6 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
| L2 + 0.8 | 40 | 45 | 56 | 70 | 80 | 100 | 125 | 140 |
| L3 + 0.8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 |
| R1 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| A | 6.0 | 6.0 | 9.0 | 9.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
| B | 2.5 | 2.5 | 3.5 | 3.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 |
| C | 1 | 1 | 1.5 | 1.5 | 2 | 2 | 2 | 2 |

**GMGDS CODE # 90.20.51-XXXXXX**

| | D1 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L1 +0/-1.6 | 125 | 25125 | | | | | | | |
| | 140 | 25140 | 32140 | 40140 | | | | | |
| | 160 | 25160 | 32160 | 40160 | 50160 | | | | |
| | 180 | 25180 | 32180 | 40180 | 50180 | 63180 | | | |
| | 200 | | 32200 | 40200 | 50200 | 63200 | | | |
| | 224 | | | 40225 | 50225 | 63225 | 80225 | | |
| | 250 | | | 40250 | 50250 | 63250 | 80250 | Δ100250A | |
| | 280 | | | 40280 | 50280 | 63280 | 80280 | 100280A | |
| | 315 | | | | 50315 | 63315 | 80315 | 100315A | 125315A |
| | 355 | | | | 50355 | 63355 | 80355 | 100355A | 125355A |
| | 400 | | | | | 63400 | 80400 | 100400A | 125400A |
| | 450 | | | | | 63450 | 80450 | 100450A | 125450A |
| | 500 | | | | | 63500 | 80500 | 100500A | 125500A |
| | 550 | | | | | | | 100550A | 125550A |
| | 600 | | | | | | | 100600A | 125600A |
| | 650 | | | | | | | 100650A | 125650A |

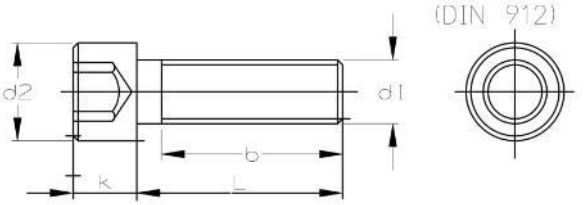
Δ FOR USE WITH GMGDS 90.20.55-100S ONLY - SEE SECTION 80 FOR INSTALLATION INFORMATION

## ANEXO C – Parafusos com sextavado Interno padrão GMB

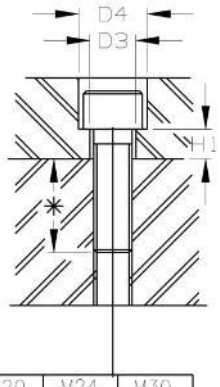
PADROES - G . M . B . 10:04

PARAFUSO COM SEXTAVADO INTERNO

(DIN 912)




* Para fixacao em aco - 1.5xd1
Para fixacao em Ferro Fundido - 2xd1




| d1 (Rosca) | | M4 | M5 | M6 | M8 | M10 | M12 | M14 | M16 | M18 | M20 | M24 | M30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| b | | 20 | 22 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 60 | 72 |
| d2 | | 7 | 8,5 | 10 | 13 | 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 36 | 45 |
| k | | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 24 | 30 |
| D3 | | 4,5 | 5,5 | 6,6 | 9 | 11 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 26 | 33 |
| D4 | | 8 | 10 | 11 | 15 | 18 | 20 | 23 | 26 | 29 | 33 | 40 | 49 |
| H1 | (min) | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| PASSO | GROSSO | 0,7 | 0,8 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 3,5 |
| | FINO | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 TRACAO | GROSSO | 113 | 180 | 267 | 486 | 756 | 1091 | 1487 | 2051 | 2568 | 3168 | 4560 | 7260 |
| | FINO | 126 | 204 | 294 | 504 | 834 | 1140 | 1608 | 2160 | 2640 | 3339 | 4980 | 8049 |
| 2 CISALH. | GROSSO | 66 | 108 | 156 | 282 | 450 | 651 | 894 | 1209 | 1539 | 1800 | 2730 | 4350 |
| | FINO | 75 | 123 | 174 | 303 | 498 | 684 | 966 | 1299 | 1578 | 1998 | 2988 | 4830 |
| TORQUE Kgf.m | GROSSO | | 0.64 | 1.12 | 2.66 | 5.40 | 9.34 | 14.66 | 22.66 | 31.34 | 44.30 | 76.00 | 152.00 |
| | FINO | | | | 2.86 | 6.40 | 9.66 | 16.00 | 23.66 | 36.00 | 50.00 | 81.34 | 170.00 |

| d1 (Rosca) | M4 | M5 | M6 | M8 | M10 | M12 | M14 | M16 | M18 | M20 | M24 | M30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COMPRIMENTO L | ◤ 12 | ◤ 12 | ◤ 12 | 12 | 12 | | | | | | | |
| | 16 | ◤ 16 | ◤ 16 | ◤ 16 | 16 | | | | | | | |
| | ◤ 20 | ◤ 20 | ◤ 20 | ◤ 20 | ◤ 20 | 20 | | | | | | |
| | 25 | 25 | ◤ 25 | ◤ 25 | ◤ 25 | 25 | | | | | | |
| | 30 | ◤ 30 | ◤ 30 | ◤ 30 | ◤ 30 | ◤ 30 | 30 | 30 | | | | |
| | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | | | | |
| | 40 | 40 | ◤ 40 | ◤ 40 | ◤ 40 | ◤ 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | | |
| | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | | |
| | 50 | 50 | 50 | ◤ 50 | ◤ 50 | ◤ 50 | 50 | ◤ 50 | 50 | ◤ 50 | 50 | |
| | | 60 | 60 | ◤ 60 | ◤ 60 | ◤ 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | ◤ 60 | |
| | | | 70 | ◤ 70 | ◤ 70 | ◤ 70 | 70 | ◤ 70 | 70 | ◤ 70 | 70 | |
| | | | | 80 | ◤ 80 | 80 | 80 | ◤ 80 | 80 | 80 | ◤ 80 | 80 |
| | | | | 90 | ◤ 90 | ◤ 90 | 90 | 90 | 90 | ◤ 90 | 90 | 90 |
| | | | | 100 | 100 | 100 | 100 | ◤100 | 100 | 100 | ◤100 | 100 |
| | | | | | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| | | | | | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | ◤120 | 120 |
| | | | | | | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| | | | | | | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| | | | | | | | | 160 | | 160 | 160 | 160 |
| | | | | | | | | | | 170 | 170 | 170 |
| | | | | | | | | | | 180 | 180 | 180 |
| | | | | | | | | | | 190 | 190 | 190 |
| | | | | | | | | | | 200 | 200 | 200 |

Comp. da rosca p/ parafuso com "L" menor que "b", considerar rosca em todo o corpo do parafuso.

1) =130 kg/mm 2) = 78 kg/mm FATOR DE SEGURANzA = 10

◤PADROES COMPRADOS E ESTOCADOS

GM COMPUTER GRAPHICS

GENERAL MOTORS DO BRASIL LTDA.
ENGENHARIA DE FERRAMENTAS CAD/CAM SYSTEM

EMISSAO:- 08/81
REVISAO:- 11/93

## ANEXO D – Diâmetros de furos para roscar com machos métricos

# DIÂMETROS DE FUROS PARA ROSCAR

**M** DIN 13.ISO 724/965.1

| D (mm) | P | ø Furo |
|---|---|---|
| M 1 | 0,25 | **0,75** |
| M 1,1 | 0,25 | **0,85** |
| M 1,2 | 0,25 | **0,95** |
| M 1,4 | 0,3 | **1,1** |
| M 1,6 | 0,35 | **1,25** |
| M 1,8 | 0,35 | **1,45** |
| M 2 | 0,4 | **1,6** |
| M 2,2 | 0,45 | **1,75** |
| M 2,5 | 0,45 | **2,1** |
| M 3 | 0,5 | **2,5** |
| M 3,5 | 0,6 | **2,9** |
| M 4 | 0,7 | **3,3** |
| M 4,5 | 0,75 | **3,8** |
| M 5 | 0,8 | **4,2** |
| M 6 | 1 | **5,0** |
| M 7 | 1 | **6,0** |
| M 8 | 1,25 | **6,8** |
| M 9 | 1,25 | **7,8** |
| M 10 | 1,5 | **8,5** |
| M 11 | 1,5 | **9,5** |
| M 12 | 1,75 | **10,3** |
| M 14 | 2 | **12,0** |
| M 16 | 2 | **14,0** |
| M 18 | 2,5 | **15,5** |
| M 20 | 2,5 | **17,5** |
| M 22 | 2,5 | **19,5** |
| M 24 | 3 | **21,0** |
| M 27 | 3 | **24,0** |
| M 30 | 3,5 | **26,5** |
| M 33 | 3,5 | **29,5** |
| M 36 | 4 | **32,0** |
| M 39 | 4 | **35,0** |
| M 42 | 4,5 | **37,5** |
| M 45 | 4,5 | **40,5** |
| M 48 | 5 | **43,0** |
| M 52 | 5 | **47,0** |
| M 56 | 5,5 | **50,5** |
| M 60 | 5,5 | **54,5** |
| M 64 | 6 | **58,0** |
| M 68 | 6 | **62,0** |

**Fórmula:**
**Ø da broca = D - P**
**D: DIÂMETRO EXTERNO**
**P: PASSO**

**Exemplo:**
**M14 x 2**
**Ø da broca = 14,0 - 2,0 = 12,0**
**Fórmula válida para roscas Métrica e Unificada.**