



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



**GUILHERME GIACOMINI ARAUJO**

**ESTUDO DE ADEQUAÇÃO DE UM BRITADOR DE MANDÍBULAS E  
UM MOINHO DE BOLAS À NORMA REGULAMENTADORA NR-12**

**OURO PRETO - MG**  
**2019**

**GUILHERME GIACOMINI ARAUJO**

**guilhermega11@hotmail.com**

**ESTUDO DE ADEQUAÇÃO DE UM BRITADOR DE MANDÍBULAS E  
UM MOINHO DE BOLAS À NORMA REGULAMENTADORA NR-12**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

**Professor orientador:** Sávio Sade Tayer, MSc.

**OURO PRETO – MG  
2019**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A663e Araujo, Guilherme Giacomini .  
Estudo de adequação de um britador de mandíbulas e um moinho de bolas à  
norma regulamentadora NR-12. [manuscrito] / Guilherme Giacomini Araujo. - 2020.  
58 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Me. Sávio Sade Tayer.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de  
Minas.

1. Normas técnicas (Engenharia) - NR-12. 2. Máquinas de perfuração - Britador  
de mandíbulas. 3. Moinhos e trabalhos em moinhos - Moinho de Bolas. I. Tayer,  
Sávio Sade. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - RB:1716



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**ATA DA DEFESA**

Aos 06 dias do mês de dezembro de 2019, às 16h, na sala 8, localizada na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia do aluno **Guilherme Giacomini Araujo**, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. DSc. Luiz Antônio Bortolaia, Prof. Msc. Sávio Sade Tayer, Prof. DSc. Elisangela Martins Leal. O candidato apresentou o trabalho intitulado: **“Estudo de adequação de um britador de mandíbulas e um moinho de bolas á Norma Regulamentadora NR 12”**, sob orientação do Prof. MSc Sávio Sade Tayer. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) aprovado .

Ouro Preto, 06 de dezembro de 2019.

Prof. MSc. Sávio Sade Tayer  
**Professor Orientador**

Prof. DSc. Washington Luis Vieira  
**Professor Avaliador**

Prof. DSc. Diogo Antônio de Souza  
**Professor Avaliador**

Guilherme Giacomini Araujo  
**Aluno**

A Deus dedico mais esta etapa vencida.

A minha família, por todo apoio e pelo amor.

A república Pif-Paf por todos os ensinamentos, escola de vida.

## **AGRADECIMENTO**

Sou grato primeiramente a Deus por me proporcionar cada momento vivido nessa etapa da minha vida e por estar sempre ao meu lado me concedendo as bênçãos nessa caminhada para a conquista de mais esse objetivo!

A minha mãe e meu irmão, que nunca mediram esforços para me ajudar! Mãe, exemplo de bondade, humildade e resiliência. Meu irmão e melhor amigo, por ser sempre meu parceiro!

À República Pif-Paf, moradores e ex-alunos, onde vivi os melhores anos da minha vida, aprendi valores que me tornaram uma pessoa melhor. Fez-se responsável pela construção de caráter e índole pessoal e profissional ímpares.

À Fundação Gorceix e todos os funcionários do DEPAI, pela oportunidade de aprendizado e experiência proporcionada, que fizeram possível a conclusão desse estudo. À AGH University Of Science And Technology, pela experiência for a do país que foi de grande valia para aperfeiçoamento profissional e relação intercultural.

Aos professores do curso de engenharia mecânica pela excelência do ensino e ajuda no dia a dia. À ADEM por todo aprendizado e parceria que me proporcionaram. A turma de mecânica por toda ajuda e dedicação nos estudos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

*“Estamos na situação de uma criancinha que entra em uma imensa biblioteca, repleta de livros em muitas línguas. A criança sabe que alguém deve ter lido escrito aqueles livros, mas não sabe como. Não compreende as línguas em que foram escritos. Tem uma pálida suspeita de que a disposição dos livros obedece uma ordem misteriosa, mas não sabe qual é”.*

Albert Einstein

## RESUMO

ARAÚJO, Guilherme Giacomini: **Um estudo de adequação de um britador de mandíbulas e um moinho de bolas à norma regulamentadora NR-12, 2019.** (Graduação em Engenharia Mecânica). Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

Este estudo teve como objetivo verificar a adequação de duas máquinas, um britador de mandíbulas e um moinho de bolas, à norma de segurança NR-12 com o *software* de modelagem gráfica Solidworks para minimizar os riscos eminentes a saúde e integridade de operadores e terceiros. Realizou-se um estudo teórico sobre os requisitos da NR-12 e dos dois tipos de máquinas analisadas, afim de se conhecer melhor o campo de atuação e os riscos oferecidos pelas mesmas. A metodologia aplicada é qualitativa, exploratória e estudo de caso. A principal ferramenta de desenvolvimento do projeto foi o *software* SolidWorks. Com os dados obtidos foi feito uma análise dos riscos eminentes oferecidos pelo britador de mandíbulas e o moinho de bolas, assim foi proposto uma série de mudanças nas proteções das partes móveis expostas, para a normalização de ambas as máquinas. Esse processo se mostrou bastante viável minimizando os riscos enumerados durante a análise dos equipamentos, garantindo maior segurança e confiabilidade dos mesmos.

**Palavras-chave:** NR-12, Projeto de Proteções, Britador de Mandíbulas, Moinho de Bolas.

## ABSTRACT

*This study is aimed to verify the suitability of two machines, a jaw crusher and a ball mill, the NR-12 with Solidworks graphic modeling software minimizes or eliminates the imminent risks to health and the use of agents and third parties. It carried out a theoretical study about the requirements of the NR-12 and the two types of machines analyzed, besides knowing better the field of action and the risks offered by them. The applied methodology is qualitative, exploratory and case study. The main source of project development was SolidWorks software. With the data obtained, an analysis of the imminent risks offered by the jaw crusher and the ball mill was made, as well as a series of changes to a standardization of resources such as machines that perform new fixed protection designs for the equipment. This process proved quite feasible by excluding all the risks listed during the equipment analysis, allowing for greater safety and use.*

Key-words: NR-12, Protection Project, Jaw Crusher, Ball Mill.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo interativo para o alcance de segurança .....	9
Figura 2 - Proteção fixa de um britador cônico .....	11
Figura 3 - Proteção móvel de uma zona de prensagem com intertravamento.....	12
Figura 4 - Britador de mandíbulas .....	13
Figura 5 - Corte esquemático de um britador de mandíbulas.....	13
Figura 6 - Carcaça do moinho de bolas.....	15
Figura 7 - fluxograma de etapas para aplicação da NR-12 .....	17
Figura 8 - Organograma da empresa.....	20
Figura 9 - Organograma de supervisão do Projeto .....	21
Figura 10 - Britador de mandíbulas e moinho de bolas selecionados.....	21
Figura 11 - Vista frontal britador de mandíbulas.....	23
Figura 12 - Formulário de campo .....	24
Figura 13 - Checklist de condições do maquinário.....	25
Figura 14 - Proteção da transmissão por correia .....	26
Figura 15 - Saída de produto processado .....	27
Figura 16 - Proteção do rotor de inércia.....	28
Figura 17 - Mandíbula do britador.....	29
Figura 18 - Mola exposta .....	30
Figura 19 - Vista traseira do equipamento .....	31
Figura 20 - Desenho virtual da estrutura do britador.....	33
Figura 21 - Proteção fixa para transmissão por correia .....	34
Figura 22 - Elemento de fixação para proteção fixa.....	35
Figura 23 - Elemento de fixação para proteção fixa .....	35
Figura 24 - Proteção fixa para volante de inércia .....	36

Figura 25 - Montagem da proteção para mandíbula do britador .....	37
Figura 26 - Britador de Mandíbulas Brasmix (Brastorno) .....	38
Figura 27 - Guia para produto processado .....	38
Figura 28 - Gaveta para armazenamento de produto processado .....	39
Figura 29 - Proteção para mola exposta.....	40
Figura 30 - Suportes esquerdo e direito para fixação de cobertura .....	40
Figura 31 - Vistas do projeto finalizado no <i>software</i> .....	41
Figura 32 - Vista traseira do projeto finalizado no <i>software</i> .....	41
Figura 33 - Vista frontal do moinho de bolas .....	42
Figura 34 - Vista traseira do moinho de bolas .....	43
Figura 35 - Vista lateral do moinho de bolas .....	44
Figura 36 - Estrutura virtual do moinho de bolas .....	46
Figura 37 - Proteção inferior para transmissão por correia .....	47
Figura 38 - Proteção inferior para o cilindro de moagem .....	47
Figura 39 - Proteção superior do cilindro de moagem e transmissão por correia .....	48
Figura 40 - Proteção para alimentação do moinho .....	48
Figura 41 - Proteção para saída do produto do moinho .....	49
Figura 42 - Vista do projeto de adequação do moinho de bolas .....	49
Figura 43 - Vista do projeto final com proteção aberta do moinho de bolas .....	50

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Variáveis e indicadores de pesquisa .....	18
Tabela 2 - Dimensões do britador de mandíbula .....	23
Tabela 3 - Alterações propostas para o britador de mandíbula .....	32
Tabela 4 - Dimensões da estrutura do moinho de bolas .....	43
Tabela 5 - Alterações propostas para o moinho de bolas .....	45

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Formulação do Problema .....	1
1.2	Justificativa .....	4
1.3	Objetivos .....	4
1.3.1	Geral.....	4
1.3.2	Específicos .....	4
1.4	Estrutura do Trabalho .....	5
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
2.1	Segurança nas Máquinas e Equipamentos .....	6
2.2	Norma Regulamentadora (NR-12) .....	6
2.2.1	Cabe aos Trabalhadores .....	6
2.2.2	Sinalização .....	7
2.2.3	Procedimentos de Trabalho e de Segurança.....	7
2.2.4	Projetos.....	7
2.3	Análise de Riscos .....	8
2.4	Folha de Verificação.....	10
2.5	Tipos de Proteção .....	10
2.6	Proteções Mecânicas Fixas .....	11
2.7	Proteções Mecânicas Móveis .....	11
2.8	Britador de Mandíbulas .....	12
2.9	Moinho de Bolas .....	14
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
3.1	Tipo de Pesquisa.....	16
3.2	Materiais e Métodos .....	17
3.3	Variáveis e Indicadores.....	17
3.4	Instrumentos de Coleta de Dados.....	18
3.5	Tabulação de Dados.....	18
3.6	Considerações Finais do Capítulo .....	18
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
4.1	Caracterização da Empresa .....	19
4.1.1	Organograma .....	19

4.2	Proposta de Projeto.....	21
4.2.1	Britador de Mandíbulas.....	22
4.2.2	Análise e Coleta de Dados do Britador.....	23
4.2.3	Proposta de Melhoria para o Britador de Mandíbulas .....	31
4.2.4	Projeto de Adequação Segundo as Alterações Propostas .....	33
4.2.5	Projeto do Britador de Mandíbulas Adequado a NR-12.....	40
4.2.6	Moinho de Bolas.....	42
4.2.7	Análise e Coleta de Dados do Moinho de Bolas .....	43
4.2.8	Proposta de Melhoria Para o Moinho de Bolas .....	44
4.2.9	Projeto de Adequação Segundo as Alterações Propostas .....	45
4.2.10	Projeto do Moinho de Bolas Adequado à NR-12.....	49
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>51</b>
5.1	Conclusão.....	51
5.2	Recomendações.....	52
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>53</b>
	<b>ANEXO .....</b>	<b>55</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Formulação do Problema

Deve ser assegurado por qualquer empresa, os requisitos mínimos de segurança para seus funcionários, afim de que todas as ações, programas e iniciativas dentro da mesma possam ser preventivas para a integridade e saúde dos trabalhadores.

A mineração é hoje uma área que expõe os colaboradores a riscos eminentes em relação a execução das atividades, o que justifica a elaboração deste trabalho.

O Ministério Público do Trabalho (MPT) e a Organização Internacional do Trabalho (OIT) desenvolveram pela iniciativa SmartLab do Trabalho Decente, o Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, nos permite analisar dados pelo portal sobre a ocorrência de acidentes no Brasil.

Segundo a OIT, o Brasil, que porta 208,5 milhões de habitantes (IBGE,2018), recebeu em 2018, 623,8 mil notificações de acidentes do trabalho (CAT), das quais 2,0 mil são notificações de acidentes do trabalho com óbito (CATWEB,2018). Segundo apuração feita pelo Observatório de Segurança e Saúde do Trabalho entre os anos de 2012 a 2018, considerando apenas trabalhadores com vínculo de emprego, 15% ou 528.485 mil acidentes são causados por pelo grupo de agentes referente à máquinas e equipamentos. Desses acidentes, a parte do corpo mais frequentemente atingida se refere aos dedos, 49% dos casos ou 260.767 mil.

Devido à importância e obrigatoriedade da adequação às normas de segurança do trabalho e o englobamento de amplos requisitos, é necessária uma divisão para afim de sua aplicação. A partir do que foi apresentado destaca-se a Norma Regulamentadora n° 12 (NR-12) por ser foco deste estudo, pois visa a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos nas fases de projeto e utilização.

Portanto, a Norma Regulamentadora n°12 (NR-12) Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos (Portaria n. ° 3.214, de 8 de junho de 1978) determina que:

Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR aprovadas pela Portaria n.° 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis.

A NR-12 determina que o empregador é responsável por manter a saúde e integridade física do trabalhador, tendo como obrigação adotar medidas de proteção para que este possa usufruir do maquinário e equipamentos com segurança. Essa norma exige detalhamento completo sobre toda a fase de vida de máquinas e equipamentos, incluindo transporte, instalação, utilização, manutenção e descarte ao final da vida útil.

Resumidamente, as medidas exigidas por essa norma são:

- De proteção coletiva;
- Administrativas ou de organização do trabalho;
- De proteção individual.

E seus objetivos são:

- Segurança do Trabalhador;
- Melhorias das condições de trabalho em prensas e similares, máquinas e equipamentos de uso geral e demais anexos;
- Máquinas e equipamentos intrinsecamente seguros.

Para realização do estudo foi selecionado o DEPAI (Departamento de Análises e Inovações) de uma instituição de apoio ao desenvolvimento de ciência e tecnologia do setor minero-metalúrgico no Estado de Minas gerais. O departamento é responsável por desenvolver metodologias e ferramentas voltadas para maximização dos processos de extração de recursos e minimização dos impactos da atividade mineradora que vai desde o planejamento, elaboração de projetos, programação, coordenação, análises de risco de equipamentos e até controle dos equipamentos. Além disso o departamento coordena toda a implantação das normas de segurança à empresa.

Para fins de estudo, analisar-se-á duas máquinas da planta da empresa que oferecem riscos críticos aos trabalhadores e são usualmente utilizadas no processamento de minério, direcionando a pesquisa a área de segurança do trabalho, com análise de riscos e adequação dessas máquinas à norma regulamentadora de nº12 (NR-12).

Dessa forma, a proposta é verificar se a implantação dos requisitos exigidos pela norma regulamentadora (NR-12) ao maquinário elimina os riscos expostos aos trabalhadores. Diante disso pergunta-se:

**Como adequar um britador de mandíbulas e um moinho de bolas aos requisitos da norma regulamentadora NR12 afim de minimizar os riscos à saúde e integridade do trabalhador?**

## **1.2 Justificativa**

Segundo o item 12.1.7 da Norma Regulamentadora NR-12 aprovada pela Portaria MTb n. ° 3.214, de junho de 1978 e atualizada por último no dia 30 de julho de 2019, o empregador deve adotar medidas de proteção para o trabalho em máquinas e equipamentos, capazes de resguardar a saúde e integridade física dos trabalhadores.

O item 12.1.8 define que: são consideradas medidas de proteção, a ser adotadas nessa ordem de prioridade:

- a) Medidas de proteção coletiva;
- b) Medidas administrativas ou de organização do trabalho; e
- c) Medidas de proteção individual.

Dessa forma, o estudo de um britador de mandíbulas e um moinho de bolas de uma empresa de pequeno porte, permitirá a redução dos riscos a integridade do operador e minimização dos índices ocorridos.

Espera-se que a enumeração dos benefícios mostrados pela adequação do maquinário à norma regulamentadora NR-12, apresentados neste trabalho, sirva como fator impactante de estímulo para que os empreendimentos cumpram com a manutenção e gestão da segurança em seus campos de trabalho.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Geral**

Realizar o estudo de adequação de um britador de mandíbulas e um moinho de bolas a norma regulamentadora NR-12, afim de minimizar os riscos à saúde e integridade que os trabalhadores são expostos.

### **1.3.2 Específicos**

Segundo o item 12.1.9 da NR-12, devem-se considerar as características das máquinas e equipamentos, do processo, a apreciação de riscos e o estado de técnica.

Assim, como objetivo específico do presente trabalho, foi estabelecido uma série de etapas para que seja efetuada a adequação dessas máquinas satisfazendo as exigências da NR-12:

- Fazer o levantamento de riscos que as máquinas em questão oferecem ao trabalhador;

- Projetar cada parte móvel, feito o levantamento anteriormente, a serem adequadas à segurança, levando em consideração um custo acessível.

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O estudo de adequação das máquinas será realizado em 5 capítulos, sendo redigido de acordo com as normas vigentes da ABNT e com o curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto.

O primeiro capítulo introduz o problema a que o trabalho está voltado, fazendo uma breve justificativa e apresentando os objetivos. No capítulo dois é feita uma abordagem dos referenciais teóricos citados, como a análise de riscos e as restrições a serem seguidas pela NR-12 e pelas outras normas vigentes.

Em seguida, o capítulo três evidencia o processo metodológico utilizado no estudo de adequação das máquinas. Dando sequência, a discussão e análise dos resultados obtidos é feita no quarto capítulo. E por fim, no capítulo cinco, é apresentada as conclusões e recomendações do trabalho, finalizando-o.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Segurança nas Máquinas e Equipamentos**

O ministério do Trabalho e previdência Social (MTPS) é o órgão responsável pela fiscalização do trabalho, superpor medidas corretivas previstas em normas, como as ações de segurança do trabalho. Sendo de responsabilidade do MTPS promover a regulamentação complementar e a atualização das normas de segurança do trabalho, bem como a inspeção para verificação do cumprimento das normas sancionadas.

Mendes (2001) diz que os acidentes de trabalho são os alvos de maior foco do Ministério do Trabalho, que busca prevenir, minimizar ou eliminar esses. A análise da área de campo, onde é realizada as operações de processamento de minério, que foi executada neste trabalho se restringiu a aplicação da NR-12: Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos.

Segundo Corrêa (2011), o problema de máquinas obsoletas e perigosas está entrelaçado em duas vertentes (existência e utilização), atribuindo o não conhecimento das normas técnicas pelos fabricantes e principalmente a falta de exigência dos compradores quanto ao quesito segurança.

Basicamente, a preocupação dos usuários com a segurança das máquinas e equipamentos, na hora da compra, podem gerar mudanças tão esperadas quanto a segurança, além de que o cumprimento das normas técnicas ficaria facilitado (CORRÊA 2011).

### **2.2 Norma Regulamentadora (NR-12)**

Segundo a norma regulamentadora NR-12, a mesma tem função de definir parâmetros técnicos e fundamentais para garantir a segurança e bem-estar do trabalhador, de modo que os índices de acidentes e riscos a que esses são expostos sejam minimizados ou até mesmo eliminados.

#### **2.2.1 Cabe aos Trabalhadores**

Como ressaltado no capítulo anterior, cabe ao empregador adotar medidas protetivas em máquinas e equipamentos, no entanto, o item 12.1.10 na NR-12 também ressalta as obrigações dos trabalhadores, cabe a esses:

- a) Cumprir todas as orientações relativas aos procedimentos seguros de operação, alimentação, abastecimento, limpeza, manutenção, inspeção, transporte, desativação, desmonte e descarte das máquinas e equipamentos;

- b) Não realizar qualquer tipo de alteração nas proteções mecânicas ou dispositivos de segurança das máquinas e equipamentos, de maneira que possa colocar em risco a sua saúde e integridade física ou de terceiros;
- c) Comunicar seu superior imediato se uma proteção ou dispositivo de segurança foi removido, danificado ou se perdeu sua função;
- d) Participar dos treinamentos fornecidos pelo empregador para atender às exigências/requisitos descritos nesta NR;
- e) Colaborar com o empregador na implementação das disposições contidas nesta NR.

### **2.2.2 Sinalização**

No que diz respeito a sinalização, a NR-12 é bem clara no item 12.2.1, ao enfatizar que as máquinas e equipamentos, bem como as instalações em que se encontram devem possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos, as instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde do trabalhador.

### **2.2.3 Procedimentos de Trabalho e de Segurança**

Segundo o item 12.14.1 dessa NR, devem ser elaborados procedimentos de trabalho e de segurança para máquinas e equipamentos, específicos e padronizados, a partir da apreciação de riscos.

Ainda seguindo o item citado acima, os procedimentos de trabalho e segurança não podem ser as únicas medidas de proteção adotadas para prevenir acidentes, sendo considerados complementos e não substitutos das medidas de proteção coletivas necessárias para a garantia da segurança e saúde dos trabalhadores.

O item 12.14.3 diz que os serviços que envolvam riscos de acidentes de trabalho em máquinas e equipamentos, exceto operação, devem ser planejados e realizados em conformidade com os procedimentos de trabalho e segurança, sob supervisão e anuência expressa de profissional habilitado ou qualificado, desde que autorizados.

### **2.2.4 Projetos**

De acordo com o item 12.15.1, o projeto das máquinas e equipamentos fabricados a partir da publicação da Portaria nº 197, de 17 de dezembro de 2010, D.O.U. de 24/12/2010 deve

levar em conta a segurança intrínseca da máquina ou equipamento durante as fases de construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação, desmonte e sucateamento por meio das referências técnicas, a serem observadas para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores.

O item 12.15.1.1 é claro ao dizer que, o projeto da máquina ou equipamento não deve permitir erros na montagem ou remontagem de determinadas peças ou elementos que possam gerar riscos durante seu funcionamento, especialmente quanto ao sentido de rotação ou deslocamento.

Segundo o item 12.15.1.3, devem ser previstos meios seguros para as atividades de instalação, remoção, desmonte ou transporte, mesmo que em partes, de máquinas e equipamentos fabricados ou importados antes da vigência desta NR.

A NR-12 é composta das fases de análise de riscos, projeto, construção, montagem, operação, manutenção dos maquinários e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades. No período de trabalho realizado foi exercido as funções de análises de riscos e elaboração de projetos.

Partindo do pressuposto que a segurança do trabalho é um campo vasto de discussões e de várias vertentes, a norma regulamentadora NR-12 é composta por 152 itens, 12 anexos e uma cartilha.

### **2.3 Análise de Riscos**

Segundo Corrêa (2011), paralelamente a NR-12, trabalha a norma ABNT 14009:1997 – Segurança de máquinas: princípios para a apreciação de riscos, apresenta o embasamento necessário em uma sequência de passos lógicos, demonstrando como examinar de forma sistemática os perigos associados a máquinas e, conseqüentemente, analisar o risco, permitindo a avaliação sobre a segurança do equipamento.

Essa apreciação de riscos é feita em 4 etapas:

- Análise de riscos e identificação dos perigos expostos por cada máquina;
- Avaliação qualitativa e quantitativa dos riscos, permitindo classificar o nível de segurança de cada máquina;
- Análise de redução de riscos, seguindo alternativas para minimizar os perigos existentes;

- Apreciação novamente dos riscos existentes após medidas de redução aplicadas.

Segundo a NBR 12100 a figura 1 ilustra o modo correto de exercer a apreciação de riscos.



Figura 1 - Processo interativo para o alcance de segurança  
Fonte: ABNT NBR 12100:2013

Foi possível fazer a análise de duas máquinas distintas, um britador de mandíbulas e um moinho de bolas. As máquinas analisadas se classificam como obsoletas e não estavam adequadas, pois apesar de boa eficiência os níveis de segurança eram ultrapassados e os riscos de fácil identificação, foi usado um método qualitativo para avaliação dos riscos.

Há 5 tipos de agentes de risco existentes, são eles:

- Riscos físicos;
- Riscos químicos;
- Riscos biológicos;
- Riscos ergonômicos;
- Riscos de acidentes/mecânicos.

Para embasamento então dos riscos existentes e de suas reduções, foi usado uma folha de verificação para analisar todas as carências de segurança existentes nas máquinas analisadas.

## **2.4 Folha de Verificação**

Segundo Carpinetti (2012) a folha de verificação é usada para coleta de dados de forma simples e organizada, podendo ser classificada como um formulário em que os itens a serem preenchidos já estão no mesmo. Os dois tipos básicos mais usuais, são: Folha para distribuição de um item e verificação para a classificação de defeitos.

De acordo com Lobo (2013) a facilidade, concisão e praticidade são características fundamentais da coleta de dados.

A facilidade que as folhas de verificação oferecem em ser usadas por diferentes pessoas, redução de erros, coleta de dados e uniformização do registro são características vantajosas (LOBO 2013).

## **2.5 Tipos de Proteção**

Segundo Cieselski (2013) é de suma importância o conhecimento das normas técnicas para a elaboração de projetos e construção de máquinas. Após sua reformulação, a norma regulamentadora NR-12 teve uma ampliação da sua área de abrangência, incluindo partes fixas e móveis, equipamentos e ferramentas manuais.

A NBR NM 272 (Segurança de máquinas, proteções, requisitos gerais para o projeto e construção de proteções fixas e móveis), define proteção como uma barreira física que envolve as áreas que oferecem riscos das máquinas, provendo a segurança. Essa proteção pode ser chamada de algumas classes de nomes, dependendo da sua construção, como carenagem, cobertura, tela, porta, enclausuramento, etc., porém devem atender aos seguintes requisitos:

- Ser construída não apresentando maneiras de anular o funcionamento convencionas e seguro;
- Manter a prevenção ao contato;
- Não expor novos riscos como esmagamento ou agarramento, com partes da máquina ou de outras proteções, extremidades ou arestas cortantes;
- Prevenção à interferência.

Perante o artigo 184 da CLT (Consolidação das Leis de Trabalho) e à NR-12, deve ser adotado pelo empregador medidas protetivas para o manuseio durante o trabalho de máquinas e equipamentos, de modo que a saúde e integridade dos trabalhadores possa ser garantido.

## 2.6 Proteções Mecânicas Fixas

Ciesielski (2013) define as proteções mecânicas fixas como sendo as proteções de difícil remoção, fixadas ao corpo ou estrutura das máquinas e sendo permanentemente fechadas com o uso de solda ou rebites, ou ainda por elementos fixadores como parafusos e porcas, desta forma a abertura dessas proteções se dão apenas pelo uso de ferramentas.

As proteções mecânicas fixas têm como afinidade, serem proteções removíveis apenas em caso de manutenção, não sendo necessário qualquer processo de monitoramento ou intertravamento. Sendo assim, as proteções mecânicas fixas se tornam a solução financeira mais viável (CIESIELSKI 2013).

É possível a visualização da proteção fixa da transmissão por correia de um britador cônico na figura 2.

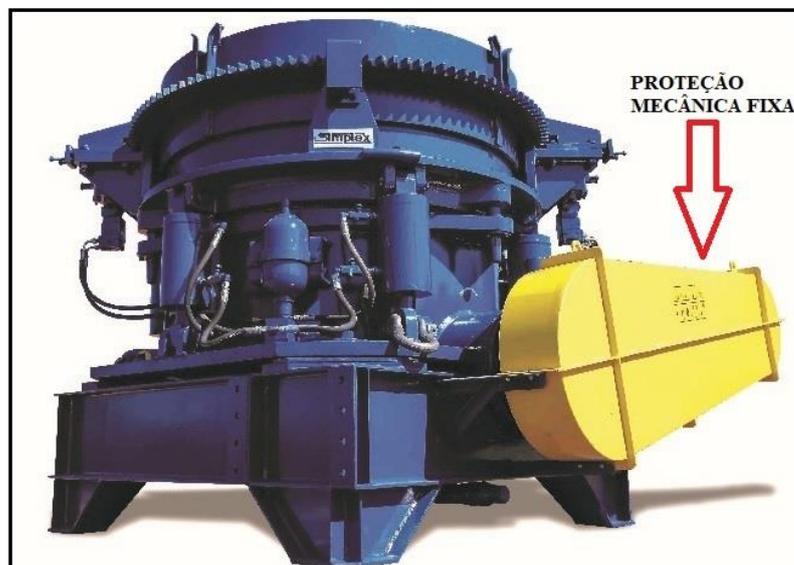


Figura 2 - Proteção fixa de um britador cônico

Fonte: <http://www.simplex.ind.br/britadores-conicos-simplex/>

## 2.7 Proteções Mecânicas Móveis

As proteções mecânicas móveis proporcionam o acesso a zona de perigo para a limpeza ou manutenção. Portas e tampas são exemplos de proteções móveis, devem ser compostas de processos de monitoramento e dispositivos de intertravamento, para evitar que haja o funcionamento dessa zona de perigo enquanto estiver sobre o acesso do operador. Segundo a ABIMAQ (2012), esse tipo de proteção deve cumprir alguns requisitos:

- A máquina não deve estar operando até que a proteção seja fechada;
- Se a proteção é aberta enquanto a máquina está operando, essa operação deve ser interrompida imediatamente e para ser acionada novamente a proteção deve ser fechada, seguida de acionamento do comando para reiniciar;
- Deverá ser utilizado um dispositivo de intertravamento com bloqueio, restringindo a sua abertura apenas quando não houver risco.

Essas proteções podem ser abertas sem o uso de ferramentas e são ligadas por dobradiças à estrutura da máquina ou a alguma parte fixa, geralmente são associadas a um dispositivo de intertravamento. A figura 3 exemplifica uma forma de proteção móvel.



Figura 3 - Proteção móvel de uma zona de prensagem com intertravamento  
Fonte: Ciesielski 2013

## 2.8 Britador de Mandíbulas

O britador é responsável pela primeira fase da redução da granulometria dos materiais, sendo esse processo pela força de compressão que ocorre ao haver o deslocamento repetitivo da mandíbula móvel contra a fixa. Observasse na figura 4 um britador de mandíbulas.



Figura 4 - Britador de mandíbulas  
Fonte: Metso (2019)

É caracterizado por gerar uma maior quantidade de grãos graúdos, com formato lamelar, com suas linhas de fratura bem visíveis e normalmente necessitam de uma britagem secundária (CHAVES e PEREZ, 2012).

Na figura 5 é possível observar o corte esquemático de um britador de mandíbulas.

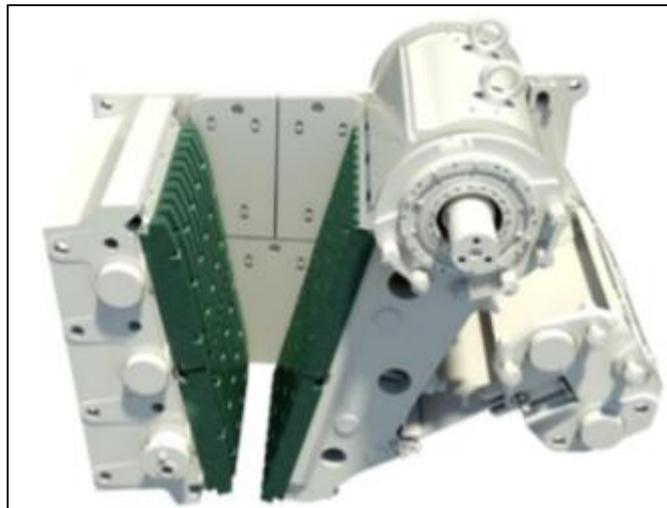


Figura 5 - Corte esquemático de um britador de mandíbulas  
Fonte: METSO (2019)

De acordo com Metso (2010), o tamanho da boca de alimentação do britador é definido em termos de uma distribuição granulométrica ou baseado em um tamanho máximo. A média máxima recomendada é de cerca de 80% da abertura de alimentação, garantindo assim que qualquer evento passageiro resultante de sobrecarga na alimentação seja mantido em um mínimo. Essas medidas podem ser em milímetros ou também em polegadas, é preciso atenção a esse detalhe.

A abertura de alimentação possui duas dimensões: largura e profundidade, sendo essa última o parâmetro que dita o valor máximo de abertura de alimentação que um que um britador pode aceitar (METSO 2010).

Além disso, ainda segundo Metso (2010) deve se estar atento também a outros parâmetros como:

- a) Ângulo de britagem: que usualmente é definido como ângulo de mordida, é o ângulo entre a mandíbula fixa e móvel;
- b) Mandíbulas: diferentes perfis de mandíbulas estão disponíveis para diferentes aplicações, esses elementos podem ser compostos de uma ou duas partes;
- c) Ajuste de descarga: a menor distância entre a parte inferior das mandíbulas fixa e móvel.

O britador, como realiza um trabalho mais agressivo, está sujeito ao desgaste das peças. Sendo essas chamadas de peças de desgaste e devem ser substituídas periodicamente, são elas: mandíbulas, placas laterais e calhas.

## **2.9 Moinho de Bolas**

Os moinhos de bolas ou moinhos cilíndricos de carga cadentes, como podem ser chamados, são moinhos onde a moagem é feita em um vaso cilíndrico rotativo, que podem ser revestidos com placas de borracha ou aço, com corpos moedores livres para se movimentar internamente. A rotação da carcaça é transmitida aos corpos moedores, o que conseqüentemente, permite a redução das partículas do produto. São geralmente utilizados na indústria mineral, com partículas que se encontram entre 5 e 250 mm (WILLS 2006).

De acordo com Metso (2018), os moinhos de bolas, podem fornecer partículas extremamente finas, capazes de passar em malhas de poucos microns. Sendo assim, classificados como unidades de moagem fina.

O moinho de bolas tem a carcaça projetada, de placas de aço laminado, para suportar o impacto e o peso da carga, com furos sobre a sua estrutura para que o revestimento interno seja fixado (WILLS 2006).

A carcaça pode ser vista na figura 6.

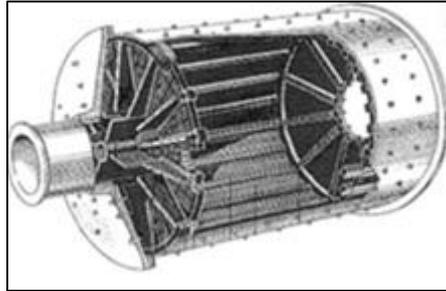


Figura 6 - Carcaça do moinho de bolas  
Fonte: Metso (2018)

A alimentação do moinho de bolas pode ser definida pelo tipo de circuito, aberto ou fechado, e se a moagem será seca ou via úmida. A granulometria das partículas e a taxa de alimentação também são dados importantes para a definição da alimentação utilizada.

### 3 METODOLOGIA

Nesse capítulo será apresentado a metodologia usado no presente trabalho. Será detalhado o tipo de pesquisa, materiais e os métodos utilizados, também expondo os indicadores e a descrição de métodos.

#### 3.1 Tipo de Pesquisa

O presente estudo tem por objetivo procurar conhecimentos sólidos de duas máquinas antigas e inseguras, um britador de mandíbulas e um moinho de bolas, à norma regulamentadora NR-12, com embasamento em todas as suas faces de implantação.

Essa pesquisa pode ser classificada em função da abordagem do problema, classificada assim como qualitativa.

Para o modelo qualitativo, Gressler (2004, p.43) diz:

Essa abordagem é utilizada quando se busca descrever a complexidade de determinado problema, não envolvendo manipulação de variáveis e estudos experimentais. Por meio dela, reúnem-se informações sobre os fenômenos investigados com o uso de entrevistas abertas e não direcionadas, depoimentos, histórico de ocorrência dos fatos, estudo de casos.

Classifica-se também como exploratória, que, segundo Gil (2002) têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas e torna-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.

A mesma se torna bibliográfica, uma vez que é desenvolvida com base em material já elaborado, constituída de livros, artigos científicos, norma regulamentadora e dados obtidos pela internet afim de obter melhores resultados.

A pesquisa é também enquadrada como um estudo de caso, efetuada através da avaliação de riscos de segurança envolvidos na atividade de operação de duas máquinas, em uma empresa de pequeno porte. O trabalho apresenta uma avaliação do campo operacional dessas máquinas quanto ao cumprimento dos requisitos da NR-12.

Uma proposta de adequação das máquinas com foco de redução de riscos, com auxílio de livros, artigos científicos, normas regulamentadoras e técnicas vigentes e dados obtidos através da internet. A adequação das máquinas foi proposta visando os melhores resultados.

### 3.2 Materiais e Métodos

O método pode ser conceituado como uma progressão de etapas usadas para alcançar-se um objetivo específico. Sendo assim, o fluxograma exposto na figura 7 foi determinado para auxiliar a nossa pesquisa:

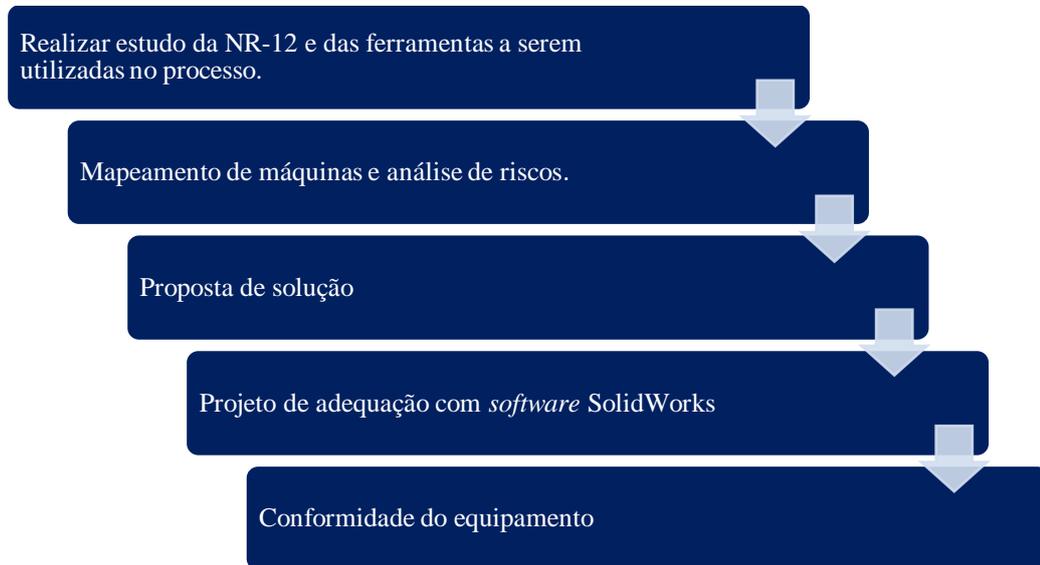


Figura 7 - fluxograma de etapas para aplicação da NR-12  
 Fonte: Pesquisa direta (2019)

O método utilizado para desenvolvimento da pesquisa foi no primeiro momento fazer um estudo aprofundado sobre a NR-12 e as ferramentas utilizadas para a realização do estudo.

A partir disso, elabora-se um levantamento de todas as máquinas que necessitam de adequação e é feita a análise de riscos conforme a NBR 12100, que busca identificar no equipamento pontos que geram riscos e estão associados a operação, manutenção e limpeza do equipamento; e segundo a NBR 14153, que define a categoria de risco do equipamento (deve estar sobre responsabilidade técnica do profissional habilitado).

Seguindo então, é feita a proposta de adequação pelo projetista, que com base nas informações desenvolvidas pela análise de riscos define as intervenções necessárias para tornar o equipamento seguro e eficiente.

Partindo disso, é feita a adequação do maquinário e a validação do projeto em conformidade com a NR-12.

### 3.3 Variáveis e Indicadores

A fim de simplificar o estudo, a tabela 1 demonstra as principais variáveis e indicadores presentes no trabalho:

Tabela 1 - Variáveis e indicadores de pesquisa

<b>Variáveis</b>	<b>Indicadores</b>
Normas Regulamentadoras	<b>NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS</b>
Etapas de Adequação	1- ANÁLISE DE RISCOS 2- ENUMERAÇÃO DE PEÇAS 3- ELABORAÇÃO DE CROQUI 4- ELABORAÇÃO DE PROJETO 5- VERIFICAÇÃO DE PROJETO 6- IMPLANTAÇÃO DE PROJETO

Fonte: Pesquisa direta (2019)

### **3.4 Instrumentos de Coleta de Dados**

A principal base de dados utilizada foi a norma regulamentadora 12, sendo o estudo embasado primordialmente nessa norma. Foi feita também uma pesquisa bibliográfica, envolvendo as normas técnicas dispostas pela ABNT, livros, artigos, trabalhos de monografia e revistas sobre os assuntos tratados. Através dos conhecimentos obtidos é possível obter as melhores conclusões sobre os problemas a serem tratados.

Para maior credibilidade ao estudo foi usada a base de dados de uma empresa de pequeno porte voltada à pesquisa e desenvolvimento no setor mineiro-metalúrgico.

Também foi utilizado para coleta de dados formulários e uma ficha de “checklist” com especificações técnicas sobre o maquinário, além de registros fotográficos arquivados.

### **3.5 Tabulação de Dados**

Para a construção dos relatórios e das tabelas foi utilizado os *softwares* Word e Excel. A elaboração dos projetos gráficos para os equipamentos foi feita com o *software* de modelagem 3D SolidWorks.

### **3.6 Considerações Finais do Capítulo**

Apresentadas às diretrizes e variáveis que auxiliaram no presente estudo, espera-se alcançar os objetivos e resultados da pesquisa nos próximos capítulos.

Os próximos capítulos abordarão o estudo prático dos equipamentos apresentados (objetos de estudo), mostrando os resultados e conclusões obtidos com aplicação da metodologia proposta.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Caracterização da Empresa**

A empresa estudada, é uma empresa de pequeno porte, localizada em Ouro Preto-MG e que tem como negócio o desenvolvimento científico-tecnológico e social no setor mínero-metalúrgico.

A empresa tem como principais atividades, pesquisas científicas no campo das ciências geológica, mineral e metalúrgica, voltado para soluções dos problemas da identificação, da localização, da extração, do beneficiamento, do tratamento e da aplicação dos recursos minerais do País.

Foi usado o DEPAI – Departamento de Análises e Inovações, criado para atender as demandas de caracterização tecnológica de materiais, para o apoio ao estudo.

Para melhor aproveitamento e direcionamento de recursos e utilização de mão de obra, o projeto de adequação do maquinário da empresa fica sobre a supervisão de dois engenheiros e um técnico de segurança do trabalho que dão assistência.

#### **4.1.1 Organograma**

Pelo organograma que apresenta a estrutura organizacional de toda empresa é possível observar que o DEPAI, departamento onde se passa o estudo de caso, não tem autonomia para implantação do projeto como mostra a figura 8.

# Organograma

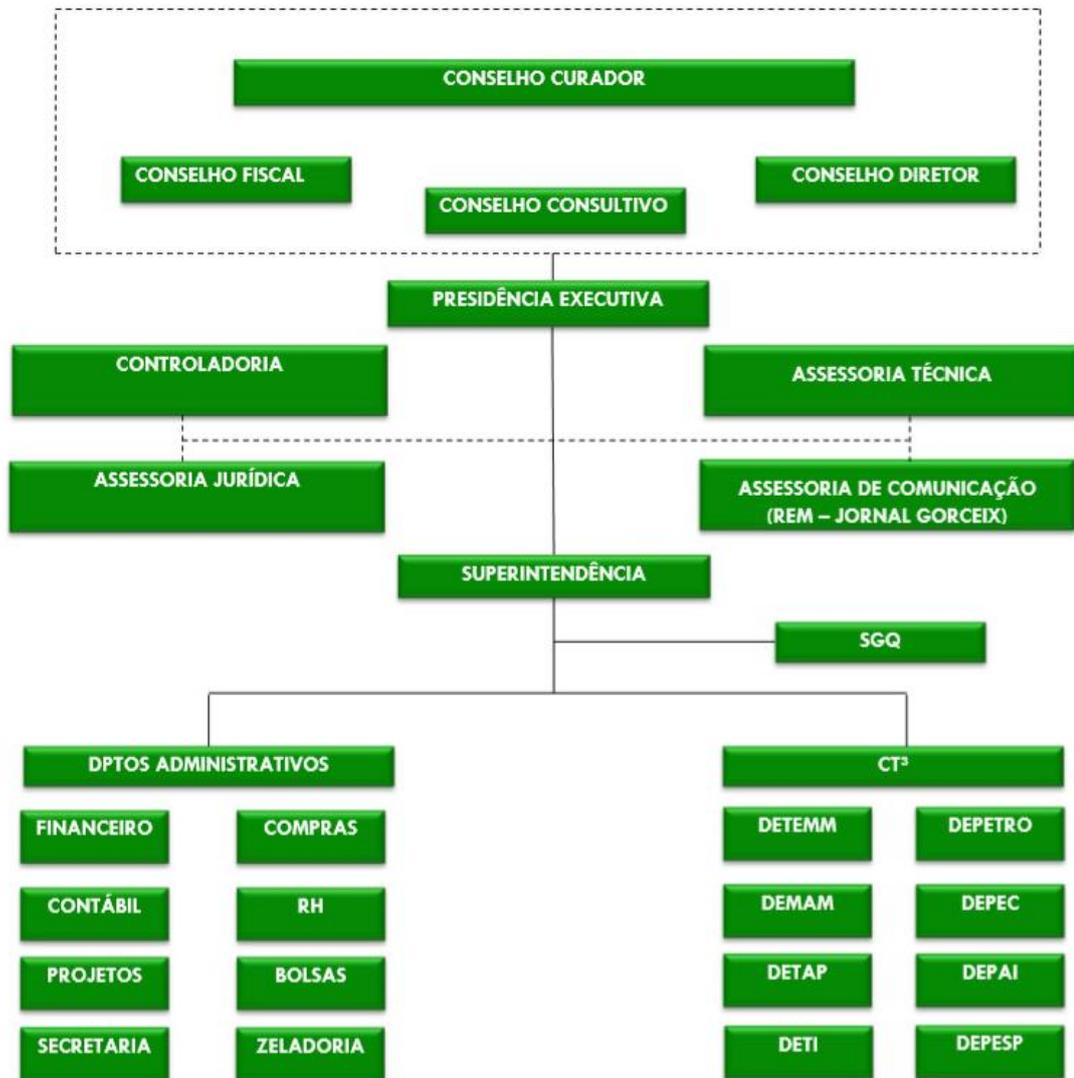


Figura 8 - Organograma da empresa  
Fonte: Pesquisa Direta (2019)

Sendo assim, dependendo de várias aprovações e liberação financeira para o mesmo, essa última sendo o que impossibilitou que ocorresse a implantação do projeto.

Na figura 9, podemos observar um pouco da hierarquia organizacional dentro do setor de elaboração dos projetos de adequação.

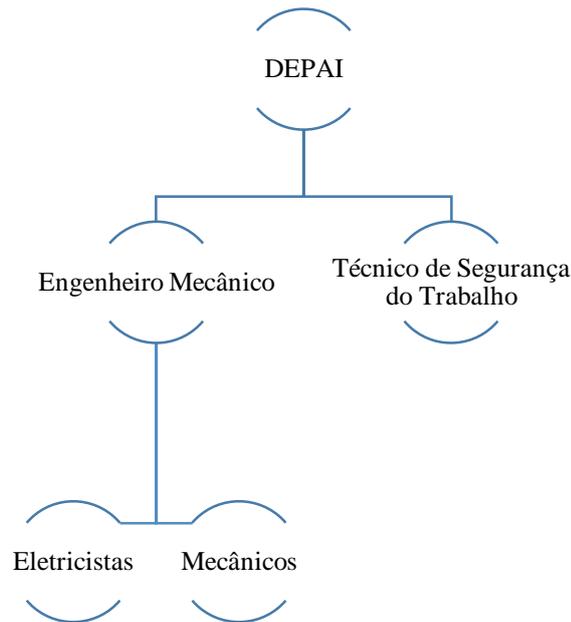


Figura 9 - Organograma de supervisão do Projeto  
Fonte: Pesquisa Direta (2019)

É possível observar a necessidade de uma supervisão de um engenheiro mecânico e um técnico de segurança para melhor avaliação das condições das máquinas analisadas.

Os mecânicos e eletricitas, profissionais capacitados a fazerem manutenção, limpeza e implantação dos sistemas elétricos (quadros de energia) e mecânicos (partes de proteção).

#### 4.2 Proposta de Projeto

Foram selecionadas duas máquinas antigas, um britador de mandíbulas e um moinho de bolas, que ainda estão sobre uso regular na empresa e que oferecem riscos à integridade do operador, para que esse trabalho possa apresentar uma proposta de projeto de adequação à NR-12.

Na figura 10 podemos observar as máquinas selecionadas para o estudo de caso.



Figura 10 - Britador de mandíbulas e moinho de bolas selecionados  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Assim, para início do projeto é requisitado uma coleta de dados de alguns parâmetros como: dimensões, número de partes móveis e especificações técnicas para avaliação das máquinas a serem adequadas.

Deve ser ressaltado que o projeto feito leva em consideração os requisitos da NR-12, porém é importante fazer algumas observações:

- Os projetos do britador de mandíbulas e do moinho de bolas foram realizados apenas com base na NR-12, sendo necessário também avaliações e adequações posteriores quanto a normas regulamentadoras e técnicas vigentes que complementam a mesma, como:
  - NR-10 – Segurança em instalações e Serviços de Eletricidade;
  - ABNT NBR 12100 – Segurança de Máquinas – Princípios Gerais de Projetos – Avaliação e Redução de Riscos;
  - ABNT NBR ISO 13852:2003 – Segurança de Máquinas – Distância de Segurança para Impedir o Acesso a Zonas de Perigo Pelos Membros Superiores.
- Os projetos necessitam de quadro de comando próprio afim de facilitar o manuseio e a segurança, onde devem conter os botões de ligar/desligar, parada de emergência e painel de iluminação objetivando a identificação do bom ou mal funcionamento do equipamento.
- As cores do equipamento devem obedecer a NR-26 - Sinalização de Segurança. Por exemplo:
  - Partes móveis na cor amarela sinalizando “cuidado”;
  - Partes móveis expostas ou perigosas na cor alaranjada sinalizando que oferecem risco;
- Deve ser confeccionado um manual de instruções da máquina em questão, para que não haja o uso incorreto.

#### **4.2.1 Britador de Mandíbulas**

O equipamento mostrado pela figura 11, é antigo e inseguro, estima-se que esteja na empresa por cerca de 20 anos, e é usado regularmente. O britador utiliza um motor de 7.5 CV e 1720 rpm com transmissão por correia.



Figura 11 - Vista frontal britador de mandíbulas  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

O britador de mandíbulas apresentado na figura 11 encontra-se em um ambiente parcialmente fechado, nota-se pelas áreas circundadas em vermelho, partes da máquina que ficam em movimento direto durante o funcionamento da mesma, expostas ao contato direto pelo operador em questão.

O britador tem como objetivo a redução de granulometria do produto processado para uma padronização, o produto mais comum utilizado é o minério de ferro. A máquina possui dimensões que podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2 - Dimensões do britador de mandíbula

Altura (m)	Comprimento (m)	Largura (m)
1,00	1,50	0,70

Fonte: Pesquisa direta (2019)

#### 4.2.2 Análise e Coleta de Dados do Britador

Para melhor identificação de cada máquina da empresa, usa-se um código interno chamado de SGI, o britador de mandíbulas em foco do estudo apresentado, é etiquetado como o de SGI 000366.

Para fazer a análise das condições do maquinário é usado como ferramenta duas folhas de formulário que auxiliam na verificação das condições dos equipamentos, a figura 12 mostra o formulário de campo que foi utilizado para o estudo.

<b>Análise Mecânica (NR-12):</b>				
Precisa de adequação à NR-12?	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não
Possui peças móveis?	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não Qtd:
Grau de Prioridade:	<input type="checkbox"/>	Leve	<input type="checkbox"/>	Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Urgente
Apresenta algum risco de não ser executável?	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não
Especificar risco se houver: Britador sem proteção na entrada e daída, totalmente aberto. Proteção lateral deteriorada.				
<b>Análise Elétrica (NR-10):</b>				
<b>Especificações do motor:</b>				
PARTIDA DIRETA	TIPO		POTÊNCIA	TENSÃO
ok	INVERSOR /POT.	PROPRIETÁRIO	W / HP	V
			7,5 cv	220/380
CORRENTE	F.P.	LIGAÇÃO / TOMADA		
A	Cos Ø	Quantidade de fases	I.P.	Fabricante:
			54	
Necessita de quadro de acionamento separado? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				

Figura 12 - Formulário de campo  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

O formulário individual de campo tem por objetivo fazer uma análise superficial do equipamento, retirando informações como: se o equipamento necessita de adequação, se apresenta partes móveis, o grau de prioridade para a adequação, se apresenta algum risco de não ser executável, além de algumas especificações do motor referentes a parte elétrica do equipamento como: tipo do motor, potência, tensão, quantidade de fases, corrente, fabricante.

Para auxílio do formulário de individual de campo também é utilizado um Checklist que ajuda a mensurar o grau de conservação do equipamento como mostrado pela figura 13.

Estado de conservação física do equipamento:										
<b>Pinturas:</b>										
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Amassados:</b>										
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Trincas nas estruturas e nas soldas:</b>										
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Estado de conservação do motor do equipamento:</b>										
<b>Motor:</b>										
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Estado da base do motor de fixação:</b>										
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Aletas:</b>										
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Tampa de conexões elétricas:</b>										
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
<b>Proteção traseira do motor, hélice da refrigeração:</b>										
Ruim	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ótimo
É possível colar base móvel no equipamento?						<input checked="" type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO			

Figura 13 - Checklist de condições do maquinário

Fonte: Pesquisa Direta

Desse modo é possível fazer a aferição em uma escala de 8 níveis que ajudam a determinar se as condições do equipamento estão ruins ou ótimas. Na figura 13 observamos os quesitos listados, como: pintura, amassados, trincas nas estruturas e nas soldas, estado de conservação do motor no equipamento, estado da base do motor de fixação, tampa de conexões elétricas, aletas e proteção traseira do motor.

É possível analisar pelas duas fichas que o britador de mandíbulas de SGI 000366 apresenta urgência em sua adequação, sendo o equipamento mais deteriorado entre os dois aqui analisados.

O britador apresenta a transmissão por correias totalmente exposta pelo lado interior do equipamento e apresenta o que, aparentemente, é uma proteção ou tentativa de proteção fixa bastante deteriorada. A figura 14 apresenta a situação do equipamento descrita anteriormente.



Figura 14 - Proteção da transmissão por correia  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Observa-se na figura 14, que a proteção fixa da parte móvel de transmissão por correia, contém riscos de esmagamento, enroscamento e fricção de membros, uma vez que a transmissão está exposta. Também pode se torna visível o risco de queda caso haja apoio sobre a proteção, ou corte nas quinas soltas da grade externa.

A figura 15 mostra a situação a que se encontra a parte fixa do equipamento por onde é feita a saída do produto britado.



Figura 15 - Saída de produto processado  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

É visível as avarias e amassados na saída do britador, onde passa o produto britado, além de não obter nenhum recipiente para que esse produto seja depositado corretamente, podendo acarretar no lançamento de algum projétil ou algum corte caso o indivíduo entre em contato direto com as quinas expostas sem os EPIs necessários.

A condição da proteção fixa referente ao volante de inércia do equipamento é observada na figura 16.



Figura 16 - Proteção do rotor de inércia  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Nota-se pela figura 16, a proteção fixa para o volante de inércia, localizado ao lado oposto à transmissão por correia, onde há partes da proteção bastante deterioradas no lado externo e o lado interno da proteção completamente exposto, contendo riscos de enroscamento ou fricção de membros, caso os mesmos sejam colocados em contato com a máquina durante o funcionamento, ou de ferimentos pelo contato com as quinas expostas do equipamento.

Na figura 17, a situação das partes caracterizadas como as mandíbulas do britador.



Figura 17 - Mandíbula do britador  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Nota-se a parte que a mandíbula do britador, onde ocorre a entrada do produto a ser processado, está totalmente exposta sem nenhuma proteção, o que coloca o operador sobre risco de esmagamento dos membros em caso de contato durante o funcionamento, ou mesmo que alguma partícula do produto a ser processado colida com o operador em questão durante a britagem.

O britador possui na sua parte traseira uma mola de amortecimento na parte traseira do equipamento para alívio de tensão durante a britagem, que pode ser observada na figura 18.



Figura 18 - Mola exposta  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na figura 18, a presença da mola de amortecimento exposta gera riscos de esmagamento de membros caso haja contato com o elemento durante o funcionamento do equipamento.

Por fim, na figura 19, observamos uma vista traseira do equipamento, sendo possível uma melhor visão das dimensões do equipamento e da presença dos elementos expostos, como: mola de amortecimento, volante de inércia e transmissão por correia.



Figura 19 - Vista traseira do equipamento  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Com a análise e levantamento dos elementos expostos e dos respectivos riscos que cada parte oferece foi possível a realizar as propostas de melhoria para o equipamento.

#### **4.2.3 Proposta de Melhoria para o Britador de Mandíbulas**

Assim expostos e mensurados os riscos presentes no equipamento, foi feito um relatório listando as melhorias para cada proteção fixa do equipamento com base no que é disposto na NR-12, afim de minimizar ou eliminar os perigos presentes à saúde e integridade do trabalhador.

A tabela 3 mostra as alterações propostas para o britador de mandíbula.

## BRITADOR DE MANDÍBULAS SGI 000366

Tabela 3 - Alterações propostas para o britador de mandíbula

Alterações a serem efetuadas com base na NR-12	
Transmissão Por Correia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar proteção fixa para a transmissão de correia que vede todo o perímetro de trabalho, de modo que não interfira no perfeito funcionamento do equipamento.</li> <li>• Projetar peças de suporte para melhor fixação do equipamento, evitando empenamentos e novos danos a estrutura.</li> <li>• Elementos fixadores que impedem a retirada das proteções sem o auxílio de ferramentas.</li> <li>• Demão de tinta na área para melhor identificação e padronização do maquinário.</li> </ul>
Volante de Inércia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar proteção que vede todo o perímetro de trabalho do volante de inércia, de modo que não interfira no perfeito funcionamento do equipamento.</li> <li>• Elementos fixadores que impedem a retirada das proteções sem o auxílio de ferramentas.</li> <li>• Demão de tinta na área para melhor identificação e padronização do equipamento.</li> </ul>
Entrada de Minério a Processar (Mandíbula)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar nova tampa de proteção de mandíbula, de modo que seja impossibilitado o contato direto de membros enquanto esteja aberta.</li> <li>• Elementos fixadores que impedem a retirada das proteções sem o auxílio de ferramentas.</li> <li>• Demão de tinta na área para melhor identificação e padronização do equipamento.</li> </ul>

Saída de Minério Processado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar gaveta armazenadora de minério processado com guia para não haver projétil e resultar em acidentes.</li> <li>• Demão de tinta na área para melhor identificação e padronização do equipamento.</li> </ul>
-----------------------------	---

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Após feito o levantamento das alterações necessárias no britador de mandíbula, foi possível iniciar a fase de projeção de cada proteção para as partes móveis que oferecem riscos, para isso foi utilizado o *software* de modelagem gráfica Solidworks 2018, como explicitado anteriormente no item 2.7 do presente trabalho.

#### 4.2.4 Projeto de Adequação Segundo as Alterações Propostas

Com o auxílio das medidas reais coletadas do equipamento, foi-se então criado usando o *software* de modelagem 3D um modelo virtual da estrutura do britador de mandíbulas com todas as medidas reais do equipamento para melhor visualização e para minimizar erros na projeção das novas proteções. Como mostrado na figura 20.

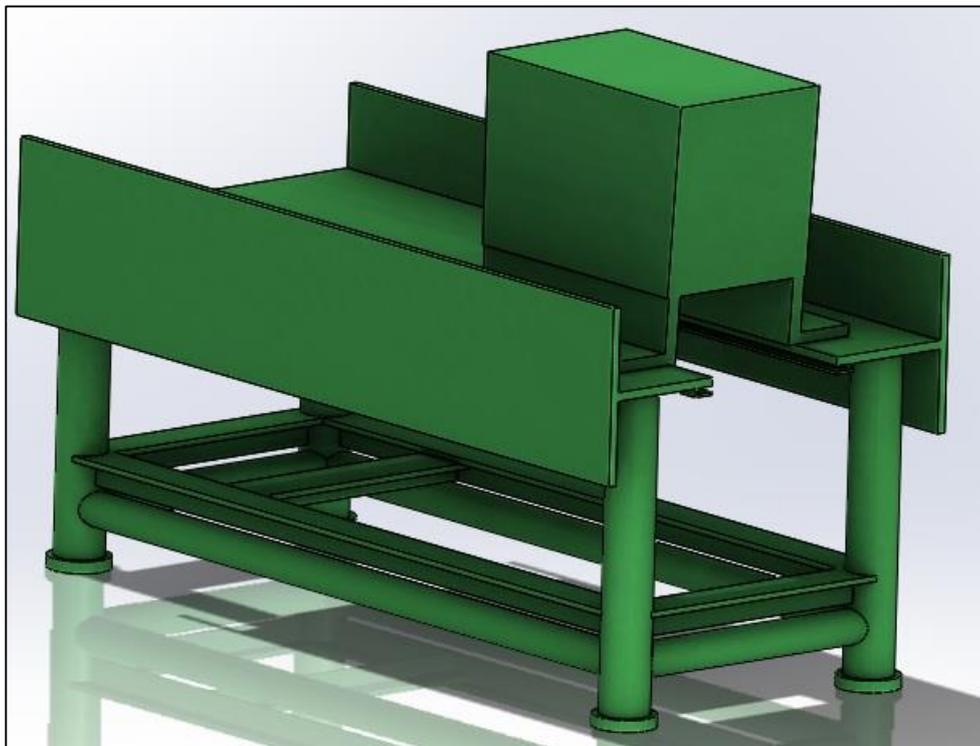


Figura 20 - Desenho virtual da estrutura do britador  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Após feito o modelo virtual da estrutura do britador, iniciou-se a confecção de cada peça de proteção de acordo com os requisitos apontados no relatório de alterações da máquina segundo a NR-12.

#### 4.2.4.1 Proteção Para a Transmissão Por Correia

A transmissão por correia existente no equipamento já possui uma proteção, porém deteriorada e que não atende os requisitos da NR-12, então foi-se projetada uma nova proteção fixa para essa parte móvel da máquina, como mostrado na figura 21.

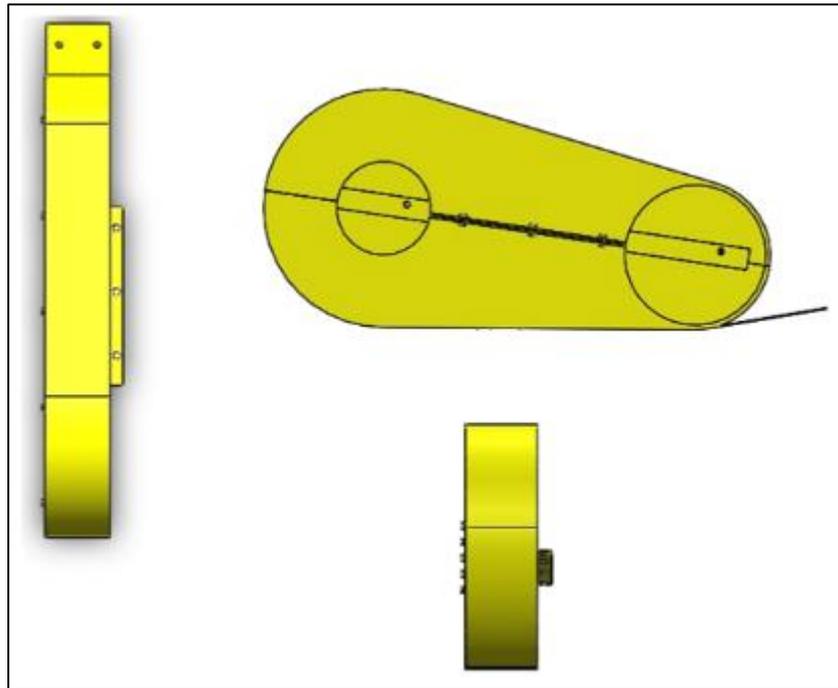


Figura 21 - Proteção fixa para transmissão por correia  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

É possível observar que a nova proteção fixa é constituída por duas peças, uma inferior que é fixada à base da estrutura e uma superior que é fixada sobre a inferior, e atende aos requisitos solicitados no relatório de alterações propostas, como:

- Vedar o perímetro de trabalho da transmissão por correia, impedindo o contato direto por parte do operador;
- A proteção contém elementos fixadores (parafusos) o que impede a sua retirada sem auxílio de ferramentas;
- A proteção permite o perfeito funcionamento do equipamento, visto que foi feita sobre todas as medidas reais.

Ainda para evitar empenamentos, acidentes e melhorar a fixação da estrutura apresentada anteriormente, foi projetado duas peças para serem fixadas junto à base da estrutura do equipamento e à própria máquina.

Na figura 22 é possível visualizar o elemento de fixação que impede que a proteção fixa para a transmissão por correia possa vir a empenar caso haja alguma carga sobre a mesma de fora para dentro.

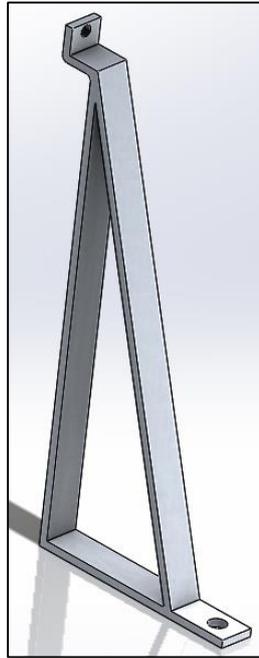


Figura 22 - Elemento de fixação para proteção fixa  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na figura 23, é mostrado o elemento de fixação que mantém a proteção fixa para a transmissão por correia sobre a estrutura e concede à mesma a inclinação necessária para o perfeito funcionamento do equipamento.

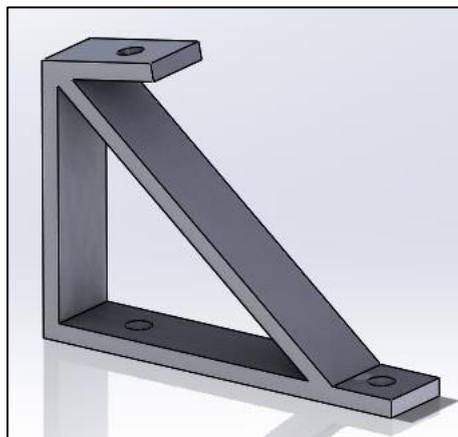


Figura 23 - Elemento de fixação para proteção fixa  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Esses elementos de fixação, proporcionam maior resistência aos esforços ou cargas que podem ser feitos sobre a proteção fixa da transmissão por correia.

#### 4.2.4.2 Proteção Para o Volante de Inércia

Assim como a proteção anterior, a proteção fixa já existente para a parte móvel definida como o volante de inércia, também está bastante deteriorada e necessitou de um projeto totalmente novo que atendesse aos requisitos da NR-12, como mostrado na figura 24.

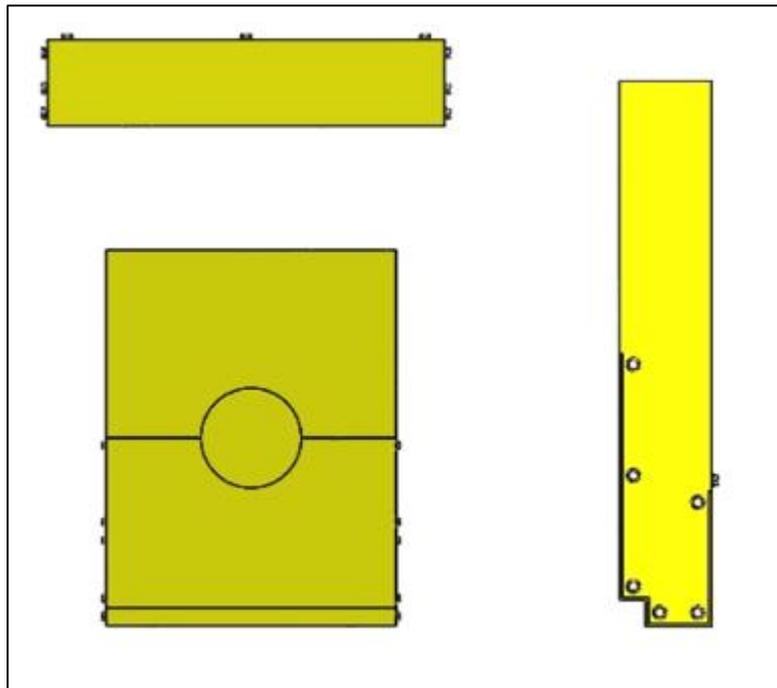


Figura 24 - Proteção fixa para volante de inércia

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Assim como a proteção para a transmissão por correia, a nova proteção fixa feita para o volante de inércia é constituída por duas peças, uma inferior que é fixada na base e uma superior que é fixada sobre a primeira, atendendo os requisitos solicitados no relatório de alterações propostas:

- Vedar o perímetro de trabalho do volante de inércia, impedindo o contato direto pelo operador;
- Permitir o perfeito funcionamento do equipamento;
- Contém elementos fixadores (parafusos) que impedem a remoção da proteção sem o auxílio de ferramentas.

#### 4.2.4.3 Projeto de Proteção Para a Mandíbula

A mandíbula do britador analisado não possui proteção, estando totalmente exposta, o que levou a ser a peça de maior dificuldade a ser projetada pelas suas particularidades de medida, pode-se observar na figura 25.

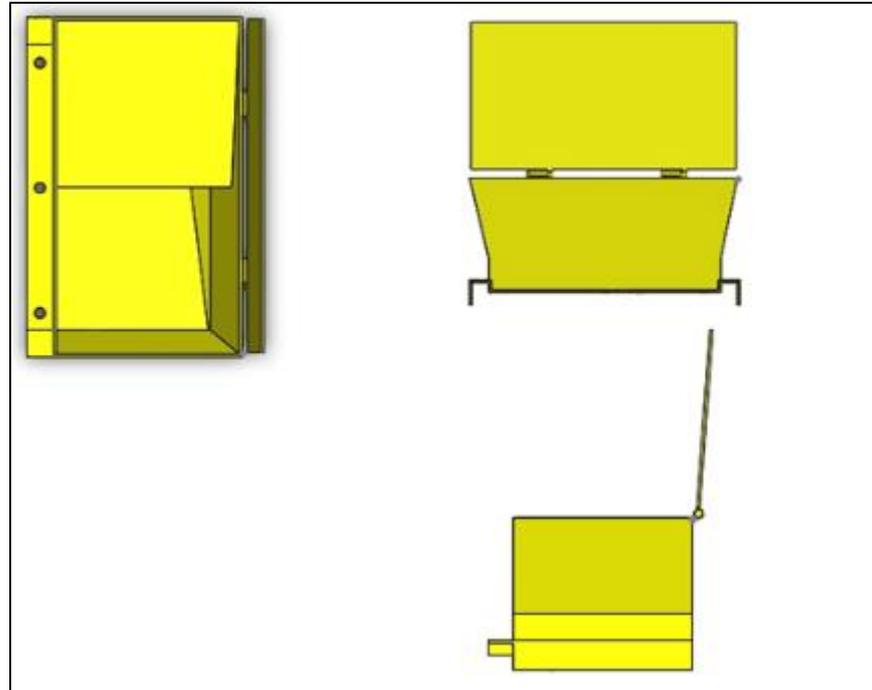


Figura 25 - Montagem da proteção para mandíbula do britador  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

A proteção para a mandíbula do britador tem algumas particularidades que tornaram a sua projeção difícil, como:

- A estrutura é de difícil fixação com parafusos além de ser bem robusta e antiga.

Para a resolução do problema foi decidido como alternativa fazer a solda do elemento fixador, a cabeça do parafuso na estrutura, de modo que após feito o encaixe da proteção seria apertado com uma porca.

Essa proteção foi inspirada em uma já existente para um britador de mandíbulas que operava no mesmo galpão, porém com alguns ajustes a mais:

- A proteção nova possui duas placas internas na diagonal que impedem que ocorra lançamento de algum projétil para o lado de fora e também que o operador tenha contato com a área de britagem diretamente ao fazer um “labirinto”.

O britador ao qual foi inspirado é um Britador de Mandíbulas Brasmix do fabricante Brastorno de SGI 000006 e pode ser visualizado na figura 26.



Figura 26 - Britador de Mandíbulas Brasmix (Brastorno)  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

#### 4.2.4.4 Projeto Para a Saída do Produto a Ser Processado

O local denominado como rampa de saída do produto que é processado no britador, necessitava de uma guia para o produto final até um local correto de armazenamento.

A figura 27 ilustra o projeto de uma guia para o produto final do britador de mandíbulas.

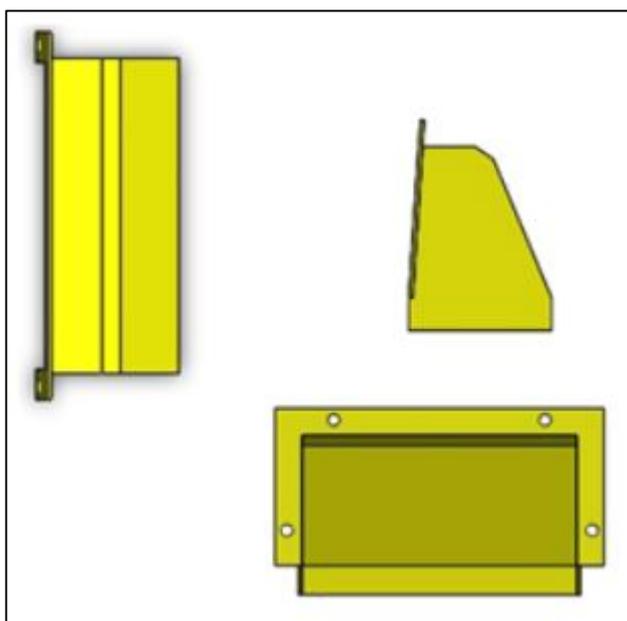


Figura 27 - Guia para produto processado  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Foi feito também uma gaveta e colocada sobre trilhos na estrutura, que tem como sua principal função receber o produto britado final como pode ser visto na figura 28.

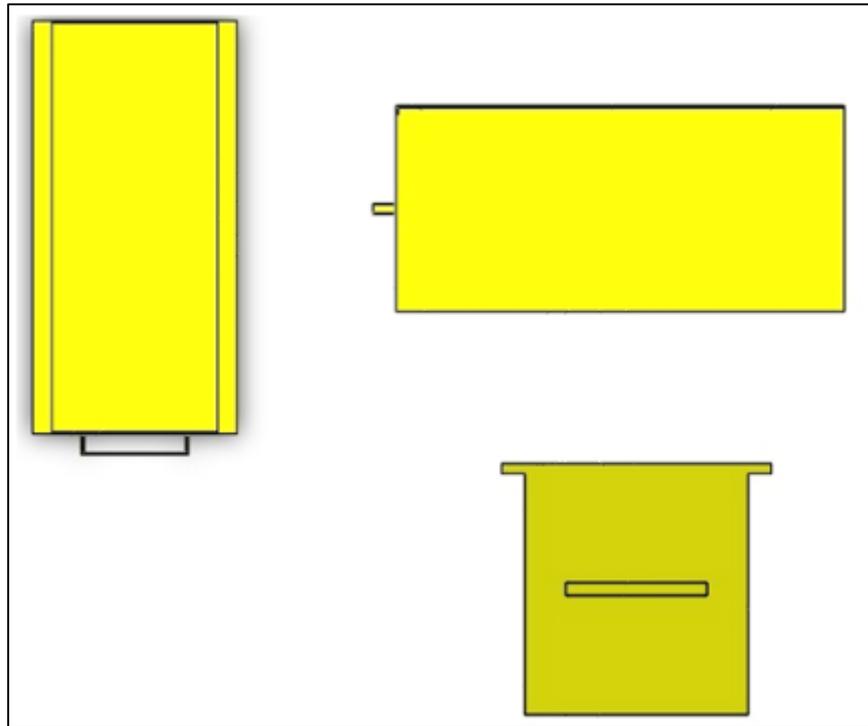


Figura 28 - Gaveta para armazenamento de produto processado  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

A gaveta de armazenamento também foi inspirada no britador de mandíbulas brasmix do fabricante Brastorno que foi mostrado na figura 26.

#### **4.2.4.5 Proteção Para Mola de Amortecimento Exposta**

A proteção para mola de amortecimento exposta foi projetada uma de modo que vedasse todo seu perímetro de trabalho, como observado na figura 29.

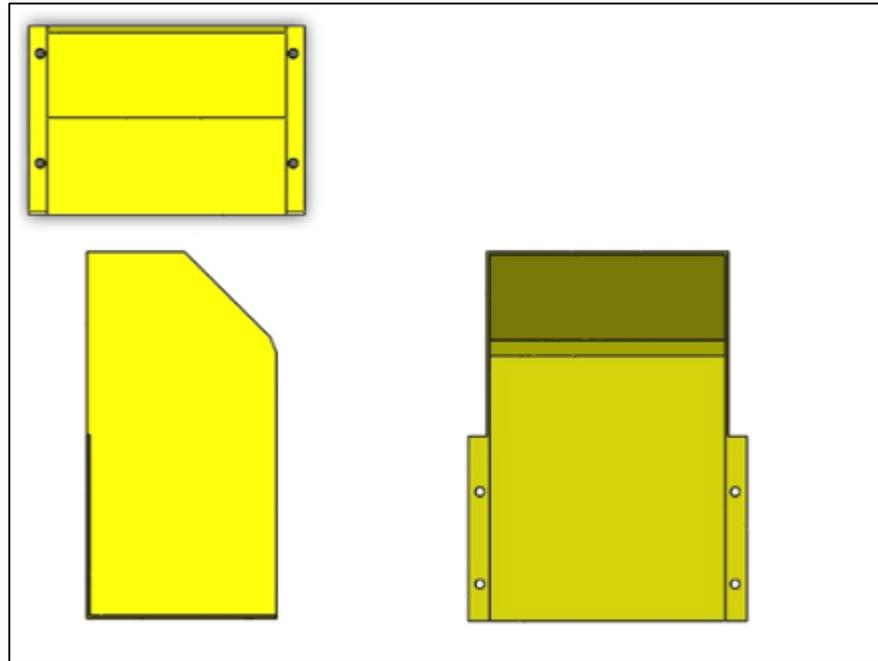


Figura 29 - Proteção para mola exposta  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Para auxílio na fixação da cobertura sobre a mola, foram criadas duas estruturas de suporte que podem ser visualizadas na figura 30.



Figura 30 - Suportes esquerdo e direito para fixação de cobertura  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Assim, foi finalizado todas os projetos das proteções fixas para as partes móveis solicitadas no relatório de alterações de acordo com a NR-12.

#### 4.2.5 Projeto do Britador de Mandíbulas Adequado a NR-12

Após a finalização de todas as peças, foi possível a montagem completa, juntando cada peça à estrutura do britador de mandíbulas feito inicialmente.

Pode ser observado a estrutura de uma vista frontal do equipamento na figura 31.

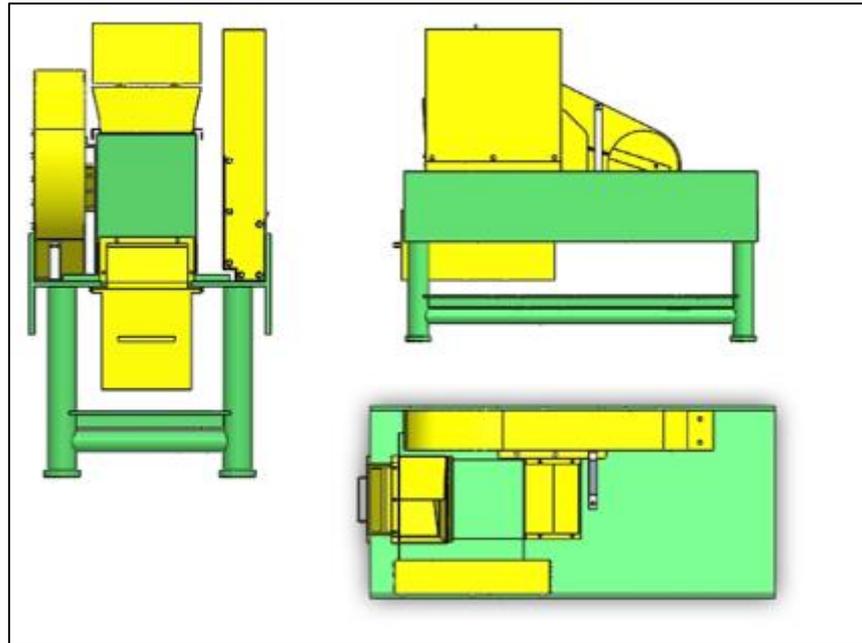


Figura 31 - Vistas do projeto finalizado no *software*  
 Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na figura 32, também é possível a visualização do equipamento final adequado de uma vista em perspectiva.

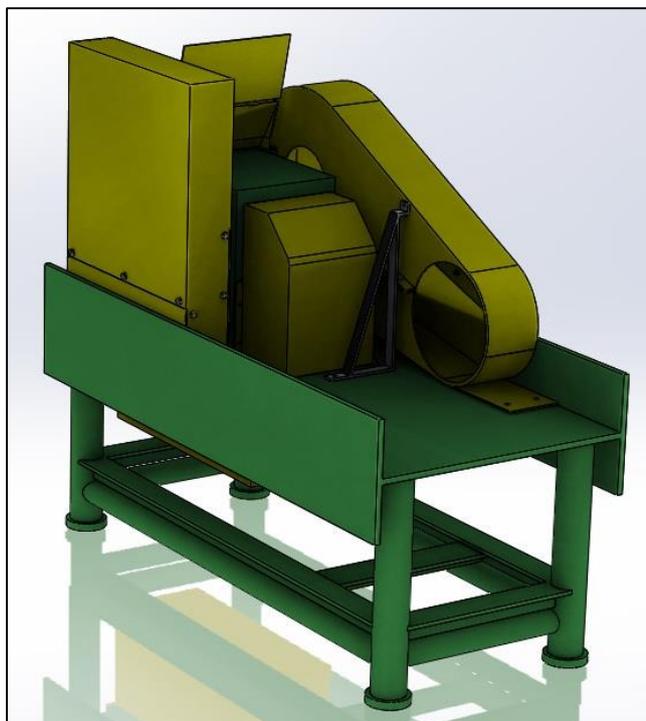


Figura 32 - Vista traseira do projeto finalizado no *software*  
 Fonte: Pesquisa direta (2019)

A partir do projeto finalizado no *software* de modelagem 3D, foi gerado as vistas no modelo de folha A2 do mesmo, com as respectivas cotas das peças e dimensões, como solicitado para um projeto que almeja construção. As mesmas são expostas em anexo no final do presente trabalho.

Os riscos de esmagamento, enroscamento e fricção que antes podiam ser observados com as partes móveis do britador de mandíbulas expostas: mandíbula, transmissão por correia, rotor de inércia e saída de minério, são minimizados uma vez que as novas proteções necessitam do auxílio de ferramentas para serem abertas e vedam todo o perímetro de trabalho.

Foi selecionado para as chapas de proteção o aço SAE 1045, pela facilidade de acesso ao material pela empresa e o custo acessível. Baseado nas mesmas medidas das chapas utilizadas nas proteções antigas, as chapas para o projeto contêm espessura de 3mm.

#### 4.2.6 Moinho de Bolas

O moinho de bolas é um equipamento capaz de fazer a moagem fina de pós, sendo usado para moagem de vários tipos de minérios e outros materiais.

O moinho de bolas a seguir possui número de registro SGI 000024, assim como o britador de mandíbulas, encontra-se em estado antiquado e inseguro em um ambiente parcialmente fechado. No período em que foi analisado não estava em uso. A figura 33 mostra uma vista frontal do equipamento.



Figura 33 - Vista frontal do moinho de bolas  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

As dimensões do moinho de bolas considerando apenas a estrutura da base são dadas na tabela 4.

Tabela 4 - Dimensões da estrutura do moinho de bolas

Altura (m)	Comprimento (m)	Largura (m)
0,65	0,97	1,00

Fonte: Pesquisa direta (2019)

#### 4.2.7 Análise e Coleta de Dados do Moinho de Bolas

A partir das figuras podemos observar as condições insalubres do equipamento, pintura deteriorada, amassados na estrutura e a falta de proteções fixas para as partes móveis, estando essas expostas ao contato direto de membros ou outras partes do corpo, sujeitos a esmagamentos, prisao, enroscamentos ou fricção.

A figura 34, mostra uma proteção inadequada para a transmissão por correia do equipamento que liga o motor ao cilindro de moagem.



Figura 34 - Vista traseira do moinho de bolas

Fonte: Pesquisa direta (2019)

É possível observar melhor a partir da figura 35 que a parte móvel do cilindro de moagem também se encontra exposta, com os pinos que são usados para fixação do revestimento do moinho também expostos, podendo acarretar nos riscos previamente citados.



Figura 35 - Vista lateral do moinho de bolas  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

#### **4.2.8 Proposta de Melhoria Para o Moinho de Bolas**

Assim, após mostrados os riscos expostos pelas condições do moinho de bolas de SGI 000024, foi elaborado e proposto uma série de alterações e criações de novos equipamentos afim de reforçar a segurança do equipamento com base no que é disposto na NR-12.

A tabela 5 apresenta o relatório de alterações para o moinho de bolas.

## MOINHO DE BOLAS DE SGI 000024

Tabela 5 - Alterações propostas para o moinho de bolas

Propostas de Alteração de Acordo com a NR-12	
Na Correia Transportadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar proteção fixa inferior para a transmissão de correia que seria fixada à estrutura.</li> <li>• Projetar uma proteção basculada com a proteção inferior do cilindro de moagem, essa seria apoiada sobre a primeira no intuito de facilitar a abertura quando parasse o funcionamento da máquina, ou para manutenção.</li> <li>• Demão de tinta na área para melhor identificação e padronização do maquinário.</li> </ul>
No Cilindro de Moagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar proteção fixa inferior para o cilindro de moagem, de modo que vede todo o perímetro e impedindo o acesso durante o seu funcionamento, essa seria fixada à estrutura.</li> <li>• Projetar proteções fixas para os cilindros laterais de alimentação e saída de minério processado.</li> <li>• Demão de tinta na área para melhor identificação e padronização do maquinário</li> </ul>

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Após feito o levantamento das alterações necessárias no moinho de bolas, foi possível iniciar a fase de projeção, assim como feito anteriormente para o britador de mandíbulas de SGI 000366.

#### 4.2.9 Projeto de Adequação Segundo as Alterações Propostas

Com o auxílio das medidas reais coletadas do equipamento, foi-se então criado usando o *software* de modelagem 3D um desenho virtual da estrutura do equipamento, sem levar em consideração o cilindro de moagem e outros componentes, apenas a estrutura do moinho, para melhor visualização e para minimizar erros na projeção das novas proteções. Como mostrado na figura 36.

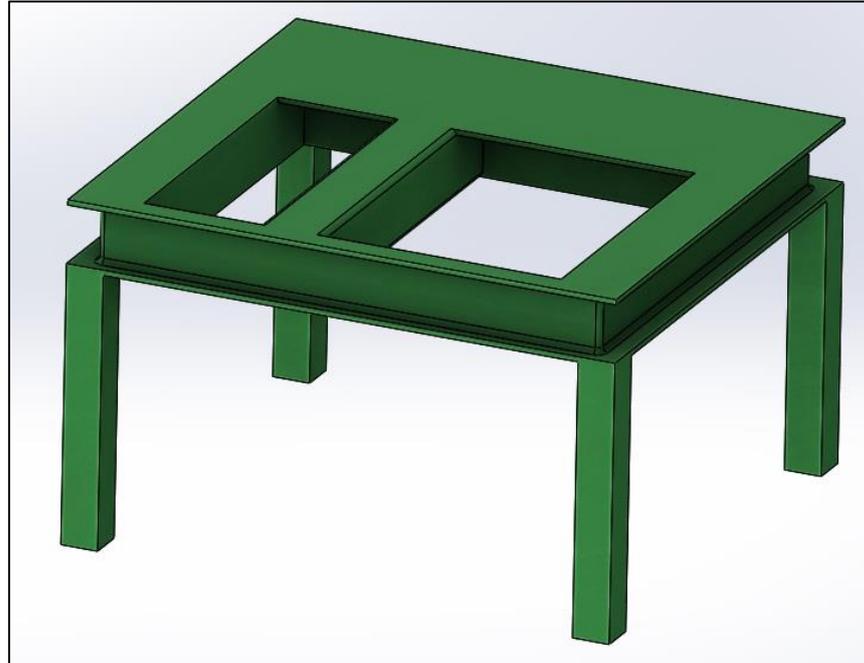


Figura 36 - Estrutura virtual do moinho de bolas  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Assim, após feito o desenho virtual da estrutura do moinho de bolas, foi iniciado a confecção do projeto de cada peça.

#### **4.2.9.1 Projeto de Proteção Para a Transmissão Por Correia e Cilindro de Moagem**

O equipamento já possui uma proteção em grade que cobre apenas o perímetro do motor, foi então feito uma proteção que vede completamente a parte móvel, desde o motor até o cilindro de moagem que é movido pela correia.

Para isso foram feitas 3 peças, a primeira delas, uma peça que cobre apenas a parte inferior do motor e é fixada na estrutura por elementos fixadores (parafusos) que impedem a remoção sem o auxílio de ferramentas. A figura 37 ilustra o projeto de como ficou essa proteção fixa.

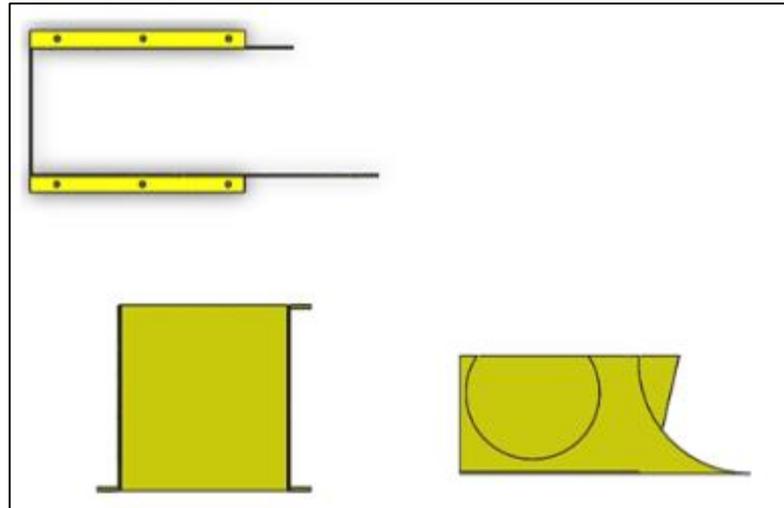


Figura 37 - Proteção inferior para transmissão por correia  
 Fonte: Pesquisa direta (2019)

A segunda peça que cobre a parte inferior do cilindro de moagem sendo apoiada em três pés com elementos fixadores (parafusos) à base pode ser vista na figura 38.

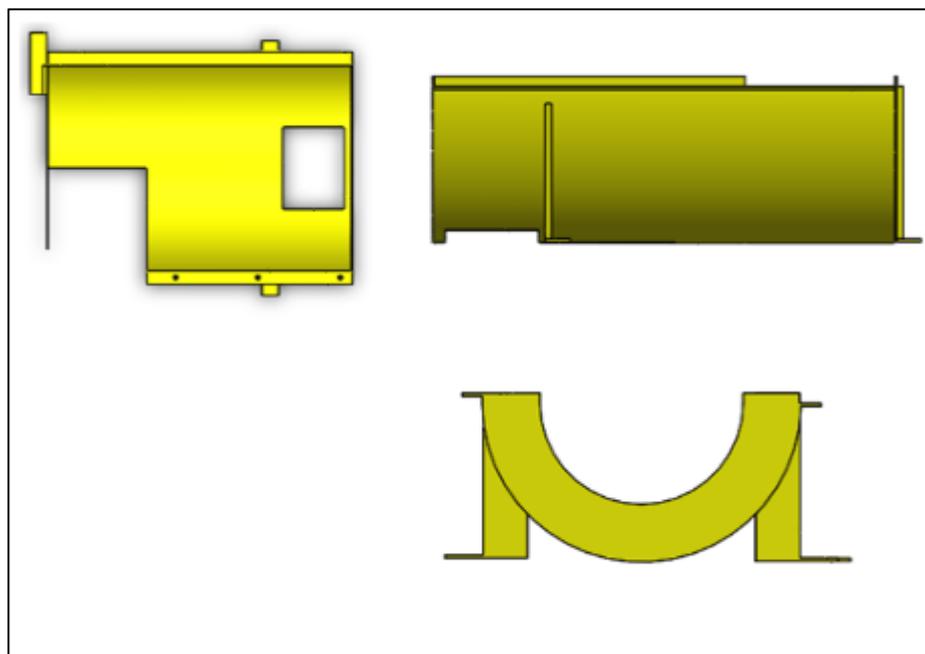


Figura 38 - Proteção inferior para o cilindro de moagem  
 Fonte: Pesquisa Direta (2019)

A terceira peça, a parte superior que cobre o cilindro de moagem e todo o perímetro superior do trabalho da correia até o motor, essa peça é basculada com a proteção inferior do cilindro de moagem, esse aspecto poderá ser visto melhor no projeto finalizado. A figura 39 mostra como ficou a proteção superior.

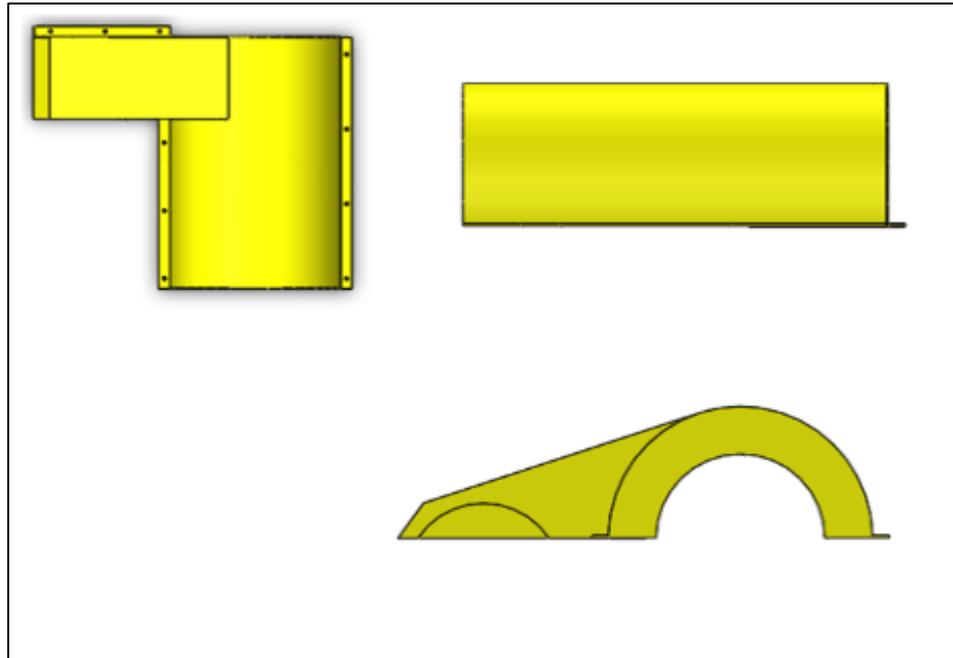


Figura 39 - Proteção superior do cilindro de moagem e transmissão por correia  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

#### 4.2.9.2 Projeto de Proteção Para Cilindros de Alimentação e Saída do Produto

Foi feito também uma proteção para a alimentação e a saída do moinho de bolas, tomando as dimensões possíveis para que não sobrepusesse os mancais de apoio. Na figura 40 é possível observar como ficou a proteção para o cilindro de alimentação do moinho.

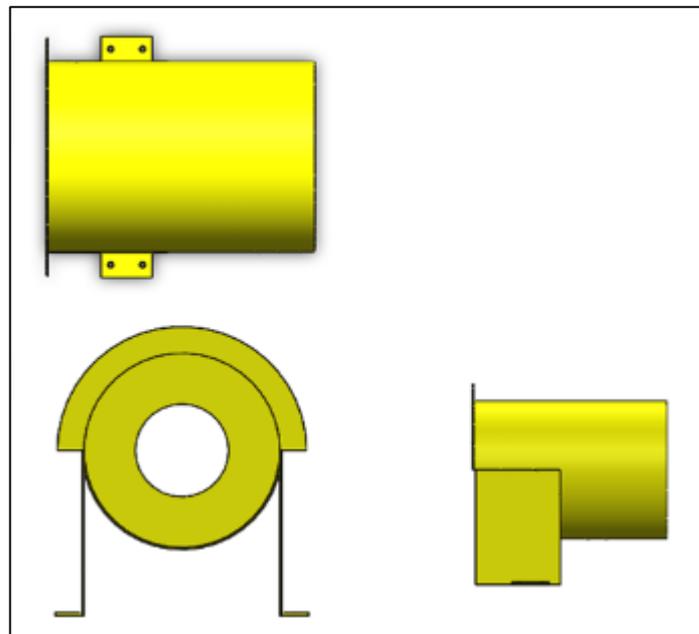


Figura 40 - Proteção para alimentação do moinho  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Similar à proteção para o cilindro de alimentação, na figura 41 é possível observar como ficou a proteção para o cilindro de saída do produto do moinho.

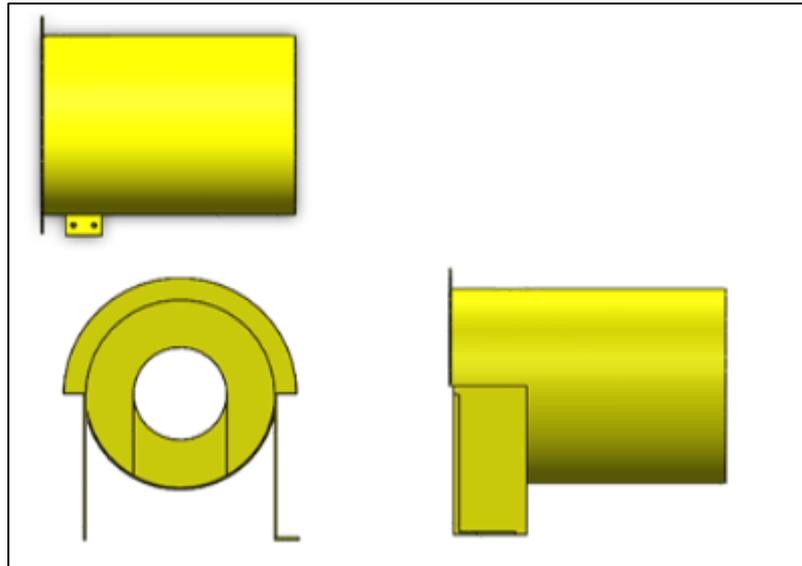


Figura 41 - Proteção para saída do produto do moinho  
 Fonte: Pesquisa direta (2019)

#### 4.2.10 Projeto do Moinho de Bolas Adequado à NR-12

Após a finalização de todas as peças, foi possível a montagem completa, juntando cada peça à estrutura do moinho de bolas feito inicialmente. Pode ser observado a estrutura inicialmente fechada na figura 42.

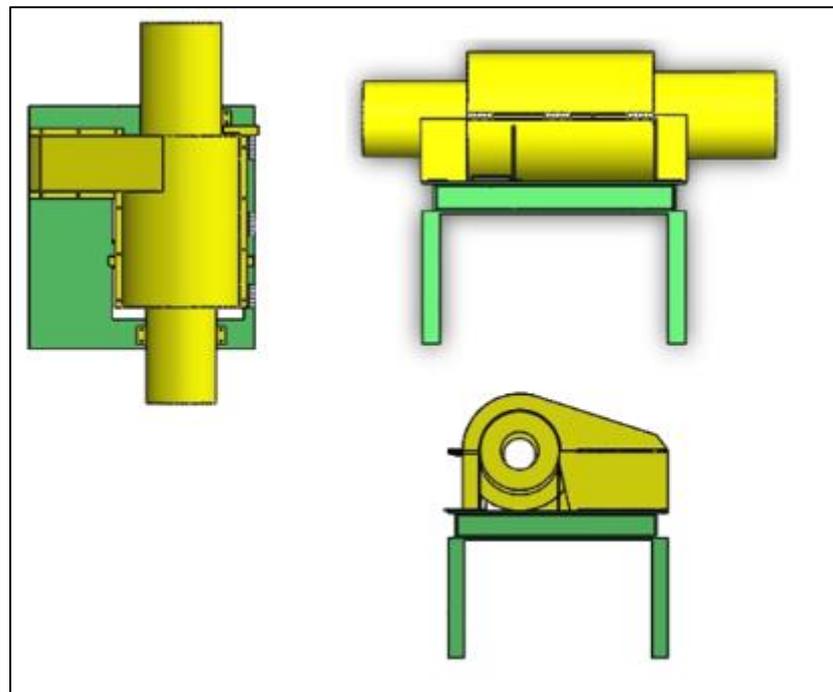


Figura 42 - Vista do projeto de adequação do moinho de bolas  
 Fonte: Pesquisa direta (2019)

Na figura 43 a proteção do moinho se encontra aberta com o sistema de basculamento visível.

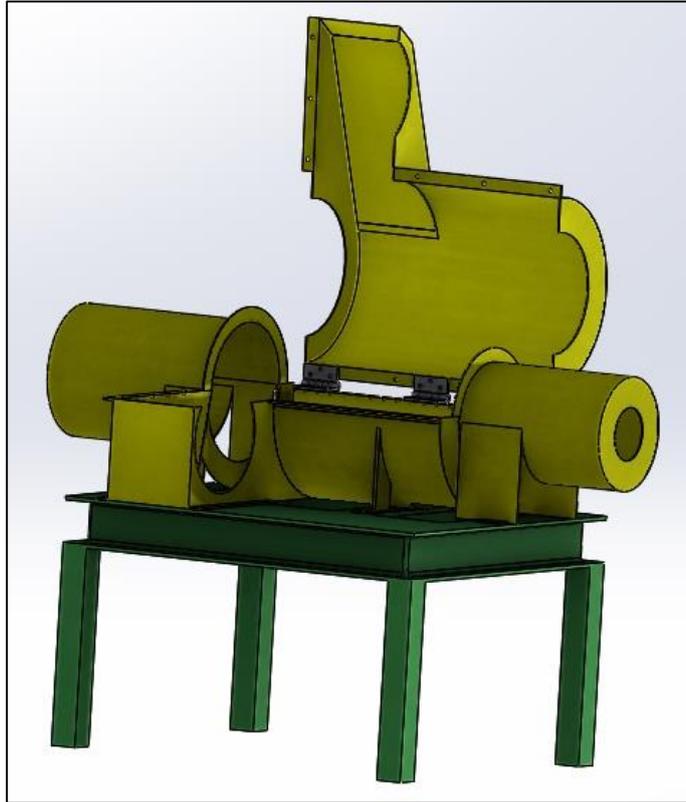


Figura 43 - Vista do projeto final com proteção aberta do moinho de bolas  
Fonte: Pesquisa direta (2019)

As vistas geradas após a finalização do projeto estão em anexo ao fim do presente trabalho para a melhor entendimento das medidas presentes.

Os riscos de enroscamento e fricção que antes podiam ser observados com as partes móveis do moinho de bolas expostas: pinos de sustentação de revestimento, transmissão por correia e cilindro de moagem, são minimizados uma vez que as novas proteções necessitam do auxílio de ferramentas para serem abertas e vedam todo o perímetro de trabalho.

Foi mantido a mesma seleção de material para as chapas de proteção do moinho de bolas, o aço SAE 1045, pela facilidade de acesso ao material pela empresa e o custo acessível. Baseado nas mesmas medidas utilizadas nas proteções do britador de mandíbulas, as chapas para o projeto do moinho de bolas contêm espessura de 3mm.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusão

É de obrigatoriedade que toda empresa esteja em adequação à NR-12, o descumprimento da norma pode resultar em notificação, autuação, interdição ou embargo de ambiente específico ou estabelecimento inteiro, em ações regressivas por parte do INSS. No entanto os dados apresentados no capítulo um pelo Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho são alarmantes em relação ao número de acidentes com máquinas ou equipamentos, o que comprova que muitas empresas negligenciam essa adequação.

Foi foco de estudo junto a uma empresa de pequeno porte, um britador de mandíbulas e um moinho de bolas que se encontravam inseguros.

A realização da adequação das máquinas segundo os requisitos da NR-12 foi feita em etapas, seguindo pelo levantamento de riscos e grau de urgência de adequação até a fase de projetos das peças.

O britador de mandíbulas estudado apresentava maior grau de urgência para adequação, já que estava em constante uso e apresentava maiores riscos eminentes aos operadores como: esmagamento, enroscamento, fricção, arremesso de partículas do minério. Então foram enumeradas 12 melhorias para minimização dos riscos após feita a análise do equipamento. Com o projeto feito no *software SolidWorks*, as novas proteções projetadas vedam todo o perímetro de trabalho do britador, não havendo partes móveis do equipamento expostas no projeto.

Após feita a análise de riscos do moinho de bolas, foram elaboradas 6 melhorias para a minimização dos riscos de enroscamento e fricção presentes com as partes móveis do moinho expostas. Também feito o projeto das novas proteções para o moinho de bolas no *software SolidWorks*, as mesmas vedam todo o perímetro de trabalho do moinho, não havendo partes móveis do equipamento expostas no projeto.

Com a finalização do projeto no *software* de modelagem 3D SolidWorks, observou-se um resultado satisfatório o isolamento das partes móveis expostas nos projetos do britador de mandíbulas e do moinho de bolas. Assim foi possível suprir todas as necessidades listadas durante a análise dos equipamentos e concluir que há uma redução efetiva dos riscos apresentados anteriormente.

Em contrapartida, faltam elementos que são necessários ao projeto para eliminação dos riscos, como dispositivos de intertravamento nas tampas e quadro de comando para cada equipamento, visto que mesmo com o isolamento das partes móveis expostas não é possível garantir que o trabalhador vá seguir as recomendações e não as burlar operando a máquina de forma incorreta.

## **5.2 Recomendações**

A partir do estudo realizado para a elaboração desse projeto, foram identificados alguns pontos que podem ser abordados para aprimorar a aplicação desse projeto quanto à adequação das máquinas estudadas, são eles:

- Estudo com adequação de normas regulamentadoras e técnicas que acompanham a NR-12, como por exemplo (NR-10, NR-26, ABNT NBR 12100, ABNT NBR ISO 13852:2003);
- Estudo de implantação de quadro de comando próprio para cada máquina analisada afim de facilitar o manuseio e a segurança;
- Estudo de elaboração de um manual de instruções de cada máquina em questão.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT NBR ISO 12100 - Norma Técnica – **Segurança de Máquinas - Princípios Gerais de Projeto – Apreciação e Redução de Riscos**, 2013.

ABNT NBR 14153 – Norma Técnica – **Segurança de Máquinas – Partes de Sistema de Comando Relacionados à Segurança – Princípios Gerais Para Projeto**, 2013.

ABNT NBR NM 272 – Norma Técnica – **Requisitos Gerais para Projeto e Construção de Proteções Fixas e Móveis**, 2002.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: Conceitos e Técnicas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CHAVES, A. P.; PERES, A. E. C. **Teoria e prática do tratamento de minérios: Britagem, Peneiramento e Moagem**, volume 3, 2012, Signus, São Paulo.

CIESIELSKI, Joao Vitor Rosset. **Aplicação da NR-12 em Prensas de Pequeno Porte Para Prensar Blocos e Tijolos Ecológicos**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013, Curitiba – PR

CORRÊA, M. U. **Sistematização e Aplicações da NR-12 na Segurança em Máquinas e Equipamentos**, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, p. 17-18, 2011, Ijuí – RS.

GRESSLER, Lori Alice. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. São Paulo: Loyola, 2004.

KUERTEN, Ariane Salvador. **Estudo de Caso: Adequação de um britador de mandíbulas para atendimento da NR-12**, Universidade do Sul de Santa Catarina, 2018, Tubarão – SC

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade: As sete ferramentas da qualidade, Análise e solução de problemas**, Jit, Kaisen, Housekeeping, Kanban, Femea, Reengenharia. 1 ed. São Paulo: Érica, 2010.

MENDES, R. **Máquinas e Acidentes de Trabalho**. Brasília: MTE/SIT; MPAS, 2001. Coleção Previdência Social; v. 13.

METSO. 2010. **Basics in Minerals Processing**, 11 ed. 2018. Disponível em: <<https://www.metso.com/contentassets/0efc5d1a7c5a4357baecc5e990dc1fe7/basics-in-mineral-processing-handbook-18-lr.pdf>>. Acessado em 20 nov. 2019

METSO. **Britadores de mandíbula**, 2019. Disponível em: <<https://www.metso.com/br/produtos/britadores/britadores-de-mandibula/>>. Acessado em: 20 nov. 2019

METSO. **Britador de Mandíbulas Série C - Terminologias**, 2010. Disponível em: <[https://www.metso.com/globalassets/saleshub/documents---episerver/service-tips-construcao\\_britadores-de-mandibulas.pdf](https://www.metso.com/globalassets/saleshub/documents---episerver/service-tips-construcao_britadores-de-mandibulas.pdf)>. Acessado em 20 nov. 2019

NR 12 – **Norma Regulamentadora – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**.

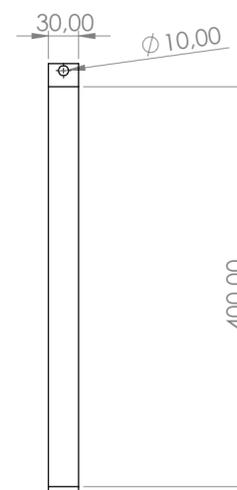
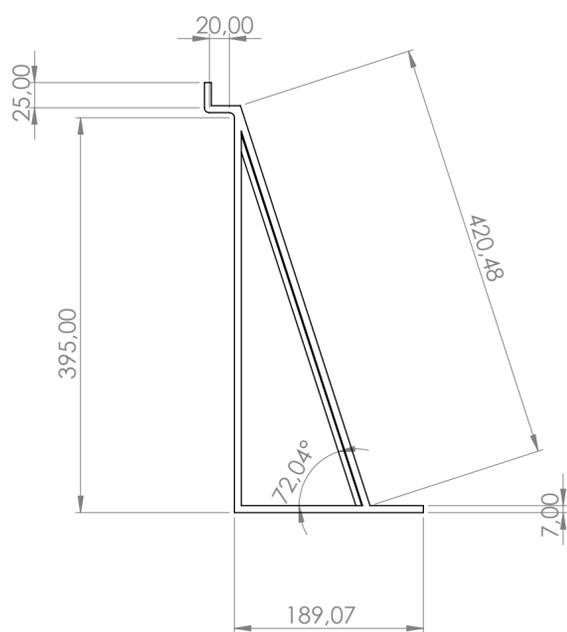
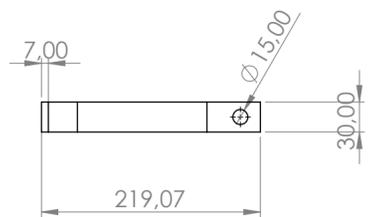
VALÉRIO, R. C.; BRITO, J. N.; SOUZA, G. R. **Geração Automática de Desenhos na Plataforma CAD Solid Works a Partir de Células Paramétricas Desenvolvidas em Ambiente Visual Basic**, Universidade Federal de São João del-Rei, 2010, São João del-Rei - MG

WILLS, Barry A. e NAPIER-MUNN, Tim. 2006. **Mineral Processing Technology - An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery**. Burlington: Elsevier, 2006.

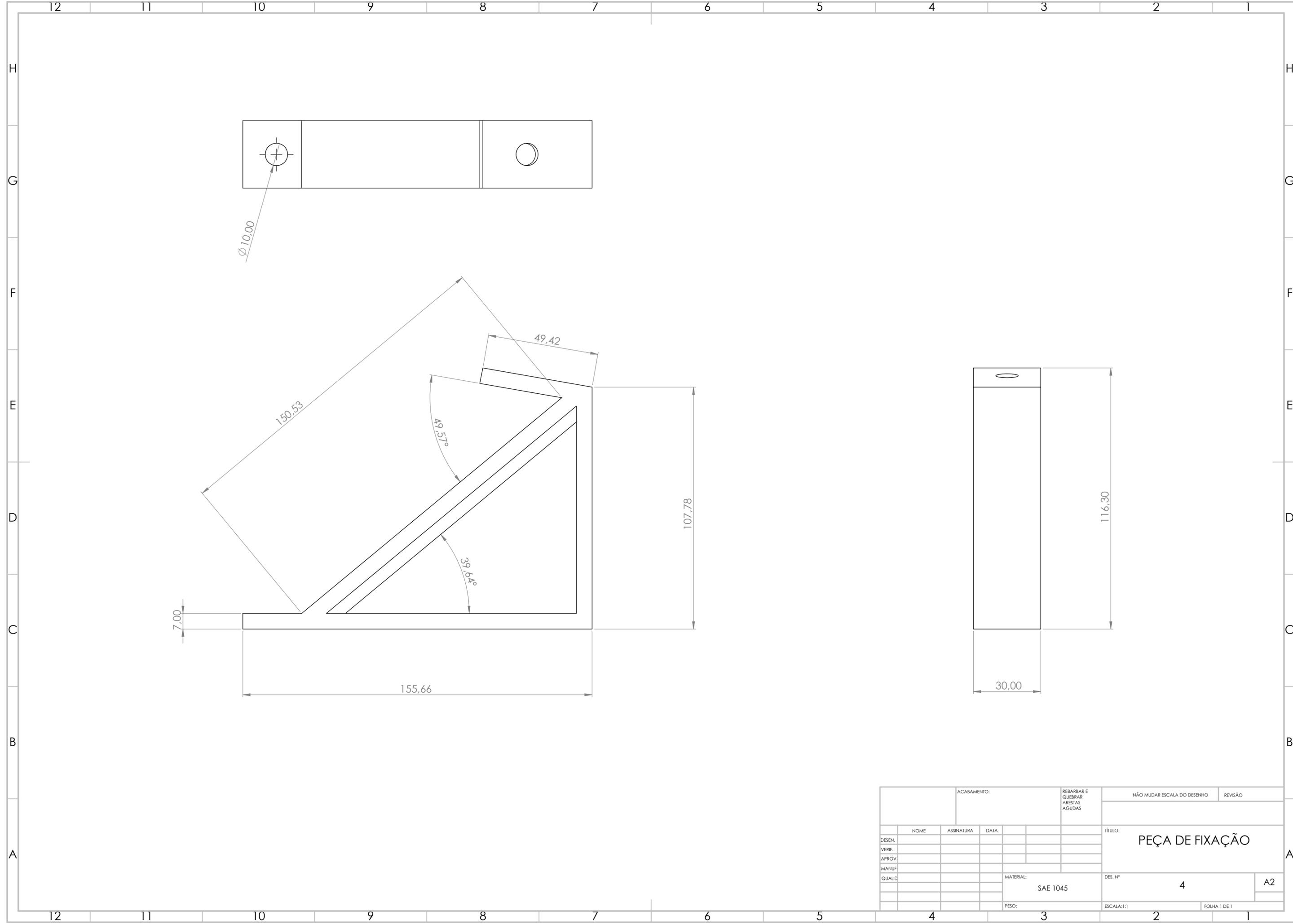
**ANEXO**





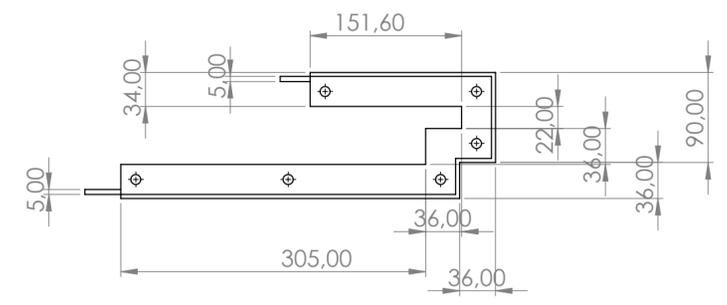
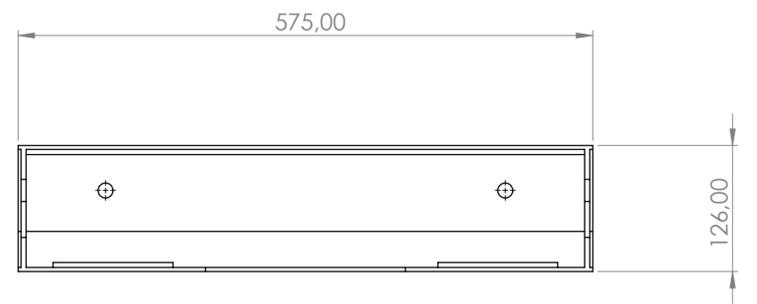
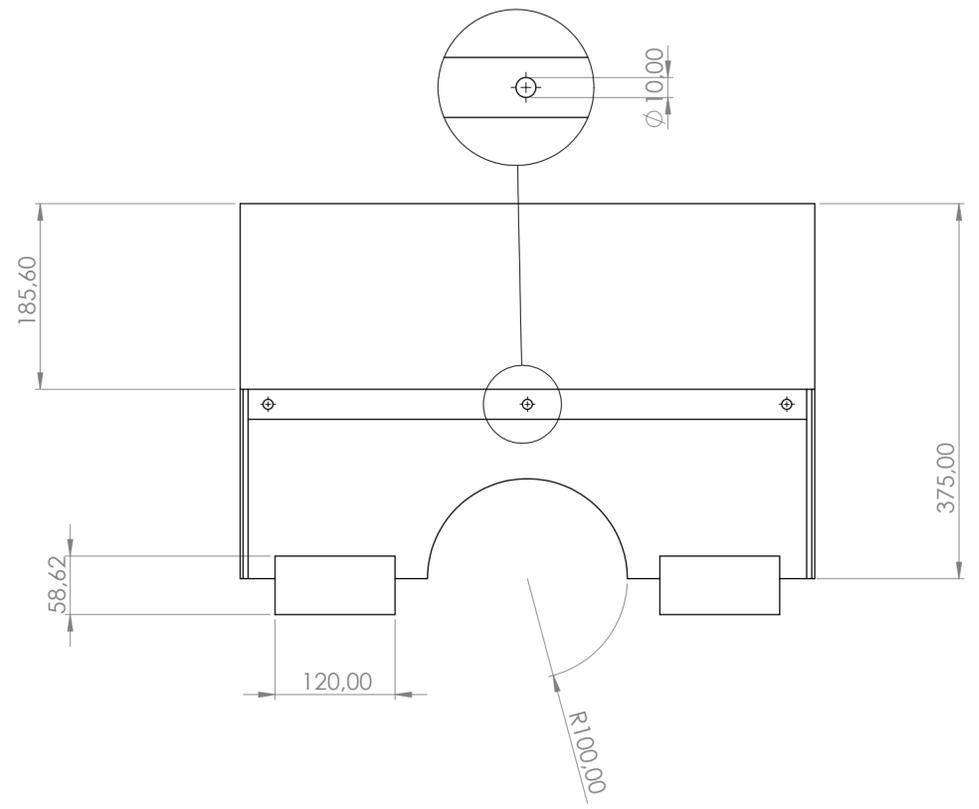


		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
						TÍTULO: <b>PEÇA DE FIXAÇÃO</b>			
DESEN.	NOME	ASSINATURA	DATA			DES. Nº		A2	
VERIF.						3			
APROV.						MATERIAL:			
MANUF.						SAE 1045			
QUALID.						PESO:			
						ESCALA:1:2		FOLHA 1 DE 1	

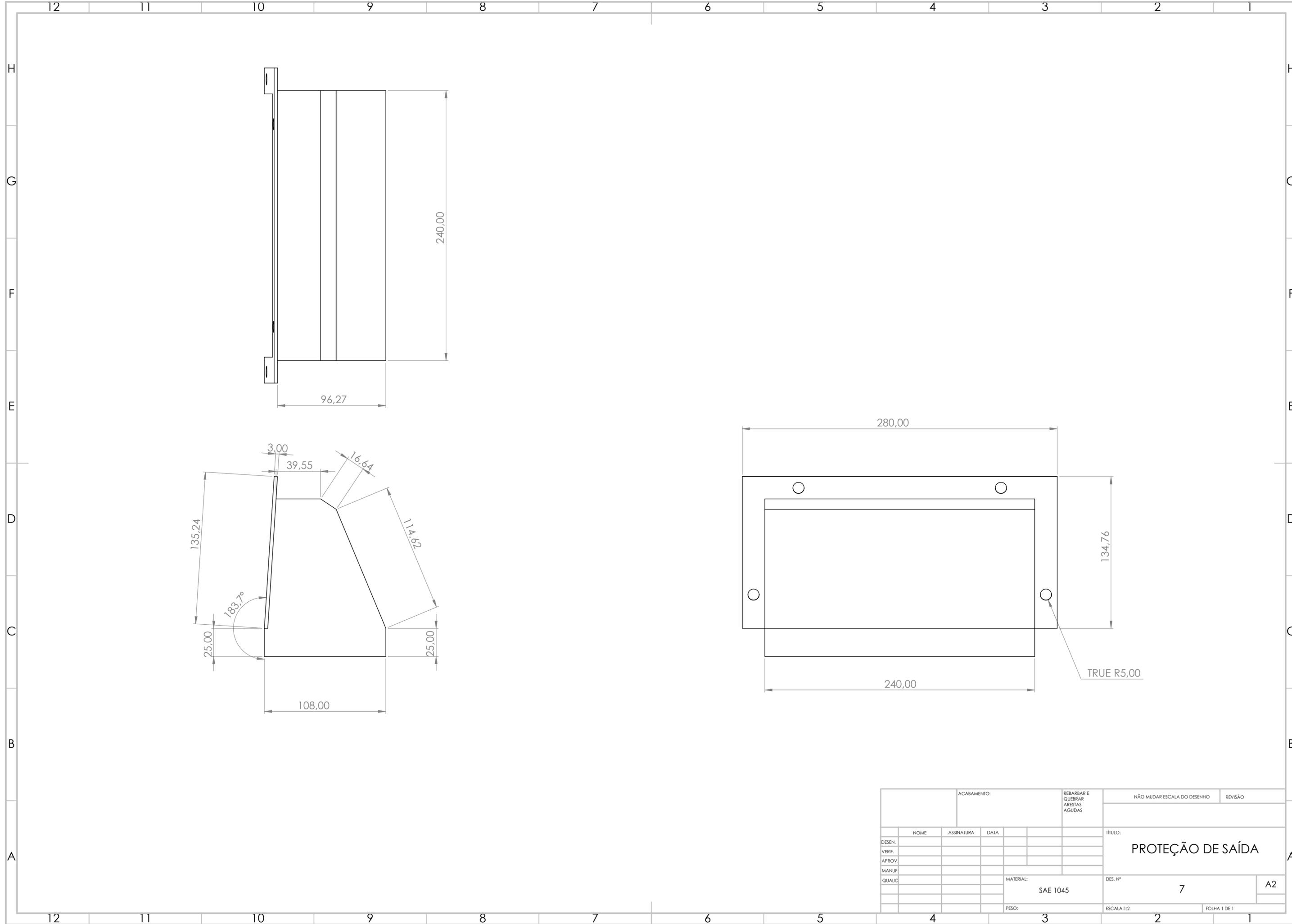


		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
						TÍTULO: PEÇA DE FIXAÇÃO			
DESEN.	NOME	ASSINATURA	DATA			DES. Nº		4	
VERIF.						MATERIAL:		SAE 1045	
APROV.						PESO:		ESCALA:1:1	
MANUF.								FOLHA 1 DE 1	
QUALID.								A2	

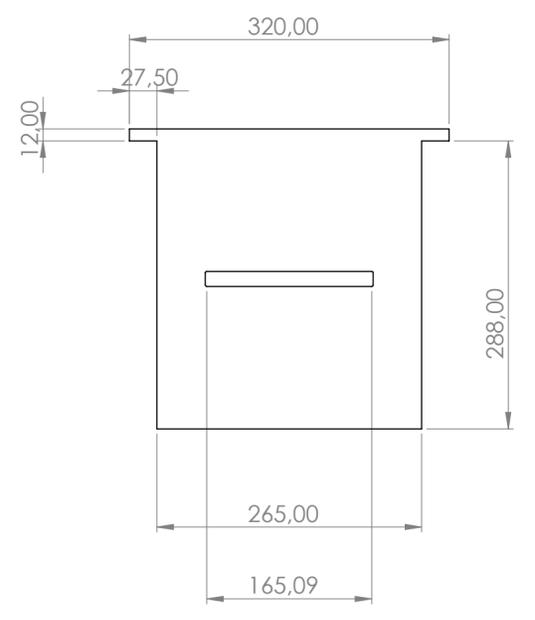
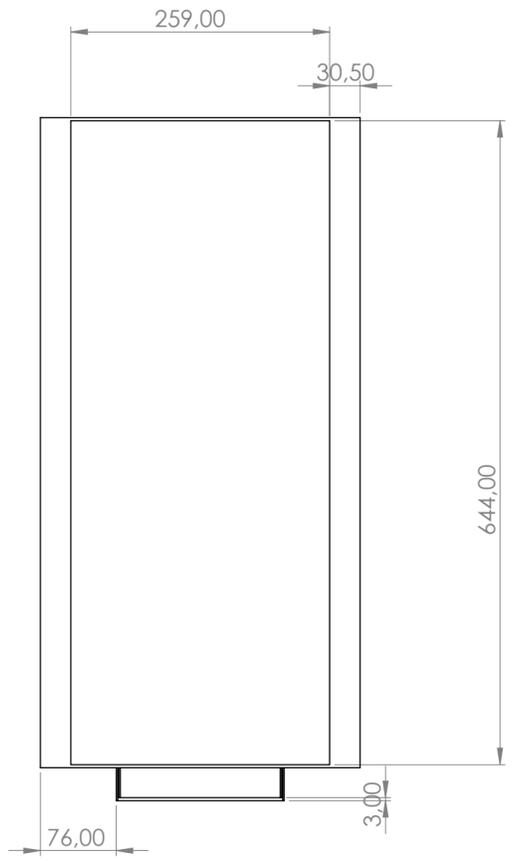
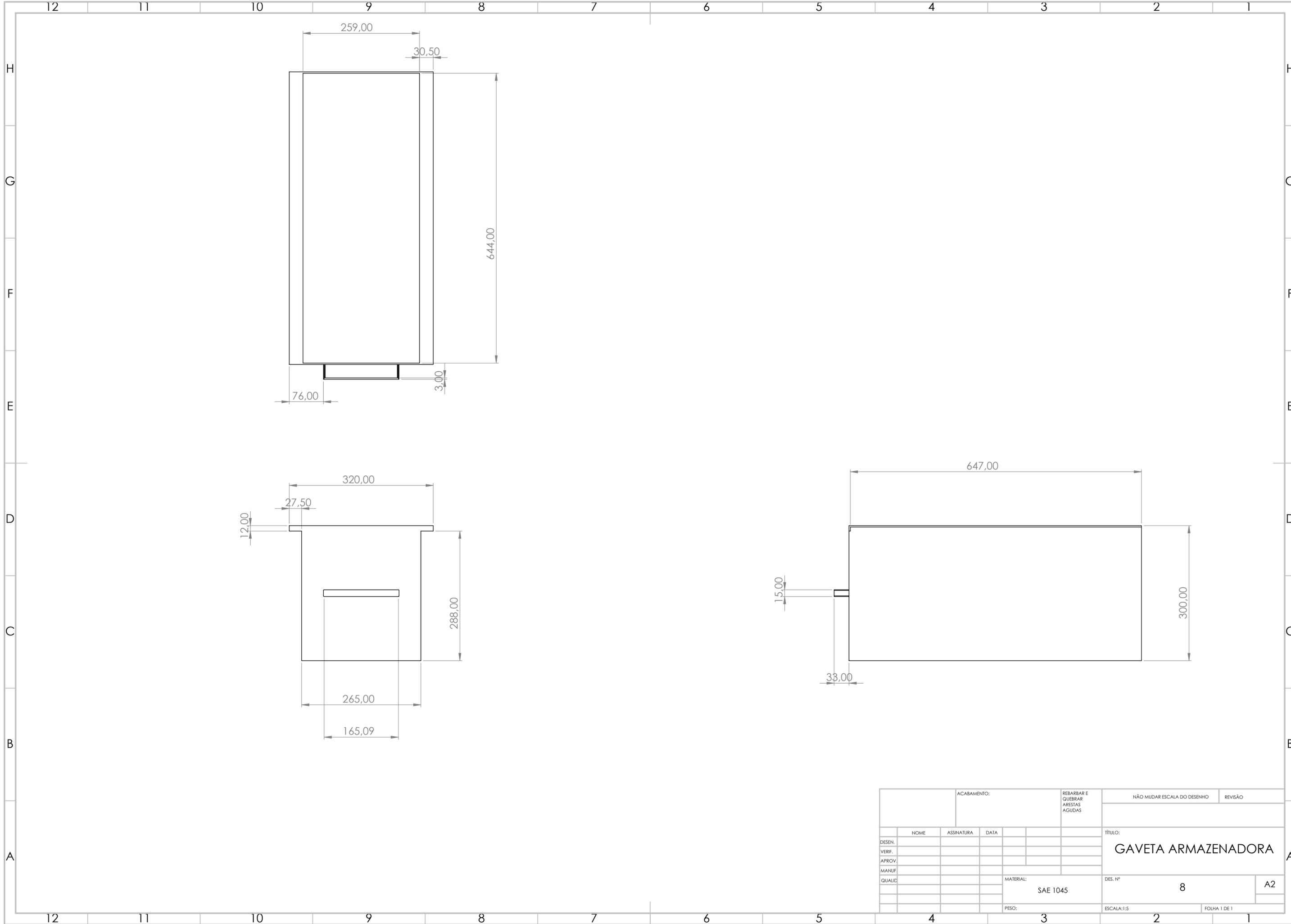




ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
DESEN.		NOME		ASSINATURA		DATA	
VERIF.		APROV.		MANUF.		QUALID.	
MATERIAL:		SAE 1045		DES. Nº		6	
PESO:		ESCALA: 1:5		FOLHA 1 DE 1		A2	
TÍTULO: <b>PROTEÇÃO INF. ROTOR DE INÉRCIA</b>							



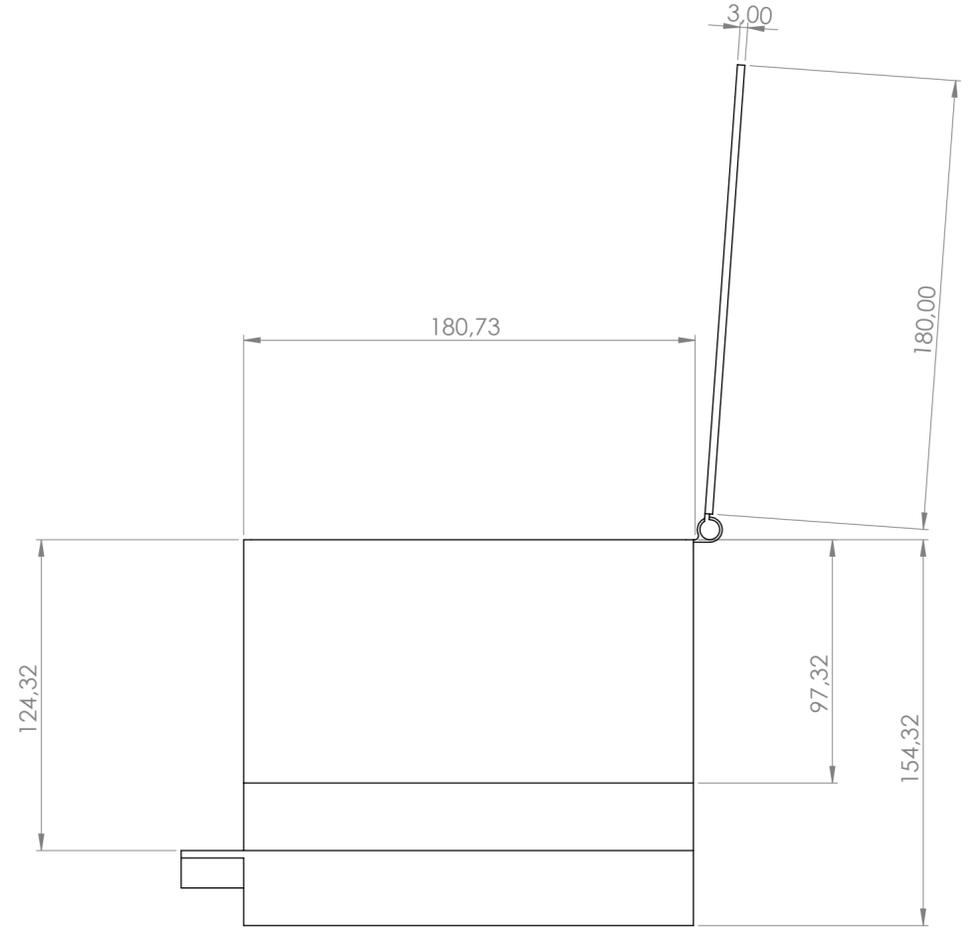
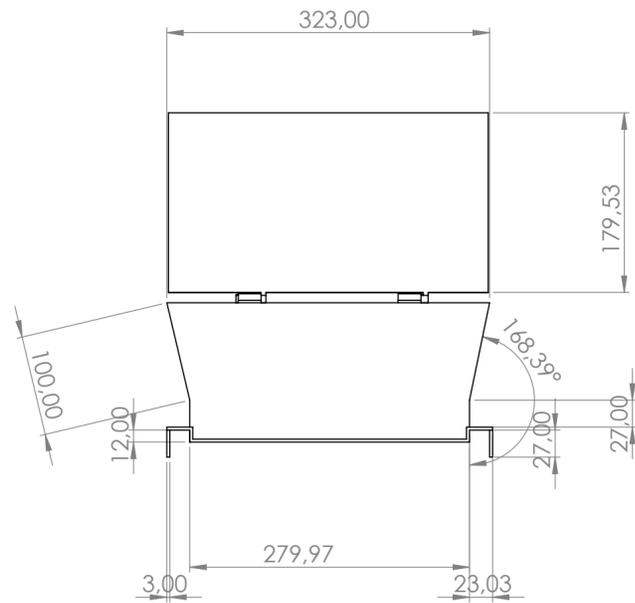
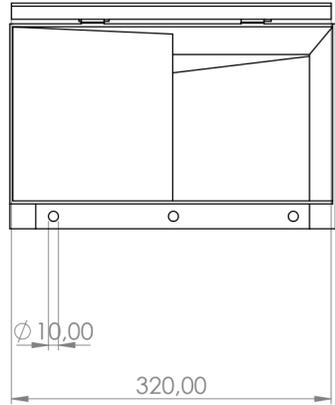
		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
								TÍTULO:	
								PROTEÇÃO DE SAÍDA	
								DES. Nº	
						SAE 1045		7	
								A2	
						PESO:		ESCALA:1:2	
								FOLHA 1 DE 1	



		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
						TÍTULO: <b>GAVETA ARMAZENADORA</b>			
DESEN.	NOME	ASSINATURA	DATA			DES. Nº		A2	
VERIF.						8			
APROV.						MATERIAL:			
MANUF.						SAE 1045			
QUALID.						PESO:			
						ESCALA: 1:5		FOLHA 1 DE 1	

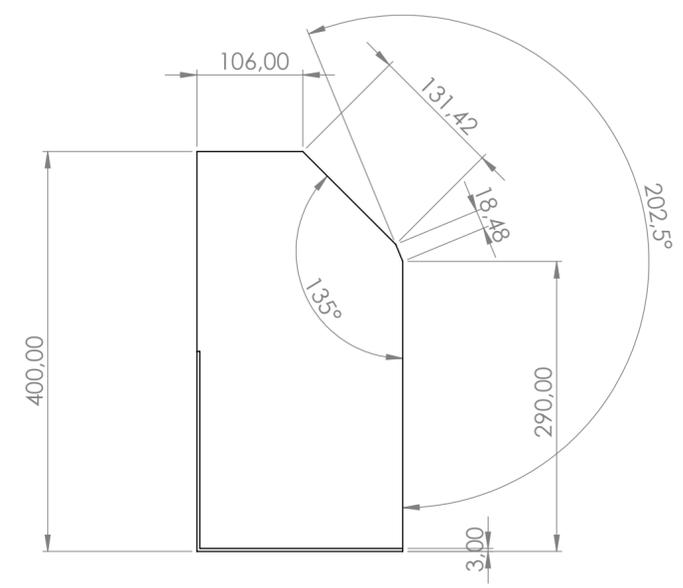
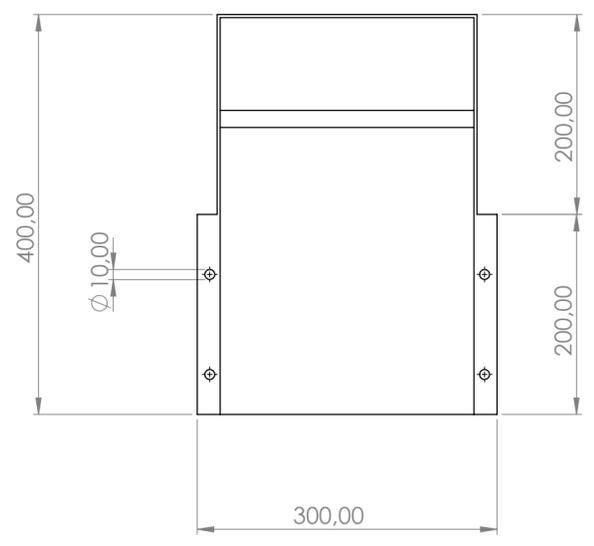
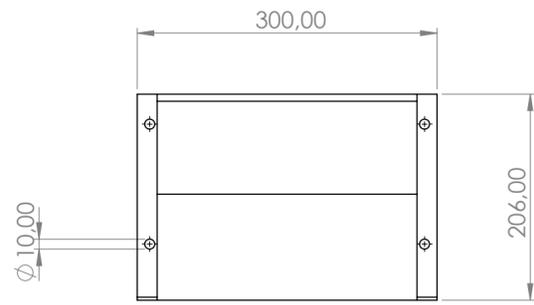
12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

H  
G  
F  
E  
D  
C  
B  
A



		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
								TÍTULO:	
								PROTEÇÃO PARA MANDÍBULA	
								DES. Nº	
								9	
								A2	
								ESCALA: 1:5	
								FOLHA 1 DE 1	

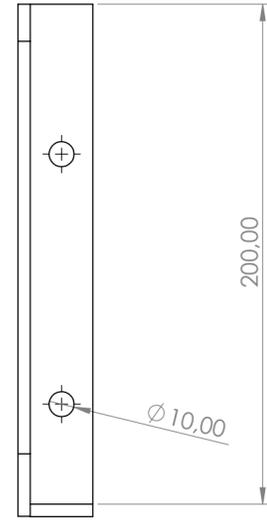
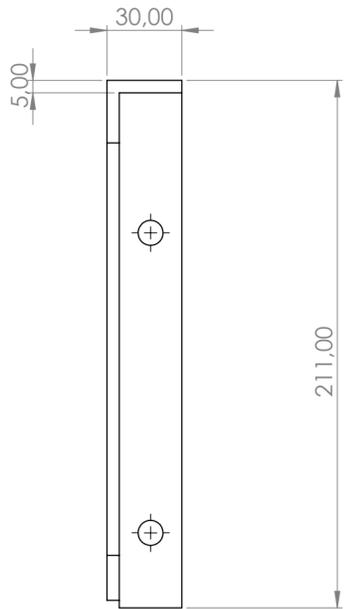
12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



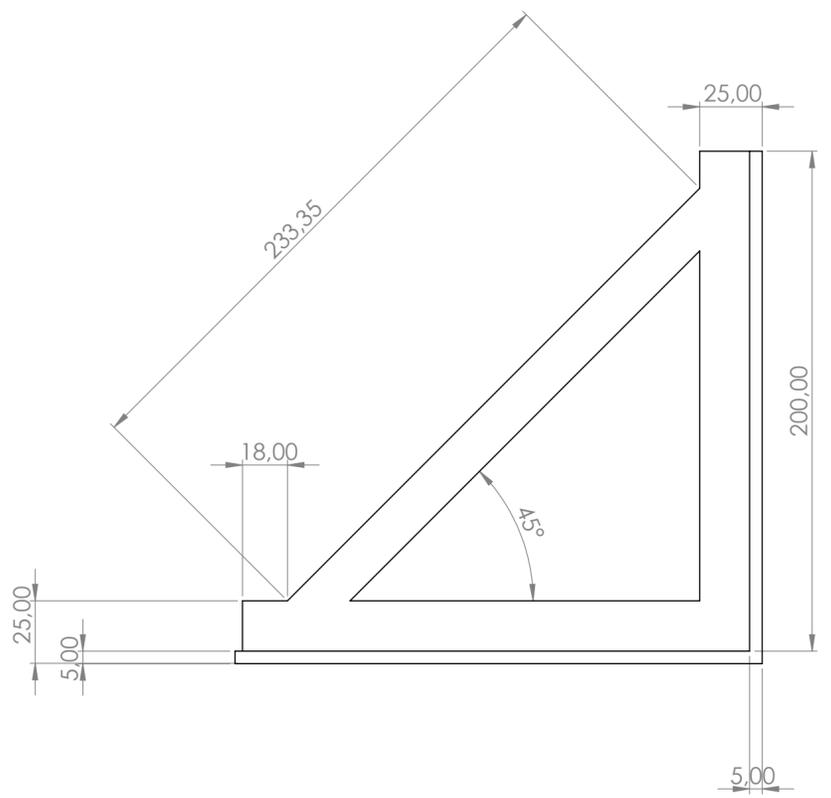
ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO:	
DESEN.		APROV.		MANUF.		PROTEÇÃO PARA MOLA	
VERIF.		QUALID.		MATERIAL:		DES. Nº	
				SAE 1045		10	
				PESO:		ESCALA: 1:5	
						FOLHA 1 DE 1	
						A2	

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

H  
G  
F  
E  
D  
C  
B  
A

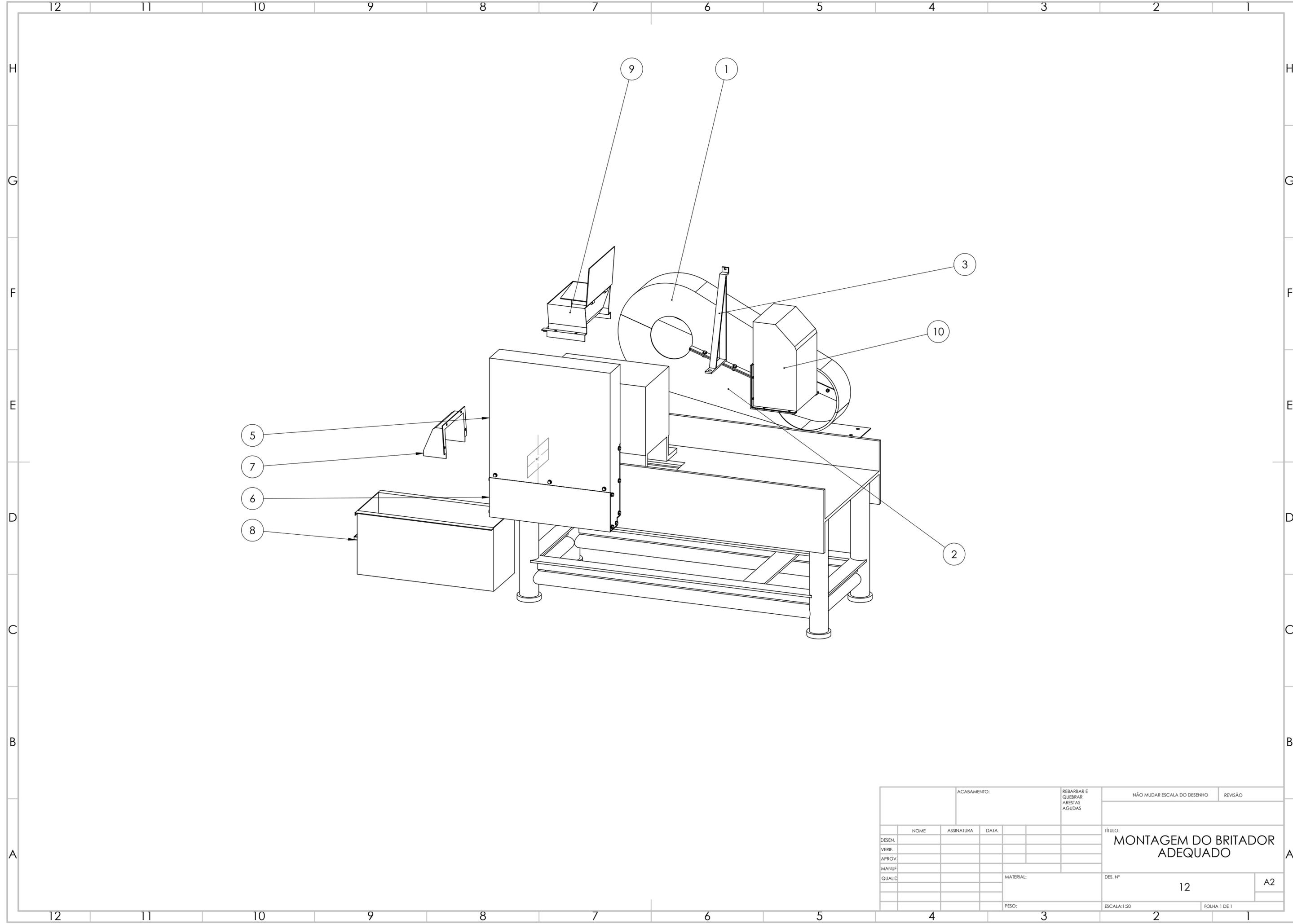


OBSERVAÇÃO: DUAS PEÇAS DE FIXAÇÃO PARA MOLLA DE DIMENSÕES IGUAIS E ÉSPELHADAS

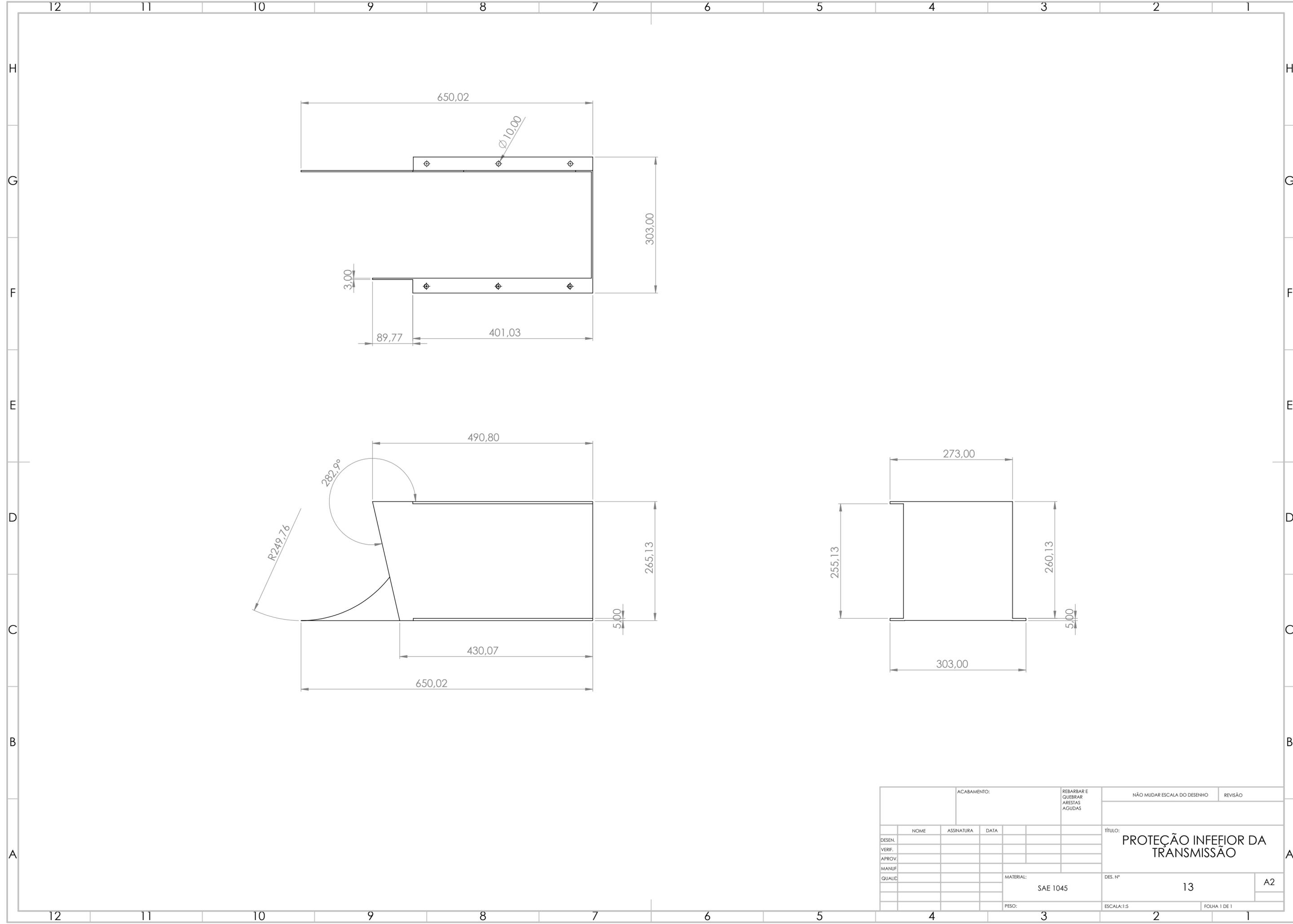


ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
DESEN.	NOME	ASSINATURA	DATA	TÍTULO: PEÇA DE FIXAÇÃO PARA MOLLA		
VERIF.				DES. Nº 11		
APROV.				MATERIAL: SAE 1045		A2
MANUF.				ESCALA:1:2		
QUALID.				PESO:		
				FOLHA 1 DE 1		

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

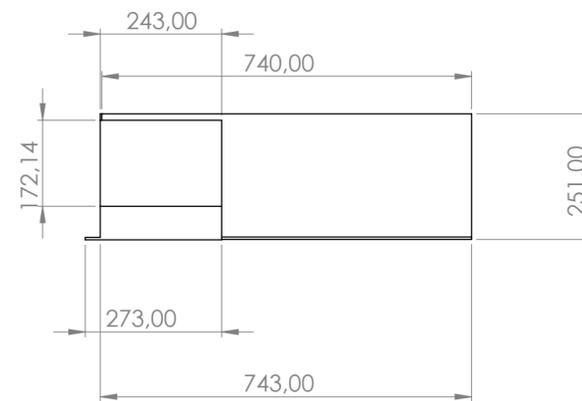
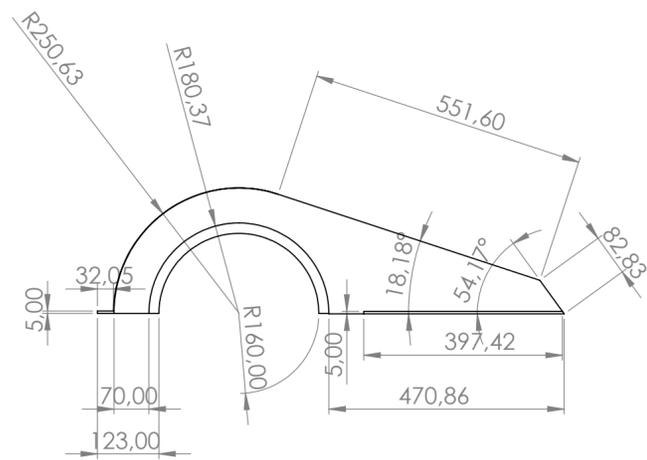
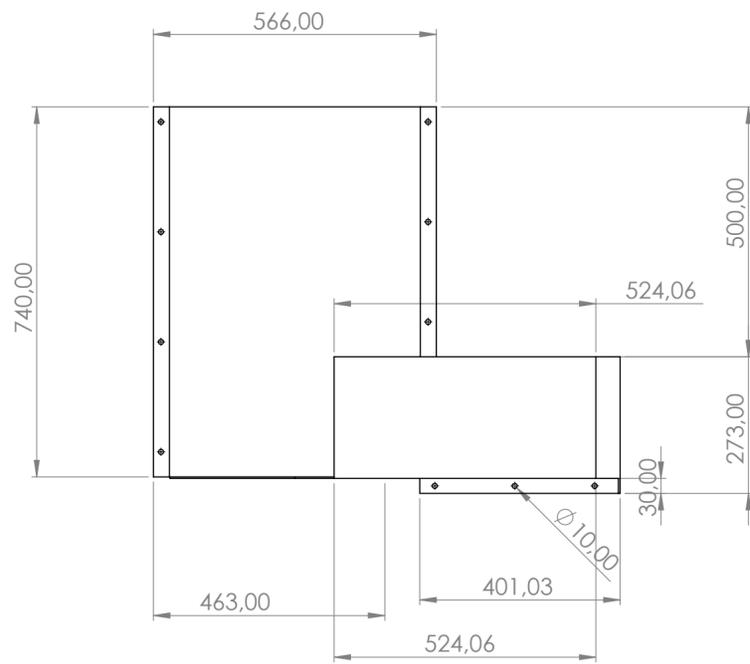


ACABAMENTO:			REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
DESEN.			NOME		ASSINATURA		DATA	
VERIF.			TÍTULO:		MONTAGEM DO BRITADOR ADEQUADO			
APROV.			DES. Nº		12		A2	
MANUF.			MATERIAL:					
QUALID.			PESO:		ESCALA:1:20			
			FOLHA 1 DE 1					

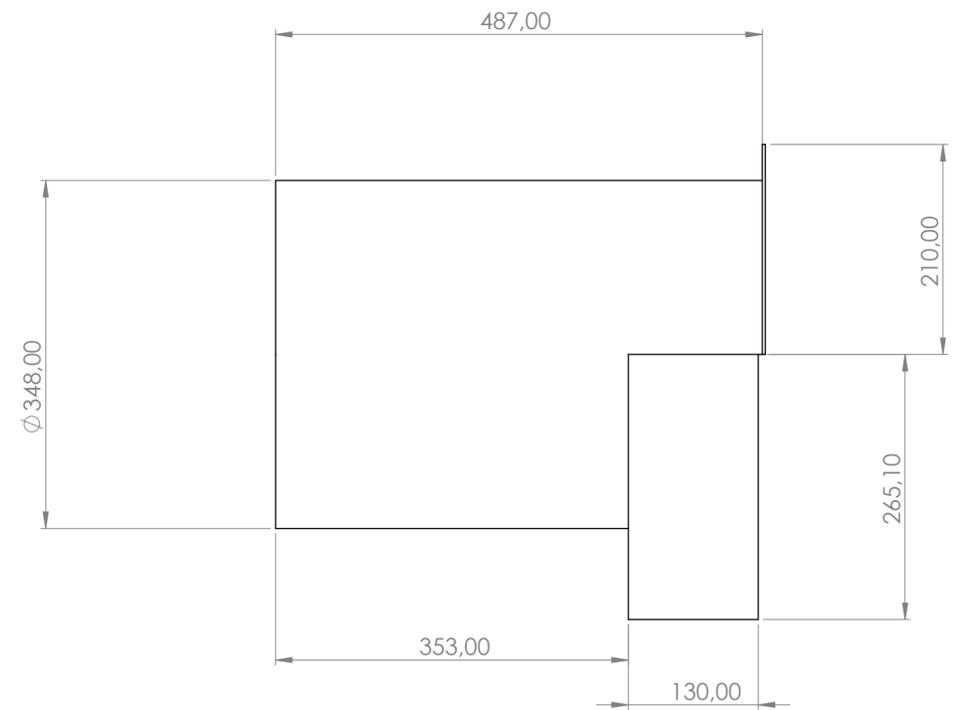
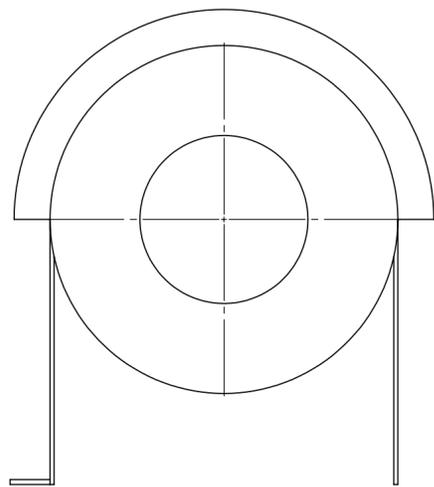
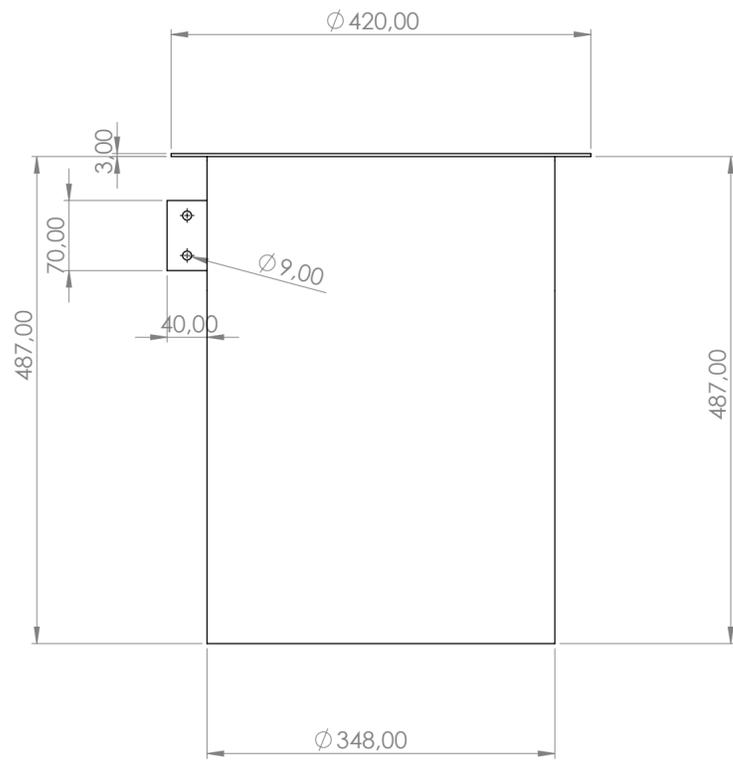


		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
								TÍTULO:	
								PROTEÇÃO INFERIOR DA TRANSMISSÃO	
								DES. Nº	
								13	
								A2	
								ESCALA: 1:5	
								FOLHA 1 DE 1	

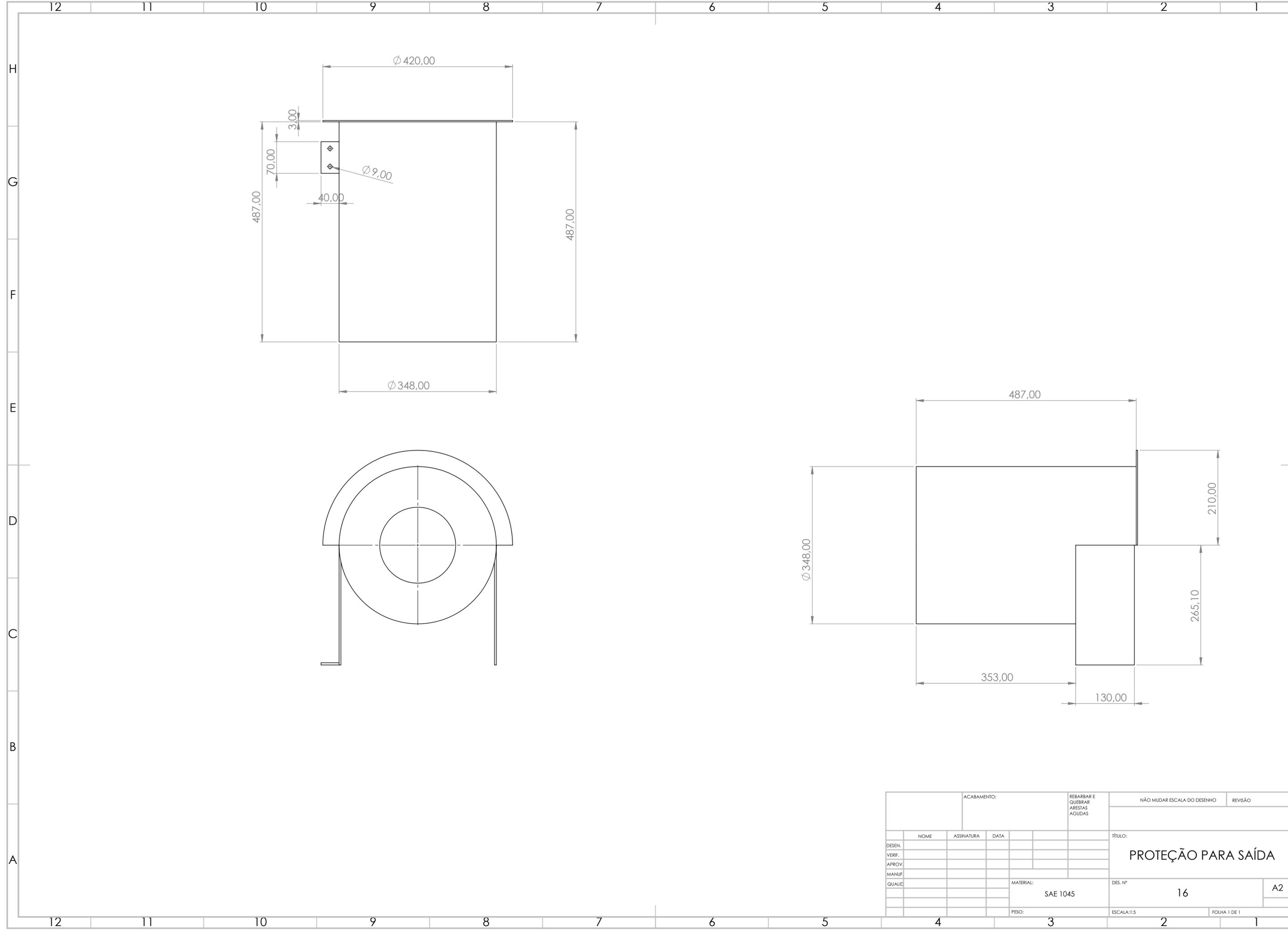


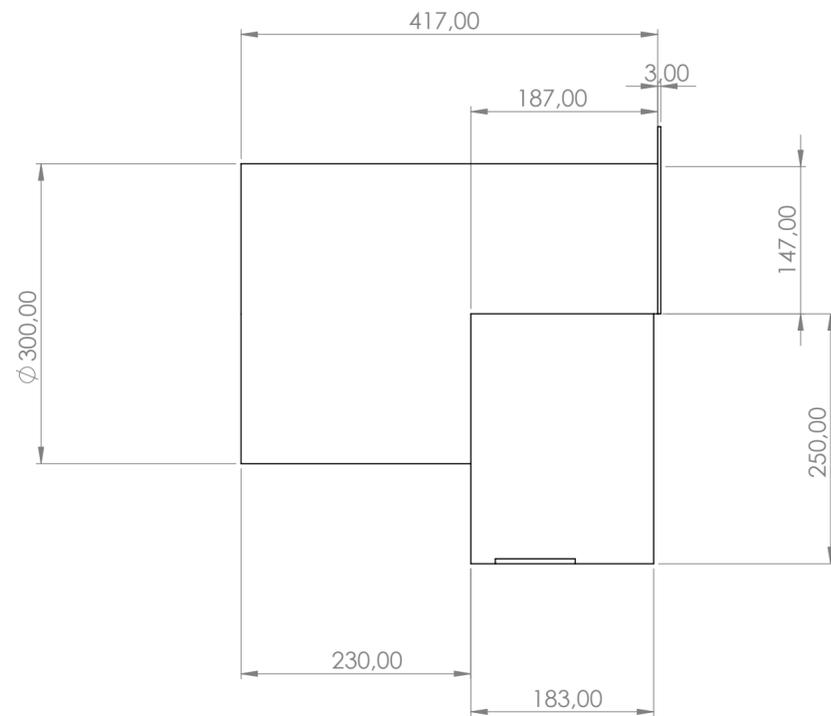
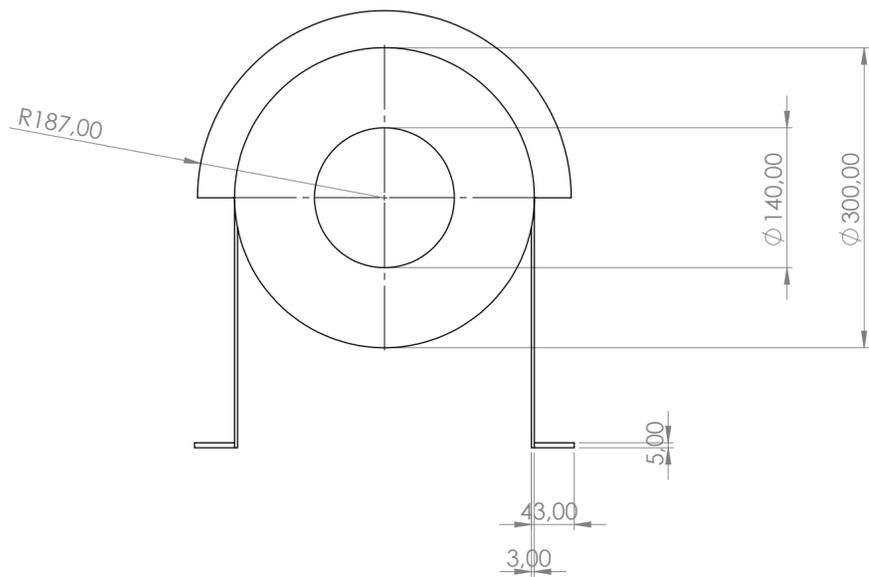
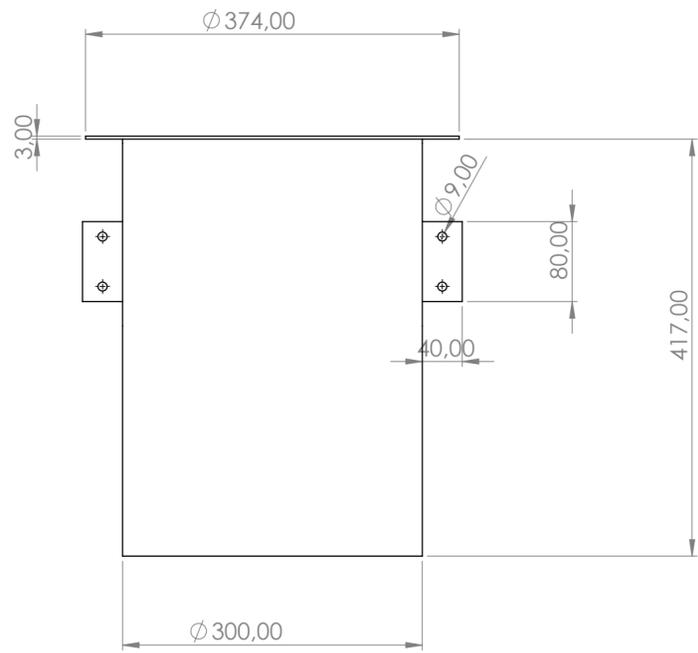


		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
						TÍTULO:		PROTEÇÃO DUP PARA CILINDRO DE MOAGEM	
DESEN.	NOME	ASSINATURA	DATA			DES. Nº		15	
VERIF.						MATERIAL:		SAE 1045	
APROV.						PESO:		ESCALA: 1:10	
MANUF.								FOLHA 1 DE 1	
QUALID.								A2	



		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
						TÍTULO:			
						PROTEÇÃO PARA SAÍDA			
				MATERIAL:		DES. Nº		A2	
				SAE 1045		16			
				PESO:		ESCALA:1:5		FOLHA 1 DE 1	





		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
						TÍTULO:		PROTEÇÃO PARA ALIMENTAÇÃO	
DESEN.	NOME	ASSINATURA	DATA				DES. Nº	17	A2
VERIF.									
APROV.									
MANUF.									
QUALID.						MATERIAL:	SAE 1045		
						PESO:			
							ESCALA: 1:5	FOLHA 1 DE 1	

