

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA

ENGENHARIA MECÂNICA

MATHEUS SILVA FORBECK

**PROPOSTA DE UM EQUIPAMENTO PARA DESCARGA DE MERCADORIAS EM
CAMINHÕES BAÚ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2017

MATHEUS SILVA FORBECK

**PROPOSTA DE UM EQUIPAMENTO PARA DESCARGA DE MERCADORIAS EM
CAMINHÕES BAÚ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Robson Gonçalves Trentin

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Mandello

PATO BRANCO

2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

Proposta de um Equipamento para Descarga de Mercadorias em Caminhões Baú

Matheus Silva Forbeck

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 09/06/2017 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Dr. Diego Rossetto
(Depto. Engenharia Mecânica – UTFPR-PB)

Prof. Dr. Sérgio Ribas Pessa
(Depto. Engenharia Mecânica – UTFPR-PB)

Prof. Dr. Robson Gonçalves Trentin
(Depto. Engenharia Mecânica – UTFPR-PB)
Orientador

Prof. Dr. Bruno Bellini Medeiros
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

RESUMO

FORBECK, Matheus Silva. Proposta de um Equipamento para Descarga de Mercadorias em Caminhões Baú. 2017.100 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Lesões e doenças do trabalho relacionadas ao manuseio frequente de materiais pesados ou mesmo devido ao esforço repetitivo podem ser evitadas ou reduzidas quando se utiliza um equipamento mecânico e que venha a trazer facilidade e conforto para o ser humano. Acrescentado ainda a necessidade de agilidade no ato de descarregar mercadorias sem danificá-las, a grande procura por reduzir custos e assim elevar os lucros das empresas, descreve com grande aproximação a realidade das transportadoras de cargas. São esses os motivos que levou a elaboração deste trabalho. Para tanto, foi proposto um equipamento com o principal objetivo satisfazer a necessidade de descarregar as mercadorias de caminhões baú de forma simples, com baixo custo de manutenção, comparados com outros equipamentos já existentes no mercado, e que realizam semelhante função, seja fácil e seguro de operar. Foi proposto um equipamento embasado num estudo e comparação entre equipamentos existentes, utilizados como inspiração para o desenvolvimento de um conceito. Para complementar foi apresentado algumas alternativas mecânicas e suas definições no desenvolvimento teórico deste trabalho. Quanto ao dimensionamento dos componentes mecânicos, foi utilizado o critério de von Mises no projeto onde foi considerada carga estática. Com uma massa total do equipamento de 59,188 kg, ocupando um volume interno do baú de 1,31m³, uma área utilizada para este equipamento no interior do baú de 0,437m², utilizado 95 conjuntos de roletes com massa de 0,249 kg cada, acredita-se ter alcançado o objetivo inicial de um equipamento simples e de baixo custo, referente à sua manutenção e fabricação. Assim pode-se alcançar uma redução de despesas com mercadorias danificadas, com consequências na saúde dos operadores e aumentando a agilidade no ato de descarregar mercadorias do caminhão, possibilitando assim um aumento no lucro das empresas transportadoras.

Palavra chave: equipamento, redução de custos, fabricação e manutenção.

ABSTRACT

FORBECK, Matheus Silva. Proposal for an Equipment for Discharge of Goods in Trucks. 2017. 100 pages. Mechanical Engineering Undergraduate Thesis, Federal Technological University of Parana. Pato Branco, 2017.

Work injuries and illnesses related to the frequent handling of heavy materials or even due to repetitive effort can be avoided or reduced when using mechanical equipment that will bring ease and comfort to the human being. In addition, the need for agility in unloading goods without damaging them, the great demand to reduce costs and thus increase the profits of companies, describes with great approximation the reality of freight carriers. These are the reasons that led to the elaboration of this work. To this end, it was proposed an equipment with the main purpose of satisfying the need to unload the goods of trunk trucks in a simple way, with low maintenance costs, compared to other equipments already existing in the market and that perform similar function, that is easy and Insurance to operate. It was proposed an equipment based on a study and comparison between existing equipment, used as inspiration for the development of a concept. In addition, some mechanical alternatives and their definitions were presented in the theoretical development of this work. As for the mechanical components design, the von Misses criterion was used in the design where static load was considered. With a total mass of the equipment of 59,188 kg, occupying an internal volume of the chest of 1,31m³, an area used for this equipment inside the chest of 0,437m², used 95 sets of rollers with mass of 0,249 kg each, it is believed Have achieved the initial objective of a simple and low cost equipment, regarding its maintenance and manufacturing. In this way, a reduction of expenses with damaged goods can be achieved, with consequences on the health of the operators and increasing the agility in the discharge of goods from the truck, thus allowing an increase in the profit of the transport companies.

Keyword: equipment, cost reduction, manufacturing and maintenance.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVO GERAL	10
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 POLIAS MÓVEIS E CABOS.....	11
2.2 PARAFUSOS SEM-FIM	13
2.3 TRANSMISSÃO POR ENGRENAGENS SIMPLES EM SÉRIE	14
2.4 TRANSMISSÃO COMPOSTA DE ENGRENAGENS	15
2.5 MECANISMO DE QUADRO BARRAS	16
2.6 RELAÇÃO FORÇA E MOVIMENTO NA PRESENÇA DE ATRITO.....	16
2.7 CÁLCULOS E ESFORÇOS.....	18
2.7.1 Flambagem	20
2.7.2 Critério de falha por fadiga	22
2.8 OPÇÕES DE MÁQUINAS ENCONTRADAS NO MERCADO QUE REALIZAM A FUNÇÃO DE DESCARREGAR PRODUTOS DE CAMINHÕES BAÚ	23
2.8.1 Esteira de carga e descarga.....	23
2.8.2 Plataforma elevatória de cargas.....	24
2.9 NORMA REGULAMENTADORA 12 (NR12-ATUALIZADA 24/12/10).....	26
2.10 NORMA REGULAMENTADORA 17 – ERGONOMIA	27
2.11 NORMA REGULAMENTADORA 11	28
3 METODOLOGIA	29
3.1 DEFINIÇÃO DO CONCEITO DO EQUIPAMENTO	29
3.2 DESENVOLVER ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO	31
3.2.1 Esteira de carga	33
3.2.2 Plataforma Elevatória	35
3.3 DESENVOLVIMENTO DE MODELOS EM DESENHO.....	37

3.4 ANÁLISE CRÍTICA E SELEÇÃO DO CONCEITO DO EQUIPAMENTO.....	38
4 DESCRIÇÃO DO CONCEITO DO EQUIPAMENTO.....	40
4.1 POSIÇÃO DE OPERAÇÃO DO FUNCIONÁRIO	41
4.2 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO	41
4.3 DIMENSIONAMENTO DOS ROLETES DE MOVIMENTAÇÃO	46
4.4 DIMENSIONAMENTO EIXOS DOS ROLETES	49
4.5 SELEÇÃO DO ROLAMENTO DOS ROLETES	51
4.6 SELEÇÃO BUCHA DE FIXAÇÃO DOS ROLAMENTOS DOS ROLETES	53
4.7 DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DOS QUADROS DE APOIO DOS ROLETES	
54	
4.7.1 Cálculo de esforços externos das vigas	54
4.7.2 Cálculo de esforços internos das vigas	57
4.8 SELEÇÃO DO PERFIL DAS VIGAS	60
4.9 SISTEMA DE TRAVAMENTO E REGULAGEM DE ALTURA NO FIM DO	
PERCURSO DA MERCADORIA	61
4.9.1 Bucha de ligação entre alavanca de regulagem de altura e a catraca	67
4.9.2 Seleção dos rolamentos do sistema de regulagem e travamento de altura	68
4.10 SISTEMA DE FRENAGEM DAS MERCADORIAS	70
4.11 SELEÇÃO DE AMORTECEDORES GUIAS	74
5 RESULTADOS OBTIDOS	75
6 CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS.....	77
ANEXOS	81
APENDICE.....	82

1 INTRODUÇÃO

Os produtos dos supermercados e dos demais estabelecimentos comerciais percorrem um longo processo até chegar à mão do consumidor final. Esses produtos são fabricados e são enviados para serem distribuídos para os consumidores (atacado e varejo) através de prestadoras de serviço. Elas são chamadas de transportadoras que são encarregadas de fazer a conexão entre o comércio varejista e as distribuidoras.

Essas transportadoras descarregam as mercadorias dos caminhões nos clientes do varejo, através da rudimentar forma manual (de mão em mão), onde um funcionário permanece junto às mercadorias, dentro do caminhão, selecionando e lançando para outro funcionário, no nível do solo e fora do caminhão, que segura a mercadoria e empilha num carrinho de carregar caixas. Este procedimento ocorre sempre que o estabelecimento que recebe os produtos (cliente da transportadora) não possui uma plataforma de descarga. Esta tem a função de receber as mercadorias de caminhões de forma mais confortável e cômoda já que possui a mesma altura do caminhão, sendo assim, os processos de carga e descarga ocorre no mesmo nível.

Na maioria das vezes, nos destinos finais das mercadorias não existem as docas, e nem maquinários eficientes para descarregar os caminhões, resultando num processo de descarga de mercadorias lento e sobre tudo com grande risco ergonômico. Esta demora na descarga causa grandes filas e transtornos para os caminhoneiros, que esperam para entregar suas mercadorias(ZUMMM, 2016)

Por outro lado, devido à grande quantidade de empresas de transportes, uma alta concorrência é praticada visando preços mais baixos(BASTIDAS; NERY; CARVALHO, 2003). Para viabilizar uma política de baixo preço, como forma de atrair mais clientes, as empresas que realizam o transporte de mercadorias por caminhões buscam aumento de entregas em um mesmo espaço de tempo. Como consequência, o trabalho pesado somado a alta frequência (alta produtividade) pode ser, muitas vezes, uma das causas de problemas relacionado à ergonomia ao trabalho e consequentemente acidentes de trabalho. Com isso, o Brasil apresenta

grandes dificuldades em virtude de “doenças profissionais relacionados ao trabalho”, acidentes, qualidade e também quanto à produtividade (GUÉRIN, 2001).

Em muitos casos, seja pela alta produtividade requerida ou pelo descuido dos trabalhadores, as mercadorias são manuseadas inadequadamente podendo danificá-las aumentando com isso, o custo final da empresa transportadora. Além disso, é necessário manter, ao menos, um funcionário para auxiliar a descarregar o caminhão, onerando a empresa com o custo do salário do funcionário, encargos sociais e benefícios. Outro prejuízo, tanto para o trabalhador quanto para o empregador, é com as lesões geradas por esforços repetitivos que muitas vezes provocam afastamentos. Um triste acontecimento que evidencia esta situação é o resultado da condenação da empresa Cargill Agrícola S.A. no qual foi obrigada a pagar em 2014, 15 mil reais mais pensão mensal a um funcionário que desenvolveu seqüela definitiva na coluna vertebral devido a “[...] posturas não ergonômicas somadas a constantes movimentos com esforço físico acentuado[.]”(RODNEY SILVA, 2014).

Desta forma, são importantes os estudos que visem desenvolver equipamentos de forma a auxiliar a operação de manuseio de mercadorias principalmente nas operações de descarga. Como um grande exemplo disso, a empresa O’Hara Transportes & Logística LTDA vem buscando desde 2003 reduzir custos por danos causados quando no descarregamento e na entrega dos produtos aos clientes (FILHO, 2012). Além de que é necessário reduzir o tempo de descarga para cumprir todas as entregas,afinal, existe ainda em algumas cidades leis municipais como por exemplo em Diadema que estabeleceu restrições a horários para carga e descarga de caminhões em vias públicas estabelecendo tempo especificado para se fazer a carga e a descarga de mercadorias(“DIADEMA. Art. 1 da Lei 2405/05”, 2005).

A necessidade de descarregar as mercadorias em tempo hábil, conservação das mercadorias, quantidade desnecessária de funcionários para exercer uma única função e o custo gerado por isso, faz deste uma motivação para através dos conhecimentos adquiridos durante o curso da graduação de engenharia mecânica, fazer um estudo para verificar a viabilidade da produção de um equipamento que cumpra satisfatoriamente a função, com baixo custo operacional, de manutenção e

fabricação visando reduzir os custos com entregas e com isso elevar os lucros das empresas transportadoras.

1.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar uma proposta de um equipamento mecânico para descarregar mercadorias de caminhões baú, cumprindo com exigências de baixo custo operacional e de manutenção, proporcionando produtividade, segurança para o operador e preserve a integridade física das mercadorias. A proposta deste estudo é um equipamento que seja instalado nos caminhões baú de forma que permita o manuseio das mercadorias, seja de fácil preparação para montar e desmontar e ocupe pouco espaço interno do baú quando na posição de descanso. Segundo Norton (2010), “simplicidade é uma das marcas de um bom projeto” e justifica “a menor quantidade de peças que podem realizar um trabalho geralmente fornece a solução mais barata e confiável”. Esta linha de raciocínio será a principal base para a realização deste projeto. Os tipos de caminhões a serem atendidos aqui são: veículo urbano de carga, toco ou semi-pesado e truck ou pesado (conforme Figura 65 do ANEXO).

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Selecionar e citar os materiais utilizados para cada componente;
- Projetar todos os componentes estruturais e móveis;
- Apresentar desenhos técnicos das peças que compõem este equipamento;
- Apresentar valores finais da massa total do equipamento, volume ocupado e a área ocupada no interior do baú quando não sendo utilizado o equipamento;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Através da apresentação de um estudo breve das definições, qualidades positivas e negativas de cada alternativa de elementos mecânicos para a construção do equipamento e a apresentação de forma sucinta de alternativas já existentes que realizam a função de descarregar mercadorias de caminhões baú ou próximo disso, como forma de auxiliar e enriquecer argumentos durante as escolhas e decisões quanto aos recursos a serem utilizados para o estudo, e desenvolvimento deste produto. Será apresentado um breve comentário dos prós e contras destes equipamentos existentes para inspirar no desenvolvimento do produto proposto neste trabalho.

Adiante será apresentado um levantamento de opções mecânicas e de mecanismos para a construção deste equipamento:

- Por polias móveis e cabos;
- Por engrenagens simples;
- Por parafuso sem fim;
- Por trens de engrenagens;
- Por mecanismo de quatro barras;

2.1 POLIAS MÓVEIS E CABOS

Pensando como uma possível alternativa de baixo custo para a utilização em levantamento de objetos a associação de cabos e polias (ver Figura 3) podem atender o que foi proposto nos objetivos. Portanto, define-se polia como um dispositivo simples que altera a orientação de um cabo e, como consequência, a direção da força que o cabo suporta (PLESHA E.; GRAY L.; COSTANZO, 2014).

O cabo é submetido a uma mesma força ao longo de seu comprimento devido sua força peso desprezada juntamente com a condição de não haver a presença da força de atrito entre o cabo e as polias em que as contorna (PLESHA E.; GRAY L.; COSTANZO, 2014).

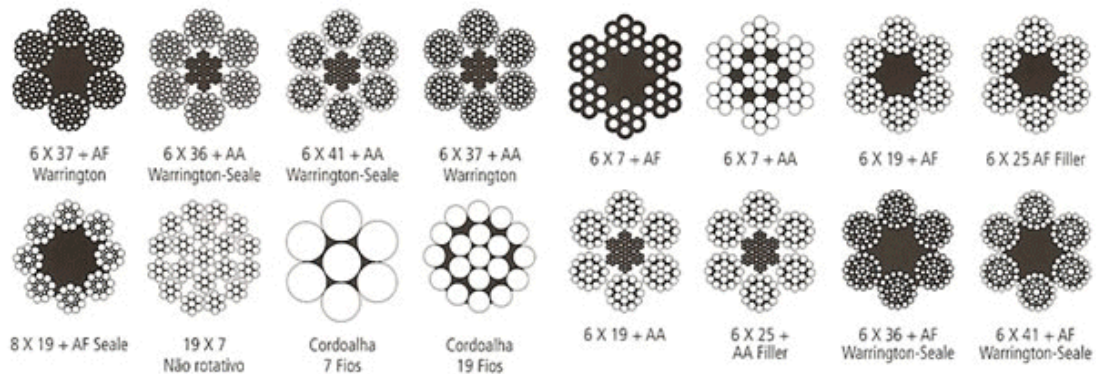
Visando, para melhor entendimento de como funciona as polias, Plesha et al (2014) sugere considerar a polia como uma partícula da mesma forma como é tratado em um diagrama de corpo livre (DCL), sendo possível deslocar as forças que estão agindo no cabo para um ponto que seria no centro da polia.

Segundo Plesha (2014), os cabos possuem peso que podem ser desconsiderados, são submetidos a forças de tração e apresentam boa capacidade de ser curvado sendo por isso que conseguem envolver com certa facilidade polias.

Existem uma abundância de tipos de cabos devido a diversidade de construções (Figura 1 e 2), materiais e tamanhos para diversas aplicações. O que se observa é que se comparado às aplicações sob tensões em elementos estruturais estáticos, os cabos utilizados com polias são implacavelmente mais exigidos quanto à tensão (PLESHA E.; GRAY L.; COSTANZO, 2014).

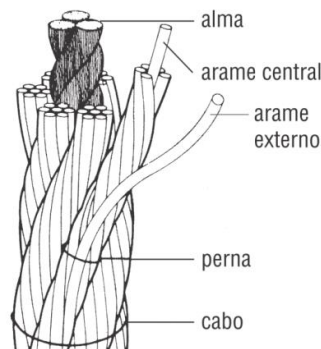
O cabo utilizado com polias apresenta menor vida útil quanto menor for a polia (PLESHA E.; GRAY L.; COSTANZO, 2014).

Figura 1 – Tipos de cabos – vista em corte



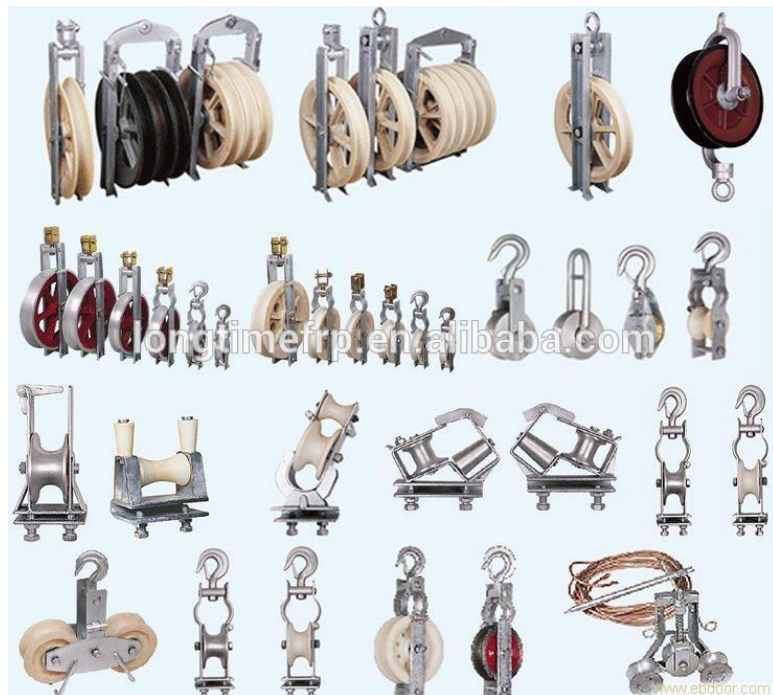
Fonte: (MAX, 2010)

Figura 2 – Exemplo do modo como é feito os cabos



Fonte: (VERTICAL, 2002)

Figura 3 – Diferentes tipos de polias



Fonte: (LONGTIME, 1999)

2.2 PARAFUSOS SEM-FIM

Parafuso sem-fim é um dispositivo (Figura 4) que transforma um movimento angular em linear podendo ou não conduzir potência (SHIGLEY; MISCHKE; BUDYNAS, 2005).

Figura 4 – Parafuso sem fim



Fonte: (TBV, 2013)

São utilizadas “para eixos reversos” com relações de transmissão que variam de 1 a 100 para cada estágio, apresentando rendimentos entre 97 e 45%, sendo que será tanto menor quando for reduzido a velocidade de deslizamento e inversamente proporcional com a relação de transmissão (NIEMANN, 2002).

Para completar, Niemann (2002) ressalta que quando comparadas a qualquer outro dispositivo de engrenagem, são silenciosas e apresentam melhor capacidade de absorver vibrações.

É uma forma de conectar dois eixos que formam ângulo reto entre si e como normalmente o sem fim apresenta apenas um dente, isto proporciona um alto razão de engrenamento além de apresentar a propriedade de autotravamento. Dessa forma movimenta-se apenas para um único sentido e com capacidade de ficar imóvel em uma determinada posição caso seja do interesse do operador (NORTON, 2004).

Este tipo de sistema para transmitir movimento, tem grande preferência quando apresentar razão de velocidade igual ou maior que 3 (SHIGLEY; MISCHKE; BUDYNAS, 2005).

2.3 TRANSMISSÃO POR ENGRENAGENS SIMPLES EM SÉRIE

Por definição transmissão por engrenagem simples em série é a transmissão que utiliza engrenagens (duas ou mais) sendo cada uma delas fixadas em eixos independentes (ver Figura 5) (NORTON, 2010).

Tanto a relação de velocidade como a de transmissão é obtida pela razão de entrada por saída, sendo que as engrenagens intermediárias exercem apenas a função de inverter o sentido da transmissão global (caso seja utilizado números pares delas) e não consomem potência, razão pela qual são chamadas de engrenagens ociosas. Muitas vezes não compensa utilizar muitas engrenagens para fazer a ligação entre o eixo de entrada e o de saída devido ao alto custo para fabricação das engrenagens ociosas, sendo então indicado o uso de acionamento por corrente ou correia (NORTON, 2010).

Figura 5 – Engrenagens em série.



Fonte: (CORRENTES, 2002)

2.4 TRANSMISSÃO COMPOSTA DE ENGRENAGENS

“Transmissão composta é aquela em que pelo menos um eixo carrega mais de uma engrenagem” (ver Figura 6) onde se tem no mínimo uma relação de transmissão de 10:1 independentemente do tipo de engrenagem e do tipo de combinação entre elas (NORTON, 2010). Diferentemente da transmissão em série, a relação global de transmissão é o produto do número de dentes das engrenagens motoras pelo produto de dentes das engrenagens movidas. A única limitação de ambos os sistemas (composta e a simples) é a relação de 10:1 entre pares de engrenagens individuais (NORTON, 2010).

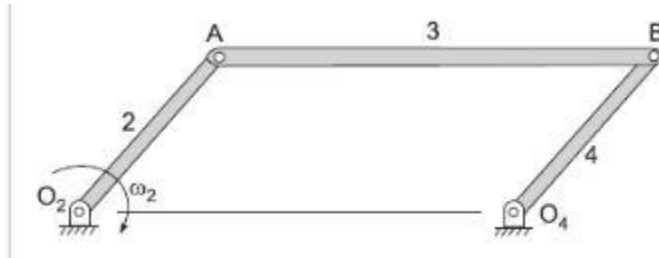
Figura 6 – Transmissão composta de engrenagem



Fonte: (CHINA, 2017)

2.5 MECANISMO DE QUADRO BARRAS

Figura 7 – Mecanismo de quatro barras



Fonte: (TECNOLEGIS, 2009)

De acordo com Norton (2010), primeiramente é necessário entender o significado de grau de liberdade, também conhecido como mobilidade, de um sistema para lidar com mecanismos. Segundo este autor a definição de grau de liberdade é “o número de entradas que precisam ser dadas para criar uma saída previsível, ou também, o número de coordenadas independentes necessárias para definir sua posição”. As entradas citadas pelo autor são algum tipo de atuador, que pode ser desde um operador humano, “[...] um motor, solenóide, cilindro de ar ou outro dispositivo de conversão de energia”(NORTON, 2010). É neste ponto em que para a proposta deste trabalho acaba conflitando, pois implica em custos sendo então interpretado como uma restrição de uso, quando se tratando de meios automatizados.

É o mecanismo mais “simples possível para movimentos de grau de liberdade” e considerado o “[...] dispositivo mais comum e usual em mecanismos [...]” e “[...] extremamente versátil em termos de tipos de movimento que pode gerar” (ver Figura 7) (NORTON, 2010).

2.6 RELAÇÃO FORÇA E MOVIMENTO NA PRESENÇA DE ATRITO

Por definição atrito nada mais é que, uma força de resistência ao movimento de corpos sobre superfícies através das interações entre os “átomos do corpo com os átomos da superfície”, e que, atua através de uma força paralela a superfície e

contrária ao sentido “do movimento ou tendência ao movimento”(HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008).

Essa força de resistência ao movimento que agem paralelas a superfícies e contrárias ao sentido do movimento é justificada como uma força de reação, e que segue o princípio da terceira lei de Newton que diz: para toda ação há uma reação de mesma intensidade com sentido contrário a força atuante(HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008).

A explicação mecânica do fenômeno do atrito é alcançada quando se observa a nível microscópico as rugosidades das superfícies dos corpos em contato (conforme a Figura 8) tornando a resistência do movimento a acontecer pelo fato de os picos das irregularidades receberem as forças de reação(MERIAM; KRAIGE, 2009).

Segundo Halliday et al (2008) a força de atrito “é exercida pela superfície sobre o corpo”. Ele ainda esclarece que quando o corpo submetido a uma força externa e mantendo-se estático, significa que a força atuando sobre ele é menor ou igual a força de atrito estático. Afirma ainda que esta força de atrito estático assume um valor que pode variar com a mesma intensidade e com sentido oposto a força aplicada ao corpo em questão, porém tem um valor limite que é o produto da força normal que o corpo exerce sobre a superfície, e o coeficiente de atrito estático, que é obtido através de experimentos ou pode ser encontrado em tabelas prontas.

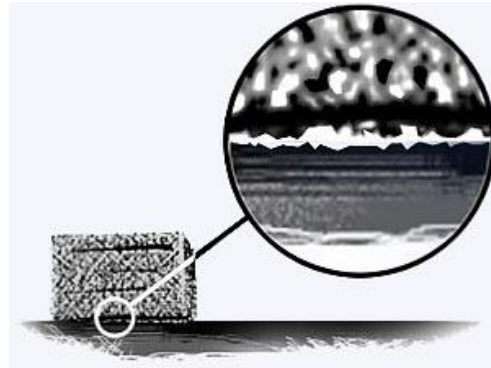
Uma vez que a força atuante supera a força de atrito estático limite, subitamente esta deixa de agir e quem passa a atuar no corpo é agora a força de atrito cinético, que é constante, e possui o valor do produto do coeficiente de atrito cinético com o valor da força normal que o corpo exerce sobre a superfície (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2008).

Seguindo uma linha de raciocínio diferente, o atrito em questão é classificado como do tipo atrito a seco, e que vem a considerar tanto antes do deslizamento como durante o deslocamento o mesmo nome: atrito de Coulomb(MERIAM; KRAIGE, 2009).

Independente da nomenclatura usada, o coeficiente de atrito “é uma propriedade geométrica das superfícies” e que a força de atrito independe da área vista ao olho nu que encontra-se em contato mas sim depende dos “[..] picos das irregularidades das superfícies em contato [...]”. O que ocorre é que devido ao

aumento da força normal aplicada, acontecem deformações, “[..] esmagamento ou rasgamento nos pontos em contato [..]” (MERIAM; KRAIGE, 2009).

Figura 8 – Contato entre superfícies



Fonte: (MARQUES; UETA, 2007)

2.7 CÁLCULOS E ESFORÇOS

Norton (2004) afirma que é necessário calcular e prever o modo e as condições de falha, sendo considerado a tensão e a deformação do componente. Para isso os esforços e a energia aplicados juntamente com a geometria devem ser analisadas.

Em muitas vezes é obtido através dos cálculos, resultados que mostram que ocorrerá algum tipo de falha, sendo então, necessário rever as dimensões e geometria da peça que está sendo analisada, ou mesmo trocar o material selecionado para refazer os cálculos.

Esse processo de repetir e voltar ao estágio anterior é conhecido como iteração(NORTON, 2004).

Essa iteração pode ser feita através de Teoria de Falhas, que é possível “prever a falha de um componente/estrutura baseado no estado de tensão e nas propriedades do material”(HIBBELER, 2004).

Para trabalhar com o estado de tensão é necessário saber que “[...]é representado unicamente pelos três componentes que atuam em um elemento que tenha orientação específica naquele ponto”(HIBBELER, 2004).

Segundo Hibbeler (2004) essas três componentes são as que compõem o “[...] estado geral plano de tensões em um ponto representado [...]”, que são: as componentes da tensão normal σ_x e σ_y e a tensão de cisalhamento T_{xy} , que estão presentes nas quatro faces do elemento.

A partir dessas três tensões, é possível obter as tensões principais σ_1 e σ_2 que, segundo Hibbeler (2004), representam os máximos valores que compõem tensão normal no ponto analisado da estrutura. A equação (1) resulta nas tensões principais.

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (1)$$

Em seguida faz a verificação de falha por von Misses:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_E}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

$$\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 = \sigma_E^2 \quad (3)$$

Este método é para materiais que apresentam comportamento dúctil. Lembrando que muitos dos aços podem se comportar de maneira dúctil ou frágil, dependendo da temperatura, carga, ambiente químico, material, processo de fabricação (HIBBELER, 2004).

Pelo fato de por grande parte dos processos de fabricação usar chapas laminadas a quente e por ser projetado para operar a temperatura ambiente (perto dos 20°C), está bem longe das temperaturas em que o aço apresenta comportamento frágil.

Para ambas as formulas acima, foram considerados aprovados os resultados quando forem menores que o valor fixado a partir da grandeza de tensão de escoamento do material σ_E dividida pelo S, que representa o fator de segurança. Este valor será decidido a partir do que a normas regulamentadoras pertinentes e/ou pelo conhecimento e experiência do engenheiro. Abaixo segue a equação que representa o fator de segurança. A tensão admissível pode ser a tensão de escoamento, dependendo do que está sendo analisado.

$$S = \frac{\textit{tensão admissível}}{\textit{tensão no ponto}} \quad (4)$$

$$\tau_{\text{no plano}}^{\text{máx}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (5)$$

Foram assumidos que os materiais empregados são homogêneos, elásticos, lineares e isotrópicos. Por ser uma consideração, não apresenta uma exatidão nos resultados pelo fato de ser impossível obter um material homogêneo e isotrópico e linear mas, apresenta resultados com uma boa aproximação (HIBBELER, 2004).

A deformação normal pelo método da Lei de Hooke Generalizada:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E} [\sigma_{xx} - \nu(\sigma_{yy} + \sigma_{zz})] \quad (6)$$

$$\varepsilon_{yy} = \frac{1}{E} [\sigma_{yy} - \nu(\sigma_{xx} + \sigma_{zz})] \quad (7)$$

$$\varepsilon_{zz} = \frac{1}{E} [\sigma_{zz} - \nu(\sigma_{xx} + \sigma_{yy})] \quad (8)$$

Deformação cisalhante segundo a Lei de Hooke:

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G} \tau_{xy} \quad (9)$$

$$\gamma_{yz} = \frac{1}{G} \tau_{yz} \quad (10)$$

$$\gamma_{xz} = \frac{1}{G} \tau_{xz} \quad (11)$$

Obtido essas deformações, pode-se prever se ocorrerá alguma falha no desempenho do produto. As equações abaixo complementam a abordagem.

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad (12)$$

$$\nu = -\frac{\varepsilon_Y}{\varepsilon_X} \quad (13)$$

Sendo G o modulo de elasticidade transversal ou modulo de rigidez ν é a razão de Poisson T .

2.7.1 Flambagem

É necessário identificar e considerar o tipo de situação que esta barra se encontra para definir qual o valor do fator de comprimento efetivo K , que pode ser de 0,5 para extremidades engastadas, 0,7 para uma extremidade engastada e outra com pino, 2 para uma extremidade engastada e outra livre e por fim 1 para

extremidades com pinos (HIBBELER, 2004). Em seguida, calcula-se as seguintes equações:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \tag{14}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \tag{15}$$

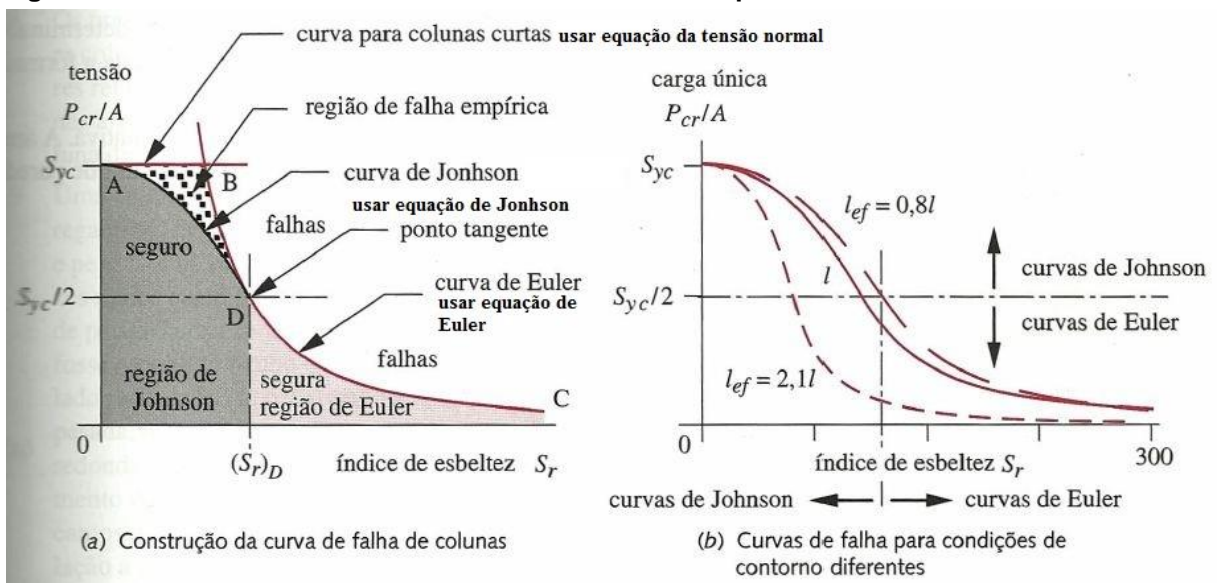
Onde P_{cr} é a menor carga crítica que a barra pode suportar. O π é a constante matemática 3,142857, E representa modulo de elasticidade do material, L é o comprimento da coluna sem apoio, I é o momento de inércia da seção transversal, r é o menor raio de giração da coluna e o σ_{cr} “representa a tensão média na coluna imediatamente antes de a coluna flambar; essa tensão é uma tensão elástica e, por tanto, $\sigma_{cr} \leq \sigma_E$ ” (HIBBELER, 2004).

Na Figura 9, é possível observar que existe dois métodos para se obter a carga critica em flambagem com melhor precisão:

$$P_{cr} = (\pi r)^2 EA \quad \text{Equação de Euler} \tag{16}$$

$$P_{cr} = A \left(\sigma_n - \frac{1}{E} \left(\frac{\sigma_n r}{2\pi} \right)^2 \right) \quad \text{Equação de Johnson} \tag{17}$$

Figura 9 – Gráficos das análises e escolhas dos métodos para falhas de colunas



Fonte: Adaptado (NORTON, 2004)

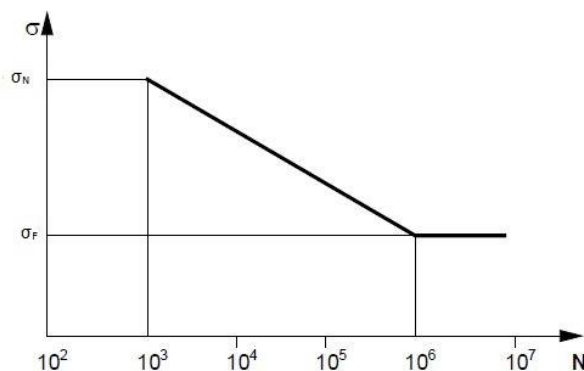
2.7.2 Critério de falha por fadiga

Falha por fadiga “[..]é qualquer falha devido a cargas variantes no tempo.”(NORTON, 2004), sendo de grande importância representar uma estimativa do comportamento à fadiga do material ou produto.

Cada material possui a sua equação de tensão limite de resistência (σ_R), tensão limite de fadiga (σ_F) e tensão de resistência à fadiga (σ_N) que são obtidos através de ensaios de tração ou de dureza conforme a exigência que o material é submetido, como por exemplo, sob carregamento de flexão rotativa, sob carregamento axial, carregamento de torção alternante (que são representados por (τ_N) e (τ_F))(ROSA, 2002).

A curva tensão vida pode ser estimada de forma logarítmica a partir da representação de dois pontos, em 10^3 que é normalmente a vida mínima onde a curva $\sigma \times N$ pode ser usada e, 10^6 ciclos, que representa “[..] o início do patamar da tensão limite de fadiga[...].”(ROSA, 2002).Este gráfico é representado de forma genérica na Figura 10.

Figura 10 – Diagrama tensão (MPa) x vida em ciclos (N) (curva $\sigma \times N$)



Fonte: Adaptado (ROSA, 2002)

Para obter esta curva é utilizado a seguinte equação:

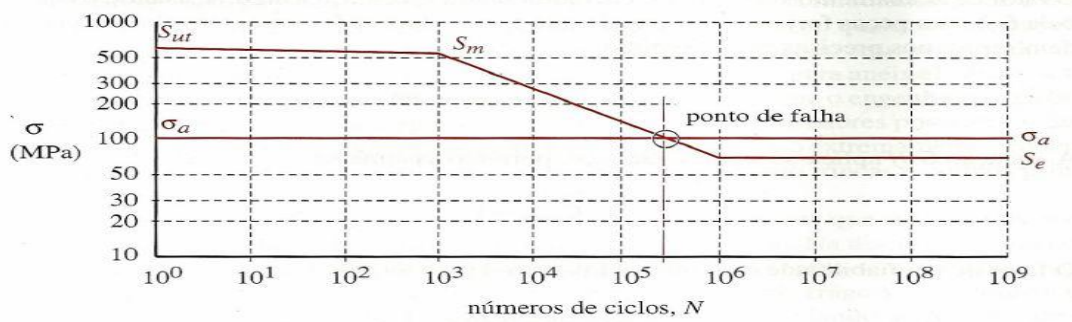
$$\sigma_N = CN^m \quad (18)$$

Para Rosa (2002) os valores de C e m são obtidos pelas propriedades de resistência à fadiga do material e o valor N é usado 10^3 e 10^6 conforme citados anteriormente.

$$m = \frac{\log \sigma_N - \log \sigma_F}{\log 10^3 - \log 10^6} \quad (196)$$

Como pode-se observar na Figura 11 que o valor da tensão alternante a ser trabalhada irá definir qual será a vida daquele material quando se observa o cruzamento da linha horizontal com a linha que representa a tensão x vida do material, sendo então determinada ao observar seu valor correspondente no eixo da abscissa (NORTON, 2004).

Figura 11 – Diagrama tensão (MPa) x vida em ciclos (N) (curva $\sigma \times N$)



Fonte: (NORTON, 2004)

2.8 OPÇÕES DE MÁQUINAS ENCONTRADAS NO MERCADO QUE REALIZAM A FUNÇÃO DE DESCARREGAR PRODUTOS DE CAMINHÕES BAÚ

2.8.1 Esteira de carga e descarga

A esteira de carga ou também chamada de transportadora (Figura 12) “[...] é um conjunto de roletes fixados e utilizados no transporte de diversos tipos de materiais [...]” onde a esteira realiza um trabalho em ciclo e despeja a mercadoria no fim da esteira no qual será encaminhado o objeto transportado para um local específico de forma manual por um trabalhador (BLOGISTICANDO, 2011).

Tem a função de “carregar, descarregar, transportar, elevar, produtos como : sacos, sacarias, caixas, fardos, embalagens, engradados, produtos a granel, como grãos, café, ração, areia, pedra, etc...” (MFRURAL, 2014).

Figura 12 – Esteira de carga e descarga



Fonte: (MFRURAL, 2014)

Analisando este equipamento, pode-se concluir que atender ao requisito de produtividade possibilitando uma descarga ágil de mercadorias. Além disso possui fácil manuseio e alguns modelos permitem a regulagem de altura e inclinação sendo por isso ergonomicamente favorável.

No entanto possui um custo aproximado de R\$ 8000,00 sendo necessário utilizar de meios que ainda consomem algum tipo de energia como por exemplo os motores elétricos, sendo aqui este tipo de operação a ser evitada. Não é um equipamento solidário aos caminhões, sendo por isso não atende o que propomos inicialmente que é de ser um equipamento fixado no caminhão. Alguns modelos utilizam regulagem de altura e inclinação por meio de sistemas hidráulicos, o que vai contra a proposta deste trabalho pois futuramente vai apresentar uma manutenção relativamente cara devido os componentes hidráulicos.

2.8.2 Plataforma elevatória de cargas

Plataformas elevatórias de cargas são perfeitas para transportadores que manuseiam cargas paletizadas com bastante frequência (SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, 2003).

Também são versáteis por serem prontamente adaptável em outros tipos de carrocerias de caminhões (SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, 2003)

Capacidade de carga pode variar de 500 kg a 2500 kg (CARGOMAX, 2003) com velocidade de operação de 0,1 m/s velocidade de operação (MARKSELL, 2003).

As plataformas elevatórias são acionadas por unidades elétrico-hidráulicas através de botoeiras ou alavancas(SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, 2003).

Dimensões de largura x comprimento variando entre 2,0m x 1,5m à 2,4m x 1,8m que está representada na Figura 13(CARGOMAX, 2003).

Figura 13 – Plataforma de elevação de carga



Fonte: (SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, 2003)

Na figura 14 mostra como a plataforma elevatória permanece na posição fora de uso:

Figura 14 – Plataforma Elevatória De Carga



Fonte: (LOGISMARKET, 2003)

Com este tipo de equipamento é possível descarregar grandes quantidades de mercadorias em um mesmo ciclo de funcionamento quando pelo uso de paleteira manual ou mesmo pelo uso de carrinhos de carga.

Para aqueles que possuem acionamento remoto, a operação de descarga pode ser feita com apenas uma pessoa.

Por outro lado, possui alto custo para sua aquisição (valores de produtos usados encontrados foram entre R\$4800,00 e R\$6000,00) e exige um plano de manutenção bem como todo o custo de peças e serviços para sua manutenção que pode ser elevada devido à quantidade de itens de alta tecnologia e complexidade.

Exige-se que utilize a plataforma somente em pisos regulares e no mesmo nível do solo onde os pneus do caminhão se encontram em contato, sendo esta uma limitação física para sua operação ("Plataformas Elevatórias de Cargas Veiculares", 2003).

2.9 NORMA REGULAMENTADORA 12 (NR12-ATUALIZADA 24/12/10)

Pensando em desenvolver a máquina proposta, é necessário cumprir as normas regulamentadoras pertinentes, por isso segue abaixo o objetivo da norma NR12 bem como alguns itens que já na introdução deste trabalho foi observada como risco ergonômico, acidentes de trabalho, doenças relacionadas ao trabalho, lesões por esforço repetitivo e afastamentos do trabalho.

A norma regulamentadora de ergonomia apresenta medidas de proteção visando a saúde e integridade física dos trabalhadores, estabelecendo mínimas condições para evitar acidentes e doenças de trabalho na operação de qualquer máquina bem como em todos os demais processos envolvendo estas máquinas respeitando e cumprindo as demais normas tanto nacionais como internacionais aplicáveis (SIT, 2010).

Referentes aos transportes de matérias, o item 12.85 da NR12 diz que durante a operação normal todas as partes móveis em movimentos perigosos em transportadores contínuos como esteiras, roletes, acoplamentos, freios, roldanas,

tambores, amostradores, volantes, engrenagens, cremalheiras, guias, correntes, alinhadores, região do estiramento, contrapeso e outras partes moveis devem ser protegidos.

A NR12 no item 12.87 recomenda que os transportadores de materiais, devemsomente, operar dentro da capacidade de carga que o mesmo foi projetado.

Para tanto, foi enfatizado no item 12.93 nos processos de cargas suspensas devem conter providências objetivando a segurança para que não ocorra o transporte com pessoas sob a carga.

Quanto à ergonomia é muito importante ressaltar os seguintes itens:

Item 12.94 em que diz as máquinas e equipamentos devem serem projetados, construídos e mantido o respeito às exigências posturais, cognitivas, movimentos e esforços físicos demandados pelos operadores, bem como a redução de qualquer esforço corporal.

Quanto à operação, o item 12.95 contempla dizendo que o manuseio deve ser fácil e seguro e acessível através da localização, visibilidade, identificação, sinalização e distância. Na letra d deste mesmo item enfatiza que devem ser consideradas as características biomecânicas e antropométrica dos operadores.

“Garantia de manobras seguras e rápidas e proteção de forma a evitar movimentos involuntários”(SIT, 2010).

2.10 NORMA REGULAMENTADORA 17 – ERGONOMIA

Também é de suma importância seguir a Norma regulamentadora 17- Ergonomia

Esta norma tem por objetivo “estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança, desempenho e eficiente”(“NORMA REGULAMENTADORA. NR17- Ergonomia”, 2007).

A função da ergonomia é moldar o trabalho para o homem visando elevar a produtividade bem como conforto e segurança para os funcionários(YAMACHITTA, 2012).

2.11 NORMA REGULAMENTADORA 11

A NR11 aborda os temas de Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais onde estabelece requisitos de segurança a serem analisados nos ambientes de trabalho, sejam eles de forma mecânica ou manual, com intuito de prevenir infortúnios laborais. A fundamentação legal, ordinária e específica, que dá embasamento jurídico à existência desta NR, são os artigos 182 e 183 da CLT (REGULAMENTADORAS, 2009).

Os veículos industriais estão presentes e de muita utilização desenvolvendo de várias atividades. Mas os riscos também são evidentes, onde muitas das vezes a prevenção do risco só é realizada após o acontecimento de um acidente(ABNT, 2016).

No item 1.3 da NR11 é importante salientar pois define que os equipamentos utilizados na movimentação de materiais serão calculados e construídos de maneira que ofereçam as necessárias garantias de resistência e segurança e conservados em perfeitas condições de trabalho(LEGAIS, 2003).

As normas regulamentadoras são cada uma definidas especificamente de acordo com o modo que devem ser usadas, voltadas plenamente para a segurança no meio em que vai realizar tal atividade, portanto a aplicação correta é algo obrigatório. O respectivo trabalho irá abordar conteúdo que serão abrangidos e voltados a essa norma regulamentadora.

3 METODOLOGIA

É importante, para início desta fase do estudo de desenvolvimento do produto proposto, entender a definição de metodologia. Relacionada aos processos, disciplinas específicas, formas, hipóteses e maneiras para alcançar algum objetivo sendo que cada área possui sua própria metodologia que está em função da sua natureza (MEUS DICIONÁRIOS, 2012).

No presente trabalho foi aplicada uma metodologia do Norton (2004) quando disse: “essencialmente um exercício de criatividade aplicada [...] e foram definidas para ajudar a organizar a enfrentar [...] casos em que a definição do problema é vaga e para os quais muitas soluções possíveis existem”.

A Quadro 1 mostra um modelo de metodologia proposto por Norton (2014) para o desenvolvimento de projeto de uma máquina:

Quadro 1 – Metodologia utilizada neste trabalho

METODOLOGIA DO NORTON		ADAPTAÇÃO
1	Definir um problema	Introdução
2	Declarar os dados	Definição do conceito
3	Elaborar hipóteses apropriadas	
4	Decisões preliminares do projeto	Alternativas de solução
5	Croquis do projeto	Modelos de Desenho
6	Modelos matemáticos	Cálculos e esforços obtidos
7	Análise de projeto	
8	Avaliação	
9	Documentar resultados	

Fonte: Adaptado (NORTON, 2004)

3.1 DEFINIÇÃO DO CONCEITO DO EQUIPAMENTO

O equipamento proposto neste trabalho é descrito como uma máquina que tem por objetivo facilitar o ato de descarregar as mercadorias que se encontram dentro de um caminhão baú, sendo proposto que cada veículo seja dotado de seu próprio equipamento. Ele deverá realizar sua função com baixo custo, ou seja, sua manutenção, operação, fabricação e instalação de forma barata sem a redução de

qualidade, com preço competitivo, abrindo mão de benefícios adicionais oferecendo apenas a essência do produto e assim, pagando-se menos por isso.

Essas características são relevantes para atender os transportadores, que desta forma, poderão diminuir custos, e conseqüentemente, elevar seus lucros e evitar problemas de saúde aos trabalhadores. Como descrito anteriormente, o equipamento deverá fazer parte do veículo, ou seja, de alguma forma o caminhão receberá a instalação do equipamento. Detalhes como onde será fixado e de que forma, foram definidos no decorrer da análise feita durante a execução das etapas de desenvolvimento de alternativas de solução, modelos em desenho, sendo concluídas na etapa de análise crítica e seleção do conceito do equipamento.

Aqui é o espaço para definir as “Especificações de tarefas” conforme Norton (2004) descreveu através de um conjunto detalhado e limitar seu alcance, e assim, as especificações de fabricação são definidas. Quanto ao tamanho e massa a ser utilizado como referência para este projeto, foi informado no memorial de cálculo adiante.

Quanto a altura é necessário que o operador opere a máquina em pé, portando, seus comandos e sua altura devem estar conforme a norma regulamentadora 17 de ergonomia:

“17.3.2. Para trabalho manual sentado ou que tenha de ser feito em pé, as bancadas, mesas, escrivaninhas e os painéis devem proporcionar ao trabalhador condições de boa postura, visualização e operação e devem atender aos seguintes requisitos mínimos:

- a) ter altura e características da superfície de trabalho compatíveis com o tipo de atividade, com a distância requerida dos olhos ao campo de trabalho e com a altura do assento;
- b) ter área de trabalho de fácil alcance e visualização pelo trabalhador;
- c) ter características dimensionais que possibilitem posicionamento e movimentação adequados dos segmentos corporais”.

3.2 DESENVOLVER ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

A partir da análise e comparação das alternativas citadas no referencial teórico, foram organizados em quadros os pontos positivos e negativos dos mesmos, e então, tirado conclusões de quais mecanismos e meios que podem serem aproveitados para desenvolver uma outra alternativa de baixo custo, que é a proposta deste trabalho.

Nesta etapa foi feito alguns esboços a partir de ideias concebidas através do estudo das alternativas que se encontram disponíveis no mercado aliado com a teoria levantada no referencial teórico.

O critério de criação de alternativas é embasado pela experiência pessoal do aluno bem como seu senso crítico, o qual é fortemente influenciado pelo conhecimento obtido durante a graduação bem como o diálogo entre o aluno e os professores, para que seja discutido possibilidades e suas limitações para o seu uso.

É muito importante destacar as variáveis envolvidas para dessa forma definir os parâmetros limites, como por exemplo, capacidade de carga limite, dimensões, velocidade e aceleração dos produtos a serem transportados. Nesta etapa será trabalhada com os parâmetros definidos do conceito do produto no item anterior. Especialmente para a fabricação de máquinas, deve-se se ter o cuidado de atender as exigências das normas regulamentadoras pertinentes.

A partir das duas opções de equipamentos citadas como alternativas comerciais existentes (esteira de carga e plataforma elevatória) que realizam uma função semelhante proposta neste trabalho, foi levantado um quadro comparativo e avaliativo (Quadro 3). Seguindo uma escala de avaliação (mostrado no Quadro 2) foi possível levantar um valor médio como um dado que representa sua avaliação. Dessa forma, a seguir, será apresentado suas notas bem como uma justificativa dos seus respectivos valores nos itens que foi avaliado pelo autor deste trabalho pensando em atender o objetivo principal deste trabalho que é desenvolver um estudo de possíveis conceitos para a construção de um equipamento mecânico que cumpra a função de descarregar mercadorias de caminhões baú, cumprindo com exigências de baixo custo operacional, de manutenção, de construção, produtividade, segurança para o operador e preserve a integridade física das

mercadorias e que seja instalado nos caminhões baú de forma que permita o manuseio das mercadorias, seja de fácil preparação para montar e desmontar e ocupe pouco espaço interno do baú quando na posição de descanso.

Quadro 2 – Escala (nota) para avaliações das opções comerciais

ESCALA DE AVARIAÇÃO				
PÉCIMO	RUIM	REGULAR	BOM	ÓTIMO
1	2	3	4	5

Fonte: Autoria própria

Quadro 3 – Comparativo de notas por itens avaliados

	ESTEIRA DE CARGA	PLATAFORMA ELEVATÓRIA
ESTRUTURA GEOMÉTRICA	4	4
POSIÇÃO DE OPERAÇÃO	4	4
PRATICIDADE NO DESMONTAR	1	4
MODO DE TRANSPORTE	2	4
ALCANCE DE PROFUNDIDADE	3	1
DIMENÇÕES	4	4
ESTÉTICA	3	4
CAPACIDADE DE CARGA	4	5
VELOCIDADE DE DESCARGA	4	4
TOTAL	29	34
MÉDIA	3,22	3,78

Fonte: Autoria própria

A seguir estão apresentados os resultados do Quadro 3 acompanhados com seus respectivos comentários que servem de argumentos justificando a razão das notas, bem como, motivos que levam a crer que pontos positivos e negativos nestas avaliações podem ou não serem ideias de grande potencial para aproveitamento para o desenvolvimento do conceito do equipamento elaborado neste trabalho.

3.2.1 Esteira de carga

A sua estrutura geométrica é relativamente simples e favorece economicamente e tecnicamente sua fabricação devido sua descomplicação de fabricação quanto ao uso abundante de soldas e a utilização de metais que aceitam com facilidade serem soldados. Além disso, a sua operação é de baixa complexidade, representando, portanto, em um equipamento com grande vantagem na sua operação e custo de fabricação. Pensando desta forma foi julgado como nota 4.

3.2.1.1 Posição de operação

O operador que se encontra em cima do caminhão, dentro do baú, trabalha quase sempre em pé uma vez que a alimentação da máquina é na altura da cintura para um homem de estatura média (1,70m). O único inconveniente é na descarga da mercadoria com ausência ou insatisfatória regulagem de altura. Isto acarreta ao operador de fora do caminhão ter que fazer movimentos de abaixar e levantar-se para pegar e empilhar a mercadoria no carrinho de transporte de mercadoria. Logo recebe uma nota 4.

3.2.1.2 Modo de transporte

A mercadoria é descarregada por meio de correia transportadora percorrendo por movimento de translação em uma rampa inclinada, sendo este conceito uma alternativa que pode ser aproveitada quando se pensa na simplificação do transporte. No entanto utiliza motor elétrico e que por isso na avaliação pesou bastante negativamente porque a proposta deste trabalho é a de ser algo de baixo custo de fabricação e de manutenção e a utilização de equipamento elétrico vai contra a esta ideia. Foi observado que se corre o risco de acontecer a queda do produto da esteira caso colocado de forma errada no aparelho. Logo já eliminamos a possibilidade de fazer um transporte de translação

na diagonal sem qualquer limitação nas bordas sendo por isso a nota correspondente a avaliação ruim (nota 2).

3.2.1.3 Alcance de profundidade

Devido ao apoio da estrutura ser situada na posição central do aparelho, isso oferece certa segurança para não tombar ou mesmo deformar, acaba tornando-se um limite no manobrar da máquina no sentido de avançar e recuar para dentro do baú. Sem contar a possibilidade de determinados momentos ocorrer o efeito de “gangorra”, ou seja, devido ao apoio central oferecer um movimento oscilatório de sobe e desce. Por isso recebeu uma nota 3.

3.2.1.4 Praticidade de desmontar

Não apresenta a opção de desmontar de modo a ser carregado juntamente com o caminhão. Portanto, não é uma opção para o nosso trabalho aqui proposto, pois vai contra a ideia de ser prático para montar e desmontar na estrutura do caminhão, por isso recebeu a nota 1.

3.2.1.4 Dimensões

Aqui a nota é 4, pelo fato de apresentar dimensões que favoreçam a descarga de mercadoria de diversos tamanhos por não ter limitações físicas de paredes ou bordas nas laterais durante o transporte. Porém, conforme citado anteriormente tem-se o risco de queda das mercadorias.

Por ser uma forma de transporte de mercadorias na forma de um plano inclinado, opta-se por um ângulo em relação a horizontal menor, resultando numa rampa mais longa. Isso evita danos na mercadoria, mas por outro lado dificulta o acondicionamento do equipamento dentro ou mesmo fora do baú reduzindo o espaço útil do caminhão. Então uma alternativa é aumentar o ângulo de inclinação e reduzir seu comprimento.

3.2.1.5 Estética

Apresenta boa aparência visto que possui uma camada de pintura nas partes metálicas, mas sem qualquer preocupação quanto ao design sendo por essas razões que recebeu uma nota 3.

3.2.1.6 Capacidade de carga

O equipamento analisado tem uma capacidade de carga de 70kg/m(DEMAKINE, 2010)

Este valor é muito interessante visto que é possível transportar 2 ou mais cargas de 70kg sobre a máquina no mesmo instante, o que representa 140kg ou mais por ciclo de descarga. Por esta razão recebeu a nota de avaliação 4.

3.2.1.7 Velocidade de descarga

O equipamento analisado tem uma velocidade de descarga é de 42m/min ou 0,7m/s(DEMAKINE, 2010). Esta velocidade conta como um ponto positivo e por isso levou a nota 4.

3.2.2 Plataforma Elevatória

Apresenta uma estrutura robusta a fim de atender a proposta de utilização, movimentação de cargas paletizadas com alta capacidade de carga. Esta é a razão por ter recebido na avaliação o valor de 5, ou seja, descarregar maior quantidade de carga.

3.2.2.1 Posição de operação

A posição de operação geralmente é feita com o operador em pé, sendo variada sua localização conforme a solicitação do cliente e também da opção oferecida pelo fabricante. O que justifica a avaliação 5 é a comodidade e facilidade

que o operador tem de controlar o equipamento através do controle remoto e por isso tendo uma boa visibilidade do trabalho sendo feito e executado sem esforço.

Um detalhe muito importante e que também foi considerado na avaliação é a segurança dos operadores. O controle da máquina é feito de forma que se tenha uma excelente visibilidade do que acontece ao redor e, dessa forma, diminuindo acidentes com mercadorias e com os operadores e pessoas ao redor.

3.2.2.2 Modo de transporte

Como utiliza sistemas eletro-hidráulico permite que se faça o serviço sem esforços pelos operadores porem, com elevado custo de aquisição e de manutenção. Por isso não recebeu a nota máxima recebendo então a nota 4.

3.2.2.3 Alcance de profundidade

Por ser uma plataforma, não é possível obter um prolongamento ou, um alcance que facilite o transporte das mercadorias no fundo do baú. Então, são necessárias que sejam arrastadas ou deslocadas as mercadorias para perto da saída. Por isso é possível utilizar carrinhos de transporte de caixas. O operador juntamente com o carrinho carregado de mercadorias é transportado na plataforma. Para tanto, a norma da ABNT 15652 de plataformas impõem um limite de velocidade de giro ($10^\circ/s$) e $0,15m/s$ de subir e descer, sendo uma dificuldade e limitação para a fabricação e para a operação de descarga. Por isso foi considerado o valor de avaliação 2.

3.2.2.4 Praticidade de desmontar

Sem esforço físico, mas com alto custo em virtude dos itens eletro-hidráulico além da necessidade de garantir a velocidade de operação acima citado, justificando então uma nota 4.

3.2.2.5 Dimensões

Atende satisfatoriamente a demanda, porém não serve para descarregar na porta lateral do baú, diferentemente da primeira alternativa (esteira de carga) que é possível atender a esta possibilidade além de ser uma estrutura robusta e cara. Sendo assim levou a nota 4.

3.2.2.6 Estética

Visualmente organizado e limpo, porém com um inconveniente de não poder ficar na parte interna do baú quando na posição de descanso justificando assim a nota 4.

3.2.2.7 Capacidade de carga

Excelente capacidade de carga, em torno de 2500kg por ciclo, e por isso recebe a nota máxima (cinco).

3.2.2.8 Velocidade de descarga

Este equipamento segue as normas da ABNT 15652 que diz que a velocidade de funcionamento não deve exceder 0,15m/s, ou seja, 0,54km/h sendo, portanto muito lento. Por isso não alcançou a nota máxima (cinco) ficando com o valor de 4.

3.3 DESENVOLVIMENTO DE MODELOS EM DESENHO

Após ter definido quais mecanismos a ser utilizados bem como a realização de esboços a mão livre do conjunto da obra, é iniciado a elaboração de desenhos em algum software de CAD. Neste trabalho cada peça do protótipo foi modelada pelo uso do software Solidworks®.

Foi utilizado o software Ftool, cuja função é determinar os efeitos das forças atuando em eixos e vigas e representá-los graficamente, auxiliando na visualização do comportamento resultante.

3.4 ANÁLISE CRÍTICA E SELEÇÃO DO CONCEITO DO EQUIPAMENTO

Nesta etapa do trabalho foi concebido dois modelos que apresentaram boas características para serem utilizados (capacidades de atender os objetivos do projeto). Eles foram avaliados quanto sua simplicidade de fabricação, segurança aos operadores, facilidade de operação, baixo custo de fabricação e de manutenção

Aqui será apresentado as características que fazem de cada um ser interessante ou inconveniente.

O primeiro modelo (Figura 16) tem como principal modo de transportar a mercadoria através do movimento de translação através do contato da base do produto com rolos transportadores e esteiras transportadoras sobre uma estrutura inclinada que faz a ligação do interior do baú do caminhão com o solo do ambiente em que o caminhão se encontra.

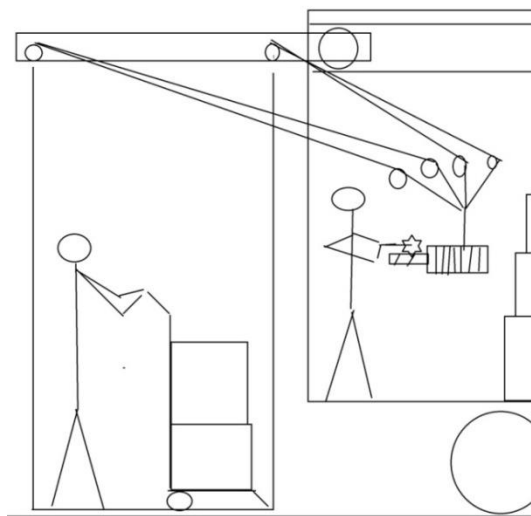
Este modelo mostrou-se ser muito atraente por ser de uma simplicidade de utilização, fabricação e operação. É uma opção que coloca somente a mercadoria em movimento, tornando-o de exclusividade no transporte de mercadorias e não de operadores, uma vez que os objetos percorrem um caminho inclinado num movimento parte acelerado e parte desacelerado num plano inclinado em relação ao solo. Isto representa também, de certa forma, uma segurança por não ser um equipamento que coloca o ser humano como parte do objeto a ser transportado e, portanto representando um grande ponto positivo numa avaliação. O inconveniente deste equipamento é de haver a necessidade de ser operado por duas pessoas.

Já no segundo conceito (Figura 15) o movimento de subir e descer das mercadorias seriam feitos com auxílio de polias móveis associados com cabos de aço revestidos que seria controlada pelo operador localizado no solo. Seu sistema de retração do baú seria semelhante a uma gaveta, através de rodízios que correriam sobre um trilho que permanece no interior do baú.

Da mesma forma que a outra opção, este também necessita de dois operadores visto que o comando de descer e subir deve ser feito, por medida de segurança, pelo operador que se encontra no solo e que está distante do caminho em que a estrutura percorre.

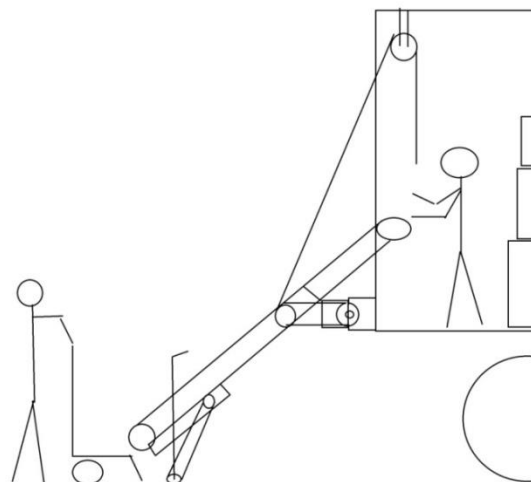
Outro ponto negativo nesta opção é a complexidade de manuseio de polias móveis e o ruído gerado quando não está sendo utilizado o equipamento enquanto o caminhão está em movimento.

Figura 15 – Segundo modelo



Fonte: Autoria própria

Figura 16 – Primeiro modelo



Fonte: Autoria própria

4 DESCRIÇÃO DO CONCEITO DO EQUIPAMENTO

O modelo selecionado é o primeiro e ele funciona da seguinte forma:

Uma pessoa é responsável por selecionar e alimentar a máquina com as mercadorias utilizando esforço físico para levantar, colocar e soltar a mercadoria sobre os rolos que conduzirá por gravidade o objeto até o carrinho transportador de caixas que estará apostado no fim de curso para receber as mercadorias.

Já o segundo operador, fica encarregado de controlar o recebimento das mercadorias sobre o carrinho, empilhando as caixas ou sacos no mesmo, e controlando o freio para desacelerar o objeto por meio do atrito entre a sapata de freio e os tubos dos roletes. Dessa forma a mercadoria sai do equipamento para o carrinho com uma velocidade suficiente para cair e permanecer empilhada. Este mesmo operador controla a inclinação da esteira através de uma alavanca que aciona por rotação uma peça que funciona semelhante a um came fazendo com que o rodízio que possui entre em contato com o solo e comece a percorrer se aproximando do operador por um trajeto sobre o solo e ortogonal ao carrinho de empilhar. Assim, a estrutura do equipamento eleva-se até a altura desejada pelo operador. A mesma alavanca que controla a altura da esteira possui em seu eixo uma catraca manual reversa que faz a função de impedir que a estrutura desça de forma não desejada e sem controle.

Composto por três quadros que comportam os roletes transportadores sendo o quadro 1 aquele que pode ficar na posição de funcionamento paralela aos demais quadros ou ficar na posição horizontal para receber as mercadorias situadas próximas do fundo do baú do caminhão. Isso graças a mão francesa desmontável, que se encontra fixada por parafusos nas peças chama de PÉ BASE, que são aquelas fixadas também por parafusos na estrutura do baú. O quadro 2 é aquele que está ligado ao pé base por pinos e que faz o movimento de rotação. O quadro 3 faz função de correr sob o quadro 2 para alcançar o solo podendo ser regulado para avançar ou recolher conforme desejar os operadores através de um pino passante aos quadros 2 e 3.

Dois amortecedores serão utilizados para limitar e suavizar o movimento de abrir o conjunto (um movimento rotacional em relação às peças pé base), sendo que

as extremidades das hastes dos amortecedores serão fixadas na peça quadro 2 e as outras extremidades dos amortecedores serão fixados nas peças pé base.

4.1 POSIÇÃO DE OPERAÇÃO DO FUNCIONÁRIO

O operador deverá alimentar a máquina para retirar a mercadoria do caminhão. Isto é feito no interior do baú na posição do operador em pé. O funcionário do estabelecimento ficara encarregado de receber a mercadoria do outro lado da máquina, mantendo-se também, na posição em pé.

Devem serem respeitadas rigorosamente as normas de ergonomia no trabalho, devendo a máquina suportar a carga estática e dinâmica das mercadorias, e ao mesmo tempo, manter uma altura de operação ideal para a integridade física dos operadores.

4.2 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO

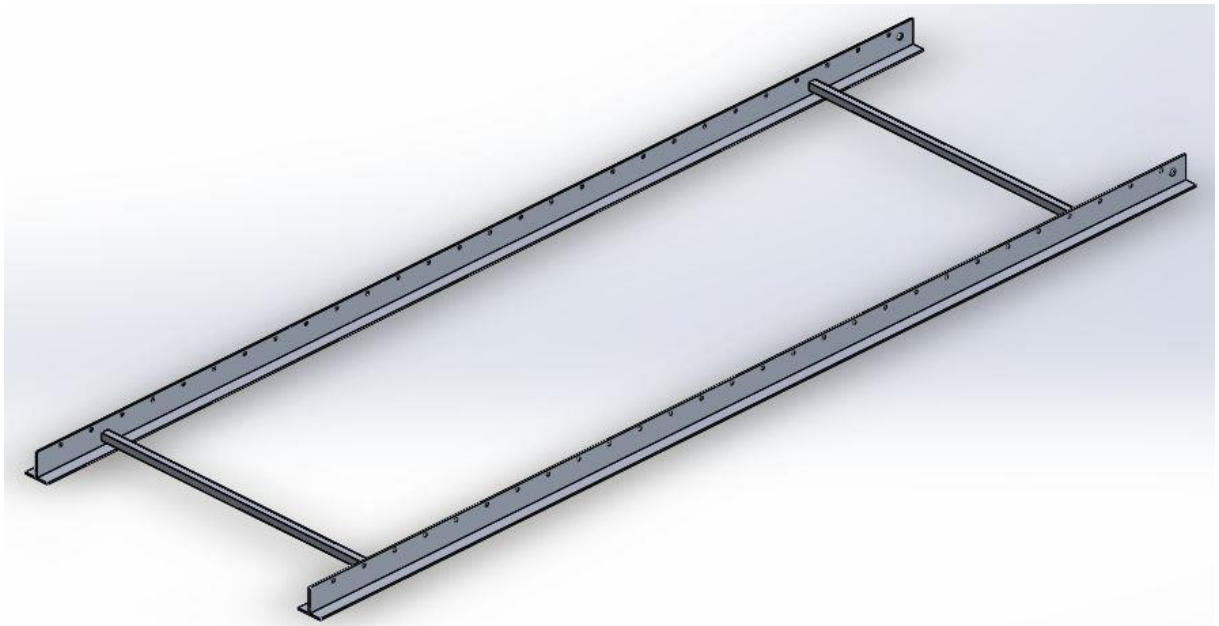
Foi considerado sempre o pior caso para os cálculos visando ser o mais conservador possível e evitar possíveis falhas. Desta forma definiu-se as seguintes condições limitantes para este projeto:

- Carga máxima: 120kg (um saco de batata de 60kg mais um fator de segurança para carga máxima de 2)
- Largura máxima considerada do produto a ser transportado é de 0,6 m.
- Atender as exigências das normas de ergonomia (NR-17), de segurança do trabalho (NR-12), e a NBR 15652 Implementas rodoviários – Plataforma elevatória de carga para instalação em veículos automotores de transporte de mercadorias -Requisitos de segurança.
- Altura de trabalho em pé

- Altura das alavancas de comando confortáveis para o manuseio do operador em pé.
- Dimensões de referência da porta do baú aqui utilizada serão de 2500mm de largura por 3000mm de altura.

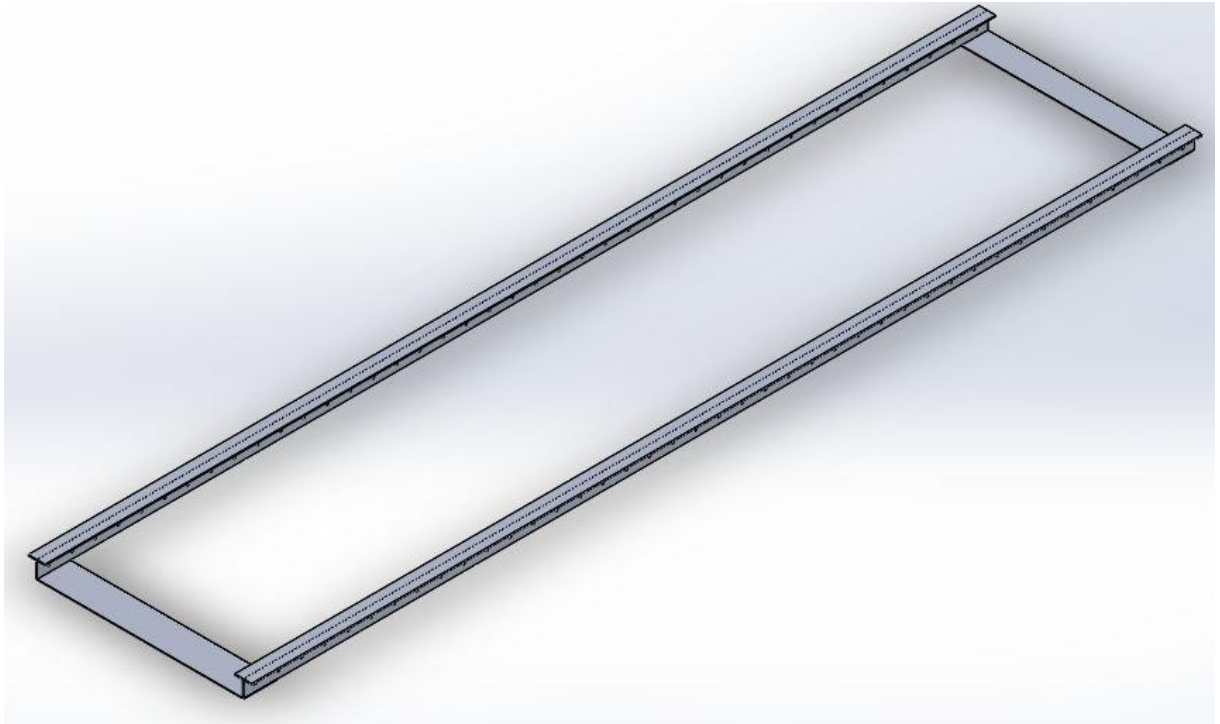
O valor máximo estabelecido de esforço manual do operador é de 250N e para vencer a inércia estática, não deve exceder 350N. Deve possuir um sistema que impeça que a carga role involuntariamente para fora das bordas do equipamento e este dispositivo deve ter uma altura mínima de 50mm. Todos os movimentos devem ter um fim de curso por dispositivos mecânicos. Durante a posição de descanso (ou de transporte) a máquina deve estar travada de forma segura, que impeça quaisquer movimentos. Dispositivos que impeçam o esmagamento ou cisalhamento do operador ou pessoas perto (ABNT, 2009).

Figura 17 – Quadro 1 – vista Isométrica



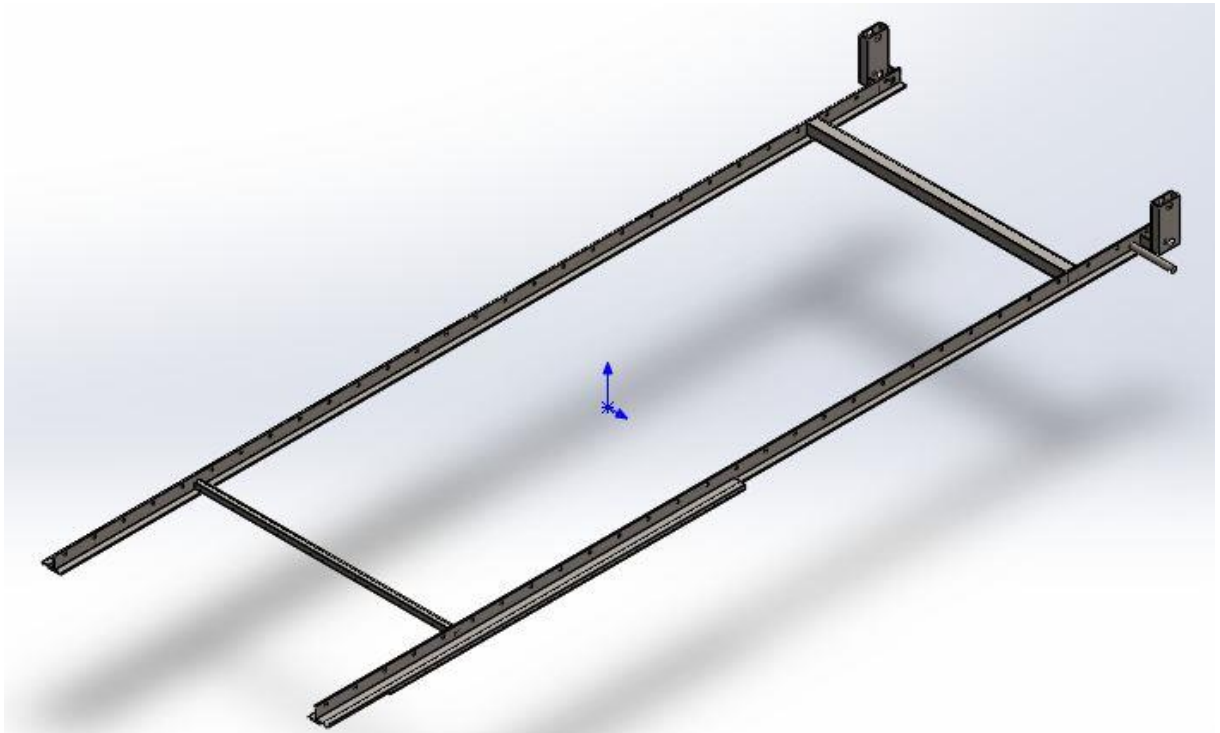
Fonte: Autoria própria

Figura 18 – Quadro 3 – vista Isométrica



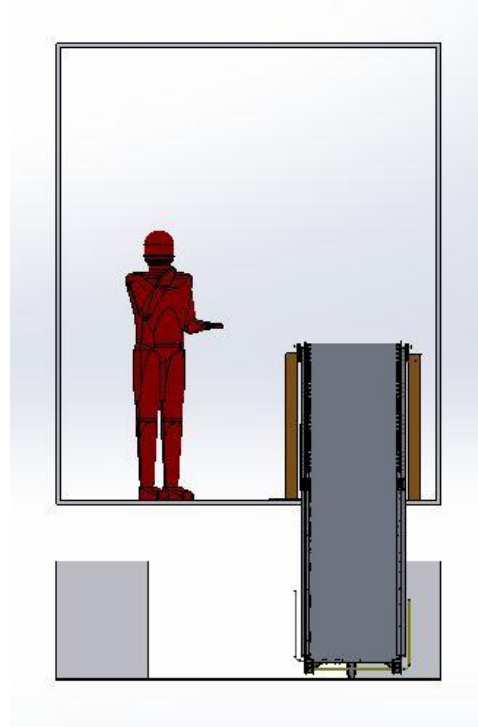
Fonte: Autoria própria

Figura 19 – Quadro 2 – vista Isométrica



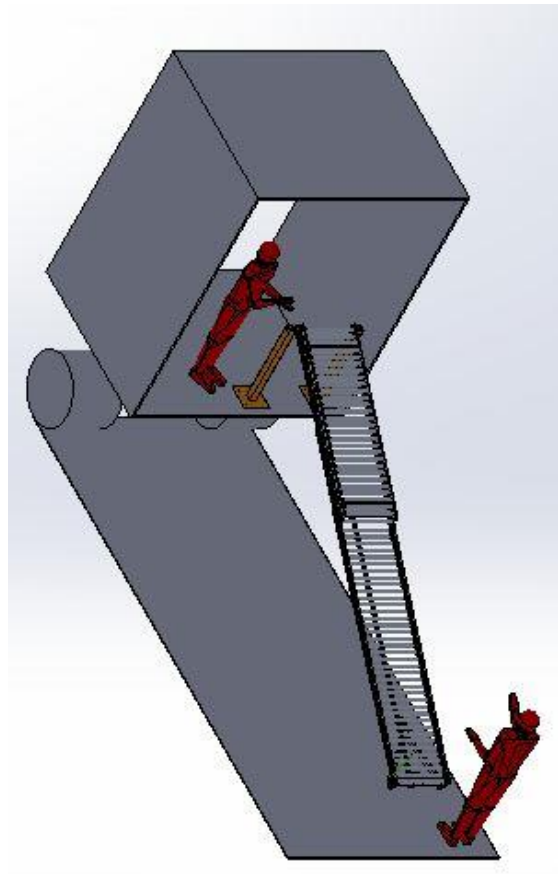
Fonte: Autoria própria

Figura 20 – Vista frontal do conceito na posição de trabalho



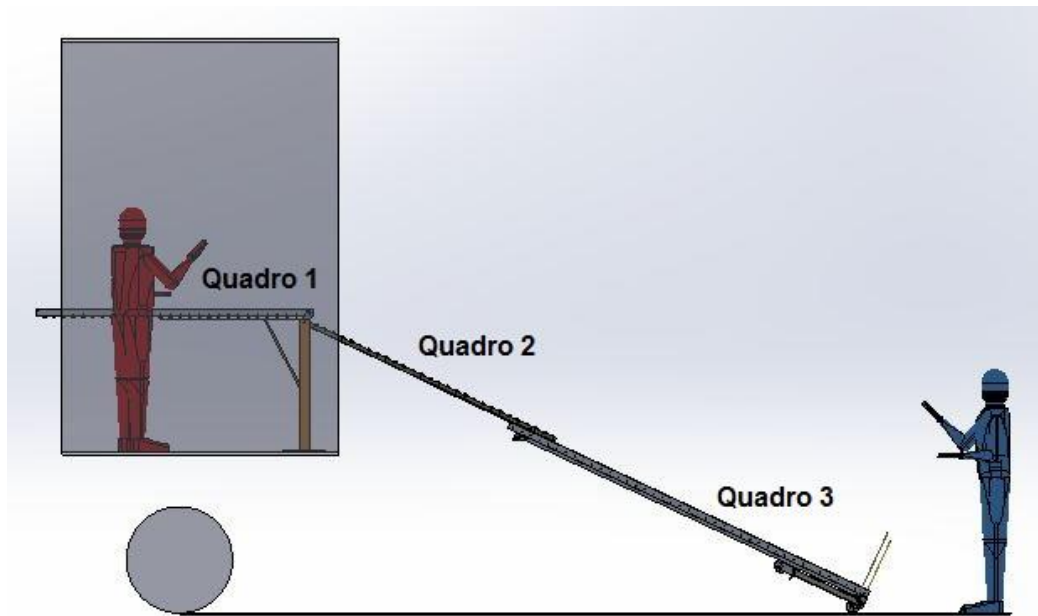
Fonte: Autoria própria

Figura 21– Vista num outro ângulo



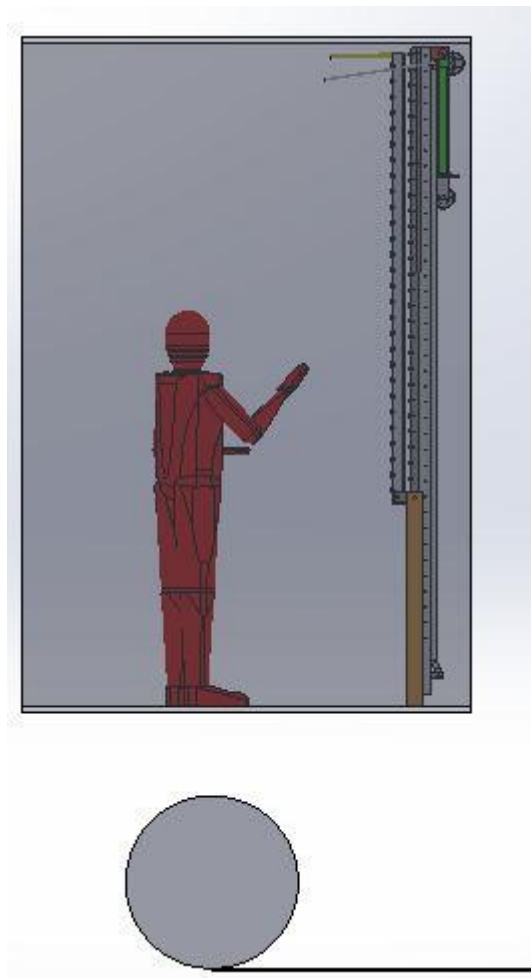
Fonte: Autoria própria

Figura 22 – Vista lateral



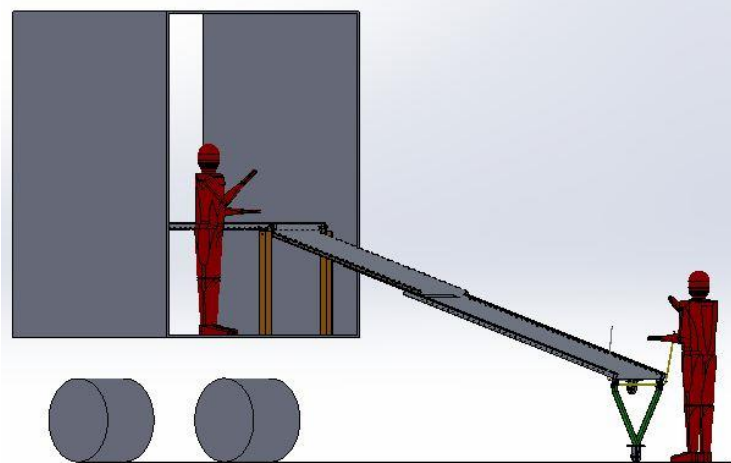
Fonte: Autoria própria

Figura 23 – Vista lateral na posição de transporte



Fonte: Autoria própria

Figura 24 – Vista isométrica na posição de transporte com altura mais elevada



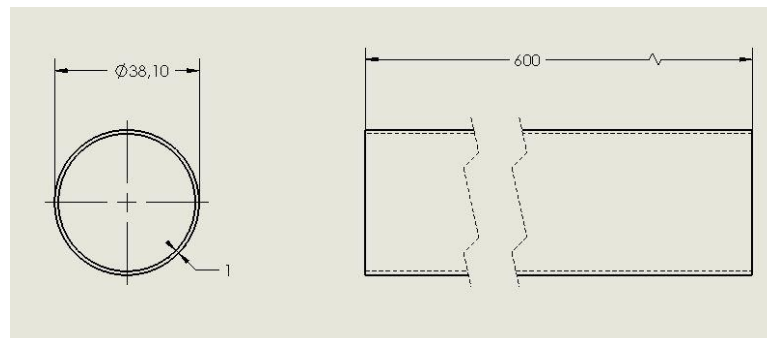
Fonte: Autoria própria

4.3 DIMENSIONAMENTO DOS ROLETES DE MOVIMENTAÇÃO

Para dimensionar os roletes foi escolhido como a carga crítica um saco de batata de 60kg. Este saco mede 1m de comprimento por 0,6m de largura. Esses valores de comprimento e largura foram adotados para a distribuição de cargas sobre os roletes.

Para o dimensionamento dos roletes considerou-se um tubo redondo com 38,1 mm de diâmetro por 1mm de parede, como mostrado na Figura 25. Toda a massa do saco de batata foi multiplicada por dois como medida de fator da segurança e, dividido este valor por um total de 14 roletes igualmente espaçados entre si em 70mm (de centro a centro dos roletes).

Figura 25 – Dimensões do rolete



Fonte: Autoria própria

Em 1 metro tem-se 14 roletes considerando um diâmetro externo de 38,1 mm mais uma distância de 70mm entre centros. Então são 60kg x 2 como fator de segurança dividido pelo número de roletes em que o saco de batata está apoiado, totalizando 8.57 kg para cada rolete. Então a carga distribuída sobre os roletes $8,57\text{kg} \times 9,81\text{m/s}^2$ (aceleração da gravidade) dividido por 0,6m que é o comprimento de cada rolete resultando numa carga distribuída de 140,14N/m conforme Figura 26.

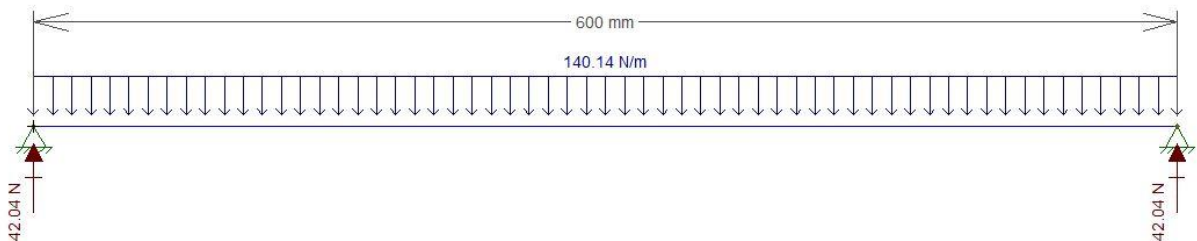
Com este valor calculou-se as reações (R) sobre as duas extremidades de apoio:

$$R = \frac{8,57\text{kg} * 9,81\text{m/s}^2}{2} = 42,03 \text{ N} \quad (18)$$

A carga distribuída (CD) sobre cada rolete ficou:

$$CD = \frac{\frac{60\text{kg} * 2 * \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2}}{14\text{n}^\circ \text{ roletes}}}{0,6\text{m}} = 140,14\text{N/m} \quad (19)$$

Figura 26 – Dimensões do rolete



Fonte: Autoria própria

Na seção crítica do rolete o momento fletor máximo é igual a -6.30 N.m de acordo com a equação 20 do momento fletor e o valor de x correspondente 300mm (a metade do comprimento do rolete). Com isso é possível calcular a tensão de flexão máxima nesta seção conforme descrito nas equações 21 a 23.

$$M = -\frac{140.14}{2}x^2 \quad (20)$$

Tensão no momento fletor (σ), C distancia entre ponto a ser analisado e a linha neutra do perfil e I momento de inércia de área.

$$\sigma = \frac{M * C}{I} \quad (21)$$

$$M = 6,306429 N.m \quad (22)$$

$$C = \frac{38,1mm}{2} = 0.01905m \quad (23)$$

$$I = 2,0067673522749967 * 10^{-8} m^4 \quad (24)$$

Finalmente, $\sigma = 5,9866 * 10^6 Pa$

Então é feita a verificação se o resultado pelo método de falha por von Mises é menor que o valor da tensão de escoamento do material dividida pelo fator de segurança. Considerou-se que foi escolhido o pior ponto da seção, na extremidade superior vulgo Ponto A, onde não existe tensão cisalhante, somente momento fletor. Calculou-se então, a tensão equivalente de Von Mises e comparou-se com a tensão de escoamento, dividido pelo fator de segurança, para várias opções de materiais e perfis. Os resultados para o perfil aprovado são observados no Quadro 4, onde verifica-se utilizando alumínio em tubos com diâmetro externo de 38,1 mm com 1 e 3,17 mm de espessura não tem-se a falha.

Quadro 4 – Valores encontrados para o dimensionamento do rolete

	ROLETES
TIPO DE PERFIL	TUBO REDONDO
MEDIDAS DO PERFIL(mm)	38,1 X 1
MATERIAL	ALUMÍNIO 6063-T5
ESCOAMENTO (Mpa)	1,450E+08
PONTO	PONTO A
C	0,01905
Momento de Inércia de Área I (m⁴)	2,01E-08
MOMENTO (N.m)	6,131
SIGMA1	5,99E+06
SIGMA2	0
VONMISSES (Mpa)	5,99E+06
RESULTADO	APROVADO
F.S.	24
MASSA DO TUBO (kg)	0,189

Fonte: Autoria própria

A partir do Quadro 4 pode-se concluir que a melhor opção e também a escolhida para compor o tubo dos roletes é o tubo redondo de 38,1 por 1mm de parede e de comprimento 600mm feito da liga de alumínio 6063-T5. O motivo da escolha foi porque apresentou para as condições de trabalho um fator de segurança de 24 e uma massa por unidade de tubo de 0,189 kg, proporcionando segurança devido ao elevado fator de segurança encontrado (24) e pela leveza uma vez que por metro terá 14 tubo de 0,189 kg a unidade, ou seja, 2,646 kg por metro de massa somente de tubos dos roletes.

4.4 DIMENSIONAMENTO EIXOS DOS ROLETES

Eixos foram considerados engastados (por serem preso por ruelas e porcas) numa extremidade e, na outra, em balanço.

Os tubos de roletes serão fixados por ajuste e interferência entre bucha de fixação de náilon 101 e tubo de rolete, entre bucha de náilon 101 e rolamento e, entre rolamento e eixo do rolete;

A carga localizada na extremidade em balanço é representada pelo valor em Newton que cada rolete suporta dividido por dois (dois apoios) calculado e obtido na seção anterior de valor 42.03N adicionado ao valor dividido em 2 (dois apoios) em Newtons correspondente ao conjunto rolete composto por um tubo, dois rolamentos e duas buchas de valor 1.221N que totaliza 43.143N conforme equação 25 e 26.

$$P = \left[\frac{((m_b + m_r)2 + m_t)g}{2} \right] + R \quad (25)$$

Onde:

m_b é a massa da bucha de fixação

m_r é a massa do rolamento usado nos roletes

m_t é a massa do tubo dos roletes

g é a aceleração da gravidade

R é a reação dos roletes sobre os eixos

$$P = \left[\frac{((0.007 + 0.012)^2 + 0.189)9,81}{2} \right] + 42.03 = 43.143N \quad (26)$$

Visando redução de massa, os roletes serão apoiados por dois eixos independentes posicionados nas extremidades de cada tudo de rolete;

Aço 1020 laminado a frio foi o material escolhido para fabricação dos eixos dos roletes devido sua facilidade de encontrar no comércio.

Utilizando as equações 1, 3 e 21 considerando os eixos dos roletes como vigas estáticas e contínuas, considerando os eixos sem variações de diâmetro para receber rosca e alojar o rolamento foi possível obter os seguintes valores:

Quadro 5 - Dados pertinentes dos eixos dos roletes

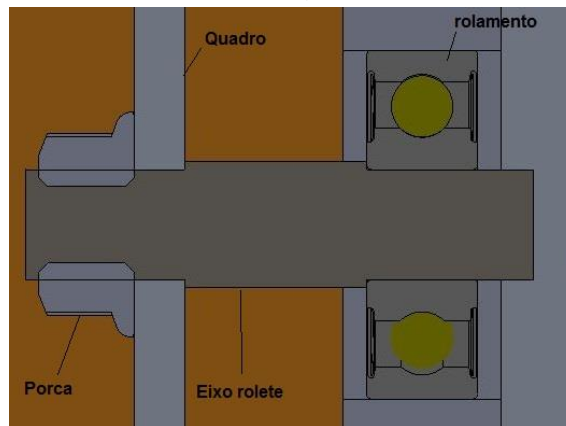
	EIXOS ROLETES
TIPO DE PERFIL	BARRA REDONDA
MEDIDAS DO PERFIL(mm)	DIAMETRO 6
MATERIAL	AÇO 1020
ESCOAMENTO (Mpa)	3,500E+08
PONTO	PONTO A
C	0,003
Momento de Inércia de Área I (m⁴)	6,36173E-11
MOMENTO (N.m)	0,67344
SIGMA1	0
SIGMA2	-1,22E+08
VONMISSES (Mpa)	1,22E+08
RESULTADO	APROVADO
F.S.	11

Fonte: autoria própria

Sendo assim, o comprimento total do eixo ficou 11,5 (referente a distância da borda do rolamento até a superfície dos quadros de apoios dos conjunto dos roletes) +3,5 (referente a metade da largura do rolamento) *3 (refere-se a largura do rolamento mais metade da sua largura) +7 (referente ao comprimento para receber as porcas para a fixação)+3 (referente a espessura da parede dos quadros) = 32mm.

Para obter os resultados do Quadro 5 acima, foi considerado apenas 15mm de comprimento (11,5 distância entre rolamento e quadros de suporte dos conjuntos de roletes mais 3,5 referente a metade da largura do rolamento), afinal é apenas neste trecho que ocorre a presença do momento fletor e da cortante que possui o mesmo valor da força atuante de 43.143N. Porém foi utilizado o ponto A da pior seção analisada que está localizado na parte superior tangente ao eixo na seção mais crítica que se encontra no engaste eixo dos roletes e quadros de apoios. Para ficar mais claro na Figura 27 mostra como será a montagem do conjunto:

Figura 27 – Representação em corte do conjunto montado

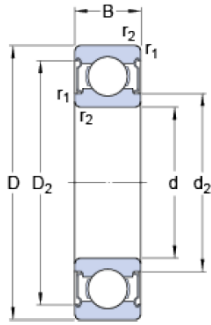


Fonte: Autoria própria

4.5 SELEÇÃO DO ROLAMENTO DOS ROLETES

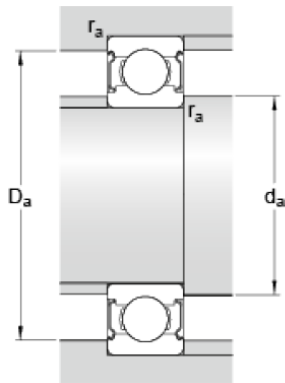
Foi escolhido o rolamento W 627-2z, uma vez que atende o diâmetro interno de 7mm (determinado na seção anterior) para alojar e segurar o eixo dos roletes. Este rolamento possui vedação 2Z, ou seja, vedação nos dois lados (veja Figura 29).

O rolamento escolhido possui uma capacidade de carga estática de 0,78KN (ver Figura 30), sendo muito superior carga para o dimensionamento do rolo (43,143N), ou seja, temos uma carga de projeto bem longe do limite de projeto do rolamento. Sua colocação será por ajuste e interferência, pois como pode ser observado o diâmetro interno (ver Figura 29) do rolamento bem como o diâmetro em que será montado será de 7mm.

Figura 28 – Dados dimensionais

d	7	mm
D	22	mm
B	7	mm
d_2	≈ 10.5	mm
D_2	≈ 19.03	mm
$r_{1,2}$	min. 0.3	mm

Fonte: Rolamentos SKF

Figura 29 – Dados de ajuste

d_a	min. 9	mm
d_a	max. 10.4	mm
D_a	max. 20	mm
r_a	max. 0.3	mm

Fonte: Rolamentos SKF

Figura 30 – Dados para cálculos

Classificação de carga dinâmica básica	C	1.99	kN
Classificação de carga estática básica	C_0	0.78	kN
Limite de carga de fadiga	P_u	0.034	kN
Velocidade de referência		75000	r/min
Velocidade-limite		38000	r/min
Fator de cálculo	k_r	0.03	
Fator de cálculo	f_0	7.2	

Massa

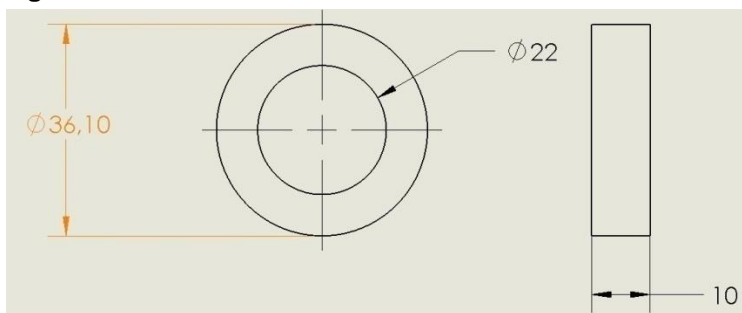
Massa do rolamento	0.012	kg
--------------------	-------	----

Fonte: Rolamentos SKF

4.6 SELEÇÃO BUCHA DE FIXAÇÃO DOS ROLAMENTOS DOS ROLETES

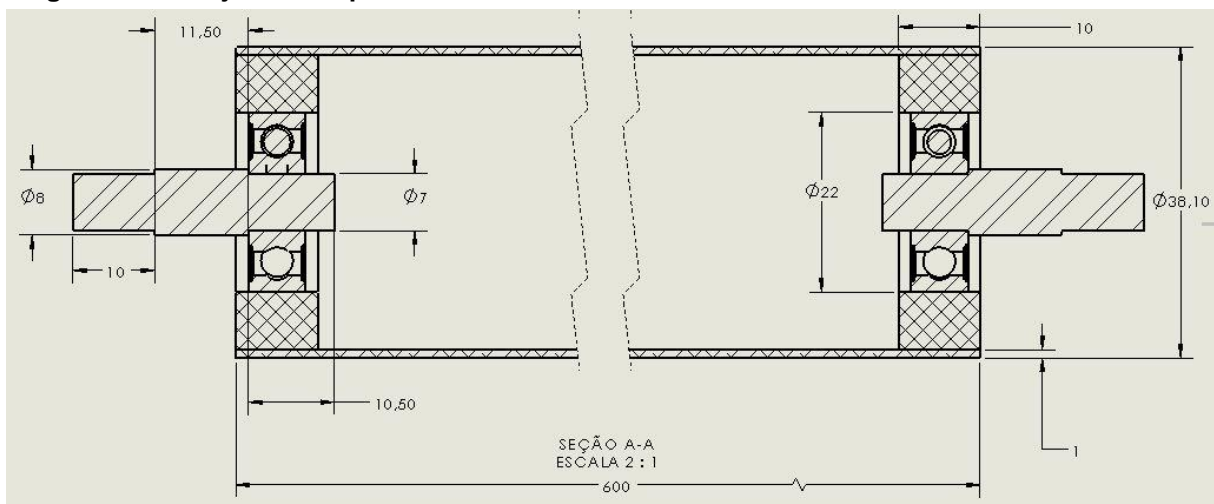
Com diâmetro externo do rolamento dos roletes de 22mm, e o diâmetro interno dos tubos dos roletes de 36,1mm, é necessário a utilização de uma bucha de fixação. Esta será fabricada por usinagem de um tarugo de nylon de 38,1mm de diâmetro como pode ser observado na Figura 31.

Figura 31 – Bucha de náilon 101



Fonte: Autoria própria

Figura 32 – Conjunto completo do rolete



Fonte: Autoria própria

Na Figura 32 demonstra detalhadamente como ficará disposto o conjunto rolete. Composta por um tubo de 38,1mm de diâmetro por 1mm de parede medindo 600mm de comprimento no material liga de alumínio 6063-T5, dois rolamentos modelo W 627-2z, duas bucha de náilon 101 e dois eixos de aço 1020 com 32mm de comprimento e seções de diâmetro de 6, 7 e 8mm, apresentam os seguintes

resultados de massa respectivamente: 0,189kg, 0,012kg cada, 0,007kg cada e dois eixos 0,011kg cada. Portanto, o conjunto apresenta uma massa total de 0,249kg.

4.7 DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DOS QUADROS DE APOIO DOS ROLETES

4.7.1 Cálculo de esforços externos das vigas

Os quadros para sustentação dos roletes estão sujeitos a esforços de flexão. É observado nas figuras 17, 18 e 19 os desenhos dos quadros 1, 2 e 3.

A situação mais crítica para os quadros 2 e 3 são para o ângulo formado com a horizontal de 20°. Nesta posição, a carga (P) que age sobre os roletes se decompõe em duas componentes, normal e axial aos quadros, sendo que a força normal é responsável por gerar esforço de flexão, aqui chamada de componente P_y :

$$P_y = P * \cos \theta_c \quad (27)$$

Onde:

P_y = componente y da carga distribuída para cada rolo sobre a viga

θ_c = ângulo crítico de inclinação da viga em relação a horizontal

P = carga recebida por cada rolo

O carregamento correspondente as massas das mercadorias sobre as vigas (P_c), será dividido por dois, uma vez que o carregamento será suportado por duas vigas. O valor da carga P_c considerada no dimensionamento dos quadros foi determinado conforme a seguir:

$$P_c = \frac{(m_c F S g)}{2n_r} \quad (28)$$

m_c = massa crítica de referencia

FS = fator/coeficiente de segurança para o carregamento

g = aceleração da gravidade

n_r = número de roletes em que a carga será distribuída

P_c = carga considerada sobre cada rolete

$$P_c = \frac{(60 * 2 * 9.81)}{2 * 14} = 42.04N \quad (29)$$

O carregamento sobre as vigas correspondente somente ao conjunto rolete é calculado e descrito nas equações a seguir:

$$P_r = \frac{[(m_r + m_b + m_E)2 + m_t]g}{2} \quad (30)$$

Onde:

m_r = massa de uma unidade do rolamento utilizado no conjunto rolete

m_b = massa de uma unidade da bucha de fixação utilizado no conjunto rolete

m_E = massa de uma unidade do eixo utilizado no conjunto rolete na fixação sobre os quadros

m_t = massa do tubo utilizado no conjunto rolete

g = aceleração da gravidade

P_r = carga do conjunto rolete sobre a viga

$$P_r = \frac{[(0.012 + 0.007 + 0.011)2 + 0.189]g}{2} = 1.221N \quad (31)$$

No quadro 1, apesar de poder ser utilizado também num carregamento inclinado, optou-se por calcular apenas na posição de solicitação mais severa. Este caso é observado quando na posição horizontal e com o saco de batata totalmente apoiado nos 14 primeiros roletes da extremidade do quadro. Por isso para o quadro um foram utilizados somente as equações 28, 29, 30 e 31.

Para os quadros 2 e 3, em que a carga atuante sobre as vigas está num plano inclinado e será utilizado para os cálculos de dimensionamento das vigas somente as componentes y que atuam perpendicular às vigas é calculado conforme as equações 32 e 33 para o conjunto rolete:

$$Pr_y = Pr \cos \theta_c \quad (32)$$

Pr_y = Componente y da carga do conjunto rolete sobre a viga

θ_c = Ângulo crítico de inclinação da viga em relação a horizontal

$$Pr_y = 1.221 * \cos 20 = 1.147N \quad (33)$$

Para os pontos do quadro 1 em que recebem a carga do conjunto rolete mais a carga das mercadorias, é calculado conforme as equações 34 e 35:

$$Prc = Pr + Pc \quad (34)$$

Prc = carga total atuante sobre a viga referente a cada conjunto rolete mais a carga considerada sobre cada rolete

Pr = Carga do conjunto rolete sobre a viga

Pc = Carga considerada sobre cada rolete

$$Prc = 1.221 + 42.04 = 43.261N \quad (35)$$

Tanto para os quadros 2 e 3, são considerados a componente y da carga P devido ao plano inclinado. A razão disso é que a componente y age perpendicularmente sobre a superfície de apoio e sua componente x age paralelamente a superfície de apoio causando uma força para os rolos que resulta no torque, que por sua vez faz rotacionar os rolos. A componente y foi calculada conforme as equações 36 e 37 para os pontos em que a viga recebe a carga da mercadoria mais a do próprio peso do conjunto rolete:

$$Prc_y = Prc * \cos \theta_c \quad (36)$$

Prc_y = componente y da carga total atuante sobre a viga referente a cada conjunto rolete mais a carga considerada sobre cada rolete

Prc = Carga total atuante sobre a viga referente a cada conjunto rolete mais a carga considerada sobre cada rolete

θ_c = Ângulo crítico de inclinação da viga em relação a horizontal

$$Prc_y = 43.261 * \cos 20 = 40.652N \quad (37)$$

4.7.2 Cálculo de esforços internos das vigas

Para os cálculos de esforços internos das vigas foi considerada a carga dos rolos como um carregamento concentrado sobre cada apoio dos roletes sobre os Quadros 1, 2 e 3. Estes carregamentos foram calculados nas equações 28 a 37 e organizados seus resultados na tabela1 abaixo:

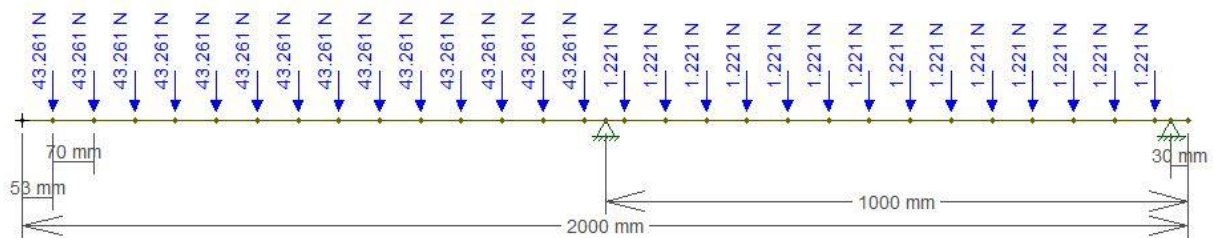
Tabela 1 – Dados utilizados no dimensionamento dos Quadros 1, 2 e 3.

	Quadro 1	Quadro 2	Quadro 3
Carga do conjunto rolete (P_r)	1.221 N	-	-
Componente y da carga do conjunto rolete (P_{r_y})	-	1.147 N	1.147 N
Carga total atuante (P_{rc})	43.261 N	-	-
Componente y da carga total atuante (P_{rc_y})	-	40.652 N	40.652 N

Fonte: Aatoria própria

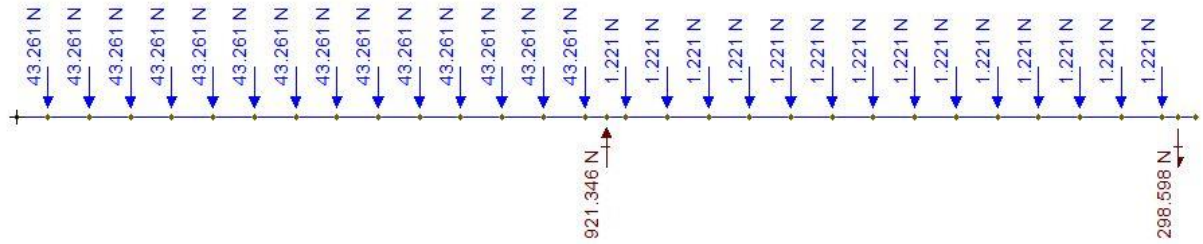
A partir dos dados da tabela 1 juntamente com o espaçamento definido entre os roletes de 70 mm e o comprimento dos quadros 1, 2 e 3 de 2000mm, 2020mm e 2870mm respectivamente foi possível elaborar os gráficos de momento fletor, das cargas atuantes e suas reações apresentados nas figuras33a 41abaixo:

Figura 33 – Representação do carregamento do Quadro 1



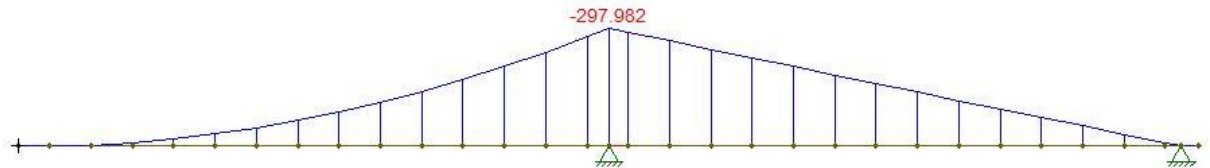
Fonte: Aatoria própria

Figura 34 – Carregamento com as reações de apoio do Quadro 1



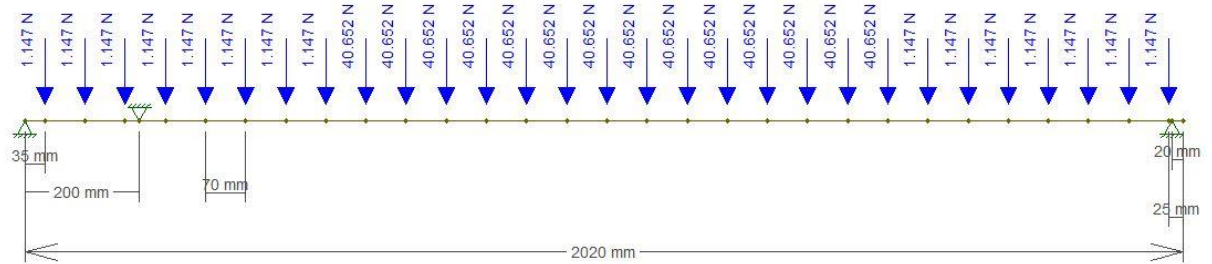
Fonte: Autoria própria

Figura 35 – Gráfico do momento fletor do Quadro 1 - seção mais crítica da viga dado em N.m.



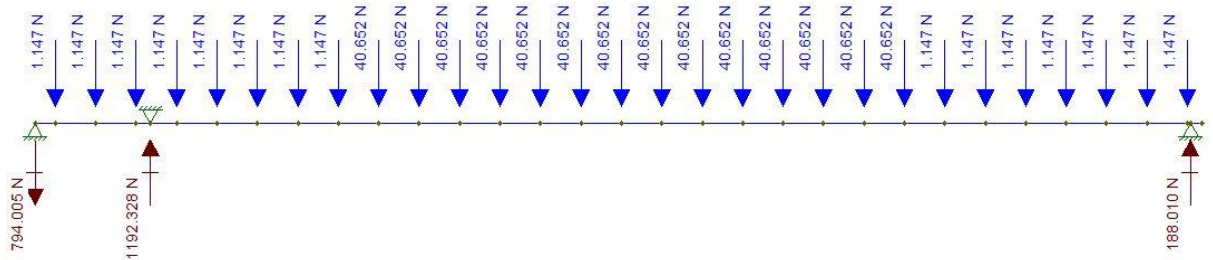
Fonte: Autoria própria

Figura 36 – Representação do carregamento do Quadro 2



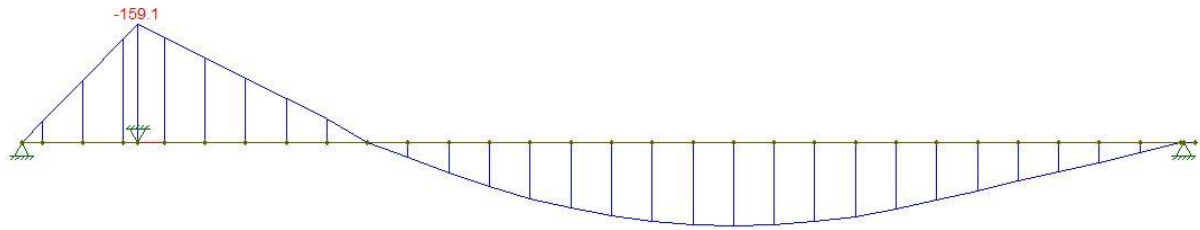
Fonte: Autoria própria

Figura 37 – Carregamento com as reações de apoio do Quadro 2



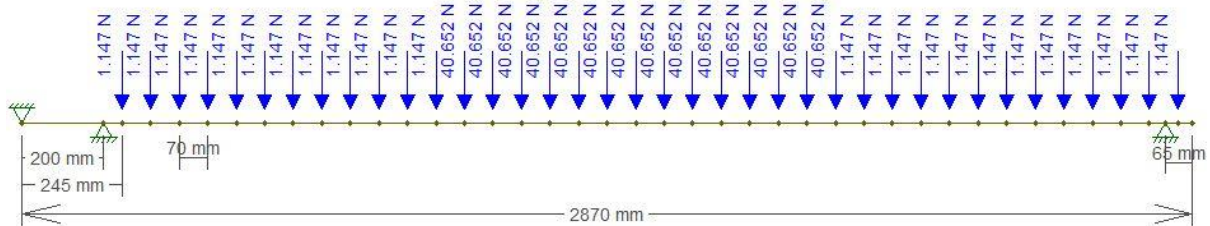
Fonte: Autoria própria

Figura 38 – Gráfico do momento fletor do Quadro 2 - seção mais crítica da viga dado em N.m.



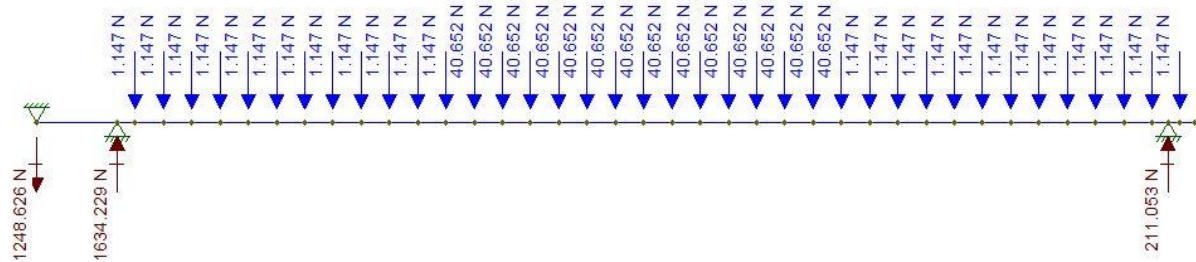
Fonte: Autoria própria

Figura 39 – Representação do carregamento do Quadro 3



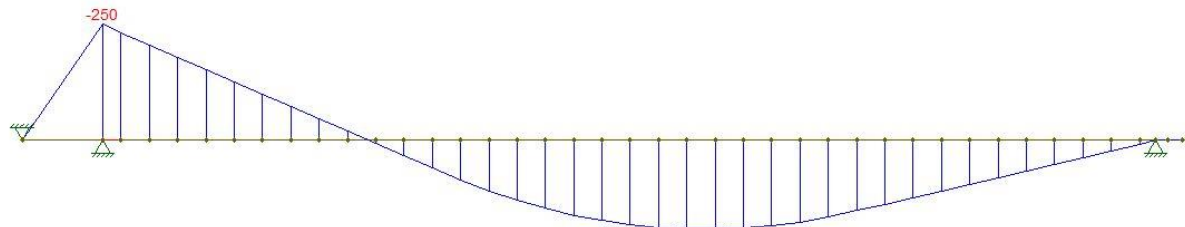
Fonte: Autoria própria

Figura 40 – Carregamento com as reações de apoio do Quadro 3



Fonte: Autoria própria

Figura 41 – Gráfico do momento fletor do Quadro 3 - seção mais crítica da viga dado em N.m.



Fonte: Autoria própria

4.8 SELEÇÃO DO PERFIL DAS VIGAS

Para o cálculo e seleção do perfil vigas, seguiu o mesmo procedimento utilizado no dimensionamento dos roletes, onde foi comparada a tensão equivalente de Von Mises com a tensão de escoamento do material dividido pelo fator de segurança. A tabela 2 apresenta os dados utilizados bem como os resultados obtidos nos cálculos das vigas que compõem o equipamento.

Tabela 2 – Dados técnicos dos Quadros do equipamento

	QUADRO 1	QUADRO 2	QUADRO 3
Tipo de perfil	T	T	T
Medidas do perfil (mm)	50,8 X 50,8 X 3,18	31,75 x 31,75 x 3,18	50,8 X 50,8 X 3,18
Material	ALUMÍNIO 6063-T5	AÇO 1015	ALUMÍNIO 6063-T5
Escoamento (MPa)	1,450E+08	3,250E+08	1,450E+08
Ponto	PONTA A	PONTO E	PONTO A
C	0,01388	2,265E-02	1,390E-02
Momento de inércia de área I (m⁴)	7,92E-08	1,83E-08	7,92E-08
Momento (N.m)	-298	-159,1	-250
Sigma1	0,00E+00	0,00E+00	7,92E+07
Sigma2	-5,22E+07	-1,97E+08	0,00E+00
Von misses (MPa)	5,22E+07	1,97E+08	7,92E+07
Resultado	APROVADO	APROVADO	APROVADO
Fator de segurança F.S.	2,7	1,65	3,3
Massa do quadro (kg)	3,708	9,739	5,43
Número de roletes	28	29	38
Massa do conjunto quadro mais roletes (kg)	10,68	16,96	14,892
Massa total dos três quadros com os roletes (kg)	42,532		

Fonte: Autoria própria

4.9 SISTEMA DE TRAVAMENTO E REGULAGEM DE ALTURA NO FIM DO PERCURSO DA MERCADORIA

O dispositivo escolhido para a realização da função de travar e regular a altura em que a mercadoria deixa a esteira (no conjunto quadro 3) chama-se catraca reversa manual. Na Tabela 3 estão os dados técnicos deste dispositivo juntamente com sua imagem na Figura 42:

Tabela 3 – Ficha técnica – Catraca reversa manual

Características técnicas	
Torque nominal (N.m)	20 a 44300
Rotação (RPM)	150 a 2900
Diâmetro do eixo (mm)	8 a 150

Fonte: (CATRACASTTF, 2010)

Figura 42 – Catraca reversa manual



Fonte: (CATRACASTTF, 2010)

O operador que se encontra no solo, aguarda e ajeita as mercadorias que saem do quadro 3 e “caem” sobre o carrinho transportador de mercadorias. Mas para isso, a regulagem de altura vem para facilitar o ato de empilhar as mercadorias sobre o carrinho transportador e também minimizar a possibilidade de danificação das mercadorias, através da redução da diferença de nível de altura entre a extremidade do conjunto QUADRO 3 e a superfície em que será armazenada .

O sistema de regulagem de altura funciona da seguinte maneira:

O operador que se encontra no solo regula a altura da extremidade final do QUADRO 3 em que a mercadoria deixa o equipamento e “cai” sobre o carrinho transportador. Para isso, esse operador fará esta extremidade subir para acompanhar a altura em que se encontra empilhado as mercadorias sobre o carrinho. É necessário que o operador puxe a alavanca de regulagem num

movimento de vai e volta para subir o conjunto. Por causa da catraca, o conjunto só terá o movimento de subir apenas num sentido do movimento da alavanca, e o outro, é um movimento em falso, apenas para retomar o engrenamento da catraca.

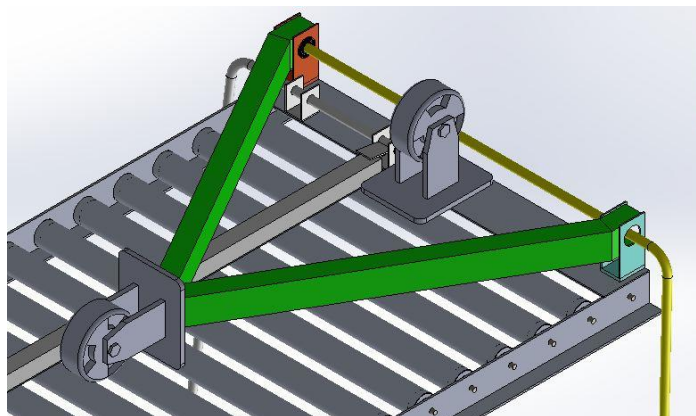
À medida que o conjunto do QUADRO 3 sobe, as mercadorias “caem” uma sobre as outras no carrinho. É claro que mesmo assim o operador terá, quando necessário, ajeitar melhor o encaixe do empilhamento sobre o carrinho com suas próprias mãos.

A explicação do movimento de subir e descer do conjunto do QUADRO 3 está no movimento angular da peça chamada PÉ ROTACIONAL Q3. Graças ao contato do rodízio com o solo, juntamente com este movimento angular, o rodízio aproxima-se ou afasta-se do carrinho com as mercadorias empilhadas. Para realizar o movimento de subir o QUADRO 3, o rodízio desloca-se sobre o solo em direção a extremidade inferior do mesmo quadro graças ao acionamento de giro da catraca pela alavanca. Já para descer o rodízio move-se na direção contrária da subida, ou seja, move-se na direção da parte superior do QUADRO 3.

Quando desejar descer o conjunto QUADRO 3, o operador deve antes de acionar a alavanca, girar a chave de sentido de rotação localizado na face externa da catraca bem abaixo do QUADRO 3 e, concêntrico com o eixo da alavanca de regulagem como mostrado nas Figuras 44 e 46 com a cor rosa.

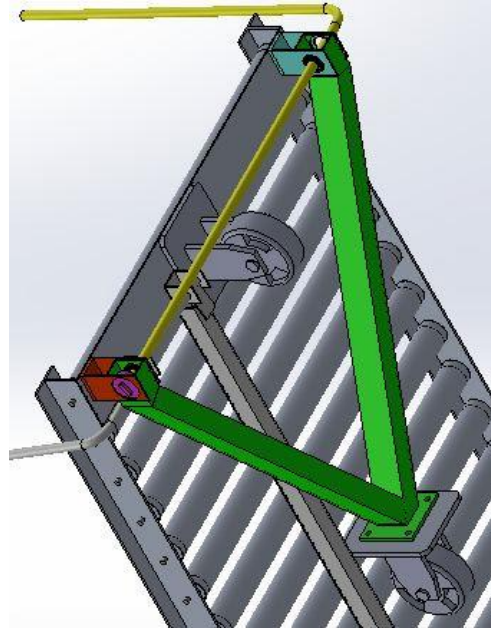
Os componentes do sistema de travamento e regulagem de altura estão evidenciados por cores nas Figuras 43 a 51 para melhor visualização.

Figura 43 – Vista isométrica da parte inferior do conjunto regulagem de altura



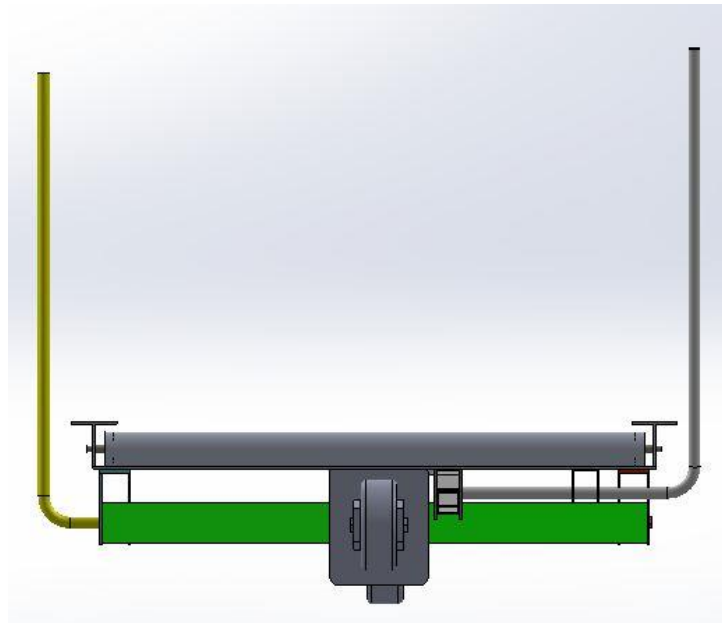
Fonte: Autoria própria

Figura 44 – Uma vista do conjunto de regulagem de altura



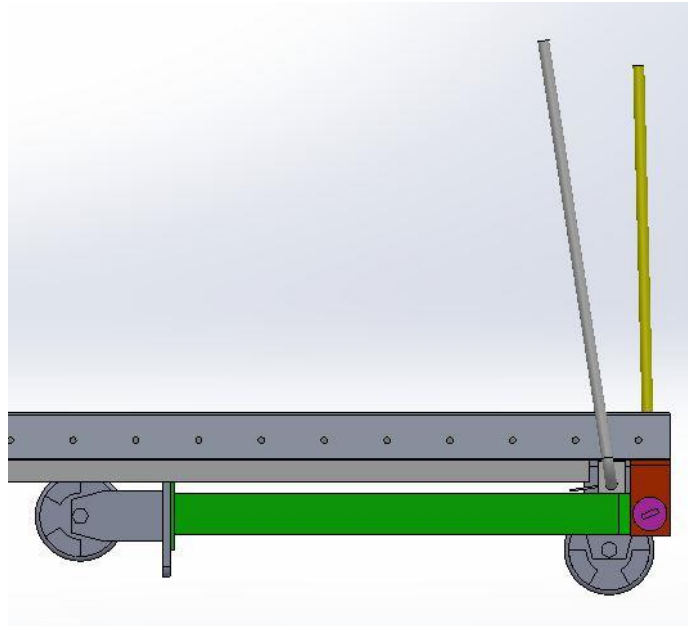
Fonte: Aatoria própria

Figura 45 – Vista frontal do conjunto regulagem de altura



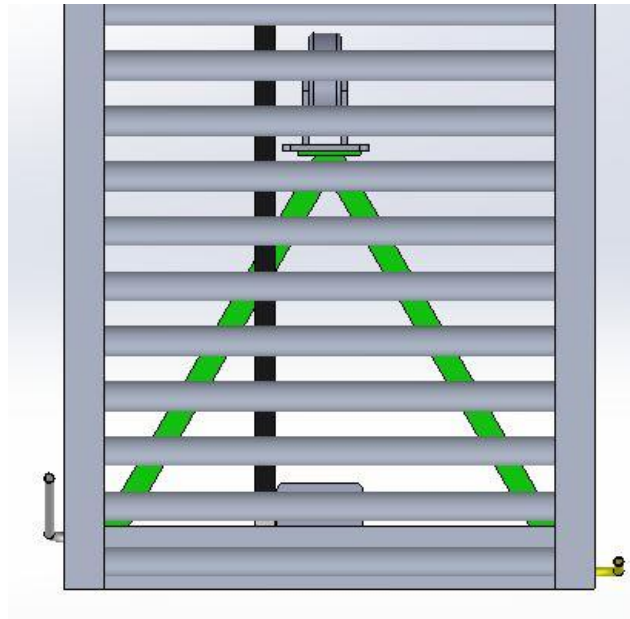
Fonte: Aatoria própria

Figura 46 – Vista lateral do conjunto regulagem de altura



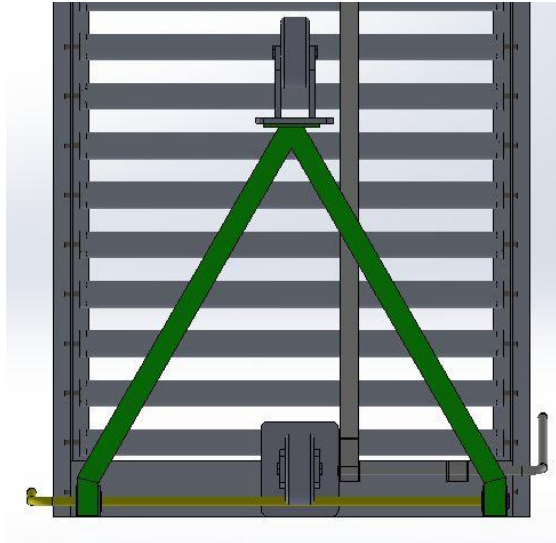
Fonte: Aatoria própria

Figura 47 – Vista superior do conjunto regulagem de altura



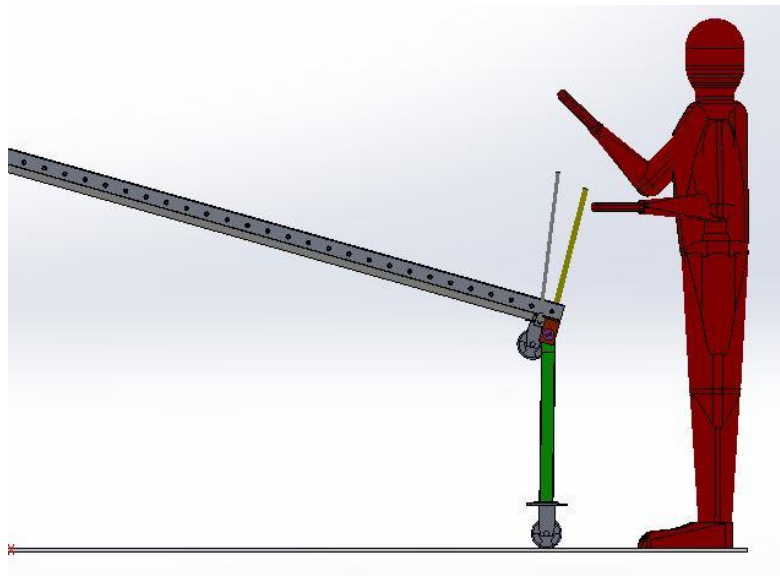
Fonte: Aatoria própria

Figura 48 – Vista inferior do conjunto regulagem de altura



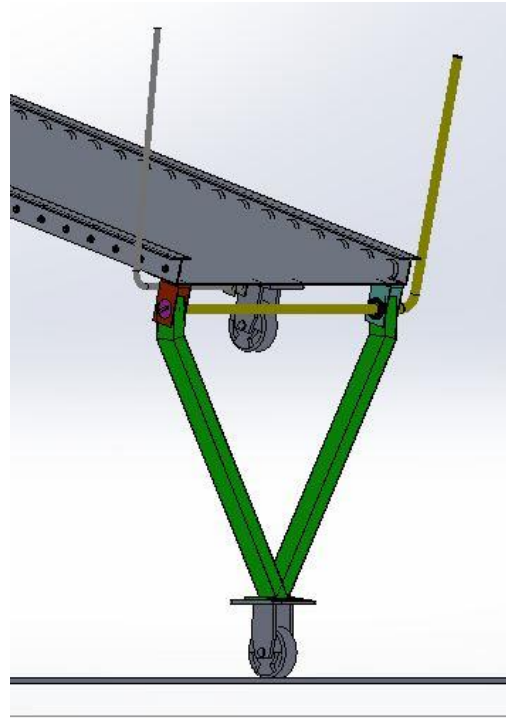
Fonte: Autoria própria

Figura 49 – Vista lateral do conjunto regulagem de altura na posição mais alta



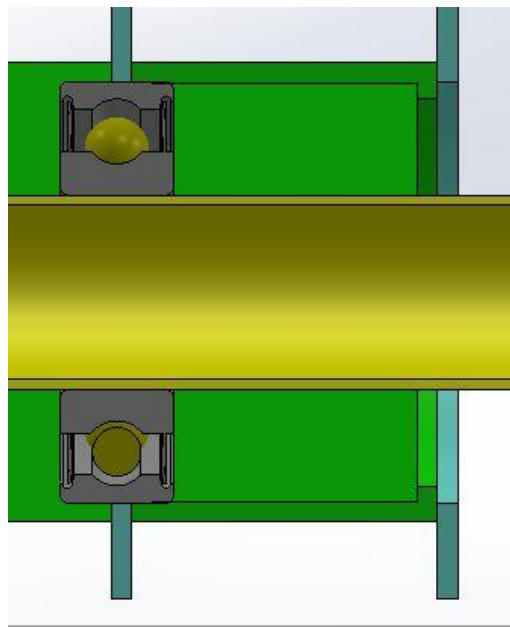
Fonte: Autoria própria

Figura 50 – Vista isométrica do conjunto regulagem de altura na posição mais alta



Fonte: Autoria própria

Figura 51 – Vista em corte do conjunto no lado em que o operador aciona a alavanca



Fonte: Autoria própria

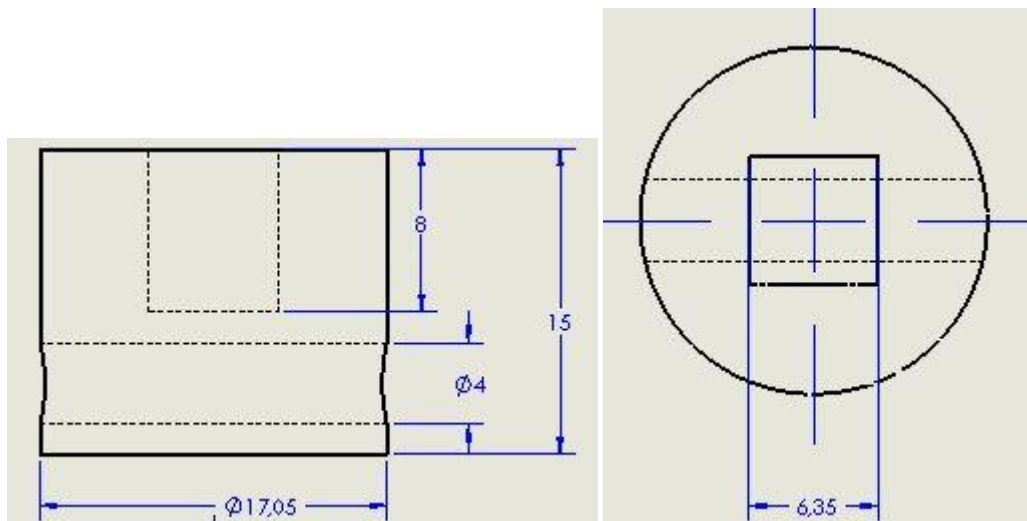
4.9.1 Bucha de ligação entre alavanca de regulagem de altura e a catraca

Esta peça tem a função de fazer a ligação e fixação entre a peça catraca manual e a peça tubo redondo chamado aqui de alavanca da catraca.

Peça feita de náilon 101 usinada a partir de um tarugo de uma polegada de diâmetro. Ela será inserida por ajuste de interferência dentro do tubo da alavanca da catraca com a face que possui o furo quadrado voltado para fora.

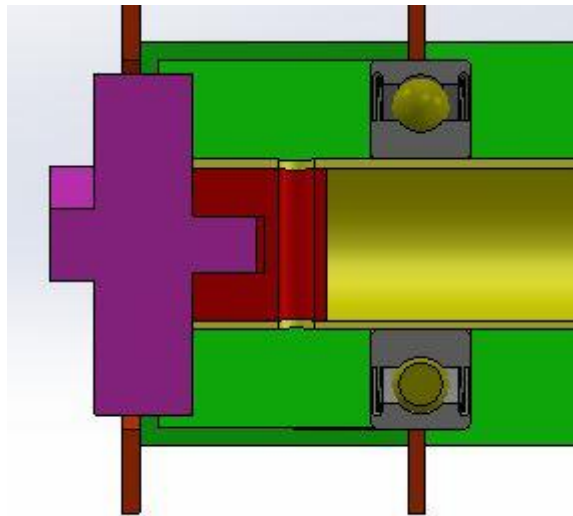
Não sendo satisfatória a fixação por interferência, foi projetado que esta peça deverá ser imobilizada graças a concentricidade de um furo do tubo com o furo passante e ortogonal a face circular da peça, para que receba um parafuso, que permanecerá concêntrico entre ambos os furos passantes do tubo da alavanca e a bucha de náilon (ver Figura 52). Abaixo segue a Figura 53 que mostra em corte como será montado o conjunto catraca manual tudo de alavanca de regulagem, mancais, rolamentos e a bucha de fixação.

Figura 52 – Detalhes das dimensões da peça bucha de ligação catraca alavanca



Fonte: Autoria própria

Figura 53 – Vista em corte do conjunto regulagem de altura no lado com a regulagem da catraca



Fonte: Autoria própria

4.9.2 Seleção dos rolamentos do sistema de regulagem e travamento de altura

O rolamento utilizado no sistema de regulagem de altura e travamento do conjunto é o modelo DW R12 -2Z do fabricante SKF (ver Figuras 54 e 55).

O motivo da escolha deste rolamento foi pela carga estática que cada rolamento irá suportar. A carga estática foi calculada da seguinte forma:

$$C_0 = \left\{ \frac{[(m_c * F.S.* 2) + m_{q3} + m_{q2}]}{4} \right\} g \quad (38)$$

$$C_0 = \left\{ \frac{[(60kg * 2 * 2) + 14,892kg + 16,96kg]}{4} \right\} 9,81 = 666,717N \quad (39)$$

Onde:

m_{q3} = Massa do conjunto QUADRO 3 mais roletes (kg)

m_{q2} = Massa do conjunto QUADRO 2 mais roletes (kg)

$F.S.$ = Fator de segurança de carga

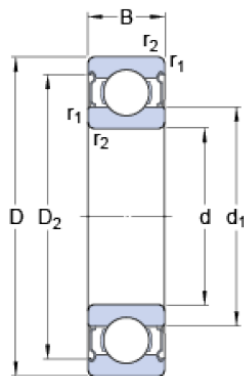
m_c = Massa crítica da mercadoria

A razão de ser dividido por 4 é por causa do conjunto QUADRO 2 e 3 estarem apoiados em quatro pontos sendo dois deles que faz a ligação com a peça PÉ ROTACIONAL, que faz o contato direto com o solo e, os outros dois apoios, sobre os pinos de latão que fazem a ligação da peça QUADRO 2 com as peças PÉ FIXO (aquelas onde serão parafusadas na estrutura do baú do caminhão).

De acordo com a Figura 56 a carga estática que cada rolamento suporta é 5KN, A carga aplicada em cada rolamento é 666,717N ou 0,666N, o que significa que terá uma grande segurança, pois o rolamento selecionado tem uma capacidade muito maior de carga a ser aplicada sobre ele.

Além da sua capacidade de carga, foi escolhido um rolamento que tenha uma vedação em ambos os lados, visando proteger a lubrificação interna deste rolamento de contaminação, sendo assim, minimizado as chances deste rolamento falhar por causa de partículas indesejadas em seu interior.

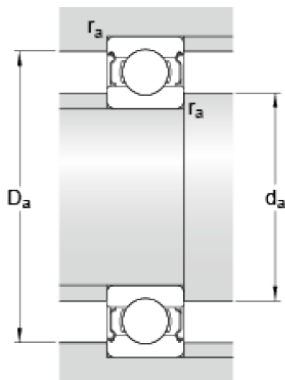
Figura 54 – Dimensões do rolamento do PÉ ROTACIONAL



d	19.05	mm
D	41.275	mm
B	11.113	mm
d ₁	≈ 27.6	mm
D ₂	≈ 37.43	mm
r _{1,2}	min. 0.8	mm

Fonte: Rolamentos SKF

Figura 55 – Dimensões de encosto



d _a	min. 24	mm
d _a	max. 27.5	mm
D _a	max. 37.5	mm
r _a	max. 0.8	mm

Fonte: Rolamentos SKF

Figura 56 – Dados para cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	8.06	kN
Classificação de carga estática básica	C ₀	5	kN
Limite de carga de fadiga	P _u	0.212	kN
Velocidade de referência		38000	r/min
Velocidade-limite		19000	r/min
Fator de cálculo	k _r	0.03	
Fator de cálculo	f ₀	13.9	

Massa

Massa do rolamento		0.061	kg
--------------------	--	-------	----

Fonte: Rolamentos SKF**4.10 SISTEMA DE FRENAGEM DAS MERCADORIAS**

É um sistema projetado para cumprir a função de desacelerar o movimento das mercadorias no decorrer do deslocamento sobre os roletes do QUADRO 3 até o carrinho de carregar mercadorias.

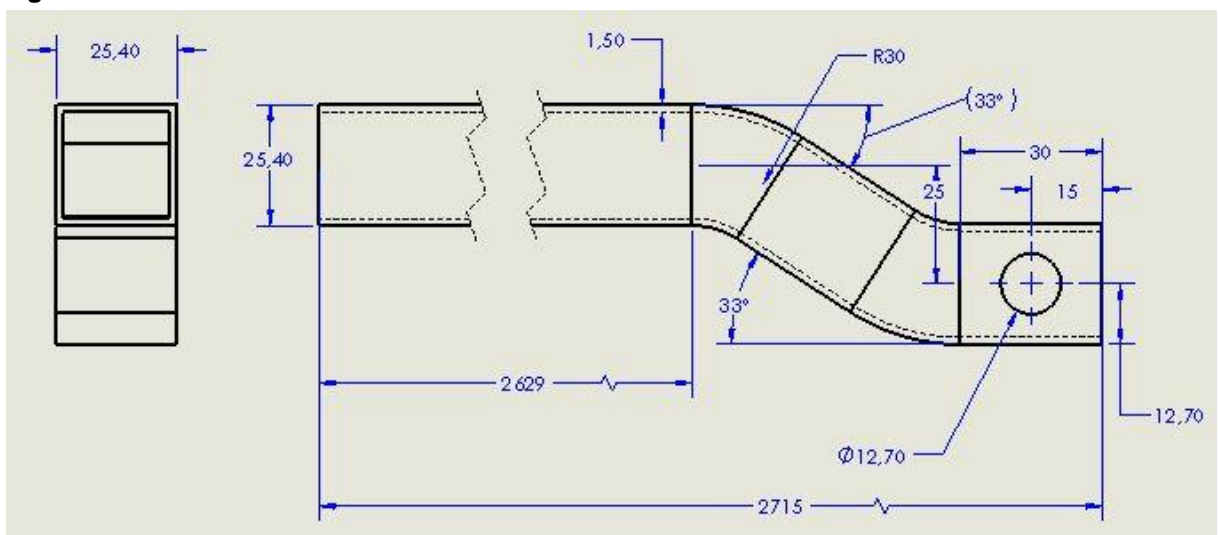
Composto por um mancal fabricado com chapas de aço 1020 soldadas, utilizado para posicionar um tubo retangular feito de liga de alumínio 6063-T5. Este foi dobrado e possui um furo passante de 12,7 mm de diâmetro distanciado em uma das suas extremidades em 15 mm de acordo com a Figura 57. Possui ainda, dois mancais fabricados da mesma maneira que o anterior porem, com a função de posicionar a alavanca do freio (Figura 61), que por sua vez é feito por um tubo redondo com diâmetro 12,7 mm e parede 1 mm de aço 1020 dobrado em 90 graus. Este tubo é soldado sobre sua superfície na extremidade inferior de forma perpendicular uma chapinha de aço do mesmo material para realizar o acionamento por contato e pressão ao tubo quadrado do freio tangencialmente sobre os tubos dos conjuntos de roletes. Para que este contato tenha uma melhor eficiência de frenagem, foi fixada com rebites na superfície do tubo quadrado do freio uma tira feita do material SBR com a mesma largura do tubo e com o comprimento de 2534 mm.

A sigla em inglês SBR traduzida para o português significa borracha de butadieno estireno, a qual foi desenvolvida pelos alemães em 1930 sendo atualmente a borracha mais difundida no mundo e tem como propriedades melhor resistência à abrasão se comparada com a borracha natural, resistência a altas temperaturas (100°) e ao envelhecimento (GOMES, 2010).

A desaceleração das mercadorias na descida sobre os roletes do QUADRO 3 se dá por atrito entre a borracha do freio e os tubos dos conjuntos dos roletes do QUADRO 3. Para que isso ocorra, o operador deve acionar a alavanca de freio de forma manual puxando de encontro com o carrinho transportador. Esta alavanca por sua vez graças ao contato da chapa soldada na sua extremidade força num movimento angular sobre o tubo quadrado do freio. Com isso a borracha SBR encosta nos tubos dos roletes. Quanto mais o operador forçar a alavanca, maior será a compressão da borracha sobre os roletes, aumentada ainda mais o atrito entre a borracha e os tubos. Por atrito entre a superfície inferior da mercadoria e o rolete ocorre a desaceleração durante a trajetória inclinada.

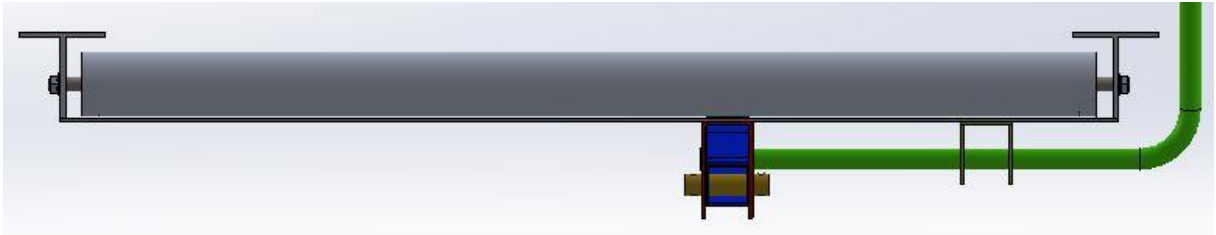
Nas Figuras 58 a 63 é possível observar as peças que compõem o conjunto de frenagem devido ao destaque recebido por diferentes cores.

Figura 57– Dados dimensionais do tubo do freio



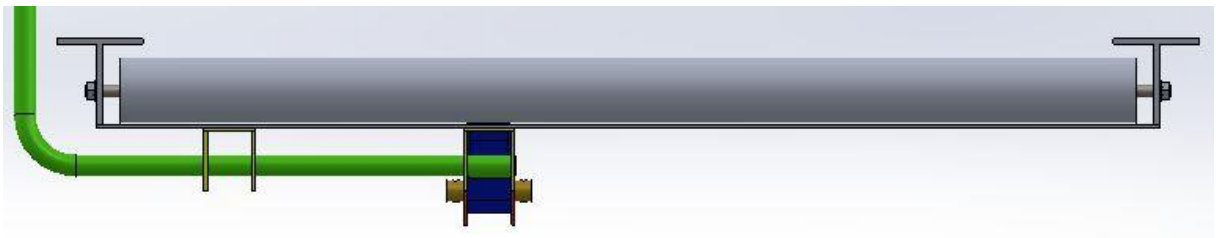
Fonte: Autoria própria

Figura 58 – Vista frontal do conjunto de frenagem



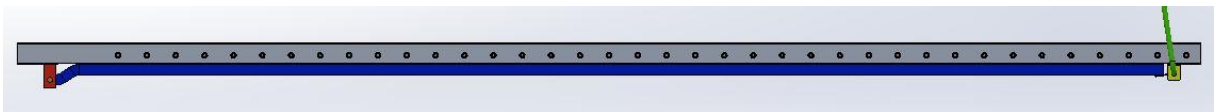
Fonte: Autoria própria

Figura 59 – Vista posterior do conjunto de frenagem



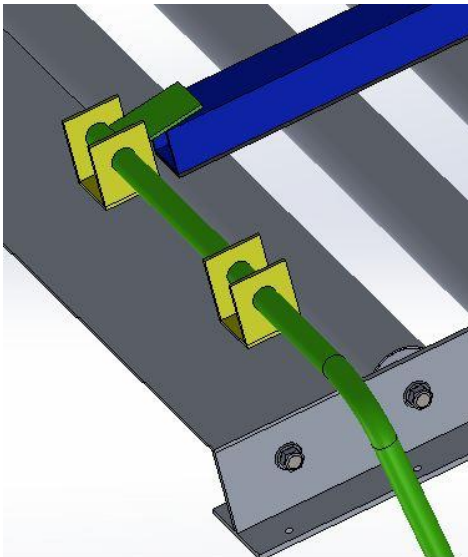
Fonte: Autoria própria

Figura 60 – Vista direita do conjunto de frenagem



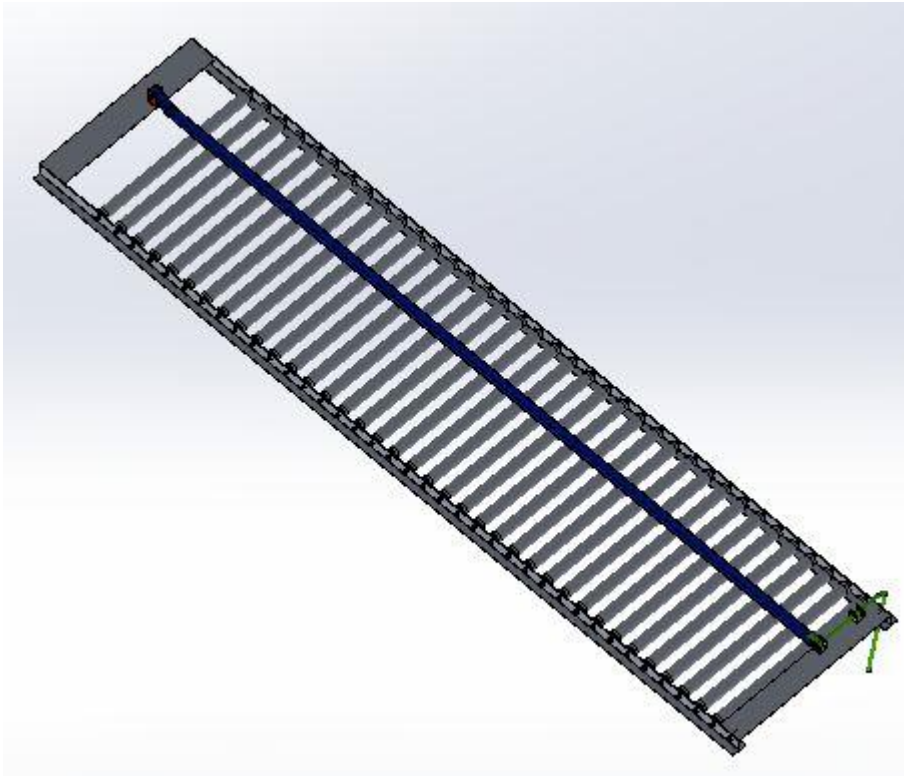
Fonte: Autoria própria

Figura 61 – Vista isométrica inferior ampliada



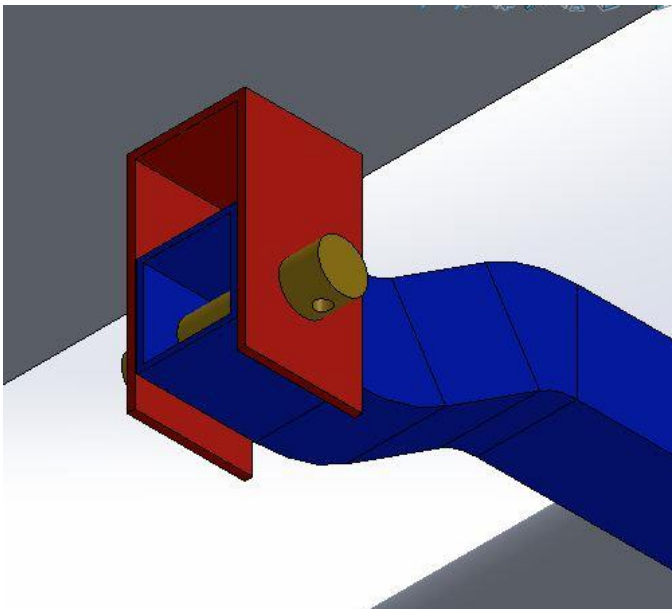
Fonte: Autoria própria

Figura 62 – Vista isométrica do conjunto de frenagem



Fonte: Autoria própria

Figura 63 – Vista isométrica inferior da conexão tubo de freio pino, de ligação e mancal



Fonte: Autoria própria

4.11 SELEÇÃO DE AMORTECEDORES GUIAS

O amortecedor selecionado para garantir segurança ao abrir o equipamento (colocar os quadros dos roletes nas posições de operação) é o amortecedor a gás GS-15-C5C-200 da marca ACE (conforme Figura 64). Este modelo possui curso de 200mm e um comprimento total quando aberto em fim de curso de 427mm e a força fornecida varia de 40 a 400N. Como a força que cada amortecedor terá de fazer é 208,61N (conforme equação 40 e 41) significa que este amortecedor escolhido atende a solicitação.

$$F_d = \left(\frac{mq1 + mq2 + mq3}{n_a} \right) g \quad (40)$$

F_d = Força de descida na haste do amortecedor

$mq1$ = Massa do conjunto quadro 1 e roletes

$mq2$ = Massa do conjunto quadro 2 mais roletes

$mq3$ = Massa do conjunto quadro 3 mais roletes

n_a = Número de amortecedores

g = Aceleração da gravidade

$$F_d = \left(\frac{10,68 + 16,96 + 14,892}{2} \right) 9,81 = 208,61N \quad (41)$$

Figura 64 – Amortecedor tipo compressão



Fonte: (ACE, 2000)

5 RESULTADOS OBTIDOS

Com esse trabalho atingiu-se 59,188kg (não considera a massa dos amortecedores) como massa total do equipamento. Fazendo parte 95 roletes de 0,189kg, 600mm por 38,1mm referente ao diâmetro externo de comprimento e suas paredes com espessura de 1 mm cada. Sendo a massa do conjunto de cada rolete 0,249kg, composto por duas buchas de nylon, dois eixos de aço 1015 trefilado a frio e dois rolamentos rígidos de esferas. Esse equipamento ocupa um espaço total de 0,437m² e um volume de 1,31m³ em sua posição de descanso (lembrando que para este trabalho foi definido como referência a porta de abertura do baú de 2500mm de largura por 3000mm de altura).

Sendo assim, os valores de massa calculados nos quadros 1, 2 e 3 respectivamente são: 3,708kg; 9,739 kg; 5,43kg. Lembrando que o quadro 2 apresentou uma massa significativamente maior que os demais por utilizar o aço SAE 1015, como matéria prima para sua confecção. Com Utilização da liga de alumínio 6063-T5, de densidade 2700 kg/m³, para a fabricação dos quadros 1 e 3, além dos roletes, foi possível deixar o equipamento leve.

6 CONCLUSÃO

O equipamento apresentou uma massa no total, cerca de 60kg, e que por isso pode despertar o interesse das transportadoras por representar uma promissora alternativa para reduzir gastos e assim elevar os lucros das transportadoras, através do exercício de descarregar mercadorias dos caminhões de forma mais ágil, segura (tanto para o operador quanto para a mercadoria) evitando prejuízos com doenças do trabalho ocasionadas pela severa carga e frequência de movimentos. Completando os objetivos atingidos, acredita-se ter alcançado um produto de pequeno custo de fabricação e de manutenção em virtude de ter sido selecionado materiais que podem ser encontrados com facilidade devidos suas popularidades de usos (aço 1015, 1020 para perfis estruturais e o alumínio 6063-T5). Foi atingido também o objetivo de ser de baixo custo operacional e de manutenção uma vez que utilizou somente itens manuais e mecânicos. Nenhum dispositivo elétrico, pneumático ou hidráulico foi utilizado para realizar o transporte das mercadorias. Foi adicionado apenas dois amortecedores como medida de segurança ao abrir e fechar o equipamento.

Quanto ao custo de fabricação pode-se concluir ser satisfatório haja vista que utilizou somente porcas e arruelas na fixação da estrutura no caminhão e dos rolos (segundo valores encontrados no mercado livre de R\$ 88,00 para uma caixa de 5 kg de eletrodo revestido, e R\$ 33,00 em um saco de 200 porcas e R\$ 14,50 para 250 unidades de rebites tipo 410). Os demais pontos de união foram feitos todos por solda não sendo necessário utilizar soldas complexas, a de eletrodo revestido satisfaz a solicitação. Os demais pontos foram utilizados rebites, o que é muito vantajoso quanto a sua praticidade de aplicação e ter um custo baixo na sua aplicação. Atendeu também ao objetivo de ocupar o menor espaço interno do baú possível (exatamente $0,437\text{m}^2$ e $1,31\text{m}^3$).

Sugere-se para novos trabalhos o detalhamento dos sistemas de fixação na carroceria do caminhão, a utilização de um material mais leve no quadro 2, a instalação do conjunto na parte externa do baú, a simulação de carregamento estático/dinâmico na posição de trabalho, análise de fadiga e uma análise econômica para testar a viabilidade da produção voltada para comercialização.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15652 - Implementas rodoviários - Plataforma elevatória de carga para instalação em veículos automotores de transporte de mercadorias - Requisitos de segurança**. Rio de Janeiro: [s.n.].

ABNT. **NR 11**. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr11.htm>>. Acesso em: 21 maio. 2017.

ACE. **Catálogo de amortecedores ACE**. Disponível em: <<http://www.obr.com.br/molaagas-caracteristicas>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

ANTT. **Transportadores - Frota / Tipo de Veículo - Portal ANTT**. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/20271/Transportadores___Frota___T ipo_de_Veiculo.html>. Acesso em: 16 set. 2016.

BASTIDAS, G.; NERY, R.; CARVALHO, M. M. DE. **Uso Do Qfd No Setor De Serviços : Avaliação De Uma Transportadora Rodoviária De Carga**. 2003.

BLOGISTICANDO. **Blogisticando: Principais equipamentos de movimentação de cargas nos Portos**. Disponível em: <<http://fateclog.blogspot.com.br/2011/11/principais-equipamentos-de-movimentacao.html>>. Acesso em: 2 out. 2016.

CARGOMAX. **Plataforma veicular - Cargomax - By Engipro - Logismarket.ind.br**. Disponível em: <<https://www.logismarket.ind.br/cargomax/plataforma-veicular/5019527444-1179619275-p.html>>. Acesso em: 1 out. 2016.

CATRACASTTF. **Catraca TTF**. Disponível em: <<http://sao-paulo.all.biz/catracas-ttf-g42476#.WTMn2evyvlV>>. Acesso em: 20 maio. 2017.

CHINA, M. IN. **Dongguan JST Gear factor**. Disponível em: <http://pt.made-in-china.com/co_precision-gear/image_Composite-Gear-Gear-Set-Built-up-Gear_esirnguuy_GZeaTVrglfpy.html>. Acesso em: 18 jun. 2017.

CORRENTES, A. **Engrenagens**. Disponível em: <<http://abacorrentes.com.br/produtos/engrenagem/>>. Acesso em: 2 mar. 2017.

DEMAKINE. **Esteira Transpotadora de Caixas e Pacotes - Produtos Demakine**.

Disponível em: <<http://www.demakine.com.br/produto/esteira-transportadora-de-caixas/>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

DIADEMA. Art. 1 da Lei 2405/05. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/topicos/15930542/artigo-1-da-lei-n-2405-de-10-de-junho-de-2005-do-municipio-de-diadema>>. Acesso em: 29 set. 2016.

FILHO, N. P. **Avárias na Logística de Distribuição Física: Estudo de Caso na Empresa O'HaraTransportes & Logística LTDA.** - Produção acadêmica - Administradores.com. 2012.

GARAGEM, C. DE. **Tipos de carretas (capacidades e tamanhos).** Disponível em: <<https://www.carrodegareagem.com/tipos-de-carretas-capacidades-e-tamanhos/>>. Acesso em: 16 set. 2016.

GOMES, M. M. **Borracha de Butadieno Estireno (SBR).** Disponível em: <<http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-butadieno-estireno.php>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

GUÉRIN, F. **Compreender o trabalho para transformá-lo : a prática da ergonomia.** [s.l.] Edgard Blücher, 2001.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos S.A., 2008.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais.** 5. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2004.

LEGAIS, N. Normas legais. 2003.

LOGISMARKET. **Plataforma elevatória cargas veiculares convencional - MKS Marksell.** Disponível em: <<https://www.logismarket.ind.br/mks-marksell/plataforma-elevatoria-cargas-veiculares-convencional-2/1233804147-1179619275-p.html?source=IMG>>. Acesso em: 2 out. 2016.

LONGTIME, Z. **Alibaba Global Trade - Anúncios de polias.** Disponível em: <<https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1eJJcHVXXXXXIXXXq6xXFXXI/electric-cable-pulley-Alloy-cable-pulleys-nylon.jpg>>. Acesso em: 4 abr. 2017.

MARKSELL. Plataformas Elevatórias de Cargas Veiculares. 2003.

MARQUES, G. DA C.; UETA, N. **Origem da força de atrito**. Disponível em: <<http://efisica.if.usp.br/mecanica/basico/atrito/origem/>>. Acesso em: 25 maio. 2017.

MAX, C. **Files**. Disponível em: <http://www.cabosdeacocablemax.com.br/tl_files/images/cabo-de-aco-construcoes.png>. Acesso em: 21 mar. 2017.

MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G. **Mecânica para Engenharia Estática**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos S.A., 2009.

MEUS DICIONÁRIOS. **Dicionário Online - Metodologia**. Disponível em: <<http://www.meusdicionarios.com.br/metodologia>>. Acesso em: 27 out. 2016.

MFRURAL. **Esteirap/carregar, descarregar, transportar, sacos, sacarias, caixas, fardos etc**. Disponível em: <<http://www.mfrural.com.br/detalhe/esteira-p-carregar-descarregar-transportar-sacos-sacarias-caixas-fardos-107262.aspx>>. Acesso em: 2 out. 2016.

NIEMANN, G. **Elementos de Máquinas Volume 2**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2002.

NORMA REGULAMENTADORA. NR17- Ergonomia. 2007.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas**. 2° ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

NORTON, R. L. **Cinemática e Dinâmica dos Mecanismos**. 1. ed. Porto Alegre: AMGH Ltda, 2010.

Plataformas Elevatórias de Cargas Veiculares. 2003.

PLESHA E., M.; GRAY L., G.; COSTANZO, F. **Mecânica para Engenharia Estática**. 1° ed. Santana: Bookman, 2014.

REGULAMENTADORAS, N. **NR 11**. Disponível em: <<http://normasregulamentadoras.wordpress.com/2008/06/06/nr-11/>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

RODNEY SILVA. **Lesão na coluna de trabalhador adquirida no trabalho gera dever de indenizar - JO**. Disponível em: <<http://www.jornaldaordem.com.br/noticia-ler/lesao-na-coluna-trabalhador-adquirida-no-trabalho-gera-dever-indenizar/34451>>. Acesso em: 28 set. 2016.

ROSA, E. DA. **Análise de Resistência Mecânica - Mecânica da Fratura e Fadiga**. 1. ed. Florianópolis: Grante, 2002.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

SIT. **NORMA REGULAMENTADORA. NR12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**, 2010.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Plataformas Elevatórias de Carga Veicular MKS 1200P4E Marksell - MKS Marksell**. Disponível em:

<http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/transportadores_elevacao_e_manipulacao_industrial/mks-equipamentos-hidraulicos-ltda-/produtos/transportadores-elevacao-e-manipulacao/plataformas-elevatorias-de-carga-veicular-mks-1200p4e>. Acesso em: 2 out. 2016.

TBV, U. **Engrenagens**. Disponível em:

<<http://www.usinagemtbv.com.br/engrenagens.html>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

TECNOLEGIS. **Comentários - Provas Online | Simulados | Questões de Concursos | Concursos Públicos | Direito - Prova - Tecnolegis**. Disponível em: <<http://www.tecnolegis.com/provas/comentarios/110165>>. Acesso em: 3 out. 2016.

VERTICAL, G. **Projetos Guia Vertical**. Disponível em:

<[http://www.construcaodetirolesa.com.br/arquivos/_filesFckEditor/images/cabos de a%C3%A7o.png](http://www.construcaodetirolesa.com.br/arquivos/_filesFckEditor/images/cabos_de_a%C3%A7o.png)>. Acesso em: 23 mar. 2017.

YAMACHITTA, L. R. **Aplicação dos Conceitos de Ergonomia na Indústria de Bebidas Gaseificadas**. 2012.

ZUMMM. **Veja como evitar atrasos na descarga de mercadorias**. Disponível em: <<http://www.zummm.com.br/empresas/veja-como-evitar-atrasos-na-descarga-de-mercadorias/>>. Acesso em: 2 set. 2016.

ANEXOS

Os perfis de caminhões que serão foco deste trabalho são: veículo urbano de carga, toco ou semi-pesado e truck ou pesado. A figura abaixo ilustra como são eles:

Figura 65 – Tipos de caminhões



Fonte: (GARAGEM, 2012)

Tabela 4 – Quantidade e característica da frota de caminhões no Brasil



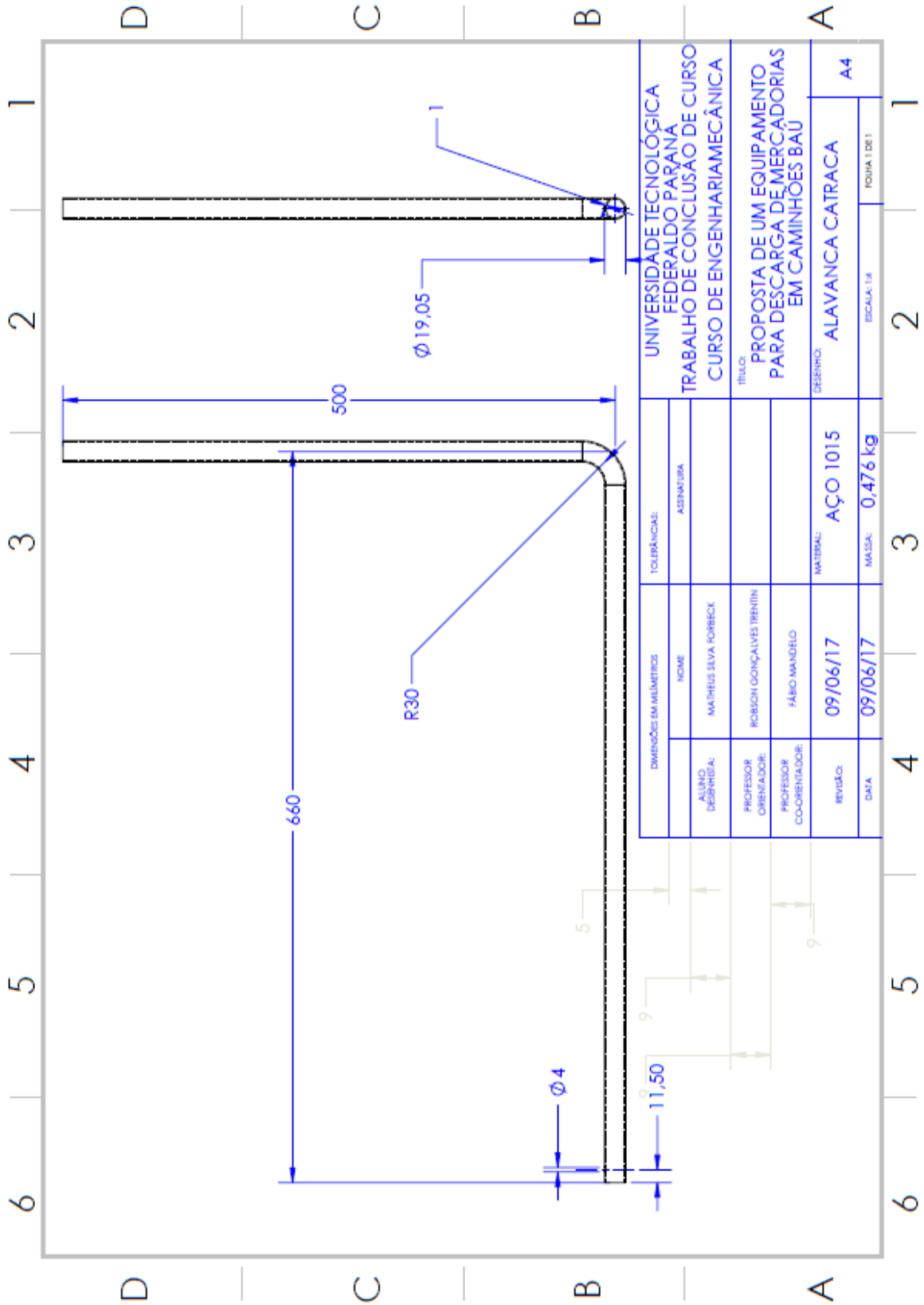
Transportadores - Frota / Tipo de Veículo ▶

Tipo de Veículo	Transportadores - Tipo de Veículo			Total
	Autônomo	Empresa	Cooperativa	
CAMINHÃO LEVE (3,5T A 7,99T)	108.711	54.826	969	164.506
CAMINHÃO SIMPLES (8T A 29T)	330.301	239.397	3.626	573.324
CAMINHÃO TRATOR	133.964	312.509	7.249	453.722
CAMINHÃO TRATOR ESPECIAL	781	2.378	59	3.218
CAMINHONETE / FURGÃO (1,5T A 3,49T)	65.760	31.135	288	97.183
REBOQUE	9.418	29.780	239	39.437
SEMI-REBOQUE	113.181	461.619	8.598	583.398
SEMI-REBOQUE COM 5ª RODA / BITREM	415	1.581	78	2.074
SEMI-REBOQUE ESPECIAL	146	1.315	17	1.478
UTILITÁRIO LEVE (0,5T A 1,49T)	26.888	11.999	167	39.054
VEÍCULO OPERACIONAL DE APOIO	1.078	1.542	8	2.628
Total	790.643	1.148.081	21.298	1.960.022

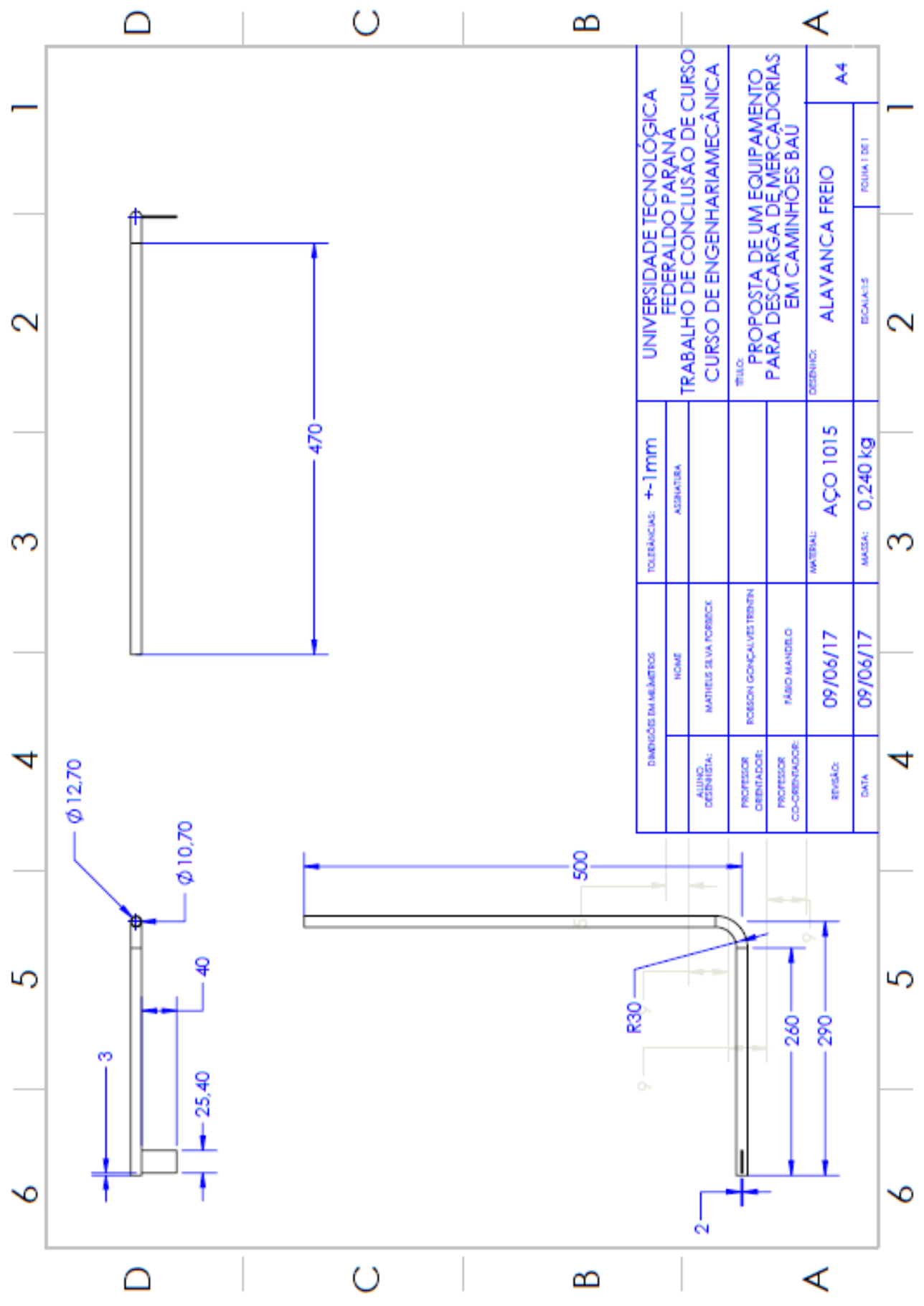
Atualizado em: 16/09/2016 às 05:30:00

Fonte: (ANTT, 2016)

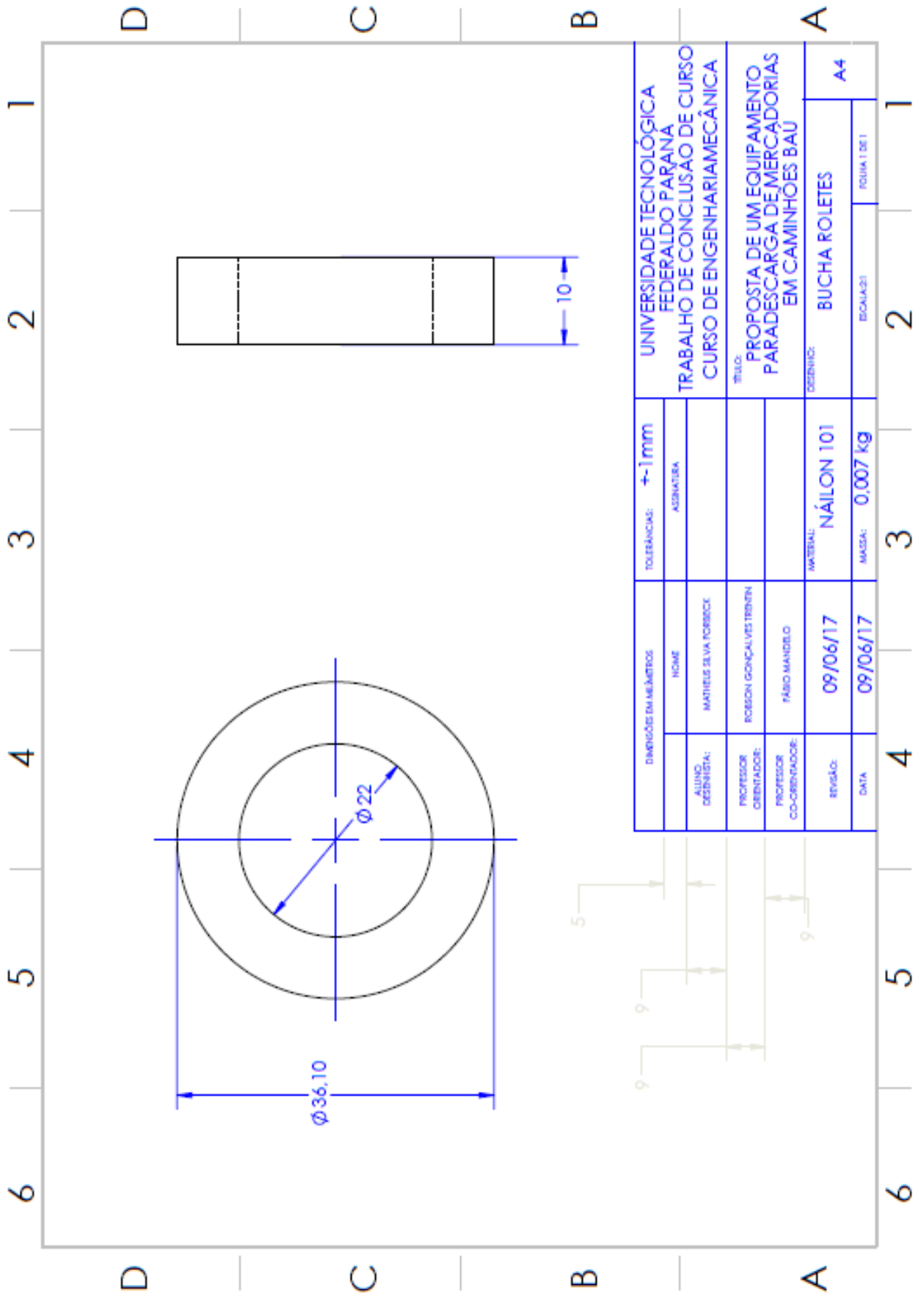
APENDICE



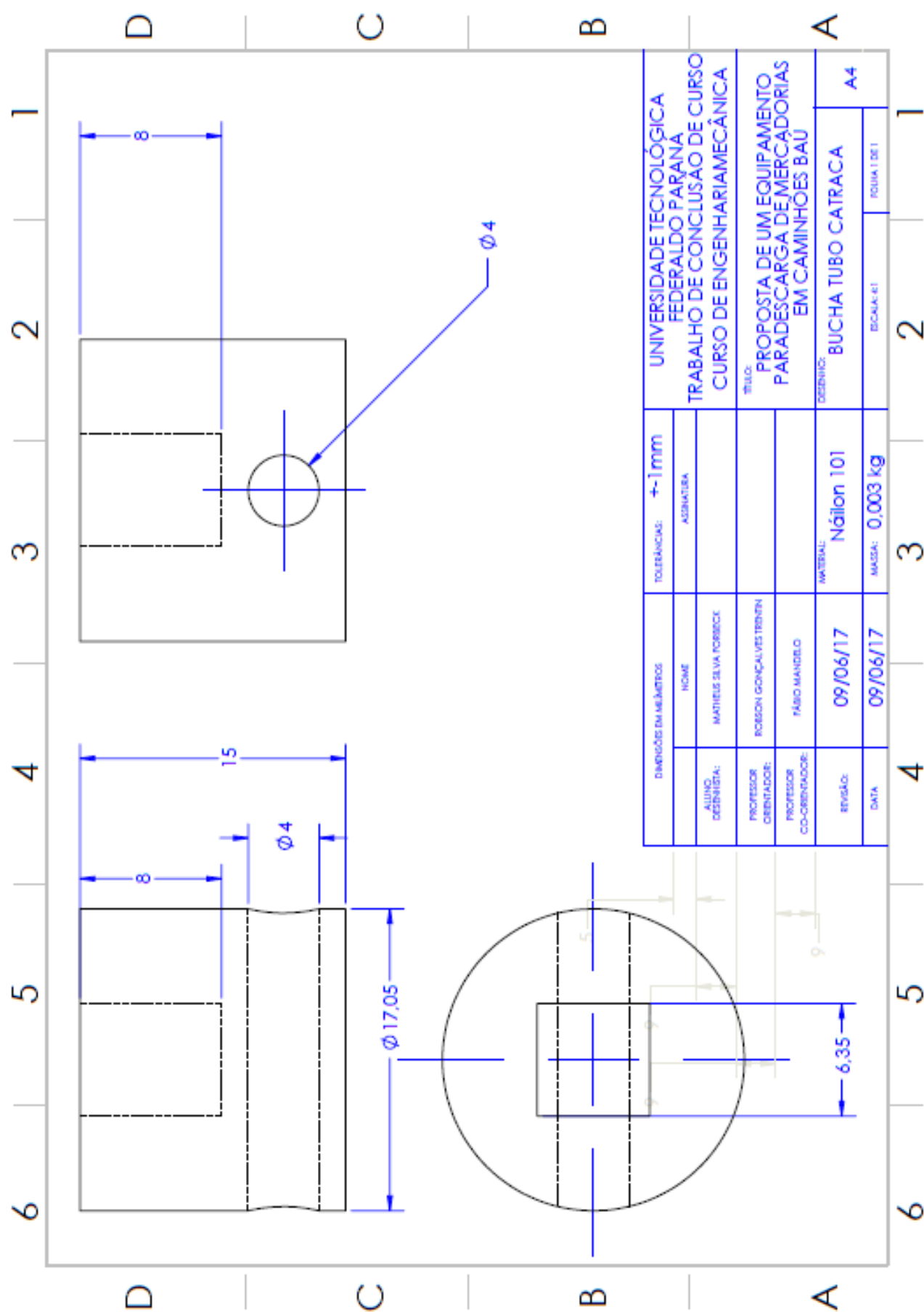
DIMENSÕES EM MILÍMETROS		TOLERÂNCIAS:		UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	
ALUNO DESENHISTA:	NOME MATEUS SILVA FORBECK	ASINATADA		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
PROFESSOR ORIENTADOR:	ROBSON OONÇAVALVES TRENTIN			CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA	
PROFESSOR CO-ORIENTADOR:	FÁBIO MANDELO			TÍTULO: PROPOSTA DE UM EQUIPAMENTO PARA DESCARGA DE MERCADORIAS EM CAMINHÕES BAU	
REVISÃO:	09/06/17	MATERIAL:	AÇO 1015	DESENHO:	ALAVANCA CATRACA
DATA:	09/06/17	MASSA:	0,476 kg		A4
			ESCALA: 1:1	FORMA T DE 1	

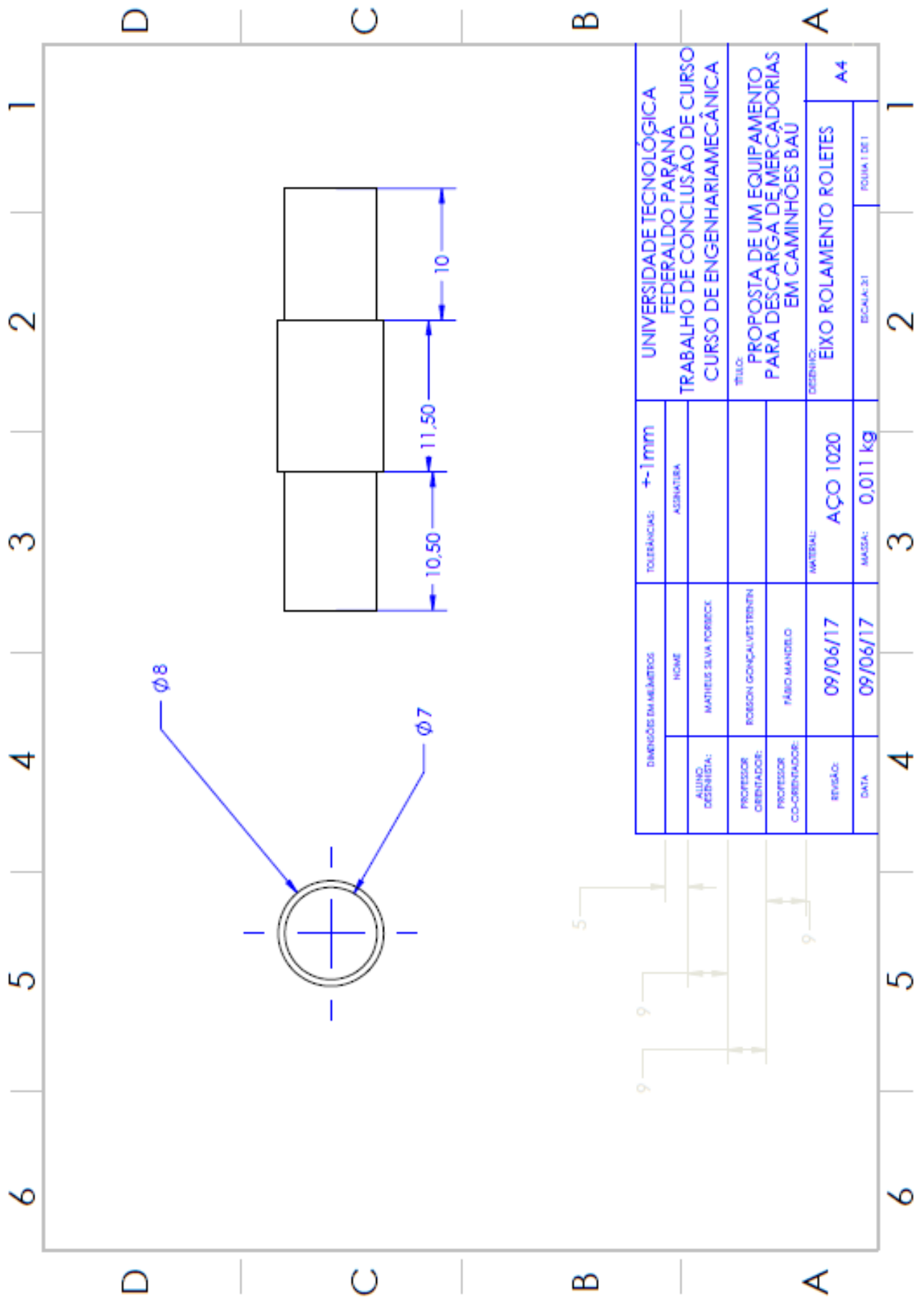


DIMENSÃO EM MILÍMETROS		TOLERÂNCIAS: $\pm 1 \text{ mm}$	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ALUNO DESENHISTA:	NOME	ALTERNATIVA	
PROFESSOR ORIENTADOR:	MATHEUS SILVA FORBESCK		TÍTULO: PROPOSTA DE UM EQUIPAMENTO PARA DESCARGA DE MERCADORIAS EM CAMINHÕES BAU
PROFESSOR CO-ORIENTADOR:	ROBSON GONÇALVES TERZEN		
REVISÃO:	FÁBIO MANDELO	MATERIAL: AÇO 1015	DESENHO: ALAVANCA FREIO
DATA	09/06/17	MASSA: 0,240 kg	A4
	09/06/17		ESCALA: 1:1
			FORMA 1 DE 1

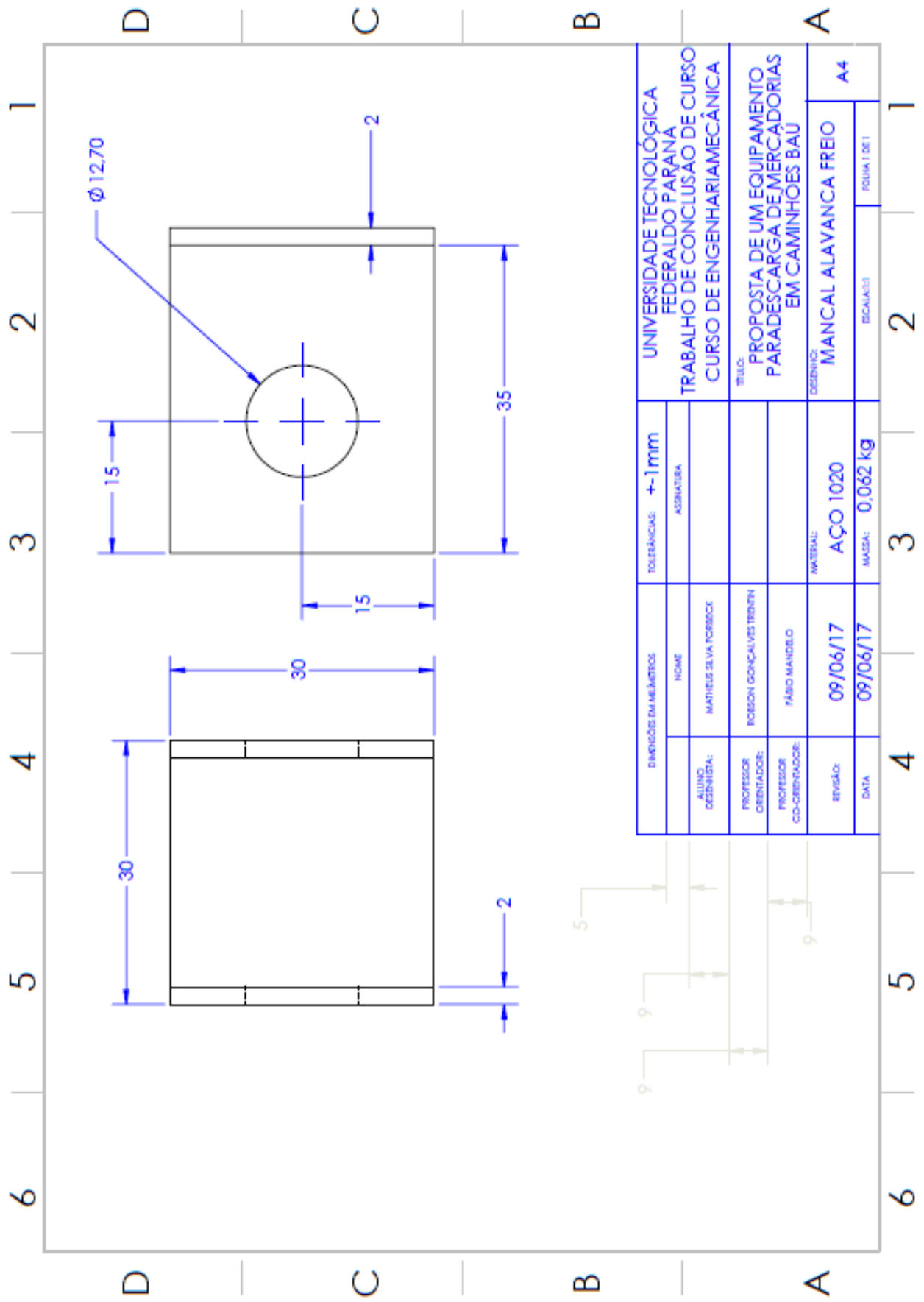


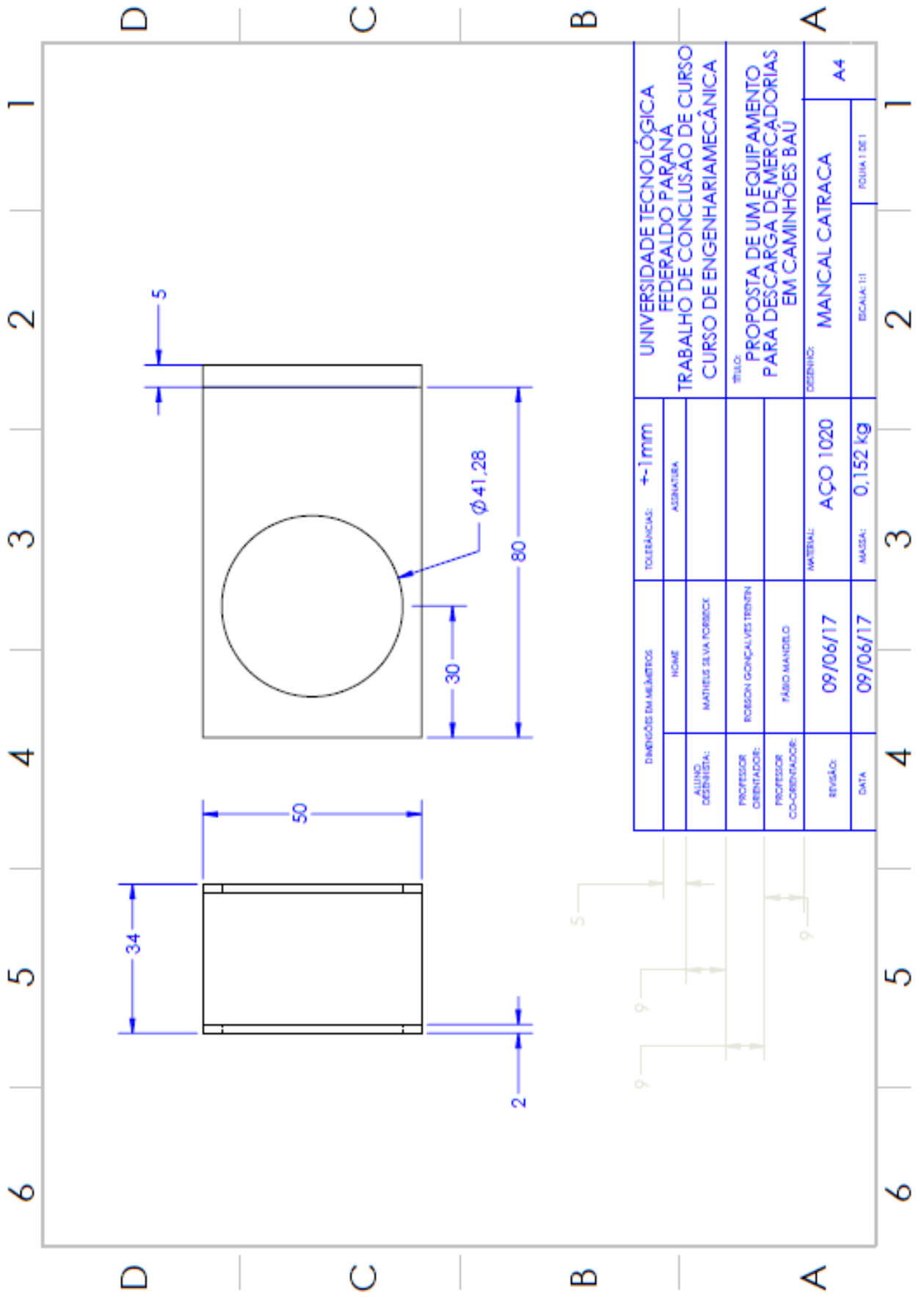
DIMENSÕES EM MILÍMETROS		TOLERÂNCIAS: $\pm 0.1\text{mm}$	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ALUNO DESENHISTA:	NOME	ASINATUBEA	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROFESSOR ORIENTADOR:	ROBSON GONÇALVES TRENEN		TÍTULO: PROPOSTA DE UM EQUIPAMENTO PARA DESCARGA DE MERCADORIAS EM CAMINHÕES BAU
PROFESSOR CO-ORIENTADOR:	FÁBIO MANDUJO		DESENHISTA: BUCHA ROLETES
REVISÃO:	09/06/17	MATERIAL: NÁILON 101	A4
DATA	09/06/17	MASSA: 0,007 kg	ESCALA: 1:1
			FOLHA 1 DE 1

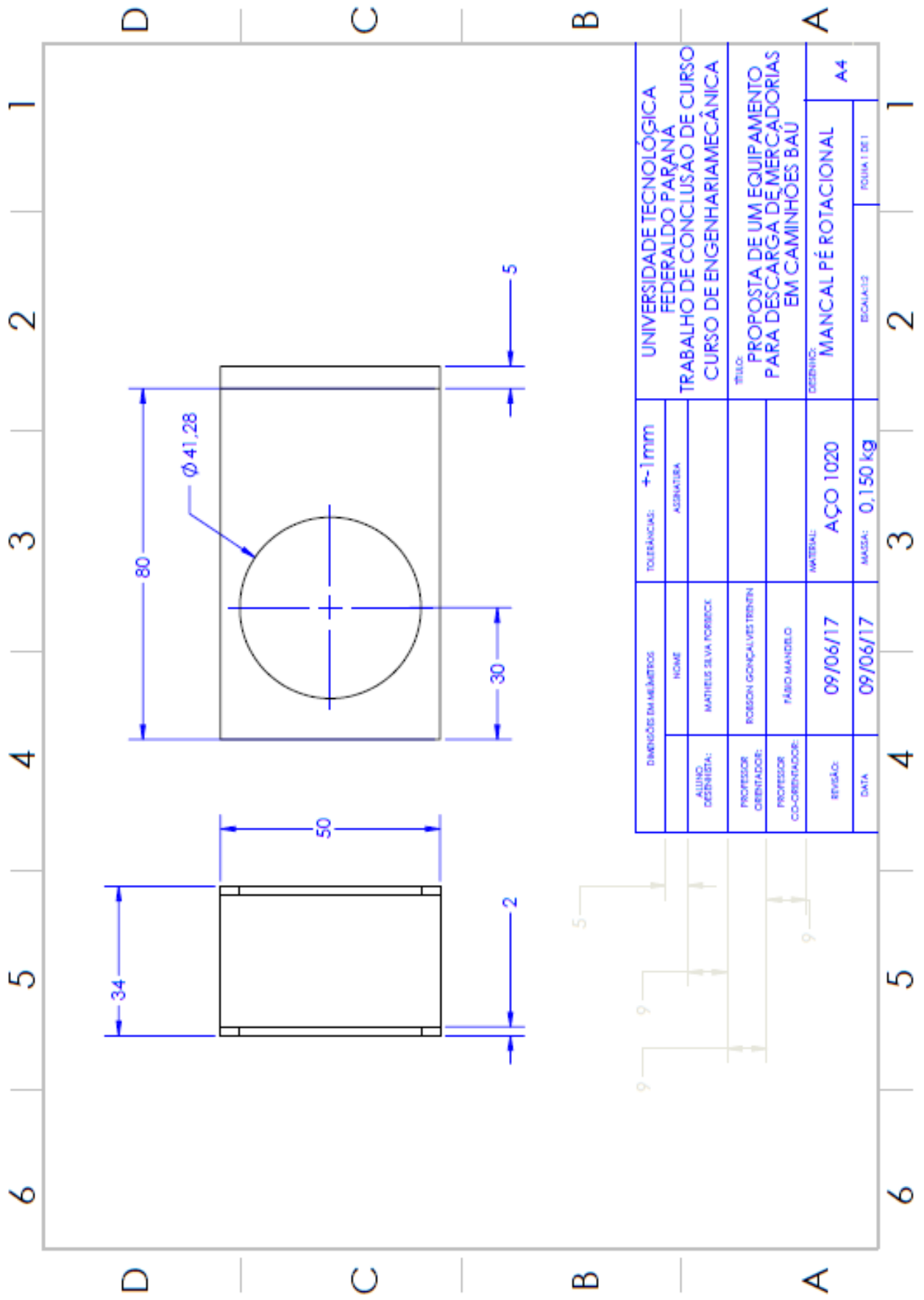


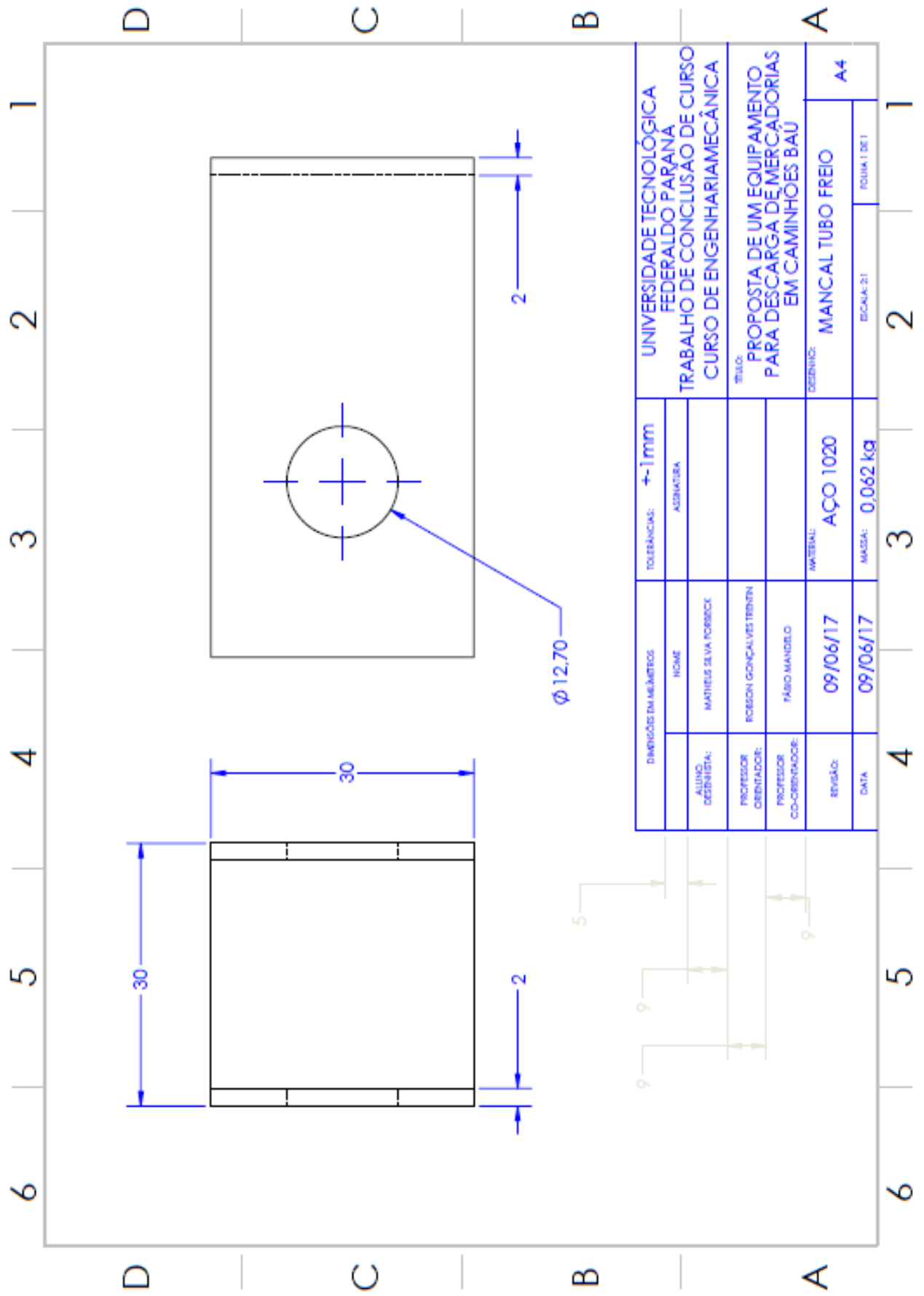


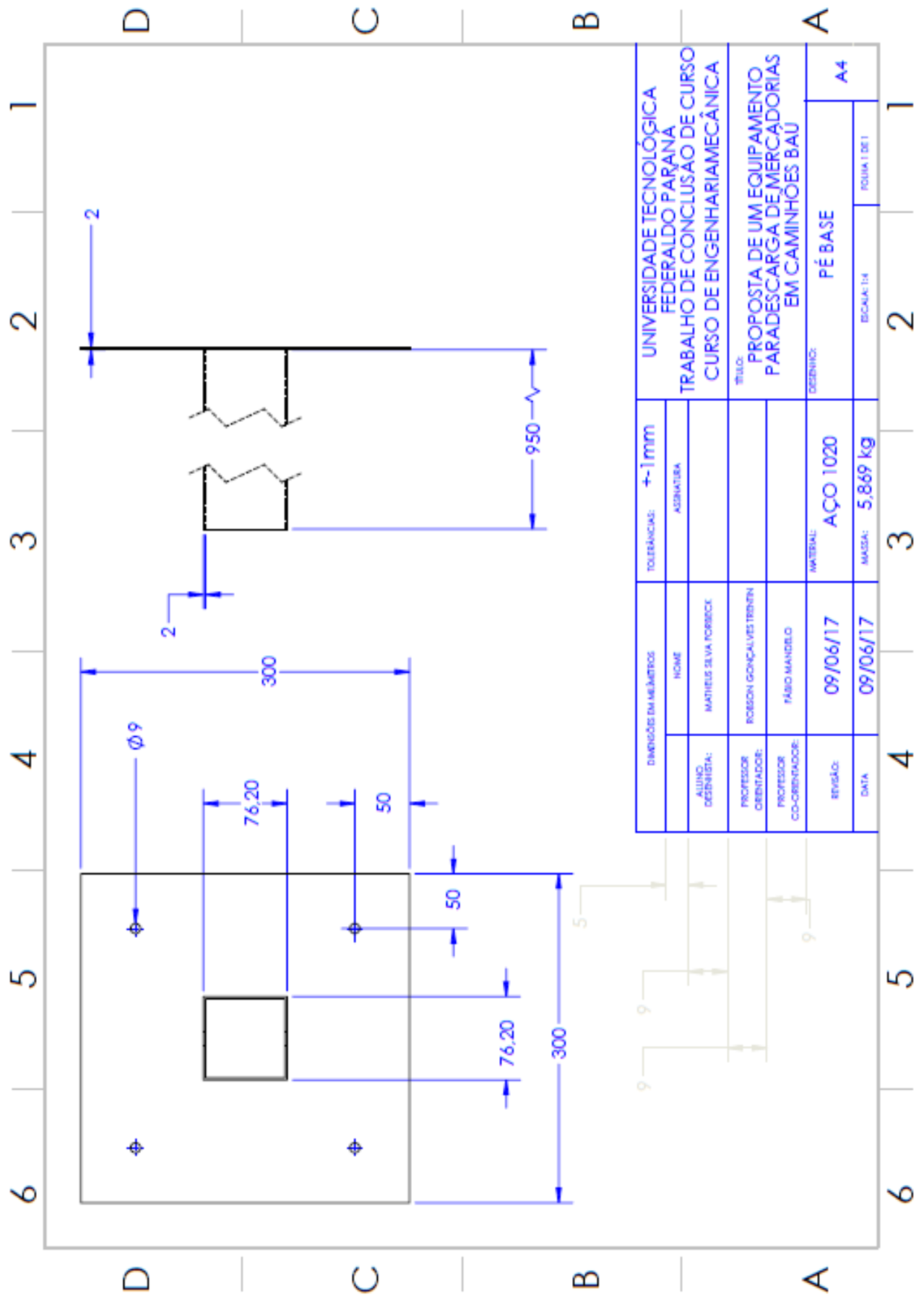
DIMENSÕES EM MILÍMETROS		TOLERÂNCIAS: $\pm 0.1\text{mm}$	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ALUNO: CENEGITA:	HOME	ADMATUBA	
PROFESSOR ORIENTADOR:	MATHIEUS SILVA FORBESCK		TÍTULO: PROPOSTA DE UM EQUIPAMENTO PARA DESCARGA DE MERCADORIAS EM CAMINHÕES BAU
PROFESSOR CO-ORIENTADOR:	ROSESON GONCALVES TRENTEN		DISENHO: EIXO ROLAMENTO ROLETES
REVISÃO:	FÁBIO MANGIULO	MATERIAL: AÇO 1020	A4
DATA:	09/06/17	MASSA: 0,011 kg	ESCALA: 1:1



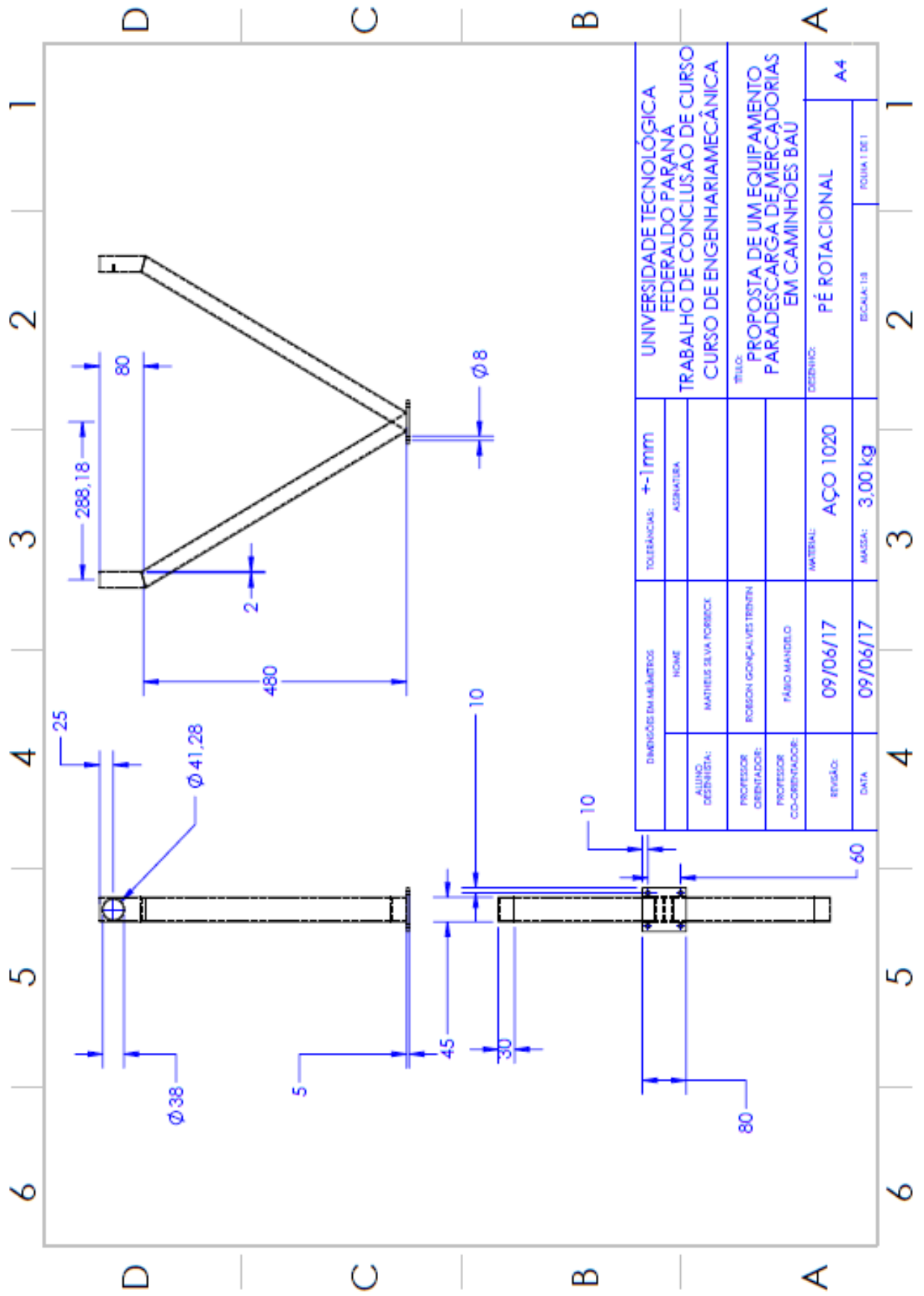


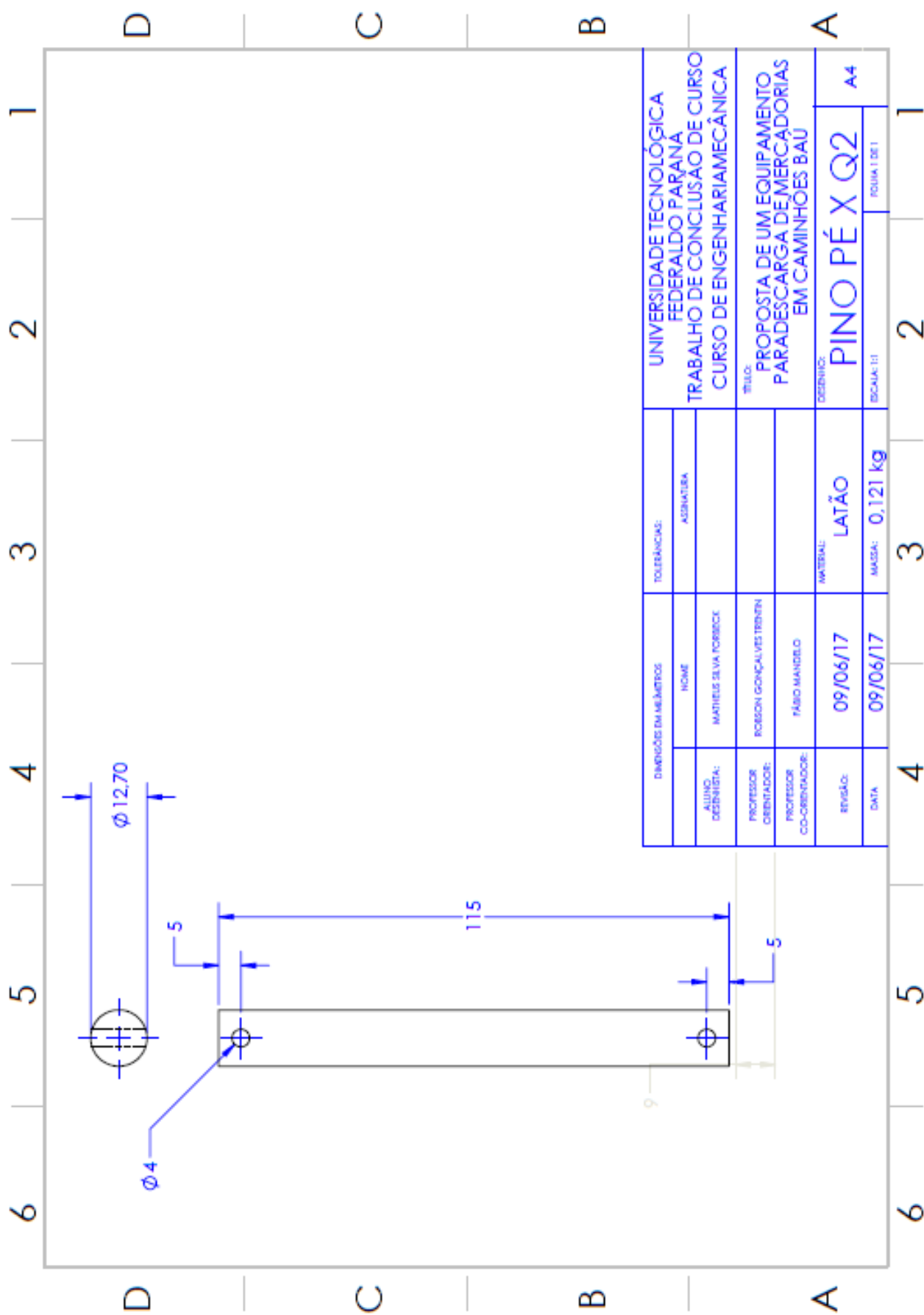


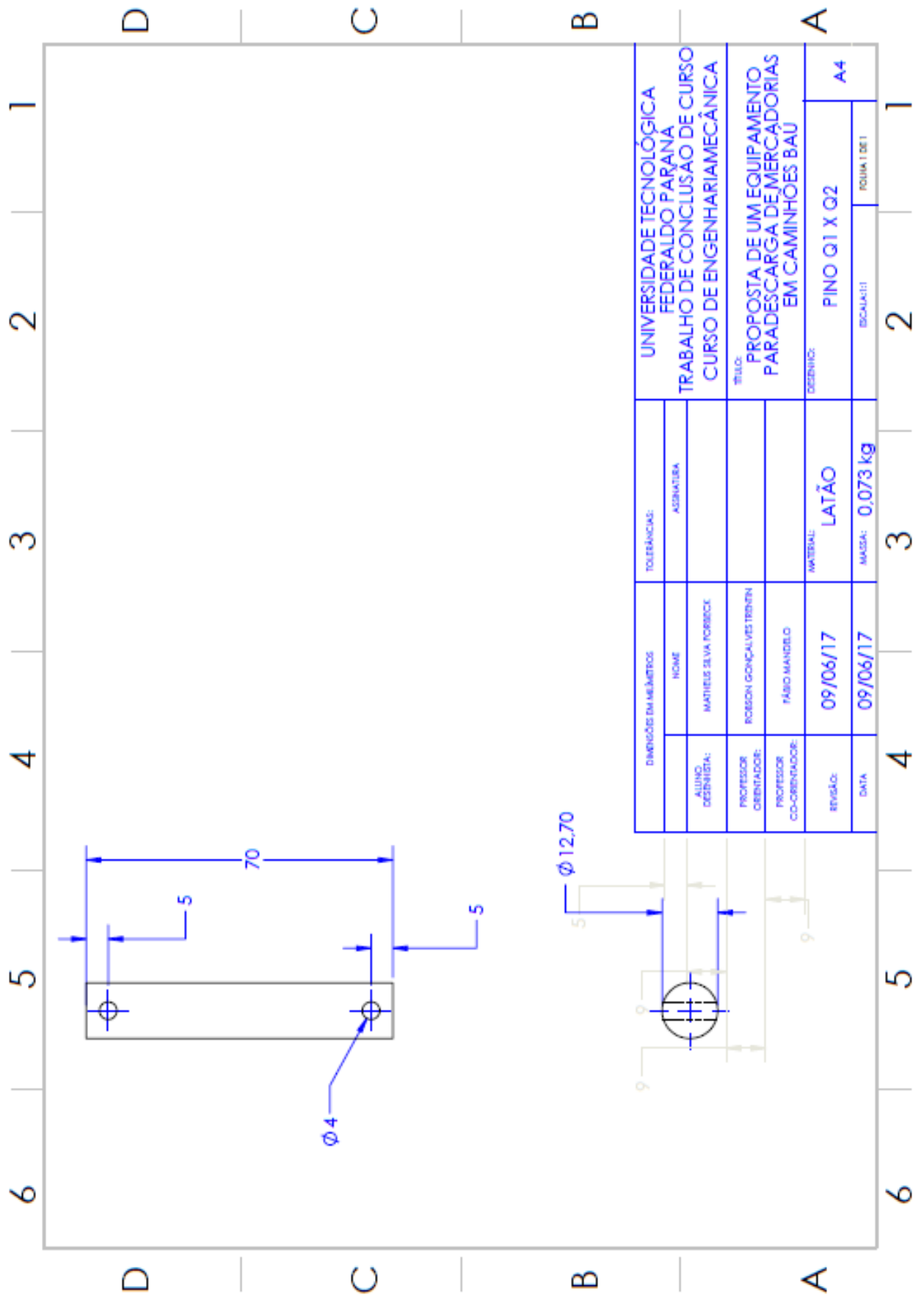




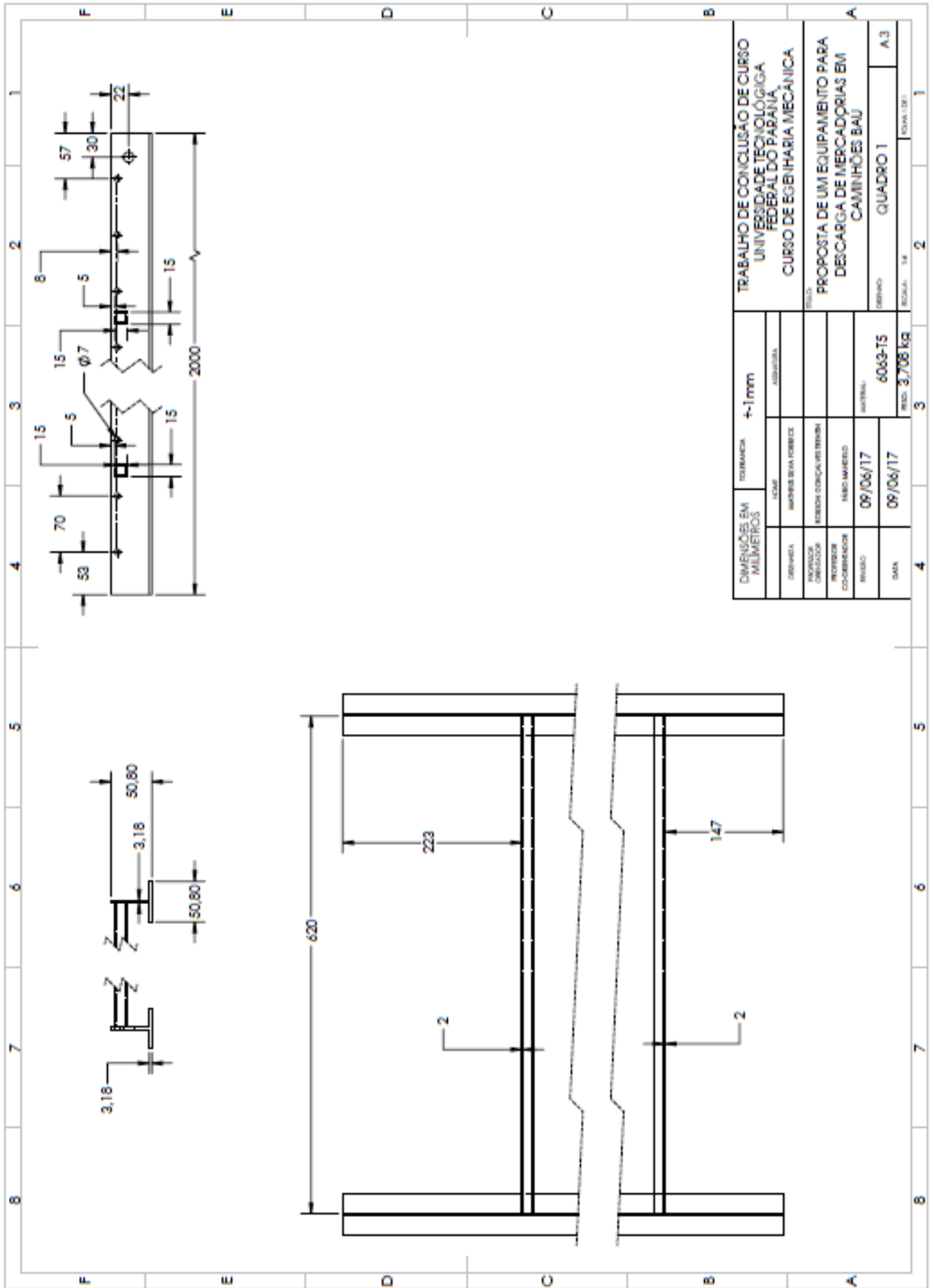
DIMENSÃO EM MILÍMETROS		TOLERÂNCIAS: $\pm 1\text{ mm}$	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ALUNO:	NOME:	ASSEMBLÉIA	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROFESSOR ORIENTADOR:	MATHEUS SILVA TORRESCKE		CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROFESSOR CO-ORIENTADOR:	ROBSON GONÇALVES TREHEN		TÍTULO:
REVISÃO:	FÁBIO MANDILO		PROPOSTA DE UM EQUIPAMENTO PARA CARGA DE MERCADORIAS EM CAMINHÕES BAU
DATA:	09/06/17	MATERIAL: AÇO 1020	DESENHO:
	09/06/17	MASSA: 5,869 kg	PÉ BASE
			A4
			ESCALA: 1:1
			FOLHA 1 DE 1

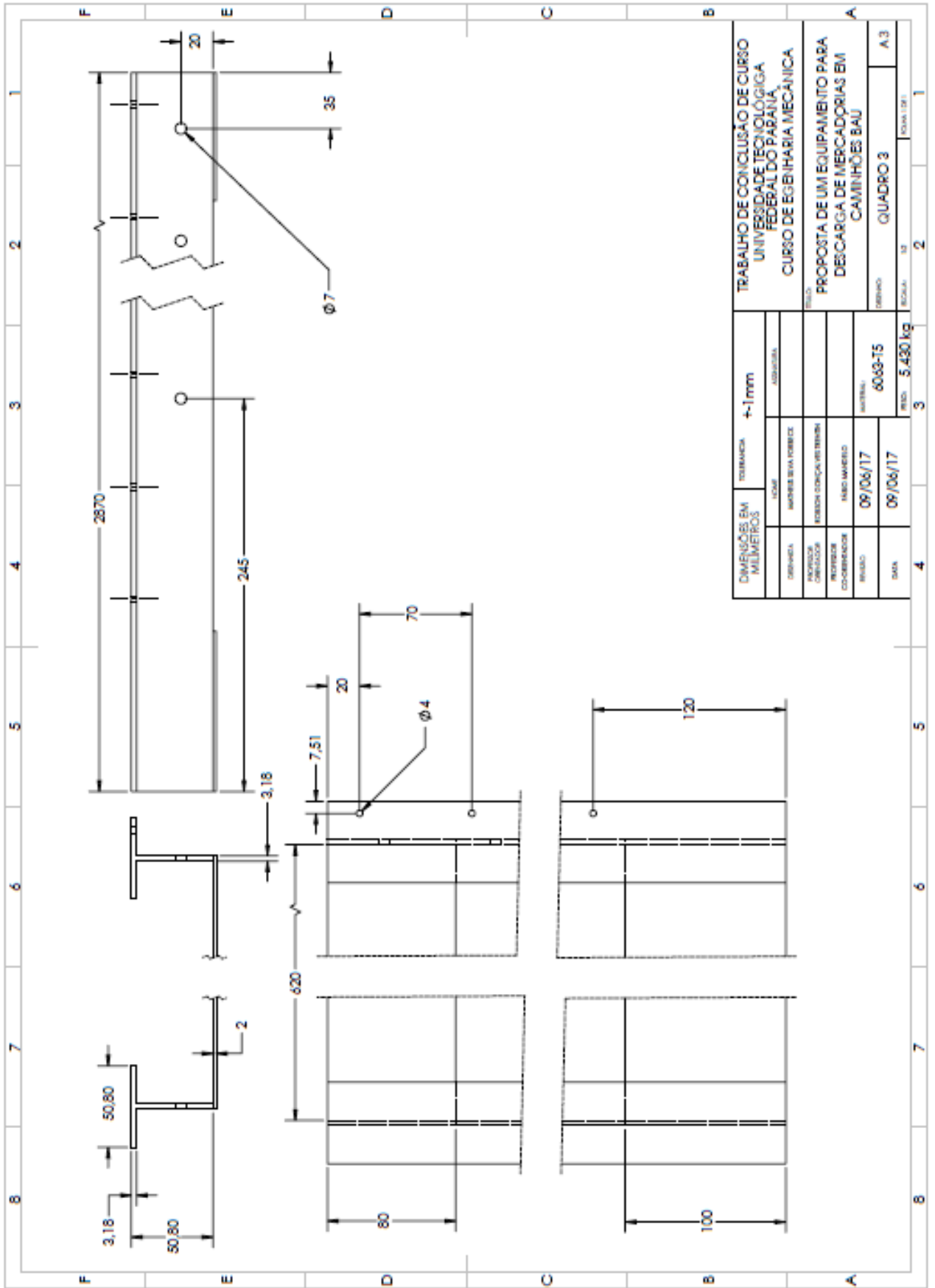


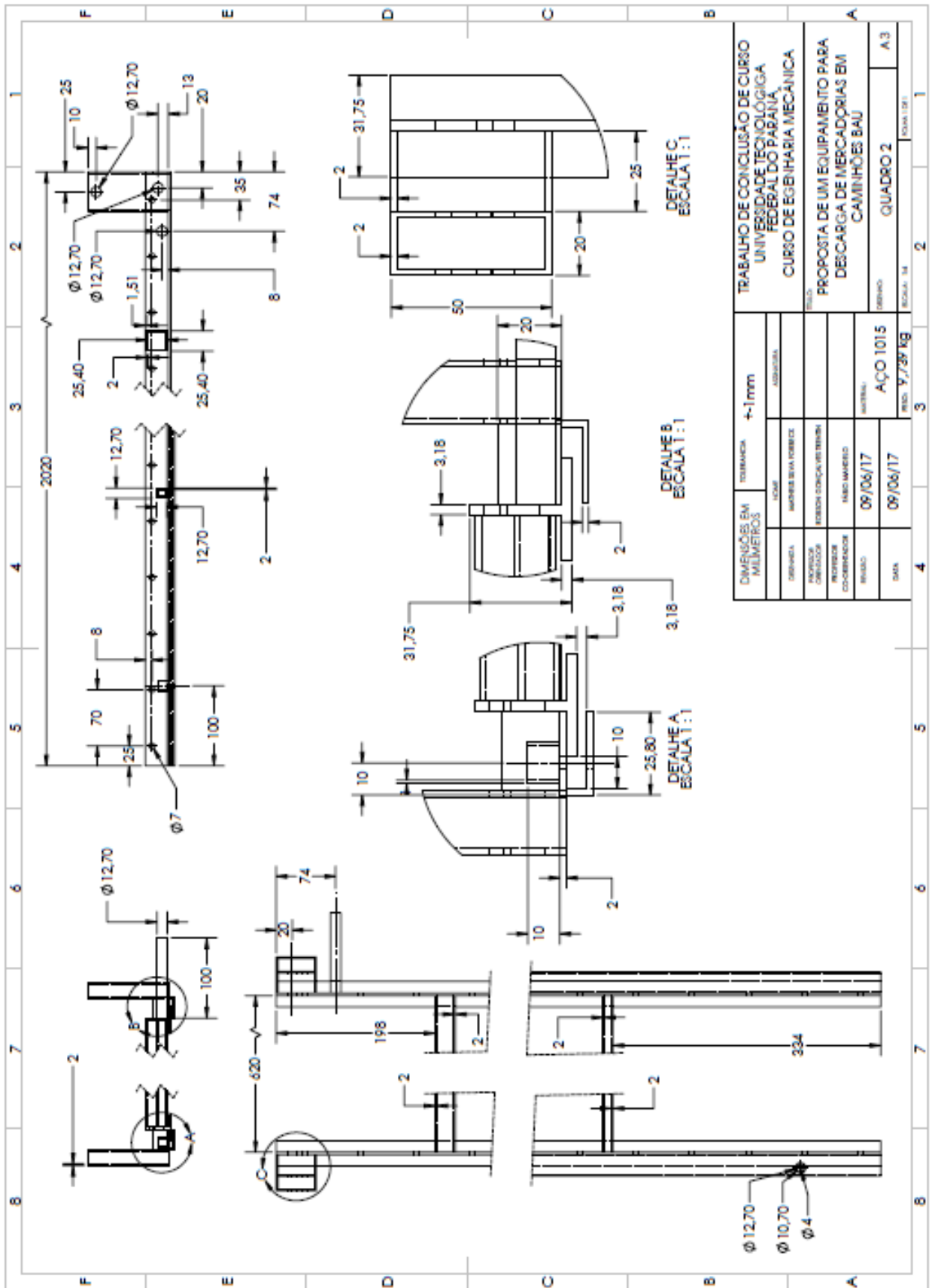




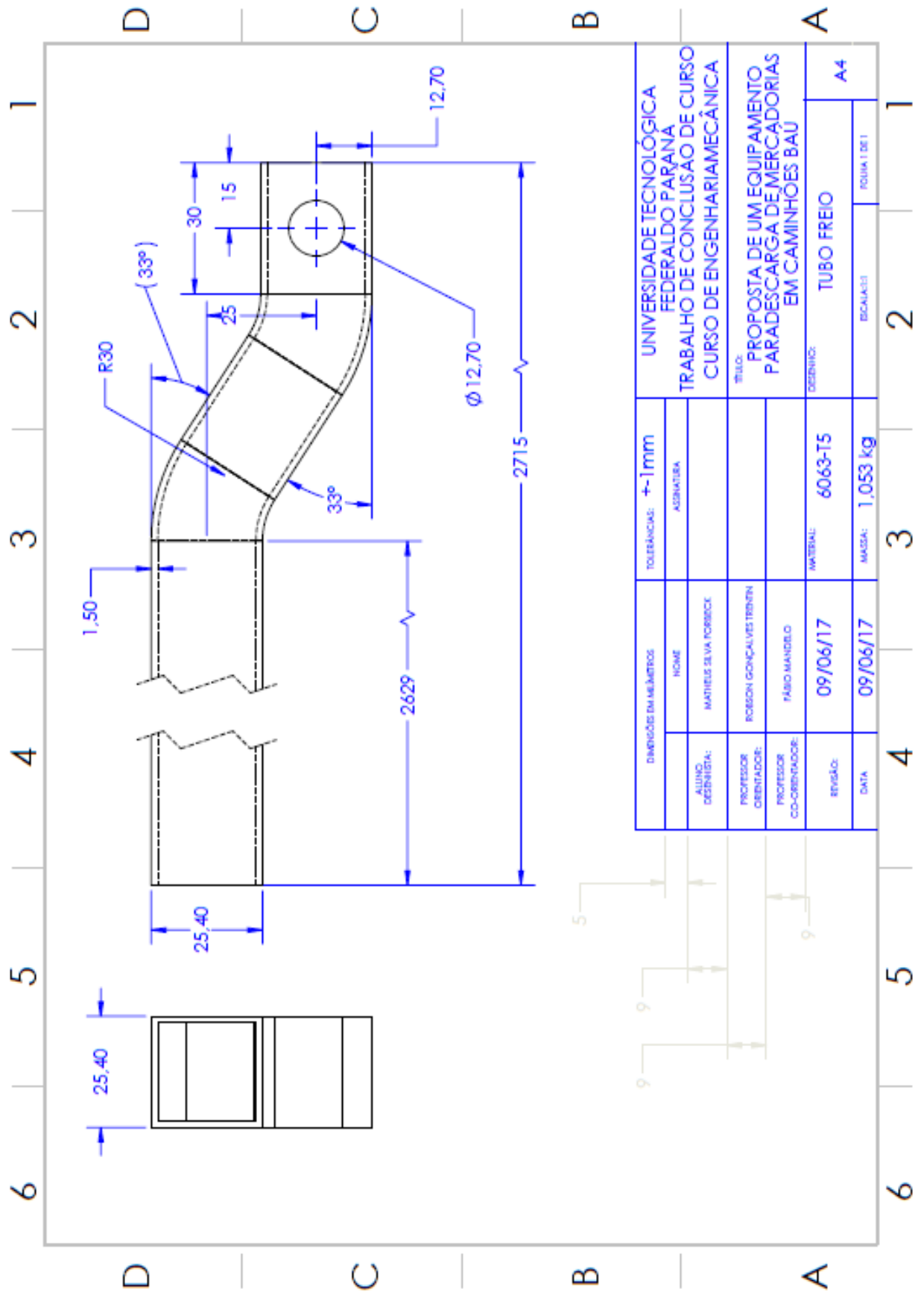
DIMENSÃO EM METROS		TOLERÂNCIAS:	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ALUNO: DESIGNAÇÃO:	NOME: MATEUS SILVA FORBES	ASINATUBA	
PROFESSOR ORIENTADOR:	ROBSON GONÇALVES TRENEN		DESENHO: PINO Q1 X Q2 A4
PROFESSOR CO-ORIENTADOR:	FÁBIO MANDILO	MATERIAL: LATÃO	
REVISÃO:	09/06/17	MASSA: 0,073 kg	
DATA:	09/06/17		

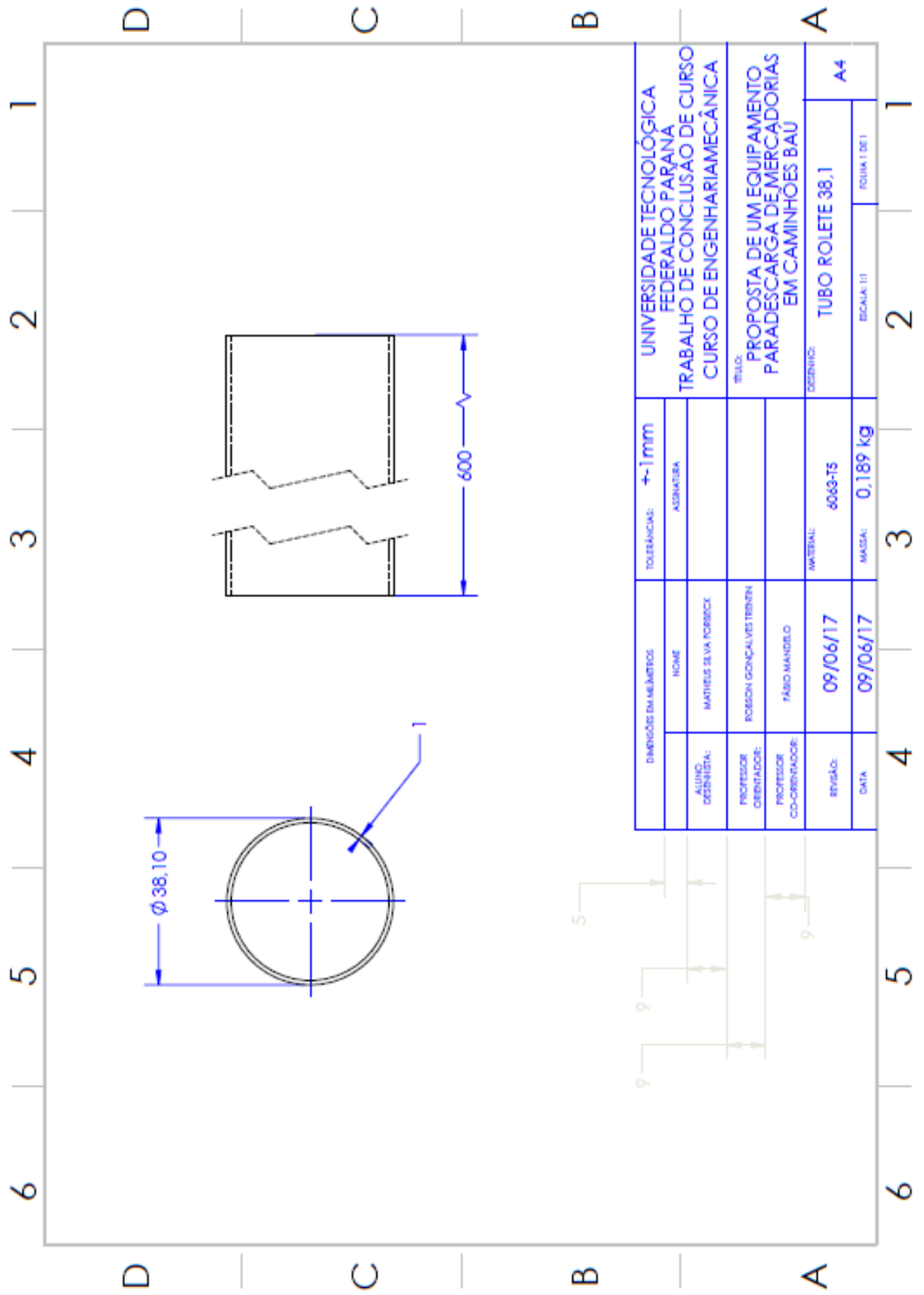


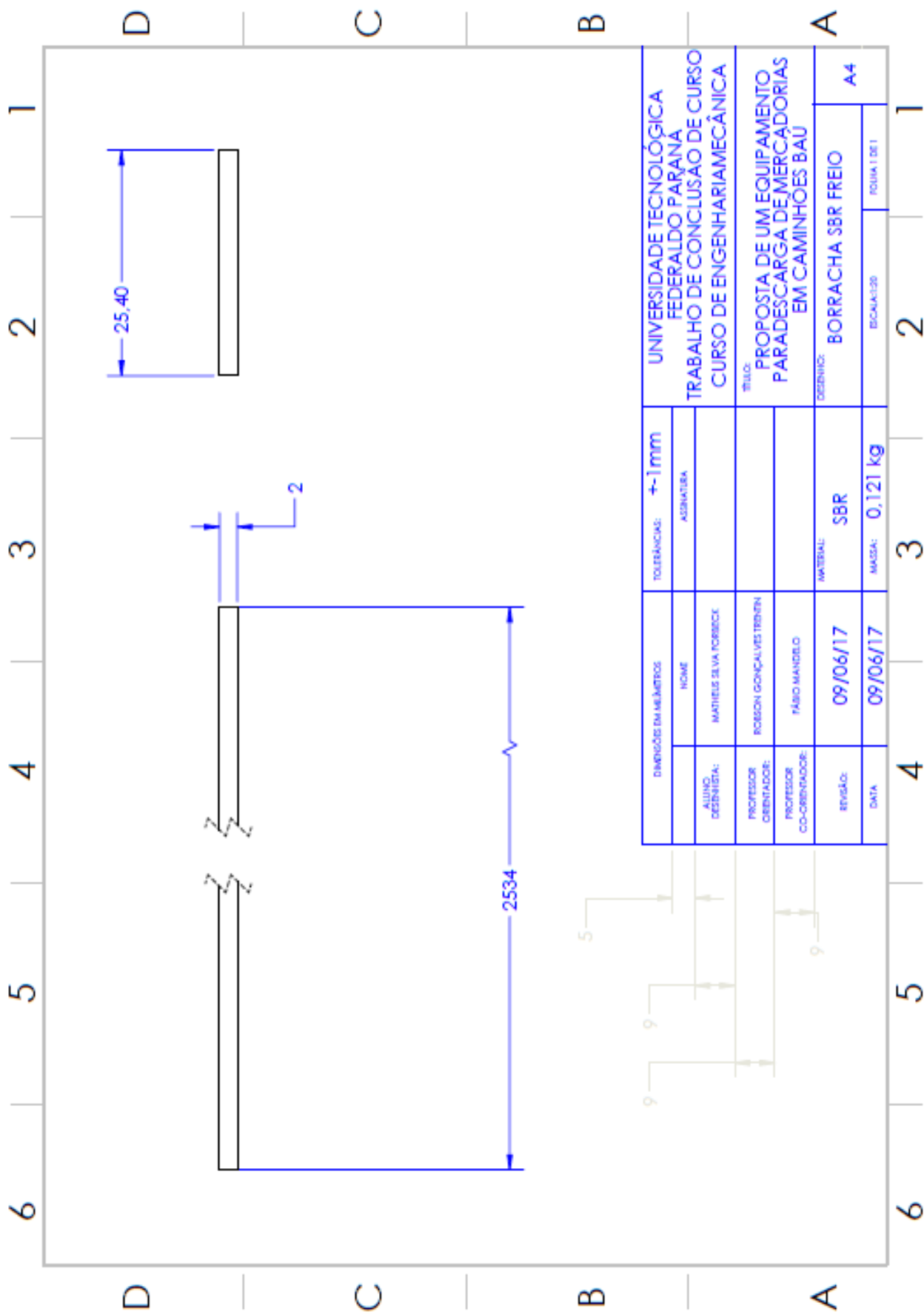




DIMENSÕES EM MILÍMETROS		TOLERÂNCIA	±1mm
DESENHISTA	MARCELO SILVA TORRES	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	
PROFESSOR ORIENTADOR	ROBERTO CONCEIÇÃO DE BRUNO	CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA	
PROFESSOR CO-ORIENTADOR	RAFAEL MARQUES	PROPOSTA DE UM EQUIPAMENTO PARA DESCARGA DE MERCADORIAS EM CAMINHÕES BAU	
INSCRIÇÃO	09/06/17	MATERIAL	AÇO 1015
DATA	09/06/17	FECHADO	QUADRO 2
		ESCALA	1:1
			A.3







DIMENSÃO EM MILÍMETROS		TOLEIRANÇAS: $\pm 0.1\text{mm}$	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	
ALUNO: DESENHISTA:	NOME: MATHIEUS SILVA FORBESCK	ASSINATURA	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA	
PROFESSOR ORIENTADOR:	ROBSON GONÇALVES TRINDEN		TÍTULO: PROPOSTA DE UM EQUIPAMENTO PARA DESCARGA DE MERCADORIAS EM CAMINHOS BAU	
PROFESSOR CO-ORIENTADOR:	FÁBIO MANDELO		DESENHOS:	BORRACHA SBR FREIO
REVISÃO:	09/06/17	MATERIAL: SBR		A4
DATA:	09/06/17	MASSA: 0.121 kg	ESCALA: 1:20	
			FOLHA 1 DE 1	