



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTEIRA TRANSPORTADORA
COMPACTA E AJUSTÁVEL PARA TRANSPORTE DE
MERCADORIAS**

JOICY MILENA DA CONCEIÇÃO

**TUCURUÍ - PA
2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTEIRA TRANSPORTADORA COMPACTA E
AJUSTÁVEL PARA O TRANSPORTE DE MERCADORIAS**

JOICY MILENA DA CONCEIÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:
Prof. Dr. Francisco Jarmeson Silva
Bandeira**

**Coorientador:
Prof. Msc. Walter dos Santos Sousa**

**TUCURUÍ - PA
2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C744d Conceição, Joicy Milena da.
Dimensionamento de uma esteira transportadora compacta e
ajustável para transporte de mercadorias / Joicy Milena da
Conceição. — 2022.
78 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Francisco Jarmeson Silva Bandeira
Coorientador(a): Prof. Me. Walter dos Santos Sousa
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de
Engenharia Mecânica, Tucuruí, 2022.

1. Esteira Transportadora. 2. Transporte de Mercadorias. 3.
Dimensionamento. I. Título.

CDD 621.8675



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTEIRA TRANSPORTADORA COMPACTA E
AJUSTÁVEL PARA O TRANSPORTE DE MERCADORIAS**

JOICY MILENA DA CONCEIÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Francisco Jarmeson Silva Bandeira
FEM/CAMTUC/UFPA

Coorientador: Prof. Msc. Walter dos Santos Sousa
FEM/CAMTUC/UFPA

Membro Interno: Prof^o Msc. Maciel da Costa Furtado
FEM/CAMTUC/UFPA

Membro Externo: Prof. Dr. Flavio Maldonado Bentes
FEM/CAMTUC/UFPA

Membro Externo: Eng. Ayrton José Taveira de Souza
FEM/CAMTUC/UFPA

Conceito Excelente

Tucuruí, 05 de fevereiro de 2022.

A Deus, minha mãe Maria do Amparo da Conceição, familiares e amigos por todo incentivo durante esses anos de graduação e por sempre terem acreditado nos meus sonhos e a todos que me apoiaram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que tem me proporcionado, a minha mãe Maria do Amparo da Conceição por ter sido tão presente nos meus estudos e em todos momentos que precisei, pelas orações, pela sabedoria que me passou e por sempre me incentivar a ir atrás dos meus objetivos. A toda minha família e aos meus amigos pelo apoio, sem vocês eu não teria alcançado essas conquistas.

A Universidade Federal do Pará e a todos professores e demais colaboradores do Campus de Tucuruí, pela oportunidade de poder ter realizado graduação em Engenharia Mecânica.

Ao meu orientador Francisco Jarmeson Silva Bandeira e ao meu coorientador Walter dos Santos Sousa pela paciência, pelo conhecimento passado, pelas reuniões de alinhamento e incentivo, e principalmente por transmitirem suas experiências.

Aos professores da Faculdade de Engenharia Mecânica, pelo esforço e dedicação que tiveram e por terem passado seus conhecimentos sobre engenharia.

Ao Grupo Fluidpar do Tecnolago do Campus de Tucuruí por ter cedido um computador com a licença do *ANSYS*, ferramenta computacional utilizada para realizar as simulações deste trabalho.

Aos meus amigos da faculdade, Thaís Cristina, Thaíres Ferreira e Elisson Muniz pela amizade construída durante a graduação, por toda a parceria que tivemos em equipe, pelos conselhos, pelos momentos felizes que me proporcionaram na faculdade, sou muito grata a amizade de vocês e por sempre estarem presentes nos momentos em que mais precisei.

Ao meu amigo e namorado Fernando Neves Lima pelo incentivo e companheirismo durante esses anos de graduação e por estar sempre presente nos momentos mais importantes.

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa”

(Albert Einstein, século XX)

DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTEIRA TRANSPORTADORA COMPACTA E AJUSTÁVEL PARA O TRANSPORTE DE MERCADORIAS

RESUMO

Cada vez mais o mercado industrial tem buscado soluções práticas e eficientes para aumentar a linha de produção. Com o avanço tecnológico, muitas empresas têm sentido a necessidade de investir na mecanização do transporte de produtos, aumentando a velocidade da movimentação da carga e diminuindo custos com mão de obra. O transporte de cargas por meio de transportadores de correia possibilita o deslocamento de diferentes produtos, sendo um equipamento economicamente atrativo para empresas de diversos segmentos do mercado. Diante disso, este trabalho trata do dimensionamento de uma esteira transportadora de pequeno porte, com inclinação e comprimento ajustável para realizar o transporte de mercadorias. A transportadora foi projetada para ser acoplada em veículos com carrocerias de até 2 metros de altura de elevação, possibilitando tanto o carregamento quanto o descarregamento. O intuito do projeto é facilitar o transporte de mercadorias em pequenos e médios estabelecimentos comerciais, proporcionando condições ergonômicas mais favoráveis aos trabalhadores responsáveis pela alocação dos produtos nos veículos. Ao longo do trabalho, será mostrado todos os cálculos e análises realizadas, bem como a geometria e os componentes da estrutura.

Palavra-chave: Esteira Transportadora, Transporte de Mercadorias, Dimensionamento.

DIMENSIONING A COMPACT AND ADJUSTABLE CONVEYOR BELT FOR TRANSPORTING GOODS

ABSTRACT

Increasingly, the industrial market has sought practical and efficient solutions to increase the production line. With technological advances, many companies have felt the need to invest in the mechanization of product transport, increasing the speed of cargo movement and reducing labor costs. Cargo transport by means of belt conveyors allows the displacement of different products, being an economically attractive equipment for companies from different market segments. Therefore, this work deals with the dimensioning of a small conveyor belt, with an adjustable inclination and length to carry out the transport of goods, the conveyor is designed to be coupled to vehicles with bodies of up to 2 meters in height, enabling both loading and unloading of material. The equipment is designed to facilitate the transport of goods in small and medium-sized commercial establishments, providing more favorable ergonomic conditions for the workers responsible for transporting the goods. Throughout the work, all calculations and analyzes performed will be shown, as well as the geometry and components of the structure.

Keywords: *Conveyor Belt, Transport of Goods, Dimensioning.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Componentes de um transportador de correia.....	24
Figura 2. Componentes de uma correia transportadora (a) Correia transportadora de lona (b) Correia transportadora de cabos de aço.....	26
Figura 3. Rolete plano.	27
Figura 4. Rolete triplo.....	27
Figura 5. Rolete em catenária com três rolos.	27
Figura 6. Roletes de retorno.	28
Figura 7. Rolete de impacto plano.....	28
Figura 8. Rolete de impacto triplo.	29
Figura 9. Rolete auto-alinhante de carga.	29
Figura 10. Rolete auto-alinhante de retorno.	29
Figura 11. Roletes de transição.....	30
Figura 12. Representação esquemática do tambor e seus componentes.....	30
Figura 13. Tipos de tambores de acionamento em função do revestimento.....	32
Figura 14. Tambor movido.....	33
Figura 15. Motor para acionamento de correia.....	33
Figura 16. Metodologia de projeto.	35
Figura 17. Croqui da esteira transportadora com inclinação mínima.....	36
Figura 18. Croqui da esteira transportadora com inclinação máxima.	36
Figura 19. Dimensões do saco de fibra de 50 kg.....	37
Figura 20. disposição dos roletes.....	39
Figura 21. Motoredutor selecionado.....	42
Figura 22. Mancal UCFL 205.	43
Figura 23. Representação da transmissão por correia da estrutura inferior.....	44
Figura 24. Representação da transmissão por correia na estrutura superior.	44
Figura 25. Transmissão por correia aberta sem reversão.	45
Figura 26. Forças e torques em uma polia.....	46
Figura 27. Fator de correção da polia C_p para correias planas.....	47
Figura 28. Vista isométrica da montagem da esteira transportadora.....	49
Figura 29. (a) Esteira transportadora com inclinação de 8° e comprimento de 2,67 m; (b) Esteira transportadora com inclinação de 20° e comprimento de 2,67 m.	49
Figura 30. (a) Esteira transportadora inclinada a 8° e comprimento de 1,7 m; (b) Esteira	

transportadora inclinada a 20° e comprimento de 1,7 m.	50
Figura 31. Chapa lateral do mecanismo manual de variação do comprimento.	50
Figura 32. (a) Geometria inclinada a 8°; (b) geometria inclinada a 20°.....	52
Figura 33. (a) Número de nós e elementos gerados pela malha na estrutura de 8°; (b) Número de nós e elementos gerados pela malha da estrutura de 20°.....	53
Figura 34. Gráfico gerado pela métrica de malha Element Quality para a estrutura de inclinação de 8°.	53
Figura 35. Gráfico gerado pela métrica de malha Element Quality para a estrutura de inclinação de 20°.	53
Figura 36. Aplicação da condição de contorno Fixed support nos olhais.	55
Figura 37. Carregamentos e condições de contorno aplicados na estrutura de inclinação mínima.	55
Figura 38. Carregamentos e condições de contorno aplicados na estrutura de inclinação máxima.	56
Figura 39. Deformação oriunda dos carregamentos aplicados na estrutura de inclinação mínima de 8°.....	56
Figura 40. Deformação oriunda dos carregamentos aplicados na estrutura de inclinação máxima de 20°.....	56
Figura 41. Região de tensão máxima e mínima na estrutura inclinada a 8°.....	57
Figura 42. Região de tensão máxima e mínima na estrutura inclinada a 20°.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Velocidades máximas recomendadas para materiais diversos	38
Tabela 2. Capacidade volumétrica ideais dos transportadores a 1,0 m/s	39
Tabela 3. Fator de correção de capacidade.....	39
Tabela 4. Dados técnicos do motoredutor selecionado	42
Tabela 5. Resultados.....	43
Tabela 6. Resultados do dimensionamento da correia para as estruturas inferior e superior...48	
Tabela 7. Resultados obtidos para ambas estruturas.	48
Tabela 8. Pesos considerados para simulação.	54
Tabela 9. Carregamentos aplicados na geometria da simulação.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TC	Transportador de correia
BC	Belt Conveyor
NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descrição
λ	Ângulo de inclinação
H_1	Altura de elevação
dp	Distância padrão do material à borda da correia
B	Largura da correia
C_{Tabela}	Capacidade volumétrica de um transportador a uma velocidade $V = 1$ m/s
C_1	Capacidade volumétrica de um transportador horizontal a uma velocidade V em m/s
V	Velocidade da correia
K	Fator de correção de capacidade
μ	Coefficiente de atrito da correia
T_1	Capacidade de transporte
L	Comprimento da correia
D	Diâmetro do tambor
d	Diâmetro do rolete de carga
G_r	Força peso dos roletes
G_b	Força peso da correia
G_m	Força exercida pelo material
M	Momento de torção requerido no eixo do tambor de acionamento,
n	Rotação por minute no eixo do tambor
η	Rendimento do redutor
P	Potência requerida
t	Espessura da correia
θ_D	Ângulo de contato da polia maior
θ_d	Ângulo de contato da polia menor
ϕ	Ângulo de abraçamento
F_c	Tração circunferencial causada pela força centrífuga
F_1	Tração aplicada no lado apertado da correia

F_2	Tração do lado mais folgado da correia
F_i	Tensão inicial necessária
C_2	Distância entre centros
w	Densidade linear da correia
γ	Peso específico
T_2	Torque necessário
H_{nom}	Potência nominal
k_s	Fator de serviço do motor
n_d	Fator de projeto
$(F_1)_a$	Tração máxima permissível
F_a	Tração admitida pela fabricante
C_p	Fator de correção de polia
C_v	Fator de correção de velocidade
n_{fs}	Fator de segurança
H_a	Potência de projeto
H_2	Potência transmitida

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo geral.....	17
1.1.2	Objetivos específicos	18
1.2	JUSTIFICATIVA	18
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.2	MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO E TRANSPORTE	21
2.3	TRANSPORTADORES DE CORREIA	22
2.3.1	Definição	22
2.3.2	Classificação	23
2.4	COMPONENTES DE UMA TRANSPORTADORA DE CORREIA.....	24
2.4.1	Estrutura	25
2.4.2	Correia	25
2.4.2	Roletes	26
2.4.3	Tambores	30
2.4.4	Conjunto de acionamento	33
3	METODOLOGIA	35
3.1	OBJETO DE ESTUDO	35
3.2	MATERIAL TRANSPORTADO	37
3.3	VELOCIDADE E CAPACIDADE DA ESTEIRA TRANSPORTADORA	37
3.4	DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DO CONJUNTO DE ACIONAMENTO	40
3.5	DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DA CORREIA	43
3.6	APRESENTAÇÃO DO EQUIPAMENTO FINALIZADO	48
4	ANÁLISE NUMÉRICA	51
4.1	TEORIA DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS – MEF	51
4.2	ANÁLISE ESTÁTICA.....	52
5	CONCLUSÃO	58
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	59
	REFERÊNCIAS	60

APÊNDICE A – Desenho técnico dos componentes principais da esteira transportadora.	63
ANEXO I – Dados técnicos da correia transportadora da Damatec.....	74
ANEXO II – Dados técnicos dos rolamentos utilizados na rodinha e roletes.	75
ANEXO III – Dados do mancal selecionado para o conjunto de acionamento.	76
ANEXO IV – Dados técnicos do motoredutor.....	77
ANEXO V – Dados do perfil estrutural da Gerdau.....	78

1 INTRODUÇÃO

As primeiras correias transportadoras surgiram em 1795, em plena Revolução Industrial, era equipamentos rudimentares, construídos com couro ou telas, que deslizavam sobre superfícies planas de madeira e destinavam-se ao transporte de cereais para o interior de navios; a distância entre os pontos de carga e de descarga era relativamente curta. O sistema foi se aperfeiçoando e sendo aplicado em várias atividades, em que uma rápida movimentação de materiais proporcionava importantes economias de mão de obra e aumento da produtividade (Ctborracha, 2021).

Os avanços no desenvolvimento do sistema de transporte por correias transportadoras e nos materiais utilizados não mais pararam, o que possibilitou a sua instalação nos mais variados setores do mercado, desde os mais simples elevadores de carga e descarga, até aos mais complexos sistemas de correias transportadoras, instalados nas mais variadas indústrias (química, papel, cimenteiras, termo elétricas, metalúrgica, minas, pedreiras, alimentar, portos de mar, aeroportos, reciclagem, etc.) (Ctborracha, 2021).

Em um processo produtivo, um dos fatores importantes quando se buscar reduzir os custos é reduzir a distância percorrida tanto pela matéria-prima quanto pelo produto final processado (Tamasauskas, 2000). Um dos estímulos para o avanço tecnológico alcançado por muitas empresas foi a mecanização dos processos em relação a movimentação de cargas (Rudenko, 1976).

A logística é um dos processos mais importantes em uma empresa e que envolve diversas etapas, sendo o armazenamento e estoque etapas essenciais do processo. De maneira geral, as esteiras transportadoras têm auxiliado na movimentação de diferentes produtos como caixas, sacos e embalagens, proporcionando melhor custo benefício, mais agilidade, podendo atender a diversas demandas do mercado, dependendo da demanda exigida.

Um transportador de correia é composto basicamente pelos seguintes componentes: roletes, tambores, conjunto de acionamento e correia. O correto dimensionamento desses elementos é imprescindível para o bom funcionamento do equipamento, visto que isso influencia diretamente na vida útil do sistema.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Projetar uma esteira transportadora de pequeno porte, com mecanismo ajustável de comprimento, para realizar o transporte de mercadorias, especificando os principais

componentes e esforços da estrutura por meio de cálculos, desenhos e análises numéricas.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar o projeto de uma esteira transportadora com comprimento ajustável;
- Realizar memorial de cálculo do dimensionamento da correia e conjunto de acionamento;
- Projetar uma esteira transportadora acoplável a veículos com carroceria de até 2 metros de altura de elevação;
- Especificar os componentes utilizados para o projeto;
- Realizar análise estrutural para verificação da resistência da estrutura;
- Elaborar desenhos técnicos da transportadora para auxiliar o processo de fabricação.

1.2 JUSTIFICATIVA

O transporte de mercadorias trata-se de uma atividade que demanda esforço físico, pois o carregamento e descarregamento de mercadorias é geralmente um trabalho pesado, exigindo constantes paradas durante o processo de trabalho para não comprometer a saúde física dos trabalhadores envolvidos. Para minimizar esses efeitos, o projeto de uma pequena esteira transportadora pode reduzir esses problemas operacionais, melhorando a qualidade do serviço, possibilitando uma maior capacidade de carga e descarga em menos tempo.

Nesse sentido, as esteiras transportadoras são itens essenciais para automatizar o processo de transporte de mercadorias, garantindo um fluxo contínuo, tornando a linha de produção eficiente, além de possibilitar à empresa um melhor controle da movimentação das mercadorias de forma mais eficaz.

Diante disso, este trabalho apresenta o projeto de uma esteira transportadora que tem como intuito facilitar o transporte de mercadorias de pesos variados, principalmente as que são inviáveis de serem transportadas por pessoas, tornando o processo mais seguro e evitando acidentes entre os envolvidos no transporte. Dessa forma, trata-se de um equipamento compacto, ajustável no comprimento, que seja acoplável a carrocerias de caminhões e outros veículos com altura de elevação de até 2 m, simplificando a movimentação e facilitando a locomoção do produto de um local para o outro.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste trabalho será dado um foco maior no projeto da esteira transportadora que está apta a receber a função de inclinação, resultado de um outro trabalho.

O presente trabalho está dividido em cinco seções que apresentam todo o embasamento utilizado para realizar o projeto, desde a ideia inicial ao projeto finalizado:

Após a introdução, no capítulo 2 é realizado uma revisão bibliográfica das classificações dos transportadores de correias, bem como os componentes essenciais de um transportador, função e funcionamento de cada um.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia de projeto utilizada no processo de desenvolvimento do trabalho, apresentando os cálculos necessários para dimensionar e selecionar os elementos da esteira transportadora.

No capítulo 4, é realizado um apanhado geral a respeito de análises numéricas, bem como apresentada as simulações feitas da estrutura do equipamento, sendo identificados os pontos críticos e que devem ser reparados

No capítulo 5, por fim, são apresentadas as considerações finais e conclusão a respeito do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Carnizello (2011) realizou o dimensionamento de um transportador de médio porte para uso no setor da mineração com 280 m de comprimento e capacidade de transportar cerca de 3500 t/h de minério de ferro. O autor demonstra todos os cálculos necessários, além dos equipamentos devidamente especificados para compor a transportadora. Por fim, o mesmo aconselha que para transportadores de grande porte é indicado realizar uma análise dinâmica, utilizando o método dos elementos finitos.

Figueirêdo (2018) apresenta uma metodologia voltada para o dimensionamento de um transportador de correia para a indústria salineira, de forma que apresente um bom desempenho, seja resistente à corrosão e de fácil operação. É dimensionado um transportador de 11,5 m de comprimento que possa atender a demanda solicitada pela indústria que é dada como 10 t/h. Para isso, foi utilizado um manual específico voltado para o dimensionamento de transportadores de correia, planilha iterativa para realizar os cálculos, além do desenvolvimento do desenho 2D e 3D do projeto.

Campos (2013) desenvolveu o projeto de um transportador contínuo inclinado de esteira côncava para realizar o transporte de minério de bauxita. O transportador apresenta um comprimento de 20 m, altura de elevação de aproximadamente 5,35 m, capacidade de transporte de 531 m³/h. Primeiramente, o autor realiza a análise, o dimensionamento e a seleção dos componentes da transportadora, sistema de acionamento, cargas e tensões, posteriormente, é feita uma análise numérica da estrutura metálica de sustentação do transportador contínuo, de forma a identificar e observar a influência das cargas e tensões que irão atuar na estrutura para poder otimizar a geometria, de modo que a mesma suporte os esforços aplicados sem estar superdimensionada.

Hickmann (2017) realizou o projeto de uma esteira transportadora de 30 m de comprimento e inclinação de 15°, apresentando o dimensionamento analítico dos componentes do equipamento, bem como a análise estrutural da transportadora por meio de cálculos e simulações numéricas. Os resultados das análises do autor foram satisfatórios, o que significa que a esteira transportadora projetada possui capacidade de suportar as cargas impostas sobre a mesma.

2.2 MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO E TRANSPORTE

Segundo Rudenko (1976), máquinas de elevação e transporte são empregadas para mover cargas em estabelecimentos, departamentos, fábricas, indústrias, locais de construções, de armazenagem e recarga, entre outros. Neste sentido, as máquinas de elevação e transporte são equipamentos destinados a movimentação de materiais em percursos com variadas distâncias.

Optar pela utilização de máquinas de elevação e transporte é ideal para toda empresa que realizem operações de carga e descarga, de forma a atingir as principais metas de produção e logística, ou seja, mais trabalho em menos tempo, qualidade, segurança e redução de gastos.

A classificação das máquinas de elevação e transporte leva em conta a finalidade de aplicação, geralmente depende da área de atuação da empresa. Nassar (2004), classifica de forma geral, as principais máquinas de elevação e transporte, de acordo com aplicações atuais:

I. Veículos de Transporte

A) Veículos para transporte manual (carrinhos, carros)

B) Veículos motorizados (carro, trator, empilhadeira). Elétricos, diesel ou gás.

II. Meios de elevação

A) Talhas

- ✓ Polias
- ✓ Talhas helicoidais
- ✓ Talhas de engrenagem frontal
- ✓ Talhas elétricas
- ✓ Carros de ponte para talhas

B) Guinchos

- ✓ Guinchos de cremalheira
- ✓ Macaco de rosca
- ✓ Macaco hidráulico
- ✓ Guinchos manuais
- ✓ Guincho móvel manual
- ✓ Guinchos acionados por motor elétrico

C) Guindastes

- ✓ Guindastes de ponte (pontes rolantes)
- ✓ Guindastes móveis de paredes
- ✓ Guindastes de cavaletes (pórticos e semi-pórticos)

- ✓ Pontes de embarque
- ✓ Guindaste de cabo

III. Transportadores Contínuos

- A) Correias Transportadoras
- B) Transportadores Articulado: Esteira Articulada, Transportador de Canecas, Transportador Circular, Transportador Raspador e Transportador de Correntes
- C) Hélices Transportadoras
- D) Transportadores Oscilantes
- E) Mesas de Rolos
- F) Instalações Pneumáticas e Hidráulicas de Transporte.

2.3 TRANSPORTADORES DE CORREIA

A utilização de transportadores de correia começou a partir da segunda metade do século XVIII na Inglaterra, na época movidos a vapor (Calijorne, 2016). Hoje em dia, já com os avanços tecnológicos, os transportadores de correia são essenciais para o transporte de materiais a granel ou em pacotes, trazendo a indústria mais economia, rapidez e segurança no transporte de seus produtos.

Os transportadores de correias ganharam melhorias significativas, como maior faixa de opções de tipos de correias, sistemas de acionamento e controle mais avançados, viabilizando a sua aplicação no transporte de materiais a maiores distâncias e com maiores capacidades.

2.3.1 Definição

De acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) o transportador de correia ou abreviadamente “TC” (*belt conveyor or BC*) é definido pela norma NBR 6177 como:

Arranjo de componentes mecânicos, elétricos e estruturas metálicas, consistindo em um dispositivo horizontal ou inclinado (ascendente ou descendente) ou em curvas (côncavas ou convexas) ou, ainda, uma combinação de quaisquer destes perfis, destinado à movimentação ou transporte de materiais a granel, através de uma correia contínua com movimento reversível ou não, que se desloca sobre os tambores, roletes e/ou mesas de deslizamento, segundo uma trajetória predeterminada pelas condições de projeto, possuindo partes ou regiões características de carregamento e descarga (ABNT,1999).

Transportadores de correia são atualmente um dos equipamentos mais utilizados nas indústrias de diversos segmentos econômicos por transportar produtos a longas e curtas distâncias. Com o avanço da industrialização e tecnológico, muitas empresas começaram a

investir nesse equipamento a fim de aumentar a produção, ser atualizada no mercado, produzindo mais em menos tempo.

2.3.2 Classificação

A escolha adequada de um transportador de correia é uma decisão que envolve conhecimento técnico em sistemas de transporte, características operacionais, capacidades e velocidades, e conhecimento econômico de tempos, capacidades, custos operacionais, custos de manutenção, entre outros (Eletrobrás et al. 2009).

Para realizar a escolha de um transportador de correia é necessário saber qual será a finalidade do equipamento e quais necessidades são exigidas. Segundo a ABNT NBR 6177 (1999), os transportadores de correia são classificados da seguinte forma:

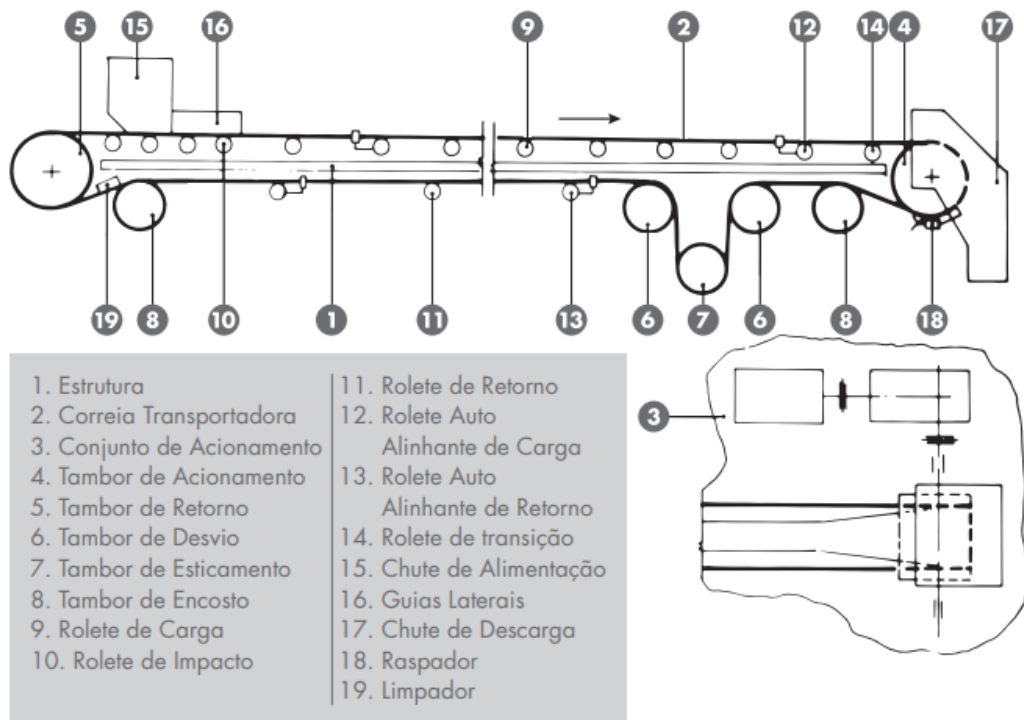
- **Transportador de correia portátil (*portable belt conveyor*):** Transportador de dimensões reduzidas e de fácil locomoção, montado ou não sobre rodas;
- **Transportador de correia móvel (*shuttle belt conveyor*):** Transportador montado sobre rodas apoiadas sobre uma via de rolamento, dotado de movimento de translação, com a finalidade de alimentar vários pontos de carregamento;
- **Transportador de correia radial (*radial belt conveyor*):** Transportador possui parte dianteira montada sobre rodas e pivotado em sua parte traseira; é dotado de movimento de rotação com a finalidade de alimentar vários pontos de carregamento ou empilhar o material;
- **Transportador de correia reversível (*reversible belt conveyor*):** Pode descarregar o material em dois sentidos opostos, invertendo-se o sentido de movimento da correia transportadora;
- **Transportador de correia de dupla via (*two-way conveyor*):** Permite o transporte de material tanto pelo lado de carga como pelo lado de retorno, individual ou simultaneamente;
- **Transportador de correia sobre cabos (*rope conveyor*):** Os roletes são apoiados e fixados em cabos de aço dispostos nas laterais do mesmo. Este tipo de transportador geralmente é instalado dentro de minas de extração, onde o nível do solo é irregular e o comprimento do transportador necessita ser alterado frequentemente conforme o desenvolvimento da escavação;

- **Transportador de correia tubular (*pipe conveyor*):** Correia plana é conformada por rolos na forma tubular, na seção intermediária entre o ponto de carregamento e de descarga, tanto no lado de carga como no lado de retorno;
- **Transportador de correia de alta inclinação (*high angle conveyor*):** Provido de correia especial ou dispositivos específicos que permitem o transporte de material com um ângulo de inclinação muito superior ao dos transportadores convencionais;
- **Alimentador de correia (*belt feeder*):** Transportador de pequeno comprimento, usualmente de velocidade baixa e variável, localizado sob dispositivos de armazenamento tais como silos, moegas etc., com a finalidade de extrair e regular a taxa de alimentação do material.

2.4 COMPONENTES DE UMA TRANSPORTADORA DE CORREIA

Um transportador de correia é composto por diversos componentes que devem ser bem avaliados para compor o projeto, conforme mostrado na Figura 1. Esses componentes influenciam diretamente de todos os cálculos de dimensionamento, sendo responsáveis pelo bom funcionamento da transportadora.

Figura 1. Componentes de um transportador de correia.



Fonte: Mercúrio (2019).

2.4.1 Estrutura

A estrutura interliga todo o conjunto da esteira transportadora, servindo como apoio para sustentar todas as partes. É formada por todos os elementos de sustentação que compõem a esteira transportadora como: colunas, suportes, treliças, entre outros.

É imprescindível uma estrutura bem projetada a fim de garantir maior segurança no suporte do peso de todos os componentes da esteira transportadora.

2.4.2 Correia

A correia é um dos elementos principais do transportador de correia por ser o elemento que fica em contato direto com o material que está sendo transportado, seu custo corresponde a grande parte da máquina, cerca de 30 a 40%. De acordo com Sacramento (2010), para selecionar uma correia adequadamente devem ser levados em conta alguns fatores:

- Características do material a ser transportado;
- Condições de serviço;
- Tipos de rolete;
- Largura;
- Tensão máxima;
- Tempo de percurso completo;
- Temperatura do material.

Para entender por completo o funcionamento de uma correia, é imprescindível saber como a mesma é constituída, de forma a poder avaliar o seu funcionamento durante a operação. A correia transportadora faz parte do grupo de partes móveis de um transportador, é constituída basicamente pela carcaça e cobertura.

A carcaça é um dos elementos estruturais mais importantes da correia, pois tem como finalidade transmitir a força necessária para a correia suportar a carga transportada, resistência a tensões e flexões. Além disso, fornece rigidez para que a correia permaneça alinhada na estrutura do transportador. Podem ser compostas por fibras têxteis ou por cabos de aço.

- **Fibras têxteis:** são elementos usados nos tecidos das carcaças, são compostos pelos fios: urdume e trama, sendo o urdume responsável por fornecer força ao corpo da estrutura e a trama efetua sua amarração, fornecendo ao tecido resistência transversal;
- **Cabos de aço:** são constituintes responsáveis por garantir que a correia tenha resistência necessária para suportar os impactos causados durante a operação.

A cobertura funciona como protetora da carcaça contra a abrasão, cortes, umidade, entre outras condições provocadas pelo material transportado durante a operação da correia que possam ocasionar sua deterioração. As coberturas podem ser classificadas em:

- **Cobertura superior:** parte que fica em contato direto com o material transportado pela correia, responsável por proteger a carcaça contra o desgaste e impacto e impacto gerados durante o funcionamento;
- **Cobertura inferior:** parte que fica em contato com os roletes e tambores, responsável por fornecer o atrito necessário para alinhamento da correia e transmissão de energia.

A Figura 2 mostra os tipos de construção de correias mais usuais:

Figura 2. Componentes de uma correia transportadora (a) Correia transportadora de lona (b) Correia transportadora de cabos de aço.



Fonte: Mercúrio (2019).

2.4.2 Roletes

Os roletes são um conjunto de rolos cilíndricos com a finalidade de dar suporte a correia transportadora, podem girar em torno do próprio eixo, o que provoca o deslocamento da correia sobre eles. Além de suportarem a correia, também são responsáveis por guiá-las na direção de trabalho, sendo essenciais no transporte dos materiais por todo o comprimento da correia, evitando eventuais falhas que possam surgir devido seu esticamento.

Para Carnizello (2011), o bom alinhamento, lubrificação e manutenção dos rolos é essencial para o movimento da correia. Qualquer imperfeição em algum desses detalhes resultará em um aumento da tensão na correia e na potência requerida do motor, devido ao atrito causado pelo rolo desalinhado ou com lubrificação insuficiente.

São classificados em diferentes tipos que variam de acordo com a aplicação: roletes de carga, roletes de retorno, roletes de impacto, entre outros.

2.4.2.1 Roletes de carga

Em geral, estão localizados no lado superior do transportador com a função de suportar a correia transportadora e a carga que está sendo movimentada por ela. Projetados para atender a todos os tipos de serviços (leves, médios, pesados e extra pesados) são construídos em tubos de aço ou ferro fundido, montados num eixo com rolamentos blindados e antifricção (Mercúrio, 2019).

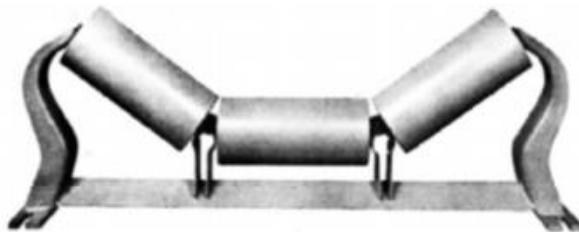
Podem estar configurados de diferentes maneiras: planos, duplos, triplos, em catenária com três ou cinco rolos espiralados. Geralmente, os roletes duplos, triplos e em catenária possuem maior capacidade de carga que o plano, devido ao acamamento que proporciona à correia. Algumas dessas configurações são apresentadas nas Figuras 3, 4 e 5.

Figura 3. Rolete plano.



Fonte: Mercúrio (2019).

Figura 4. Rolete triplo.



Fonte: Mercúrio (2019).

Figura 5. Rolete em catenária com três rolos.



Fonte: Mercúrio (2019).

2.4.2.2 Roletes de retorno

Os roletes de retorno, mostrado na Figura 6, são um conjunto de rolos no qual se apoia o trecho de retorno da correia transportadora (Gavi, 2009). São responsáveis por sustentar o peso da correia durante o seu retorno e não do material que a mesma transporta. Comumente, sua estrutura é formada por um rolo horizontal plano sustentado por suportes fixos no interior da estrutura da esteira transportadora.

Figura 6. Roletes de retorno.



Fonte: Adaptado de Martin (2019).

2.4.2.3 Roletes de impacto

Aplicado nas áreas de carga com a finalidade de amortecer o choque provocado pelo impacto do material ao cair sobre a correia, protegendo-a contra rasgos, cortes, perfurações, etc. Tem em seus rolos anéis, discos ou pneus de borracha dispostos espaçadamente através de calços (Mercúrio, 2019).

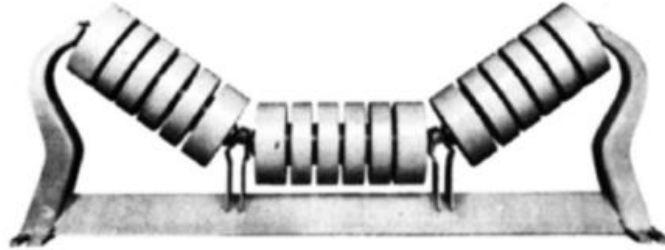
Esses roletes são montados por anéis de borracha entorno de um tubo de aço que fica posicionado no ponto de descarga do material para poder suportar o impacto que esse material tende a causar na correia. Nas Figuras 7 e 8 são ilustrados esse tipo de rolete:

Figura 7. Rolete de impacto plano.



Fonte: Mercúrio (2019).

Figura 8. Rolete de impacto triplo.



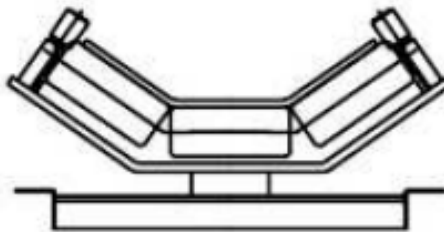
Fonte: Mercúrio (2019).

2.4.2.4 Roletes auto-alinhantes

Segundo a ABNT NBR 6177 (1999), os roletes auto-alinhantes são roletes que possuem um mecanismo giratório acionado pela correia de modo a controlar o deslocamento lateral da mesma através do contato da mesma com os rolos das guias laterais.

Esses roletes podem ser utilizados tanto no lado carregado (Figura 9) quanto no lado de retorno (Figura 10). Além disso, são responsáveis por manter a correia alinhada, sendo estes usados em cavaletes auto-alinhantes para que a correia permaneça alinhada.

Figura 9. Rolete auto-alinhante de carga.



Fonte: ABNT NBR 6177 (1999).

Figura 10. Rolete auto-alinhante de retorno.



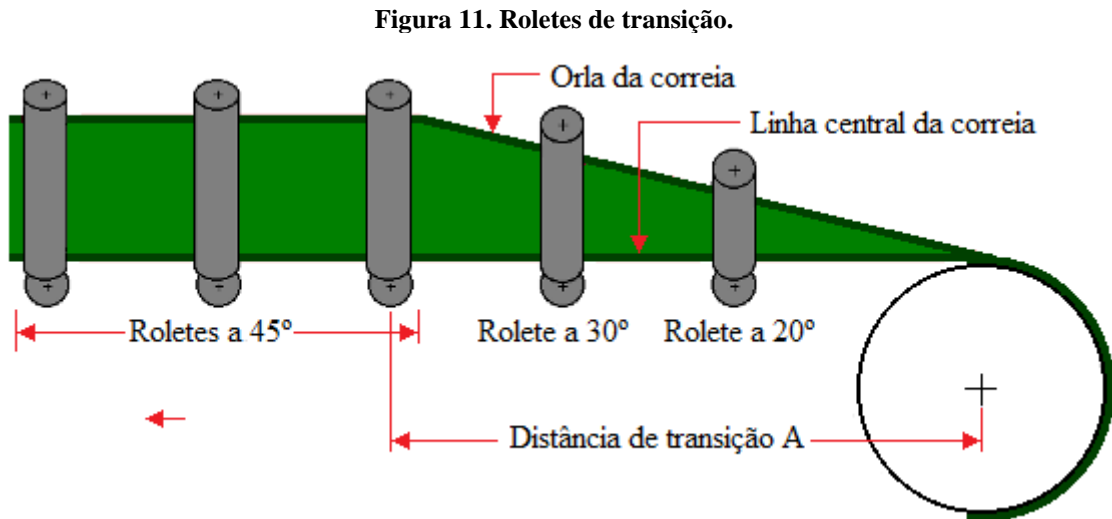
Fonte: ABNT NBR 6177 (1999).

2.4.2.5 Roletes de transição

São roletes situados no lado carregado, próximo aos tambores de retorno e acionamento, possuem a finalidade de acompanhar a mudança de concavidade da correia nas proximidades do tambor de descarga ou de retorno. Geralmente, esses roletes possuem rolos laterais

reguláveis que propiciam à correia uma mudança suave de planos e sem desequilibrar as tensões.

Na Figura 11, é possível identificar os roletes de transição situados em diferentes angulações até se chegar à angulação correta da correia, que neste caso é 45°:

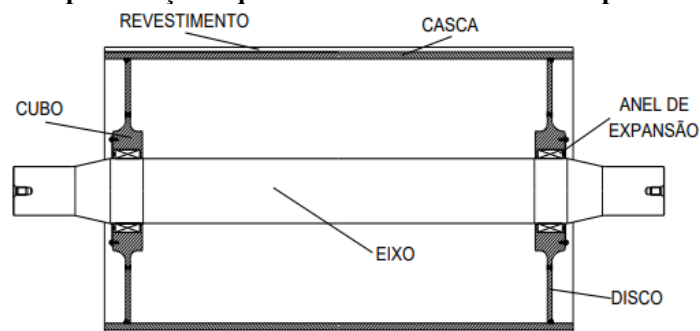


Fonte: ctborracha (2021).

2.4.3 Tambores

Segundo Martins et al., (2009 p. 1, tradução), os tambores são um dos principais componentes usados em transportadores de correia, suportando as cargas geradas a partir da tensão da correia de acordo com seu ângulo de abraçamento. Os tambores são responsáveis por tracionar, movimentar, transferir potência, dobrar ou desviar a correia quando necessário e servir de apoio a mesma. São compostos pelos seguintes componentes principais: eixo, cubo, discos laterais e internos, anéis de fixação e casca, mostrados na Figura 12:

Figura 12. Representação esquemática do tambor e seus componentes.



Fonte: Gelais (2016).

Em relação ao movimento, os tambores podem ser classificados como motrizes, que transmitem o torque de acionamento à correia por meio dos eixos, ou como movidos, que

servem apenas de apoio. Além disso, podem ser classificados de acordo com a finalidade e localização na esteira transportadora (Mercúrio, 2019):

- **Tambores de acionamento:** responsável pela tracionar e transmitir movimento à correia.
- **Tambores de retorno:** efetua a mudança de direção e sentido da correia, e na maioria dos casos, é responsável também por tensionar a correia, localizado na extremidade oposta ao terminal de descarga.
- **Tambores de desvio:** responsável por mudar a direção de movimento da correia transportadora, geralmente localizado nos sistemas de tensionamento verticais e horizontais automático.
- **Tambores de tensionamento:** tem a finalidade de promover o tensionamento correto da correia, evitando deslizamentos e proporcionando bom desempenho durante a operação.
- **Tambores de encosto:** tem a função de aumentar a área de contato entre a correia e o tambor motriz, ou seja, o ângulo de abraçamento, evitando deslizamentos e aumentando o aproveitamento motriz. Localizado no lado inferior do transportador, próximo ao tambor de acionamento.
- **Tambores aletados:** é configurado de forma a não permitir que o material transportado, ao cair no lado de retorno, não seja pressionado contra a correia, evitando possíveis danos a correia. Pode ser usado tanto como tambor de retorno como tambor de tensionamento nos tensionadores automáticos verticais.
- **Tambores magnéticos:** possui a função de separar elementos magnéticos do material transportado, ficando localizado no terminal de descarga. É muito utilizado na indústria de processamento para separar o material de ferro do material não magnético para garantir a pureza dos produtos processados, sendo estes: produtos químicos, grãos, produtos da área alimentícia, minério, entre outros.

2.4.3.1 Tambor motriz

Os tambores motrizes, também conhecidos como tambores de acionamento, são responsáveis por receber e transmitir o torque de acionamento à correia, movimentando o material que está sendo transportado. O eixo deste tipo de tambor fica ligado ao sistema de acionamento, composto por motor e redutor, possibilitando a movimentação da correia.

Algumas características devem ser destacadas em relação aos tambores de acionamento: o diâmetro do tambor que quanto maior for, maior será a vida da correia, já que haverá menos

esforço de flexão, e o comprimento do tambor que é influenciado pela largura da correia (Eletrobrás, 2009).

Os tambores de acionamento são disponíveis com ou sem revestimento, conforme ilustrado na Figura 13. Quando utilizado obtém-se as seguintes vantagens (Mercúrio, 2019):

- Aumento do coeficiente de atrito entre a correia e o tambor;
- Aumento da vida útil da correia e do tambor;
- Se ranhurado, elimina o deslizamento, mesmo a correia estando molhada, além de proporcionar autolimpeza tanto da correia quanto do tambor.

Figura 13. Tipos de tambores de acionamento em função do revestimento.



Fonte: Mercúrio (2019).

2.4.3.2 Tambor movido

Os tambores movidos, mostrados na Figura 14, são utilizados para tensionar a correia, facilitando o retorno da mesma, possuem giro livre, ou seja, não há um sistema de acionamento acoplado ao seu eixo, sendo sua rotação auxiliada por meio tração gerada pelo contato com a superfície da correia.

O tambor de retorno é localizado em uma das extremidades da esteira transportadora, servindo de apoio para a correia, sendo às vezes utilizado para esticar a correia quando se trata de um transportador mais curto.

Figura 14. Tambor movido.



Fonte: Carnizello (2011).

2.4.4 Conjunto de acionamento

O conjunto de acionamento é o sistema responsável por fazer o equipamento funcionar por meio dos seguintes elementos: motor, redutor, acoplamento, tambor de acionamento e, quando necessário, freio, contra-recuo, volante de inércia e inversor de frequência. Esse sistema possibilita o movimento da correia através do tracionamento do tambor motriz, potência e torque gerados pelos componentes do conjunto.

2.4.4.1 Motor

O motor elétrico, mostrado na Figura 15, é responsável por transmitir potência e torque necessário para girar o tambor motriz e, conseqüentemente a correia. De acordo com Eletrobrás et al. (2009), para selecionar os motores é necessário levar em consideração critérios técnicos e econômicos, bem como buscar selecionar um motor que tenha uma boa relação de potência e eficiência energética.

Figura 15. Motor para acionamento de correia.



Fonte: Eletrobrás et al. (2009).

2.4.4.2 Redutor

O redutor tem a função de reduzir a velocidade gerada pelo conjunto de acionamento e, como resultado desta redução de velocidade, aumentar o torque fornecido pelo motor. Juntamente com o motor, é um dos componentes mais importantes do conjunto de acionamento, sendo responsável por realizar a força necessária para deslocar o material.

2.4.4.3 Acoplamento

Os acoplamentos são elementos utilizados para fazer a conexão entre o eixo do redutor e do motor para elevadas rotações ou entre eixo do redutor e do tambor motriz para baixas rotações, sendo estes componentes responsáveis pela transmissão da potência e do torque. Quando se trata de transportadores de correias, os principais tipos de acoplamentos utilizados são:

- **Acoplamentos flexíveis:** são elementos compensadores dos desalinhamentos e choques mecânicos entre os eixos, atuam reduzindo vibrações e ruídos;
- **Acoplamentos hidrodinâmicos:** são dispositivos mecânicos utilizados para suavizar a partida do motor, são indicados para sistemas que apresentam grande inércia;
- **Acoplamentos rígidos:** esses acoplamentos necessitam de um perfeito alinhamento entre os eixos por não serem flexíveis.

2.4.4.4 Mancais

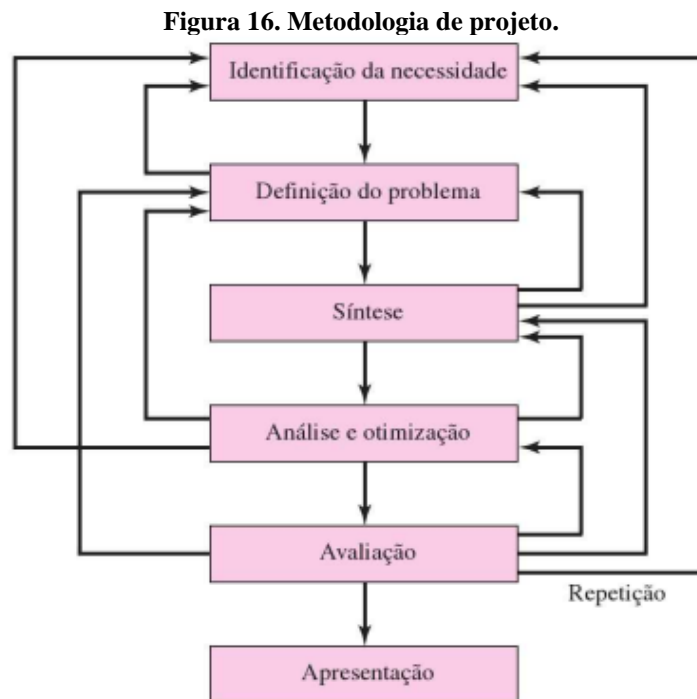
Mancais são elementos de máquina responsáveis por suportar cargas axiais, radiais ou a combinação de ambas (Shigley et. al, 2011). São elementos de máquinas muito importantes que servem de apoio para a transmissão mecânica entre os elementos girantes do conjunto de acionamento.

3 METODOLOGIA

Esta etapa do trabalho consiste em apresentar todo o processo seguido para obter os resultados do projeto, desde o projeto conceitual ao projeto acabado.

Para realizar o projeto da esteira transportadora foram utilizadas duas metodologias de cálculo. Para o dimensionamento do conjunto de acionamento utiliza-se a metodologia proposta por Fevereiro (2021). Para o dimensionamento da correia é utilizada metodologia de cálculo do Shigley et. al (2011).

O processo de desenvolvimento de um projeto é constituído por fases, e cada fase envolve uma série de etapas. Na Figura 16 são apresentadas as etapas de realização de um projeto:



Fonte: Shigley et. al (2011).

3.1 OBJETO DE ESTUDO

Este trabalho tem como objeto de estudo o desenvolvimento de uma esteira transportadora compacta e de comprimento e inclinação ajustável para realizar o transporte de mercadorias. A transportadora é composta de duas partes, estrutura superior e inferior, no qual a estrutura superior possui 1,50 m de comprimento e a inferior 1,70 m. Nesse caso, o comprimento será variável, tendo 2,67 m de comprimento máximo quando as duas partes estiverem totalmente abertas e 1,70 m de comprimento mínimo quando toda a estrutura estiver recolhida.

A esteira transportadora é projetada para ser acoplada a carrocerias de caminhões e outros veículos de pequeno porte com altura de elevação de até 2,0 m, estando a estrutura a 0,7 m de altura do chão. Sabendo o comprimento e a altura de elevação, é possível determinar o ângulo máximo de inclinação permitido por meio da Eq. (1):

$$\lambda = \text{sen}^{-1}\left(\frac{H_1}{L}\right) \quad (1)$$

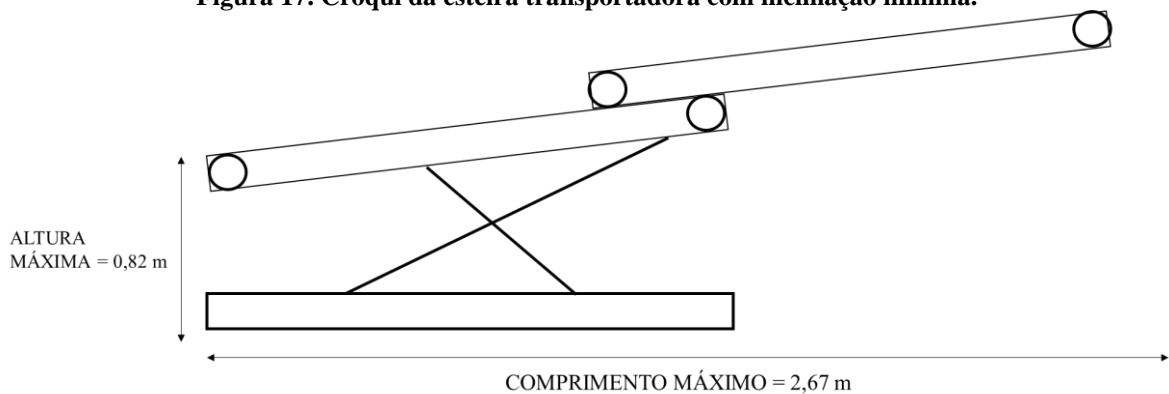
Onde:

H_1 : altura de elevação;

L : comprimento da correia.

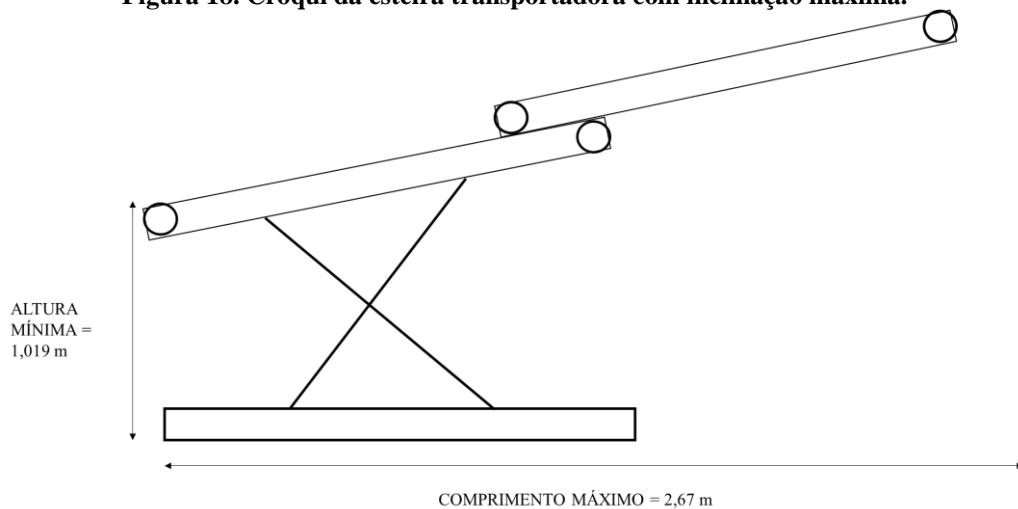
Sendo assim, os ângulos de inclinação foram fixados em 8° no mínimo e 20° no máximo. Nas Figuras 17 e 18 são apresentados o croqui inicial do projeto da esteira transportadora, considerando as condições de mínima e máxima inclinação:

Figura 17. Croqui da esteira transportadora com inclinação mínima.



Fonte: Autoria própria.

Figura 18. Croqui da esteira transportadora com inclinação máxima.

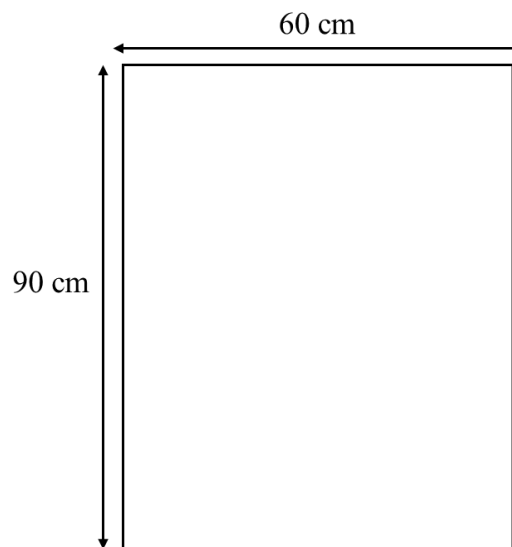


Fonte: Autoria própria.

3.2 MATERIAL TRANSPORTADO

A esteira transportadora foi dimensionada para realizar o transporte de mercadorias do setor alimentício como caixas, fardos, pacotes e principalmente sacos de produtos agrícolas, como arroz, feijão, milho, entre outros, pelo fato de serem produtos consideravelmente pesados para serem transportados somente por pessoas. A definição das especificações de dimensão da estrutura da esteira transportadora foi com base nos tamanhos usuais de sacos de produtos a granel, sendo 90 cm de comprimento e 60 cm de largura, considerando um saco padrão de 50 kg, como mostrado na Figura 19:

Figura 19. Dimensões do saco de fibra de 50 kg.



Fonte: Adaptado de Sacaria Safra (2021).

Por serem materiais compactos e sólidos, os roletes utilizados são do tipo plano, sendo estes situados entre as estruturas da esteira transportadora, proporcionando melhor distribuição do peso da carga.

3.3 VELOCIDADE E CAPACIDADE DA ESTEIRA TRANSPORTADORA

Segundo Faço (1996), a velocidade da correia é determinada em função das características do material a ser transportado e da largura da correia. Trata-se de um parâmetro essencial no projeto de correias transportadoras, pois dela dependem vários outros fatores, dentre eles, o cálculo das tensões na correia e potência de acionamento. As velocidades apresentadas na Tabela 1 são referências para uso geral e não são absolutas.

Tendo em vista que o projeto será aplicado ao transporte de materiais de pesos consideráveis, como caixas e fardos de mercadorias, não é indicado uma velocidade elevada

para não causar desgaste nos componentes da correia e nem reduzir sua vida útil. Na Tabela 1 são apresentadas as velocidades máximas recomendadas para diversas aplicações:

Tabela 1. Velocidades máximas recomendadas para materiais diversos

Tipo de correia	Velocidade (m/s)
Correias alimentadoras com granéis finos não abrasivos ou poucos abrasivos, colocadas nas saídas de silos ou moegas	0,2 a 0,5
Correias com “trippers” tracionados pela própria correia	2
Correias de transportadores móveis	0,5 a 1,0
Correias descarregadas por desviadores	0,5 a 1,0
Correias transportando pacotes	0,2 a 1,0
Correias seletoras	0,2 a 0,5
Correias transportando toras de madeira	0,5

Fonte: Adaptado de Faço (1996).

A velocidade selecionada para a correia foi de 1,0 m/s devido a ser uma correia transportadora de mercadorias, estando dentro dos parâmetros da Tabela 1.

De acordo com Faço (1996), a capacidade volumétrica de um transportador a uma velocidade V em m/s, considerando-se uma distância padrão (dp) do material à borda da correia, são dadas pelas seguintes Eq. (2) e (3):

$$dp = 0,055 * B + 0,9 \quad (2)$$

Onde B é a largura da correia.

$$C_1 = C_{Tabela} * V * K \quad (3)$$

Sendo:

C_1 : capacidade volumétrica de um transportador horizontal a uma velocidade V em m/s;

C_{Tabela} : capacidade volumétrica de um transportador a uma velocidade $V = 1$ m/s;

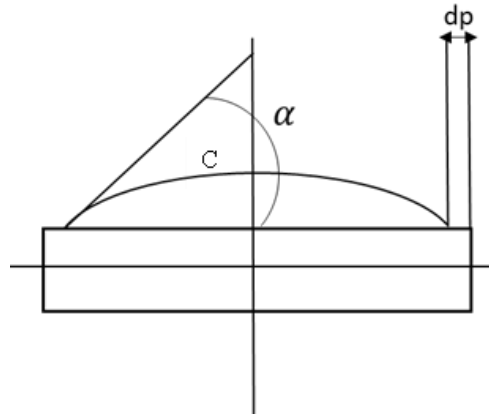
V : velocidade da correia;

K : fator de correção de capacidade.

Os roletes utilizados neste projeto apresentam configuração plana devido ao transporte ser de materiais compactos, logo com esse tipo de configuração é possível um maior aproveitamento da área disponível do rolete. Outra opção seria utilizar o rolete auto-alinhante, porém como se trata de uma esteira transportadora pequena, os desalinhamentos são menos frequentes, considerando ainda que os sacos transportados irão ocupar todo o comprimento da

correia, tracionando a mesma. Logo, um rolete plano já satisfaz a necessidade do projeto, a disposição dos mesmos será como apresentada na Figura 20, com $\alpha = 0^\circ$:

Figura 20. disposição dos roletes.



Fonte: Adaptado de Faço (1996).

Na Tabela 2 são apresentadas as capacidades volumétricas ideais em função da largura da correia e ângulo de acomodação do material:

Tabela 2. Capacidade volumétrica (m^3/h) ideais dos transportadores a 1,0 m/s

Ângulo de Acomodação do Material (α)	Largura da Correia										
	18"	20"	24"	30"	36"	42"	48"	54"	60"	72"	84"
0°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5°	4	7	10	17	25	35	44	59	74	108	153
10°	10	16	25	40	59	82	100	140	174	254	369
15°	15	26	39	63	93	129	163	219	272	397	569
20°	21	35	52	85	125	173	218	293	365	532	777
25°	26	44	66	107	158	219	266	371	461	673	948
30°	2	53	80	130	192	265	334	449	559	815	1021

Fonte: Adaptado de Faço (1996).

Como o ângulo de acomodação (α) para este projeto é de 0° , não será selecionada nenhuma capacidade da tabela acima.

O fator K é obtido da Tabela 3, dado em função do ângulo de inclinação da transportadora:

Tabela 3. Fator de correção de capacidade

λ	0°	2°	4°	6°	8°	10°	13°	14°	16°	18°	20°	21°	22°	23°	24°
K	1	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71

Fonte: Adaptado de Faço (1996).

Como o ângulo de inclinação máximo para este projeto é de 20° , o fator K selecionado é de 0,81.

Sendo assim, como uma largura de correia de 762 mm (30”), a transportadora terá capacidade de transportar um saco padrão de mercadoria de 50kg por metro de correia ($C = 3600(s) * 1 \text{ saco de mercadoria (50kg)} * 0,81$), obtendo-se uma capacidade máxima de 145,8 t/h, porém a capacidade requerida para este projeto é de 40 t/h, logo essa será a utilizada nos próximos cálculos.

3.4 DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DO CONJUNTO DE ACIONAMENTO

Antes de iniciar o dimensionamento da potência de acionamento, é necessário definir alguns dados para dar início aos cálculos, tais informações são pré-definidas de acordo com as especificações de projeto, sendo estas:

- Densidade superficial da correia: 2,2 kg/m²
- Coeficiente de atrito entre a superfície inferior da correia e a superfície dos roletes e tambor: 0,15
- Velocidade da correia: 60 m/min
- Largura da correia: 762 mm
- Capacidade de transporte: 40 t/h
- Comprimento da correia inferior: 3,362 m
- Comprimento da correia superior: 2,962 m
- Comprimento do transportador inferior: 1,595 m
- Comprimento do transportador superior: 1,395 m
- Peso do rolete de apoio: 3,2 kgf
- Peso do rolete da ponta: 6,1 kgf
- Ângulo de inclinação: 20°
- Diâmetro do tambor: 60 mm
- Diâmetro dos roletes de apoio: 38 mm

Para o cálculo da potência necessária para o acionamento de transportadores de correia apoiada sobre roletes, é necessário conhecer as cargas que incidem sobre os roletes e seus rolamentos, como a força peso do material e da correia ao longo do transportador (Fevereiro, 2021).

No presente trabalho, o cálculo e seleção do conjunto de acionamento foi realizado para as duas estruturas da esteira transportadora, estrutura superior e inferior, já que cada uma tem

seu conjunto de acionamento impendente. Dessa forma, os cálculos a seguir são realizados para as duas estruturas, inferior e superior.

A primeira carga a ser determinada é a força peso da correia (G_b), dada pela Eq. (4):

$$G_b = L * B * \text{Densidade superficial da correia} * 9,81 \quad [N] \quad (4)$$

A próxima carga a ser determinada é a força peso exercida pelos roletes (G_r), onde na estrutura inferior são um rolete de tração na ponta e cinco roletes de apoio, na estrutura superior são um rolete de tração na ponta e quatro roletes de apoio.

A terceira carga a ser calculada é a força exercida pelo material (G_m) sobre a correia em função da capacidade de transporte:

$$G_m = \frac{C_2 * T_1 * 1000}{V * 60} \quad [kgf] \quad (5)$$

Onde:

C_2 : distância entre centros [m];

T_1 : capacidade de transporte [t/h].

A próxima etapa é determinar o momento de torção requerido no eixo do tambor de acionamento, considerando uma esteira transportadora inclinada, utiliza-se a seguinte Eq. (6):

$$M = [G_m * \text{sen}(\lambda) + (G_m + G_b) * \text{cos}(\lambda) * \mu] * \left(\frac{D}{2 * 1000} \right) \quad (6)$$

Sendo:

M : Momento de torção requerido no eixo do tambor de acionamento [$kgf \cdot m$]

D : diâmetro do tambor [mm];

μ : coeficiente de atrito da correia.

O cálculo da rotação por minuto no eixo do tambor é dado pela Eq. (7):

$$n = \frac{V * 1000}{\pi * D} \quad [rpm] \quad (7)$$

Ressalta-se que a rotação calculada é a mesma para ambas as estruturas.

Conhecendo o momento de torção necessário para o acionamento e a rotação por minuto no eixo do tambor/eixo de saída do redutor, pode-se selecionar o motoredutor. Com esses dados, foi selecionado para este projeto o Motoredutor mostrado na Figura 21, sendo os dados técnicos

apresentados na Tabela 4:

Tabela 4. Dados técnicos do motoredutor selecionado	
Dados técnicos do Motoredutor de Velocidade	
Rotação na entrada do motoredutor	1750 rpm
Redução	10
Rotação na saída do motoredutor	175 rpm
Torque na saída do motoredutor	8 N.m
Potência do motor acoplado ao redutor	0,18 kW
Rendimento do redutor	80%

Fonte: Redutores Lilo (2022).

Figura 21. Motoredutor selecionado.



Fonte: Lilo Redutores (2022).

Como a rotação do motoredutor selecionado é abaixo da rotação calculada, a velocidade da correia reduzirá para aproximadamente 0,55 m/s.

A partir do torque e rotação calculados, determina-se a potência requerida:

$$P = \frac{M * n}{716,2 * \eta} \quad [CV] \quad (8)$$

Onde η é o rendimento do redutor.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados obtidos para a estrutura inferior e superior do transportador de correia:

Tabela 5. Resultados

	Estrutura inferior	Estrutura superior
G_b (N)	55,29	48,7
G_r (N)	216,8	185,4
G_m (N)	173,86	152,06
M (N.m)	2,75	2,4
n (rpm)	318,3	318,3
P (cv)	0,13	0,11

Fonte: Autoria própria.

Para completar o conjunto de acionamento foi selecionado o mancal UCFL 205, conforme mostrado na Figura 22:

Figura 22. Mancal UCFL 205.



Fonte: SKF (2022).

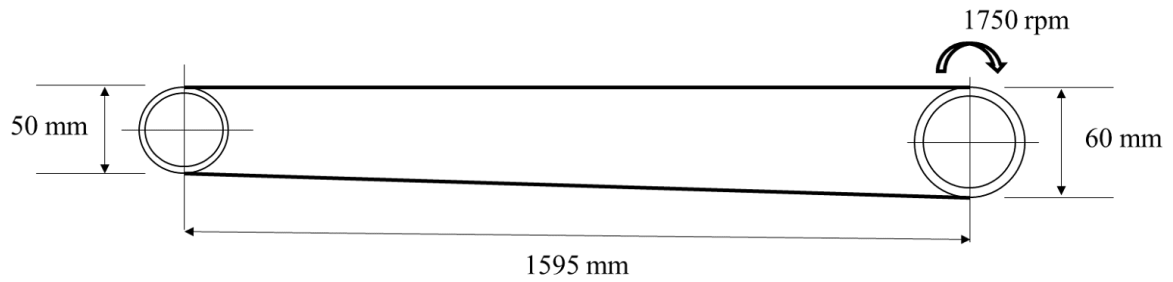
3.5 DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DA CORREIA

A correia selecionada e avaliada é a SVA 8/2E PN PRETA da fabricante Damatec Correias Industriais Ltda, apresentando as seguintes especificações conforme informadas pela fabricante:

- Espessura da correia: 2 mm;
- Força de tração (1,0% de tensão): 8 N/mm;

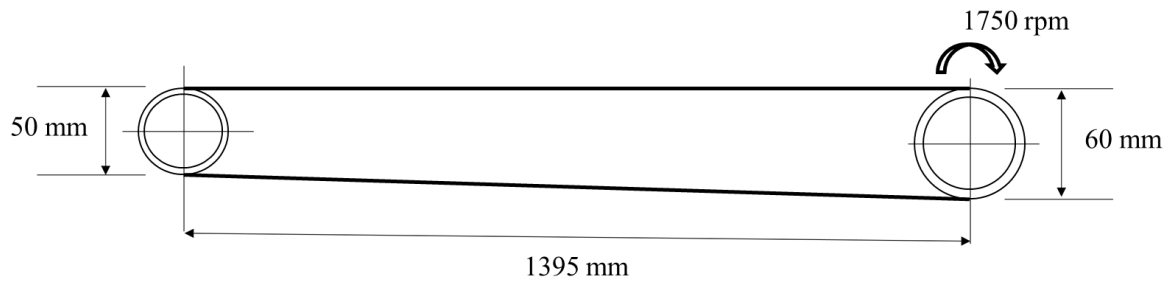
Nas Figuras 23 e 24 é apresentado o esquema da transmissão por correia plana utilizada neste projeto, servindo como base para os cálculos da correia transportadora:

Figura 23. Representação da transmissão por correia da estrutura inferior.



Fonte: Autoria própria.

Figura 24. Representação da transmissão por correia na estrutura superior.



Fonte: Autoria própria.

O dimensionamento da correia foi realizado com base na metodologia apresentada por Shigley et. al (2011), sendo utilizado o seguinte roteiro de cálculo para transmissão por correia plana:

- 1) Cálculo dos ângulos θ_D e θ_d ;
- 2) Determinação de $\exp(f\phi)$;
- 3) A partir da geometria da correia e velocidade, encontrar F_c ;
- 4) Encontrar o torque necessário;
- 5) Por meio do torque, encontrar a tração necessária;
- 6) Encontrar F_2 por meio da tração;
- 7) Encontrar a tensão inicial necessária F_i ;
- 8) Verificar o desenvolvimento do atrito, $f' < f$;
- 9) Determinar fator de segurança.

Segundo Shigley et. al (2011), quando uma transmissão de correia aberta, como apresentada na Figura 25, é utilizada, os ângulos de abraçamento da correia com a polia são dados pelas seguintes Eq. (9) e (10):

$$\theta_D = \pi + 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D-d}{2C_2}\right) \quad (9)$$

$$\theta_d = \pi - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D-d}{2C_2}\right) \quad (10)$$

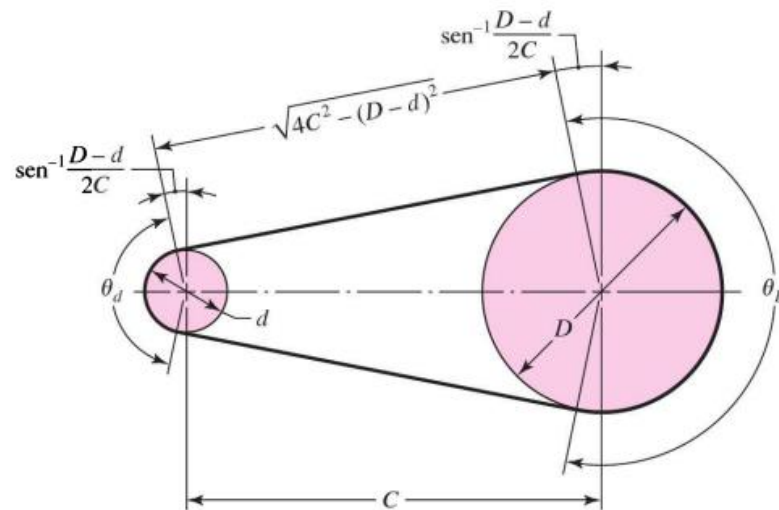
Onde:

θ_D : ângulo de contato da polia maior [°];

θ_d : ângulo de contato da polia menor [°];

d : diâmetro do rolete de carga [mm].

Figura 25. Transmissão por correia aberta sem reversão.



Fonte: Shigley et. al (2011).

O comprimento da correia é determinado pela Eq. (11):

$$L = \sqrt{4C_2^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d) \quad [mm] \quad (11)$$

A determinação de $\exp(f\phi)$ é feita a partir da geometria da transmissão por correia e do coeficiente de atrito, sendo de 1,6 o valor encontrado.

A força centrífuga é calculada em função da velocidade da correia (Eq. (12)) e do peso por metro de correia (Eq. (13)), sendo estes:

$$V = \frac{\pi D n}{60} \quad [m/s] \quad (12)$$

$$w = \gamma B t \left[\frac{N}{m^2} \right] \quad (13)$$

Sendo:

B : largura da correia [m];

γ : peso específico [N/m³];

t : espessura da correia [m].

Logo, a força centrífuga é dada pela Eq. (14):

$$F_c = \frac{w}{g} \cdot V^2 \quad [N] \quad (14)$$

Para encontrar o torque necessário, utiliza-se a Eq. (15):

$$T_2 = \frac{H_{nom} \cdot k_s \cdot n_d}{2\pi n} \quad [N \cdot m] \quad (15)$$

Onde:

H_{nom} : potência nominal [W];

k_s : fator de serviço do motor;

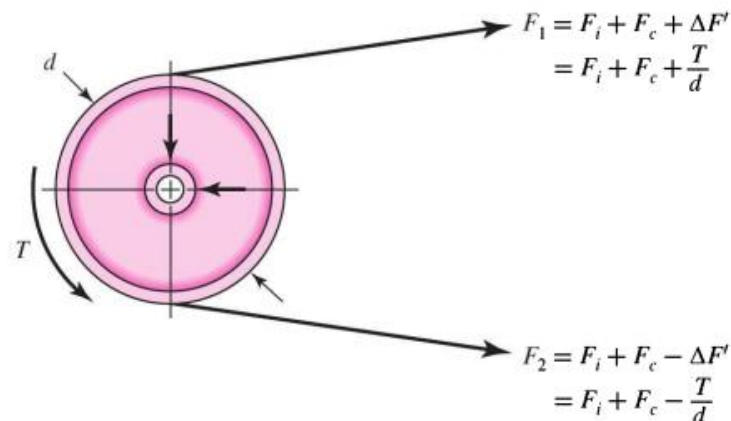
n_d : fator de projeto.

A diferença necessária para transmitir o torque é dada pela Eq. (16):

$$(F_1)_a - F_2 = \frac{2T_2}{D} \quad [N] \quad (16)$$

Na Figura 26 é mostrado o corpo livre de uma polia e parte da correia, sendo F_1 a tração do lado apertado e F_2 a tração do lado folgado:

Figura 26. Forças e torques em uma polia.



A etapa seguinte consiste em determinar $(F_1)_a$ a partir da Eq. (17):

$$(F_1)_a = B \cdot F_a \cdot C_p \cdot C_v \quad [N] \quad (17)$$

Sendo:

F_a : tração admitida pela fabricante;

$C_v = 1$ para correias de poliamida e uretano;

$C_p = 0,73$.

Na Figura 27 são apresentados os coeficientes para o fator de correção da polia para correias planas:

Figura 27. Fator de correção da polia C_p para correias planas.

Material	Diâmetro da polia pequena, mm					
	40 - 100	115 - 200	220 - 310	355 - 405	460 - 800	Mais de 800
Couro	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Poliamida, F-0	0,95	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	F-1	0,70	0,92	0,95	1,0	1,0
	F-2	0,73	0,86	0,96	1,0	1,0
	A-2	0,73	0,86	0,96	1,0	1,0
	A-3	-	0,70	0,87	0,94	0,96
A-4	-	-	0,71	0,80	0,85	0,92
A-5	-	-	-	0,72	0,77	0,91

Fonte: Shigley et. al (2011).

O valor adotado para F_a foi de 2 N/mm, pois usando o valor fornecido pela fabricante a tensão inicial a ser aplicada seria muito elevada, visto que não é necessário já que se trata de uma correia transportadora de pequeno porte.

Para determinar F_2 utiliza-se a Eq. (18):

$$F_2 = (F_1)_a - [(F_1)_a - F_2] \quad [N] \quad (18)$$

A tensão inicial necessária é dada pela Eq. (19):

$$F_i = \frac{(F_1)_a + F_2}{2} \quad [N] \quad (19)$$

Posteriormente, realiza-se a verificação de fricção $f' < f$, segundo a Eq. (20):

$$f' = \frac{1}{\phi} \ln \frac{(F_1)_a - F_c}{F_2 - F_c} \quad (20)$$

A verificação $f' < f$ foi atendida, logo não há perigo de deslizamento da correia.

Por fim, calcula-se o fator de segurança através da Eq. (21):

$$n_{fs} = \frac{H_a}{H_{nom} * K_s} \quad (21)$$

Sendo H_a a potência de projeto dada pela Eq. (22):

$$H_a = (F_1 - F_2) * V \quad [W] \quad (22)$$

Onde:

Nas Tabela 6 e 7 são apresentados os resultados dos cálculos descritos anteriormente, encontrados para as correias da esteira superior e inferior:

Tabela 6. Resultados do dimensionamento da correia para as estruturas inferior e superior.

	Estrutura inferior	Estrutura superior
$\theta_D(^{\circ})$	180,35	180,4
$\theta_d(^{\circ})$	179,64	179,58
$L(m)$	3,362	2,962
$\exp(f\phi)$	1,6	1,6

Fonte: Autoria própria.

Tabela 7. Resultados obtidos para ambas estruturas.

	Estrutura inferior e superior
F_c (N)	50,67
T (N.m)	1,47
$(F_1)_a - F_2$ (N)	49,1
$(F_1)_a$ (N)	1112,52
F_2 (N)	1063,42
F_i (N)	1087,97
f'	0,03
n_{fs}	1,5

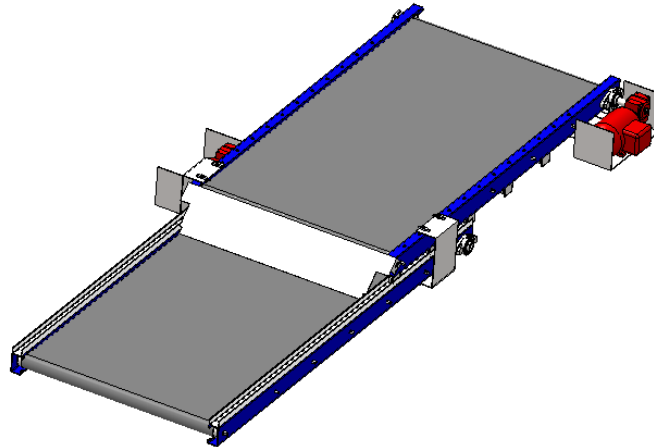
Fonte: Autoria própria.

3.6 APRESENTAÇÃO DO EQUIPAMENTO FINALIZADO

Após realizados cálculos e seleção de componentes, foi elaborado o modelo geométrico da esteira transportadora utilizando *software* de desenho CAD. O projeto da transportadora foi acoplado a uma estrutura com mecanismo de elevação, dimensionado por Souza (2022), especificamente projetada para a esteira transportadora deste trabalho.

Portanto, o projeto final é ilustrado na Figura 28:

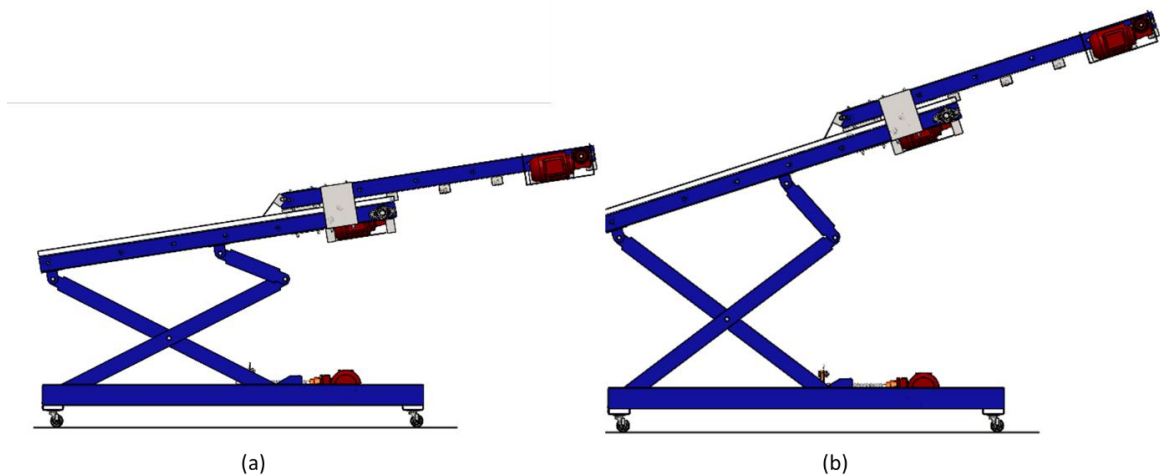
Figura 28. Vista isométrica da montagem da esteira transportadora.



Fonte: Autoria própria.

Após inserir a estrutura com mecanismo de elevação na esteira transportadora, a mesma passa a ter variadas configurações, sendo estas tanto em relação a inclinação, de 8° no mínimo e 20° no máximo. Quanto ao comprimento, de 1,7 m como mínimo e 2,67 m no máximo. Na Figura 29 é ilustrado o equipamento disposto nas diferentes configurações de inclinação e comprimento:

Figura 29. (a) Esteira transportadora com inclinação de 8° e comprimento de 2,67 m; (b) Esteira transportadora com inclinação de 20° e comprimento de 2,67 m.



Fonte: Autoria própria.

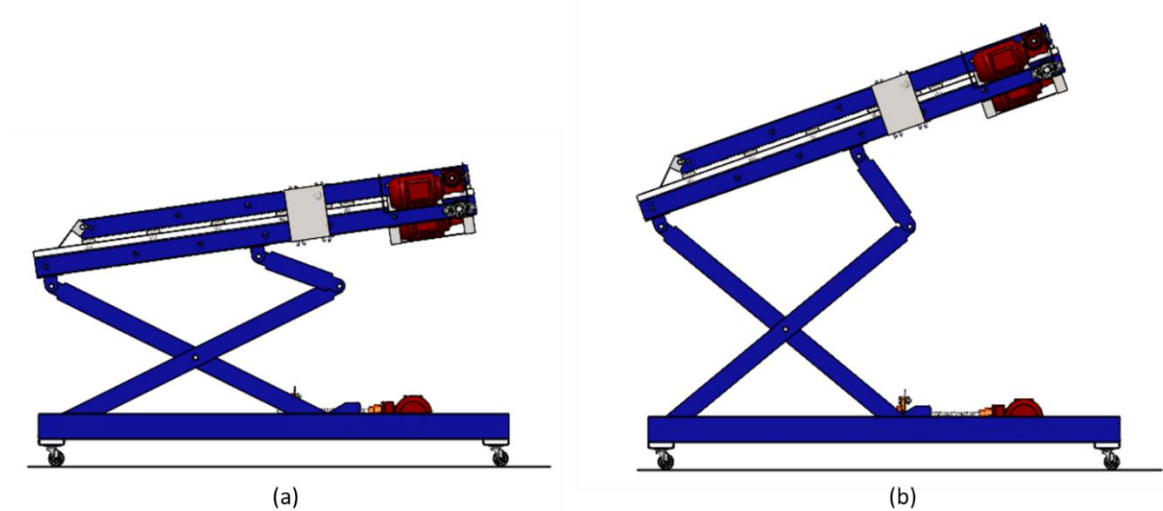
Em razão da simplicidade e do menor custo, foi optado por utilizar um mecanismo manual para variação da posição, no qual a mudança do comprimento é possível através do deslocamento da esteira superior sobre os trilhos fixados na esteira inferior, travando na posição desejada por meio dos furos, espaçados a 100 mm um do outro, feitos na superfície dos trilhos e nas faces superior e inferior dos perfis, por onde passarão os pinos de bloqueio.

Para alternância da inclinação e elevação, o operador deverá acionar o motor da estrutura de sustentação projetada por Souza (2022). Na Figura 30, é apresentada a esteira transportadora

nas inclinações de 8° e 20° com o comprimento de 1,7 m.

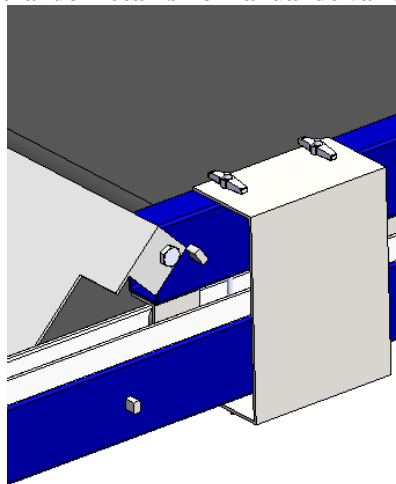
Para complementar o mecanismo manual de variação da posição, foi adicionado uma chapa na lateral das estruturas para servir como apoio durante abertura e fechamento da esteira, conforme apresentado na Figura 31.

Figura 30. (a) Esteira transportadora inclinada a 8° e comprimento de 1,7 m; (b) Esteira transportadora inclinada a 20° e comprimento de 1,7 m.



Fonte: Autoria própria.

Figura 31. Chapa lateral do mecanismo manual de variação do comprimento.



Fonte: Autoria própria.

Para realizar o transporte do material, o operador deverá inserir a carga de forma que fique alinhada na correia para que a mesma não saia do percurso quando estiver sendo movimentada, é indicado colocar o material na posição vertical de modo que seu comprimento e largura fique todo sobre a correia.

Um dos principais focos do projeto é que o a esteira transportadora seja compacta e ajustável, sendo assim, o projeto final do equipamento atendeu a versatilidade proposta.

4 ANÁLISE NUMÉRICA

Este capítulo apresenta as análises realizadas para validar a estrutura do projeto. A partir dessas análises, é possível saber quais modificações são necessárias para satisfazer o projeto.

A solução por métodos numéricos está presente em muitos problemas de engenharia através da formulação e resolução de problemas matemáticos que encontram soluções para problemas de alta complexidade. A utilização da análise numérica no desenvolvimento de produtos tornou-se um fator imprescindível para que se tenha conhecimento do efeito das cargas e tensões atuantes no projeto, permitindo o controle dessas variáveis para se chegar a uma boa solução.

Neste trabalho, a análise numérica foi elaborada por meio da utilização da ferramenta computacional *ANSYS*, utilizando-se a licença cedida pelo grupo Fluidpar do Tecnolago do Campus de Tucuruí. Este programa trata-se de um *software* de elementos finitos utilizado em diversos segmentos da engenharia.

Para realizar a análise de uma estrutura no *ANSYS* é necessário seguir três etapas do procedimento da simulação, sendo estas:

- **Pré-processamento:** nesta primeira etapa é realizado a modelagem da estrutura, definição de material;
- **Solução:** nesta segunda etapa é definido o tipo de análise a ser realizado na estrutura, as cargas impostas, condições de apoio e restrições;
- **Pós-processamento:** esta terceira etapa trata do resultado da análise definida na etapa anterior.

Para este trabalho, foi realizada a análise estática da estrutura para avaliar os níveis de tensão causados na estrutura devido ao carregamento aplicado.

4.1 TEORIA DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS – MEF

O Método dos Elementos Finitos (MEF) consiste em um método numérico utilizado para analisar e resolver problemas de engenharia. Esse tipo de análise é bastante utilizado devido a proporcionar uma visualização detalhada de problemas reais em um ambiente virtual, simulando os fenômenos físicos atuantes através de um domínio contínuo dividido em pequenos elementos com um determinado formato denominados de elementos finitos, sendo estes elementos interligados entre si por pontos nodais.

No Método dos Elementos Finitos (MEF) é possível obter resultados aproximados de uma determinada estrutura sujeita a ações externas como cargas e condições de contorno, sendo

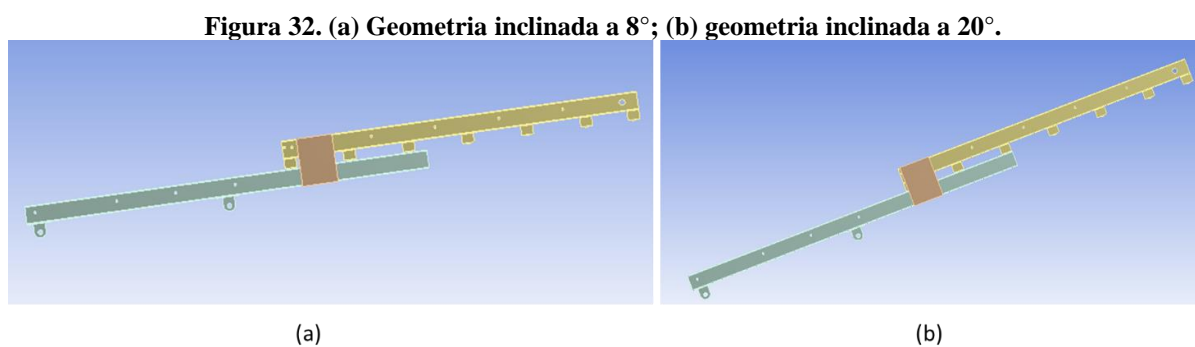
uma ferramenta computacional de grande valia na elaboração de um projeto.

4.2 ANÁLISE ESTÁTICA

A análise estática de uma determinada estrutura é realizada com a finalidade de verificar as tensões aplicadas decorrentes dos carregamentos impostos a estrutura, como exemplo, peso do motor, peso do produto transportado, peso dos componentes do equipamento, dentre outros. Dessa forma, com essa análise, é possível verificar a amplitude dos esforços e deslocamentos internos da estrutura, determinando a partir dos critérios de falhas (Von Mises, Tresca, Rankine, entre outros), se a estrutura irá suportar o carregamento.

Portanto, se a estrutura atender aos requisitos necessários, não apresentar tensão acima da suportada pelo material e elevadas deformações, significa que será garantida a integridade da estrutura.

Devido ser um método que identifica em que ponto o material irá escoar, foi utilizado o critério de Von Mises para avaliar se a tensão identificada pelo método irá ultrapassar o limite de tensão do material, possibilitando identificar os locais que possuem tendência de falhar. Foram analisadas as magnitudes das tensões atingidas pela estrutura, sendo identificado por meio das cores vermelho e azul a região com respectivamente máxima e mínima tensão. A análise estática do equipamento, desenhado anteriormente em *software* de desenho CAD, foi realizada com apenas uma lateral do equipamento já que ambas laterais são simétricas, sendo feita a simulação estrutural para as duas configurações de inclinação, 8° e 20°, Figuras 32 e 33:



Fonte: Autoria própria.

Não foi utilizado a convergência de malha nas simulações deste trabalho, pois como há várias concentrações de tensão, cada vez que se refina a malha, nota-se alterações elevadas do valor máximo da tensão e deformação. Portanto, foi utilizado um tamanho de malha de 4 mm devido a ter se mostrado como uma malha refinada e adequada à estrutura em estudo.

O número de nós e elementos gerados durante as simulações para ambas configurações

de inclinação são descritos na Figura 33:

Figura 33. (a) Número de nós e elementos gerados pela malha na estrutura de 8°; (b) Número de nós e elementos gerados pela malha da estrutura de 20°.

Statistics		Statistics	
Nodes	232657	Nodes	231424
Elements	105503	Elements	104848

(a) (b)

Fonte: Autoria própria.

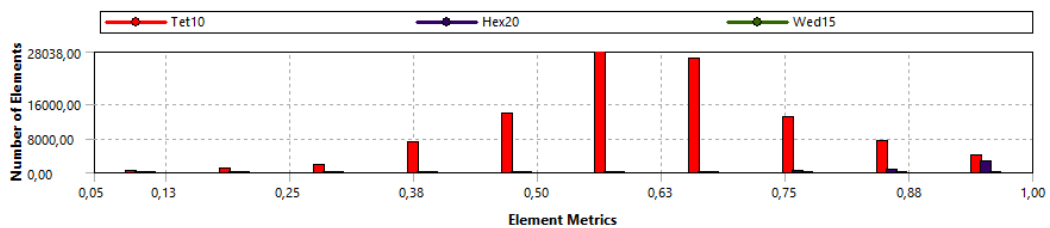
Para avaliar a qualidade da estrutura da malha foi escolhida a opção métrica *Element Quality*, que fornece uma métrica de malha que varia de 0 a 1, um valor de 1 indica um cubo ou quadrado perfeito, enquanto um valor de 0 indica que o elemento tem um volume zero ou negativo.

Os valores fornecidos pelo *Element Quality* são obtidos através da seguinte Eq. (23):

$$Element\ Quality = C * \left(\frac{\text{Área}}{\sum \text{Comprimento do vértice do elemento}^2} \right) \quad (23)$$

Com o *Element Quality* é possível consultar os desvios mínimos, máximos, médio e padrão dos elementos de malha, sendo a dispersão desses valores de distorção identificada no gráfico da Figura 34, considerando inclinação de 8°:

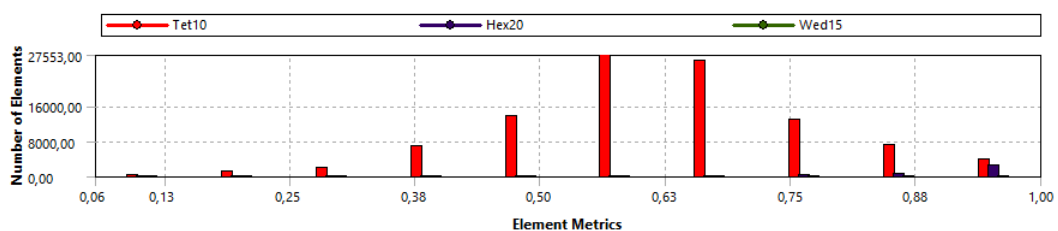
Figura 34. Gráfico gerado pela métrica de malha *Element Quality* para a estrutura de inclinação de 8°.



Fonte: Autoria própria.

Para a geometria com inclinação de 20° tem-se os seguintes resultados mostrados na Figura 35:

Figura 35. Gráfico gerado pela métrica de malha *Element Quality* para a estrutura de inclinação de 20°.



Fonte: Autoria própria.

A métrica de malha *Element Quality* mostra a assimetria da malha, que neste método está relacionada ao quanto a estrutura da malha está próxima da forma ideal. A maioria dos elementos estão em uma faixa maior que 0.6, isso significa que a qualidade da malha é boa, ou seja, a malha utilizada está sendo satisfatória para obtenção das análises.

Os carregamentos considerados na análise da estrutura são os seguintes: peso da mercadoria, peso dos componentes principais da transportadora e peso do motoredutor, no qual estes carregamentos são distribuídos entre os furos por onde são fixados os roletes e tambor. As cargas consideradas são descritas na Tabela 8:

Tabela 8. Pesos considerados para simulação.

PESOS	kg	N
Rolete de apoio	3,2	31,39
Rolete da ponta	6,1	59,84
Tambor	13	127,53
Motoredutor	15	147,15
Suporte do motoredutor	3,4	33,35
Mercadoria na parte inferior	75	735,75
Mercadoria na parte superior	75	735,75

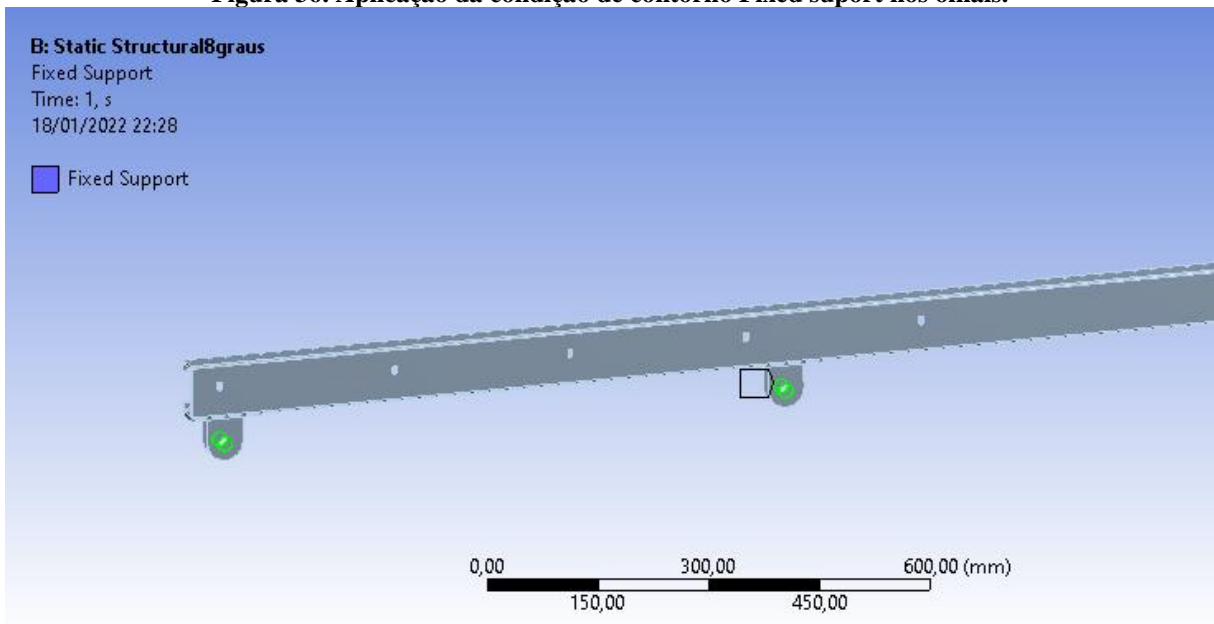
Fonte: Autoria própria.

Como é simulado apenas uma lateral do equipamento, é usado somente a metade dos valores da Tabela 8.

O peso da mercadoria na estrutura superior é dividido entre os seis furos enquanto que na estrutura inferior é dividido entre cinco furos ao invés de sete, pois neste caso são os que vão está mais expostos a ação da carga.

A condição de contorno *Fixed suport* é aplicada nos dois olhais da geometria, Figura 36, onde será fixada a estrutura que realizará o mecanismo de elevação da esteira transportadora:

Figura 36. Aplicação da condição de contorno Fixed suport nos olhais.



Fonte: Autoria própria.

Estabelecido a condição de contorno, foram inseridos os carregamentos impostos a estrutura, sendo aplicadas as cargas descritas na Tabela 9:

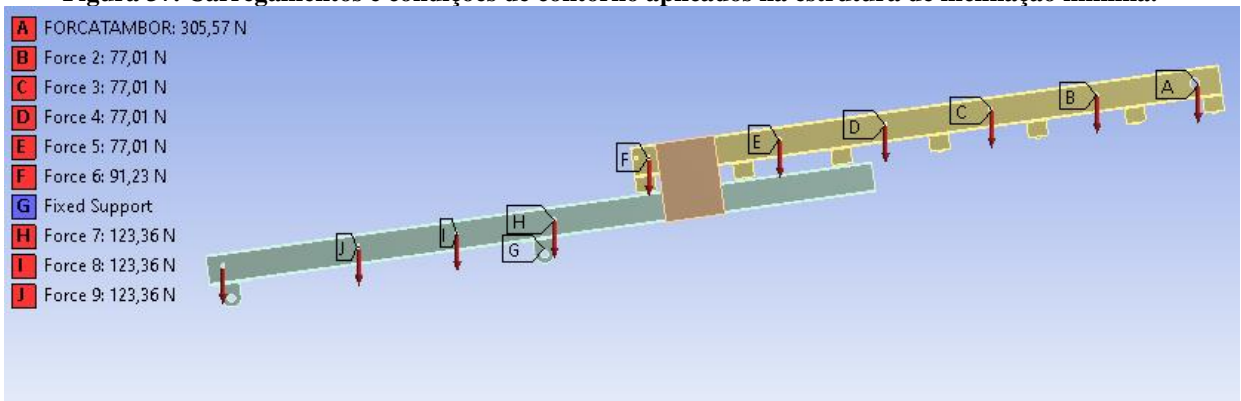
Tabela 9. Carregamentos aplicados na geometria da simulação.

LOCAL	CARGA APLICADA (N)
Furo do rolete de apoio da estrutura superior	77,01
Furo do rolete de apoio da estrutura inferior	123,36
Furo do rolete da ponta da estrutura superior	91,23
Furo do rolete da ponta da estrutura inferior	151,81
Furo do tambor	305,57

Fonte: Autoria própria.

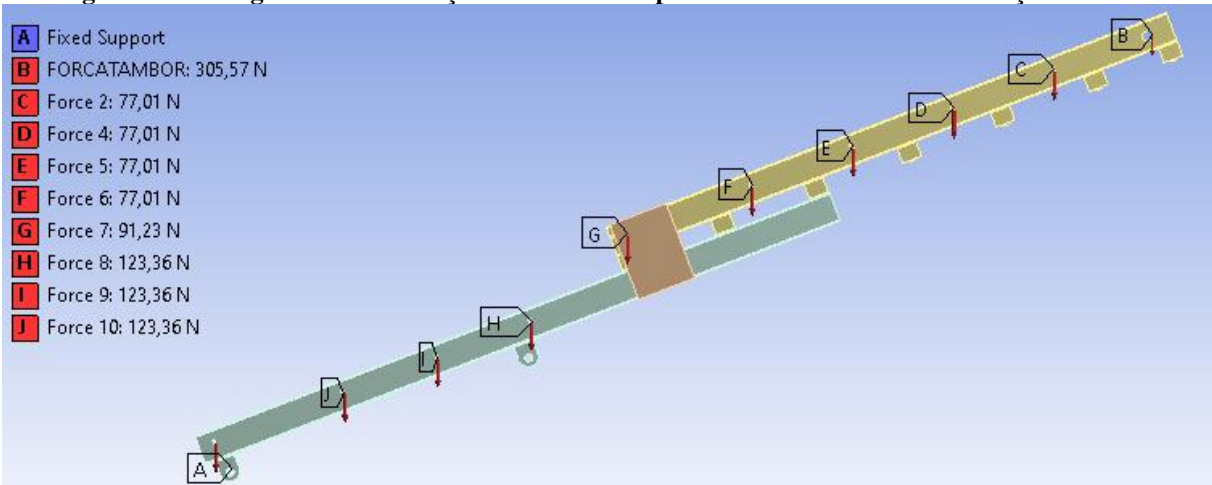
Nas Figuras 37 e 38 são mostrados os pontos de aplicação das forças e condição de contorno:

Figura 37. Carregamentos e condições de contorno aplicados na estrutura de inclinação mínima.



Fonte: Autoria própria.

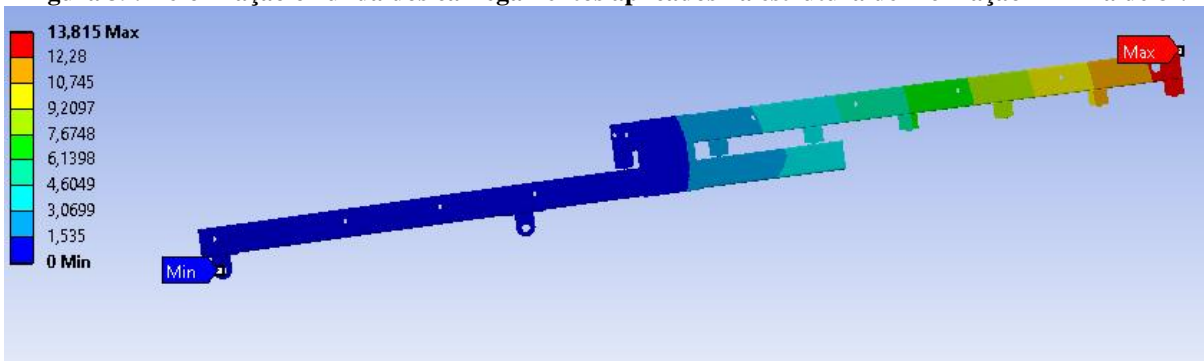
Figura 38. Carregamentos e condições de contorno aplicados na estrutura de inclinação máxima.



Fonte: Autoria própria.

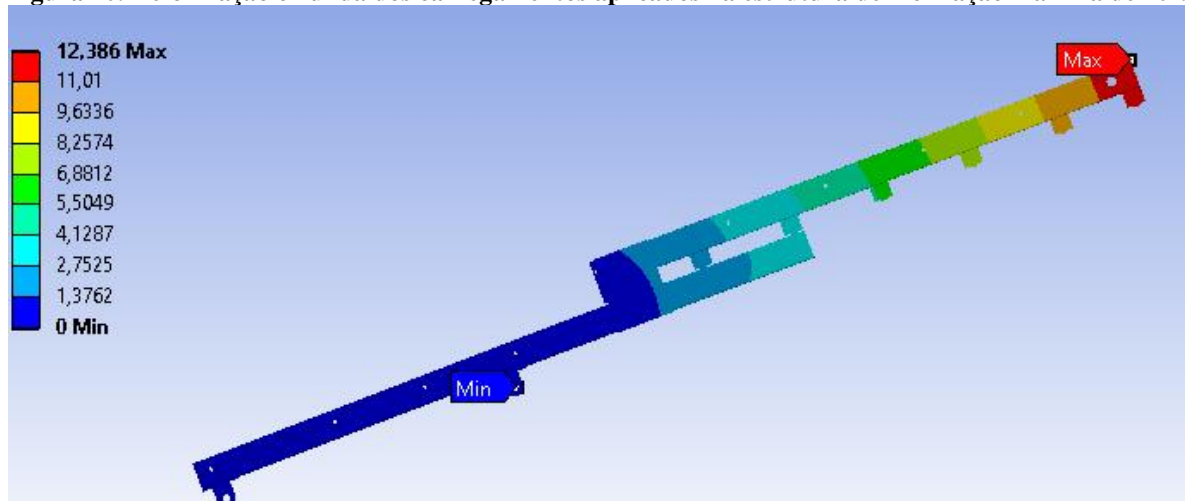
Aplicado as condições de contorno e forças, os resultados de deformação são obtidos conforme ilustrado nas Figuras 39 e 40 para ambas inclinações:

Figura 39. Deformação oriunda dos carregamentos aplicados na estrutura de inclinação mínima de 8°.



Fonte: Autoria própria.

Figura 40. Deformação oriunda dos carregamentos aplicados na estrutura de inclinação máxima de 20°.

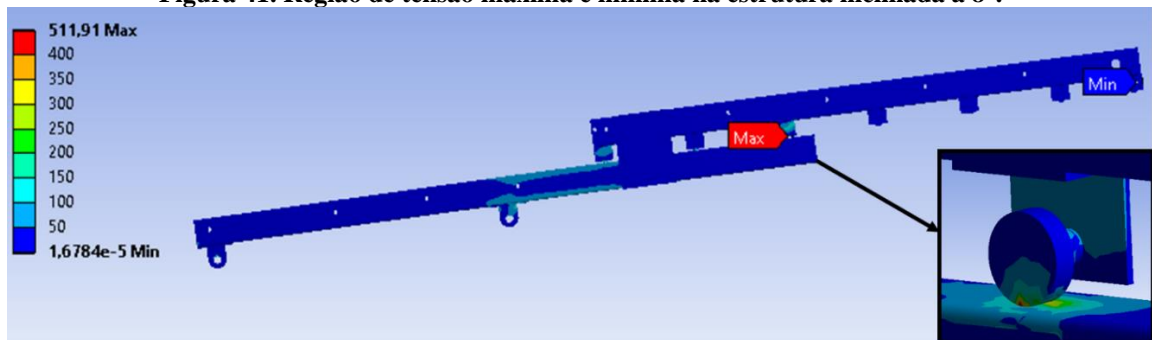


Fonte: Autoria própria.

Observa-se que a deformação da estrutura, para ambas inclinações, tende a ocorrer na ponta da esteira superior, o que já era esperado devido a ser uma região apoiada apenas sobre a esteira inferior, não estando apoiada diretamente sobre a estrutura de elevação, o que acarreta em uma sobrecarga desta estrutura superior quando a mesma estiver totalmente aberta.

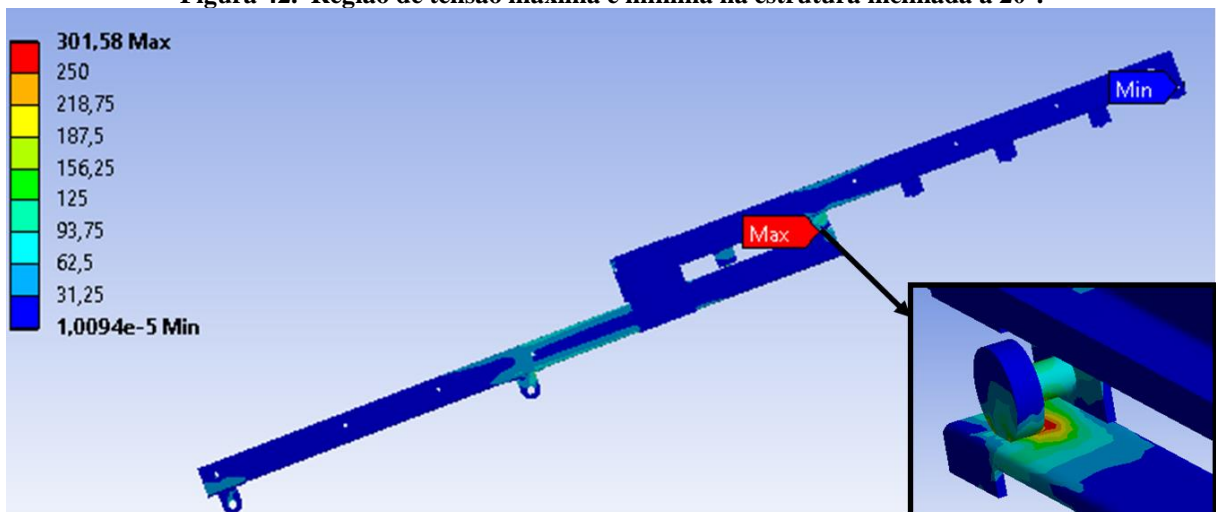
Em relação a tensão, nas Figuras 41 e 42, são apresentados os resultados encontrados para as duas configurações de inclinação:

Figura 41. Região de tensão máxima e mínima na estrutura inclinada a 8°.



Fonte: Autoria própria.

Figura 42. Região de tensão máxima e mínima na estrutura inclinada a 20°.



Fonte: Autoria própria.

Nas Figuras 41 e 42, observa-se uma concentração de tensão devido ao contato da circunferência do rolamento que está tangenciando a superfície plana do perfil da estrutura, em que este contato representa uma pequena área e sabe-se que quanto menor a área maior a tensão. Logo, quando acontece esse tipo de contato os corpos deformam, por isso para resolver esse problema, pode-se utilizar um material que apresente uma maior dureza e com boas propriedades mecânicas, sendo indicado utilizar nos trilhos por onde passam os rolamentos o aço SAE 1070 por ser um material que atende aos requisitos de resistência mecânica e dureza.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou desenvolver o projeto de uma esteira transportadora compacta e ajustável no comprimento, sendo apta a ser acoplada a uma estrutura de elevação para realizar o transporte de mercadorias, com conseqüente redução de tempo, custos e desconfortos ergonômicos para o operador. Logo, foi possível atender aos requisitos desejados para o projeto, atendendo às necessidades do mesmo.

Neste projeto, foram desenvolvidos os cálculos requeridos para dimensionar e selecionar todos os componentes necessários para compor a esteira transportadora, como o Motoredutor 0,25 cv e 8 N.m e a correia SVA 8/2E PN PRETA. Além disso, foram dimensionados roletes e tambores para possível fabricação, sendo estes elementos capazes de sustentar pesos consideráveis, distribuídos pelo comprimento dos mesmos, no qual o rolete de carga suporta 50 kg, rolete de carga da ponta 90 kg e o tambor 150 kg, tornando o equipamento mais seguro e flexível.

Foi optado pelo desnível de uma esteira sobre a outra devido a facilidade de movimentá-la, já que foi constatado, ainda na concepção inicial do projeto, que uma estrutura dentro da outra apresentaria uma maior complexidade.

Vale ressaltar que o projeto foi refeito várias vezes, pois o objetivo do trabalho é dimensionar um equipamento comercial, logo foram realizadas muitas pesquisas de mercado para buscar fabricantes que atendessem a possível fabricação dos componentes.

A ideia inicial do projeto em dimensionar foi de dimensionar uma esteira transportadora com um comprimento máximo de 3 m, porém para que o equipamento ficasse com esse comprimento, quase toda a estrutura da esteira superior ficaria para fora do conjunto do equipamento, sendo comprovado por meio de simulações estruturais a ocorrência de falha. Sendo assim, com o comprimento de 2,67 m a estrutura apresentou resultados satisfatórios em que a mesma se mostrou segura para suportar a carga.

Durante o desenvolvimento do projeto, verificou-se também que haveria um esforço elevado quando a esteira transportadora estivesse em seu comprimento máximo, visto que nessa posição a estrutura superior sofre uma sobrecarga maior em sua extremidade. Dessa forma, foi realizado simulações estruturais da estrutura para prever a intensidade da tensão e deformação nos locais de interesse para garantir que a tensão não ultrapasse a tensão admissível do material, logo neste projeto não ocorrerá falhas devido a carga imposta na estrutura, apresentando uma segurança aceitável.

Portanto, conclui-se que todos os objetivos almejados neste trabalho foram alcançados, sendo um projeto que abrange um conjunto de disciplinas da Engenharia Mecânica como:

Mecânica dos sólidos, Elementos de Máquina, dentre outras, servindo como um material de consulta para trabalhos futuros.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para futuros trabalhos neste segmento recomenda-se realizar os seguintes itens em relação a outras possibilidades de realização do projeto:

- Realizar o projeto da esteira transportadora apoiada sobre chapas de aço e comparar a viabilidade financeira e funcional do equipamento com uma esteira apoiada sobre roletes;
- Adequar o projeto do equipamento segundo a NR 12;
- Propor a automatização da variação do comprimento;
- Realizar um estudo da aplicação da Internet das Coisas (IoT) na automatização do equipamento;
- Realizar estudo de vibração do equipamento para avaliar os níveis de ruído e propor adequações segundo NR 15;
- Fabricar o modelo proposto e verificar a eficácia.

REFERÊNCIAS

- Ansys. **Looking To Element Quality In ANSYS® Meshing**. Disponível em:< <https://mechanicalbase.com/looking-to-element-quality-in-ansys-meshingillustrated-expression/>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6177:Transportadores contínuos - transportadores de correia - terminologia**. Rio de Janeiro, 1999.
- Calijorne, A. **Introdução aos transportadores de correia**. Disponível em:< https://www.linkedin.com/pulse/introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-transportadores-de-correia-alexandre-calijorne?trk=portfolio_article-card_title>. Acesso em: 05 de julho de 2021.
- Campos, André Luiz. **Dimensionamento de um transportador contínuo para o transporte de minério de bauxita considerando aspectos estáticos e dinâmicos**. Universidade de Brasília-UnB, 2013.
- Carnizello, Daniel Cardoso. **Transportador de Correia: Componentes e Cálculos Básicos Para o seu Dimensionamento**. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Guaratinguetá, 2011.
- Ctborracha. **Distância Mínima de Transição entre os Roletes de Apoio e as Polias de Cabeça ou de Cauda**. Disponível em:< Distância Mínima de Transição entre os Roletes de Apoio e as Polias de Cabeça ou de Cauda | Ciência e Tecnologia da BorrachaCiência e Tecnologia da Borracha (ctborracha.com)>. Acesso em: 10 de dezembro de 2021.
- Ctborracha. **Introdução**. Disponível em:< Correias Transportadoras | Ciência e Tecnologia da BorrachaCiência e Tecnologia da Borracha (ctborracha.com)>. Acesso em: 10 de dezembro de 2021.
- Damatec. **Correia Transportadora, Tabela de Especificações Técnicas**. 2020. Disponível em:<<http://www.damatec.com.br/transportadora/tabeladeespecificacoestecnicastransportador/>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2022.
- Eletrobrás et al. **Correias transportadoras: Guia básico**. Brasília: IEL/NC, 2009.
- Faço. **Manual de transportadores contínuos**. São Paulo, Publicação técnica. 3ª edição,

1996. 425p.

Fevereiro, José Luiz. **Apostila como calcular a potência do motor e selecionar o redutor no acionamento de máquinas e equipamentos.** Assessoria Técnica em acionamentos (ASSESSOTEC), março de 2021. Disponível em:< <https://sites.google.com/view/calcular-potencia-do-motor/pagina-inicial>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

Figueirêdo, Breno Fernandes. **Projeto de um transportador de correia para uma indústria salina situada no estado do Rio Grande do Norte.** Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró-RN, 2018.

Gavi, Jones. **Manual de inspeção e manutenção de correias transportadoras.** Vitória, 2009.

Gelais, M. A. **Cálculo dinâmico de transportadores de correia: uma análise comparativa ao cálculo estático corroborada por medições de campo.** UFMG, 2016.

Gerdau. **Catálogos e Manuais.** Disponível em:<<https://www2.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais>>. Acesso em: 3 de dezembro de 2021.

Hickmann, Guilherme Scheffer. **Dimensionamento de um transportador de correia para o transporte de britagem.** Centro Universitário UNIVATES, 2017.

Lilo Redutores. **Motoredutor com motor de 0,25cv 175rpm Magma Weg Cestari Trifásico V0.** Disponível em:< <https://www.liloredutores.com.br/Motoredutor-com-motor-de-0-25cv-175rpm-Magma-Weg-Cestari-Trifasico-V0/prod-6313169/>>. Acesso em: 5 de janeiro de 2022.

Martin. **Roletes CEMA C, D, E.** 2019. Disponível em:< <http://sopetra.com.br/view/catalogo/roletes-catalogo.pdf>>. Acesso em: 21 de junho de 2021.

Martins, J. A.; et al. **Fracture analysis of collapsed heavy-duty pulley in a long-distance continuous conveyors application.** University of Campinas, Brazil, 2009. Disponível em:<www.elsevier.com/locate/engfailanal>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

Mercúrio. **Manual Técnico de Correias Transportadoras.** São Paulo, Schoba Editora. 2019.

Nassar, W. R. **Apostila de Máquinas de Elevação e Transporte**. Universidade de Santa Cecília. 2004.

Rudenko, N. **Máquinas de Elevação e Transporte**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, Editora S.A. Tradutor: João Plaza. 1976.

Sacaria Safra. **Saco de Ráfia**. Disponível em:< <https://www.sacariasafra.com.br/ver-produto.php?prod=10>>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

Sacramento, R. C. F. **Apostila de Transportadores de Correia**. Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador – BA, 2010.

Shigley et. al. **Projeto de engenharia mecânica**. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 1084 p.

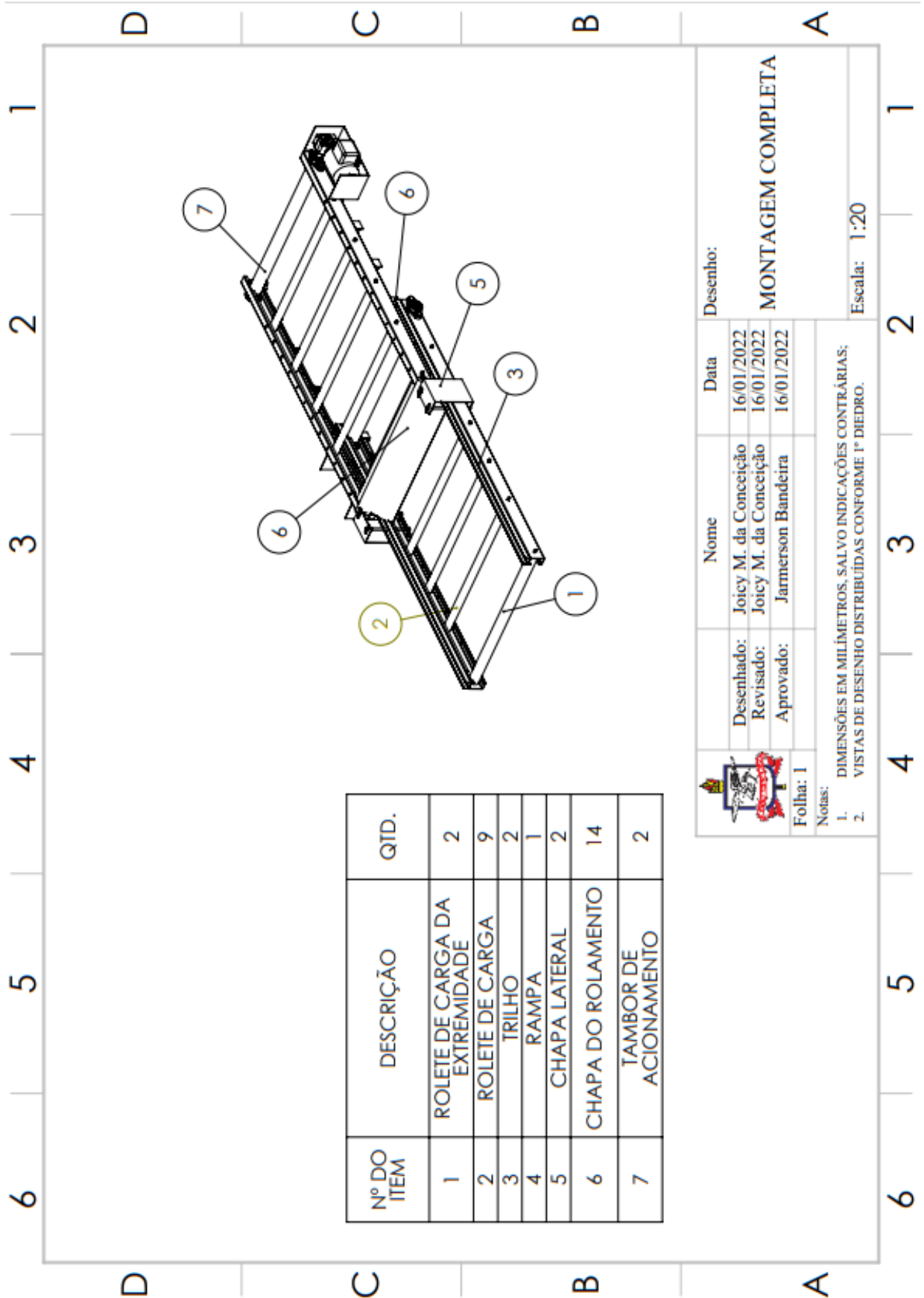
Souza, T. C. B. **Projeto do sistema de elevação por parafuso de potência para uma esteira transportadora de comprimento ajustável**. Universidade Federal do Pará – UFPA, 2022.

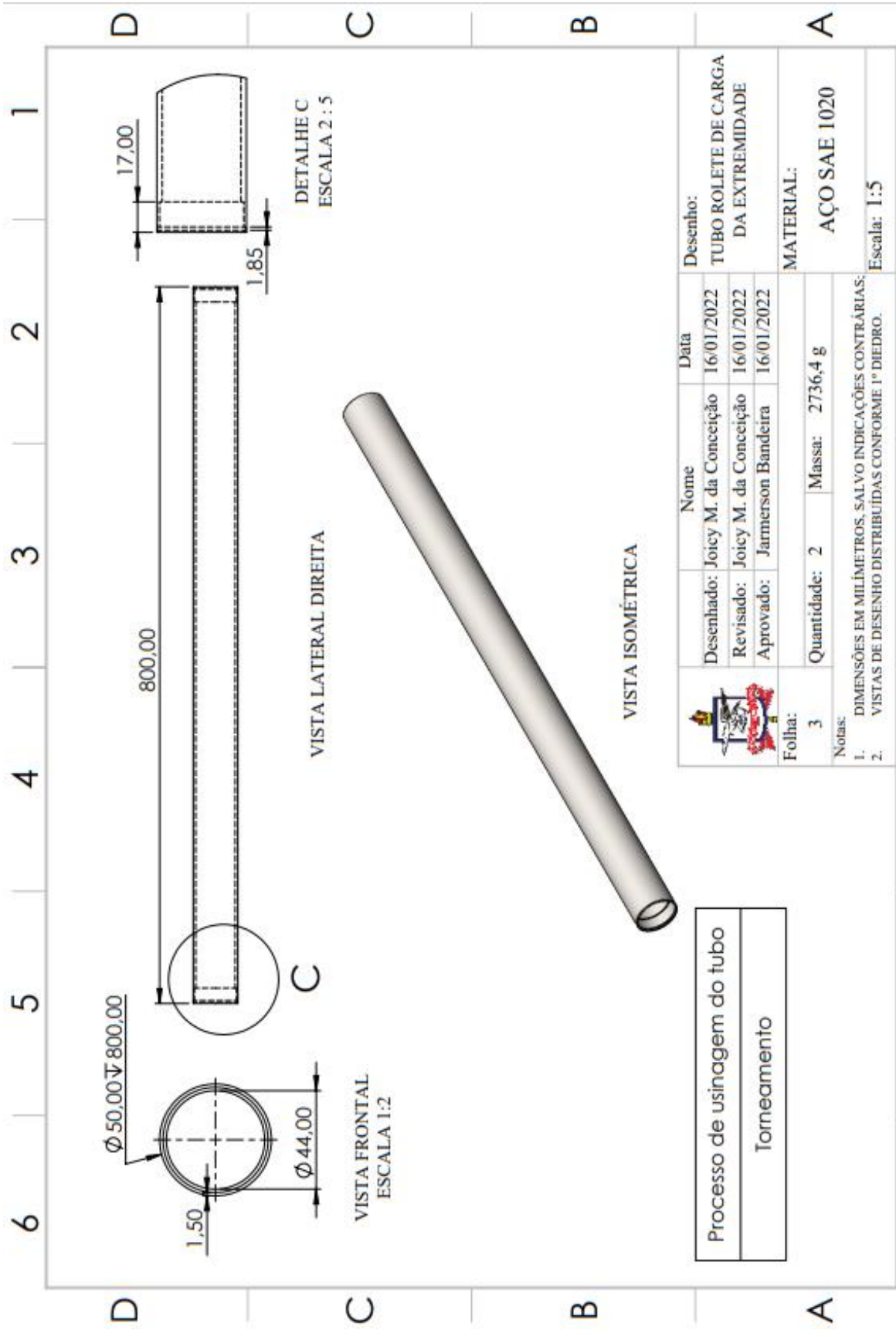
SKF. **Catálogo Geral de Rolamentos**. Disponível em:< https://www.skf.com/binaries/pub45/Images/0901d19680416a2b-10000_2-PT-BR---Rolling-bearings_tcm_45-121486.pdf#cid-121486>. Acesso em: 5 de janeiro de 2022.

SKF. **Especificações técnicas Mancal UCFL 205**. Disponível em:< <https://www.skf.com/br/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-UCFL%20205>>. Acesso em: 5 de janeiro de 2022.

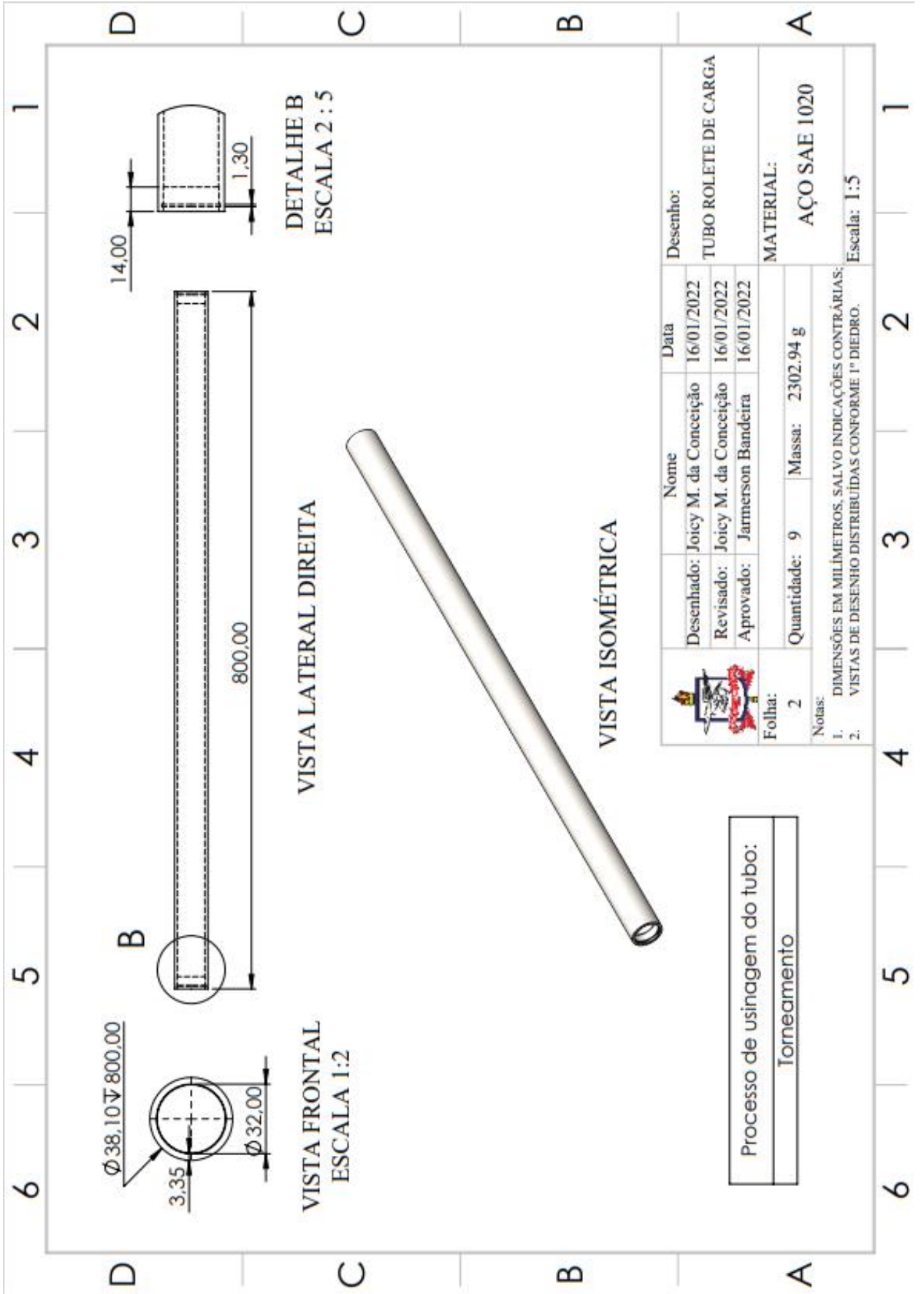
Tamasauskas, Arthur. **Metodologia do projeto básico de equipamento de manuseio e transporte de cargas – ponte rolante – aplicação não-siderúrgica**. São Paulo, 2000.

APÊNDICE A – Desenho técnico dos componentes principais da esteira transportadora.



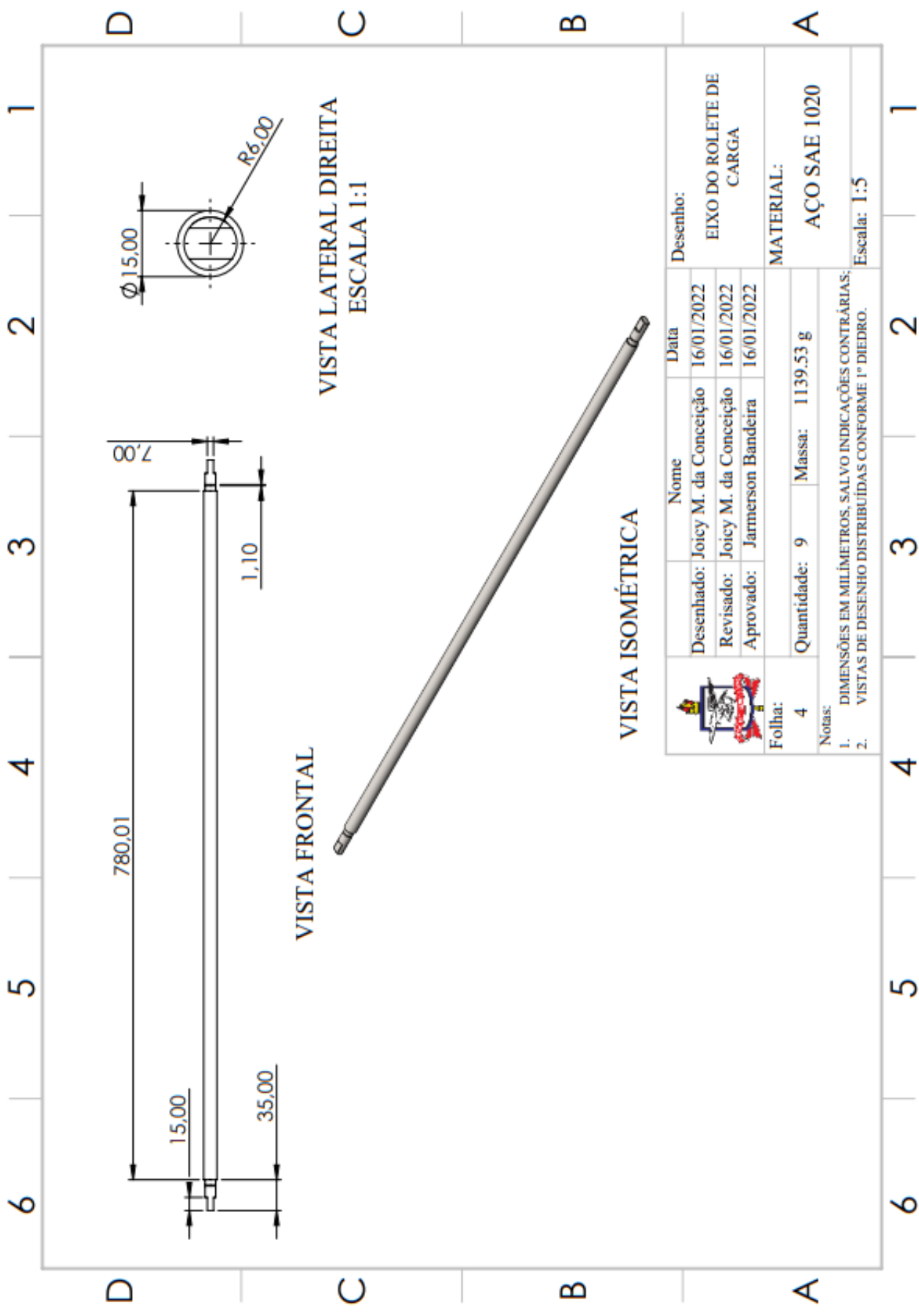


Processo de usinagem do tubo
Torneamento

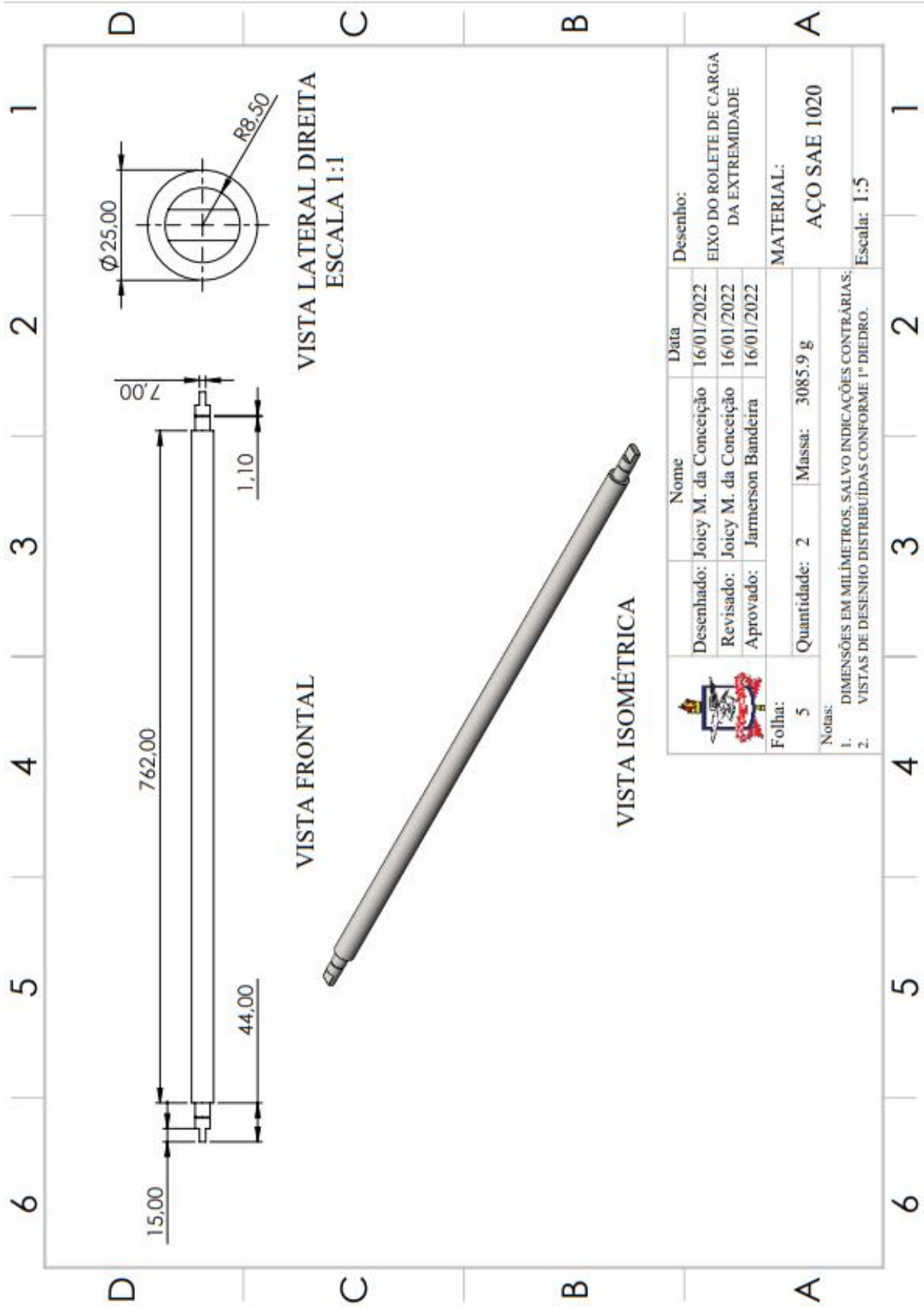


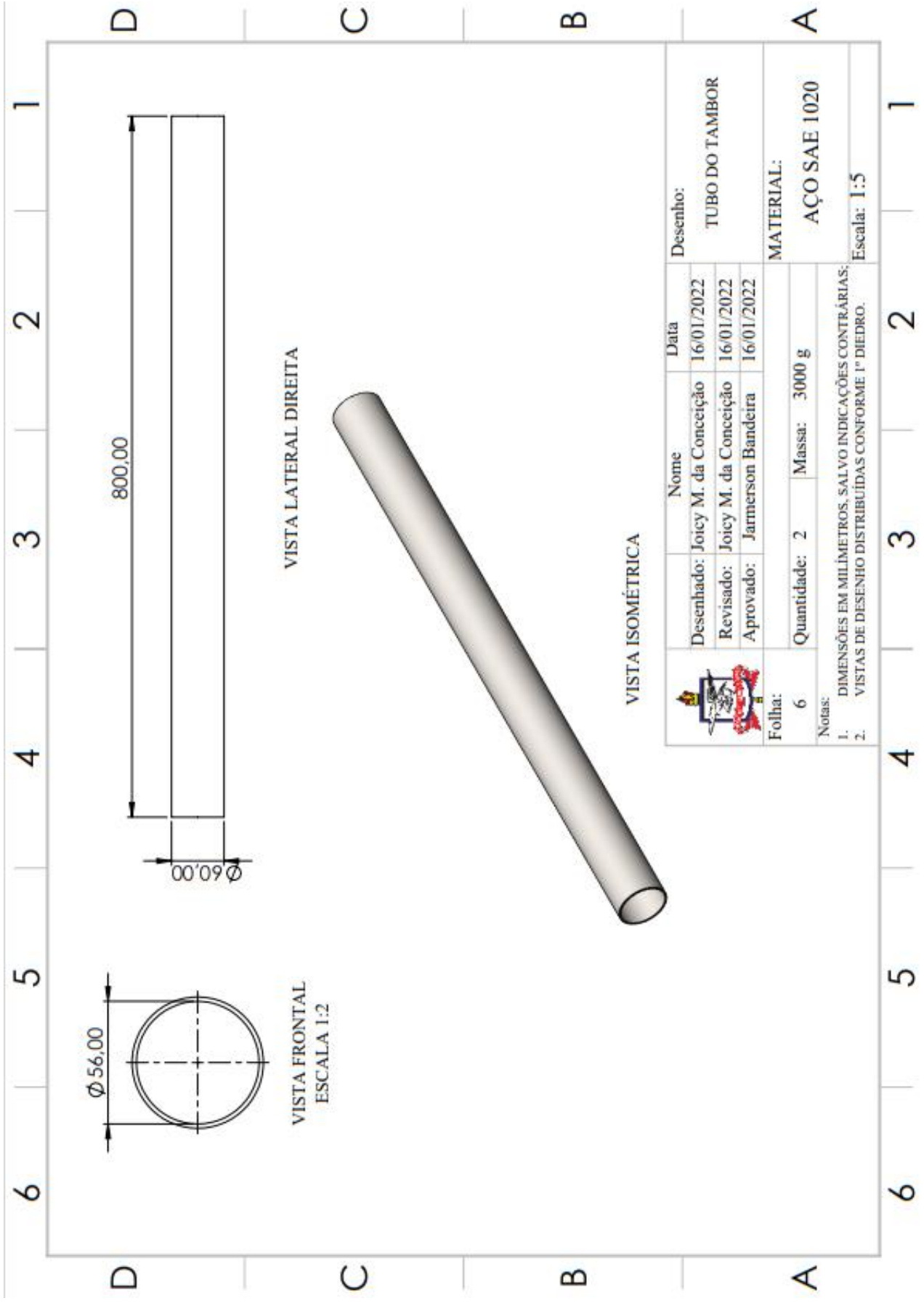
Processo de usinagem do tubo:
Torneamento

Desenhado:	Nome	Data	Desenho:
Desenhado: Joicy M. da Conceição	Joicy M. da Conceição	16/01/2022	TUBO ROLETE DE CARGA
Revisado: Joicy M. da Conceição	Joicy M. da Conceição	16/01/2022	
Aprovado: Jarmerson Bandeira	Jarmerson Bandeira	16/01/2022	
Folha: 2	Quantidade: 9	Massa: 2302,94 g	MATERIAL:
			AÇO SAE 1020
Notas:			Escala: 1:5
1. DIMENSÕES EM MILÍMETROS, SALVO INDICAÇÕES CONTRÁRIAS.			
2. VISTAS DE DESENHO DISTRIBUÍDAS CONFORME 1º DIEDRO.			

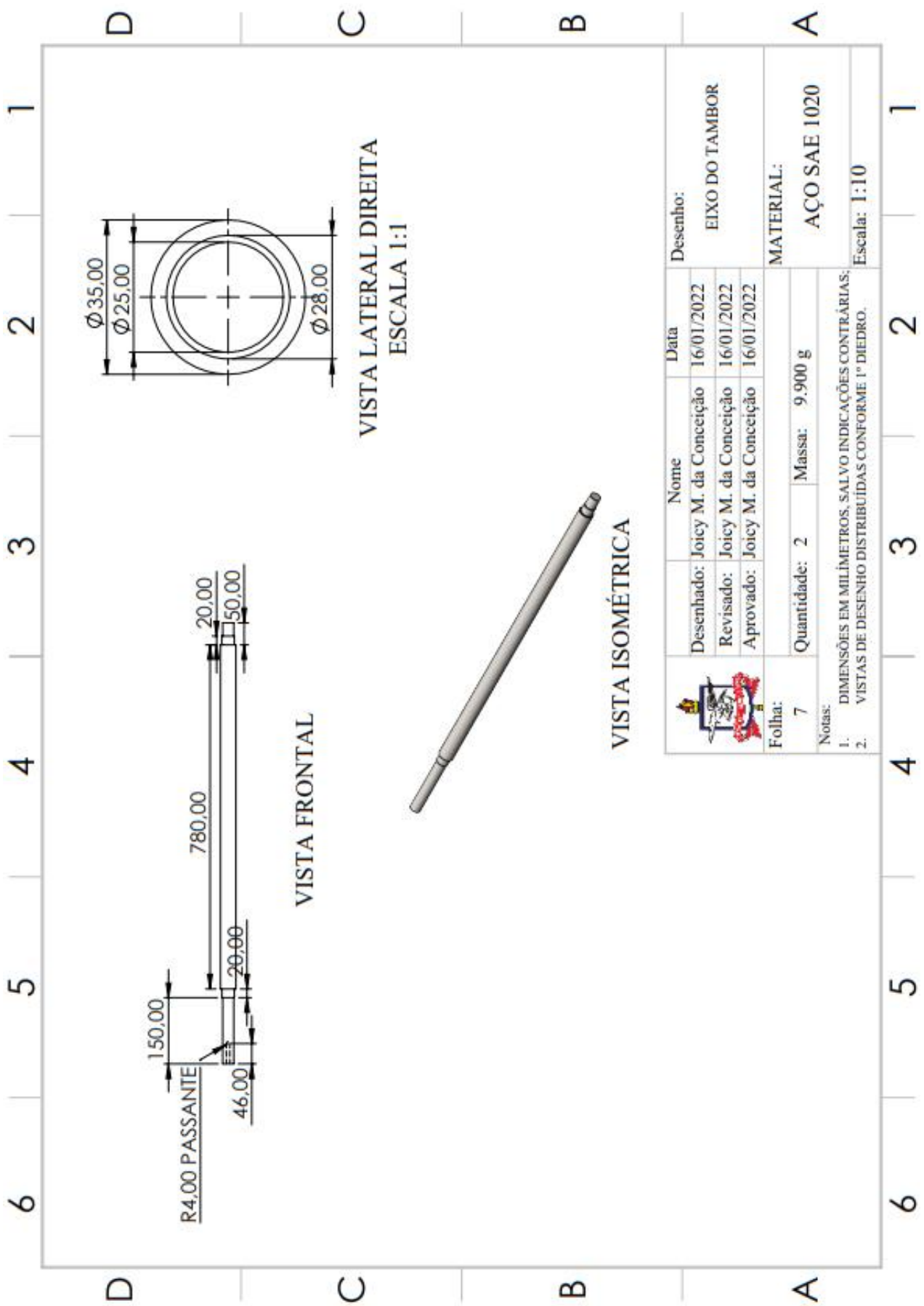


	Nome	Joicy M. da Conceição	Data	16/01/2022	Desenho: EIXO DO ROLETE DE CARGA		
	Desenhado:	Joicy M. da Conceição	Revisado:	16/01/2022			
	Aprovado:	Jarmerson Bandeira	Aprovado:	16/01/2022			
Folha:	4	Quantidade:	9	Massa:	1139,53 g	MATERIAL:	AÇO SAE 1020
Notas: 1. DIMENSÕES EM MILÍMETROS, SALVO INDICAÇÕES CONTRÁRIAS; 2. VISTAS DE DESENHO DISTRIBUÍDAS CONFORME 1º DIEDRO.							
Escala: 1:5							





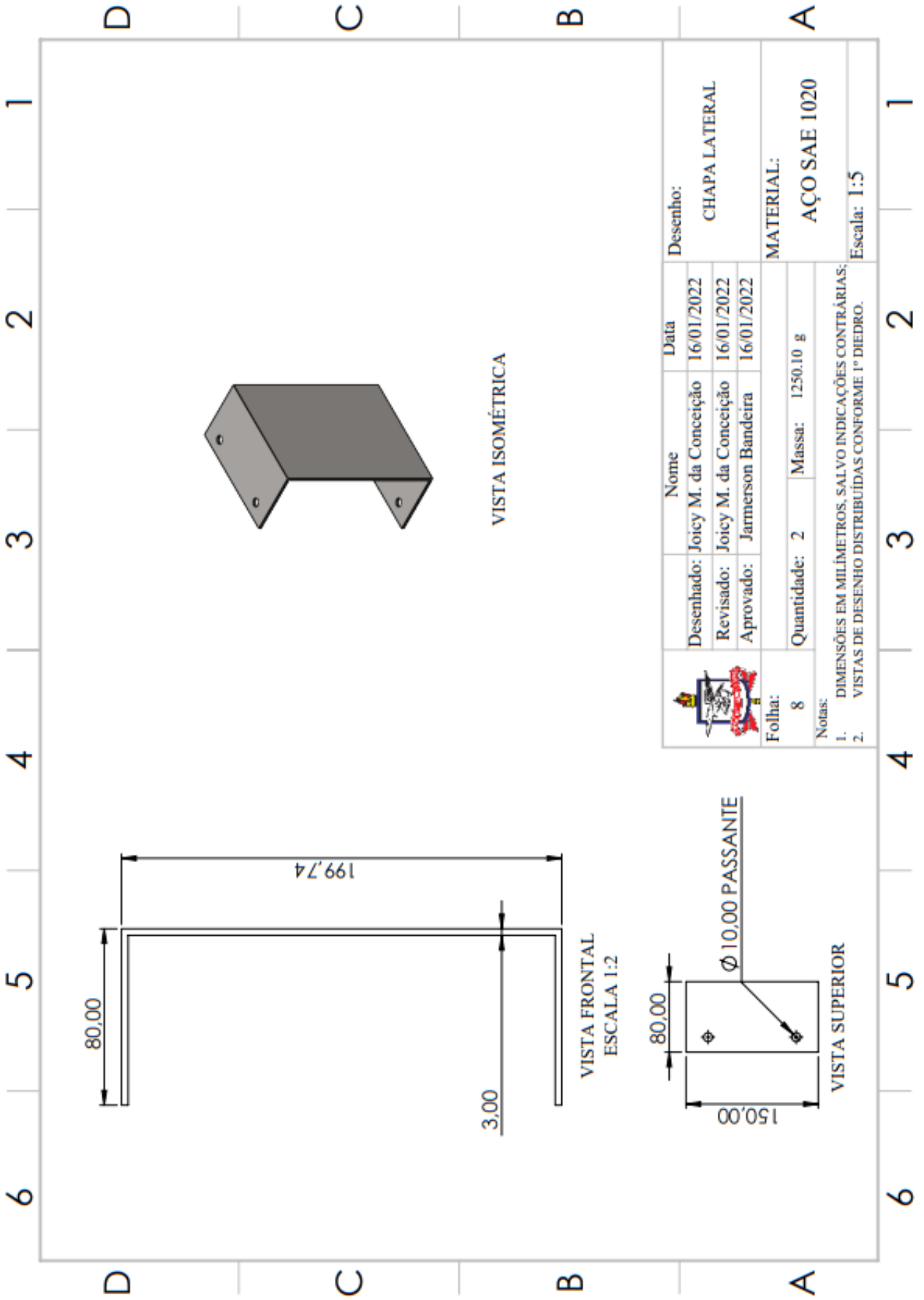
Logo		Nome	Data	Desenho:
Logo		Joicey M. da Conceição	16/01/2022	TUBO DO TAMBOR
		Joicey M. da Conceição	16/01/2022	
		Jarmerson Bandeira	16/01/2022	
Folha:	6	Quantidade:	2	MATERIAL:
		Massa:	3000 g	AÇO SAE 1020
Notas:				Escala: 1:5
1. DIMENSÕES EM MILÍMETROS, SALVO INDICAÇÕES CONTRÁRIAS;				
2. VISTAS DE DESENHO DISTRIBUÍDAS CONFORME 1º DIEDRO.				

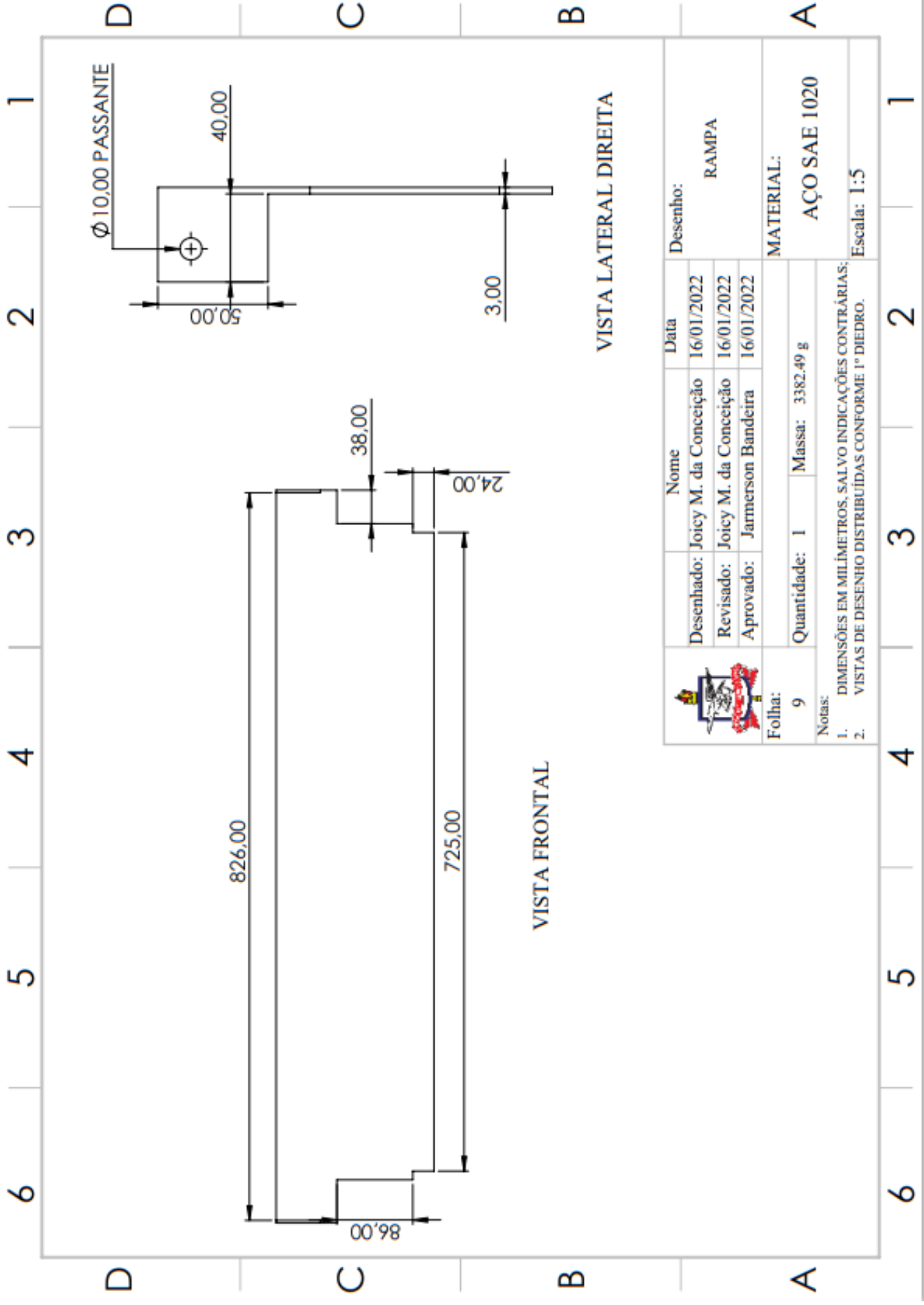


Nome	Data	Desenho:
Desenhado: Joicy M. da Conceição	16/01/2022	EIXO DO TAMBOR
Revisado: Joicy M. da Conceição	16/01/2022	
Aprovado: Joicy M. da Conceição	16/01/2022	
MATERIAL:		
AÇO SAE 1020		
ESCALA: 1:10		

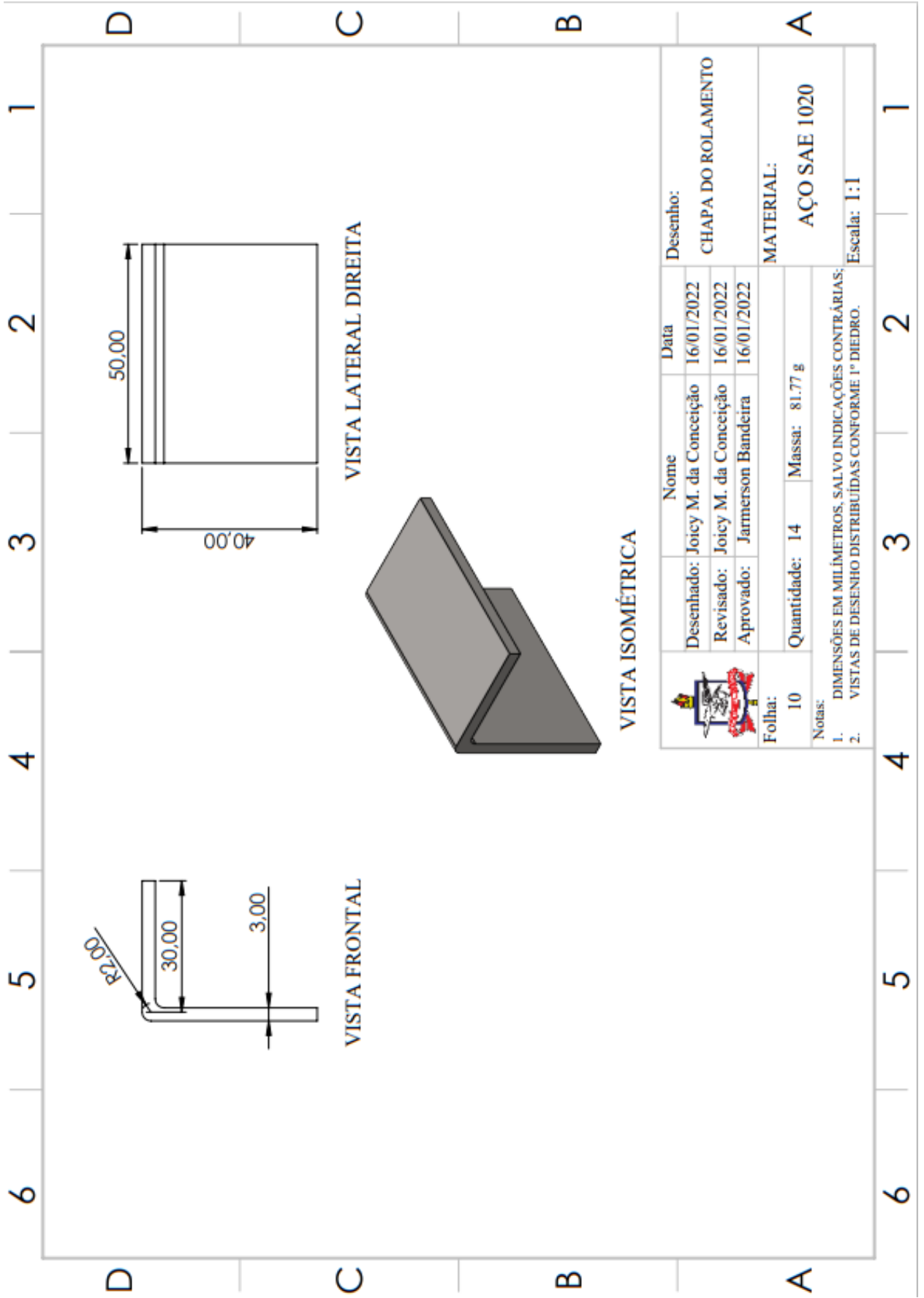
Folha:	Quantidade:	Massa:
7	2	9.900 g

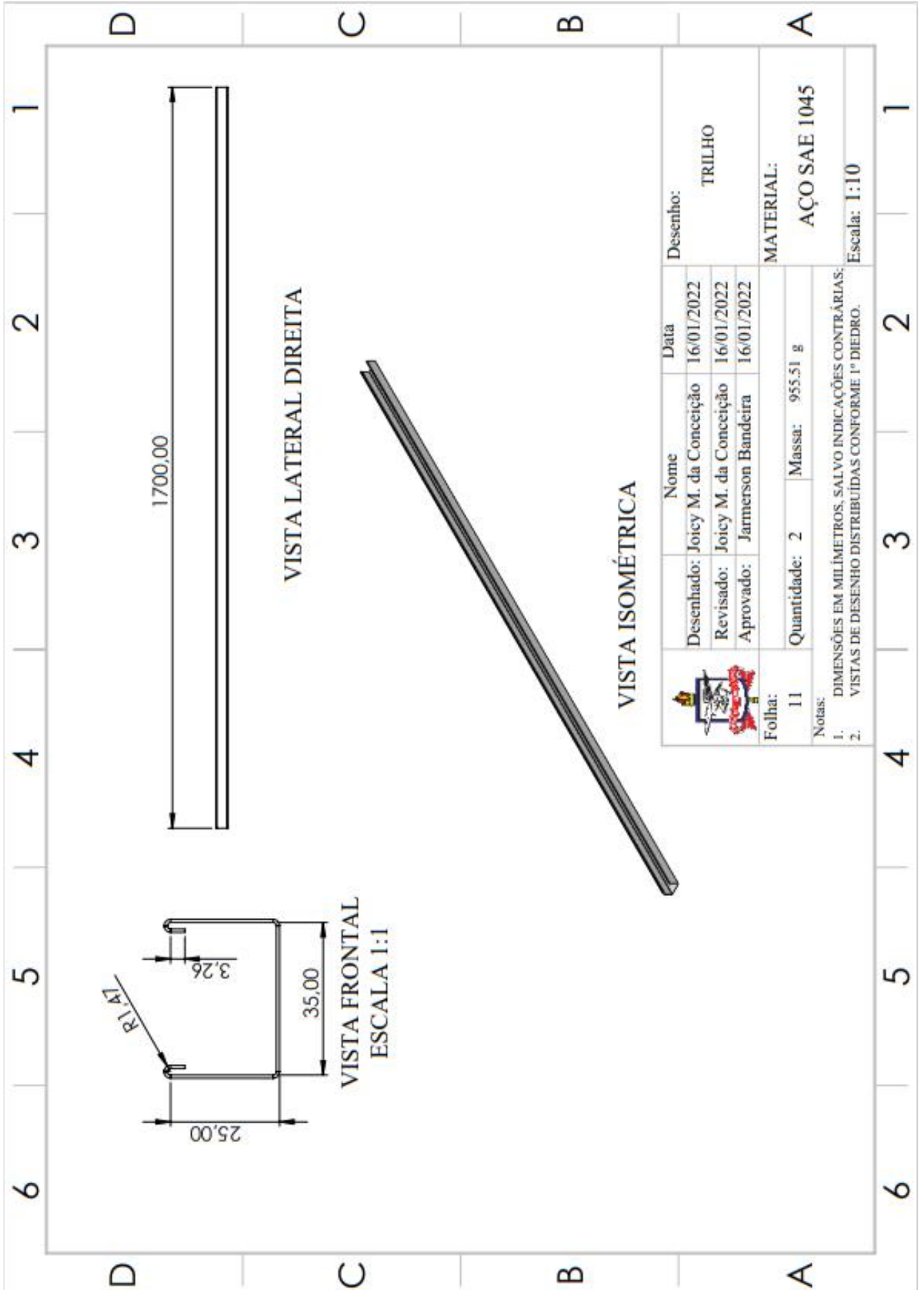
- Notas:
- DIMENSÕES EM MILÍMETROS, SALVO INDICAÇÕES CONTRÁRIAS;
 - VISTAS DE DESENHO DISTRIBUÍDAS CONFORME 1º DIEEDRO.





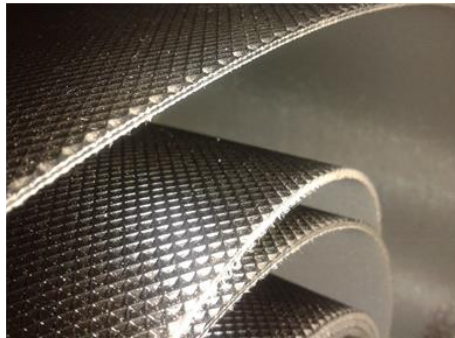
	Nome	Jarmerson Bandeira	
	Data	16/01/2022	
	Desenho:	RAMPA	
Folha:	9	Quantidade:	1
		Massa:	3382.49 g
Notas:			
1. DIMENSÕES EM MILÍMETROS, SALVO INDICAÇÕES CONTRÁRIAS;			
2. VISTAS DE DESENHO DISTRIBUÍDAS CONFORME 1º DIEDRO.			
MATERIAL: AÇO SAE 1020			
Escala: 1:5			





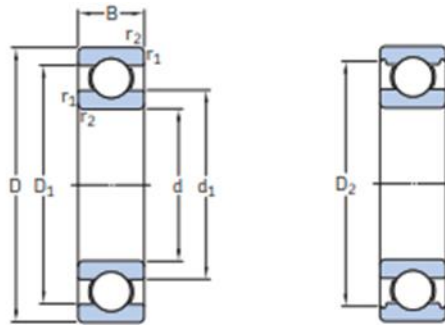
ANEXO I – Dados técnicos da correia transportadora da Damatec.**FICHA TÉCNICA : SVA 8/2E PN PRETA**

ESPESSURA 2,0 mm
DIÂMETRO MÍNIMO DE TRABALHO..... 50 mm
FORÇA DE TRAÇÃO.(1,0 % de tensão)..... 8 N / mm
TEMPERATURA DE TRABALHO -10°C + 80 °C
MATERIAL..... PVC
. S = STANDART – TRANSPORTE EM GERAL
. V = PVC
. A = ADERENTE
. E = POLIESTER
COBERTURA EM PVC PIRÂMIDE NEGATIVA
COR..... PRETA
ESTRUTURA2 TELAS DE POLIESTER



Fonte: Damatec (2022).

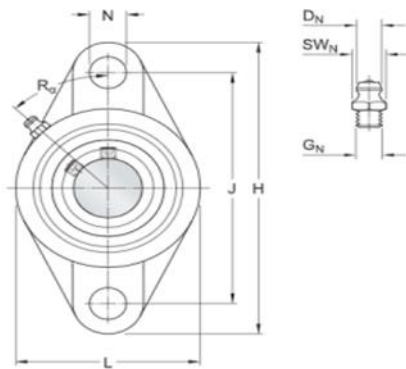
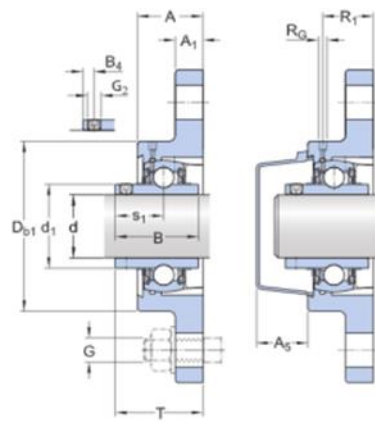
ANEXO II – Dados técnicos dos rolamentos utilizados na rodinha e roletes.



Dimensões principais			Classificações básicas de carga		Limite de carga de fadiga P_u	Classificações de velocidade		Massa	Designação
d	D	B	dinâmica C	estática C_0		Velocidade de referência	Velocidade-limite		
mm			kN		kN	r/min	kg	-	
10	19	5	1,72	0,83	0,036	80 000	48 000	0,0053	61800
	22	6	2,7	1,27	0,054	70 000	45 000	0,01	61900
	26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	40 000	0,019	* 6000
	28	8	5,07	2,36	0,1	60 000	38 000	0,024	16100
	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	36 000	0,031	* 6200
	35	11	8,52	3,4	0,143	50 000	32 000	0,053	* 6300
12	21	5	1,74	0,915	0,039	70 000	43 000	0,0063	61801
	24	6	2,91	1,46	0,062	67 000	40 000	0,011	61901
	28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	38 000	0,021	* 6001
	30	8	5,07	2,36	0,1	60 000	38 000	0,026	16101
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	32 000	0,037	* 6201
	37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	28 000	0,06	* 6301
15	24	5	1,9	1,1	0,048	60 000	38 000	0,0065	61802
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	34 000	0,016	61902
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,03	* 16002
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,03	* 6002
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	* 6202
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	24 000	0,082	* 6302
17	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	34 000	0,0075	61803
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	32 000	0,016	61903
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,038	* 16003
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,038	* 6003
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	24 000	0,065	* 6203
	40	12	11,4	5,4	0,228	38 000	24 000	0,064	6203 FTN9
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	22 000	0,11	* 6303

Fonte: SKF (2022).

ANEXO III – Dados do mancal selecionado para o conjunto de acionamento.



DIMENSÕES

d	25 mm	Diâmetro do furo
d1	≈33.7 mm	Diâmetro externo do anel interno
A	27 mm	Largura total
A ₁	13 mm	Largura do flange
A ₅	20.5 mm	Folga da tampa de fechamento
B	34 mm	Largura geral do rolamento
B ₄	5.5 mm	Distância da face lateral do dispositivo de fixação integral para o centro da rosca
D _{b1}	68 mm	Diâmetro externo superior
H	130 mm	Altura total
J	99 mm	Distância entre os parafusos de fixação
L	68 mm	Comprimento total
N	16 mm	Diâmetro do furo para parafuso de fixação
s ₁	19.7 mm	Distância da face lateral do dispositivo de fixação integral para o centro da pista
T	35.7 mm	Largura geral da unidade

FURO ROSCADO

R	1/4-28 UNF	Rosca do mancal para pino graxeiro
R	17.5 mm	Posição axial da rosca do mancal
R	45 °	Posição angular da rosca do mancal

PINO GRAXEIRO

DN	6.6 mm	Diâmetro do cabeçote esférico do pino graxeiro
SWN	7.94 mm	Tamanho da chave sextavada para o pino graxeiro
G _N	1/4-28 UNF	Rosca do pino graxeiro

Fonte: SKF (2022).

ANEXO IV – Dados técnicos do motoredutor.

Dados técnicos do Redutor de Velocidade	
Rotação na entrada do motoredutor	1750 rpm
Redução	10
Rotação na saída do motoredutor	175 rpm
Potência do motor acoplado ao motoredutor	0,25cv (0,18kw)
Torque na saída do motoredutor	8Nm (0,8kgfm)
Carga que o motoredutor consegue erguer com diâmetro de 100 milímetros na saída	16 kg
Carga que o motoredutor consegue erguer com diâmetro de 200 milímetros na saída	8 kg
Fator de serviço do Redutor com Motor de 0,25cv	5,28
Fator de velocidade com até 1750 rpm de entrada e carga moderada	1
Fator de Partida com até 10 arranques por horas e carga moderada	1
Fator de serviço com tempo de trabalho de até 10 horas por dia e carga moderada	1
Redutor possui óleo Lubrificante	Sim
Rendimento	80%
Peso aproximado do redutor	7kg
Tamanho/Modelo do redutor	M04
Saída do redutor	Eixo Vazado
Código do Motoredutor	M0412003V0BPW1
Dados técnicos do motor acoplado ao Redutor	
Tipo do motor	Elétrico Trifásico Weg W22 Plus
Potência	0,25cv / 0,18Kw
Tensão elétrica	220/380v
Rotação por Minuto	1750 rpm
Carcaça	63
Peso	8 Kg
Flange de fixação	CDIN90
Grau de proteção	IP55
Eficiência	Alto Rendimento IR2
Forma construtiva	B34D
Material da Carcaça	Ferro
Material do Eixo	Aço 1040/45
Eixo	À direita
Tipo e Forma de Balanceamento	Normal 1/2
Refrigeração	Total Fechado Ventilação Externa (TFVE)
Tipo de Dreno	Dreno de Plástico Aberto
Plano de Pintura	207 Azul
Cor de Acabamento	RAL 5009
Caixa de ligação elétrica	À esquerda
Quantidade de polos	4
Frequência (Hz)	60 Hz
Corrente nominal em 220v (A)	1,03 A
Corrente com rotor bloqueado "Ip/In" (A)	4,7 A
Conjugado nominal "Cn" (kgfm)	0,103 Kgfm
Conjugado com rotor bloqueado "Cp/Cn"	2,41 Cp/Cn
Conjugado máximo "C.máx/Cn"	2,91 C.máx/Cn
Rendimento com 50% da potência nominal	57
Rendimento com 75% da potência nominal	64
Rendimento com 100% da potência nominal	67
Fator de potência com 50% da potência nominal (cos ϕ)	0,47
Fator de potência com 75% da potência nominal (cos ϕ)	0,59
Fator de potência com 100% da potência nominal (cos ϕ)	0,68
Fator de Serviço "FS"	1,15
Momento de inercia "J" (kgm ²)	0,00055
Tempo com rotor bloqueado a quente (s)	29 s
Nível médio de pressão "dB" (A)	48
Motor com Freio (Motofreio)	Não Possui

Fonte: Lilo Redutores (2022).

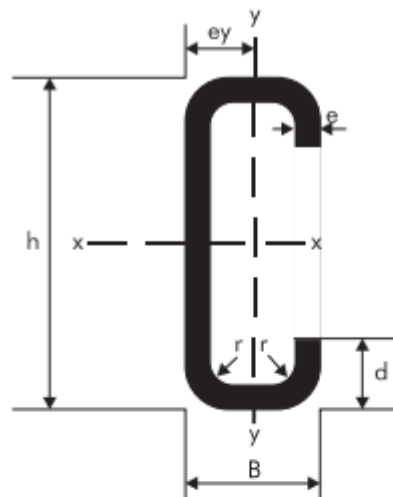
ANEXO V – Dados do perfil estrutural da Gerdau.

Perfil UDC enrijecido aço AÇO SAE 1020 com 350 MPa de tensão de escoamento.

UDC enrijecidos

Dobrado de chapa

Dimensões				S	P	Jx	Wx	ix	ey	Jy	Wy	iy
h	B	d	e = r	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm
mm	mm	mm	mm									
50	25	10	2,00	2.14	1.68	7.93	3.17	1.93	0.93	1.78	1.13	0.91
			2,25	2.37	1.86	8.65	3.46	1.91	0.93	1.91	1.22	0.90
			2,65	2.72	2.13	9.68	3.87	1.89	0.92	2.09	1.33	0.88
			3,00	3.01	2.36	10.46	4.18	1.86	0.92	2.21	1.40	0.86
75	40	15	2,00	3.44	2.70	30.33	8.09	2.97	1.50	7.88	3.15	1.51
			2,25	3.83	3.01	33.47	8.93	2.96	1.50	8.62	3.45	1.50
			2,65	4.44	3.49	38.22	10.19	2.93	1.50	9.72	3.89	1.48
			3,00	4.96	3.89	42.08	11.22	2.91	1.50	10.58	4.23	1.46



- S = área de seção
- P = peso estimado por metro
- Jx = momento da inércia do eixo x
- Wx = módulo de resistência do eixo x
- ix = raio de giro do eixo x
- ey = distância da linha neutra
- Jy = momento da inércia do eixo y
- Wy = módulo de resistência do eixo y
- iy = raio de giro do eixo y

Fonte: Gerdau (2021).