

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**JONATHAN QUADROS HOFMANN**

**PROJETO ESTRUTURAL DE UMA MESA DENSIMÉTRICA PARA  
BENEFICIAMENTO DE PEQUENOS LOTES DE SEMENTES**

**PATO BRANCO  
2023**

**JONATHAN QUADROS HOFMANN**

**PROJETO ESTRUTURAL DE UMA MESA DENSIMÉTRICA PARA  
BENEFICIAMENTO DE PEQUENOS LOTES DE SEMENTES**

**Structural design of a densimetric table for processing small lots of seeds**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Robson Gonçalves Trentin.

**PATO BRANCO  
2022**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**JONATHAN QUADROS HOFMANN**

**PROJETO ESTRUTURAL DE UMA MESA DENSIMÉTRICA PARA  
BENEFICIAMENTO DE PEQUENOS LOTES DE SEMENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel Engenharia Mecânica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 01/Dezembro/2023

---

Robson Gonçalves Trentin  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

---

Maria Nalu Verona Gomes  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

---

Roberto Nunes da Costa  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

**PATO BRANCO**

**2023**

Dedico este trabalho à minha família, por todo o apoio e confiança dedicados a mim.

## RESUMO

Os estudos em grãos e sementes tem um papel importante em um país onde a produção e exportação desses é um dos maiores mercados da economia local. O processamento de grãos e sementes tem grande impacto econômico, desde plantio, estudos, processos de transformação e comercialização. Visando o público da área de pesquisa, o presente documento busca apresentar estudos em relação ao projeto mecânico de um produto em menor escala, a fim de auxiliar pesquisadores do ramo agrícola. A mesa densimétrica é um equipamento que faz a separação de grãos e sementes conforme a densidade desses, onde, posteriormente, a matéria separada é utilizada para estudos ou produção. Os custos destes equipamentos são relativamente altos, onde a sua manutenção e operação também demanda atenção e recursos, além de um espaço de armazenamento grande. Utilizando uma abordagem teórica para o projeto do primeiro componente da mesa densimétrica, a estrutura, e sobre essa, são feitas duas iterações iniciais, onde a primeira conta com estimativas de tensões e deformações para a primeira versão da estrutura, análise dos resultados obtidos através de cálculos e da simulação pelo método dos elementos finitos. A segunda iteração está voltada a considerações de melhorias mecânicas na estrutura conforme observado na simulação de elementos finitos, onde a alteração de perfil entre as iterações se mostra eficaz. Levando em conta as alterações da segunda iteração, a análise nodal é feita a fim de conhecer quais são as frequências naturais da mesa densimétrica, pois, visto que essa trabalha com os princípios de vibração, estas faixas de frequências devem ser conhecidas para que quando o equipamento estiver desempenhando sua função, estas frequências precisam ser evitadas ao máximo a fim de ter uma mesa mais estável e eficaz no desempenho de sua função.

Palavras-chave: mesa densimétrica; agrícola; grãos; pesquisa.

## **ABSTRACT**

Studies on grains and seeds play an important role in a country where their production and export is one of the largest markets in the local economy. The processing of grains and seeds has a great economic impact, from planting, studies, transformation processes and commercialization. Aiming at the public in the research area, this document seeks to present studies in relation to the mechanical design of a product on a smaller scale, in order to assist researchers in the agricultural sector. The density table is equipment that separates grains and seeds according to their density, where the separated matter is subsequently used for studies or production. The costs of these equipment are relatively high, and their maintenance and operation also require attention and resources, in addition to a large storage space. Using a theoretical approach for the design of the first component of the densimetric table, the structure, and on this, two initial iterations are made, where the first has estimates of stress and deformations for the first version of the structure, analysis of the results obtained through calculations and simulation using the finite element method. The second iteration is focused on considerations of mechanical improvements in the structure as observed in the finite element simulation, where the profile change between iterations proves to be effective. Taking into account the changes from the second iteration, the nodal analysis is carried out in order to know what the natural frequencies of the densimetric table are, since, since it works with the principles of vibration, these frequency ranges must be known so that when the The equipment is performing its function, these frequencies need to be avoided as much as possible to have a more stable and effective table in performing its function.

Key-words: densimetric table, agriculture, grains, research.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mesa densimétrica Silomax.....	17
Figura 2 – Funcionamento da mesa densimétrica .....	18
Figura 3 – Componente discretizado.....	21
Figura 4 – Elementos de malha.....	21
Figura 5 – Formulação e cálculo do problema .....	23
Figura 6 – Relação de rotações em cada eixo da mesa densimétrica.....	24
Figura 7 – Mesa densimétrica da empresa Coopertradição 1 .....	25
Figura 8 – Mesa densimétrica da empresa Coopertradição 2 .....	26
Figura 9 – Elemento de casca .....	28
Figura 10 – Modelagem 3D isométrica frente .....	31
Figura 11 – Modelagem 3D isométrica posterior.....	31
Figura 12 – Modelagem 3D sem chapas laterais .....	32
Figura 13 – Regulagem longitudinal mesa densimétrica.....	32
Figura 14 – Regulagem lateral mesa densimétrica .....	33
Figura 15 – Aletas direcionais para sementes e regulagem de fluxo de ar .....	33
Figura 16 – Sistema responsável pela vibração do Deck superior.....	34
Figura 17 – Estrutura simplificada.....	35
Figura 18 – Estrutura simplificada isométrica .....	35
Figura 19 – Condições de contorno aplicadas à estrutura.....	36
Figura 20 - Cantoneira .....	38
Figura 21 - Cantoneira com medidas.....	38
Figura 22 – Elementos para estimativa de tensão de flexão .....	40
Figura 23 - DCL do elemento 1.....	41
Figura 24 - DCL do elemento 1.....	42
Figura 25 - Seção transversal do perfil .....	43
Figura 26 - Malha utilizada para simulação.....	45
Figura 27 – Estrutura submetida a análise de tensões .....	46
Figura 28 - Canto com tensão máxima no lado esquerdo .....	46
Figura 29 - Canto lado direito 1.....	47
Figura 30 - Canto lado direito 2.....	47
Figura 31 - Canto lado esquerdo.....	47
Figura 32 - Estrutura submetida a análise de deslocamentos .....	48
Figura 33 - Vista frontal inclinada .....	49
Figura 34 - Vista lateral .....	49
Figura 35 – Seção transversal do tubo mecânico .....	50
Figura 36 – Seção transversal do reforço inferior.....	51
Figura 37 – Tensões da segunda iteração .....	51
Figura 38 - Frequência natural do primeiro modo.....	53
Figura 39 - Frequência natural do segundo modo .....	54
Figura 40 - Frequência natural do terceiro modo .....	54
Figura 41 - Frequência natural do quarto modo .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades para a cantoneira utilizada .....	28
Tabela 2 – Condições de contorno .....	37
Tabela 3 – Convergência de malha .....	44
Tabela 4 - Tabela de frequências de excitação .....	55

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	Objetivos	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
1.2	Justificativa	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>14</b>
2.1	Separação de sementes	14
2.2	Unidade de Beneficiamento de Sementes	15
2.3	Mesa densimétrica	16
2.3.1	Fluxo de ar	18
2.4	Metodologia de desenvolvimento de produto	18
2.5	Método dos elementos finitos	20
2.5.1	Elementos estruturais	21
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>23</b>
3.1	Metodologia desenvolvimento de produto	23
3.1.1	Estágio de definição	24
3.1.2	Estágio de projeto preliminar	25
3.1.3	Estágio de projeto detalhado	26
3.1.4	Estágio de documentação	29
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E RESULTADOS</b>	<b>31</b>
4.1	Modelamento CAD	31
4.2	Simplificação da estrutura	34
4.3	Condições de contorno	36
4.4	Modelamento	37
4.4.1	Considerações para o modelamento	37
4.4.2	Escolha do perfil	38
4.4.3	Esforços atuantes	39
4.5	Análise por elementos finitos	44
4.5.1	Análise de malha	44
4.5.2	Análise Estática	45
4.5.3	Análise Dinâmica	52
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>56</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os últimos quarenta anos tem sido importante para o Brasil no quesito da transformação da revolução agrícola. Com uma produção maior, a agricultura brasileira reduziu o preço da alimentação, que fez com que melhorasse a saúde e qualidade de vida da população urbana (IBGE, 2021).

Segundo Pena (2022), a produção agrícola no Brasil, é uma das principais responsáveis pelos valores da balança comercial no país, onde o agronegócio representa cerca de 25% do Produto Interno Bruto (PIB). Hoje, o Brasil é reconhecido mundialmente por ser o maior produtor e exportador de café e soja em grãos e terceiro maior produtor e exportador de milho (IBGE, 2021).

Esse peso da agricultura exige uma maior qualidade nas cultivares e aumento da tecnologia no campo. Por isso, estudos e pesquisas são feitos para melhorar a qualidade das sementes, seja tanto para fins de qualidade do alimento como para fins econômicos.

Para melhorar a qualidade, a tecnologia entra como aliada da agricultura para o beneficiamento das sementes. Esse processo tem o objetivo de aprimorar tais sementes, separá-las de forma a obter um produto mais valiosos e com maior qualidade para então serem utilizadas pelos produtores (LINARES, 1999).

Mesmo com a grande importância das pesquisas no setor de sementes para o desenvolvimento da agricultura no país, até o momento não existe uma unidade de beneficiamento de sementes (UBS) compacta o suficiente para que seja possível sua utilização em pesquisas de laboratórios. Uma UBS, basicamente é composta por três estruturas principais, onde a semente passa por tais etapas de maneira sequencial, sendo elas respectivamente: Pré-limpeza, Máquina de ar e peneiras (MAP) e Mesa de gravidade.

Dentre as três unidades principais presentes na UBS, a mesa se destaca claramente como um dos equipamentos com maior tecnologia e complexidade dentro das etapas de beneficiamento, onde a mesma tem como função melhorar a qualidade do lote através da separação de grãos de baixo peso específico, que são as sementes malformadas, deterioradas ou pesteadas, das sementes de maior peso específico, que são as de maior valor comercial (LINARES, 1999).

De acordo com Cimisa (2022), praticamente todos os tipos de sementes podem ser beneficiados nesse equipamento, independentemente de forma, tamanho, peso ou densidade, precisando apenas ajustar a malha da superfície do tabuleiro (Deck), lugar onde a separação das sementes é realizada, para cada tipo de semente.

Atualmente os menores modelos de mesa densimétrica encontrados no mercado nacional trabalham com um beneficiamento de 25 a 50 sacas (60 Kg/saca) por hora, ou seja, de 1,5 a 3 toneladas por hora, o que acaba sendo inviável para laboratórios de pesquisa que tem a necessidade de beneficiar vários lotes de sementes com apenas alguns quilos (CIMISA, 2023).

Além disso é importante ressaltar que o beneficiamento de sementes tem como função aprimorar as boas características de um lote, eliminando impurezas, sementes de outras espécies ou aquelas que apresentem características indesejáveis da própria cultivar, sendo possível assim, gerar uma uniformização da semente destinada à comercialização (CARVALHO, NAKAGAWA, 2000).

Segundo Peske (2020), um lote de sementes deve apresentar características físicas, fisiológicas e genéticas semelhantes, para que a amostragem, para fins de análise, seja representativa. Diante disso, levando em consideração a grande gama de variedade de sementes comercializadas, percebe-se o grandioso desafio de lidar com todo o tipo de danos, impurezas, imperfeições em geral, bem como as demais características físicas, fisiológicas e sanitárias inerentes a cada espécie e cultivar, sendo manejados durante as etapas de pós-colheita como o beneficiamento.

Diante de tais levantamentos o presente trabalho tem como objetivos realizar o dimensionamento prévio de uma mesa densimétrica para beneficiamento de pequenos lotes de sementes, tendo como principais tópicos o escoamento interno de ar por meio de exaustores, a estrutura metálica do equipamento, os componentes mecânicos e também o sistema responsável pelo movimento de vibração do Deck.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo elaborar o projeto mecânico preliminar de uma mesa densimétrica de pequenas dimensões para laboratórios de pesquisa e desenvolvimento de sementes.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Para que seja possível alcançar tal objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Por meio de literatura entender como funciona o sistema de seleção de sementes em laboratórios.
- b) Compreender o funcionamento de equipamentos semelhantes utilizados em larga escala em unidades de beneficiamento de sementes;
- c) Determinar uma geometria para o uso da mesa densimétrica em laboratórios;
- d) Realizar a modelagem em CAD 3D do equipamento com base em produtos de grande porte;
- e) Analisar estaticamente e dinamicamente a estrutura do equipamento.

## 1.2 Justificativa

Segundo Cepea, (2021), o setor agrícola é de grande relevância no Brasil, já que participa com cerca de 27% do PIB, diante disso é de suma importância que pesquisas nesse campo sejam feitas a fim de se ter avanços tanto na produtividade quanto na lucratividade. Atualmente não existe um modelo comercial de UBS que tenha tamanho reduzido o suficiente para ser possível sua utilização em laboratórios de pesquisas de sementes, resultando assim em um trabalho árduo e que demanda grande tempo para pesquisadores desse setor, onde os mesmos fazem toda a limpeza do lote de sementes manualmente. Diante disso, se faz necessário o desenvolvimento de uma unidade de beneficiamento compacta e eficiente, afim de facilitar e também agilizar os trabalhos de pesquisa na área, pois além de reduzir significativamente o tempo, também melhora o padrão de beneficiamento dos lotes de sementes.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fim de uma melhor compreensão do conteúdo pragmático foi realizado pesquisas em relação ao tema do presente trabalho podendo ser subdividido nos seguintes tópicos:

### 2.1 Separação de sementes

Na agricultura tem-se grande preocupação na qualidade das sementes a serem semeadas, seja de soja, feijão, milho ou qualquer outra espécie. A produção de grãos de soja, por exemplo, com elevada qualidade em regiões tropicais e subtropicais, necessita de técnicas diferenciadas no sistema de produção, que inicia no campo e vai até a semeadura (NETO *et. al.*, 2010).

Já na cultura do café, a separação por tamanho dos grãos é de extrema importância para a qualidade do grão. Quando separados por lotes uniformes de sementes, a torra do café se torna mais uniforme, melhorando sua qualidade (NASSER, 2000).

Na cultura de hortaliças, as sementes infectadas podem ter o peso específico modificado das sementes sadias (BICCA *et.al.*, 1998; apud GADOTTI *et. al.*, 2006). A separação por peso, segundo pesquisas desenvolvidas, tem grande eficiência sobre a qualidade de lotes de sementes de diversas espécies de hortaliças especialmente couve brócolis (GADOTTI *et.al.*, 2006).

Apesar de haver divergências em alguns estudos sobre tamanho das sementes, alguns autores demonstram que sementes de maior tamanho e maior peso apresentam melhor qualidade fisiológica em relação as sementes de tamanho menor e menor peso (PICCININ *et. al.*, 2012).

Outro fator que influencia na qualidade das sementes são os ataques de fungos, que causam diversos danos e conseqüentemente diminui a qualidade do grão. Os fungos causam má formação, por conseqüência deixam a semente enrugada e com menor tamanho e peso (GADOTTI *et. al.*, 2006).

Além disso, a armazenagem dos grãos também é uma preocupação, pois também pode afetar a qualidade das sementes. Após a colheita, os grãos não estão em condições de ficarem estocados, pois contem impurezas e principalmente umidade, que por sua vez, devem ser removidas. Por isso, as sementes devem passar por uma pré-limpeza, pois assim diminui os riscos de deterioração e reduz o

uso indevido de espaço útil do silo (EMBAPA, 2001). Depois, elas devem passar por um processo de beneficiamento, pois este é essencial para a qualidade da produção (BUITRAGO *et. al.*, 1991).

## **2.2 Unidade de Beneficiamento de Sementes**

Uma unidade de beneficiamento de sementes pode ser considerada uma das principais etapas da produção de sementes para o plantio. Nessa unidade que ocorre a retirada de todas as impurezas que chegam junto ao lote de sementes, que após final do ciclo de beneficiamento se obtém somente o produto adequado para ser plantado.

Cunha e Harbs (2015), afirmam que para que se tenha um processamento adequado de sementes se faz necessário o emprego de alto nível tecnológico desde a fase de produção, armazenamento, processamento e transporte, sendo justificável a utilização de uma Unidade de Beneficiamento de Sementes. Além disso, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000, p. 416), é necessário que seja feita várias operações com o intuito de eliminar todas as impurezas, além de sementes que não se apresentam integras, ou ainda as que apresentem características indesejáveis.

Uma UBS pode ser definida basicamente como um processo sequencial de operações, onde tem por finalidade realizar a retirada de todos os tipos de impureza do lote de sementes, realizando a classificação a partir da diferença de forma, tamanho, densidade, peso, comprimento e largura. Para que seja feito tal processo de limpeza é necessário se utilizar diversos tipos de maquinário e diferenças físicas, sendo os principais as peneiras, fluxos de ar e vibrações (CUNHA; HARBS, 2015).

A UBS consiste em uma estrutura que comporta máquinas que operacionalizam o processo de aperfeiçoamento das sementes, contando com estruturas de armazenagem e beneficiamento (CUNHA; HARBS, 2015). São essas estruturas e sua respectiva qualidade de operação que irão garantir boas propriedades ao lote.

Já o beneficiamento é a parte essencial da tecnologia relativa à produção de sementes de alta qualidade, a partir do material fornecido pelos melhoristas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Conforme Trogello *et al.*, (2013) o beneficiamento de sementes se caracteriza como uma etapa essencial para ser possível alcançar um lote de alta qualidade, pois caso não for executada com excelência os esforços dispendidos em etapas anteriores tornam-se inúteis.

Segundo Peske et al. (2003), o beneficiamento consiste em todas as operações a que a semente será submetida, sendo assim parte desde a sua recepção na unidade de beneficiamento de sementes até a embalagem e distribuição. O beneficiamento consiste basicamente de três etapas principais, sendo elas a Pré-limpeza, Máquina de Ar e Peneiras e Mesa de gravidade. Cada uma dessas etapas fara a distinção entre semente e impureza utilizando um padrão de diferenças físicas ou fisiológicas.

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), pode-se conceituar o beneficiamento como um conjunto de operações visando melhorar as características de um lote de sementes, com a eliminação de impurezas. Pois nessa etapa diversos materiais podem ser considerados como impureza, entre eles estando poeira, areia, terra, pedras, pedaços de plantas, sementes de outros cultivares, sementes defeituosas ou até sementes muito leves.

Isso ocorre diante de que as sementes mais leves podem ser consideradas como descarte em um lote pois é suposto que quanto mais leve a semente menor será a sua densidade, logo, menos nutrientes ela terá e menor será a sua capacidade de germinar e gerar uma planta sadia.

### **2.3 Mesa densimétrica**

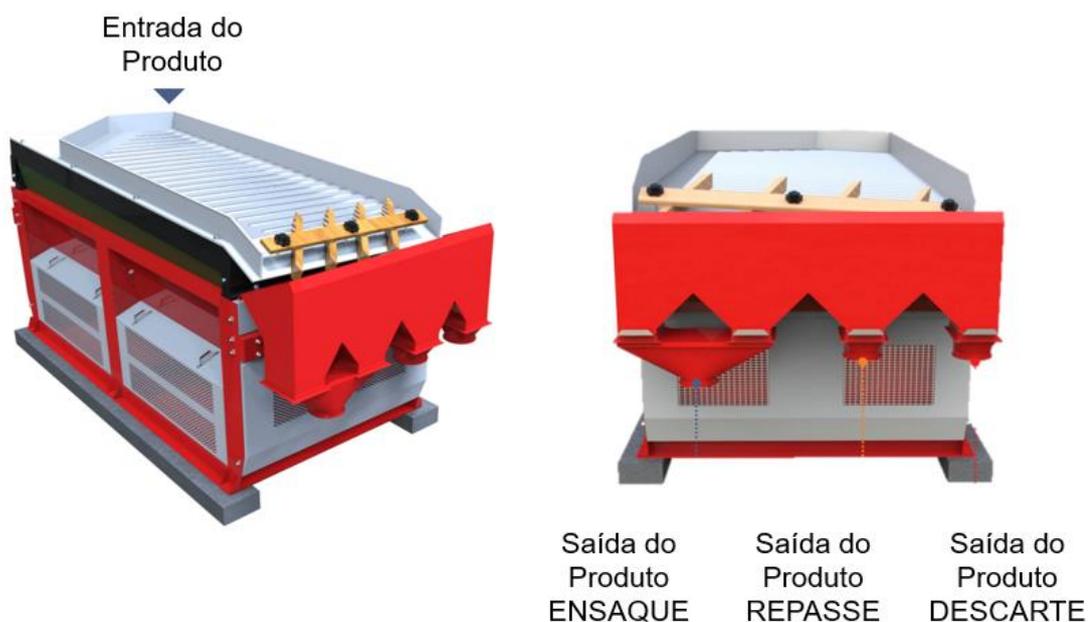
A mesa de gravidade também é chamada de mesa densimétrica e é uma máquina conhecida por sua efetividade em melhorar a qualidade fisiológica de lotes de sementes. A mesma faz a seleção dos grãos por diferença de densidade, portanto é bastante utilizada na indústria. (BAUDET, 1991).

Antes de tudo é importante ressaltar que de acordo com Peske, (2020), existem casos em que o equipamento é disposto nas etapas iniciais da linha de beneficiamento, ou seja, logo após a MAP (máquina de ar e peneira), porém tal fato pode ser um grave equívoco de planejamento, pois caso exista a variabilidade de tamanho de semente, impurezas e demais sementes deformadas, a mesa densimétrica não terá uma boa eficiência, falhando em separar sementes de baixa densidade com as de grande densidade, assim impactando diretamente na qualidade fisiológica final do lote.

A mesa de gravidade consiste em uma armação estática, que é fixada a uma superfície sólida, e uma armação ajustável, que pode ser regulada na inclinação desejada, que por sua vez, pode ser obtida através de dois eixos diferentes, que

permite inclinar lateralmente e longitudinalmente (SILOMAX, 2022). A armação ajustável é chamada de tabuleiro ou Deck, que é uma plataforma metálica recoberta por uma tela de arame, que permite a passagem de ar através das malhas, conforme mostra a Figura 1 (SILOMAX, 2022).

**Figura 1 – Mesa densimétrica Silomax**



**Fonte: SILOMAX (2022).**

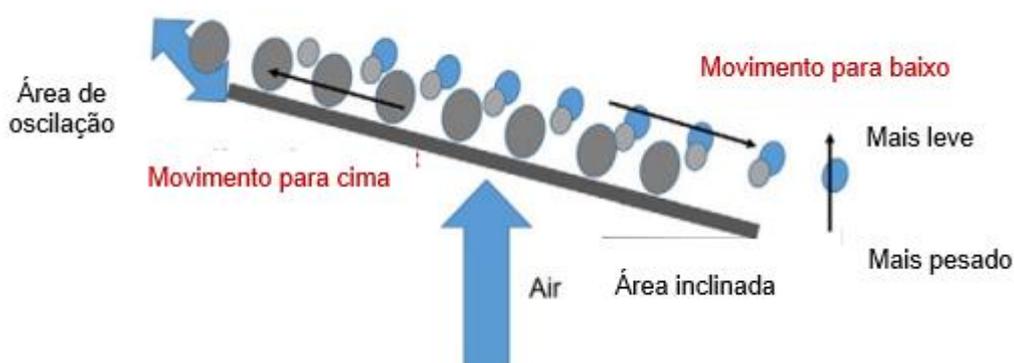
A mesma utiliza o ar juntamente com a vibração e a inclinação lateral da mesa para separar os materiais leves e pesados. O ar estratifica os materiais, enquanto a vibração e a inclinação conduzem os materiais para diferentes saídas do equipamento.

Apesar da máquina realizar o trabalho de separação com precisão, necessita que seus operadores tenham um treinamento específico para que realizem o processo com eficiência, pois para se obter um resultado satisfatório no beneficiamento diversos fatores como força do ar, inclinação lateral e terminal, fluxo de sementes, vibração e descarga influenciam no processo (PESKE, 2020). Para lotes de sementes com valor elevado, como o milho, o descarte de uma grande quantidade de sementes pode resultar em prejuízo. Por isso, deve-se medir as propriedades da semente na saída de descarte da máquina, assim possibilita a obtenção da melhoria desejada na qualidade do grão com o mínimo de perdas (KANNAN *et. al.*, 2016).

### 2.3.1 Fluxo de ar

O ar é soprado para cima através de um exaustor, conforme mostra a Figura 2 e esse ar gera um movimento, que com a ajuda do atrito superficial, separa os grãos mais densos dos menos densos, levando os mais pesados para a parte superior da mesa, área de ensaque, conforme a Figura 1. Enquanto, a gravidade direciona as impurezas como farelos, folhas, pedras para o deck de um separador, área de descarte mostrada na Figura 1 (KANNAN *et. al.*, 2016).

**Figura 2 – Funcionamento da mesa densimétrica**



Fonte: Kannan (2016).

Esse tipo de exaustores, também chamados de turbinas centrífugas podem serem utilizados para praticamente qualquer tipo de semente. Peske, (2003) afirma que o mesmo consiste basicamente em um equipamento que gera uma pressão maior que a atmosférica, forçando o ar a passar através das sementes.

Para se obter a máxima eficiência do exaustor é necessário que se tenha ajuste da vazão volumétrica de ar. Diante disso para que seja possível fazer calibração essa serão instaladas aletas próximas as entradas de ar. As aletas terão a função de aumentar o diminuir área de passagem do ar e assim respectivamente aumentar ou diminuir a vazão.

## 2.4 Metodologia de desenvolvimento de produto

Sabe-se que o desenvolvimento adequado do produto tem fundamental importância em um projeto bem-sucedido, pois o mesmo irá influenciar diretamente tanto nas necessidades do cliente quanto irá auxiliar na visualização de erros de

projeto, etapas ou características faltantes e até mesmo características secundárias que acabam deixando o produto final com um alto valor agregado.

Atualmente o desenvolvimento adequado e rápido de produtos tornou-se de suma importância, visto que a alta qualidade do produto já não é mais um diferencial, mas sim uma obrigação. Além disso, grande parte dos produtos tornam-se obsoletos cada vez mais rápido, exigindo assim grande agilidade no desenvolvimento de inovações.

Também é importante ressaltar que segundo Cheng & Filho (2007), nas últimas décadas tem-se observado movimentos de globalização econômico-financeira seguidos de globalização de produtos e consumo. Essas transformações no cenário econômico acabam gerando grande concorrência, nunca presenciado antes pelas organizações.

De acordo com Faria et al. (2008), a vantagem competitiva de uma empresa se relaciona diretamente com a sua capacidade de introduzir no mercado novos produtos e serviços, com conteúdo tecnológico e características de qualidade, desempenho, custo e distribuição que tenham potencial de satisfazer a exigência dos consumidores.

É definido como processo de desenvolvimento de produtos (PDP), um conjunto de atividades, onde através das mesmas se busca diante das necessidades do mercado e também das possibilidades e restrições tecnológicas, se chegar às especificações de projeto do produto, bem como também no seu processo de produção. Também é importante ressaltar que, o desenvolvimento de produto engloba o acompanhamento do produto após o lançamento, além do planejamento da descontinuidade do produto no mercado. Logo, incorporando estes conceitos na especificação do projeto pode-se atender à todas as necessidades do produto ao longo do seu ciclo de vida (ROSENFELD et al., 2006).

O processo de desenvolvimento de produto surgiu através da união de metodologias, estudos de caso, modelos, experiências e melhores práticas desenvolvidas e coletadas ao longo dos anos.

Segundo Rozenfeld et al. (2006), o processo de desenvolvimento tem por objetivo gerenciar, prever, planejar e controlar as etapas do andamento de um projeto. Sendo assim o mesmo consiste em um conjunto de atividades organizadas entre si quem tem como objetivo produzir um bem ou um serviço para um tipo específico de cliente.

Ainda segundo Rozenfeld et al. (2006), o processo de desenvolvimento de produtos permite que as particularidades de cada projeto da equipe de desenvolvimento sejam atendidas, paralelamente, garante a utilização das melhores práticas de projeto e uma visão unificada para toda a empresa.

## **2.5 Método dos elementos finitos**

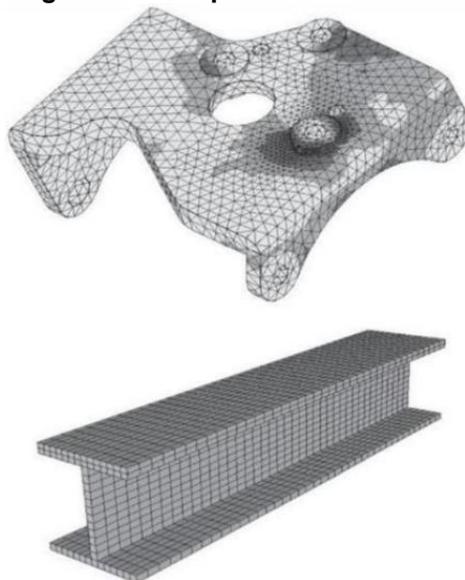
A análise estrutural tem grande importância para o desenvolvimento do projeto de uma máquina, pois diante desse tipo de análise é possível fazer a avaliação da rigidez e da integridade física da estrutura de acordo com as condições iniciais e de contorno definidas no projeto.

Além disso, segundo Fontes (2005), a análise da estrutura consiste basicamente em determinar os seus esforços solicitantes através de modelos matemáticos, após feita a avaliação de diversos fatores, como por exemplo, o comportamento do mecanismo, o material constituinte, tipos de ligações utilizadas entre os elementos da estrutura e quais serão as reações desses elementos frente as ações que foram submetidos.

Um modelo de simulação representa matematicamente uma situação real para poder representar computacionalmente o seu comportamento. Na área de engenharia comumente se usa modelos de simulação para avaliar o desempenho, otimização de condições de operações ou dimensionamento de equipamentos. Estas tarefas, somente terão êxito se o modelo representar com fidelidade e de forma simples o comportamento do processo (GUT, 2022).

O método de elementos finitos é um método para resolução de problemas complexos de engenharia, feito de forma aproximada através de cálculo numérico. Para a solução de problemas, um corpo contínuo é subdividido em um número finito de partes que são chamadas de elementos, conforme mostrado na Figura 3, e estes são conectados entre si por pontos discretos chamados de nós. O que rege o comportamento desse sistema é a função de interpolação que define de forma única o estado de deslocamento em todos os pontos dentro de cada elemento, com isto é possível determinar as deformações e as forças internas e conseqüentemente as tensões (FILHO, 2009).

**Figura 3 – Componente discretizado**



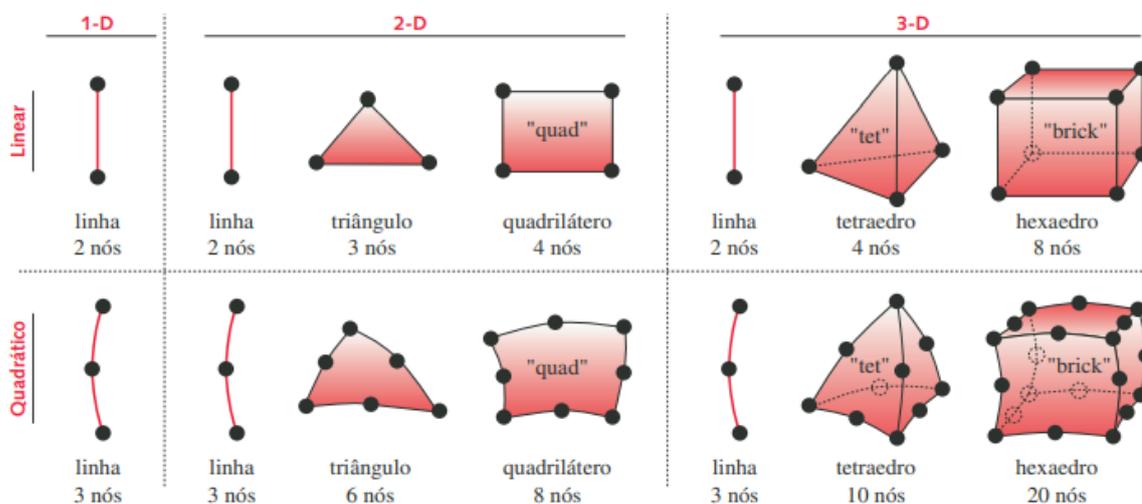
Fonte: AVELINO (2009).

Desta forma, é de suma importância a escolha do tipo de elemento a ser usado, pois a ele estará amarrado a decisão de qual função de interpolação deve ser usada de forma a caracterizar mais fidedignamente o problema real.

### 2.5.1 Elementos estruturais

Existem basicamente três tipos de elementos estruturais, podendo estes serem lineares, bidimensionais ou tridimensionais, conforme indicado na Figura 4.

**Figura 4 – Elementos de malha**



Fonte: Norton (2013).

Os elementos lineares são caracterizados quando a medida do comprimento é maior em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal. Tendo como exemplos vigas, pilares, barras, tirantes, entre outros.

Elementos bidimensionais, também chamados de elementos de superfície, tem como principal característica a espessura ser bem menor que as demais dimensões. Quando a superfície for plana, teremos placas ou chapas. A placa tem o carregamento perpendicular ao plano da superfície e a chapa tem o carregamento contido no plano da superfície. Quando a superfície for curva a chamaremos de casca.

Já nos elementos tridimensionais, os quais também podem serem chamados de elementos de volume, não ocorre desproporcionalidade entre suas dimensões onde os mesmos comumente são chamados de blocos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Metodologia desenvolvimento de produto

Para realizar o desenvolvimento do presente trabalho, foi adotada a metodologia de projeto de desenvolvimento de produto descrita por Norton, (2013).

Diante disso é no desenvolvimento da metodologia do projeto que se faz necessário a inserção de todas as informações e detalhes referentes ao projeto, pois a mesma terá finalidade de fundamentação para as fases subsequentes de desenvolvimento.

Segundo Norton (2013), a metodologia de projeto tem como sua principal característica a capacidade de auxiliar na identificação e na solução de problemas que ainda não estejam “bem estruturados”.

Norton (2013), ainda explana que a metodologia dificilmente será construída de modo linear, muitas vezes se faz necessário voltar à etapas anteriores da estruturação para então realizar complementos e corrigir informações errôneas.

Vale ressaltar também que segundo Norton (2013), o desenvolvimento da metodologia preferivelmente seja dividido em quatro etapas principais e em nove subtarefas, sendo que este desenvolvimento se aplica grande maioria dos tipos de projetos de máquinas (Figura 5).

**Figura 5 – Formulação e cálculo do problema**



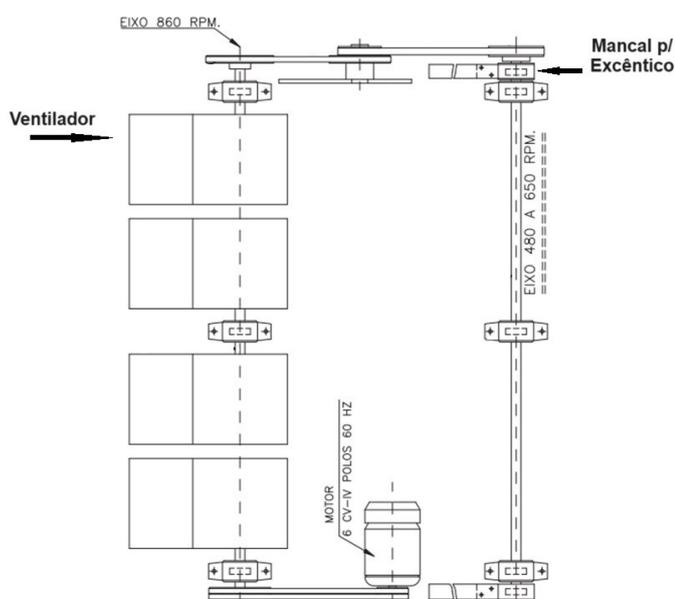
Fonte: Norton (2013).

### 3.1.1 Estágio de definição

Nesta etapa são reunidos todos os dados e hipóteses no que diz respeito ao projeto e de sua problemática. Tal etapa é de suma importância, pois caso a mesma seja feita com extrema qualidade terá grande valia na visualização das necessidades do projeto e na solução de seus problemas. Norton (2013), ainda diz que as hipóteses se expandem sobre as informações dadas para mais tarde delimitar o problema. Nesta etapa foram coletadas e armazenadas todas as informações obtidas através das pesquisas feitas acerca do tema e a partir delas dado início ao projeto.

Dentre essas informações coletadas, podemos destacar as condições de cargas para os equipamentos existentes em campo, rotações de funcionamento, manuais e vistas explodidas de mesas de gravidade de grande porte. Diante disso para a carga do equipamento existirá além da carga de sementes alocadas no Deck Superior, toda a parte estrutural, motores, ventiladores de ar e demais componentes menores. Com relação as rotações de funcionamento do equipamento, conforme é mostrado na Figura 6, o eixo responsável pelo movimento dos ventiladores opera à 860 RPM, enquanto o eixo que atua no mancal excêntrico, o qual faz a vibração do Deck superior, trabalha entre 480 e 650 RPM (SILOMAX, 2022).

**Figura 6 – Relação de rotações em cada eixo da mesa densimétrica**



**Fonte: Adaptado de SILOMAX (2022).**

### 3.1.2 Estágio de projeto preliminar

Norton (2013), afirma que nesta etapa deverão ser tomadas decisões acerca do projeto para que ele possa prosseguir. Estas decisões podem ter efeito significativo sobre os resultados e normalmente as mesmas terão de ser modificadas ao longo do desenvolvimento do projeto. Neste momento foram definidos os croquis iniciais de projeto e também as dimensões limites que o equipamento deve ter, sendo essas de 1600 x 1000 x 800 (mm) em seu comprimento, largura e altura respectivamente,

A fim de um melhor entendimento do funcionamento do equipamento foi realizado visita técnica à unidade de beneficiamento de sementes da empresa Coopertradição – Unidade Pato Branco, onde, com a ajuda do responsável pela unidade, foi obtido um melhor conhecimento a cerca do equipamento como um todo, sendo possível presenciar o funcionamento do mesmo conforme mostrado na Figuras 7 e 8, para assim possibilitar a engenharia reversa, a fim de desenvolver uma mesa de gravidade com as mesmas características operacionais e componentes presente na mesma, porém em escala reduzida.

**Figura 7 – Mesa densimétrica da empresa Coopertradição 1**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

**Figura 8 – Mesa densimétrica da empresa Coopertradição 2**



**Fonte: A autoria própria (2023).**

Além disso é importante ressaltar que através da empresa, foram obtidas algumas regulagens de rotação do equipamento, sendo que para o motor (6 CV / 1800 RPM / 4 polos / 60 Hz) de agitação do Deck superior do equipamento é utilizado um inversor de frequência para controle de rotação, onde as mesmas variam de 60 Hz a 80 Hz, logo a rotação do motor vai estar entre 1800 RPM e 2400 RPM. Como equipamento utiliza um sistema de polias e correias, essa rotação é reduzida até a faixa de 480 a 650 RPM no eixo ligado ao mancal excêntrico, onde esse último transforma o movimento rotativo em linear, ocasionando a vibração do Deck superior, sendo que o mesmo opera em uma faixa de frequência de 8 Hz a 11 Hz, com uma amplitude de 20mm. Já para o motor (6 CV / 1800 RPM / 4 polos / 60 Hz) responsável pelo fluxo de ar do equipamento (ventiladores), a frequência e rotação não variam, sendo apenas reduzida a rotação inicial, para aproximadamente 900 RPM através de um sistema de polias.

### 3.1.3 Estágio de projeto detalhado

Segundo Norton (2013), nesta etapa é definido um ou mais modelos matemáticos de engenharia para que seja possível realizar a análise do sistema.

Sendo que uma vez definidos os modelos matemáticos, é possível verificar, dimensionar ou pré-definir todos os componentes pertencentes à máquina.

### 3.1.3.1 Ferramentas computacionais

Atualmente as ferramentas computacionais são indispensáveis na grande maioria dos projetos mecânicos. Além de melhorar a qualidade técnica elas permitem a fácil construção e edição dos componentes. A ferramenta CAD 3D (*computer assisted design*) foi indispensável para executar o projeto, para isso será utilizado o software SolidWorks 2020. Este software foi utilizado para a modelagem e detalhamento geral da máquina, lembrando que como o equipamento será utilizado em bancadas de laboratórios as dimensões serão limitadas em 1600 x 1000 x 800 (mm) em seu comprimento, largura e altura respectivamente, conforme já mencionado anteriormente.

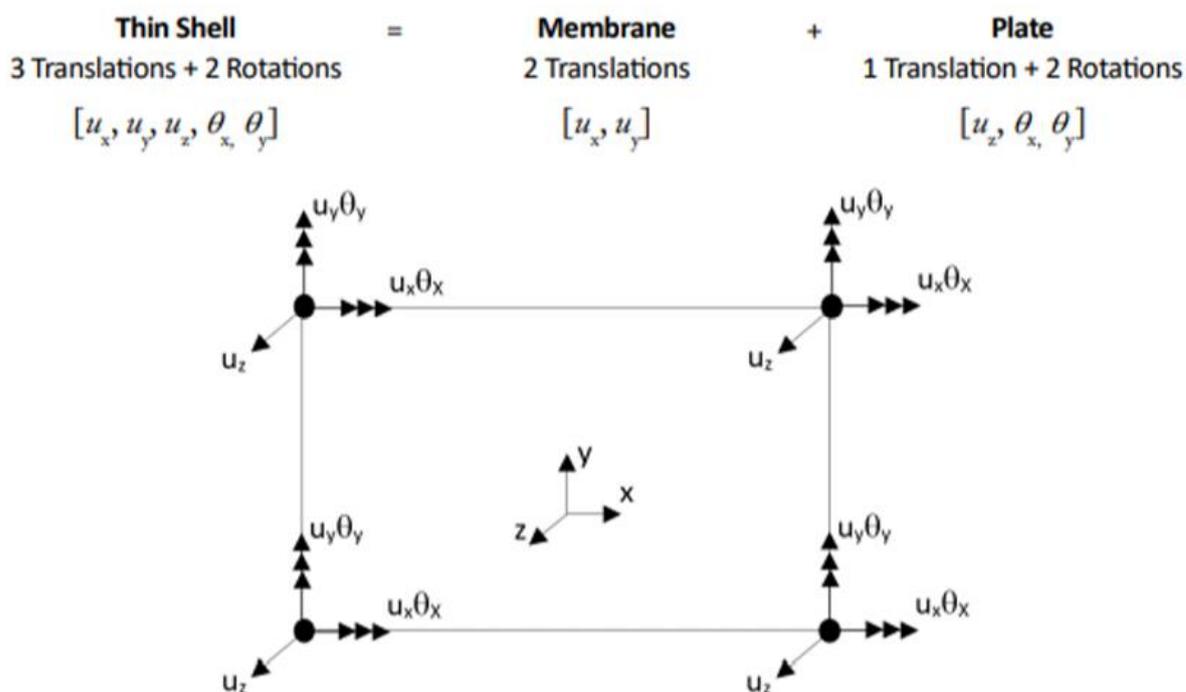
Além disso para ser possível realizar a análise por meio de elementos finitos, foi necessário a utilização do *software* Ansys 2023, onde a mesma através das condições de contorno retornará os valores de esforços e deformações em que a estrutura será submetida.

### 3.1.3.2 Elementos finitos - Configuração do software Ansys

Para o estudo em questão foi selecionado o 2D quadrático para a realização das análises, cuja representação está disposta na Figura 4. A escolha desse elemento se deu devido à sua possibilidade de ser orientado em qualquer direção em 3D do espaço, sendo o mais recomendado para se utilizar em estruturas 3D finas, onde as dimensões de espessuras são muito menores quando comparado às dimensões globais, como painéis, chapas metálicas e perfis (ROSSETO, 2023).

Além disso, o elemento de casca permite a análise de empenamento, diferentemente do elemento de chapa, por exemplo, que apenas permite que o elemento se mantenha em estado plano. Dessa forma, o elemento de casca conta com 5 graus de liberdade por nó, sendo 3 de translações e 2 de rotações, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Elemento de casca



Fonte: Rosseto (2023).

Logo, os principais motivos pela escolha do elemento de casca se dá devido à possibilidade de modelagem do perfil da estrutura em qualquer direção do espaço tridimensional, sendo capaz de transferir momentos. Além disso, o elemento de casca oferece resistências às forças e momentos. Vale ressaltar também que esse elemento pode ser utilizado quando as suas dimensões perpendiculares ao eixo principal são muito menores que o comprimento da estrutura (ROSSETO, 2023).

Com a utilização do elemento de casca, foi configurado inicialmente no *software* Ansys os valores referentes à utilização do material SAE 1020 e também cantoneiras comerciais de abas iguais, na medida de 1 ¼" (31,751 mm) com espessura de 1/8" (3,175 mm). Diante disso, os valores utilizados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades para a cantoneira utilizada

Propriedade	Valor Utilizado
Módulo de Elasticidade	200 GPa
Módulo de Poisson	0,29
Espessura	3,175 mm
Limite de Escoamento	250 MPa

Fonte: Autoria própria (2023).

#### 3.1.3.2.1 Análise de convergência da malha

Para avaliar o comportamento dos resultados em relação ao refinamento da malha, foi necessário realizar inúmeras simulações variando o tamanho dos elementos da mesma, isso a fim de se chegar em um resultado satisfatório e mais próximo possível do real, ou seja, um valor que convirja para o mesmo. Diante disso, foram sendo avaliadas cada uma das simulações, comparando resultados simulados um a um, até chegar ao ponto de convergência do resultado em questão.

#### 3.1.3.2.2 Análise Estática

Por conta de o equipamento ser extremamente complexo no que diz respeito aos seus componentes, contando com inúmeros conjuntos e sistemas de acoplamento através de pinos e eixos, além de também existir um limite de processamento computacional, se faz necessário a simplificação da estrutura para ser possível sua análise. Logo para a hipótese de uma análise estática para verificar a rigidez da estrutura do equipamento, todas as forças críticas foram estudadas uma a uma para o modelamento da estrutura, onde o esforço máximo da estrutura à princípio se dá no carregamento do Deck superior, aonde o mesmo é aplicado totalmente na direção de Y (vertical), conforme será apresentado nos próximos capítulos deste trabalho.

#### 3.1.3.2.3 Análise dinâmica

A estrutura da mesa densimétrica trabalhará sobre esforços dinâmicos, sendo que para o Deck superior a frequência de operação ocorre na faixa de 8 Hz à 11 Hz, já para os ventiladores frequência de operação se dá em aproximadamente 14 Hz, logo é de suma importância o conhecimento das frequências naturais da estrutura, pois, quando a mesa de gravidade estiver em ciclo de trabalho, essas devem ser evitadas devido a falha catastrófica que pode ocorrer no equipamento.

#### 3.1.4 Estágio de documentação

De acordo Norton, (2013), após a conclusão do estágio de projeto detalhado, inicia-se a etapa de documentação do projeto, a ela pertencem os desenhos de engenharia detalhados, especificações dos materiais e da fabricação, estes

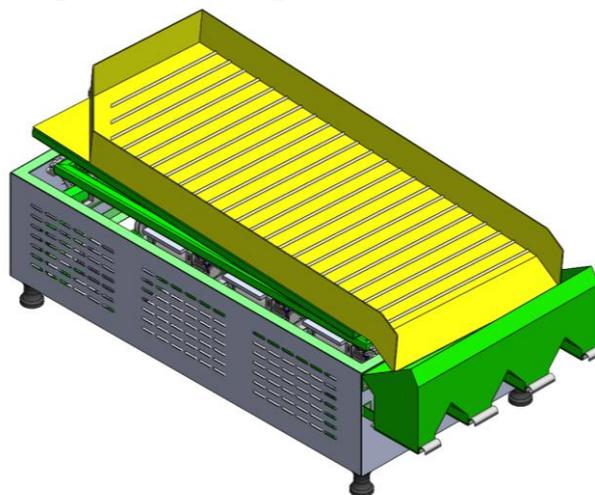
documentos podem ser encontrados no Apêndice desse trabalho. Vale ressaltar que esta etapa também pode ser desenvolvida paralelamente as etapas anteriores (NORTON, 2013).

## 4 ANÁLISE E RESULTADOS

### 4.1 Modelamento CAD

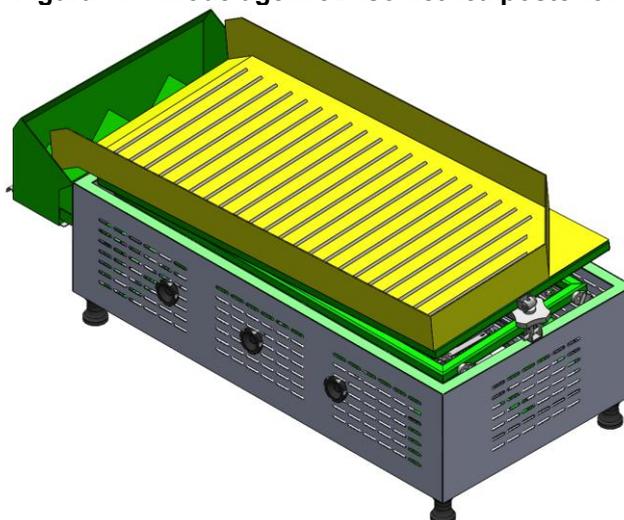
De acordo com os manuais, visita técnica e também conhecimento adquirido no estudo do equipamento, foi realizada a modelagem da mesa densimétrica em escala reduzida, conforme indicado nas Figuras 10, 11 e 12, além disso desenhos de engenharia detalhados, especificações dos materiais e da fabricação podem ser encontrados no Apêndice desse trabalho. Lembrando que a mesma teve a premissa de ser utilizado em laboratórios, logo necessita que o equipamento atenda as dimensões limites de 1600 x 1000 x 800 (mm) em seu comprimento, largura e altura respectivamente.

**Figura 10 – Modelagem 3D isométrica frente**

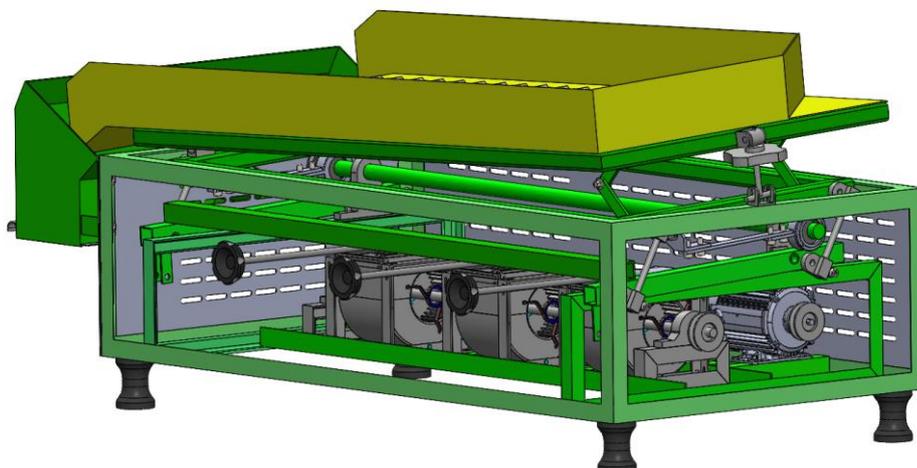


Fonte: Autoria própria (2023).

**Figura 11 – Modelagem 3D isométrica posterior**

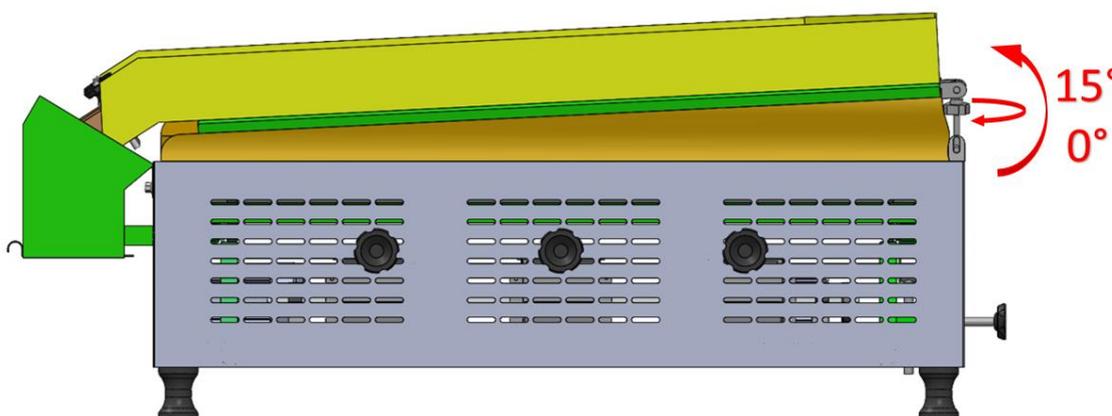


Fonte: Autoria própria (2023).

**Figura 12 – Modelagem 3D sem chapas laterais**

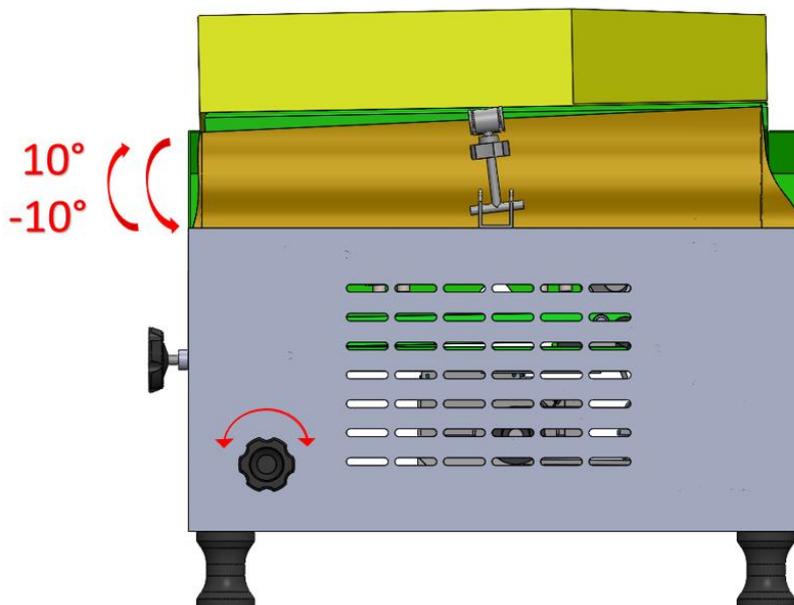
Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme já descrito anteriormente para o correto funcionamento do equipamento, é necessário que o mesmo possibilite uma série de regulagens. Dentre elas estão a de inclinação longitudinal e transversal da mesa onde serão processadas as sementes (Deck Superior), onde, para a calibração longitudinal se faz necessário uma faixa de ajuste do equipamento entre  $0^\circ$  e  $15^\circ$ , conforme mostrado na Figura 13 já para a regulagem lateral é necessário um intervalo entre  $-10^\circ$  a  $10^\circ$  conforme indicado na Figura 14. Há necessidade que o equipamento conte inclusive com regulagem independente para o fluxo de ar para cada ventilador e que também possua aletas móveis na região de saída das sementes, conforme indicado pela Figura 15, esta última têm a função de fazer o direcionamento para cada bica de classificação do produto beneficiado.

**Figura 13 – Regulagem longitudinal mesa densimétrica**

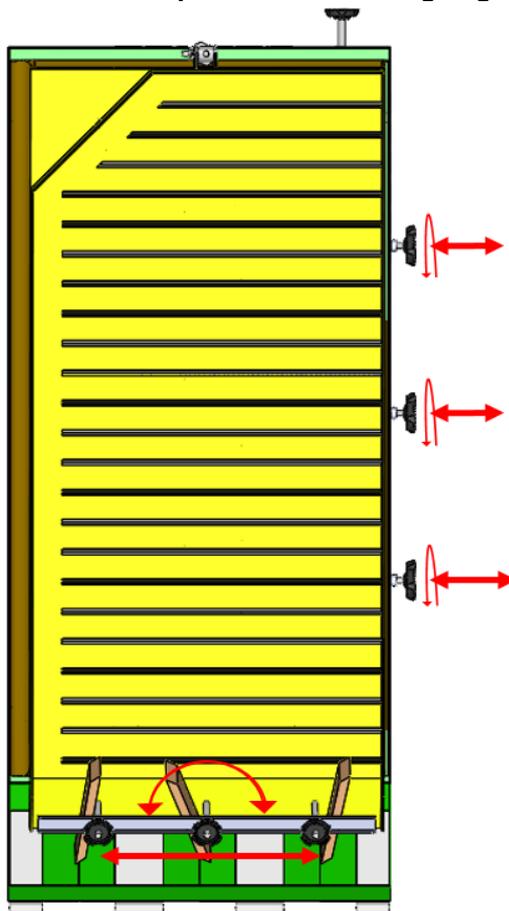
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 14 – Regulagem lateral mesa densimétrica



Fonte: Autoria própria (2023).

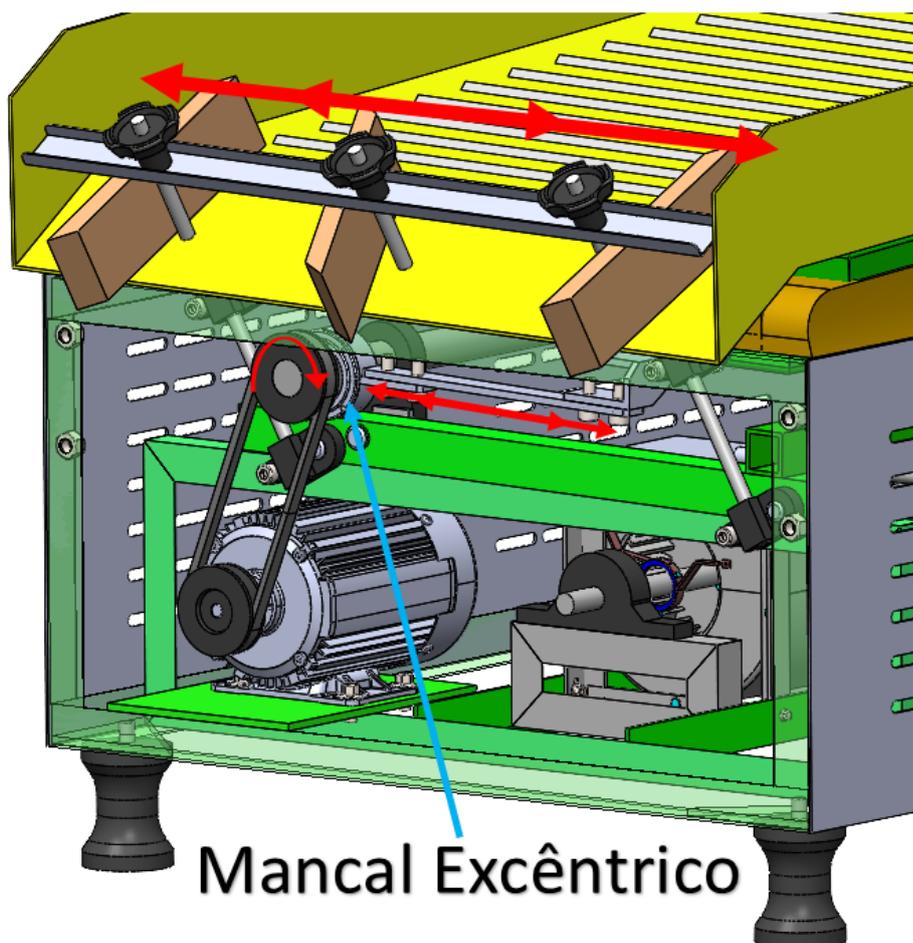
Figura 15 – Aletas direcionais para sementes e regulagem de fluxo de ar



Fonte: Autoria própria (2023).

Além disso também é importante ressaltar o mecanismo responsável pela agitação do Deck superior indicado na Figura 16, onde o mesmo é composto por um eixo maciço que interliga os dois lados da máquina, este por sua vez é acoplado em cada um dos lados a um sistema de mancal excêntrico, o qual transforma o movimento rotativo fornecido pelo eixo em movimento linear.

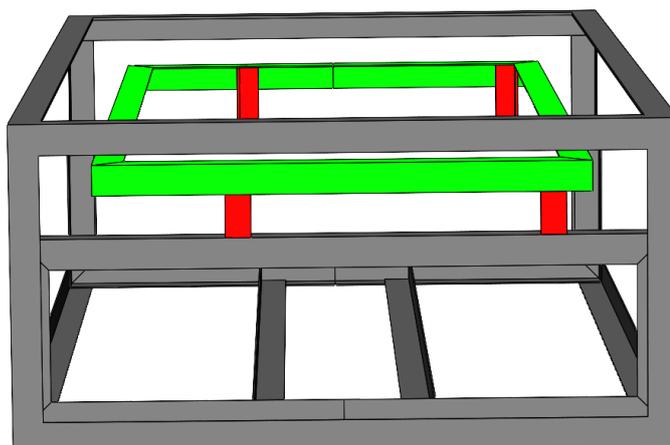
**Figura 16 – Sistema responsável pela vibração do Deck superior**



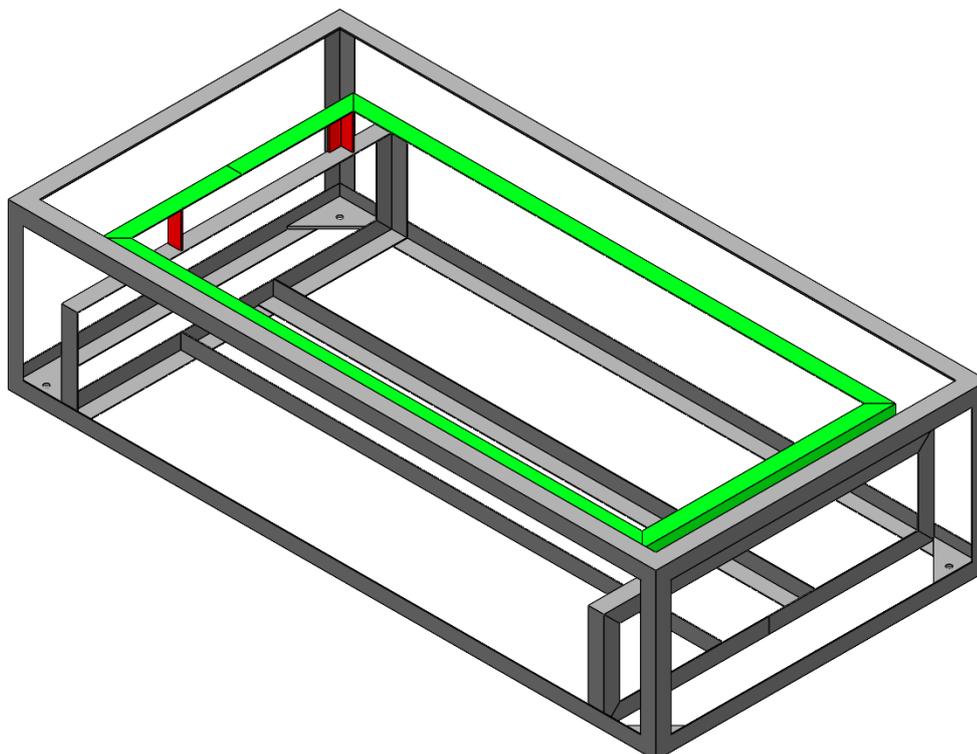
Fonte: Autoria própria (2023).

#### **4.2 Simplificação da estrutura**

Visando simplificar a aplicação das condições de contorno, para ser possível a análise estrutural do equipamento, os pontos de apoios foram simplificados em uma estrutura com formato retangular (cor verde e vermelho) de acordo com o quadro original para ser possível distribuir do Deck superior (mesa superior onde é alocada as sementes) na estrutura em estudo, conforme mostrado na Figura 17 e 18.

**Figura 17 – Estrutura simplificada**

Fonte: Autoria própria (2023).

**Figura 18 – Estrutura simplificada isométrica**

Fonte: Autoria própria (2023).

Vale ressaltar que o Deck superior tem grau de liberdade de rotação no eixo transversal e longitudinal, conforme já indicado nas Figuras 13 e 14, mas para o estudo ele será considerado na posição de  $0^\circ$  em ambos os eixos, onde o esforço sobre a estrutura é crítica.

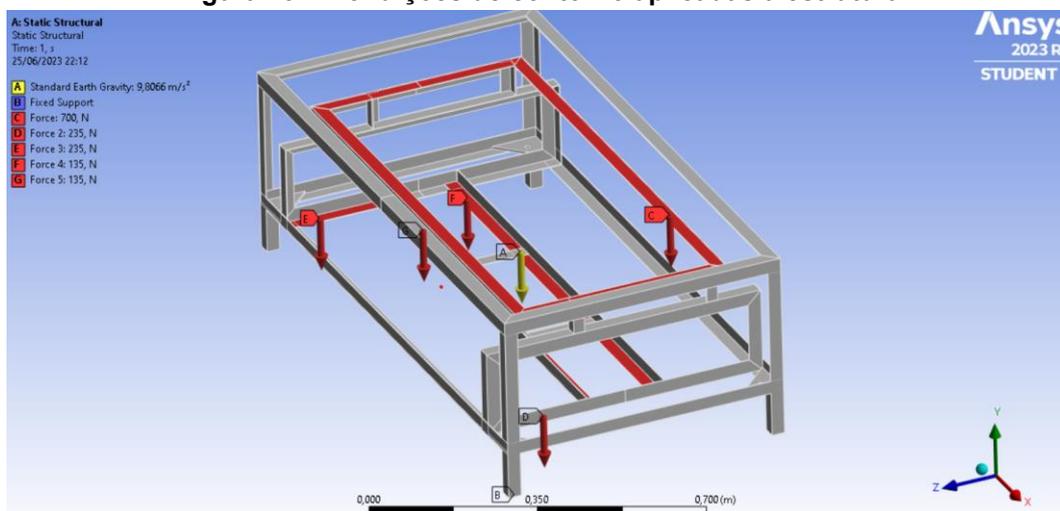
### 4.3 Condições de contorno

As condições de contorno foram definidas realizando o estudo tanto em campo como através de massas de componentes comerciais, chegando-se à dois tipos de carregamentos principais na estrutura, sendo o carregamento do Deck superior onde vai acondicionado as sementes que serão beneficiadas e carregamento dos equipamentos críticos acondicionados à estrutura como: motores e turbinas de ar, para ambos os casos foram utilizados um fator de segurança de 1,5, diante disso tem-se as seguintes condições de contorno:

- 700 N para o Deck superior, se tratando de um carregamento composto, encontrado através do peso da estrutura superior da máquina (38 Kg), mais o peso das sementes acopladas no Deck (10 Kg), sendo disposto como carregamento nas cantoneiras que simplificam todo o quadro superior (quadro móvel) e fixados à estrutura principal por 4 (quatro) pontos de apoio;
- 235 N para cada motor utilizado (Motor marca Weg, modelo D56C de 1CV / 4 polos), sendo considerado uma força pontual na cantoneira inferior do quadro estrutural, de acordo com o CG do motor;
- 135 N para as turbinas de ar (Turbina marca Flexclima, modelo 3570), sendo esse carregamento distribuído para cada uma das duas cantoneiras centrais;

Logo as condições de contorno serão aplicadas de acordo com a Figura 19 e também indicadas na Tabela 2.

Figura 19 – Condições de contorno aplicadas à estrutura



Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 2 – Condições de contorno

Força atuante (N)	Tipo de carregamento	Descrição do carregamento	Identificação do local de aplicação
700	Distribuído	Estrutura Deck + Sementes	C
235	Pontual	Motor	D
235	Pontual	Motor	E
135	Carregamento	Ventiladores	F

Fonte: Autoria própria (2023).

No Deck superior, local onde será acomodado as sementes para o procedimento de separação, será utilizado um fator de segurança de 1,5 em relação à tensão de escoamento do material

Além disso, foi considerado inicialmente a utilização de cantoneiras comerciais de abas iguais (perfil tipo L), na medida de 1 ¼" (31,751 mm) com espessura de 1/8" (3,175 mm).

Como uma análise prévia, percebe-se que as longarinas superiores serão mecanicamente solicitadas de forma severa para o uso, pois o Deck superior (onde será alocado as sementes) irá proporcionar vibração durante toda a utilização e estes componentes são longos em relação a sua seção transversal. Assim, estas serão utilizadas como parâmetro de cálculos iniciais para modelamento e posteriormente, simulação pelo método dos elementos finitos da estrutura.

## 4.4 Modelamento

### 4.4.1 Considerações para o modelamento

Será escolhido um local de forma arbitrária para que as estimativas comecem a ser feitas. Geralmente é selecionado o local onde é esperado que o maior esforço seja feito, neste caso, os elementos que suportam o Deck, pois esse corresponde à maior massa que a estrutura irá suportar de forma direta.

Para isso, se faz necessário conhecer os esforços que a estrutura será submetida (descritos nos capítulos anteriores) e o perfil e seu material, desta forma, é possível estimar valores de reações, momentos, torques e tensões, e com estes valores, dimensionar a estrutura.

#### 4.4.2 Escolha do perfil

Para a primeira iteração o perfil tipo cantoneira foi selecionado, conforme citado anteriormente, isso devido a sua geometria permitir a montagem dos ventiladores diretamente nelas sem a necessidade de utilizar chapas de suporte em cada motor. Além disso, as dimensões de  $1\frac{1}{4}'' \times 1/8''$  (31,751 mm x 3,175 mm), são dimensões comerciais, assim, tem-se um ponto de partida para o cálculo de momento da inércia. A Figura 20 demonstra um exemplo do perfil utilizado.

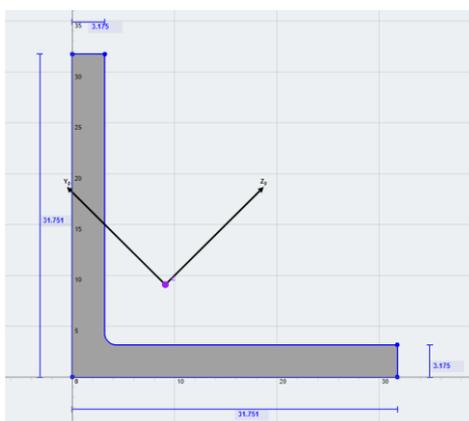
**Figura 20 - Cantoneira**



Fonte: FICAÇO (2023).

O momento inercial de primeira ordem do seguinte perfil é de aproximadamente  $18301,3 \text{ mm}^4$  considerando o perfil demonstrado na Figura 21. A ferramenta on-line gratuita da Skyciv foi utilizada para auxiliar no cálculo de momento. O momento polar de inércia estimado também é de  $18301,3 \text{ mm}^4$ . Esse será utilizado para estimativa de tensão de torção.

**Figura 21 - Cantoneira com medidas**



Fonte: Autor com auxílio de ferramenta da Skyciv (2023).

É possível perceber na Figura 21 que pela assimetria do perfil, o centroide não está localizado no meio da geometria. A ferramenta utilizada estimou valor de

deslocamento do centroide de 9,1 mm do ponto de origem. Sendo assim, a dimensão  $c_{LN}$  é igual à 22,651 mm, visto que o perfil possui 31,751 mm de largura e que esta dimensão corresponde à maior distância entre a linha neutra e a superfície mais longe no sentido da deformação. Com as informações fornecidas é possível estimar a tensão de flexão desta longarina.

#### 4.4.3 Esforços atuantes

Na estrutura que suporta o deck, o esforço distribuído de 700 N é aplicado à toda superfície de contato, pois, toda essa estará em contato com o deck.

Devido a geometria do elemento estrutural, o mesmo será submetido à três tensões diferentes, sendo essas, tensão normal, tensão de flexão e tensão de torção.

##### 4.4.3.1 Tensão normal

A tensão normal é o resultado da resistência encontrada por um esforço quando o mesmo entra em contato com uma determinada área, conforme a equação (1) descrita por Hiebeler (1998).

$$\sigma_n = \frac{F}{A} \quad (1)$$

onde,

F: força atuante [N];

A: área de contato da força com o sólido [mm<sup>2</sup>].

A condição imposta sobre o elemento estrutural é de 700 N em uma área de 87120 mm<sup>2</sup>, desta forma a tensão normal é estimada conforme abaixo.

$$\sigma_n = \frac{700 \text{ N}}{87120 \text{ mm}^2} = 8,03 \text{ kPa}$$

##### 4.4.3.2 Tensão de flexão

A tensão de flexão de um sólido é a resposta que esse demonstra quando um momento é aplicado sobre o mesmo, onde as condições geométricas deste corpo

influenciam diretamente na tensão. Hiebeler, (1998) descreve este fenômeno conforme a equação (2).

$$\sigma = \frac{M \cdot C_{LN}}{I} \text{ [Pa]} \quad (2)$$

onde,

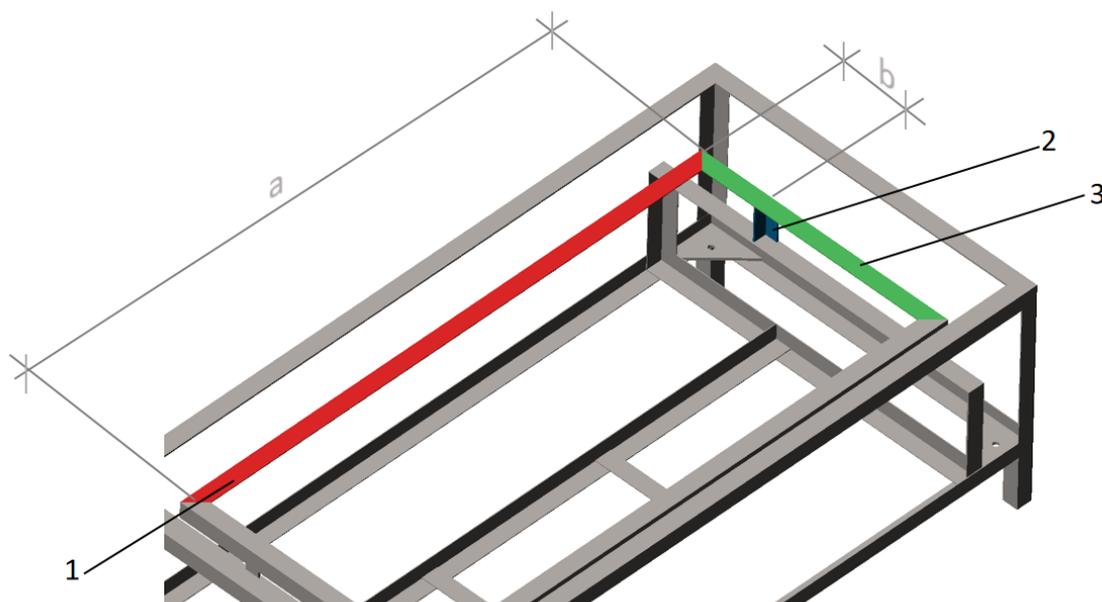
M: momento fletor na seção desejada (N.mm);

$C_{LN}$ : distância perpendicular do eixo neutro até o ponto mais distante da seção (mm);

I: momento inercial de primeira ordem da seção (mm<sup>4</sup>).

Conforme é possível observar na Figura 22, o elemento 1 (longarina) pode ser considerado como viga bi-engastada pois as extremidades da viga são soldadas, e, desta forma, a viga não consegue girar livremente sem deformar os componentes adjacentes, neste caso, o elemento 2 (travessa).

**Figura 22 – Elementos para estimativa de tensão de flexão**



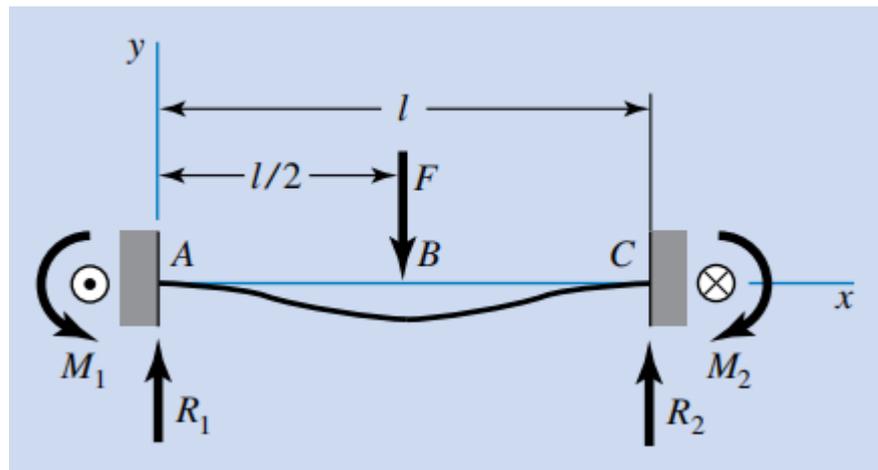
Fonte: Autoria própria (2023).

Também é possível observar que a tensão resultante na extremidade do elemento 1 será carregada ao elemento 2, o qual pode ser considerado como viga engastada, pois uma de suas extremidades está fixada à estrutura da mesa e a outra fixada ao elemento 1. Desta forma, de forma a simplificar os cálculos, pode-se considerar que no ponto de encontro entre os dois elementos haverá uma soma de momentos pois seus modelos matemáticos implicam em condição de zero

deslocamento em suas reações, o qual, neste caso, a reação no elemento 1 irá carregar a extremidade do elemento 2.

Como os esforços em cada longarina superior corresponde à aproximadamente metade do esforço aplicado ao Deck é possível simplificar o cálculo de esforços conforme o diagrama de corpo livre demonstrado na Figura 23.

Figura 23 - DCL do elemento 1



Fonte: Shigley (2012).

onde,

$R_1$  e  $R_2$ : reações devido aos esforços (N);

$l$ : comprimento total da longarina (mm);

$F$ : esforço atuando na longarina (N);

$M_1$  e  $M_2$ : reações de momentos fletores da longarina (N.mm).

Considerando as informações descritas anteriormente, pode se determinar algumas variáveis que compõem o diagrama de corpo livre da seguinte forma:

$$l = 1027 \text{ mm} \rightarrow l/2 = 513,5 \text{ mm}; R_1 = R_2 = F/2$$

$$R_1 = \frac{350 \text{ N}}{2} = 175 \text{ N}$$

Como a viga bi-engastada apresenta duas reações de momento fletor e o momento fletor atuando no meio do sólido, tem-se duas situações para avaliação, onde essas são os momentos nas extremidades ( $M_1$  e  $M_2$ ) e o momento no meio do

elemento estrutural. Desta forma, conforme descrito por Shigley, (2012), os momentos nas extremidades são estimados da seguinte forma.

$$M_1 = M_2 = \frac{F \cdot l}{8} = \frac{350 \text{ N} \cdot 1027 \text{ mm}}{8} = M_1 = 44931,25 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

E o momento atuante no meio do elemento estrutural é estimado por.

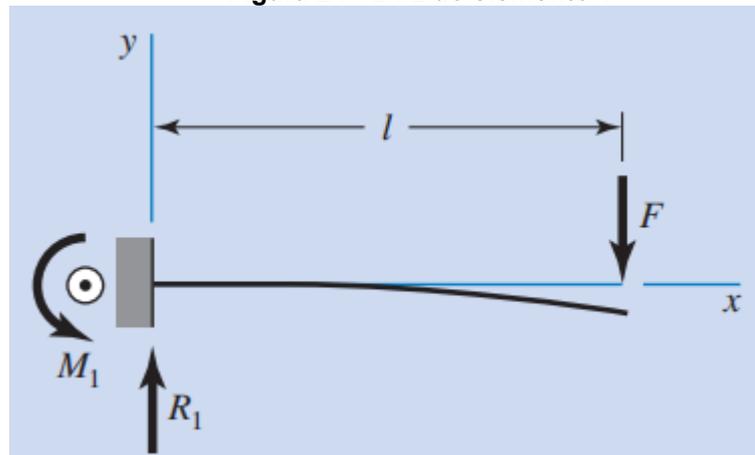
$$M(l/2) = \frac{F}{8}(4x - l) = \frac{350 \text{ N}}{8} \cdot (4 \cdot 513,5 \text{ mm} - 1027 \text{ mm})$$

$$\therefore M(l/2) = 44931,25 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

É possível observar que o momento atuando no meio do elemento é igual as reações nas extremidades do mesmo.

Para a elemento 2 citado na Figura 23, a condição de viga engastada, a qual é demonstrada na Figura 24 e descrita pela equação (3).

Figura 24 - DCL do elemento 1



Fonte: Shigley (2012).

Conforme o diagrama de corpo livre acima, tem-se as seguintes informações:

$$l = 128 \text{ mm}; F = 350 \text{ N} \rightarrow R_1 = F; M_1 = F \cdot l = 44800 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Assim, o momento fletor atuante no encontro dos elementos 1 e 2, que é onde se estima que este será máximo é a somatória dos momentos encontrados, ou seja.

$$M_{\text{flex}} = 44931,35 \text{ N} \cdot \text{mm} + 44800 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{\text{flex}} = 89731,35 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Utilizando a equação (2), estima-se a tensão de flexão da seguinte forma:

$$\sigma_f = \frac{89731,35 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 22,651 \text{ mm}}{18301,3 \text{ mm}^4}$$

$$\therefore \sigma_f = \frac{89731,35 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 22,651 \text{ mm}}{18301,3 \text{ mm}^4} = 111 \text{ MPa}$$

#### 4.4.3.3 Tensão de torção

A tensão de torção surge quando uma força é aplicada a uma certa distância paralela do centroide do perfil. Nesta, assim como na tensão de flexão, a geometria do perfil influencia totalmente na tensão sentida em um ponto do sólido.

Hiebeler, (1998), descreve a equação para estimativa de tensão de torção da seguinte forma:

$$\tau = \frac{T \cdot c_{LN}}{J} \text{ [Pa]} \quad (3)$$

onde,

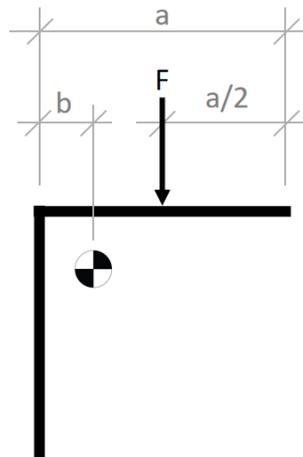
T: torque na seção desejada (N.mm);

$c_{LN}$ : distância perpendicular do eixo neutro até o ponto mais distante da seção (mm);

J: momento polar de inercia da seção (mm<sup>4</sup>).

Para simplificação de cálculos, será considerado que o torque está sendo aplicado no centro da face superior do perfil, conforme a Figura 25.

**Figura 25 - Seção transversal do perfil**



Fonte: Autoria própria (2023).

onde:

a: aba da cantoneira (mm);

b: distância do centroide até origem (mm);

F: força aplicada (N).

Conforme as informações já descritas, pode-se separar os seguintes dados para o a estimativa de tensão de torção.

$$F = 350 \text{ N}; a = 31,751 \text{ mm}; b = c_{LN} = 9,1 \text{ mm}; J = 18301,3 \text{ mm}^4$$

$$T = F \cdot (a - b - a/2) \therefore T = 2371,43 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Utilizando a equação (3), a tensão de torção é estimada da seguinte forma:

$$\tau = \frac{2371,43 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 9,1 \text{ mm}}{18301,3 \text{ mm}^4}$$

$$\therefore \tau = 1,17 \text{ MPa}$$

Analisando os valores de tensão obtidos, percebe-se que a tensão de flexão corresponde à maior parte da tensão que o deck irá submeter à estrutura superior a qual suportará diretamente este sistema.

#### 4.5 Análise por elementos finitos

Através das informações dos materiais dos componentes utilizados, cargas aplicadas e condições de contorno, foi realizada a simulação da estrutura e posteriormente encontrados os resultados a seguir.

##### 4.5.1 Análise de malha

Após as inúmeras simulações com diferentes refinamentos da malha, os resultados começaram a se estabilizar em um determinado ponto, sendo que a convergência do mesmo foi alcançada quando a malha de elementos apresentava um tamanho de 10 mm, conforme indicado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Convergência de malha**

<b>Nº de Nós</b>	<b>Nº de Elementos</b>	<b>Tamanho do Elemento (mm)</b>	<b>Tensão máxima (MPa)</b>	<b>Deformação Máxima (mm)</b>
34518	15697	100	102,31	4,23
59056	26331	50	122,97	5,08
141330	64590	25	125,33	5,21
301210	141512	10	138	5,55
1020416	496618	3	246,94	5,79

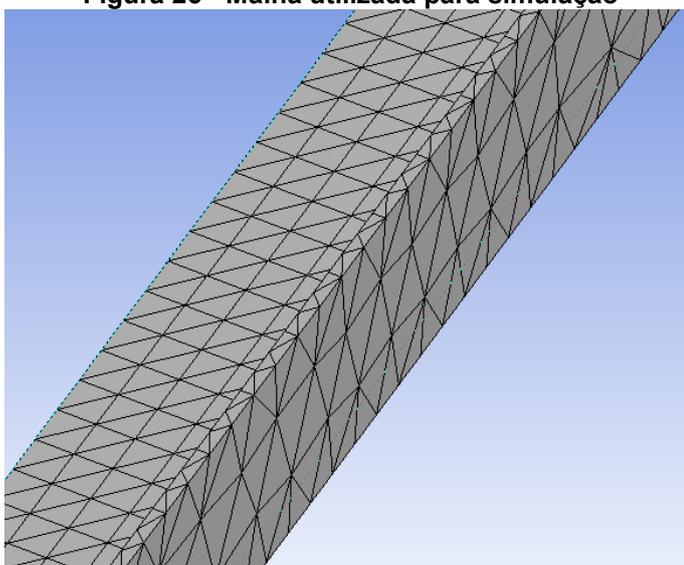
**Fonte: Autoria própria (2023).**

Logo esse resultado indica que uma malha com esse tamanho de elemento é suficiente para obter uma solução satisfatória para o modelo em questão, sendo que um refinamento maior da malha não altera significativamente nas tensões encontradas, vale ressaltar também que um maior refinamento demandaria um maior esforço de processamento, onde o qual é desnecessário.

Diante da análise de convergência da malha e posteriormente a avaliação da qualidade dos elementos, foi possível definir uma malha com um tamanho de elementos de 10 mm, apresentada na Figura 26. Sendo que malha utilizada no estudo dessa estrutura tem um total de 301210 nós e 141152 elementos.

A malha gerada possui majoritariamente elementos triangulares como método automático de geração dessa. Como o modelo apresentado não possui geometria complexa e o recurso computacional é limitado, o refino de malha ou forçar uma geometria para os elementos não será feito em primeira análise. Caso os resultados obtidos não sejam satisfatórios, esta será revisada e atualizada com outra geometria e com elementos menores do que os selecionados.

**Figura 26 - Malha utilizada para simulação**



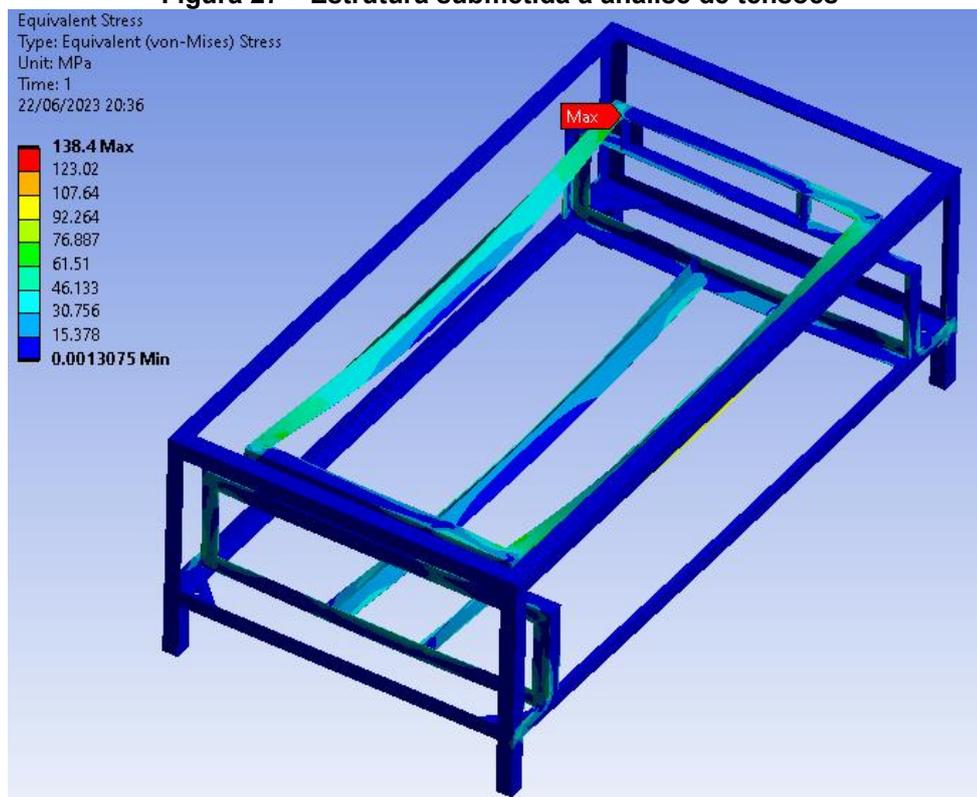
**Fonte: Autoria própria (2023).**

#### 4.5.2 Análise Estática

Após realizada análise estática com auxílio do software Ansys 2023, os resultados foram divididos em dois subtópicos.

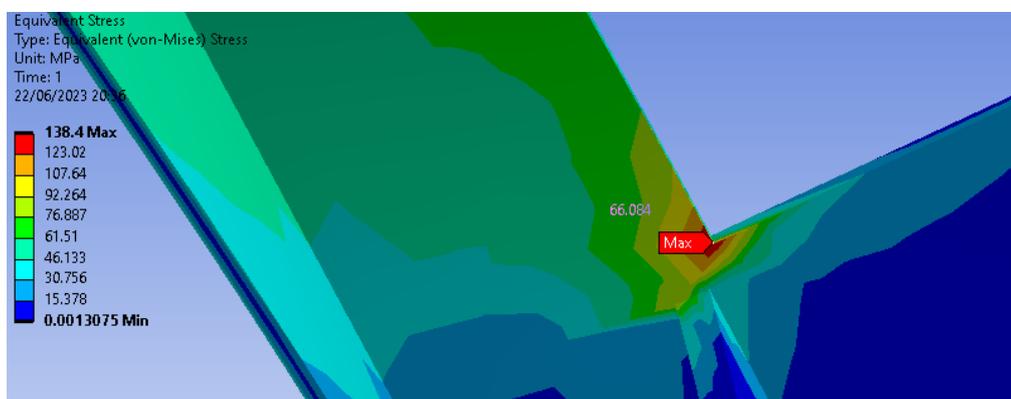
##### 4.5.2.1 Tensões

A tensão de von Mises máxima encontrada está localizada no membro que suporta a mesa de separação de grãos, desta forma, esta possui comportamento coerente com o esperado, conforme demonstrado na Figura 27, porém, analisando o valor entre os quatro cantos que compõem a estrutura de suporte da mesa é possível observar que o valor estimado de 138,4 MPa diverge entre os cantos da estrutura, além disso cruzando com as informações de tensão da Tabela 3, onde existe uma mudança abrupta de tensão entre a simulação 3, 4 e 5, tudo indica que o ponto em questão é um falso concentrador de tensão.

**Figura 27 – Estrutura submetida a análise de tensões**

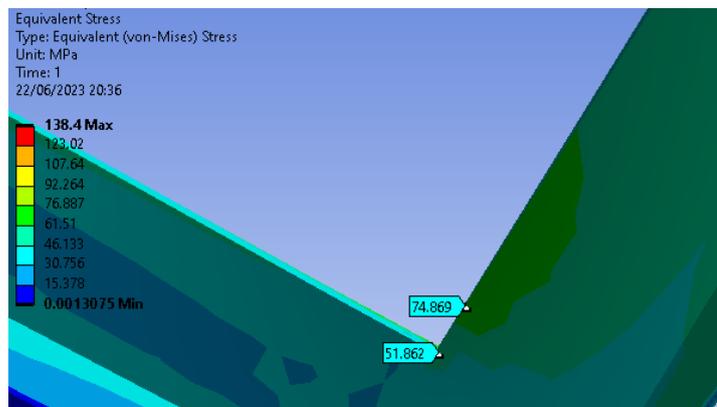
Fonte: Autoria própria (2023)

Conforme é possível observar nas Figuras 28 a 31, no canto da estrutura onde se tem o valor de tensão máxima existe um membro de fixação próximo ao ponto. Comparando os valores de tensão entre os outros pontos, é possível perceber os pontos do lado esquerdo da estrutura (Figura 28 e 31) possuem valores mais altos do que os pontos do lado direito (Figura 29 e 30).

**Figura 28 - Canto com tensão máxima no lado esquerdo**

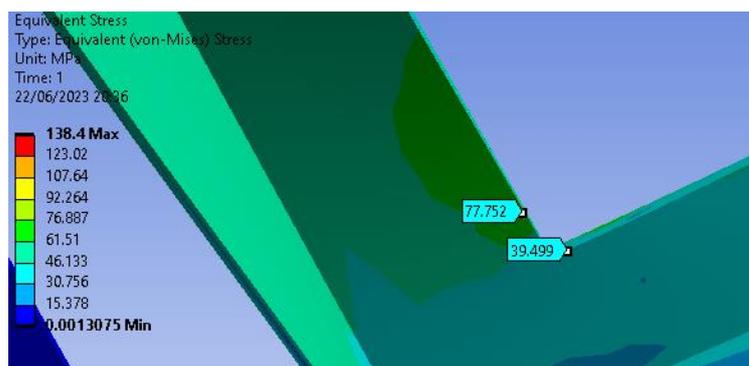
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 29 - Canto lado direito 1



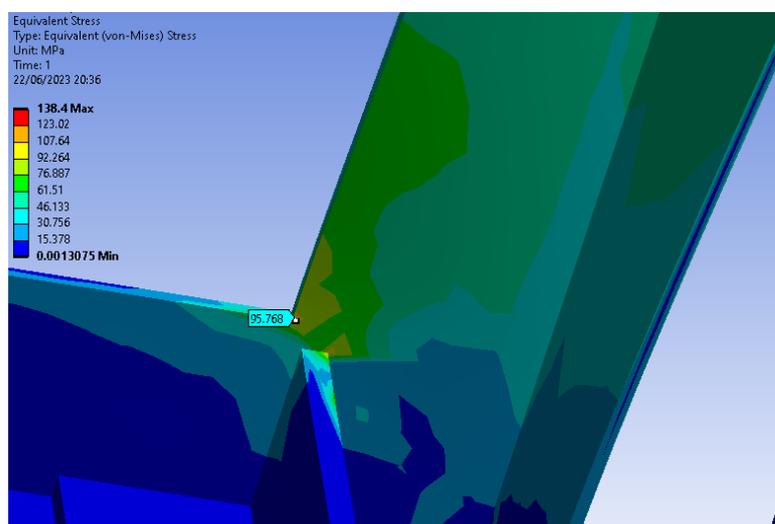
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 30 - Canto lado direito 2



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 31 - Canto lado esquerdo



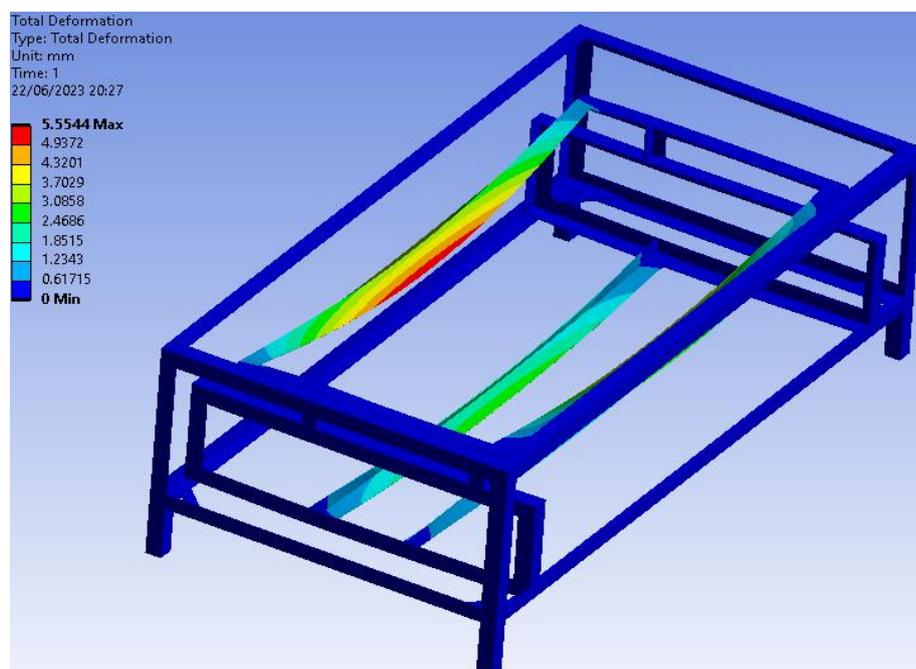
Fonte: Autoria própria (2023).

Este acréscimo de tensões no lado esquerdo da estrutura se deve aos esforços de torção presentes nestas áreas, pois o elemento vertical que se encontra próximo ao ponto de análise fornece reação na extremidade mais frágil do perfil, fazendo com que este ponto sofra maior tensão.

#### 4.5.2.2 Deformações

As maiores deformações estimadas pelo ANSYS acontecem nos membros que suportam o reservatório de separação de grãos, conforme demonstrado na Figura 32. Esta informação se mostra coerente pois são nestes elementos que a maior parte da massa do equipamento se encontra.

**Figura 32 - Estrutura submetida a análise de deslocamentos**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

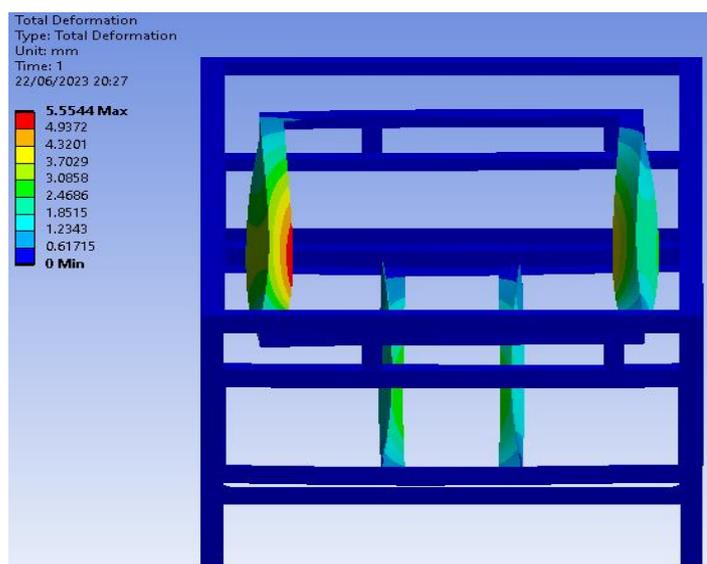
Devida à natureza da estrutura, as longarinas sofrerão maior deslocamento do que as travessas, o que é possível observar nos resultados da simulação. Isso se dá devido ao comprimento dos elementos, que, quanto maiores estes, maior é a deformação obtida.

Convergindo com as informações apresentadas, os deslocamentos pelos esforços de torção também são evidenciados na extremidade do perfil. Portanto, o deslocamento encontrado é uma somatória entre a deformação fletora que é

demonstrada na metade do elemento estrutural e deformação de torção, demonstrada pelo valor máximo encontrado na borda transversal do elemento.

A Figura 33 demonstra o deslocamento máximo de 5,5 mm. É possível observar este mesmo comportamento nas longarinas localizadas na parte inferior da estrutura, onde nessas, o mesmo fenômeno acontece, porém, a magnitude é menor devido ao carregamento nestes elementos também ser menor.

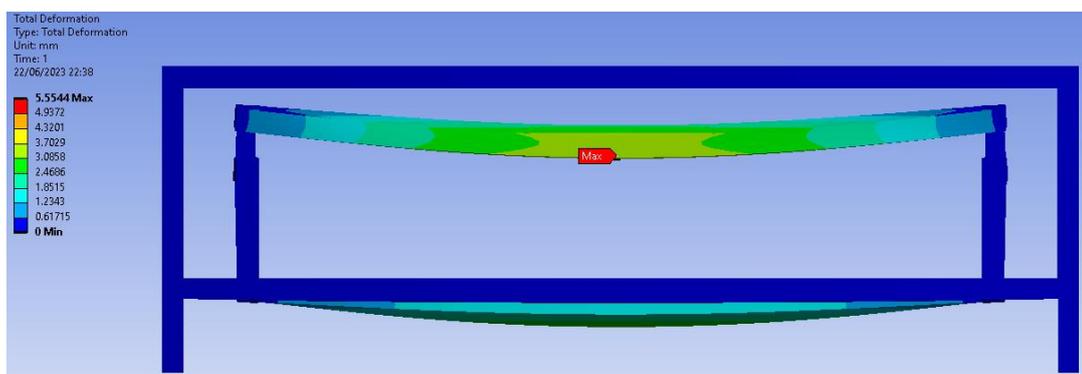
**Figura 33 - Vista frontal inclinada**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Na Figura 34 é possível observar o comportamento do deslocamento onde esse está presente no meio do elemento considerado como viga bi-engastada, assim, a estimativa se mostra convergente com a descrição conceitual e teórica de tal fenômeno.

**Figura 34 - Vista lateral**

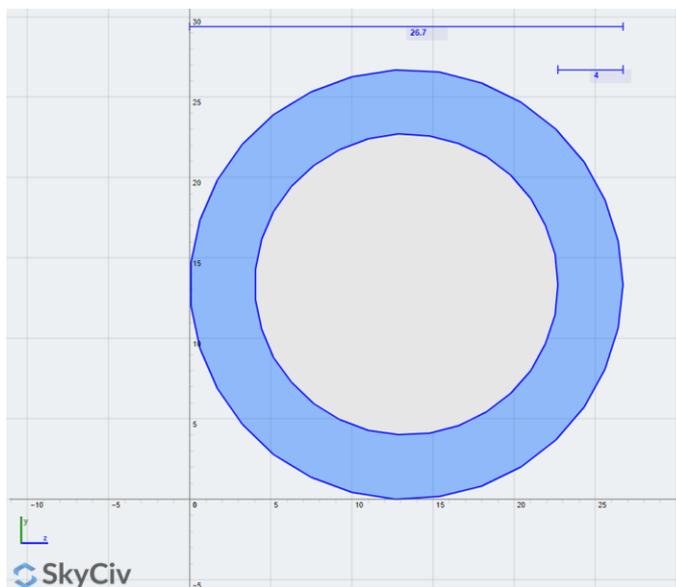


**Fonte: Autoria própria (2023).**

#### 4.5.2.3 Segunda Iteração

Para diminuir o deslocamento por torção nos elementos superiores, esses tiveram sua matéria prima substituída por tubo mecânico com diâmetro de 26,7 mm e parede de 4 mm, conforme demonstrado na Figura 35. Esta configuração traz um momento de inércia de 18944,25 mm<sup>4</sup>, valor próximo ao estimado e utilizado para primeira iteração. Como neste caso o perfil é tubular, é esperado que este sofra uma deformação de torção menor, visto que além de ter dimensões externas menores do que a cantoneira, sua linha atuação torção também é alterada, propiciando menor deslocamento.

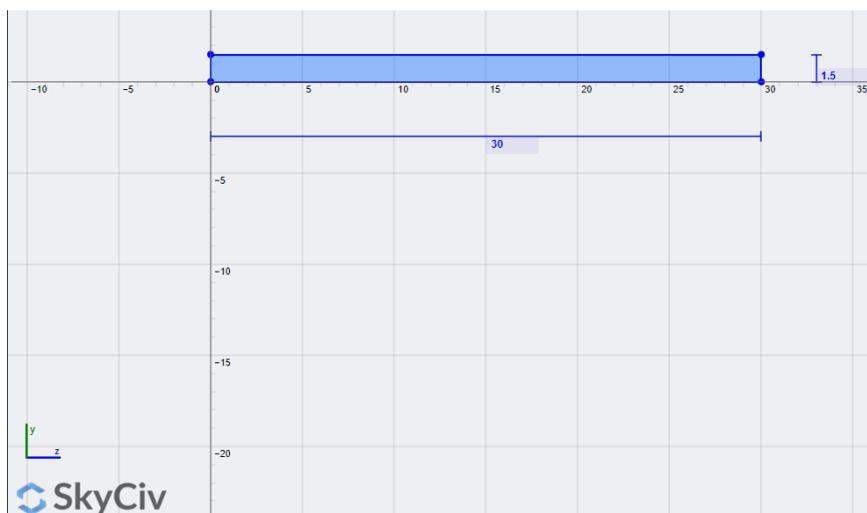
**Figura 35 – Seção transversal do tubo mecânico**



**Fonte: Autor com auxílio de ferramenta da Skyciv (2023).**

Para diminuir a deformação de torção nos elementos inferiores onde os ventiladores serão fixados, duas travessas com perfil 30 mm de largura e 1,5 mm de espessura, conforme a Figura 36, foram adicionadas ligando as duas longarinas centrais inferiores.

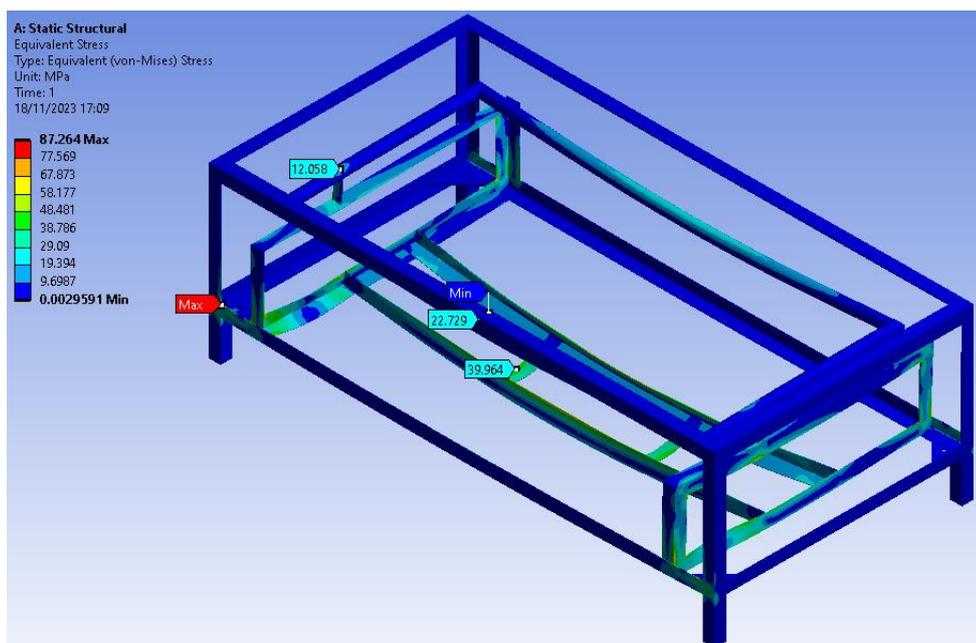
**Figura 36 – Seção transversal do reforço inferior**



**Fonte: Autor com auxílio de ferramenta da Skyciv (2023).**

A alteração de perfil se mostrou efetiva, baixando a tensão para 12,058 MPa onde antes foram encontrados valores na faixa dos 50 MPa. Na Figura 37 é possível observar a diminuição na tensão em toda a estrutura. Esta diminuição nos elementos superior se dá a dois fatores que são o aumento do momento de inercia e a diminuição da distância do ponto externo até o centroide do perfil ( $C_{LN}$ ).

**Figura 37 – Tensões da segunda iteração**

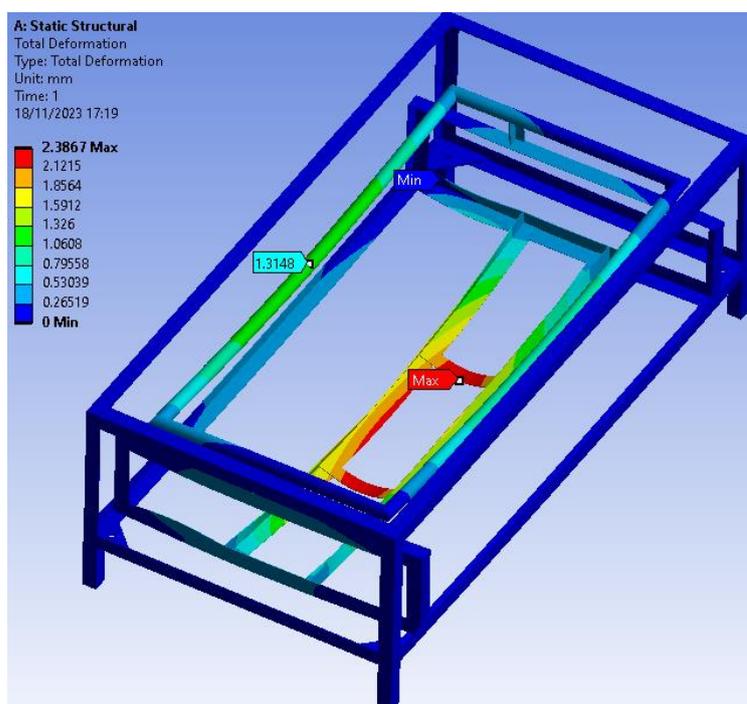


**Fonte: Autoria própria (2023).**

Conforme é possível observar na Figura 29, o deslocamento máximo passou a ser nos elementos inferiores da estrutura, e, o valor de deslocamento máximo reduziu para 2,38 mm, aproximadamente a metade se comparado à primeira iteração.

Além disto, é possível observar na Figura 29 que o deslocamento nos elementos superiores que antes era de 5,5 mm agora passou a ser de 1,31 mm, o que mostra que o perfil tubular se mostra mais eficaz para o uso do presente estudo.

**Figura 29 - Deformações na segunda iteração**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Levando em consideração a rigidez dos ventiladores, é plausível pensar que a fixação dos mesmos terá a mesma função da aplicação destas longarinas no modelamento, desta forma, estas longarinas não mostram um benefício satisfatório para serem empregadas à estrutura.

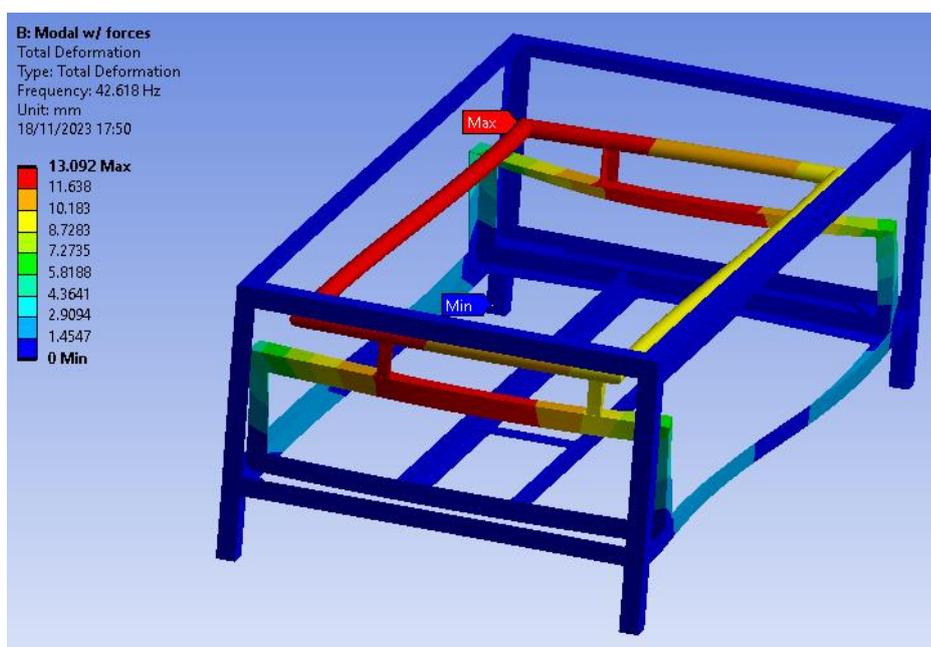
#### 4.5.3 Análise Dinâmica

Para a estrutura proposta, o método dos elementos finitos foi aplicado para estimar as frequências naturais, onde, foram solicitados quatro modos para vibração.

A configuração da simulação é feita pelo compartilhamento das informações entre a análise estrutural e nodal, onde as condições de contorno e as forças que simulam as massas são as mesmas conforme mostrado na Figura 15.

Na Figura 38 é possível visualizar os resultados obtidos na simulação do primeiro modo, onde a frequência natural estimada é de 42,618 Hz com deformação de 13,09 mm, e a parte da estrutura que demonstra tal comportamento são os elementos superiores onde a base do Deck se localiza. É possível observar que neste modo, grande parte da vibração é transferida para os membros centrais da mesa, devido a simplificação da estrutura por causa dos recursos de processamento disponíveis. Estas deformações podem não ocorrer conforme demonstrado pois o sistema pode apresentar rigidez diferente da modelada neste estudo, e neste caso, este sistema pode passar por modificações e ter uma análise dedicada somente a ele, além disso, a prototipagem do produto poderá validar as informações obtidas na simulação.

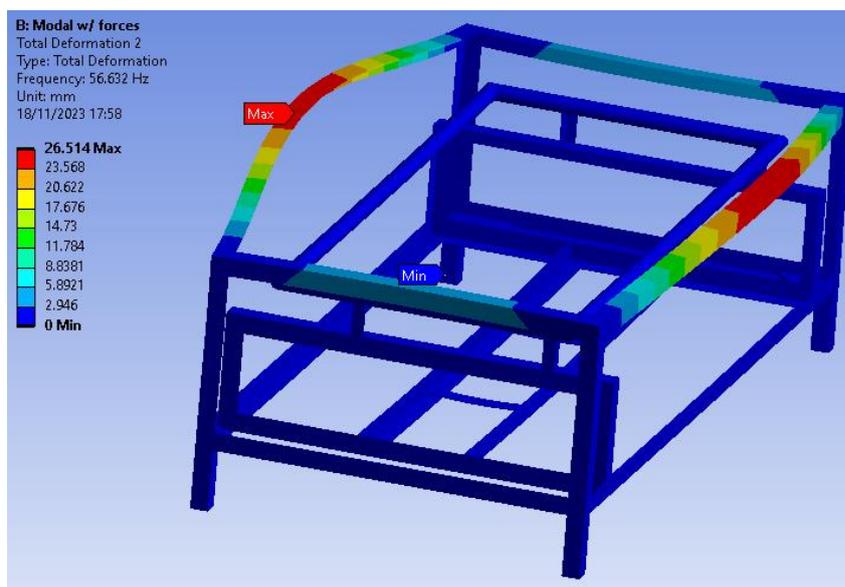
**Figura 38 - Frequência natural do primeiro modo**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

O segundo modo apresenta deformação somente nas laterais externas superiores da estrutura, conforme é possível observar na Figura 39. A frequência estimada é de 56,632 Hz com deformação de 26,5 mm. Como a mesa possuirá chapas metálicas que serão fixadas nas laterais exteriores da estrutura, essas irão fornecer maior rigidez para o sistema, o qual poderá não apresentar este comportamento com a mesa densimétrica pronta para e em condições de uso.

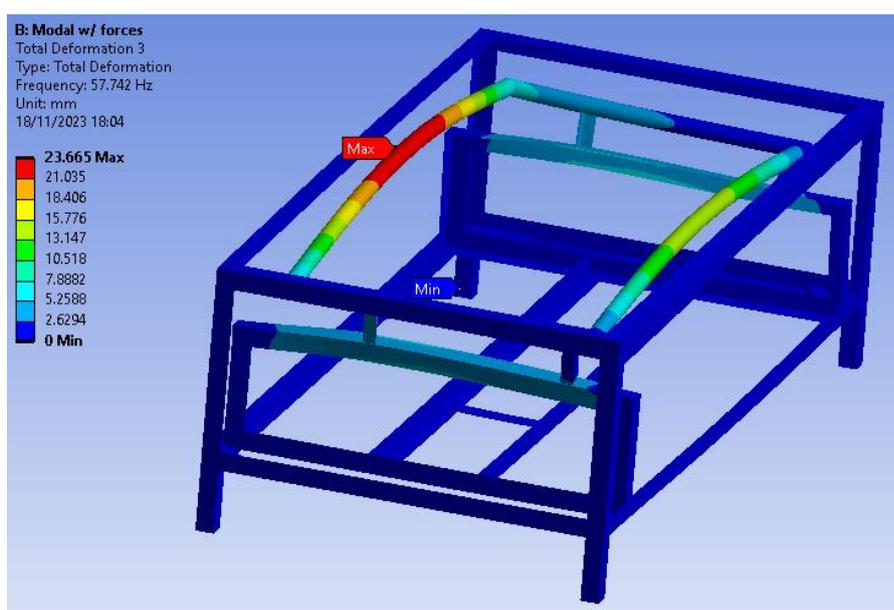
Figura 39 - Frequência natural do segundo modo



Fonte: Autoria própria (2023).

Para o terceiro modo, é possível observar na Figura 40 que o mesmo apresentou deformação de 23,665 mm à 57,742 Hz somente nas longarinas de suporte do Deck. Como este também passa uma parte de sua vibração para a região central da mesa, o mesmo comentário do primeiro modo em relação a transmissão de vibração também é válido para o terceiro modo.

Figura 40 - Frequência natural do terceiro modo

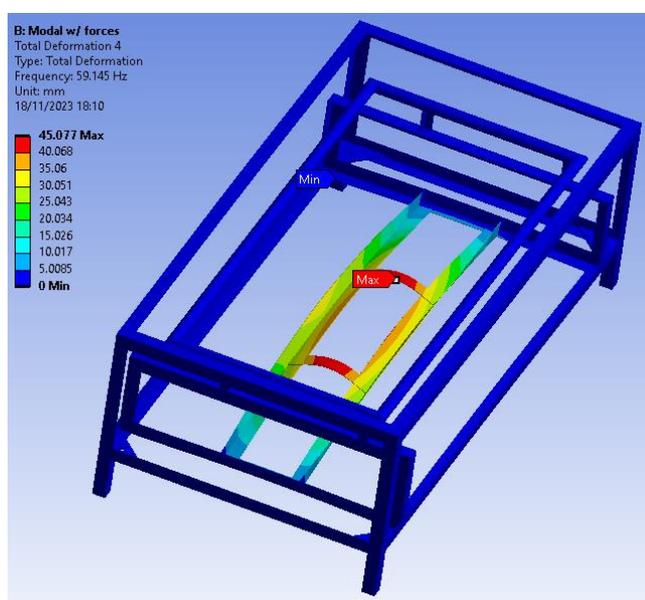


Fonte: Autoria própria (2023).

O quarto modo fornece informações voltadas ao sistema inferior da estrutura. Conforme é possível observar na Figura 41, a frequência de 59,145 Hz causa deformações de 45,077 mm nos elementos aos quais os três ventiladores são diretamente fixados, e em adjacência, os dois motores. Desta forma, alterações neste sistema se mostram importantes pois a sua falha ocasiona a incapacidade de funcionamento do equipamento.

Vendo os benefícios da alteração do tipo de perfil na parte superior da máquina, alterar o perfil das partes inferiores da estrutura podem trazer benefícios.

**Figura 41 - Frequência natural do quarto modo**



Fonte: Autoria própria (2023).

Diante disso, a fim de facilitar a visualização é possível criar uma tabela com todo os valores de frequência de excitação da estrutura metálica, deformações causadas pela mesma, bem como a frequência de operação do equipamento, conforme mostrado abaixo na Tabela 4.

**Tabela 4 - Tabela de frequências de excitação**

Frequência de excitação (Hz)	Deslocamento causado (mm)	Frequência de operação equipamento (Hz)	Oferece risco à estrutura (Sim/Não)
42,618	13,09	08 - 15	Não
56,632	26,50	08 - 15	Não
57,742	23,67	08 - 15	Não
59,145	45,07	08 - 15	Não

Fonte: Autoria própria (2023).

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo contempla uma primeira iteração das etapas citadas, focando mais nos estágios de definição e do projeto preliminar, e este estudo será utilizado posteriormente para outras iterações da estrutura.

Os objetivos foram alcançados pela definição do problema que é dimensionar uma estrutura capaz de suportar uma mesa densimétrica de escala reduzida, onde os dados necessários foram descritos, como os equipamentos utilizados que irão gerar esforços, aos quais se estima que a estrutura deverá suportar. Também foram tomadas decisões preliminares de projeto quando as dimensões e especificações de material foram definidas, para que a primeira iteração do projeto pudesse ser feita, e, fosse possível dar sequência para o próximo estágio onde as primeiras equações e considerações mecânicas foram feitas, para que assim, o projeto pudesse ser analisado via MEF (método de elementos finitos), onde seus resultados foram analisados e avaliações foram feitas sobre os resultados obtidos.

A informação de estimativa de tensão feita converge com o resultado da simulação apresentada, assim, pode-se considerar a configuração da simulação e seus resultados como satisfatórios.

Convergindo com as informações de tensão apresentadas, os valores máximos de deslocamento têm magnitude de 5,5 mm e estas deformações acontecem na metade do comprimento dos elementos, as quais estão coerentes com o comportamento de viga bi-engastada utilizado para dimensionamento dos elementos considerados previamente mais solicitados.

É possível observar também que a parcela de tensão de deformação e tensão normal representam uma baixa porcentagem da magnitude de tensão. Na segunda iteração, os perfis de cantoneira que suportam o deck do equipamento são alterados por perfis tubulares os quais trazem vários benefícios ao projeto, como a redução das tensões e deformações tanto estáticas quanto em operação. As travessas com objetivo de diminuir a torção dos membros inferiores se mostram eficazes na redução da deformação de torção dos elementos, porém, a deformação de flexão é levemente alterada, e essa deformação se mostra predominante nestes elementos. Para melhorar a condição de deformação, a troca da geometria do perfil ou a troca do posicionamento destes indicam uma melhor opção para contornar esta situação, caso o valor estimado ainda não seja satisfatório.

Seguindo para as próximas iterações desta estrutura, caso sejam feitos novos estudos com base neste documento, pode-se analisar a possibilidade de empregar outras geometrias de perfil com objetivo de diminuir o custo final da mesa densimétrica. Caso isso seja feito, a sugestão é que os membros verticais sofram alteração a fim de diminuir sua geometria transversal, visto que os resultados da simulação retornaram valores de tensão aproximadamente menores que 50 MPa, segundo à escala de cores apresentada em cada figura de resultados.

Também, seguindo com a modificação para redução de custo, a parte da estrutura que suportará as chapas que fornecerão acabamento ao equipamento podem ser diminuídas, visto que as solicitações mecânicas não acontecem nelas, e sim, nos elementos localizados no centro da estrutura.

Com estas modificações feitas, deve-se estimar novamente os valores de frequências naturais do equipamento, onde, esses não permanecerão os mesmos. Caso estas frequências se tornem um problema, pode-se fazer alterações no mecanismo de vibração da mesa, o qual não faz parte do escopo deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- BAUDET, Leopoldo; MISRA, Manjit. Atributos de qualidade de sementes de milho beneficiadas em mesa de gravidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 13, n. 2, p. 91-97, 1991.
- BUITRAGO, Ismael Camargo et al. Perdas e qualidade de sementes de feijão beneficiadas em máquina de ventiladores e peneiras e mesa de gravidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 13, n. 2, p. 99-104, 1991.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. p. 415-456. JABOTICABAL: FUNEP. 2000.
- Cantoneira de aço. Gerdau**. Disponível em: <<https://gsn.gerdau.com/pt-br/produtos/cantoneira-gerdau>>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- CUNHA, Ana Paula; HARBS, Ricardo. **Análise da viabilidade econômica de uma unidade de beneficiamento de sementes**. Brasília(DF), Brasil. 2015
- FARIA, A. F.; et al. **Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos: uma experiência didática**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2008
- FICAÇO, Perfil L. Disponível em: <<https://www.ficaco.com.br/perfil-l-cdtp>>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- FONTES, F. F. **Análise estrutural de elementos lineares segundo a NBR 6118:2003**. São Carlos – SP, 2005
- FRANÇA NETO, J. de B. et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.
- GADOTTI, Gizele Ingrid et al. Qualidade de sementes de couve brócolis beneficiadas em mesa densimétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 123-127, 2006.
- GAUL, A.D.; MISRA, M.K; BERN, C.J. and HURBURGH, C.R. Variation of physical properties in gravity separated soybeans. *Transactions of the ASAE*, 29(4):33-36, 50, 1986.
- TURBINA AR PORTATIL (21,7 X 9,5CM). Disponível em: <<https://www.flexclima.com.br/produto/3570.html>>. Acesso em: 06 fev. 2023.
- KANNAN, Ananda Subramani et. al. Design and performance optimization of gravity tables using a combined CFD-DEM framework. **Powder Technology**, v. 318, p. 423-440, 2017.

LINARES, Jussara Bertho Fantinatti. Qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) de diversas densidades obtidas na mesa gravitacional. **Campinas: Universidade Estadual de Campinas**, 1999.

MANDARINO, José Marcos Gontijo; ROESSING, Antonio C. Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos. **Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)**, 2001.

**Motor de Chapa Aberto (IP21) | WEG - Produtos**. Disponível em: <[https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/c/BR\\_MT\\_1PHASE\\_ODP\\_OPENSTEELMOTOR/list?h=b106314e](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/c/BR_MT_1PHASE_ODP_OPENSTEELMOTOR/list?h=b106314e)>. Acesso em: 10 fev. 2023.

NASSER, Patrícia Prado; CHALFOUN, Sára Maria. Eficiência da separação de grãos de café de acordo com o tamanho dos grãos na análise da qualidade da bebida pelo método químico. 2000.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada**. 2013.

PENA, Rodolfo F. Alves. Agricultura no Brasil atual. *In*: PENA, Rodolfo F. Alves. **Agricultura no Brasil atual**. Mundo Educação UOL, 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/agricultura-no-brasil-atual.htm>. Acesso em: 28 out. 2022.

PESKE, S; ROSENTHAL, M.; ROTA, G. **Sementes: Fundamentos Científicos e gelpoTecnológicos**. 1 ed. Pelotas-RS. EDITORA. 2003.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SILOMAX, Indústria e Comércio LTDA. Mesa densimétrica. Disponível em: <<blob:https://web.whatsapp.com/1a8eb465-e946-4b40-ae50-de40174afc31>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

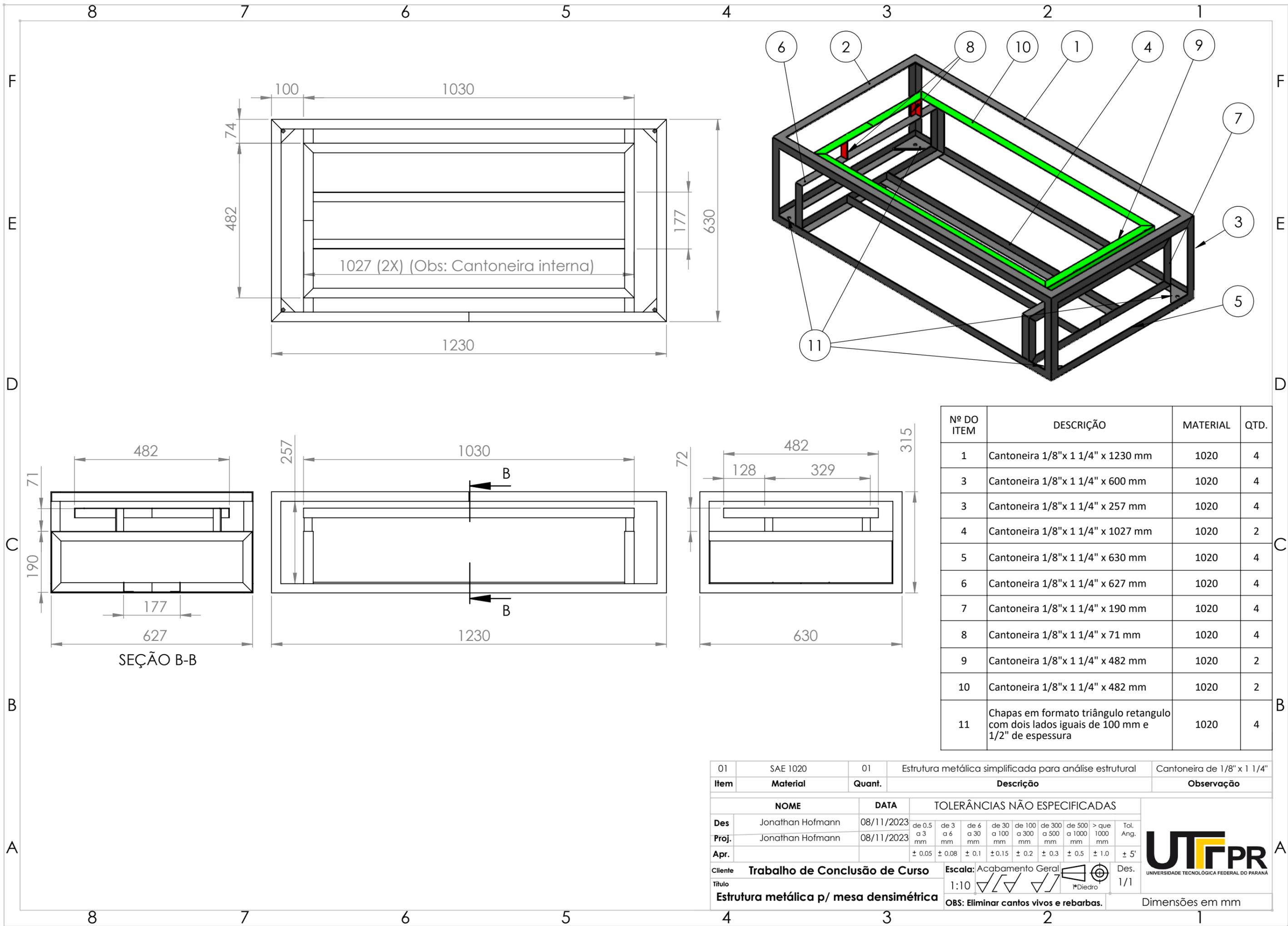
TECNOLOGIA, I. **PIB-Agro/CEPEA: PIB do agro cresce 8,36% em 2021; participação no PIB brasileiro chega a 27,4%**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agro-cresce-8-36-em-2021-participacao-no-pib-brasileiro-chega-a-27-4.aspx>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

ROSSETTO, R. Diego. **Introdução ao Método dos Elementos Finitos**. Disp. em: [https://moodle.utfpr.edu.br/pluginfile.php/2876268/mod\\_resource/content/0/Aula\\_01.pdf](https://moodle.utfpr.edu.br/pluginfile.php/2876268/mod_resource/content/0/Aula_01.pdf). Acesso em: 07 de maio de 2023.

ROSSETTO, R. Diego. **Introdução ao Método dos Elementos Finitos – Elementos Bidimensionais** (2D). Disponível em:

[https://moodle.utfpr.edu.br/pluginfile.php/2917826/mod\\_resource/content/1/Aula\\_07%20-%20Elementos%20Bidimensionais.pdf](https://moodle.utfpr.edu.br/pluginfile.php/2917826/mod_resource/content/1/Aula_07%20-%20Elementos%20Bidimensionais.pdf) . Acesso em: 22 de junho de 2023

## APÉNDICE



Nº DO ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
1	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 1230 mm	1020	4
3	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 600 mm	1020	4
3	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 257 mm	1020	4
4	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 1027 mm	1020	2
5	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 630 mm	1020	4
6	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 627 mm	1020	4
7	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 190 mm	1020	4
8	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 71 mm	1020	4
9	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 482 mm	1020	2
10	Cantoneira 1/8"x 1 1/4" x 482 mm	1020	2
11	Chapas em formato triângulo retângulo com dois lados iguais de 100 mm e 1/2" de espessura	1020	4

Item	Material	Quant.	Descrição	Observação
01	SAE 1020	01	Estrutura metálica simplificada para análise estrutural	Cantoneira de 1/8" x 1 1/4"

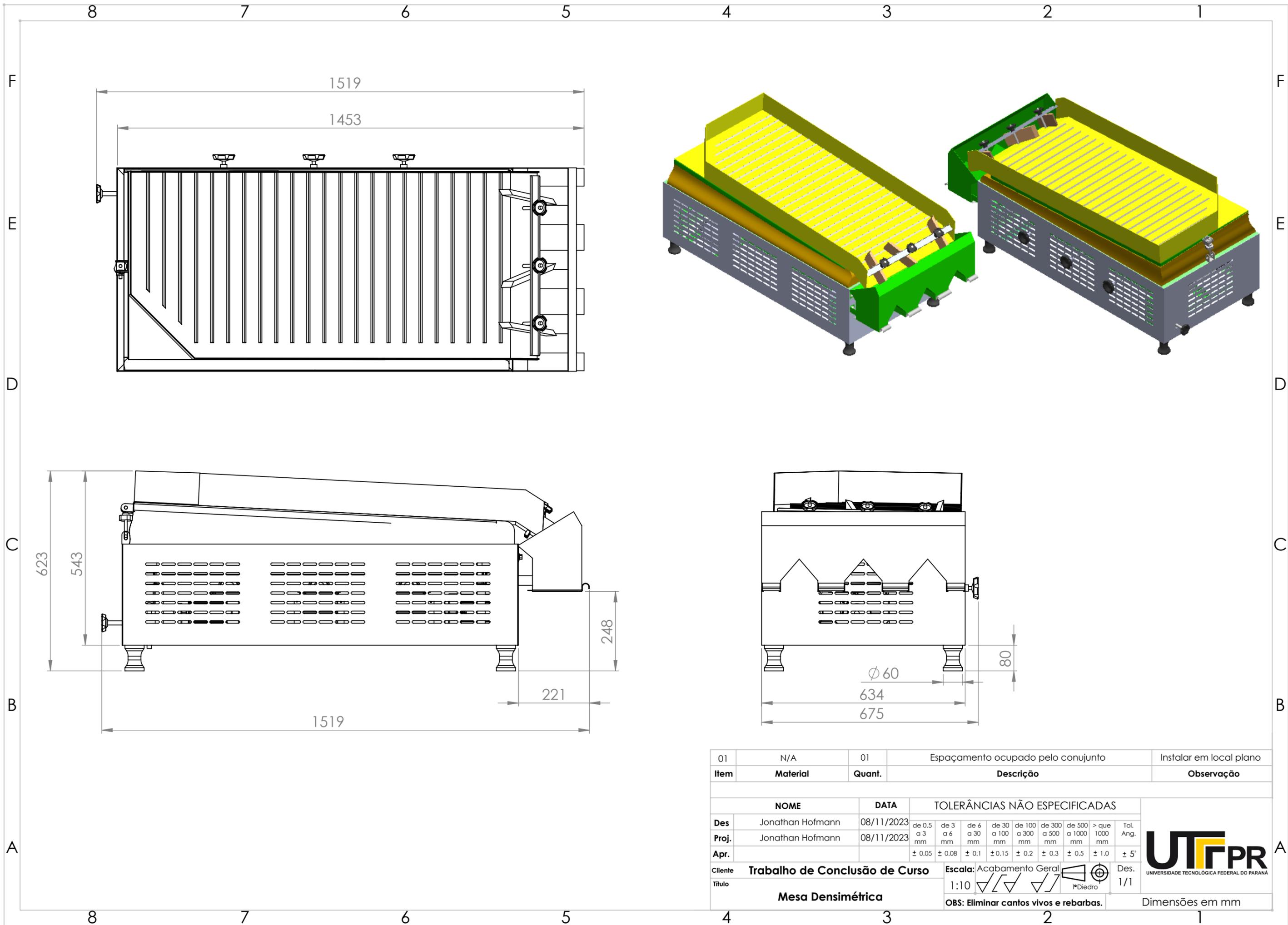
  

NOME	DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS							Tol. Ang.		
Des	Jonathan Hofmann	08/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	± 5'
Proj.	Jonathan Hofmann	08/11/2023	± 0,05	± 0,08	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1,0	± 5'
Apr.											

Cliente	Trabalho de Conclusão de Curso	Escala:	Acabamento Geral	Des.	1/1
Título	Estrutura metálica p/ mesa densimétrica	1:10			1/1
OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.			Dimensões em mm		



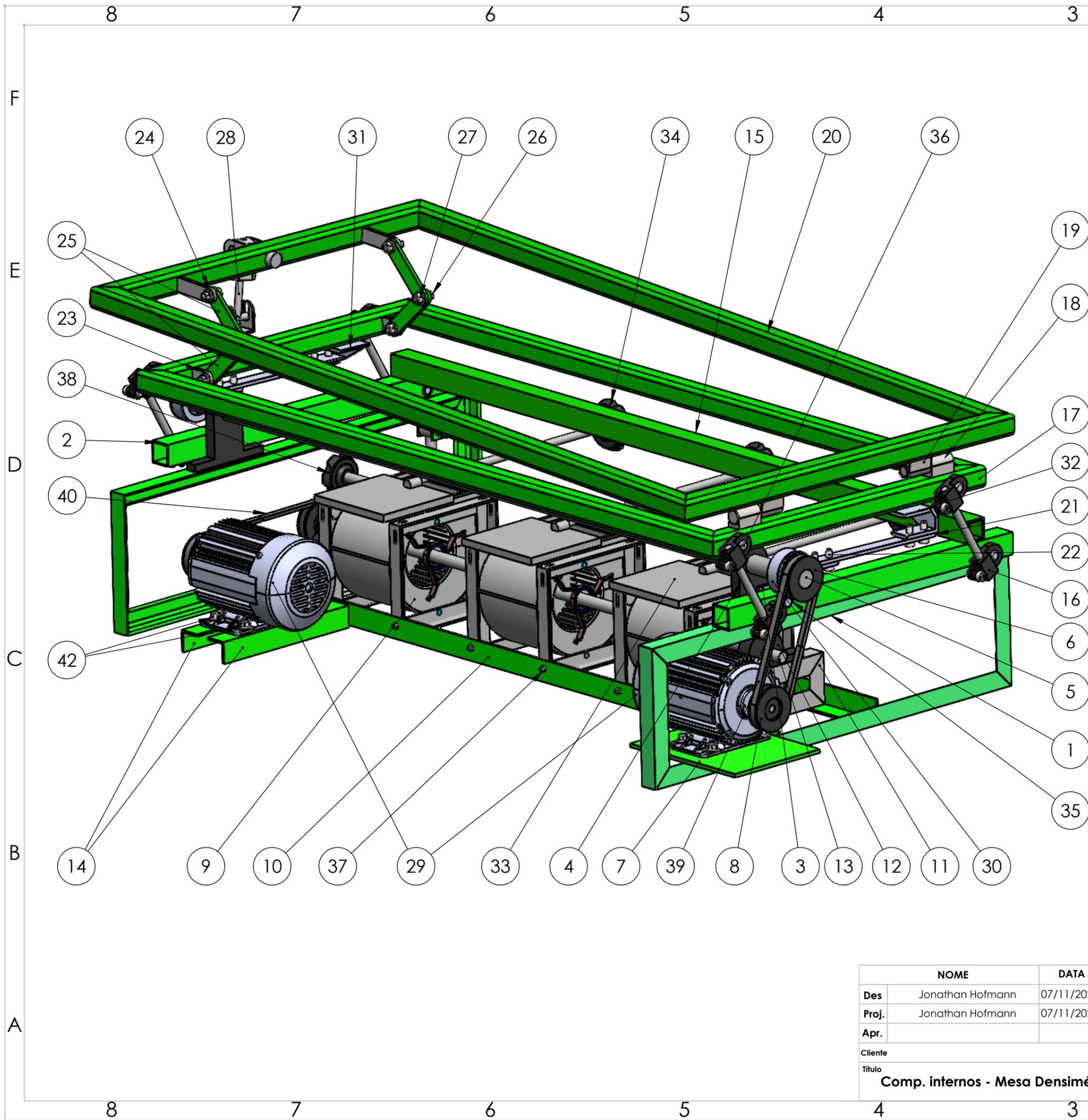


01	N/A	01	Espaçamento ocupado pelo conjunto	Instalar em local plano
Item	Material	Quant.	Descrição	Observação

NOME		DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS							Tol. Ang.	
Des	Jonathan Hofmann	08/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	± 5'
Proj.	Jonathan Hofmann	08/11/2023	± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 1.0	± 5'
Apr.											

Cliente	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>	Escala:	Acabamento Geral	Des. 1/1
Título	<b>Mesa Densimétrica</b>	1:10		
			OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.	Dimensões em mm

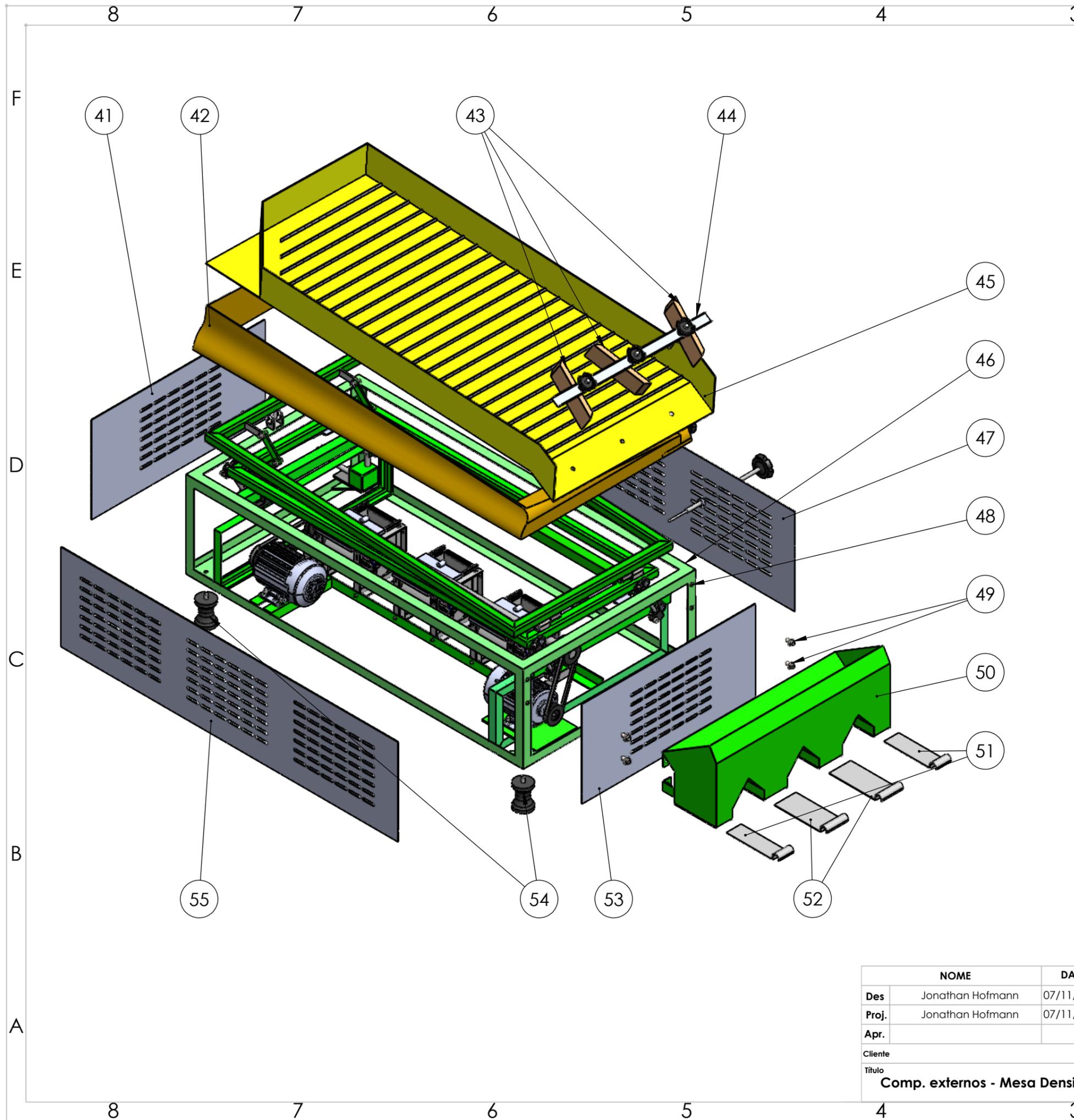




Nº DO ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
1	Estrutura base cantoneira	1020	2
2	Braço de elevação	1020	2
3	Suporte angulador	1020	2
4	Mancal tipo P	FF. Cinzento	2
5	Eixo superior 25x1195 mm	4140	1
6	Polia superior 60 mm	FF. Cinzento	1
7	Suporte motor	1020	1
8	Polia inferior 60 mm	FF. Cinzento	3
9	Conjunto ventilador	FlexClima	3
10	Cantoneira inferior	1020	2
11	Apoio mancal ventilação	1020	2
12	Mancal Tipo P	FF. Cinzento	2
13	Eixo exaustor 15x900 mm	4140	1
14	Cant. sup. motor exaustão	1020	2
15	Tubo transversal	1020	1
16	Conjunto braço agitador	1045	4
17	Mesa intermediaária	1020	1
18	Pino dobradiça macho	1020	2
19	Pino dobradiça fêmea	1020	2
20	Mesa superior	1020	1
21	Braço p/ mancal excêntrico	1045	2
22	PF Allen M8 x 1.25 x 20	Ciser	8
23	Sup. interno de elevação inf.	1045	2
24	Sup. interno de elev. sup.	1045	2
25	Suporte interno de elevação	1045	4
26	PF Sext. M8x20-18.8	Ciser	1
27	Porca Sext. M8	Ciser	6
28	Cj. regulagem traseira	1020	1
29	Motor 1CV - 4 Polos	WEG	2
30	Mancal excêntrico completo	4140	2
31	Sup. p/ braço agitador tras.	1020	1
32	Sup. p/ braço agitador diant.	1020	1
33	Escotilha entrada de ar	1020	3
34	Volante de regulagem de ar	1020 e Nylon	3
35	Pino 12mm	4140	2
36	Pino 10mm	4140	9
37	PF M4 x 0.7 x 10	Ciser	12
38	Cj. Cremalheira p/ regulagem de altura	1045, 1020 e Nylon	1
39	Correia 170 mm	Continental	1
40	Correia 200 mm	Continental	1

NOME	DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS									
Des	Jonathan Hofmann	07/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	Tol. Ang.
Proj.	Jonathan Hofmann	07/11/2023	± 0,05	± 0,08	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1,0	± 5'
Apr.											

Cliente: \_\_\_\_\_  
 Título: **Comp. internos - Mesa Densimétrica**  
 Escala: Acabamento Geral 1:5  
 Des. 1/1  
 OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.  
 Dimensões em mm

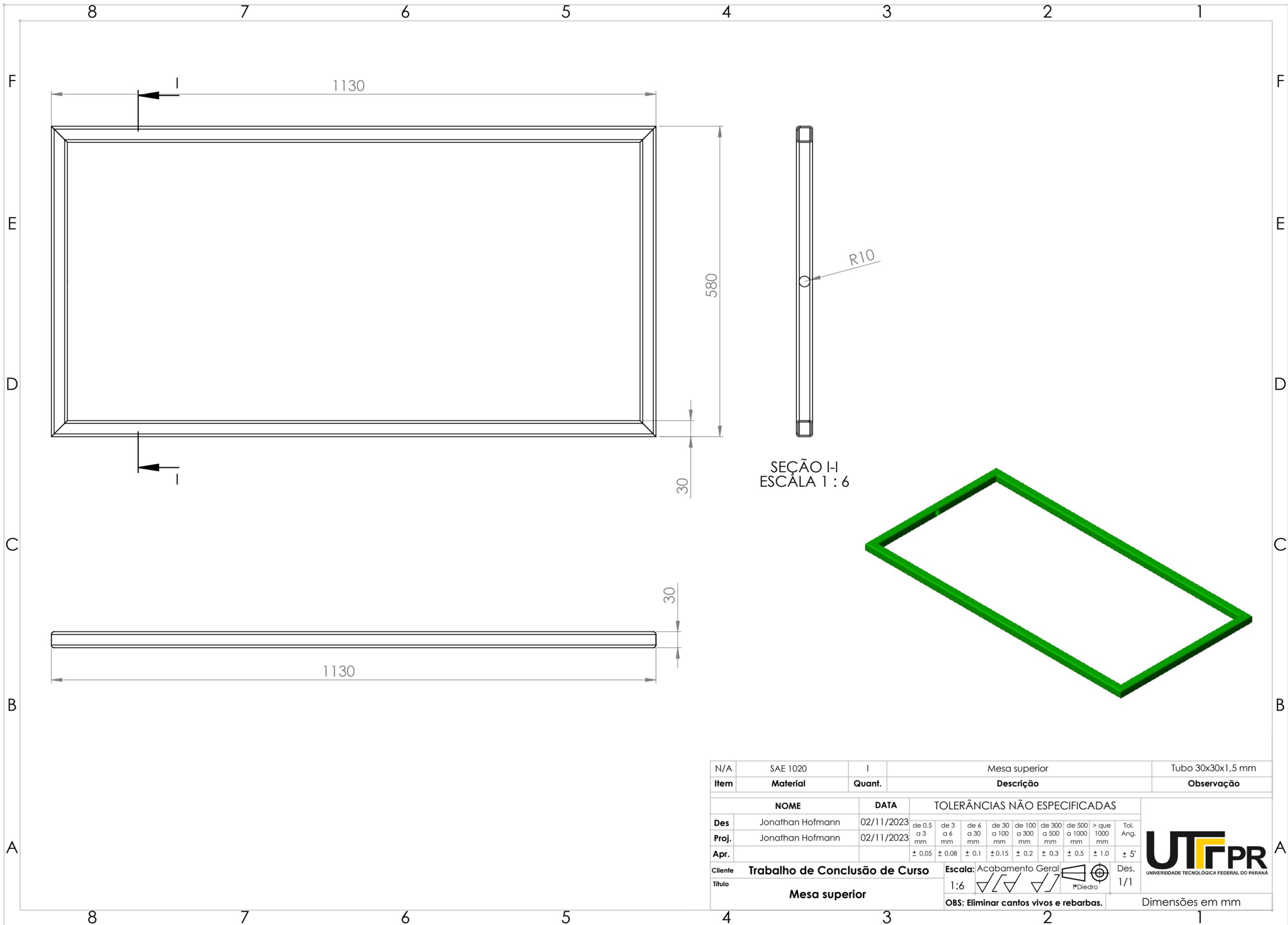


Nº DO ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
41	Chapa traseira	1020	1
42	Lona de isolamento	Algodão	1
43	Direcionador de sementes	Madeira	3
44	Cj. sup. fixação p/ direcionadores	1020 e Nylon	1
45	Cj. estrut. em chapas para Deck Superior	1020	1
46	Estrutura metálica principal	1020	1
47	Chapa lateral dir.	1020	1
48	Porca Sext. M10x1,5 mm	Ciser	4
49	PF Sext. M10x16-14,5	Ciser	4
50	Bica de saída de sementes	1020	1
51	Escotilha lat. saída de sementes	1020	2
52	Escotilha cent. saída de sementes	1020	2
53	Chapa dianteira	1020	1
54	Pés 80x60 mm	Borracha	4
55	Chapa lateral esq.	1020	1

NOME		DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS							Tol. Ang.	
Des	Jonathan Hofmann	07/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	± 5'
Proj.	Jonathan Hofmann	07/11/2023	± 0,05	± 0,08	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1,0	± 5'
Apr.											

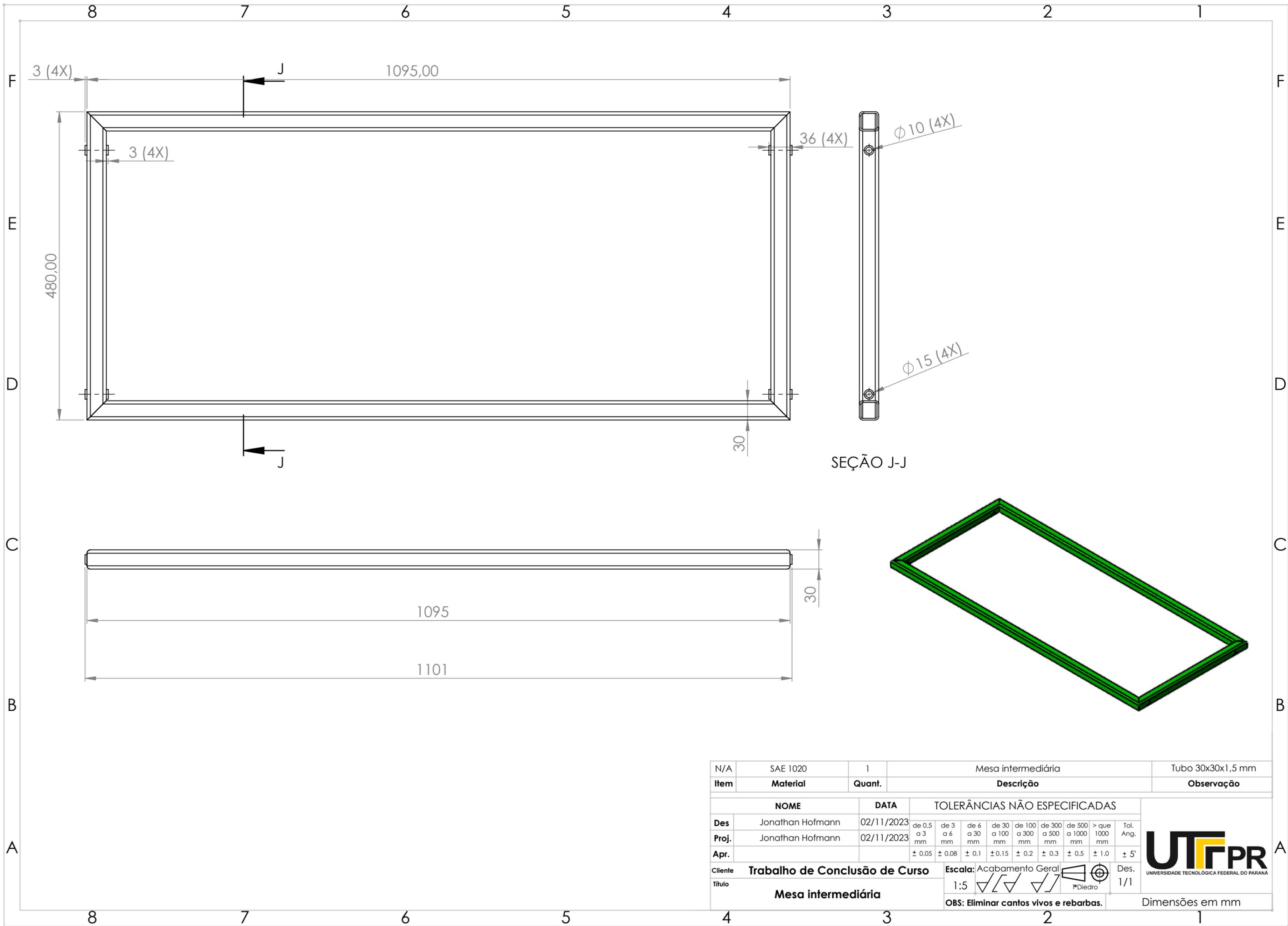
Cliente: \_\_\_\_\_  
 Título: **Comp. externos - Mesa Densimétrica**  
 Escala: Acabamento Geral 1:10  
 OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.

Des. 1/1  
 Dimensões em mm

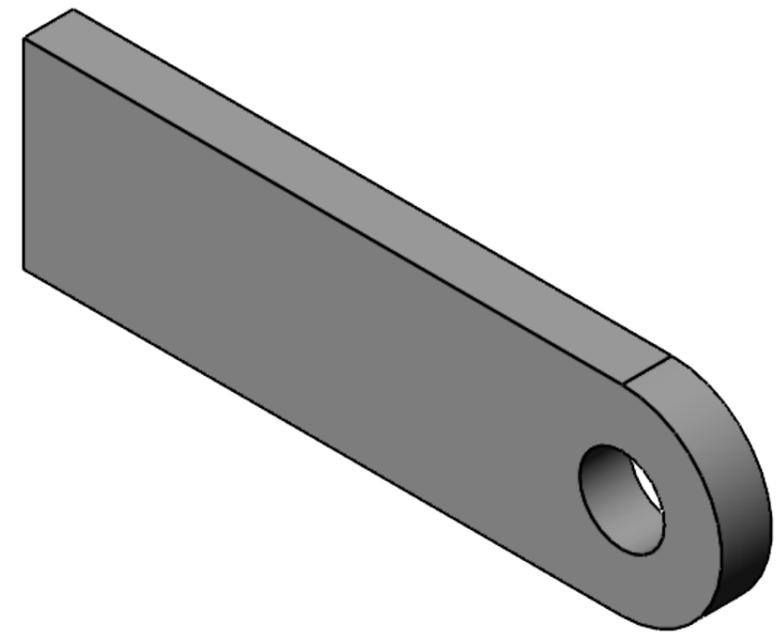
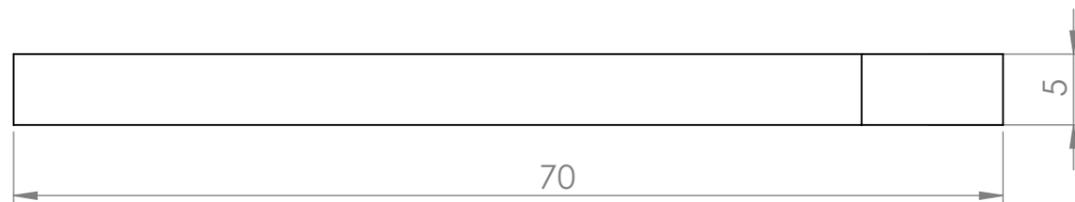
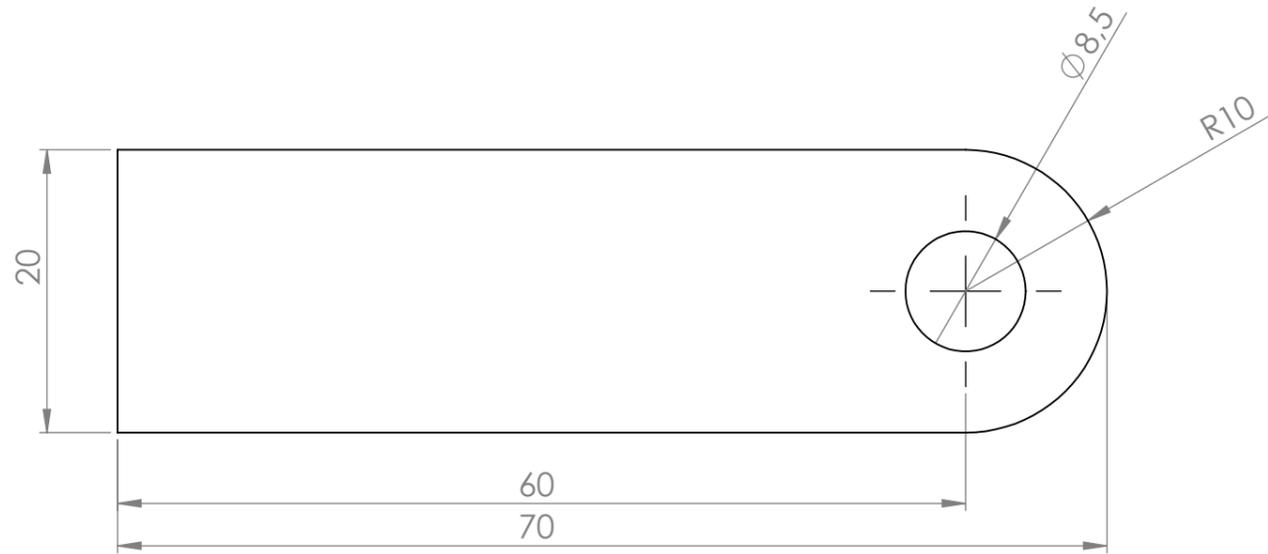


SEÇÃO I-I  
ESCALA 1 : 6

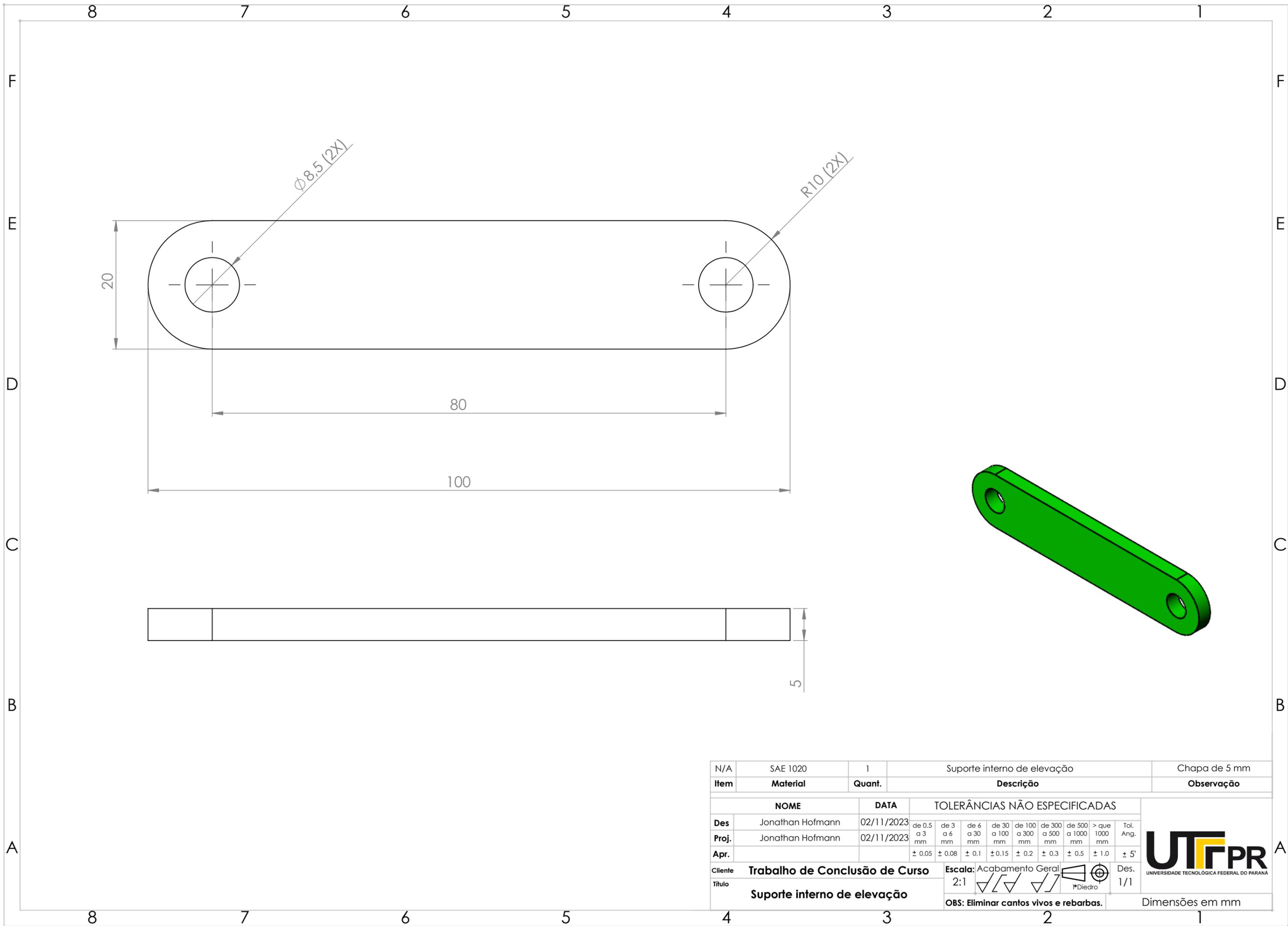
N/A	SAE 1020	1	Mesa superior							Tubo 30x30x1,5 mm		
<b>Item</b>	<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>							<b>Observação</b>		
<b>Des</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS							 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		
<b>Proj.</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm		> que 1000 mm	Tol. Ang.
<b>Apr.</b>			± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5		± 1.0	± 5'
<b>Cliente</b>	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		<b>Escala:</b>	Acabamento	Geral	 		Des. 1/1				
<b>Título</b>	<b>Mesa superior</b>		1:6	 		 		<b>OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.</b>				Dimensões em mm



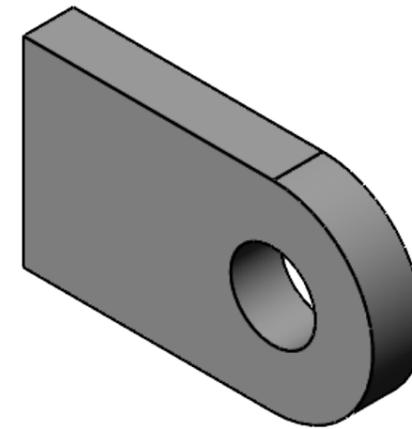
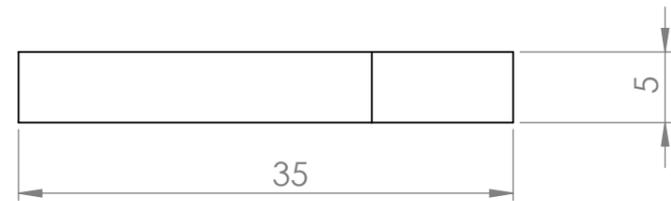
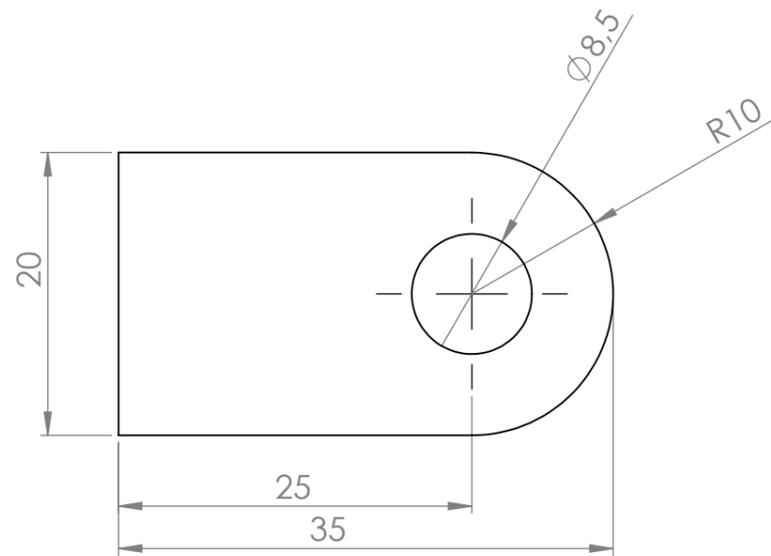
N/A	SAE 1020	1	Mesa intermediária						Tubo 30x30x1,5 mm			
Item	Material	Quant.	Descrição						Observação			
Des	Jonathan Hofmann	02/11/2023	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS									
Proj.	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm		> que 1000 mm	Tol. Ang.
Apr.			± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5		± 1.0	± 5'
Cliente	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		Escala:	Acabamento	Geral					Des.	1/1	
Título	<b>Mesa intermediária</b>		1:5							Dimensões em mm		
			<b>OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.</b>									



N/A	SAE 1020	1	Sup. interno de elevação inf.							N/A		
Item	Material	Quant.	Descrição							Observação		
NOME		DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS									
Des	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm		> que 1000 mm	Tol. Ang.
Proj.	Jonathan Hofmann	02/11/2023	± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5		± 1.0	± 5'
Apr.												
Cliente	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		Escala:	Acabamento Geral		 		Des.	1/1			
Título	<b>Sup. interno de elevação superior</b>		2:1	  		 		<b>OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.</b>				Dimensões em mm



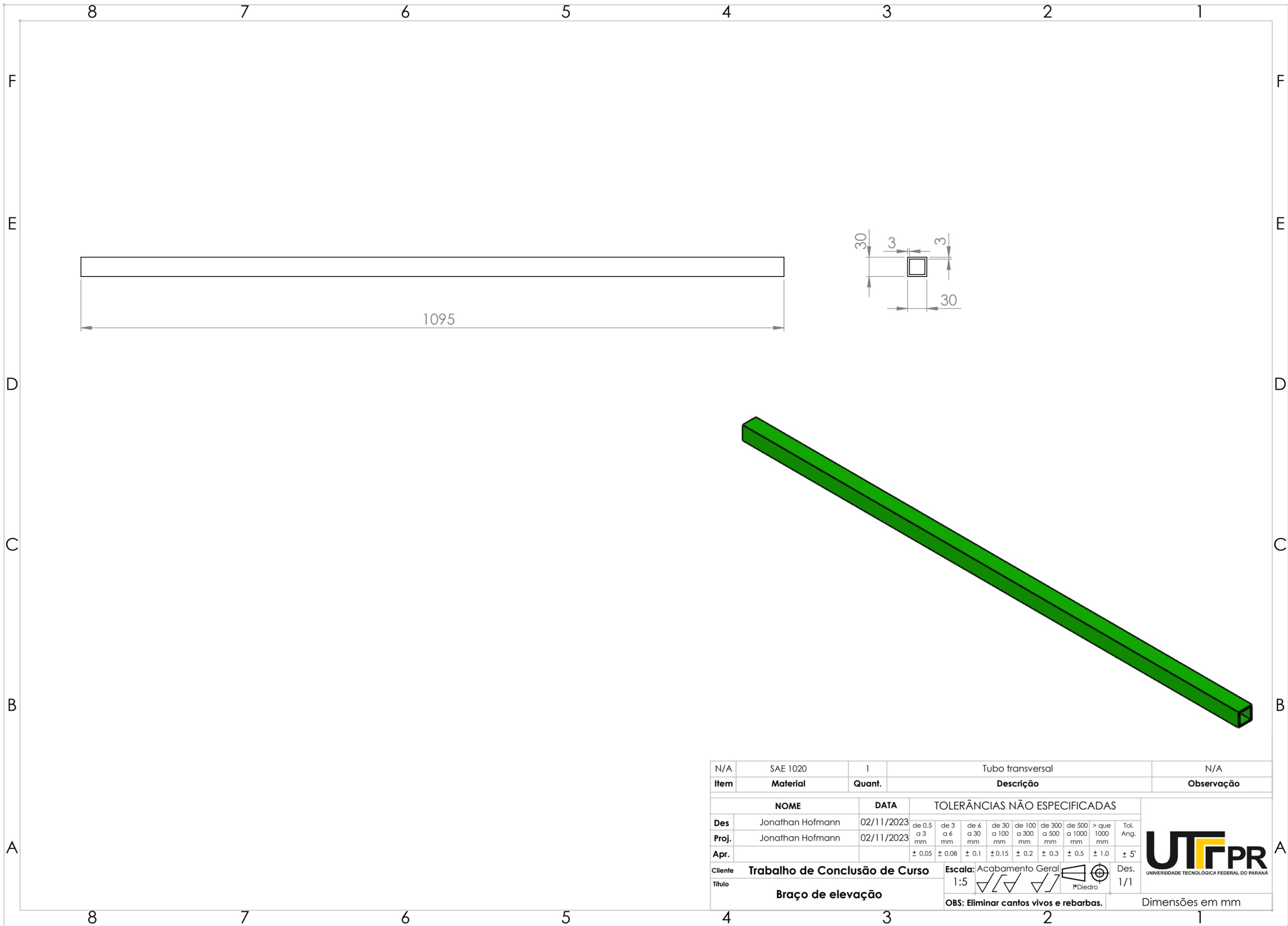
N/A	SAE 1020	1	Suporte interno de elevação							Chapa de 5 mm		
<b>Item</b>	<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>							<b>Observação</b>		
<b>Des</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS							 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		
<b>Proj.</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm		> que 1000 mm	Tol. Ang.
<b>Apr.</b>			± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5		± 1.0	± 5'
<b>Cliente</b>	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		<b>Escala:</b>	Acabamento Geral							<b>Des.</b>	
<b>Título</b>	<b>Suporte interno de elevação</b>		2:1	 Diedro							1/1	
			<b>OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.</b>							Dimensões em mm		



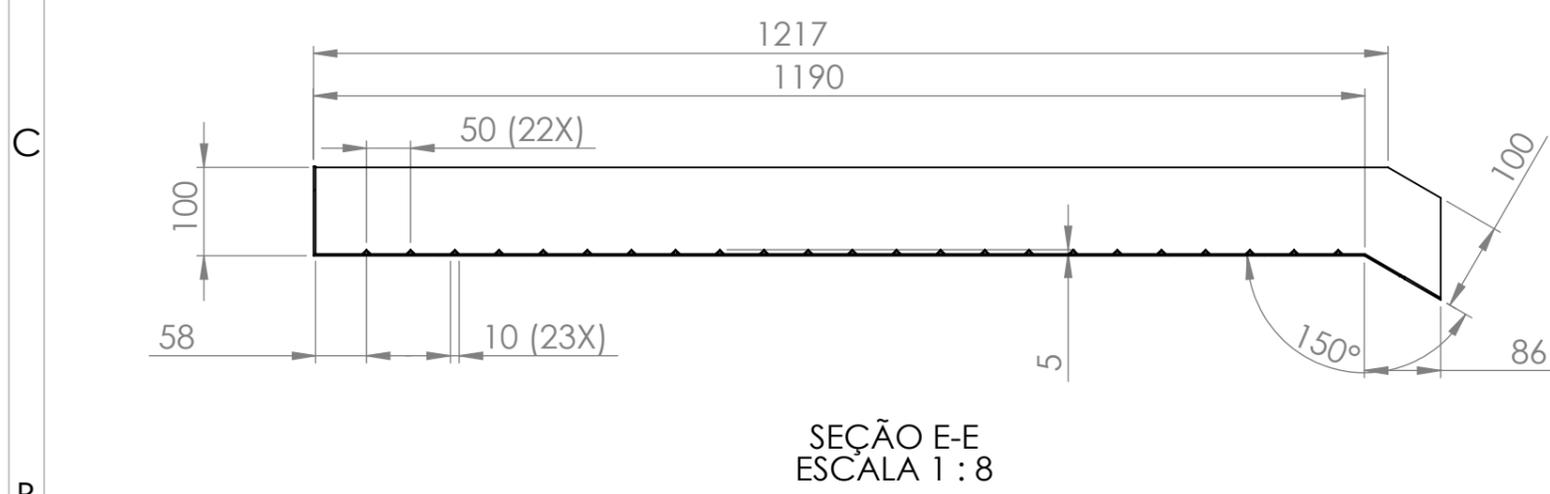
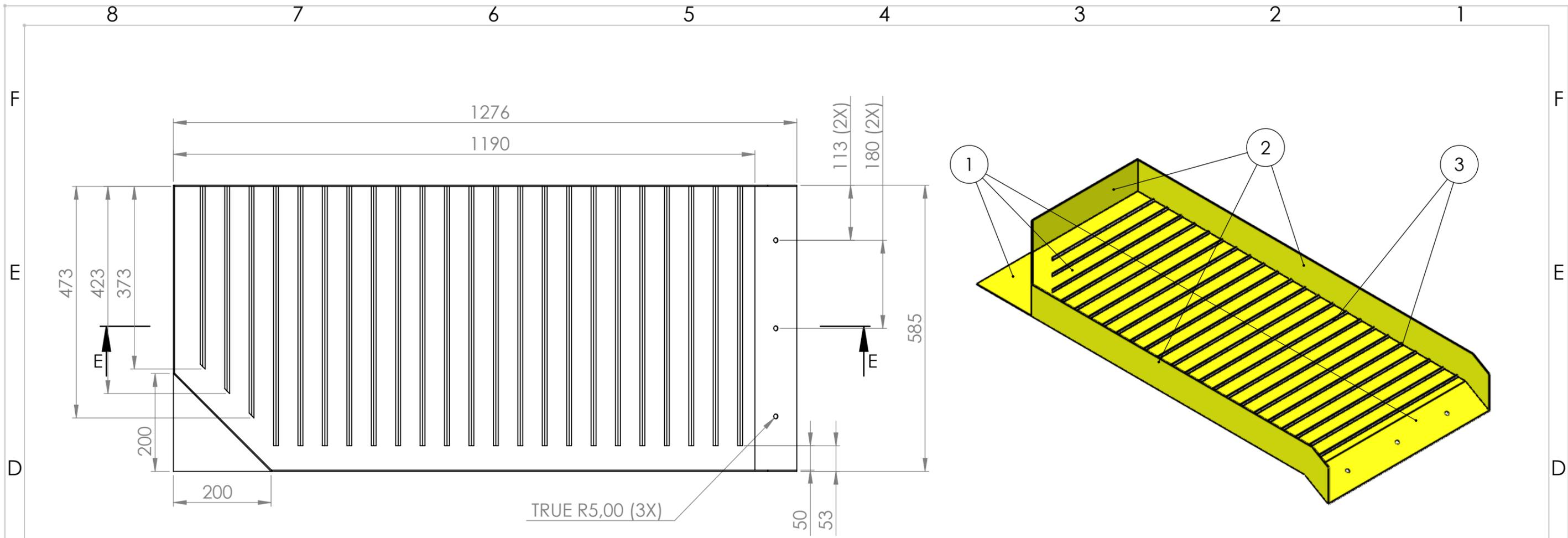
N/A	SAE 1020	1	Sup. interno de elevação inf.							N/A		
<b>Item</b>	<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>							<b>Observação</b>		
<b>Des</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS									
<b>Proj.</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm		> que 1000 mm	Tol. Ang.
<b>Apr.</b>			± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5		± 1.0	± 5'
<b>Cliente</b>	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		<b>Escala:</b>	Acabamento Geral							<b>Des.</b>	
<b>Título</b>	<b>Sup. interno de elevação superior</b>		2:1								1/1	
			<b>OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.</b>							Dimensões em mm		







N/A	SAE 1020	1	Tubo transversal							N/A		
<b>Item</b>	<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>							<b>Observação</b>		
<b>Des</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS							 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		
<b>Proj.</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm		> que 1000 mm	Tol. Ang.
<b>Apr.</b>			± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5		± 1.0	± 5'
<b>Cliente</b>	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		<b>Escala:</b>	Acabamento Geral	 1:5		 Des. 1/1					
<b>Título</b>	<b>Braço de elevação</b>			<b>OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.</b>							Dimensões em mm	



Nº DO ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QTD.
1	Chapa tipo furada (furos de 3 mm), com espessura de 2,0 mm	1020	1
2	Chapa tipo lisa, com espessura de 2,5 mm	1020	3
3	Cantoneira 6,0 x 1,0 mm	1020	23

Item	Material	Quant.	Descrição	Observação
N/A	SAE 1020	VER TAB.	VER TABELA	N/A

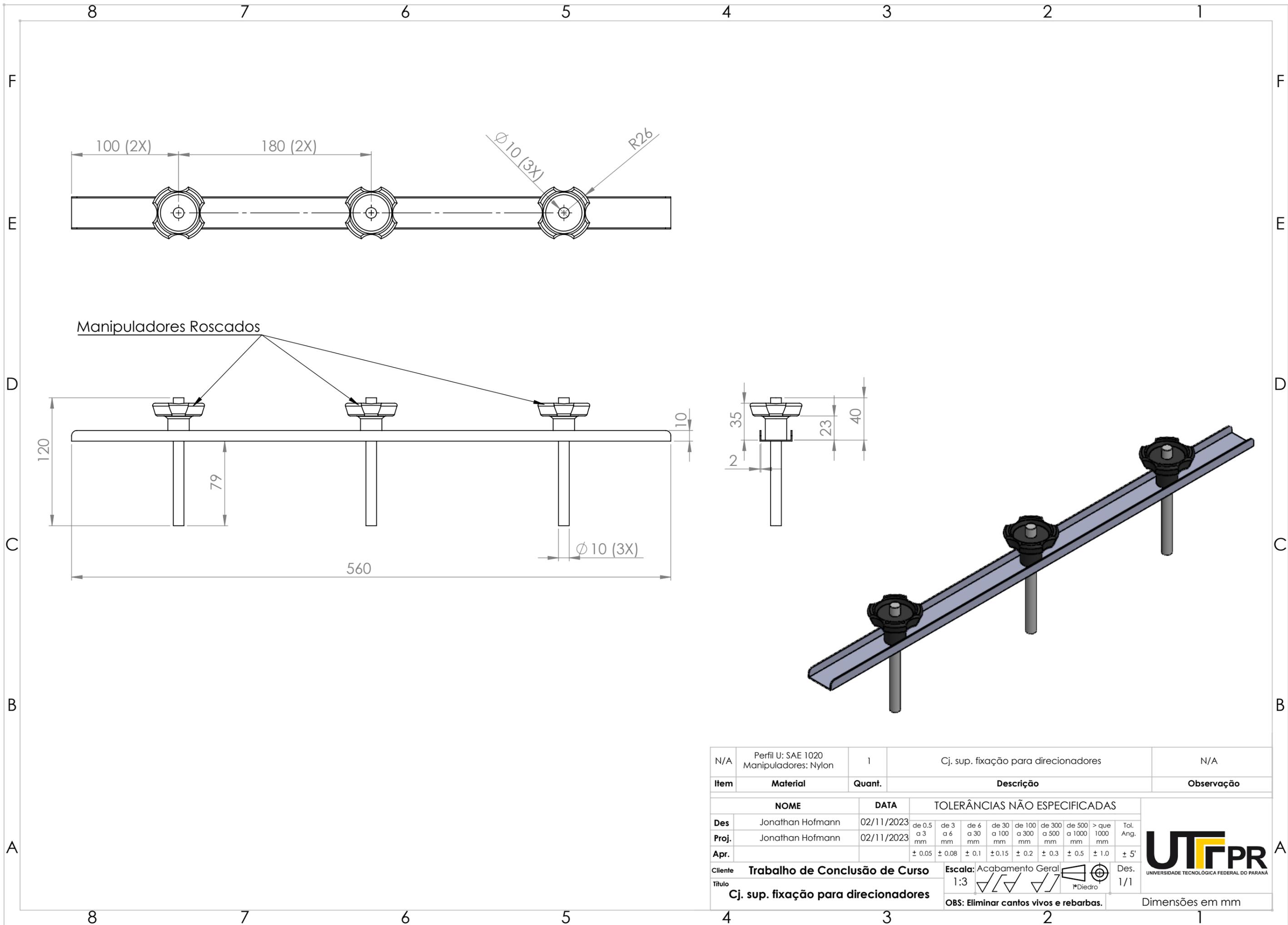
  

NOME	DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS								Tol. Ang.
Des. Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	± 5'
Proj. Jonathan Hofmann	02/11/2023	± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 1.0	± 5'
Apr.										

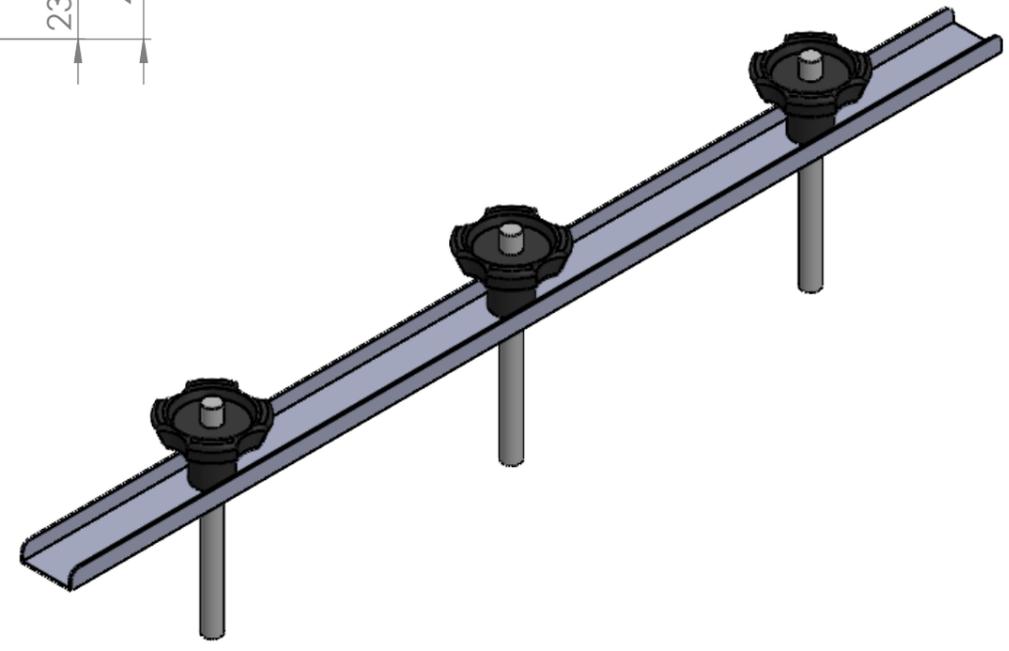
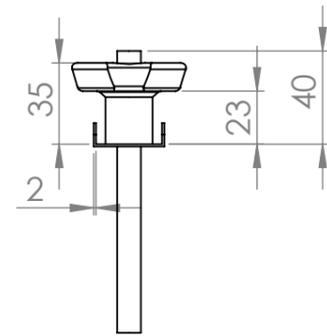
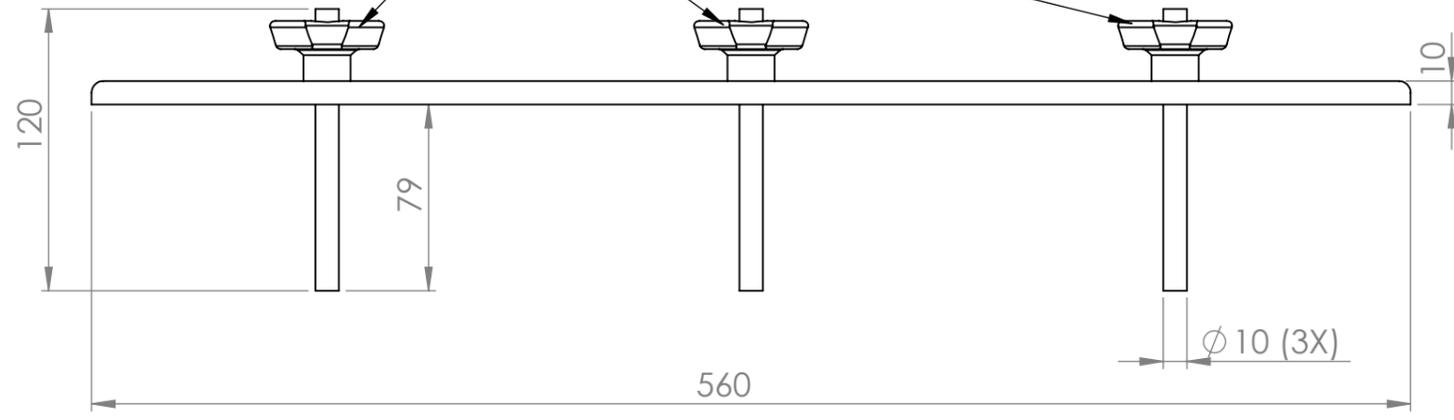
  

Cliente	Trabalho de Conclusão de Curso	Escala:	Acabamento Geral	Des. 1/1
Título	Cj. estrut. em chapas para Deck Superior	1:10		
OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.		Dimensões em mm		



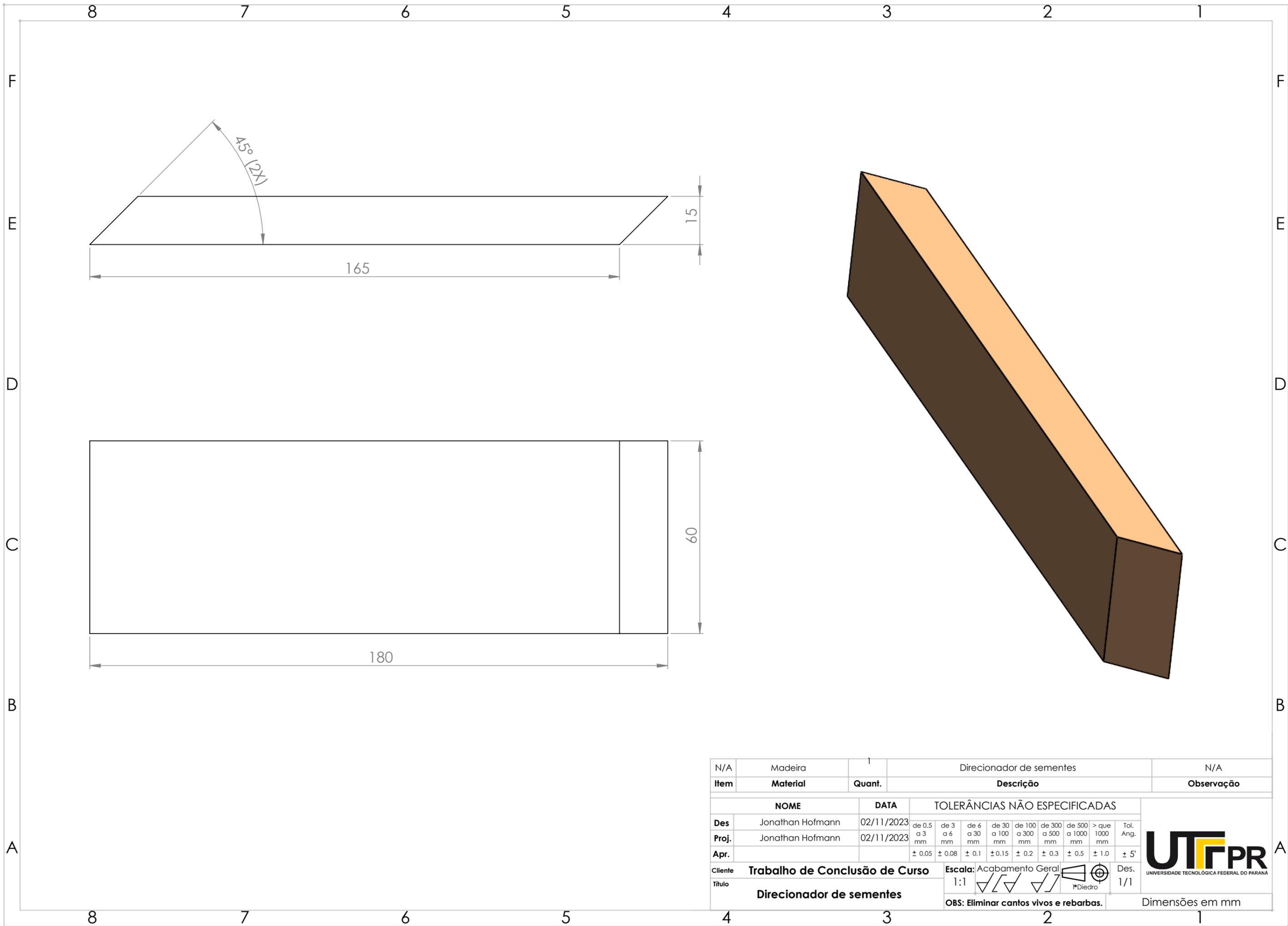


Manipuladores Roscados

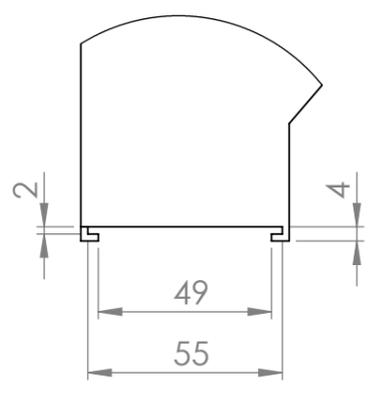
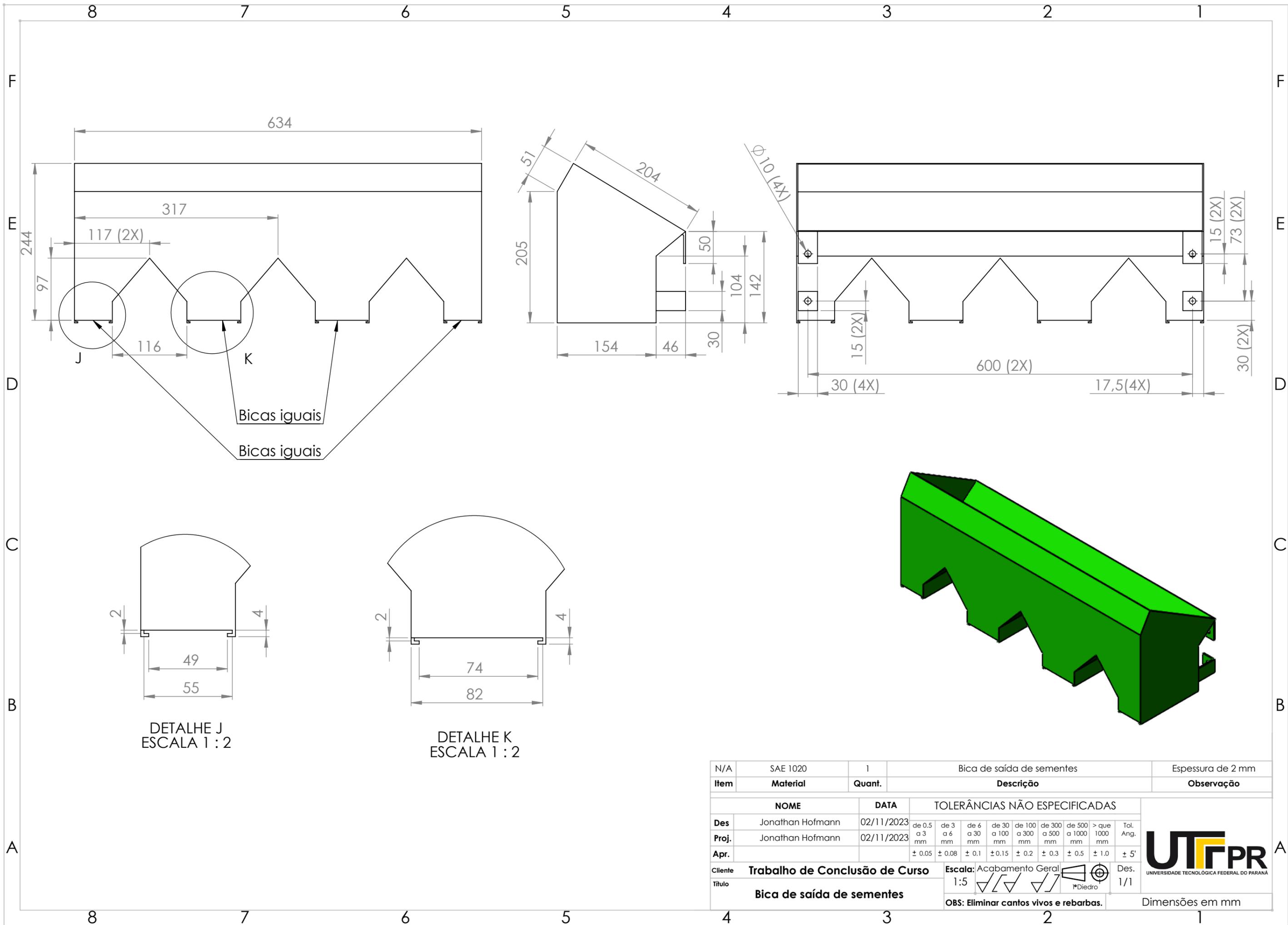


N/A	Perfil U: SAE 1020 Manipuladores: Nylon	1	Cj. sup. fixação para direcionadores	N/A
Item	Material	Quant.	Descrição	Observação
<b>NOME</b>		<b>DATA</b>	<b>TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS</b>	
Des	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm
Proj.	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm
Apr.			de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm
			de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm
			± 0.05	± 0.08
			± 0.1	± 0.15
			± 0.2	± 0.3
			± 0.3	± 0.5
			± 0.5	± 1.0
			± 1.0	± 5'
Cliente	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		Escala: Acabamento Geral	
Título	<b>Cj. sup. fixação para direcionadores</b>		1:3	
			OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.	
				Des. 1/1
				Dimensões em mm

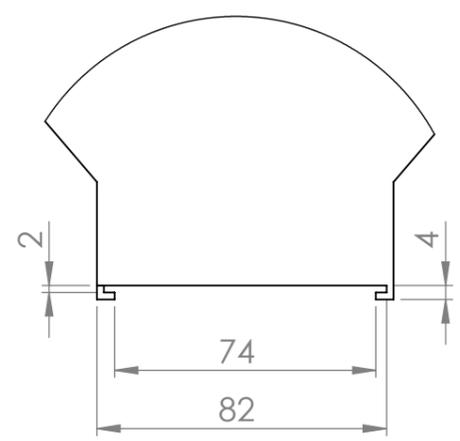




N/A	Madeira	1	Direcionador de sementes						N/A			
Item	Material	Quant.	Descrição						Observação			
NOME		DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS						 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			
Des	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm		de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	Tol. Ang.
Proj.	Jonathan Hofmann	02/11/2023	± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3		± 0.5	± 1.0	± 5'
Apr.												
Cliente	Trabalho de Conclusão de Curso		Escala:	Acabamento Geral		 Diedro		Des.	1/1			
Título	Direcionador de sementes		1:1			 Diedro		Dimensões em mm				
			OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.									



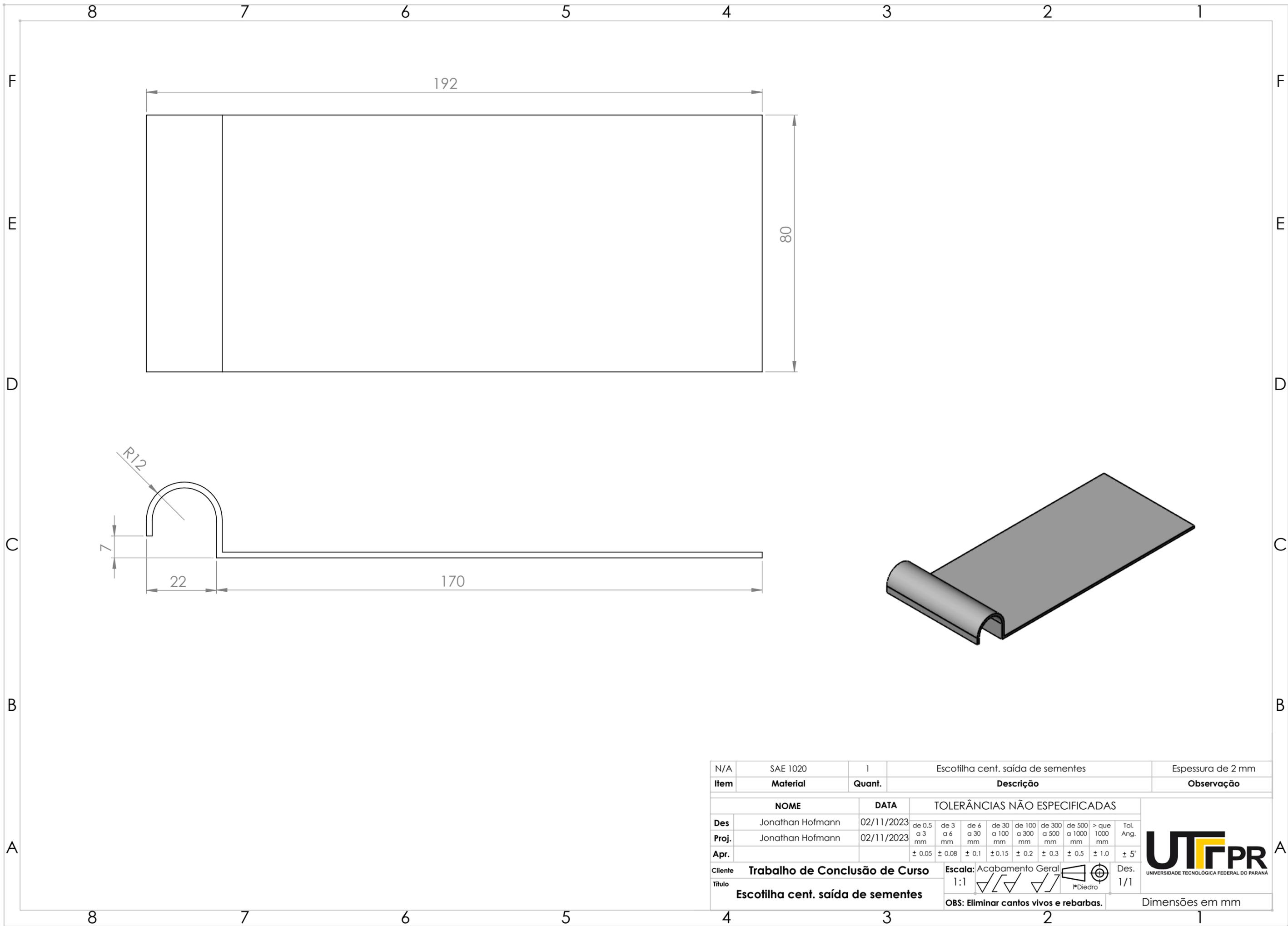
DETALHE J  
ESCALA 1 : 2



DETALHE K  
ESCALA 1 : 2

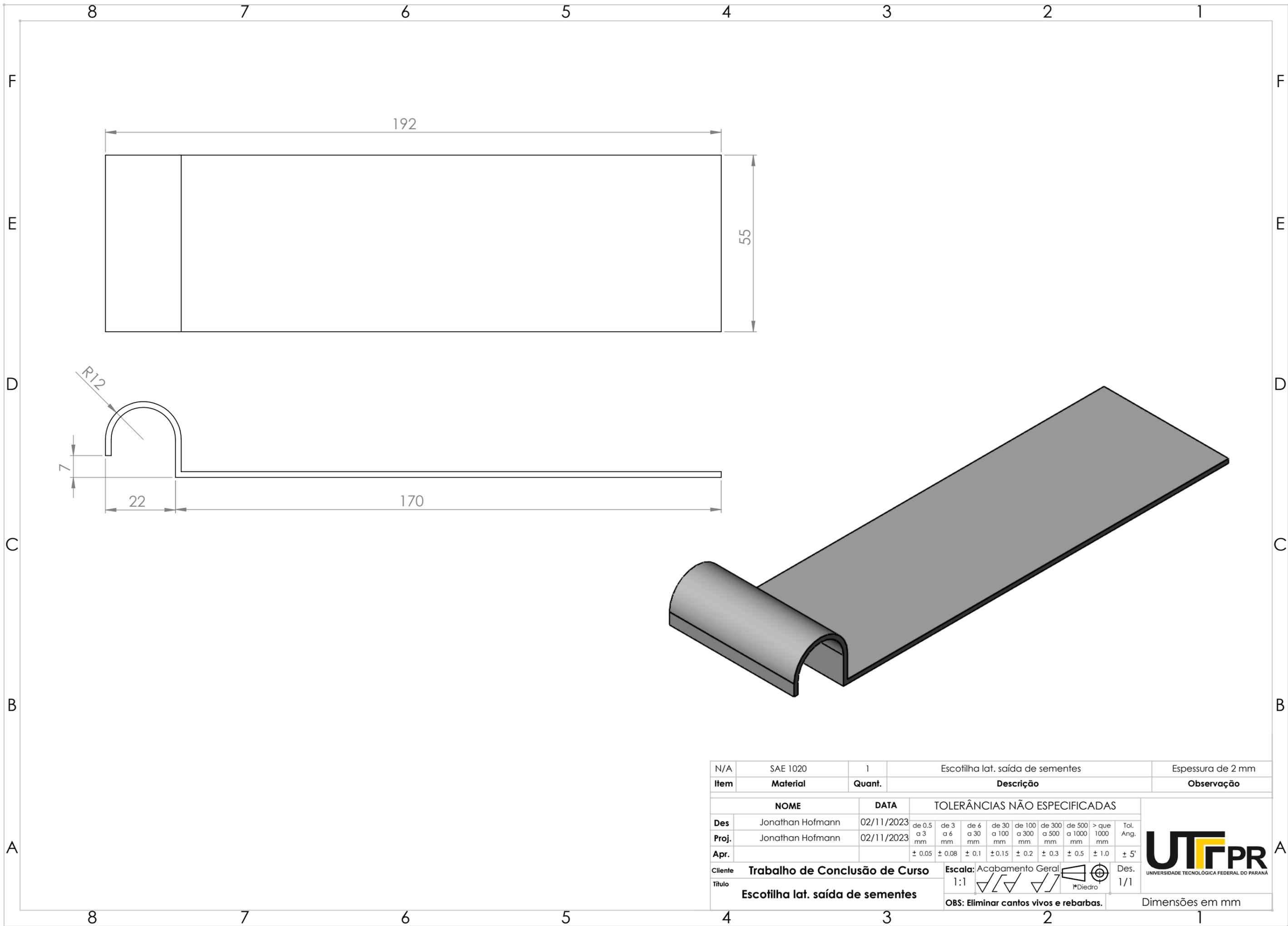
N/A	SAE 1020	1	Bica de saída de sementes		Espessura de 2 mm																													
Item	Material	Quant.	Descrição		Observação																													
NOME			DATA																															
Des			Jonathan Hofmann																															
Proj.			Jonathan Hofmann																															
Apr.																																		
Cliente			Trabalho de Conclusão de Curso																															
Título			Bica de saída de sementes																															
Escala:			Acabamento Geral																															
1:5																																		
OBS:			Eliminar cantos vivos e rebarbas.																															
Des.			1/1																															
Tol. Ang.			<table border="1"> <tr> <th colspan="2">TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS</th> <th colspan="2">Tol.</th> </tr> <tr> <td>de 0,5 a 3 mm</td> <td>de 3 a 6 mm</td> <td>de 6 a 30 mm</td> <td>de 30 a 100 mm</td> <td>de 100 a 300 mm</td> <td>de 300 a 500 mm</td> <td>de 500 a 1000 mm</td> <td>&gt; que 1000 mm</td> </tr> <tr> <td>± 0.05</td> <td>± 0.08</td> <td>± 0.1</td> <td>± 0.15</td> <td>± 0.2</td> <td>± 0.3</td> <td>± 0.5</td> <td>± 1.0</td> </tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td>± 5'</td> </tr> </table>				TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS		Tol.		de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 1.0								± 5'
TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS		Tol.																																
de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm																											
± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 1.0																											
							± 5'																											
Dimensões em mm																																		



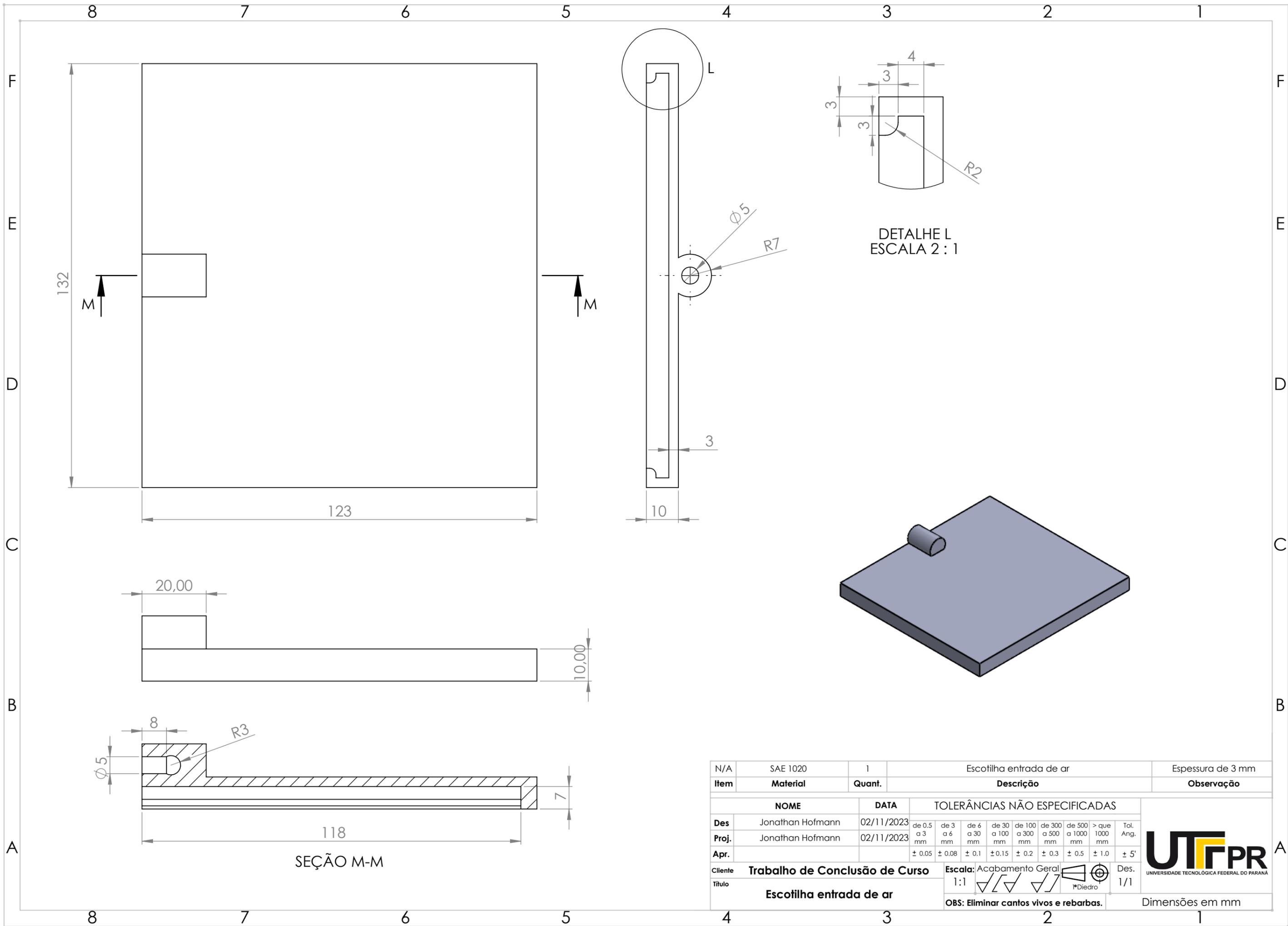


N/A	SAE 1020	1	Escotilha cent. saída de sementes							Espessura de 2 mm	
<b>Item</b>	<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>							<b>Observação</b>	
<b>Des</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	<b>TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS</b>								
<b>Proj.</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	Tol. Ang.
<b>Apr.</b>			± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 1.0	± 5'
<b>Cliente</b>	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		<b>Escala:</b>	Acabamento Geral				Des.		1/1	
<b>Título</b>	<b>Escotilha cent. saída de sementes</b>		1:1					Des.		1/1	
			<b>OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.</b>							Dimensões em mm	

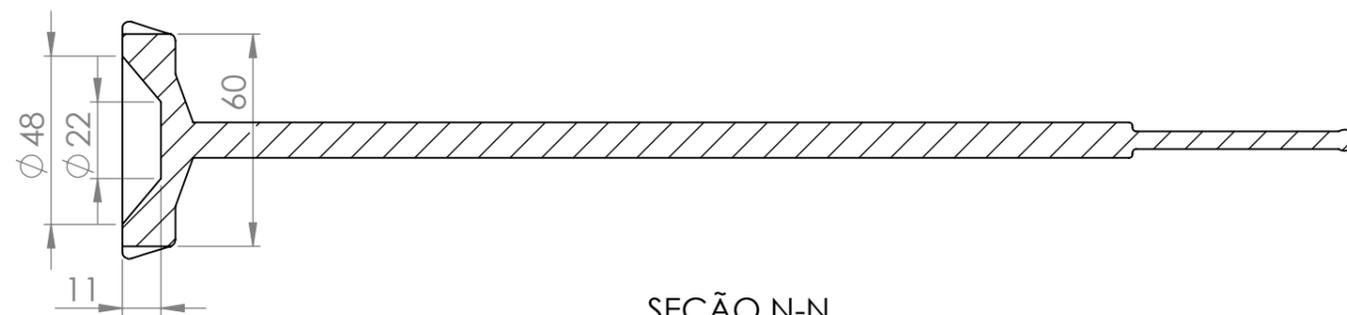
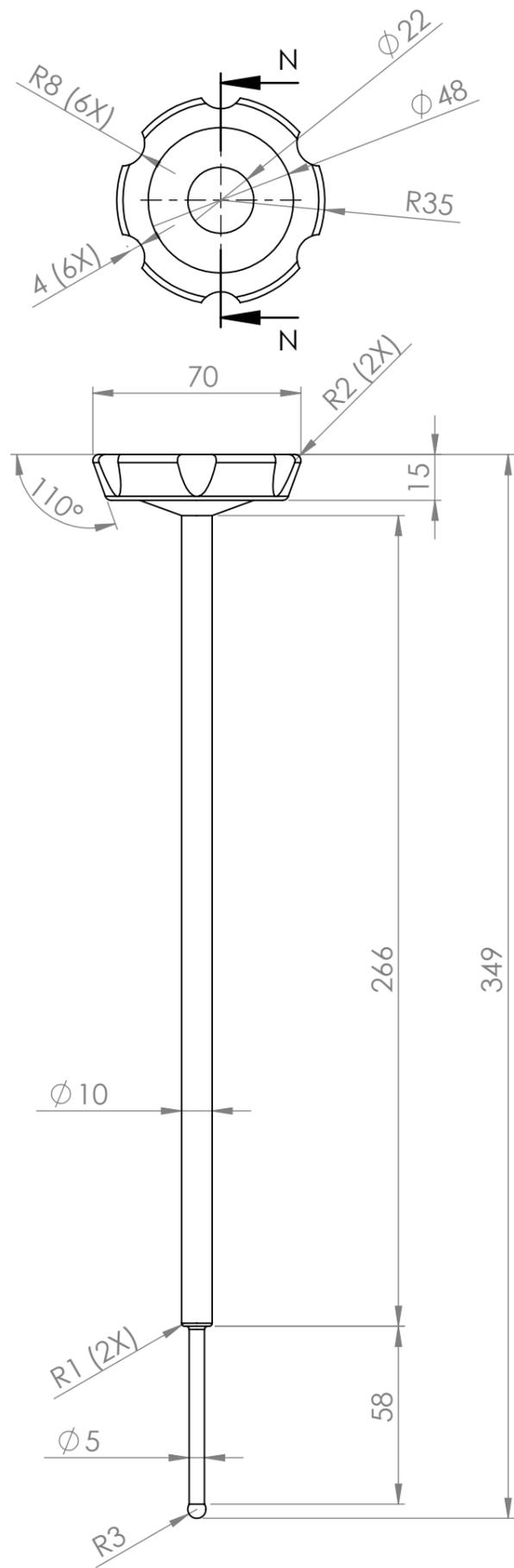




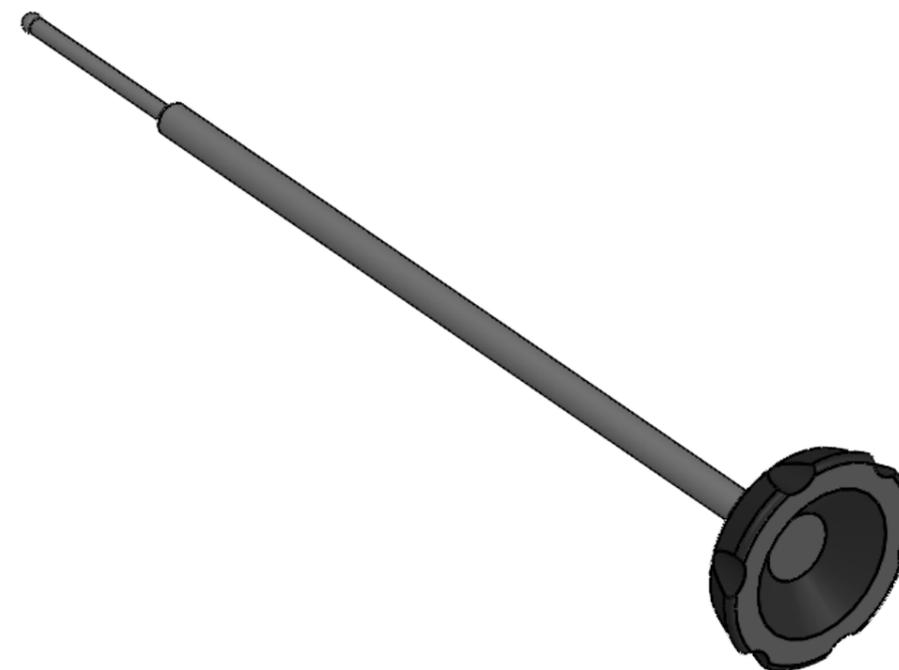
N/A	SAE 1020	1	Escotilha lat. saída de sementes						Espessura de 2 mm			
<b>Item</b>	<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>						<b>Observação</b>			
<b>Des</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS							 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		
<b>Proj.</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm		> que 1000 mm	Tol. Ang.
<b>Apr.</b>			± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5		± 1.0	± 5'
<b>Cliente</b>	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		<b>Escala:</b>	Acabamento Geral							Des. 1/1	
<b>Título</b>	<b>Escotilha lat. saída de sementes</b>		1:1						Dimensões em mm			
<b>OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.</b>												



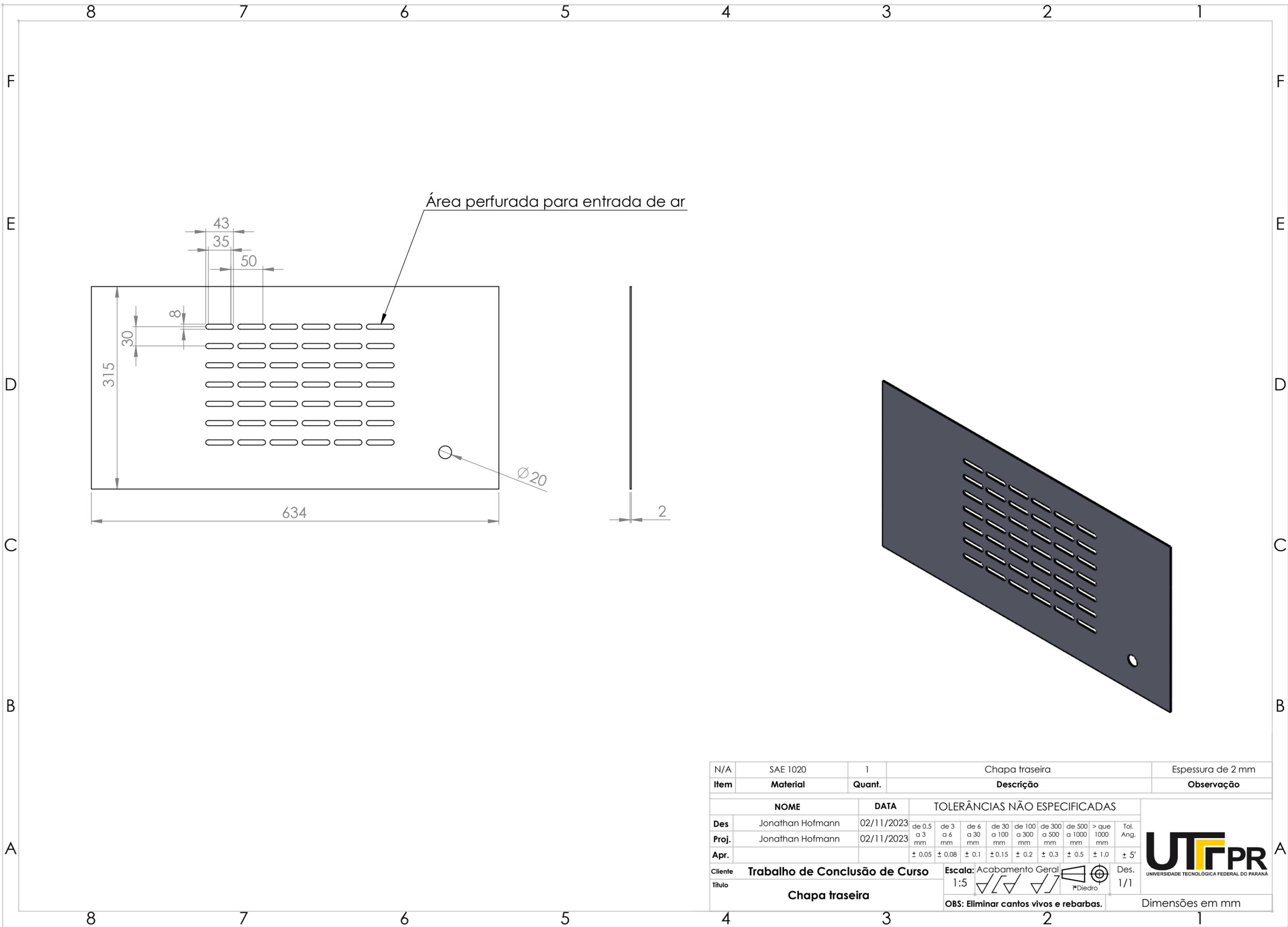
N/A	SAE 1020	1	Escotilha entrada de ar						Espessura de 3 mm				
Item	Material	Quant.	Descrição						Observação				
NOME		DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS						 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ				
Des	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm			de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	Tol. Ang.
Proj.	Jonathan Hofmann	02/11/2023	$\pm 0,05$	$\pm 0,08$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$			$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 5'$
Apr.													
Cliente	Trabalho de Conclusão de Curso		Escala:	Acabamento Geral				Des. 1/1					
Título	Escotilha entrada de ar		1:1				Dicro		Dimensões em mm				
			OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.										



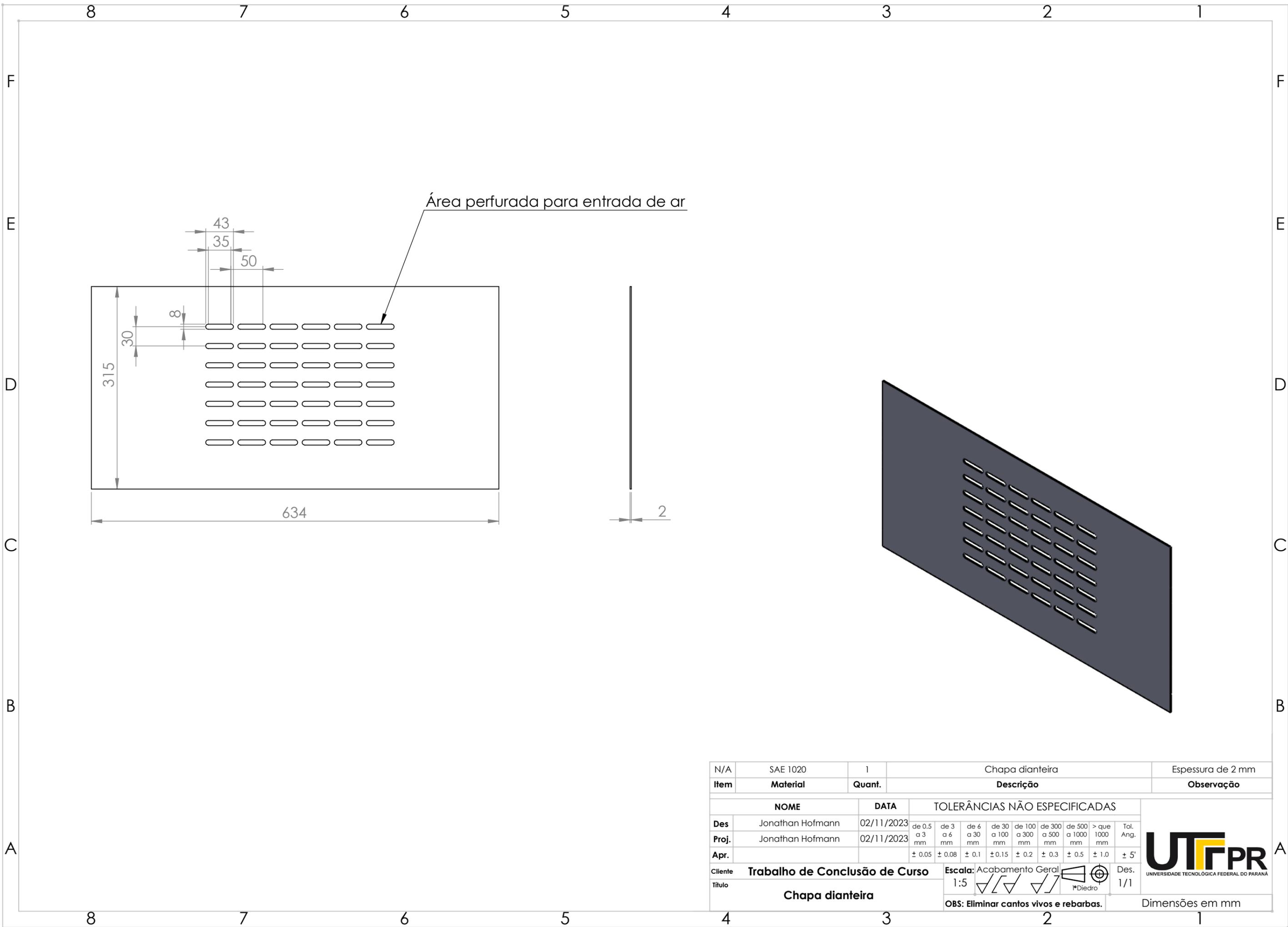
SEÇÃO N-N



N/A	Haste: SAE 1020 Volante: Nylon	1	Volante de regulagem de ar						N/A			
Item	Material	Quant.	Descrição						Observação			
<b>Des</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS						 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			
<b>Proj.</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm		de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	Tol. Ang.
<b>Apr.</b>			$\pm 0.05$	$\pm 0.08$	$\pm 0.1$	$\pm 0.15$	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$		$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$\pm 5'$
<b>Cliente</b>	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		Escala: Acabamento Geral						Des. 1/1			
<b>Título</b>	<b>Volante de regulagem de ar</b>		1:2						OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.			
Dimensões em mm												

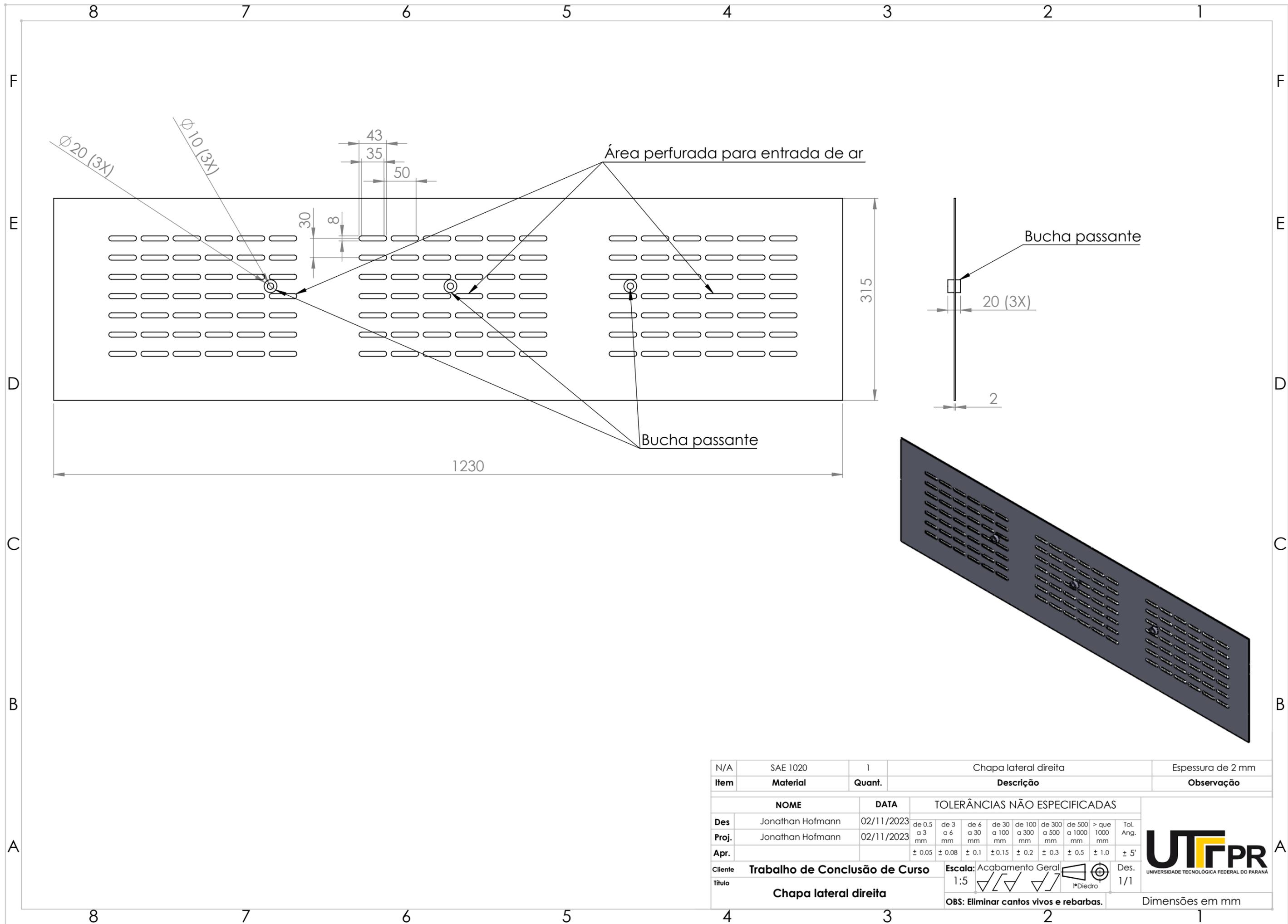


N/A	SAE 1020	1	Chapa traseira						Espessura de 2 mm			
<b>Item</b>	<b>Material</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>						<b>Observação</b>			
<b>NOME</b>		<b>DATA</b>	<b>TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS</b>							 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		
<b>Des</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm		> que 1000 mm	Tol. Ang.
<b>Proj.</b>	Jonathan Hofmann	02/11/2023	± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5		± 1.0	± 5'
<b>Apr.</b>												
<b>Cliente</b>	<b>Trabalho de Conclusão de Curso</b>		<b>Escala:</b>	Acabamento Geral		 Diedro		Des.		1/1		
<b>Título</b>	<b>Chapa traseira</b>		1:5		 Diedro		OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.		Dimensões em mm			



Área perfurada para entrada de ar

N/A	SAE 1020	1	Chapa dianteira						Espessura de 2 mm			
Item	Material	Quant.	Descrição						Observação			
NOME		DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS							 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		
Des	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm		> que 1000 mm	Tol. Ang.
Proj.	Jonathan Hofmann	02/11/2023	± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5		± 1.0	± 5'
Apr.												
Cliente	Trabalho de Conclusão de Curso		Escala:	Acabamento Geral						Des.	1/1	
Título	Chapa dianteira		1:5							OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.		
										Dimensões em mm		



N/A	SAE 1020	1	Chapa lateral direita						Espessura de 2 mm		
Item	Material	Quant.	Descrição						Observação		
NOME		DATA	TOLERÂNCIAS NÃO ESPECIFICADAS								
Des	Jonathan Hofmann	02/11/2023	de 0,5 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 6 a 30 mm	de 30 a 100 mm	de 100 a 300 mm	de 300 a 500 mm	de 500 a 1000 mm	> que 1000 mm	Tol. Ang.
Proj.	Jonathan Hofmann	02/11/2023	± 0.05	± 0.08	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 1.0	± 5'
Apr.											
Cliente	Trabalho de Conclusão de Curso		Escala:	Acabamento Geral				Des.		1/1	
Título	Chapa lateral direita		1:5								
			OBS: Eliminar cantos vivos e rebarbas.						Dimensões em mm		



