



PROJETO DE GRADUAÇÃO

SECAR
DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Kerolaine de Jesus Tavares

Brasília, Novembro de 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia

PROJETO DE GRADUAÇÃO
SECAR
DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Kerolaine de Jesus Tavares

*Relatório submetido ao Departamento de Engenharia
Mecânica como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro Mecânico*

Banca Examinadora

Prof. Aida Alves Fadel, ENM/UnB
Orientadora

Prof. Alberto Carlos G. C. Diniz, ENM/UnB
Examinador Interno

Prof. Antônio M. Dias Henriques, ENM/UnB
Examinador Interno

Um especialista é um homem que cometeu todos os erros que podem ser cometidos em um campo muito restrito.

Traduzido, Niels Bohr

Agradecimentos

É chegado ao fim de um ciclo com muitas risadas, lágrimas, felicidade e frustrações. Sendo assim, dedico este trabalho a todos que fizeram parte desta etapa da minha vida. Agradeço primeiramente aos meus pais Luiz Carlos Tavares da Silva e Simone Balbina Jesus, minhas irmãs Kariny de Jesus Tavares e Kelly de Jesus Tavares, minhas avós Adonira Balbina de Jesus e Lauzina Cesário da Silva. Particularmente, as minhas tias Catia Maria de Jesus, Dalva Maria de Jesus e Juliet Ludmila de Jesus Dias, a meu tio Manoel Gomes de Oliveira e meu amado padrinho Nilton Balbino de Jesus, pelo incentivo aos estudos, amor incondicional, atenção, apoio que eles me deram durante toda a minha vida e por compreenderem a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste projeto. Ao meu companheiro de estudo e namorado Daniel Pinheiro Melo que esteve ao meu lado incentivando e inspirando, através de gestos e palavras a superar todas as dificuldades impostas no decorrer dessa graduação. Aos meus colegas de curso Andressa da Cruz Oliveira, Késsia Tayná Azevedo Rodrigues da Silva, Nathália Holanda Dantas e Valter Alvares Gonzaga Filho, pelas trocas de ideias e ajuda mútua que permitiram que essa caminhada fosse mais alegre. Gratidão pela confiança depositada pela minha orientadora Aida Alves Fadel que dedicou seu tempo para sanar as minhas indagações, por me colocar na direção correta e sua amizade sincera. Também agradeço à Universidade de Brasília e ao seus docentes que incentivaram e contribuíram para meu desenvolvimento acadêmico, especialmente aos professores André Von Borries Lopes, Antonio Luiz de Melo, Antônio Manoel Dias Henriques, Alberto Carlos Guimarães Castro Diniz, Mariana Malard Sales Andrade, Maksym Ziberov, Otilie Eichler Vercillo, Paulo Petronilio Correia, Rafael Gabler Gontijo e Rogério César dos Santos que demonstraram estarem comprometidos com a qualidade e excelência de ensino. Finalmente, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste projeto de graduação.

Kerolaine de Jesus Tavares

RESUMO

Grande parte da população brasileira, de baixa renda, não possui recursos para a aquisição de máquinas de lavar, limitando-se a adquirir dispositivos de lavagem de roupa denominados “tanquinhos”, um produto 100% brasileiro, cujo custo é bastante inferior, cerca de 20% do valor de uma máquina de lavar, mas que não contam com o ciclo de secagem.

O presente trabalho visa o estudo, concepção e projeto de um dispositivo manual para secagem de roupa, destinado a usuários de “tanquinhos”, que representam 40% da população nacional. O projeto tem como premissa a limitação das dimensões de modo a permitir a armazenagem do dispositivo no interior do “tanquinho”.

O modelo proposto foi desenvolvido ao realizar o dimensionamento de seus componentes principais (manivela, parafuso de potência, viga e barra) em seguida utiliza-se o software SolidWorks para a concepção dos componentes do dispositivo.

Nota-se que não ocorre falha nos componentes pois, os fatores de segurança obtidos foram superior a fator de segurança de projeto. Contudo, ao analisar o modelo desenvolvido é importante destacar que esse apresentou dados promissores, que servem de base para outros projetos de aprimoramento do mesmo.

ABSTRACT

The majority of Brazilian population, is situated in a low incomming range, having no resourses to acquire washing machines. The option in such case is to purchase the so called “tanquinhos”, a brazilian invention, which costs about 20% of washing machine prices, but doesn´t perform centrifugation cicle.

This work aims the study, conception and desig, of a manual device able to perform centrifugation cicle, for attend the needs of “tanquinhos” users, that represents 40% of Brazil´s population. The project is premised on the to restrain the dimensions of unmounted device in order to fit the “tanquinho” interior, intending its storage.

The proposed model was developed by performing the dimensioning of its main components (crank, power screw, beam and bar) and then using SolidWorks software to design the device components.

Note that there is no failure in the components because the safety factors obtained were higher than the design safety factor. However, when analyzing the developed model, it is important to highlight that it presented promising data, which serve as a basis for other projects to improve it.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS	VII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	1
1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 OBJETIVOS GERAIS	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4 ESTRUTURA DO RELATÓRIO	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 HISTÓRICO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA LAVAGEM DE ROUPAS	3
2.1.1 TÁBUA DE LAVAR ROUPAS	3
2.1.2 TANQUINHO DE LAVAR ROUPAS	4
2.1.3 MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS	4
2.1.4 CENTRÍFUGA DE ROUPAS	6
3 ESPECIFICAÇÕES DO MODELO	8
3.1 DIMENSÕES DO TANQUINHO DE LAVAR ROUPAS	8
3.2 MÉTODO DE SECAGEM POR COMPRESSÃO	8
3.2.1 MODELOS	9
3.2.2 SOLUÇÃO ADOTADA	13
3.3 ERGONOMIA	13
4 DIMENSIONAMENTO	15
4.1 APRESENTAÇÃO GERAL DO MODELO	15
4.1.1 APRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES ESTRUTURAIS DO MODELO	16
4.2 ESPECIFICAÇÕES DO MATERIAL UTILIZADO	22
4.3 ANÁLISE DE FORÇAS E MOMENTOS	23
4.3.1 MANIVELA	23
4.3.2 PARAFUSO DE POTÊNCIA	26
4.3.3 VIGA	31

4.3.4	PARAFUSO DE FIXAÇÃO	33
4.3.5	BARRA	34
4.3.6	OUTROS COMPONENTES	37
5	OPERAÇÃO	38
5.1	UTILIZAÇÃO.....	38
6	CONCLUSÃO	40
	BIBLIOGRAFIA	41
	APÊNDICE.....	43
I	PARAFUSO DE POTÊNCIA	44
I.1	MEMORIAL DE CÁLCULO PARA ESCOAMENTO E FLAMBAGEM.....	44
I.2	MEMORIAL DE CÁLCULO PARA FADIGA.....	46
I	DESENHOS TÉCNICOS	48

LISTA DE FIGURAS

2.1	Lavagem de roupa com o auxílio de uma tábua de lavar. Fonte: (WIKIPÉDIA, 2012).	3
2.2	Tanquinho de lavar roupas. Fonte: (COLORMAQ, 2021).	4
2.3	Máquina de lavar roupa antigamente. Fonte: (COOPERMITI, 2021).	5
2.4	Máquina de lavar roupa contemporânea. Fonte: (MAGALU, 2021b).	6
2.5	Centrífuga de roupas. Fonte: (MAGALU, 2021a).	6
3.1	Modelo 1. Fonte: (HOTELEIROS, 2021).	9
3.2	Modelo 2. Fonte: Elaborado pela autora.	10
3.3	Modelo 3. Fonte: Elaborado pela autora.	11
3.4	Modelo 4. Fonte: Elaborado pela autora.	12
3.5	Forças exercidas perpendicularmente a uma superfície orientada à -45° , 0° , 45° e 90° em relação ao plano horizontal. A força de aplicação é representada por F_{push} e a força normal como F_y . Fonte: (JACINTO; ARMSTRONG; ZHOU, 2018).	14
4.1	Apresentação geral do modelo. Fonte: Elaborado pela autora.	15
4.2	Manivela. Fonte: Elaborado pela autora.	16
4.3	Parafuso de potência e o local de encaixe da manivela. Fonte: Elaborado pela autora.	17
4.4	Porca borboleta. Fonte: Elaborado pela autora.	18
4.5	Viga. Fonte: Elaborado pela autora.	18
4.6	Placa. Fonte: Elaborado pela autora.	19
4.7	Cesto interno. Fonte: Elaborado pela autora.	19
4.8	Cesto externo. Fonte: Elaborado pela autora.	20
4.9	Parafuso de fixação e a barra. Fonte: Elaborado pela autora.	21
4.10	Base de suporte. Fonte: Elaborado pela autora.	22
4.11	Manivela - Diagrama de corpo livre para balanço com carga de extremidade. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1017).	23
4.12	Manivela - Diagrama de corpo livre solucionado. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1017).	24
4.13	Manivela - Gráfico do esforço cortante. Fonte: Elaborado pela autora.	24
4.14	Manivela - Gráfico do momento fletor. Fonte: Elaborado pela autora.	25
4.15	Manivela - Gráfico de tensão normal. Fonte: Elaborado pela autora.	25
4.16	Viga - Diagrama de corpo livre para apoios fixos engastados com carga central. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1017).	31

4.17	Viga - Diagrama de corpo livre solucionado. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1017).	31
4.18	Viga - Gráfico dos esforços cortante. Fonte: Elaborado pela autora.....	32
4.19	Viga - Gráfico dos momentos fletor. Fonte: Elaborado pela autora.	32
4.20	Barra - Diagrama de corpo livre para balanço, carga axial e momento fletor. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1018).	34
4.21	Barra - Diagrama de corpo livre solucionado. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1018).	34
4.22	Barra - Gráfico da força normal. Fonte: Elaborado pela autora.....	35
4.23	Barra - Gráfico do momento fletor. Fonte: Elaborado pela autora.	35
4.24	Barra - Gráfico de tensão normal. Fonte: Elaborado pela autora.....	36
5.1	Montagem. Fonte: Elaborado pela autora.....	38

LISTA DE TABELAS

3.1	Dimensões de tanquinhos de lavar roupas.	8
3.2	Matriz de decisão.	13
3.3	Esforços máximos totais por orientação para os grupos masculino e feminino ao empurrar com a mão inteira (média \pm DP). Fonte: (JACINTO; ARMSTRONG; ZHOU, 2018).....	14
4.1	Modelo - dimensões principais.....	16
4.2	Manivela - dimensões principais.	16
4.3	Parafuso de potência - dimensões principais.	17
4.4	Encaixe da manivela - dimensões principais	17
4.5	Viga - dimensões principais.	18
4.6	Placa - dimensões principais	19
4.7	Cesto interno - dimensões principais.....	20
4.8	Cesto externo - dimensões principais.	21
4.9	Parafuso de fixação - dimensões principais.	21
4.10	Barra - dimensões principais.	21
4.11	Base de suporte - dimensões principais	22
4.12	Propriedades do aço inox 304. Fonte: (SYSTÈMES, 2018).....	23
4.13	Fatores para dimensionamento à fadiga.....	30

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área de seção transversal
C	Constante
C_{carreg}	Fator devido a solicitação
$C_{con.f}$	Nível de confiabilidade
C_{int}	Comprimento interno
C_{superf}	Fator de superfície
$C_{tamanho}$	Fator de tamanho
C_{temp}	Fator de temperatura
c	Magnitude máxima de y
d	Diâmetro
d_{braco}	Diâmetro do braço
d_c	Diâmetro médio do colar
d_n	Diâmetro nominal
d_p	Diâmetro primitivo
d_r	Diâmetro de raiz
E	Módulo de elasticidade
e	Eficiência
F	Força aplicada pelo ser humano para baixar a carga
F_{barra}	Força da barra
$F_{dispositivo}$	Força que o dispositivo pode aplicar
F_{humano}	Força que um humano pode exercer
$F_{parafuso}$	Força do parafuso de fixação
H_{int}	Altura interna
h	Espessura
I	Momento de inércia
K_f	Fator de concentração à fadiga
K_{fm}	Fator de concentração para as componentes médias de tensão
K_t	Fator geométrico (teórico) de concentração de tensão normal
L	Largura da rosca
L_{ef}	Comprimento efetivo
L_{int}	Largura interna

Lista de Símbolos

l	Comprimento
M	Momento fletor
M_{AB}	Momento fletor interno AB
M_B	Momento fletor da barra
M_{BC}	Momento fletor interno BC
$M_{parafuso}$	Momento do parafuso de fixação
M_1	Momento fletor na extremidade 1
M_2	Momento fletor na extremidade 2
N	Força normal
n_{barra}	Fator de segurança da barra
n_d	Fator de segurança de projeto
$n_{escoamento}$	Fator de segurança para o escoamento
n_{fadiga}	Fator de segurança para a fadiga
$n_{flambagem}$	Fator de segurança para a flambagem
$n_{manivela}$	Fator de segurança da manivela
$n_{parafuso}$	Fator de segurança do parafuso de fixação
n_{viga}	Fator de segurança da viga
P	Carga axial de compressão
P_{cr}	Carga crítica
p	Passo
R_1	Força de reação 1
R_2	Força de reação 2
r	Raio
S_e	Limite de resistência à fadiga corrigido
S'_e	Limite de resistência à fadiga
S_r	Índice de esbeltez
S_{rt}	Resistência à tração
S_y	Limite de escoamento
T_d	Torque para baixar a carga
T_{humano}	Torque que um humano pode exercer
V	Força cortante
V_{AB}	Força cortante AB
V_{BC}	Força cortante BC
V_{int}	Volume interno
w	Largura da viga
λ	Ângulo de avanço
ρ	Massa específica
σ_a	Tensão local alternada
$\sigma_{a_{nom}}$	Tensão alternada
σ_{eq}	Tensão equivalente de Von Mises
σ_m	Tensão local média

LISTA DE SÍMBOLOS

σ_{max}	Tensão máxima
σ_{max_c}	Máxima tensão de compressão
σ_{max_n}	Tensão normal devido a força axial
σ_{max_t}	Máxima tensão de tração
σ_{max_1}	Magnitude máxima de tensão de flexão da manivela
σ_{max_2}	Magnitude máxima de tensão de flexão da barra
$\sigma_{m_{nom}}$	Tensão média
σ_x	Tensão normal no eixo x
σ_z	Tensão normal no eixo z
σ_0	Tensão normal máxima para viga
τ_{yz}	Tensão cisalhante no eixo yz
μ	Coefficiente de atrito
μ_c	Coefficiente de atrito do colar

Capítulo 1

Introdução

Segundo Oliveira (2018), deixar de lavar roupa manualmente é o sonho de consumo da classe D, que engloba a fatia mais pobre da população. Os equipamentos utilizados para o processo de lavagem de roupas são tanquinhos e a máquinas de lavar roupas. Ao comparar o tanquinho com a máquina de lavar, nota-se que este executa o processo de lavagem de roupas, por um menor custo e com uma profundidade de limpeza mais eficiente, devido ao intenso processo de turbilhonamento da água. Entretanto, não possui o processo de centrifugação, sujeitando o usuário ao uso complementar da máquina de lavar para secagem ou ao fatigante processo de torção manual.

Neste cenário o presente projeto busca uma solução de baixo custo e sem necessidade de consumo de energia elétrica, que venha a suprir a lacuna do processo de secagem para o usuário de tanquinhos, ou ainda para aqueles que executam o processo manualmente.

De acordo com censo IBGE (GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015), 61,14% dos domicílios possuem máquina de lavar roupa (o censo não considera máquinas sem processo de centrifugação), ou seja, aproximadamente 40% lavam as roupas manualmente ou utilizam tanquinhos. Pode-se considerar que esse é o público alvo do produto.

1.1 Motivação

Antigamente, o trabalho de lavanderia era árduo e pesado. A roupa era então batida em pedras ou em uma tábua com o intuito de facilitar a remoção da sujeira e diminuir a necessidade de esfrega-las com as mãos. Após bater a roupa dava-se uma boa esfregada e a mesma era posta para quarar. Quarar refere-se a um espaço com gramado onde colocava-se a roupa com um pouco de sabão para ficar exposta ao sol com o intuito de clarear. Em seguida, a roupa era enxaguada, torcida e estendida para secar (LAVANDERIA, 2014).

Atualmente muita coisa mudou, as roupas são lavadas com o auxílio de tanquinhos ou máquinas de lavar roupa, o processo sofreu e sofre inúmeras transformações com o decorrer do tempo, entretanto nem mesmo o projeto mais avançado de máquina de lavar é capaz de garantir que o processo de limpeza seja eficaz. Ao reduzir as fases do processo primário foi necessário abrir mão,

ao menos parcialmente da qualidade da limpeza. Ao mesmo passo possuir uma máquina de lavar, dado o custo, não é acessível a todas as classes sociais.

Uma invenção brasileira, o tanquinho, veio atender a demanda por um produto barato e capaz de realizar, segundo avaliação de especialistas um processo de limpeza de melhor qualidade. Entretanto, esse equipamento não possui a fase de secagem da roupa (LAVANDERIA, 2014).

1.2 Definição do Problema

Projetar o modelo de um dispositivo manual de secagem de roupas para usuários de tanquinhos, respeitando condições dos usuários. Tendo como premissa a limitação das dimensões para que o dispositivo projetado possa ser armazenado no interior do tanquinho.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Gerais

Analisar, conceber e projetar o modelo de um dispositivo manual de secagem de roupas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudar e compreender os processos e funcionamento dos equipamentos disponíveis no mercado.
- Projetar o modelo do dispositivo utilizando o software SolidWorks.

1.4 Estrutura do Relatório

O presente relatório encontra-se subdividido em seis capítulos. O Capítulo 1 compreende a introdução, a definição do problema e os objetivos. No Capítulo 2 destaca-se a revisão bibliográfica, a qual discorre sobre o histórico dos equipamentos utilizados na lavagem de roupas. Em seguida, no Capítulo 3 é feita as especificações do modelo. O Capítulo 4 apresenta o dimensionamento e seleção dos elementos que compõem o modelo. O Capítulo 5 dedica-se a apresentação da operação do dispositivo. Por fim, no Capítulo 6 expõem-se as conclusões desse projeto de graduação.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Este capítulo apresenta o cenário no qual se insere o desenvolvimento desse trabalho, incluindo a evolução histórica de dispositivos de lavagem e secagem de roupas, bem como as soluções atualmente disponíveis no mercado, para efeito comparativo.

2.1 Histórico dos Equipamentos Utilizados na Lavagem de Roupas

Todos os dias surgem novidades que ajudam no dia a dia em casa, no trabalho ou em qualquer lugar. Lançamentos cada vez mais práticos, modernos e elegantes e que deixam o público atento aos comércios que sempre estão apresentando coisas novas. Sendo assim, torna-se necessário descrever sobre os equipamentos utilizados no processo de lavagem de roupas.

2.1.1 Tábua de Lavar Roupas

De acordo com University (2021), a tábua de lavar (Figura 2.1) é uma ferramenta projetada com o intuito de lavar roupas à mão. O processo de lavagem é semelhante a bater as roupas ou esfregá-las nas pedras.



Figura 2.1: Lavagem de roupa com o auxílio de uma tábua de lavar. Fonte: (WIKIPÉDIA, 2012).

Para usar a tábua de lavar deve-se mergulhar as roupas na água com sabão em um recipiente (balde ou pia por exemplo). Colocar a tábua de lavar no recipiente. Esfregar as roupas nas saliências da tábua de lavar, mergulhando-as na água até que a sujeira seja removida. Por fim, as roupas são enxaguadas, torcidas e estendidas para secar.

2.1.2 Tanquinho de Lavar Roupas

O tanquinho (Figura 2.2) é um produto 100% brasileiro, foi criado por Carlos Pereira da Silva, fundador da Colormaq. Surgiu diante da necessidade da criação de uma lavadora de baixo custo pois, a lavagem de roupas à mão é exaustivo e na década de 70 uma máquina de lavar era considerada um item de luxo. Inicialmente o tanquinho era produzido em aço, com a caixa interior de fibra, conforme evoluiu a chapa de aço foi substituída pelo plástico injetado. Também, a medida em que abriram caminho para automatização, o motor passou a ser mais potente (COLORMAQ, 2018).



Figura 2.2: Tanquinho de lavar roupas. Fonte: (COLORMAQ, 2021).

A lavagem do tanquinho se dá através do turbilhonamento, tal nomenclatura refere-se ao fato de que quando o batedor começa a girar, a água forma uma espécie de turbilhão dentro do tanquinho. Esse movimento proporciona maior atrito das roupas com as paredes do mesmo e as ondulações do batedor, fazendo com que o poder de limpeza seja eficiente, alcançando todas as áreas da peça de roupa. O tanquinho proporciona vantagens como ser compacto, menor custo benefício, economia elétrica e no consumo de água. É ideal para quem lava roupas pesadas ou muito sujas, pois o atrito gerado, permite uma limpeza profunda (COLORMAQ, 2018).

2.1.3 Máquina de Lavar Roupas

A máquina de lavar roupa também é conhecida como lavadora de roupa é uma máquina projetada para limpeza de roupas. De forma resumida, seu fundamento consiste num recipiente o qual é preenchido com água e por meio de um sistema mecânico que agita as peças de roupa a serem

lavadas. A Revolução Industrial impulsionou o desenvolvimento da máquina de lavar. Tem-se o registro de pedido de patente em 1671, anúncio em 1752 na *Gentlemen's Magazine* e pedido de patente de uma máquina rotativa em 1782, todas na Inglaterra. Contudo, somente com a invenção do motor elétrico no início do século XX que foi possível fazer uma máquina de lavar mais eficiente (WIKIPÉDIA, 2020). Na Figura 2.3 tem-se a representação de uma máquina de lavar roupa usando o processo mecânico.

A lavagem da máquina de lavar é dada através de reações químicas onde, coloca-se sabão em pó no dispensar, a água que vai encher a máquina vai diluindo o sabão para que ele comece o processo químico, retirando a sujeira das roupas. O atrito do agitador central é menor, se compararmos com o tanquinho, mas a eficiência de lavagem é praticamente a mesma, pois essas reações químicas dos produtos de limpeza permitem a limpeza profunda das peças de roupas. A máquina de lavar ocupa um pouco mais de espaço, possui a opção de centrifugar as roupas, que já saem quase secas e ficam por pouco tempo no varal (COLORMAQ, 2018).



Figura 2.3: Máquina de lavar roupa antigamente. Fonte: (COOPERMITI, 2021).

As máquinas contemporâneas são fabricadas em dois modelos básicos, com abertura frontal ou abertura superior. As com abertura superior, recebem a roupa em um cilindro montado verticalmente, com um agitador central e tem a tampa por cima. As máquinas com abertura frontal (Figura 2.4), possuem um cilindro montado horizontalmente, sem agitador central, mas com a porta estanque e com visor de vidro (WIKIPÉDIA, 2020).

Nos modelos contemporâneos existe a capacidade de lavar automaticamente, propélidos por motor elétrico, executando ciclos de lavagem, enxágue, centrifugação e pré programados de acordo com o tipo de roupa. O uso de componentes eletrônicos digitais atualmente substituem complexos sistemas mecânicos usados anteriormente para controlar a lavagem. Ligadas a um ponto de força elétrica, um ponto de entrada de água e uma saída para a água servida, com timer programável e depósito de sabão e amaciante, trabalham sem supervisão, lavando, enxaguando e retirando o excesso de água por centrifugação. Cabe salientar que, alguns modelos mais modernos também secam a roupa com ar quente após a lavagem e podem ainda, ter seu comando eletrônico ligado à

uma rede de computadores, permitindo acompanhamento e comando pela Internet (WIKIPÉDIA, 2020).



Figura 2.4: Máquina de lavar roupa contemporânea. Fonte: (MAGALU, 2021b).

2.1.4 Centrífuga de Roupas

A centrífuga de roupas (Figura 2.5) é uma máquina compacta e que deixa suas peças praticamente secas. Assim, são ótimas pra quem tem pouco espaço em casa e precisa que as roupas fiquem prontas para utilização. Caracterizada por ser um eletrodoméstico ideal pra quem usa o tanquinho ou o tanque para lavar as roupas. Não secam as peças tanto quanto uma secadora, mas as roupas saem do aparelho quase secas e ficando menos tempo no varal. Costumam ser leve, com mais ou menos 7 quilos, dá pra mudar essa máquina de posição sempre que necessário. Ainda, possui a vantagem de ser econômica isso, porque o aparelho leva entre 2 e 5 minutos pra centrifugar as roupas, ocorrendo economia de tempo e também de custo na conta de luz (MAGALU, 2021a).



Figura 2.5: Centrífuga de roupas. Fonte: (MAGALU, 2021a).

O funcionamento da centrífuga de roupas consiste em colocar dentro dela as peças lavadas e molhadas. Daí, ajusta-se o tempo de trabalho, que costuma ir até 5 minutos, e pronto. Sendo que, a maioria delas possuem desligamento automático. Vale lembrar que, é importante não ultrapassar

a capacidade de roupas da centrífuga, todas vêm com a indicação do peso que podem usar. Além disso, antes de colocar a roupa dentro da centrífuga tem que enxaguar bem as peças pra tirar todo produto de limpeza, como o sabão, por exemplo. E também, tem que distribuir as peças dentro dela por igual. Esses cuidados são fundamentais pra secagem ficar ótima (MAGALU, 2021a).

Capítulo 3

Especificações do Modelo

Características dimensionais do tanquinho de lavar roupa, o método de secagem por compressão e os conceitos ergonômicos para o desenvolvimento do modelo.

3.1 Dimensões do Tanquinho de Lavar Roupas

Um dos requisitos para o desenvolvimento do modelo é que este caiba quando desmontado no interior do tanquinho após sua utilização. Assim, para limitar as dimensões do modelo realizou-se uma coleta de dados de alguns modelos de tanquinhos disponíveis comercialmente conforme a Tabela 3.1. O volume interno é determinado como o volume de um paralelepípedo, logo:

$$V_{int} = H_{int} \cdot C_{int} \cdot L_{int} \quad (3.1)$$

Tabela 3.1: Dimensões de tanquinhos de lavar roupas.

Marca	Capacidade de Lavagem [kg]	Altura Interna (H_{int}) [mm]	Comprimento Interno (C_{int}) [mm]	Largura Interna (L_{int}) [mm]	Volume Interno (V_{int}) [L]
Wank	4	410	440	440	79,38
Suggar	5	550	450	500	123,75
Newmaq	10	570	470	470	125,91

Desta forma, para concepção do modelo é adotado os dados do tanquinho Newmaq.

3.2 Método de Secagem por Compressão

Considerando:

- i) a limitação de volume imposta pelas dimensões internas do tanquinho;
- ii) a necessidade de secar a maior quantidade possível de roupa, atendendo a limitação espacial.

Utiliza-se o método de compressão, que por sua característica quase-estática torna o processo mais simples. Assim, realiza-se um brainstorming para captação de ideias para o desenvolvimento

do dispositivo de secagem.

3.2.1 Modelos

Para a concepção inicial do dispositivo de secagem de roupa foram analisados quatro modelos.

Modelo 1

Na Figura 3.1 tem-se a apresentação dos detalhes do modelo de uma prensa de uva. Nota-se que:

- A manivela é centralizada em relação ao dispositivo, percorrerá um ângulo de 0° a 360° com o eixo vertical.
- O mecanismo de transmissão ocorre através de um parafuso de potência.
- O cesto interno é composto por rasgos em sua lateral e fundo promovendo uma drenagem melhor.

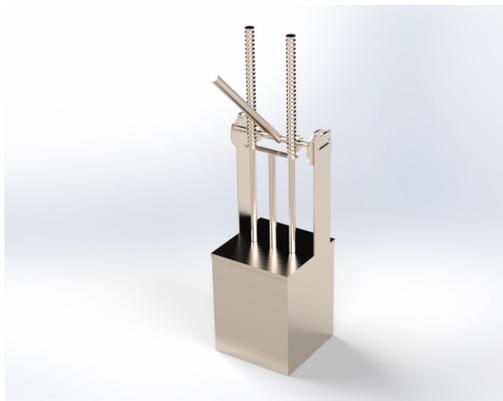


Figura 3.1: Modelo 1. Fonte: (HOTELEIROS, 2021).

Modelo 2

Na Figura 3.2 tem-se a apresentação dos detalhes do modelo 2. Nota-se que:

- A manivela é centralizada em relação ao dispositivo, percorrerá um ângulo de -30° a 60° com o eixo vertical.
- Existe duas cremalheiras.
- O mecanismo localizado no centro permite por meio do deslizamento de um pino em uma guia a aproximação e afastamento da engrenagem em relação a cremalheira. Deste modo, na primeira parte do ciclo há um engrenamento, promovendo o deslocamento da cremalheira para baixo e na segunda fase a manivela retorna a posição original sem que haja contato.
- É necessário uma catraca para garantir que a cremalheira não faça o movimento reverso.



(a) Visão geral



(b) Detalhe dos componentes internos



(c) Detalhe dos componentes de transmissão

Figura 3.2: Modelo 2. Fonte: Elaborado pela autora.

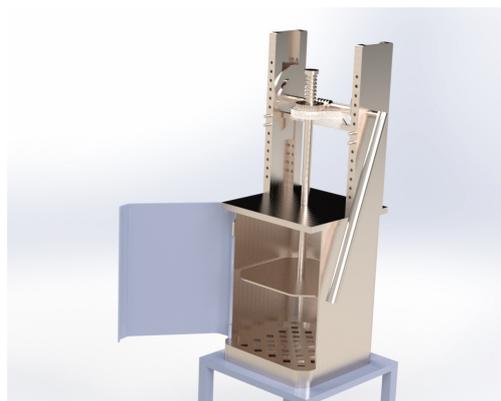
Modelo 3

Na Figura 3.3 tem-se a apresentação dos detalhes do modelo 3. Nota-se que:

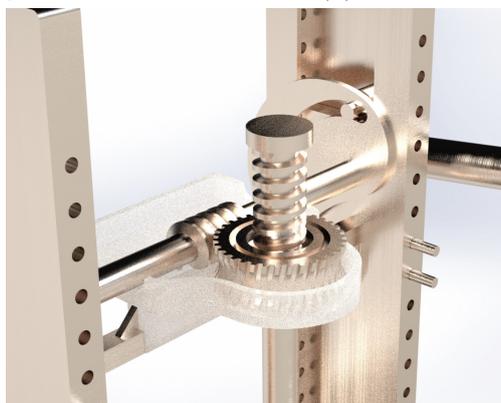
- A manivela é localizada na lateral em relação ao dispositivo, percorrerá um ângulo de -30° a 60° com o eixo vertical.
- Existe uma cremalheira e um parafuso de potência perpendiculares entre si. Bem como, a presença de um multiplicador de velocidade.
- O mecanismo localizado na lateral permite por meio do deslizamento de um pino em uma guia a aproximação e afastamento da engrenagem em relação a cremalheira. Deste modo, na primeira parte do ciclo há um engrenamento, promovendo o deslocamento da cremalheira para baixo e na segunda fase a manivela retorna a posição original sem que haja contato.
- Porta para realizar a abertura e o fechamento para colocação e retirada do cesto interno.
- É necessário uma catraca para garantir que a cremalheira não faça o movimento reverso.
- Esse modelo passa a prever a possibilidade de ajuste lateral na altura do mecanismo central, de modo que o dispositivo possa operar com variações no volume de roupa a ser secada.



(a) Visão geral



(b) Detalhe dos componentes internos



(c) Detalhe dos componentes de transmissão

Figura 3.3: Modelo 3. Fonte: Elaborado pela autora.

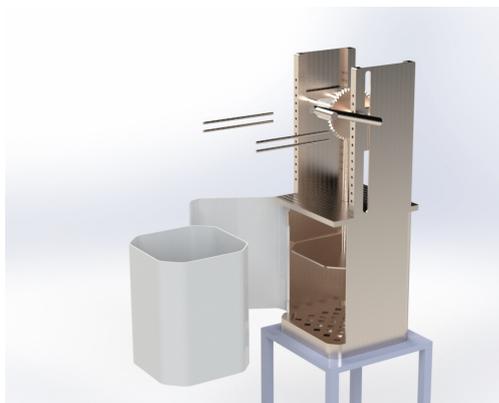
Modelo 4

Na Figura 3.4 tem-se a apresentação dos detalhes do modelo 4. Nota-se que:

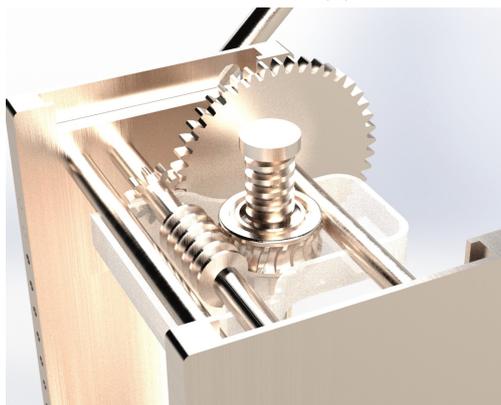
- A manivela é localizada na lateral em relação ao dispositivo, percorrerá um ângulo de 0° a 360° com o eixo vertical.
- Existe uma cremalheira e um parafuso de potência perpendiculares entre si. Bem como, a presença de um multiplicador de velocidade.
- Devido o ângulo percorrido a utilização do mecanismo de catraca e afastamento são dispensados.
- Porta para realizar a abertura e o fechamento para colocação e retirada do cesto interno.
- Esse modelo prevê a possibilidade de ajuste lateral na altura do mecanismo central, de modo que o dispositivo possa operar com variações no volume de roupa a ser secada.



(a) Visão geral



(b) Detalhe dos componentes internos



(c) Detalhe dos componentes de transmissão

Figura 3.4: Modelo 4. Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.2 Solução Adotada

Para avaliar qual era a melhor possibilidade a ser utilizada, foi construída uma matriz de decisão que levava em consideração três fatores:

- Drenagem de água: o cesto interno deve ser composto por rasgos e/ou furos para promover o escoamento da água quando ocorrer a compressão do tecido úmido.
- Mecanismo de transmissão: está relacionado a sistema de transmissão de potencia do modelo.
- Simplicidade: refere-se a quantidade de componentes que o modelo possui.

Associa-se um fator de peso a cada critério e então foi realizada uma avaliação subjetiva sobre a nota que cada sistema proposto teria dentro de cada critério. O fator de peso reflete quais aspectos foram considerados mais críticos e mais importantes.

A nota final de cada opção dentro do critério foi a média das avaliações. Essas notas foram somadas (levando em consideração o fator de peso de cada critério), tendo nota máxima igual a 1,0 ponto, onde, a maior nota significa uma melhor classificação.

A matriz de decisão está representada na Tabela 3.2 ao analisar as notas percebe-se que o modelo 1 atende melhor às necessidades do projeto para o desenvolvimento do dispositivo de secagem de roupas.

Tabela 3.2: Matriz de decisão.

CRITÉRIO	PESO	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
Drenagem de água	0,30	0,25	0,10	0,15	0,15
Mecanismo de transmissão	0,50	0,45	0,40	0,35	0,35
Simplicidade	0,20	0,15	0,15	0,10	0,12
TOTAL	1,00	0,85	0,65	0,60	0,62

3.3 Ergonomia

Para a definição das dimensões da secadora faz-se necessária a introdução de conceitos de ergonomia no desenvolvimento do modelo. Segundo Zafalão (2021), a ergonomia pode ser definida como “o estudo científico das relações entre homem e máquina e se preocupa com a segurança e eficiência do modo com que aqueles dois interagem entre si e com o meio”.

Através do estudo de (JACINTO; ARMSTRONG; ZHOU, 2018) é possível verificar a distribuição normal de força e postura de uma mão pressionando uma superfície plana. O estudo contou com a participação de 12 pessoas (6 homens e 6 mulheres), com faixa etária entre 19 e 25 anos, que realizaram a aplicação de forças perpendicular a uma placa em 4 ângulos na altura do cotovelo (Figura 3.5). Para os exercícios que envolviam aplicar a força, ou seja, empurrar com toda a mão foi obtido os dados da Tabela 3.3, em que DP refere-se a força da palma distal.

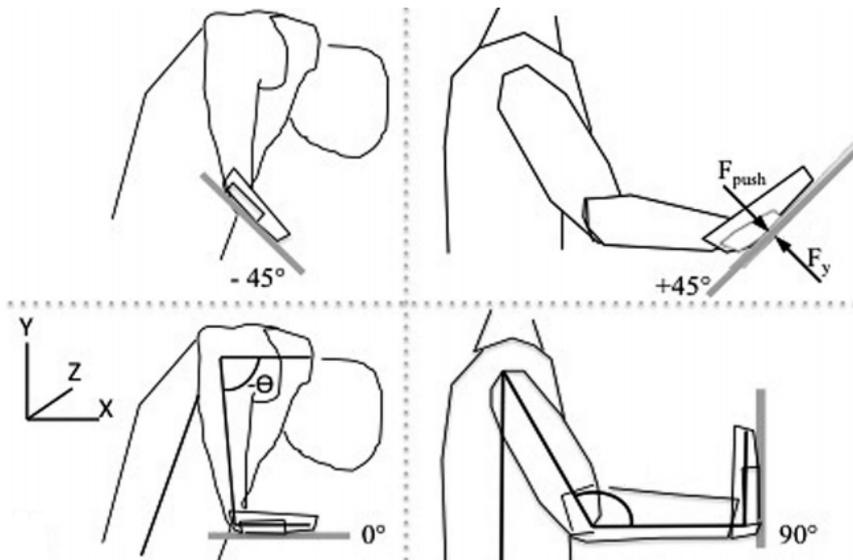


Figura 3.5: Forças exercidas perpendicularmente a uma superfície orientada à -45° , 0° , 45° e 90° em relação ao plano horizontal. A força de aplicação é representada por F_{push} e a força normal como F_y . Fonte: (JACINTO; ARMSTRONG; ZHOU, 2018).

Tabela 3.3: Esforços máximos totais por orientação para os grupos masculino e feminino ao empurrar com a mão inteira (média \pm DP). Fonte: (JACINTO; ARMSTRONG; ZHOU, 2018).

Orientação [°]	Esforços Máximos do Grupo Masculino [N]	Esforços Máximos do Grupo Feminino [N]	Esforços Máximos Totais Agrupados [N]
-45	84,3 \pm 17,0	86,4 \pm 21,5	85,6 \pm 9,0
0	198,8 \pm 33,3	128,5 \pm 29,4	164,0 \pm 44,5
45	154,4 \pm 21,1	132,2 \pm 11,6	142,2 \pm 38,7
90	252,1 \pm 38,7	142,5 \pm 42,7	198,3 \pm 54,8

Assim, para determinação da força empregada para a concepção do modelo, adotou-se a força máxima como 85,6 N para o pior caso com orientação de -45° para o esforços máximos totais agrupados, esses dados foram obtidos através da Tabela 3.3.

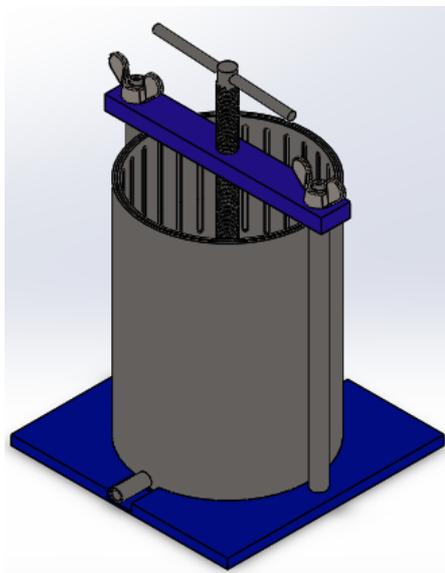
Capítulo 4

Dimensionamento

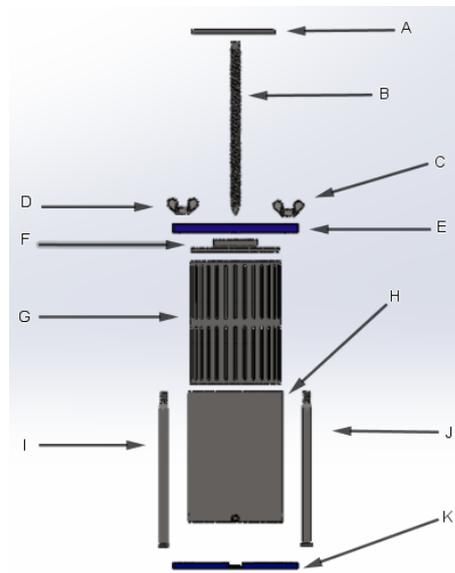
Esse capítulo apresenta o dimensionamento.

4.1 Apresentação Geral do Modelo

Na Figura 4.1 tem-se a representação geral do dispositivo de secagem, que foi realizado com o auxílio do software SoliWorks. Onde, as letras da Figura 4.1 (b) possuem o seguinte significados: A - Manivela, B - Parafuso de potência e o encaixe da manivela, C e D - Porca borboleta, E - Viga, F - Placa, G - Cesto interno, H - Cesto externo, I e J - Parafuso de fixação e a barra, e K - Base de suporte. Na Tabela 4.1 tem-se a especificação de suas dimensões principais.



(a) Perspectiva isométrica



(b) Componentes

Figura 4.1: Apresentação geral do modelo. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.1: Modelo - dimensões principais.

Altura	687 mm
Comprimento	450 mm
Largura	450 mm

4.1.1 Apresentação dos Componentes Estruturais do Modelo

Nesta seção é especificado os elementos estruturais que compõem o dispositivo de secagem. Os componentes foram criados com o auxílio do software SoliWorks, seus desenhos técnicos estão disponíveis no Apêndice I.

4.1.1.1 Manivela

A manivela é um mecanismo simples que liga-se a um encaixe o qual encontra-se conectado ao parafuso de potência. Sua função consiste na conversão da força aplicada por uma pessoa em torque que é transmitido para o parafuso de potência. Na Tabela 4.2 tem-se a especificação de suas dimensões principais.

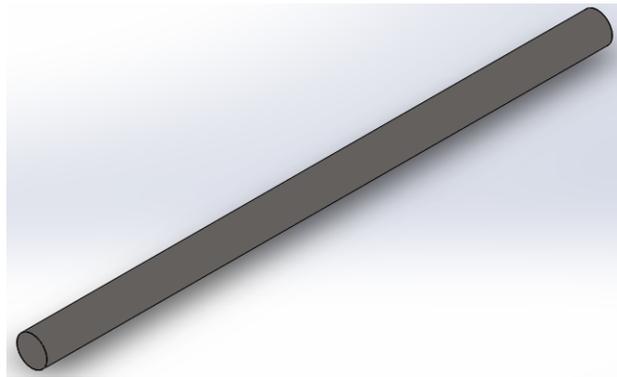


Figura 4.2: Manivela. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.2: Manivela - dimensões principais.

Diâmetro	16 mm
Comprimento	300 mm

4.1.1.2 Parafuso de Potência e o Encaixe da Manivela

O parafuso de potência (Figura 4.3) recebe o torque da manivela, convertendo-o em carga para baixar a placa. A ligação física entre o parafuso de potência e a placa ocorre através do colar. Salienta-se que a ponta do parafuso de potência possui um formato cônico por promover a redução do torque devido ao atrito do colar para que seja evitado um escoamento em sua ponta. Nas Tabelas 4.3 e 4.4 tem-se a especificação de suas dimensões principais.

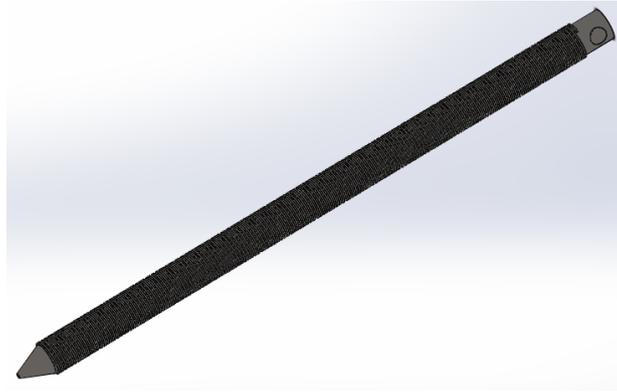


Figura 4.3: Parafuso de potência e o local de encaixe da manivela. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.3: Parafuso de potência - dimensões principais.

Diâmetro nominal	30 mm
Diâmetro de raiz	26,5 mm
Diâmetro primitivo	28,25 mm
Passo	3,5 mm
Ângulo de avanço	0,039 rad
Comprimento	560 mm
Diâmetro do colar	26,5 mm
Comprimento do colar	30 mm

Tabela 4.4: Encaixe da manivela - dimensões principais

Diâmetro	26,5 mm
Diâmetro do furo	16 mm
Comprimento	38 mm

4.1.1.3 Porca Borboleta

Para que não haja necessidade de utilizar ferramentas para a desmontagem do dispositivo de secagem, seleciona-se a porca borboleta M24 (Figura 4.4) por facilitar os apertos manuais. Além da porca, garantir maior eficiência na fixação, do conjunto (parafuso, porca e peça).

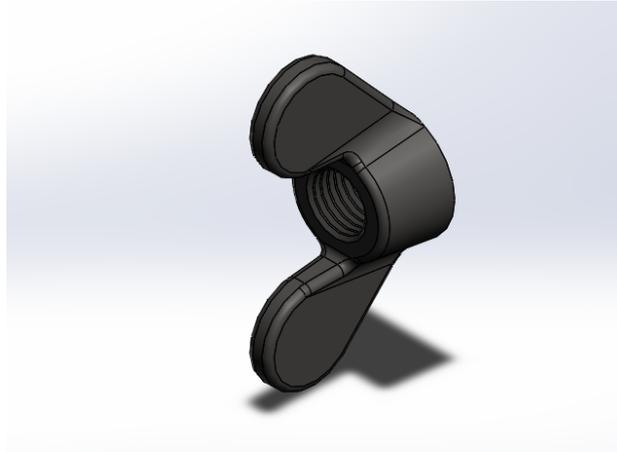


Figura 4.4: Porca borboleta. Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.1.4 Viga

A viga (Figura 4.5) serve como suporte para o parafuso de potência e para o conjunto parafusos de fixação e barra. Na Tabela 4.5 tem-se a especificação de suas dimensões principais.

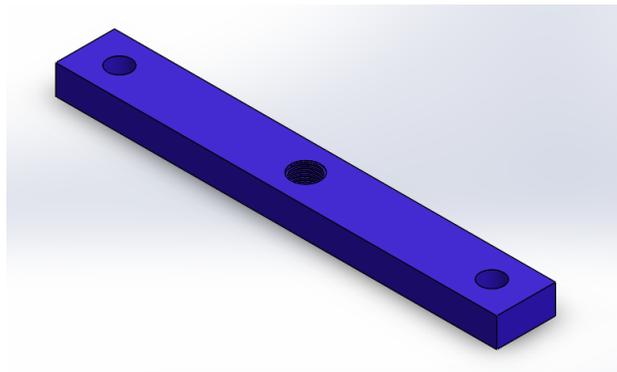


Figura 4.5: Viga. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.5: Viga - dimensões principais.

Comprimento	450 mm
Espessura	30 mm
Largura	60 mm
Diâmetro do furo central (rosca)	30 mm
Diâmetro dos furos laterais	24 mm

4.1.1.5 Placa

A placa (Figura 4.6) realiza o contato entre as roupas dispostas dentro do cesto interno. Também é responsável pela realização da distribuição de pressão. Na Tabela 4.6 tem-se a especificação

de suas dimensões principais.

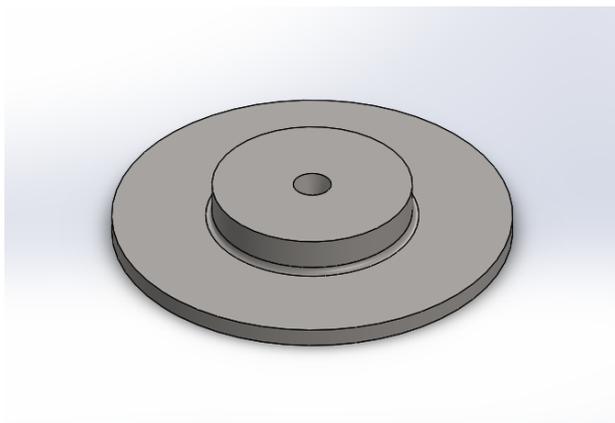


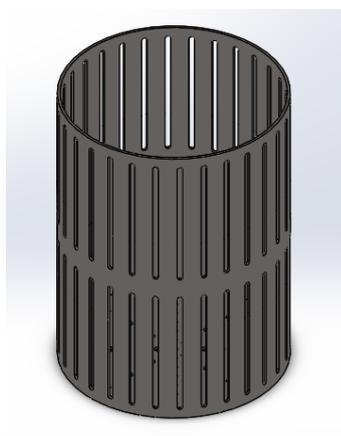
Figura 4.6: Placa. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.6: Placa - dimensões principais

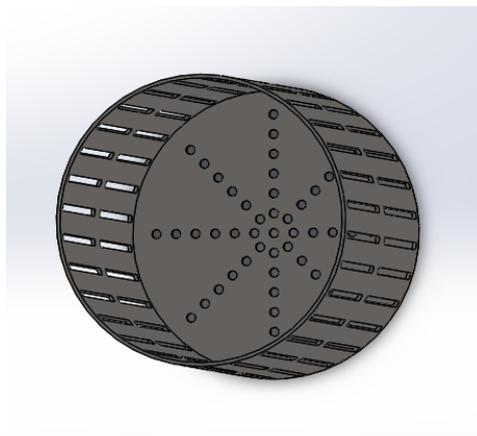
Altura total	45 mm
Diâmetro do furo maior	26,5 mm
Diâmetro do furo menor	5 mm
Diâmetro da superfície superior	158,5 mm
Diâmetro da superfície inferior	317,5 mm
Raio do filete	5 mm

4.1.1.6 Cesto Interno

As roupas devem ser dobradas e inseridas uniformemente dentro do cesto interno (Figura 4.7). Ao comprimir as roupas os rasgos laterais e os furos na parte inferior do cesto interno servem para que ocorra a drenagem da água. Na Tabela 4.7 tem-se a especificação de suas dimensões principais.



(a) Detalhe dos rasgos laterais



(b) Detalhe dos furos

Figura 4.7: Cesto interno. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.7: Cesto interno - dimensões principais

Altura		446 mm
Diâmetro		325 mm
Espessura		4 mm
Rasgos laterais	Altura	185 mm
	Largura	8 mm
	Raio	4 mm
Diâmetro dos furos		10 mm

4.1.1.7 Cesto Externo

O cesto externo (Figura 4.8) é composto por furos em sua parte inferior os quais, devem ser concêntricos com os furos do cesto interno. Desta forma, após o processo de compressão, a água que é desprendida das roupas escoar por uma inclinação por uma saída lateral. Na Tabela 4.8 tem-se a especificação de suas dimensões principais.

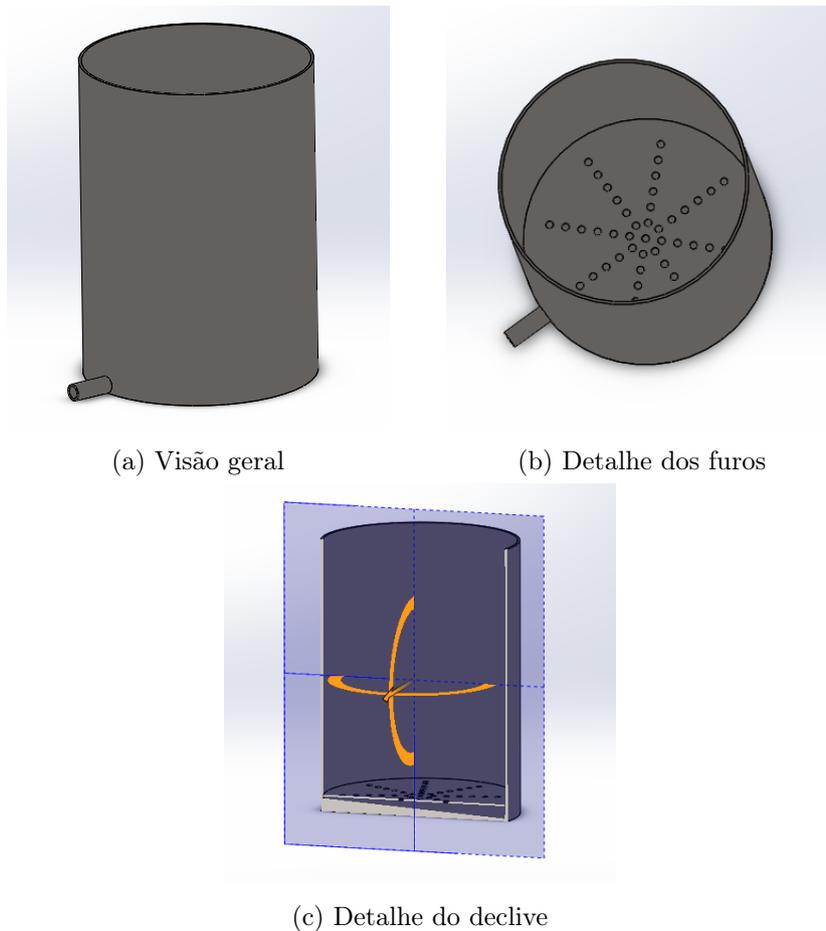


Figura 4.8: Cesto externo. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.8: Cesto externo - dimensões principais.

Altura		475 mm
Diâmetro		340 mm
Espessura		4 mm
Tubo de drenagem	Comprimento	60,46 mm
	Diâmetro	25 mm
	Espessura	3,5 mm
Diâmetro dos furos		10 mm
Declive		3,88°

4.1.1.8 Parafuso de Fixação e a Barra

Os parafusos de fixação recebem a carga advinda da viga. Já, as barras recebem a carga oriunda do parafuso de fixação. Seleciona-se os parafuso M24x3 com classe de resistência de 6,9. Nas Tabelas 4.9 e 4.10 tem-se a especificação de suas dimensões principais.

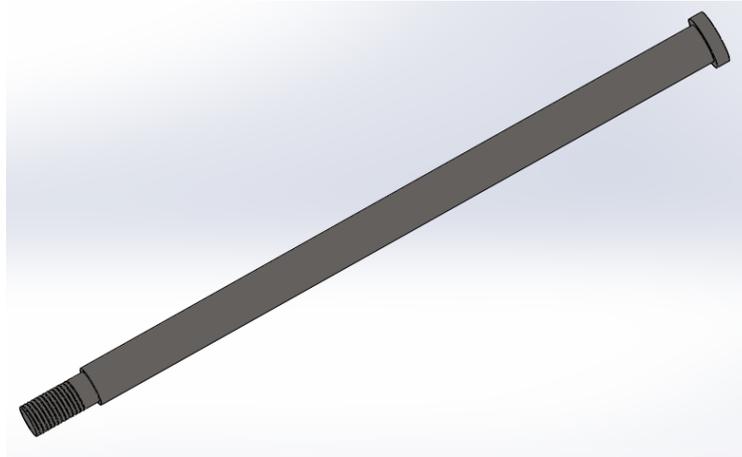


Figura 4.9: Parafuso de fixação e a barra. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.9: Parafuso de fixação - dimensões principais.

Comprimento	51 mm
Diâmetro nominal	24 mm
Diâmetro de raiz	20,70 mm

Tabela 4.10: Barra - dimensões principais.

Comprimento		500 mm
Diâmetro		30 mm
Cabeça da barra	Diâmetro	40 mm
	Comprimento	10 mm

4.1.1.9 Base de Suporte

A base tem a função de suportar todos os componentes do modelo. Na Tabela 4.11 tem-se a especificação de suas dimensões principais.

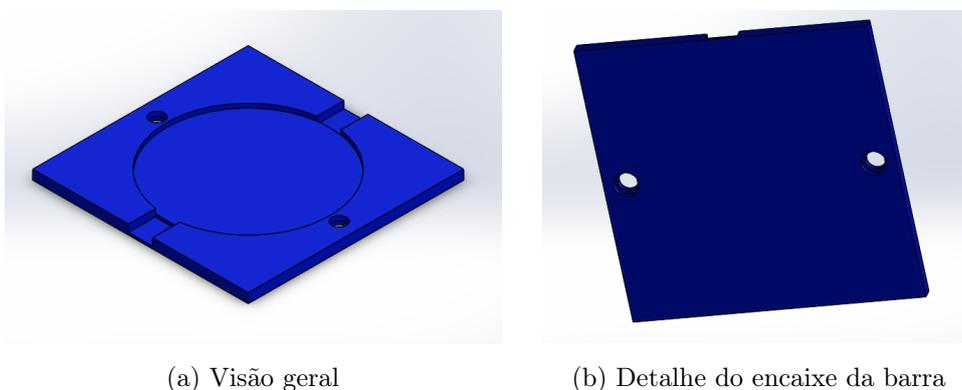


Figura 4.10: Base de suporte. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4.11: Base de suporte - dimensões principais

Altura	20 mm	
Comprimento	450 mm	
Largura	450 mm	
Díâmetro dos furos	30 mm	
Raio do rebaixo	170 mm	
Rebaixo retangular	Altura	6 mm
	Comprimento	56,85 mm
	Largura	50 mm

4.2 Especificações do Material Utilizado

O material utilizado no dispositivo de secagem de roupas é o Aço Inox 304 que é conhecido também pelas normas como 1.4301 DIN (Alemanha) ou X 5 CrNi 18-10 EN (Europa). De acordo com Ferneto (2021), dentro da grande variedade de tipos de aço inoxidável, esse aço destaca-se, é o mais popular dos aços austeníticos e possui excelente resistência à corrosão, capacidade de conformação e soldabilidade. Suas propriedades estão dispostas na Tabela 4.12.

Tabela 4.12: Propriedades do aço inox 304. Fonte: (SYSTEMES, 2018).

PROPRIEDADE	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADE
Limite de escoamento	S_y	400	MPa
Módulo de elasticidade	E	200	GPa
Massa específica	ρ	7900	kg/m^3
Resistência à tração	S_{rt}	600	MPa

4.3 Análise de Forças e Momentos

Nesta seção é especificado as forças e momentos dos principais componentes: parafuso de potência, viga, parafuso de fixação e barra.

Para o dimensionamento desses componentes adota-se um fator de segurança de projeto (n_d) igual a 2.

4.3.1 Manivela

Para a descoberta das forças e momentos da manivela realiza-se um diagrama de corpo livre conforme a Figura 4.11 onde, $l = 300$ mm, a força que o humano pode aplicar é $F_{humano} = 85,6$ N.

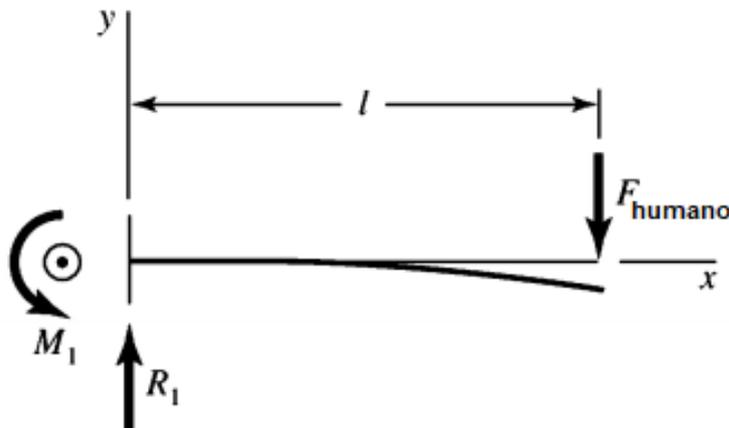


Figura 4.11: Manivela - Diagrama de corpo livre para balanço com carga de extremidade. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1017).

Então, a força de reação R_1 é dada por:

$$R_1 = F_{humano} \iff R_1 = 85,6 \text{ N} \quad (4.1)$$

O momento fletor na extremidade M_1 é obtidos por:

$$M_1 = F_{humano} \cdot l \iff M_1 = 85,6 \cdot 300 \iff M_1 = 25680 \text{ N.mm} \quad (4.2)$$

Na Figura 4.12, tem-se a representação das forças e momentos calculados.

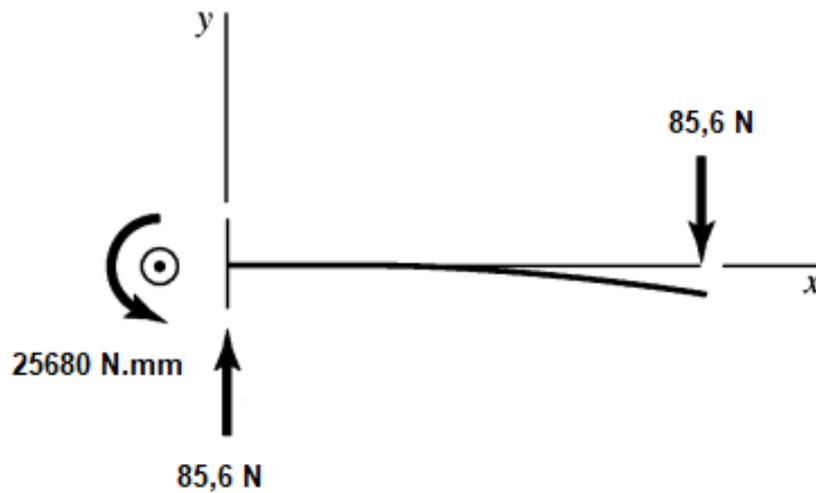


Figura 4.12: Manivela - Diagrama de corpo livre solucionado. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1017).

A força cortante V é:

$$V = F_{humano} \iff V = 85,6 \text{ N} \quad (4.3)$$

Assim, pode-se fazer o gráfico da força cortante, conforme a Figura 4.13.

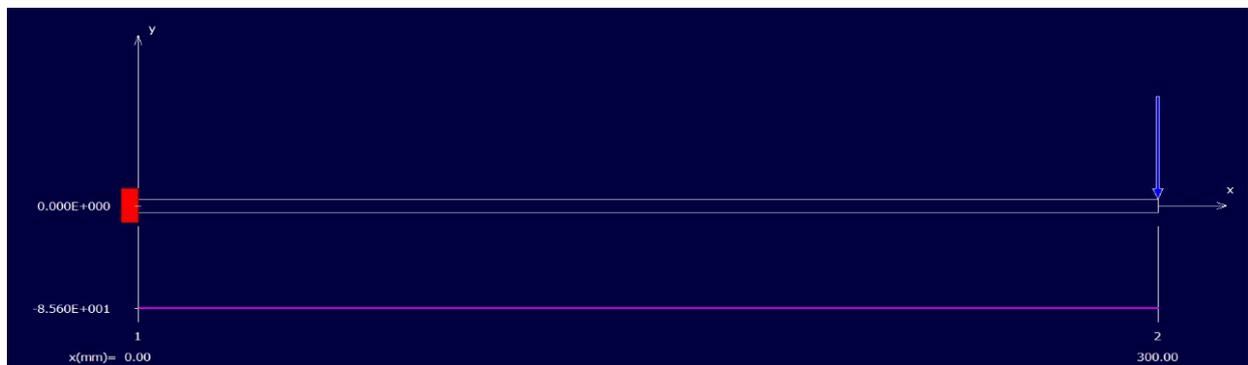


Figura 4.13: Manivela - Gráfico do esforço cortante. Fonte: Elaborado pela autora.

O momento fletor interno é igual a:

$$M = F_{humano} \cdot (x - l) \iff M = 85,6 \cdot (x - 300) \iff M = 85,6 \cdot x - 25680 \text{ N.mm} \quad (4.4)$$

Logo, pode-se fazer o gráfico de momento fletor, conforme a Figura 4.14.

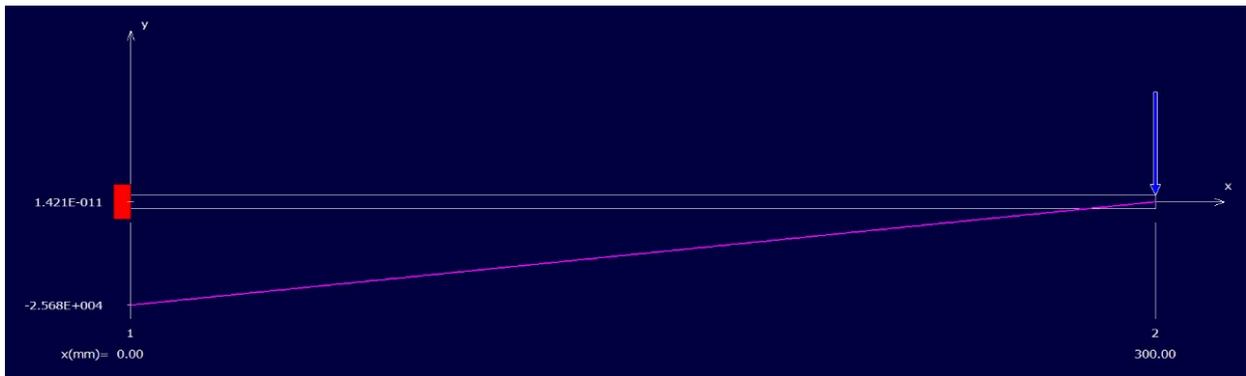


Figura 4.14: Manivela - Gráfico do momento fletor. Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, a magnitude máxima de tensão de flexão (σ_{max_1}) é dada por:

$$\sigma_{max_1} = \frac{M \cdot c}{I} \iff \sigma_{max_1} = \frac{M \cdot r}{I} \quad (4.5)$$

Onde, c é a magnitude máxima de y , M o momento fletor, I o momento de inércia e r o raio da manivela. Para uma seção circular o momento de inércia é:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{4} \iff I = \frac{\pi \cdot 16^4}{64} \iff I = 3216,99 \text{ mm}^4 \quad (4.6)$$

Assim, ao substituir os dados na equação 4.5 obtém-se:

$$\sigma_{max_1} = \frac{25680 \cdot 8}{3216,99} \iff \sigma_{max_1} \cong 63,86 \text{ MPa} \quad (4.7)$$

Desta forma, na Figura 4.15 tem-se o gráfico da tensão normal devido ao momento fletor.

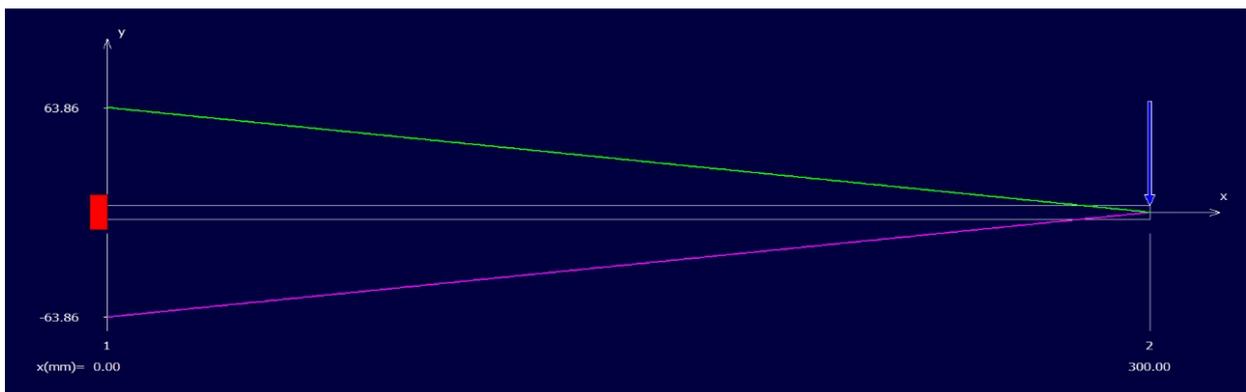


Figura 4.15: Manivela - Gráfico de tensão normal. Fonte: Elaborado pela autora.

Então, o fator de segurança para escoamento da manivela é obtido como:

$$n_{manivela} = \frac{S_y}{\sigma_{max_1}} \iff n_{manivela} = \frac{400}{63,86} \iff n_{manivela} \cong 6,26 \quad (4.8)$$

Assim, conclui-se que não haverá falha devido ao escoamento pois $n_{manivela} > n_d$.

4.3.2 Parafuso de Potência

Nesta seção é realizado o dimensionamento estático, para flambagem e fadiga do parafuso de potência.

No dimensionamento estático toda estrutura do parafuso de potência é considerado já, para o para o dimensionamento a flambagem e dimensionamento a fadiga (vida infinita) considera-se somente o corpo do parafuso. Para a realização desses dimensionamentos utiliza-se códigos em Python disponível no Apêndice I.

4.3.2.1 Dimensionamento Estático

Emprega-se o perfil de rosca quadrada por ser aplicada em parafusos que sofrem grandes esforços e choques na transmissão assim, cita-se por exemplo sua utilização em prensas e morsas (GALDINO, 2014).

Segundo Budynas e Nisbett (2011, pp. 395–398), para um diâmetro nominal de $d_n = 30$ mm e passo igual a $p = 3,5$ mm tem-se que as expressões para determinar os diâmetros de raiz (d_r) e primitivo (d_p) para rosca quadrada, como sendo respectivamente:

$$d_r = d_n - p \iff d_r = 30 - 3,5 \iff d_r = 26,5 \text{ mm} \quad (4.9)$$

$$d_p = d_n - \frac{p}{2} \iff d_p = 30 - \frac{3,5}{2} \iff d_p = 28,25 \text{ mm} \quad (4.10)$$

Para uma rosca simples a largura da rosca (L) é dada por:

$$L = p \iff L = 3,5 \text{ mm} \quad (4.11)$$

De acordo com Norton (2013, pp. 868–871), o ângulo de avanço (λ) é igual a:

$$\lambda = \text{tg}^{-1} \cdot \left(\frac{p}{\pi \cdot d_p} \right) \iff \lambda = \text{tg}^{-1} \cdot \left(\frac{3,5}{\pi \cdot 28,25} \right) \iff \lambda \cong 0,039 \text{ rad} \quad (4.12)$$

A condição de autotravamento é estabelecida por:

$$\mu \geq \text{tg}(\lambda) = \frac{L}{\pi \cdot d_p} \iff 0,15 \geq \text{tg}(0,039) \iff 0,15 \geq 0,039 \quad (4.13)$$

Onde, para a combinação de aço duro em ferro fundido e partida o coeficiente de atrito do colar é $\mu_c = 0,15$ (BUDYNAS; NISBETT, 2016, p. 407). Considerando a carga axial de compressão de

$P = 2500$ N pode-se determinar torque requerido para abaixar a carga (T_d) por:

$$T_d = \frac{P \cdot d_p}{2} \left(\frac{\mu \cdot \pi \cdot d_p - L}{\pi \cdot d_p + \mu \cdot L} \right) + \mu_c \cdot P \frac{d_c}{2} \quad (4.14)$$

Para a combinação de aço duro em ferro fundido e partida o coeficiente de atrito do colar é igual $\mu_c = 0,15$ (BUDYNAS; NISBETT, 2016, p. 407). Adotando o diâmetro do colar como $d_c = 26,5$ mm ao substituir os dados na equação 4.14 determina-se que:

$$T_d = \frac{2500 \cdot 28,25}{2} \left(\frac{0,15 \cdot \pi \cdot 28,25 - 3,5}{\pi \cdot 28,25 + 0,15 \cdot 3,5} \right) + 0,15 \cdot 2500 \frac{26,5}{2} \iff T_d \cong 8850,06 \text{ N.mm} \quad (4.15)$$

Um ser humano pode exercer um torque (T_{humano}) igual a:

$$T_{humano} = \frac{F_{humano} \cdot d_{braco}}{2} \iff T_{humano} = \frac{85,6 \cdot 300}{2} \iff T_{humano} = 12840 \text{ N.mm} \quad (4.16)$$

Onde, F_{humano} é a força que o ser humano aplica e d_{braco} é o diâmetro do braço. Assim, verifica-se que $T_{humano} > T_d$.

A eficiência (e) é portanto:

$$e = \frac{1 - \mu \cdot tg(\lambda)}{1 + \frac{\mu}{tg(\lambda)}} \iff e = \frac{1 - 0,15 \cdot tg(0,039)}{1 + \frac{0,15}{tg(0,039)}} \iff e \cong 21\% \quad (4.17)$$

Segundo Budynas e Nisbett (2016, pp. 404), as tensões normais no eixo z (σ_z) e no eixo x (σ_x) são determinadas por:

$$\sigma_z = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d_r^2} \iff \sigma_z = \frac{4 \cdot 2500}{\pi \cdot 26,5^2} \iff \sigma_z \cong 4,53 \text{ MPa} \quad (4.18)$$

$$\sigma_x = -\frac{6 \cdot (0,38 \cdot P)}{\pi \cdot d_r \cdot p} \iff \sigma_x = -\frac{6 \cdot (0,38 \cdot 2500)}{\pi \cdot 26,5 \cdot 3,5} \iff \sigma_x \cong -19,56 \text{ MPa} \quad (4.19)$$

E a tensão cisalhante (τ_{yz}) é estabelecida como:

$$\tau_{yz} = \frac{16 \cdot T_d}{\pi \cdot d_r^3} \iff \tau_{yz} = \frac{16 \cdot 8850,06}{\pi \cdot 26,5^3} \iff \tau_{yz} \cong 2,42 \text{ MPa} \quad (4.20)$$

Ao desconsiderar as demais componentes para o dimensionamento estático, tem-se a tensão equivalente de Von Mises (σ_{eq}) (BUDYNAS; NISBETT, 2016, pp. 205):

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_z^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6 \cdot \tau_{yz}^2} \quad (4.21)$$

Ao substituir os dados encontra-se que:

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(-19,56)^2 + (4,53)^2 + (-19,56 - 4,53)^2 + 6 \cdot (2,42)^2} \iff \sigma_{eq} \cong 22,57 \text{ MPa} \quad (4.22)$$

Para que não haja falha a tensão equivalente de Von Mises deve ser:

$$\sigma_{eq} < S_y \iff \sigma_{eq} < 400 \text{ MPa} \quad (4.23)$$

Então, o fator de segurança para o escoamento é obtido como:

$$n_{escoamento} = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \iff n_{escoamento} = \frac{400}{22,57} \iff n_{escoamento} \cong 17,72 \quad (4.24)$$

Dessa forma, conclui-se que não haverá falha devido ao escoamento pois $n_{escoamento} > n_d$.

4.3.2.2 Dimensionamento a Flambagem

O dimensionamento a flambagem é realizado para o corpo do parafuso. Em concordância com Norton (2013, pp. 195), para o dimensionamento a flambagem utiliza-se a equação de Euler, que para a situação em que um lado se encontra engastado e o outro lado é livre é dada por:

$$P_{cr} = A \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{C \cdot S_r^2} \quad (4.25)$$

Onde, P_{cr} é a carga crítica, E o módulo de elasticidade do material, C é uma constante que depende das condições de extremidades ($C = 4$ para situação em que um lado se encontra engastado e o outro lado é livre) e área de seção transversal (A) e o índice de esbeltez (S_r) são obtidos respectivamente por:

$$A = 0,25 \cdot \pi \cdot (d_r \cdot 10^{-3})^2 \iff A = 0,25 \cdot \pi \cdot (26,5 \cdot 10^{-3})^2 \cong 5,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (4.26)$$

$$S_r = \frac{L_{ef}}{\sqrt{\frac{I}{A}}} \quad (4.27)$$

Onde, I é o momento de inércia e L_{ef} é o comprimento efetivo estabelecidos respectivamente como:

$$L_{ef} = 2 \cdot l \iff L_{ef} = 2 \cdot 0,5 \iff L_{ef} = 1 \text{ m} \quad (4.28)$$

A altura útil da ferramenta é igual a $l = 500$ mm.

$$I = 0,25 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_r \cdot 10^{-3}}{2} \right)^4 \iff I = 0,25 \cdot \pi \cdot \left(\frac{26,5 \cdot 10^{-3}}{2} \right)^4 \iff I \cong 2,42 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4 \quad (4.29)$$

Dessa forma, ao substituir os dados na equação 4.27 obtém-se:

$$S_r = \frac{1}{\sqrt{\frac{2,42 \cdot 10^{-8}}{5,51 \cdot 10^{-4}}}} \iff S_r \cong 150,94 \quad (4.30)$$

Assim, ao substituir os dados na equação 4.25, encontra-se que:

$$P_{cr} = 5,51 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 200 \cdot 10^9}{4 \cdot (150,94)^2} \iff P_{cr} \cong 11946,02 \text{ N} \quad (4.31)$$

Para que não haja falha devido a flambagem é necessário que:

$$P_{cr} > P \iff P_{cr} > 3000 \text{ N} \quad (4.32)$$

Dessa forma, tem-se que o fator segurança para flambagem:

$$n_{flambagem} = \frac{P_{cr}}{P} \iff n_{flambagem} = \frac{11946,02}{2500} \iff n_{flambagem} = 4,78 \quad (4.33)$$

Logo, conclui-se que não haverá falha devido a flambagem pois $n_{flambagem} > n_d$.

4.3.2.3 Dimensionamento a Fadiga

O dimensionamento a fadiga é realizado para o corpo do parafuso. Segundo Norton (2013, pp. 891–895), como não existe pré-carga no parafuso de potência, as tensões alternada e média são:

$$\sigma_{anom} = \frac{\sigma_{max}}{2} \iff \sigma_{anom} = \frac{22,57}{2} \iff \sigma_{anom} \cong 11,28 \text{ MPa} \quad (4.34)$$

$$\sigma_{mnom} = \frac{\sigma_{max}}{2} \iff \sigma_{mnom} = \frac{22,57}{2} \iff \sigma_{mnom} \cong 11,28 \text{ MPa} \quad (4.35)$$

Onde, σ_{max} é a tensão máxima que é igual a σ_{eq} . O fator de concentração de tensão à fadiga é:

$$K_f = 5,7 + 0,02682 \cdot d_n \iff K_f = 5,7 + 0,02682 \cdot 30 \iff K_f \cong 6,51 \quad (4.36)$$

Como $K_f |\sigma_{max}| < S_y$ o fator de concentração para as componentes médias de tensão é determinante por:

$$K_{fm} = K_f \iff K_{fm} \cong 6,51 \quad (4.37)$$

As tensões locais alternada e média são, portanto:

$$\sigma_a = K_f \cdot \sigma_{a_{nom}} \iff \sigma_a = 6,51 \cdot 11,28 \iff \sigma_a \cong 73,41 \text{ MPa} \quad (4.38)$$

$$\sigma_m = K_{fm} \cdot \sigma_{m_{nom}} \iff \sigma_m = 6,51 \cdot 11,28 \iff \sigma_m \cong 73,41 \text{ MPa} \quad (4.39)$$

Para Norton (2013, pp. 316–328), se $S_{rt} < 1400$ MPa o limite de resistência a fadiga para aços é estabelecido por:

$$S_{e'} = 0,5 \cdot S_{rt} \iff S_{e'} = 0,5 \cdot 600 \iff S_{e'} = 300 \text{ MPa} \quad (4.40)$$

O limite de resistência a fadiga corrigido é dado por:

$$S_e = C_{carreg} \cdot C_{tamanho} \cdot C_{superf} \cdot C_{temp} \cdot C_{conf} \cdot S_{e'} \quad (4.41)$$

Onde, C_{carreg} é o fator devido à solitação, $C_{tamanho}$ o fator de tamanho, C_{superf} o fator de superfície, C_{temp} o fator de temperatura e C_{conf} o nível de confiabilidade (NORTON, 2013, pp. 330–335). Esses fatores estão dispostos na Tabela 4.13.

Tabela 4.13: Fatores para dimensionamento à fadiga.

FONTES	FATOR	VALOR	OBSERVAÇÃO
(BUDYNAS; NISBETT, 2016, pp. 293)	C_{carreg}	0,85	Carregamento axial
(BUDYNAS; NISBETT, 2016, pp. 291)	$C_{tamanho}$	1,00	Carregamento axial não há efeito de tamanho
(NORTON, 2013, pp. 332)	C_{superf}	0,90	Polimento retificado ou comercial
(NORTON, 2013, pp. 335)	C_{temp}	1,00	Para $T < 450$ °C
(BUDYNAS; NISBETT, 2016, pp. 296)	C_{conf}	0,868	Confiabilidade igual a 95%

Assim, ao substituir os dados na equação 4.41 chega-se em:

$$S_e = 0,85 \cdot 1,00 \cdot 0,90 \cdot 1,00 \cdot 0,868 \cdot 300 \iff S_e \cong 199,21 \text{ MPa} \quad (4.42)$$

Devido sua simplicidade utiliza-se a linha de Goodman modificado para determinar o coeficiente de segurança a fadiga (BUDYNAS; NISBETT, 2016, pp. 308–310), assim:

$$n_{fadiga} = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{rt}}} \iff n_{fadiga} = \frac{1}{\frac{73,41}{199,21} + \frac{73,41}{600}} \iff n_{fadiga} \cong 2,04 \quad (4.43)$$

Então, conclui-se que não haverá falha devido a fadiga pois $n_{fadiga} > n_d$.

4.3.3 Viga

Para a descoberta das forças e momentos da viga realiza-se um diagrama de corpo livre, conforme a Figura 4.16 onde, o comprimento da viga é $l = 380$ mm, a força de compressão que o dispositivo pode aplicar é $F_{dispositivo} = 2500$ N.

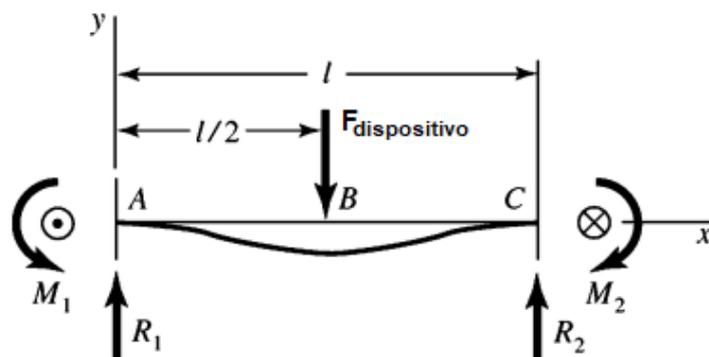


Figura 4.16: Viga - Diagrama de corpo livre para apoios fixos engastados com carga central. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1017).

Então, as forças de reações R_1 e R_2 , são dadas por:

$$R_1 = R_2 = \frac{F_{dispositivo}}{2} \iff R_1 = R_2 = \frac{2500}{2} \iff R_1 = R_2 = 1250 \text{ N} \quad (4.44)$$

Os momentos fletor nas extremidades M_1 e M_2 são obtidos por:

$$M_1 = M_2 = \frac{F_{dispositivo} \cdot l}{8} \iff M_1 = M_2 = \frac{2500 \cdot 380}{8} \iff M_1 = M_2 = 118750 \text{ N.mm} \quad (4.45)$$

Na Figura 4.17, tem-se a representação das forças e momentos calculados.

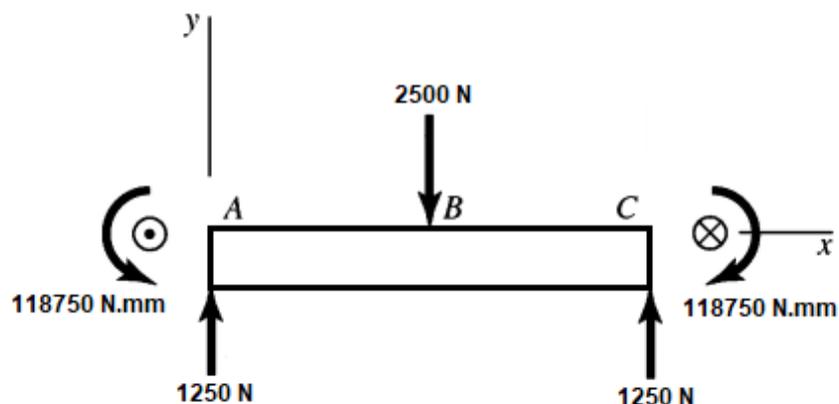


Figura 4.17: Viga - Diagrama de corpo livre solucionado. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1017).

As forças cortantes V_{AB} e V_{BC} são:

$$V_{AB} = -V_{BC} = \frac{F_{dispositivo}}{2} \iff V_{AB} = -V_{BC} = \frac{2500}{2} \iff V_{AB} = -V_{BC} = 1250 \text{ N} \quad (4.46)$$

Assim, pode-se fazer o gráfico das forças cortante, conforme a Figura 4.18.

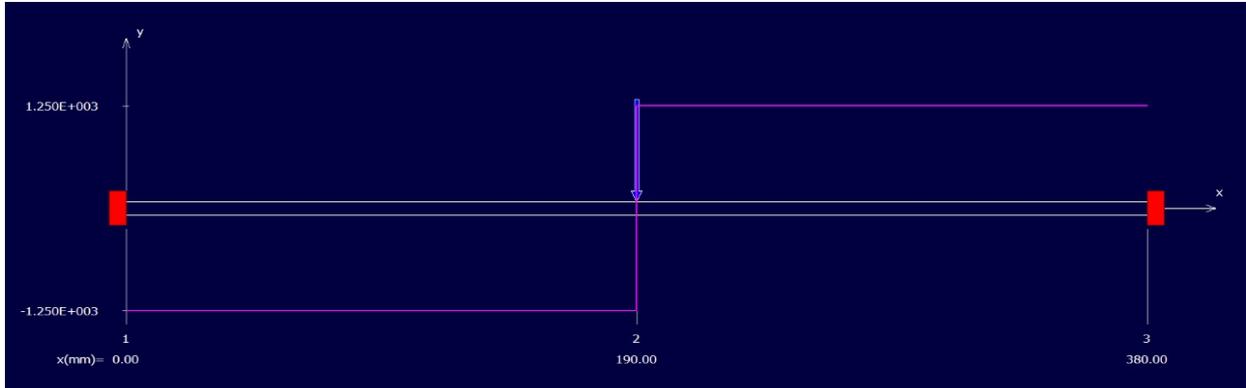


Figura 4.18: Viga - Gráfico dos esforços cortante. Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, os momentos fletor internos M_{AB} e M_{BC} são iguais a:

$$M_{AB} = \frac{F_{dispositivo}}{8} (4 \cdot x - l) \iff M_{AB} = \frac{2500}{8} (4x - 380) \iff M_{AB} = 1250 \cdot x - 118750 \text{ N.mm} \quad (4.47)$$

$$M_{BC} = \frac{F_{dispositivo}}{8} (3 \cdot l - 4 \cdot x) \iff M_{BC} = \frac{2500}{8} (3 \cdot 380 - 4 \cdot x) \iff M_{BC} = 356250 - 1250 \cdot x \text{ N.mm} \quad (4.48)$$

Logo, pode-se fazer o gráfico de momentos fletor, conforme a Figura 4.19.

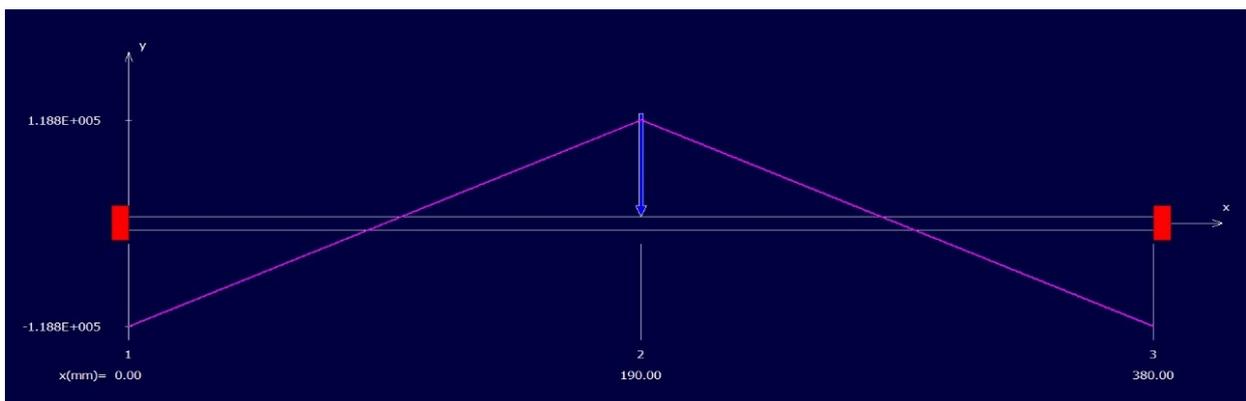


Figura 4.19: Viga - Gráfico dos momentos fletor. Fonte: Elaborado pela autora.

Estima-se a tensão normal máxima através do fator geométrico (teórico) de concentração de tensão para tensão normal (K_t) e o furo central liso. Para esta estimativa as tensão cisalhantes

são desconsideradas. Segundo (BUDYNAS; NISBETT, 2016, p. 1024) para uma barra retangular com um furo liso transversal em flexão a tensão normal máxima é estabelecida por:

$$\sigma_0 = \frac{M \cdot c}{I} \cdot K_t \quad (4.49)$$

Onde, o momento fletor foi obtido anteriormente $M = M_1 = M_2 = 118750 \text{ N}\cdot\text{mm}$, $K_t = 1,6$ e o momento de inércia é dado através de:

$$I = \frac{(w - d) \cdot h^3}{12} \iff I = \frac{(60 - 30) \cdot 30^3}{12} \iff I = 67500 \text{ mm}^4 \quad (4.50)$$

A largura da viga $w = 60 \text{ mm}$, o diâmetro do furo $d = 30 \text{ mm}$ e a espessura $h = 30 \text{ mm}$.

Substituindo os dados, na equação 4.49

$$\sigma_0 = \frac{118750 \cdot 15}{67500} \cdot K_t \iff \sigma_0 \cong 42,22 \text{ MPa} \quad (4.51)$$

Então, o fator de segurança para escoamento da viga é obtido como:

$$n_{viga} = \frac{S_y}{\sigma_0} \iff n_{viga} = \frac{400}{42,22} \iff n_{viga} \cong 9,47 \quad (4.52)$$

Assim, conclui-se que não haverá falha devido ao escoamento pois $n_{viga} > n_d$.

4.3.4 Parafuso de Fixação

Os parafusos de fixações precisam resistir a uma força de 1250 N e a um momento de 118,75 N.m. Assim, os parafusos selecionados são o M24x3 com classe de resistência de 6,9 (essa classe de resistência tem um limite de escoamento de aproximadamente 300 MPa sendo menor do que o material utilizado) o qual, resiste a uma força de tração de 135331 N e torque de 595,5 N.m (INDUFIZ, 2021). Logo, tem-se que a força e o momento do parafusos são respectivamente:

$$F_{parafuso} = 1250 \text{ N} \quad (4.53)$$

$$M_{parafuso} = 118,75 \text{ N}\cdot\text{m} \quad (4.54)$$

Considerando apenas o momento pode-se estimar um fator de segurança de:

$$n_{parafuso} = \frac{595,5}{118,75} = 5,01 \quad (4.55)$$

4.3.5 Barra

Para a descoberta das forças e momentos da viga realiza-se um diagrama de corpo livre, conforme a Figura 4.20 onde, o comprimento da barra é $l = 500$ mm, sua força de tração é $F_{barra} = 1250$ N e seu momento é $M_B = 118750$ N.mm.

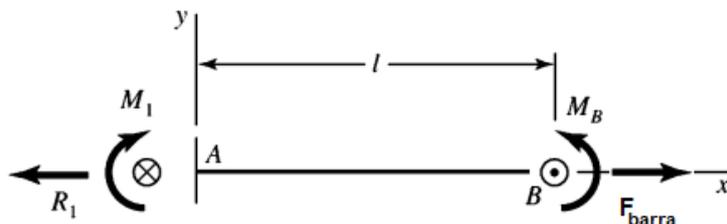


Figura 4.20: Barra - Diagrama de corpo livre para balanço, carga axial e momento fletor. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1018).

Então, a força de reação R_1 é dada por:

$$R_1 = F_{barra} \iff R_1 = 1250 \text{ N} \quad (4.56)$$

O momentos fletor na extremidade M_1 e M_2 são obtidos por:

$$M_1 = M_B \iff M_1 = 118750 \text{ N.mm} \quad (4.57)$$

Na Figura 4.21, tem-se a representação da força e momento calculados.

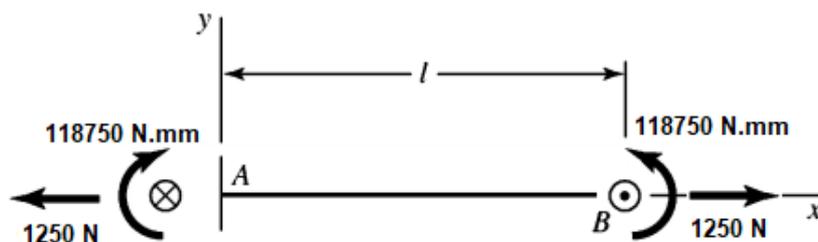


Figura 4.21: Barra - Diagrama de corpo livre solucionado. Fonte: Adaptado de (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 1018).

A força normal N é:

$$N = R_1 \iff N = 1250 \text{ N} \quad (4.58)$$

Assim, pode-se fazer o gráfico da força normal, conforme a Figura 4.22.

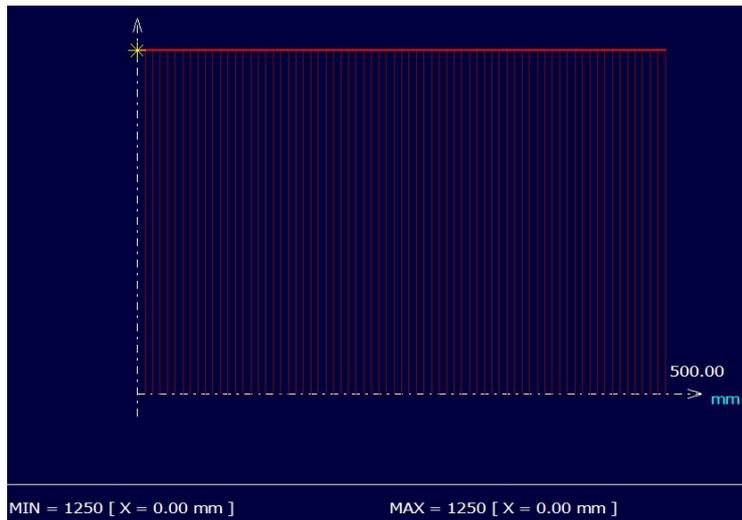


Figura 4.22: Barra - Gráfico da força normal. Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, os momento fletor interno M é igual a:

$$M = M_1 \iff M = 118750 \text{ N.mm} \quad (4.59)$$

Logo, pode-se fazer o gráfico de momentos fletor, conforme a Figura 4.23.

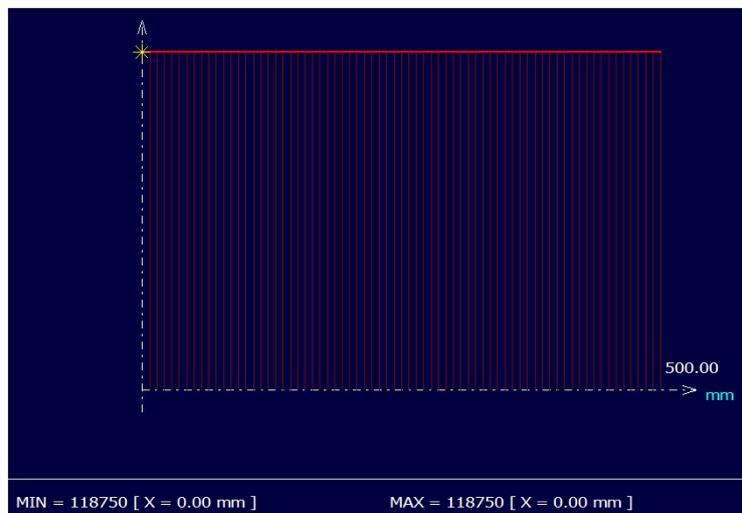


Figura 4.23: Barra - Gráfico do momento fletor. Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, a magnitude máxima de tensão de flexão na barra (σ_{max_2}) é dada por:

$$\sigma_{max_2} = \frac{M \cdot c}{I} \iff \sigma_{max_1} = \frac{M \cdot r}{I} \quad (4.60)$$

Onde, c é a magnitude máxima de y , M o momento fletor, I o momento de inércia e r o raio

da barra. Para uma seção circular o momento de inércia é:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{4} \iff I = \frac{\pi \cdot 30^4}{64} \iff I = 39760,78 \text{ mm}^4 \quad (4.61)$$

Assim, ao substituir os dados na equação 4.62 obtém-se:

$$\sigma_{max_2} = \frac{118750 \cdot 15}{39760,78} \iff \sigma_{max_2} \cong 44,8 \text{ MPa} \quad (4.62)$$

A tensão normal devido a força axial é obtida como:

$$\sigma_{max_n} = \frac{N}{\pi \cdot r^2} \iff \sigma_{max_n} = \frac{1250}{\pi \cdot 15^2} \iff \sigma_{max_n} \cong 1,77 \text{ MPa} \quad (4.63)$$

Dessa forma, tem-se que a máxima tensão de compressão é igual a:

$$\sigma_{max_c} = -\sigma_{max_2} + \sigma_{max_n} \iff \sigma_{max_c} = -44,8 + 1,77 \iff \sigma_{max_c} \cong 43,03 \text{ MPa} \quad (4.64)$$

Já, a máxima tensão de tração é igual a:

$$\sigma_{max_t} = -\sigma_{max_2} + \sigma_{max_n} \iff \sigma_{max_t} = 44,8 + 1,77 \iff \sigma_{max_t} \cong 46,57 \text{ MPa} \quad (4.65)$$

Assim, na Figura 4.24 tem-se o gráfico da tensão normal devido ao momento fletor.

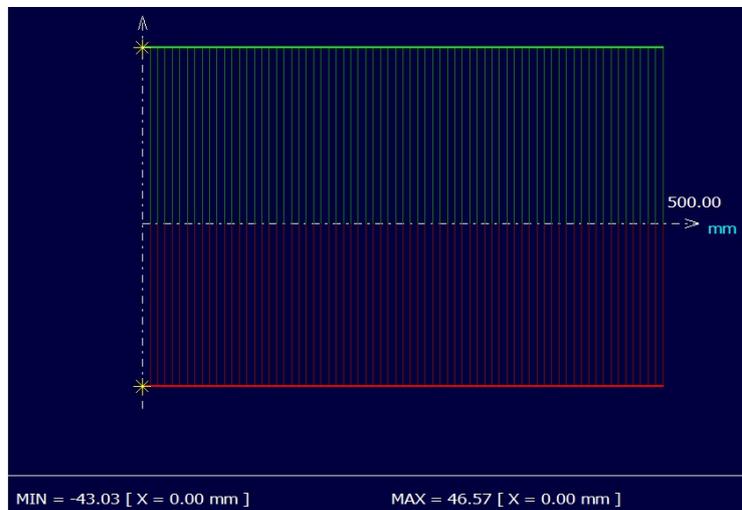


Figura 4.24: Barra - Gráfico de tensão normal. Fonte: Elaborado pela autora.

Então, o fator de segurança para escoamento da barra é obtido como:

$$n_{barra} = \frac{S_y}{\sigma_{max_t}} \iff n_{barra} = \frac{400}{46,57} \iff n_{barra} \cong 8,59 \quad (4.66)$$

Assim, conclui-se que não haverá falha devido ao escoamento pois $n_{barra} > n_d$.

4.3.6 Outros Componentes

A porca borboleta, os cestos interno e externo serão adquiridos com um fabricante, ou seja, serão comprados.

Infere-se que a placa e a base de suporte não falharam pois estas possuem geometria menos complexa quando comparada aos demais componentes.

Capítulo 5

Operação

Esse capítulo é dedicado à explicação de como deve ser utilizado o dispositivo de secagem de roupas.

5.1 Utilização

Na Figura 5.1, tem-se o esquema demonstrativo dos componentes do dispositivo de secagem de roupa onde, as letras possuem o seguinte significados: A - Manivela, B - Parafuso de potência e o encaixe da manivela, C e D - Porca borboleta, E - Viga, F - Placa, G - Cesto interno, H - Cesto externo, I e J - Parafuso de fixação e a barra, e K - Base de suporte.

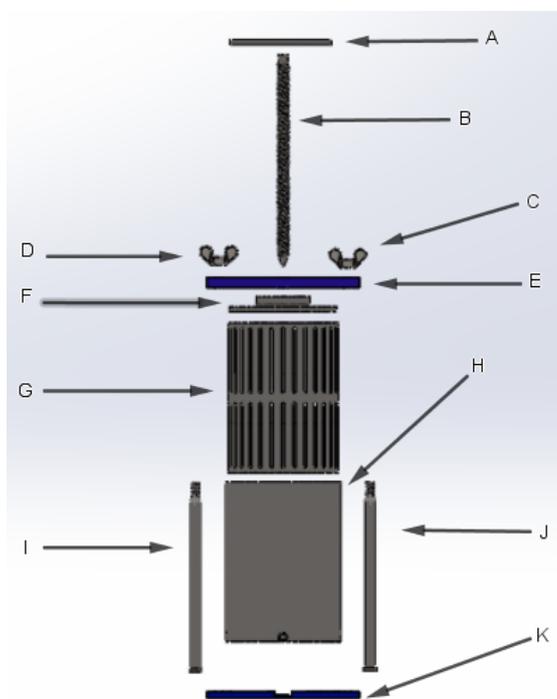


Figura 5.1: Montagem. Fonte: Elaborado pela autora.

Para a manipulação do dispositivo é recomendável seguir os seguintes passos:

1. Escolha um local para utilizar o dispositivo de secagem de roupa com uma superfície plana e nivelada.
2. Os parafusos de fixações e as barras (componentes I e J) devem ser postos de baixo para cima no furo da base de suporte (componente K), em seguida vire-o-os sobre o local selecionado para manipular o dispositivo.
3. O cesto externo (componente H) deve ser encaixado em cima da base de suporte (componente K).
4. O cesto interno (componente G) deve ser encaixado em cima do cesto externo (componente H), para a realização desse encaixe tem um “plug” para que os furos dos cestos fiquem concêntricos e facilite na drenagem da água.
5. Coloque as roupas dobradas e organizadas no cesto interno (componente G).
6. A placa (componente F) deve ser inserida sobre as roupas.
7. A viga (componente E) deve ser encaixada sobre os parafusos de fixações e as barras (componentes I e J).
8. O parafuso de potência (componente B) deve ser rosqueado na viga (componente E) e encaixado na placa (componente F).
9. Situa-se as porcas borboletas (componentes C e D) sobre a viga (componente E) e rosqueada nos parafusos de fixações e as barras (componentes I e J).
10. Encaixa-se a manivela (componente A) no furo de encaixe presente no parafuso de potência (componente B).

Para a retirada da roupa remove-se os componentes dos passos 10 ao 6. Caso ainda utilize o dispositivo, repita os passos de 5 ao 10. Quando finalizar a utilização do dispositivo esse deve ser desmontado seguindo os passos inversamente, ou seja, remove-se os componentes dos passo 10 ao 1 e armazene no interior do tanquinho.

Capítulo 6

Conclusão

Esse trabalho descreve sobre um dispositivo manual de secagem de roupa para usuários de tanquinhos, respeitando as condições dos usuários e tendo como premissas a limitação das dimensões para que este seja armazenado no interior do tanquinho. O modelo obtido por compressão é acionado de forma centralizada, possui uma operação simples e confortável para o usuário.

De forma geral, realiza-se o dimensionamento para os componentes principais (manivela, parafuso de potência, viga e barra), a porca borboleta e o parafuso de fixação foram selecionados, e os cestos interno e externos são adquiridos através de um fabricante. Para os componentes dimensionados verifica-se que seus fatores de segurança foram superior dois. Assim, nota-se que a validação ocorreu de forma satisfatória.

Salienta-se a baixa disponibilidade de informações a cerca de secagem de roupas por métodos compressivos assim como, estudos referentes a diversidade de tecidos dessa forma, o modelo projetado possui dados restritos. Através de um método experimental pode-se otimizar e garantir melhor confiabilidade para os dados obtidos de cada componente portanto, recomenda-se a concepção de um protótipo para validação experimental.

Uma etapa subsequente desse trabalho poderá ainda incluir um processo de otimização no dimensionamento do dispositivo, considerando parâmetros como materiais, custo, peso, processos de fabricações dos componentes e o dimensionamento a fadiga.

Referências

BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. **Elementos de Máquinas de Shigley**. 8. ed. Brasil: Bookman editora, 2011.

_____. _____. 10. ed. Brasil: Bookman editora, 2016.

COLORMAQ. **Tanquinho Colormaq 12kg**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://loja.colormaq.com.br/tanquinho-colormaq-12kg.html?v=1>>. Acesso em: 2 mar. 2021.

_____. **Tanquinho lava as roupas melhor?** [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <<https://blog.colormaq.com.br/tanquinho-lava-as-roupas-melhor/>>. Acesso em: 2 mar. 2021.

COOPERMITI. **Museu Tecnológico A História da Máquina de Lavar**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.coopermiti.com.br/museu/?MuseuId=1107&CategoriaId=15>>. Acesso em: 4 mar. 2021.

FERNETO. **As vantagens do aço inoxidável**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://ferneto.com/noticias-gerais/as-vantagens-do-aco-inoxidavel/>>. Acesso em: 27 set. 2021.

GALDINO, Luciano. Cálculo da rotação, do torque e da potência de motores elétricos para transmissão por parafusos de potência. **Augusto Guzzo Revista Acadêmica**, Augusto Guzzo Revista Acadêmica, v. 17, n. 14, p. 215–227, 2014.

GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Instituto Brasileiro de. **Domicílios particulares permanentes, por posse de máquina de lavar roupa**. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <<https://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PD280>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

HOTELEIROS, E. **Prensa para vinho - 4,5 litros - aço inoxidável**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.manequinsdecoracao.pt/product/prensa-para-vinho-4-5-litros-aco-inoxidavel>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

INDUFIZ, Parafusos e Porcas. **Classe de Resistência de Parafusos**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.indufiz.com.br/classe-de-resistencia-de-parafusos/>>. Acesso em: 27 set. 2021.

JACINTO, R. F.; ARMSTRONG, T. J.; ZHOU, W. Normal force distribution and posture of a hand pressing on a flat surface. **Journal of Biomechanics**, ELSEVIER, v. 79, p. 164–172, 2018.

LAVANDERIA, Dry Wash. **Lavanderia Antigamente**. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <<https://drywashlavanderia.com.br/antigamente-e-hoje/>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

MAGALU. **Centrifuga: como usar corretamente?** [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.magazineluiza.com.br/portaldalu/centrifuga-como-usar-corretamente/2844/>>. Acesso em: 9 mar. 2021.

_____. **Lavadora de Roupas Midea Storm Wash LFA11X1 - Inverter 11kg Cesto Inox 16 Programas de Lavagem**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/lavadora-de-roupas-midea-storm-wash-lfa11x1-inverter-11kg-cesto-inox-16-programas-de-lavagem/p/226578300/ed/ela1/?&force=1&seller_id=magazineluiza&&utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=&partner_id=58374&gclid=CjwKCAiAp4KCBhB6EiwAxRxbpNOMBUyglSdZ_10u3rpYev5X_n_wP_eP4wbcv6g5x9B4GpL4lq8c2RoCLccQAvD_BwE>. Acesso em: 4 mar. 2021.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas**. 4. ed. Brasil: Bookman editora, 2013.

OLIVEIRA, Willian. **Máquina de lavar ou tanquinho: qual é melhor?** [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <<https://www.promobit.com.br/blog/maquina-de-lavar-ou-tanquinho-qual-e-melhor/>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

SYSTEMES, Dassault. **SOLIDWORKS**. [S.l.]: Dassault Systèmes, 2018.

UNIVERSITY, Michigan State. **Learning to Look: Washboard**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.museum.msu.edu/ltl-washboard/>>. Acesso em: 2 mar. 2021.

WIKIPÉDIA. **File:PikiWiki Israel 27878 The Religious Kibbutz Movement.jpg**. [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:PikiWiki_Israel_27878_The_Religious_Kibbutz_Movement.jpg>. Acesso em: 2 mar. 2021.

_____. **Máquina de lavar roupa**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_de_lavar_roupa>. Acesso em: 4 mar. 2021.

ZAFALÃO, Elisa. **A importância da Ergonomia no ambiente de Trabalho (NR-17)**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.saudeocupacional.org/2017/01/a-importancia-da-ergonomia-no-ambiente-de-trabalho-nr-17.html>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Parafuso de Potência

I.1 Memorial de Cálculo para Escoamento e Flambagem

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 """
3 Created on Sun Aug 29 17:15:15 2021
4
5 @author: Kerolaine de Jesus Tavares
6 PG 2
7 Dimensionamento do Parafuso de Potencia - ESTATICO/FLAMBAGEM
8 """
9 from math import *
10
11 #####Tensoes#####
12 def sig_x(P,dr,p):
13     #P for a
14     #dm diametro da raiz
15     #p largura do dente
16     Sigx = 6*0.38*P/(pi*dr*p)
17     return Sigx
18
19 def sig_z(P,dr):
20     Sigz = (4*P)/(pi*dr**2)
21     return Sigz
22
23 def tau_yz(T,dr):
24     Tau_yz = 16*T/(pi*dr**3)
25     return Tau_yz
26
27 def Von_Mises(sigx, sigz, tauyz):
28     sig_eq = 1/sqrt(2)*sqrt(sigx**2+sigz**2+(sigz-sigx)**2+6*tauyz**2)
29     return sig_eq
30 #####
31
32 ###Forca e Torque Roca-Parafuso-Colar#####
33 def F(P, dp, lamb, mi):
```

```

34     #P carga
35     #dp: diametro primitivo
36     #lam: angulo de avanco
37     #mi coef. de atrito
38     L = tan(lamb)*pi*dp
39     F_abaixamento = P*(mi*pi*dp-L)/(pi*dp+mi*L)
40     return F_abaixamento
41
42 def T_d(P, dp, lamb, mi, mi_c,d_c):
43     #P carga
44     #dp: diametro primitivo
45     #lam: angulo de avanco
46     #mi coef. de atrito
47     #mi_c: coef. do colar
48     #d_c: diametro do colar
49     L = tan(lamb)*pi*dp
50     T_abaixamento = P/2*(dp*(mi*pi*dp-L)/(pi*dp+mi*L)+mi_c*d_c)
51     return T_abaixamento
52 #####
53
54 ###Flambagem#####
55 def P_cr(Sr,E,A):
56     pcr = A*pi**2*E/(4*Sr**2)
57     return pcr
58
59 def P_cr_Johnson(Sy,Sr,E,A):
60     pcr = A*(Sy-(1/(E))*(Sy*Sr/(2*pi))**2)
61     return pcr
62 #####
63
64 def eficiencia(mi, lamb):
65     #rosca quadrada
66     efic = (1-mi*tan(lamb))/(1+mi/tan(lamb))
67     return efic
68
69 #####Valores base e Contantes basicas#####
70 mi = 0.15#Coeficiente de atrito
71 g = 9.81#Gravidade[m/s2]
72 P = 2500#Carga [N]
73
74 #####Aco Inox 304#####
75 Sy =400 #Limite de Escoamento [MPa]
76 E = 200#Modulo de elasticidade [GPa]
77
78 d_braco = 300#diametro do braco[mm]
79 F_humano = 85.6#Forca humano[N]
80 dn =30#Diametro nominal [mm]
81 p = 3.5#Passo
82 dr = dn-p#Diametro de raiz
83 dp = dn-p/2#Diametro primitivo
84 #A = 561#mm2
85

```

```

86 lamb = atan(p/(pi*dp))
87 print('Angulo de avanço[deg] =', lamb*180/pi)
88 #lamb = pi/22.5#8 graus, Angulo de avanço[rad]
89 l = 500#Altura util da ferramenta [mm]
90 L = tan(lamb)*pi*dp
91 #####
92
93 #####Dimensionamento para Escoamento
94     #####
95 T_humano = F_humano*d_braco/2#Torque Humano[N.mm]
96 print('T_humano [N.mm] =',T_humano)
97 T_carga = T_d(P, dp, lamb, mi, 0.15, 26.5)#Torque Carga[N.mm]
98 print('T_carga [N.mm] =', T_carga)
99
100 Sigx = -sig_x(P, dr, p)#Tensao x[MPa]
101 Sigz = sig_z(P, dr)#Tensao y [MPa]
102 #Tau_yz = tau_yz(T_humano, dr)#Tensao yz[MPa]
103 Tau_yz = tau_yz(T_carga, dr)#Tensao yz[MPa]
104 Sig_eq = Von_Mises(Sigx, Sigz, Tau_yz)#Tensao de Von Mises[MPa]
105 n = Sy/Sig_eq#Fator de seguranca
106 print('fator de seguranca =', n)
107
108 #####Autotravamento#####
109 print(L/(pi*dp))
110 print('angulo para autotravamento[deg] = ',atan(mi)*180/pi)
111
112
113 #####Flambagem#####
114 Lef = 2*l*10**(-3)#Comprimento efetivo[m]
115 I = 0.25*pi*(dr*10**(-3)/2)**4 #momento de inercia [m^4]
116 A = 0.25*pi*(dr*10**(-3))**2 # area em [m^2]
117 k = sqrt(I/A)
118 Sr = Lef/k
119
120 print('Sr =', Sr)
121 print('Pcr[N] =', P_cr(Sr,E*10**(9),A))
122 print('fator de seguranca flambagem =', P_cr(Sr,E*10**(9),A)/P)
123
124 #print('Pcr[N] Johnson =', P_cr_Johnson(Sy*10**6, Sr, E*10**(9), A))
125 print('eficiencia =', eficiencia(mi,lamb))

```

I.2 Memorial de Cálculo para Fadiga

```

1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 """
3 Created on Thu Oct 28 22:18:13 2021
4
5 @author: Kerolaine de Jesus Tavares
6 PG2
7 Dimensionamento do Parafuso de Potencia - FADIGA

```

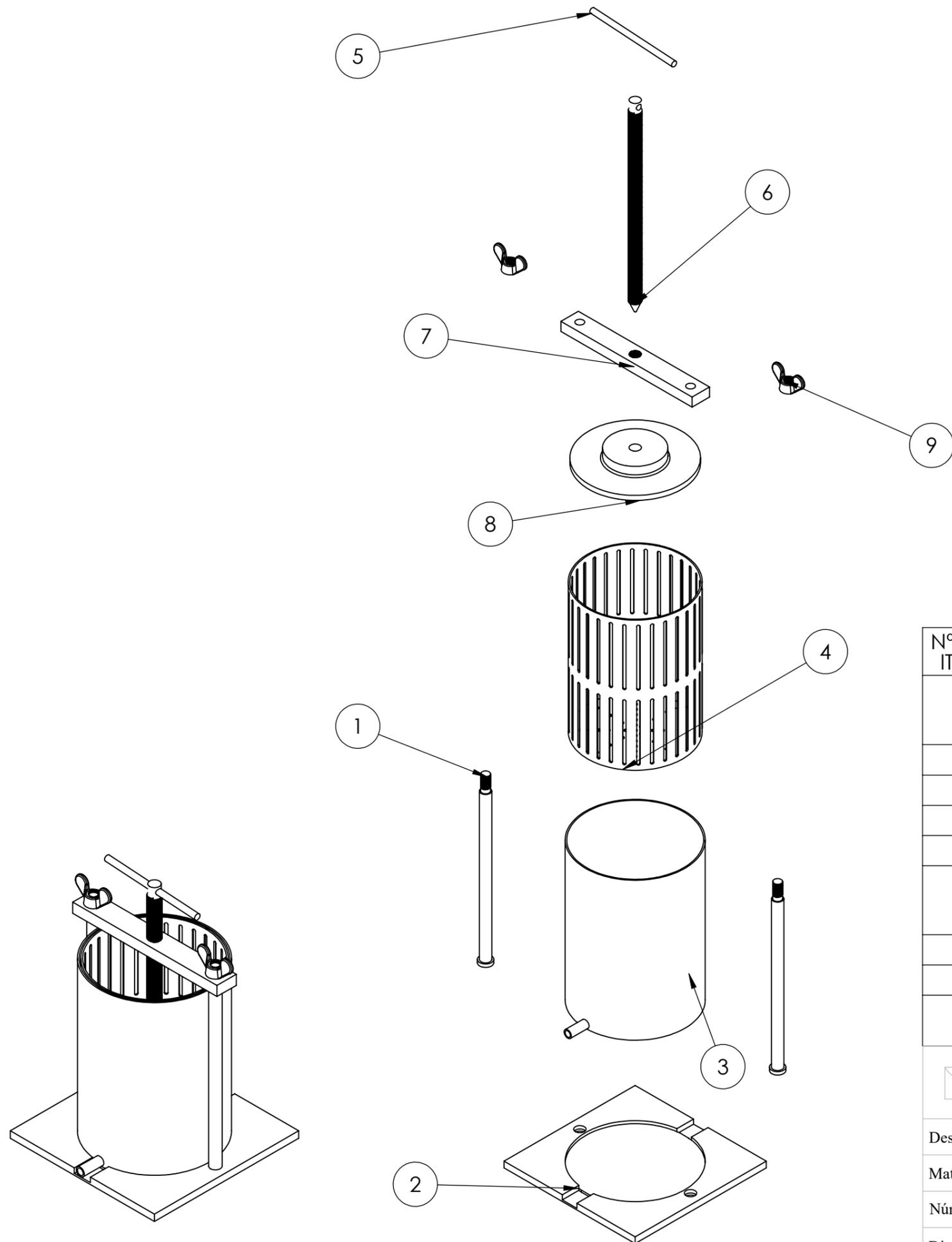
```

8
9 """
10 ###Geometria do parafuso#####
11 #sig_max = 44.77#Tens o Maxima de Von mises [MPa]
12 sig_max=22.571677458241627
13 d = 30#Diametro do parafuso[mm]
14 p = 3.5#Passo [mm]
15
16 #####Material#####
17 Sy = 400#Limite de Escoamento [MPa]
18 Srt = 600#Limite de resistencia a tracao [MPa]
19
20 sig_a_nom = sig_max/2#Tensao alternada [MPa]
21 sig_m_nom = sig_max/2#Tensao media [MPa]
22
23
24 #Para parafuso
25 Kf = 5.7+0.02682*d#fator de concentracao de tensao fadiga
26 if Kf*sig_max<Sy:
27     Kfm = Kf#fator de concentracao para as componentes medias de tensao
28 elif Kf*sig_max>=Sy:
29     Kfm = (Sy-Kf*sig_a_nom)/sig_m_nom#fator de concentracao para as componentes
        medias de tensao
30
31 sig_a = Kf*sig_a_nom#Tensao local alternada [MPa]
32 sig_m = Kfm*sig_m_nom#Tensao local media [MPa]
33
34 Se_ = 0.5*Srt#Limite de resistencia a fadiga [MPa]
35
36 C_carreg = 0.85#Fator de carregamento (axial)
37 C_tamanho = 1#Fator de tamanho para carregamento axial #1.24*d**(-0.107)#0.995
38 C_superf = 0.9#Fator de superficie(polimento retificado ou comercial) #57.7*Srt
        **(-0.718)#(Laminado a quente)0.76
39 C_temp = 1#Fator de temperatura
40 C_conf = 0.868#(Confiabilidade de 95%)
41 C_ambiente = 1#Desconsiderado fatores ambientais para o parafuro
42
43 Se = C_carreg*C_tamanho*C_superf*C_temp*C_conf*C_ambiente*Se_#Limite de
        resistencia a fadiga [MPa]
44
45 #Nf = Se*Srt/(Se*(sig_m)+Srt*sig_a)
46 Nf = 1/(sig_a/Se+sig_m/Srt)#o coeficiente de seguran a para a linha de Goodman
47 print('Fator de seguranca a fadiga =', Nf)

```

APÊNDICE I

Desenhos Técnicos



Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	Parafuso de fixação e a barra	Parafuso M24 Aço Inox 304	2
2	Base de suporte	Aço Inox 304	1
3	Cesto externo	Aço Inox 304	1
4	Cesto interno	Aço Inox 304	1
5	Manivela	Aço Inox 304	1
6	Parafuso de potencia e o encaixe da manivela	Aço Inox 304	1
7	Viga	Aço Inox 304	1
8	Placa	Aço Inox 304	1
9	Porca borboleta	DIN 315-M24-GT-C-S Aço Inox 304	2



Projeto de Graduação 2: SECAR DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Peça: Montagem

Desenhista: Kerolaine de Jesus Tavares

Material: Aço Inox 304

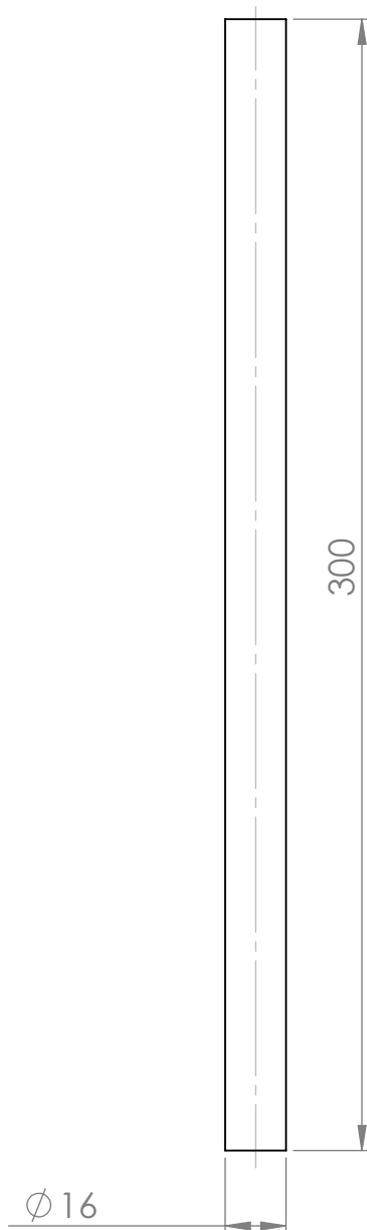
Data: 02/11/202

Número de folha: 01/09

Escala: 1:11

Diedro: Primeiro

Unidade: mm



UnB

Projeto de Graduação 2: SECAR DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Peça: Manivela

Desenhista: Kerolaine de Jesus Tavares

Material: Aço Inox 304

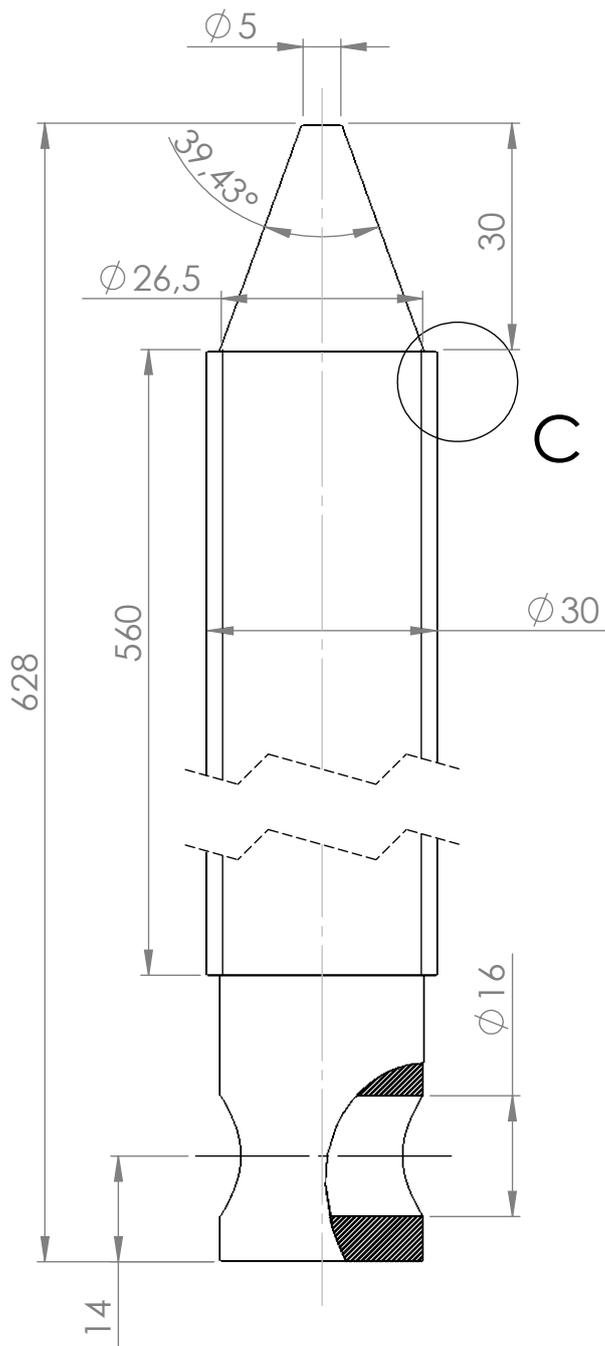
Data: 02/11/2021

Número de folha: 02/09

Escala: 1:2

Diedro: Primeiro

Unidade: mm



DETALHE C
 ESCALA 5 : 1



UnB

Projeto de Graduação 2: SECAR DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Peça: Parafuso de potência e o encaixe da manivela

Desenhista: Kerolaine de Jesus Tavares

Material: Aço Inox 304

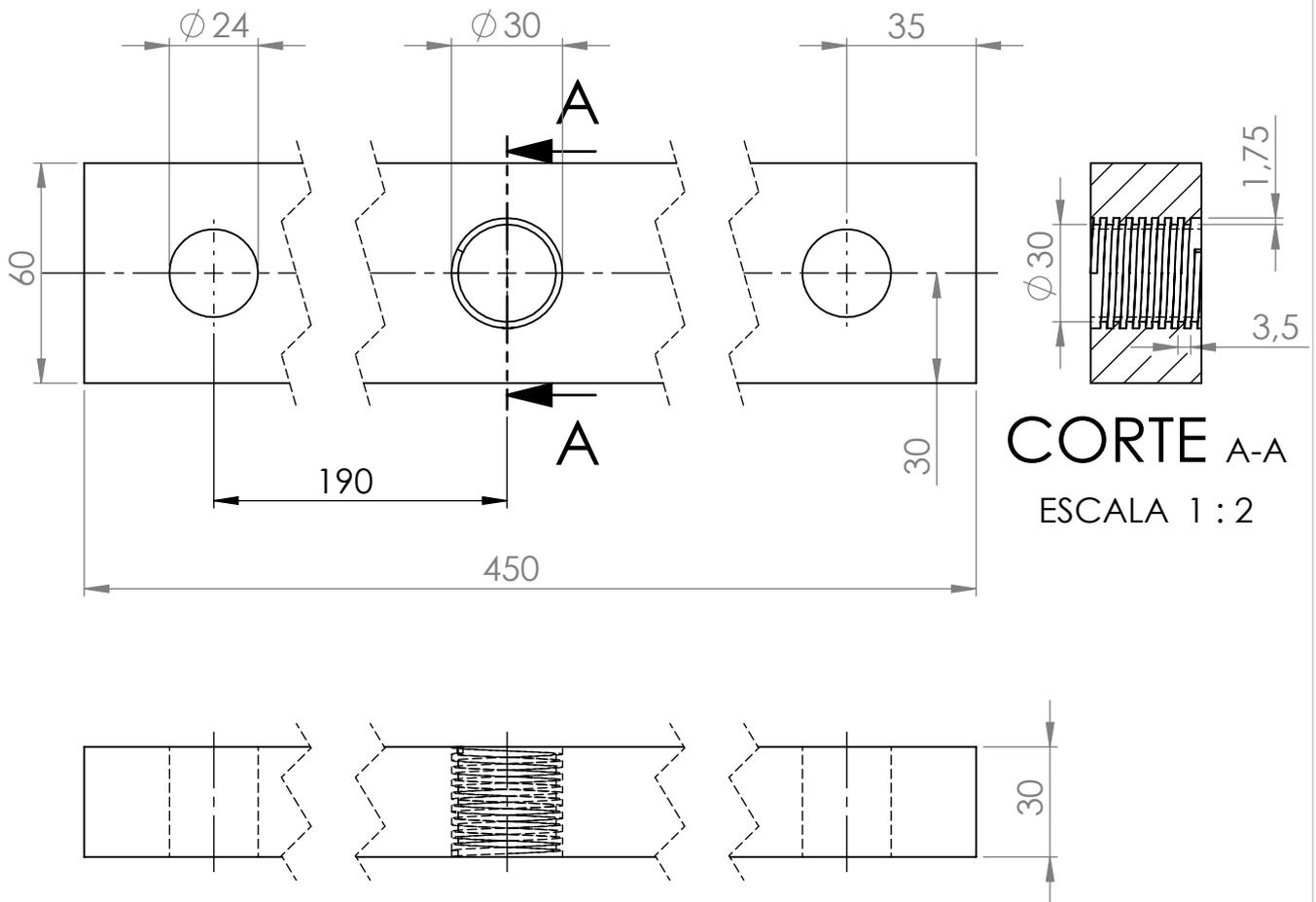
Data: 02/11/2021

Número de folha: 03/09

Escala: 1:1

Diedro: Primeiro

Unidade: mm



UnB

Projeto de Graduação 2: SECAR DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Peça: Viga

Desenhista: Kerolaine de Jesus Tavares

Material: Aço Inox 304

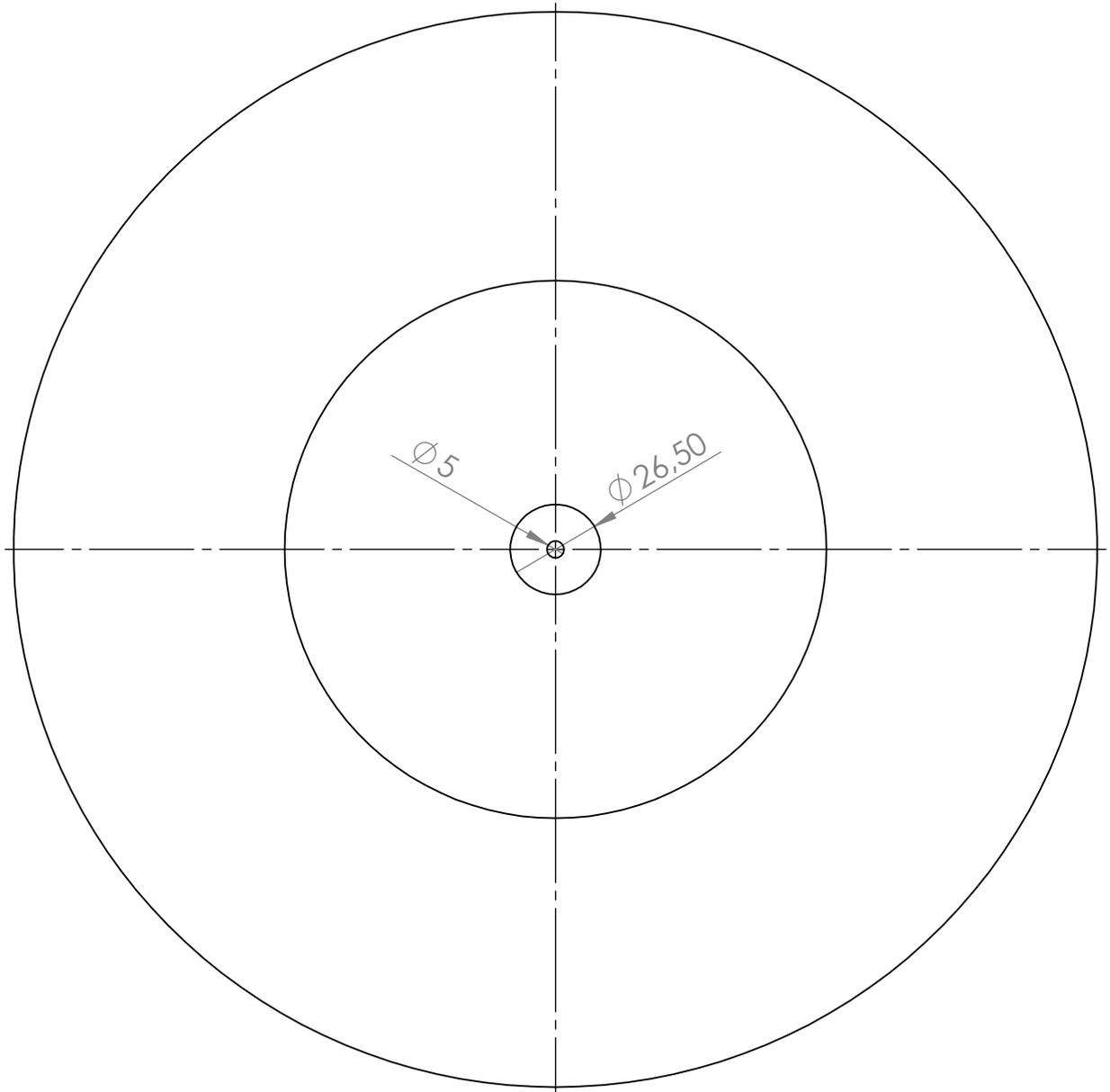
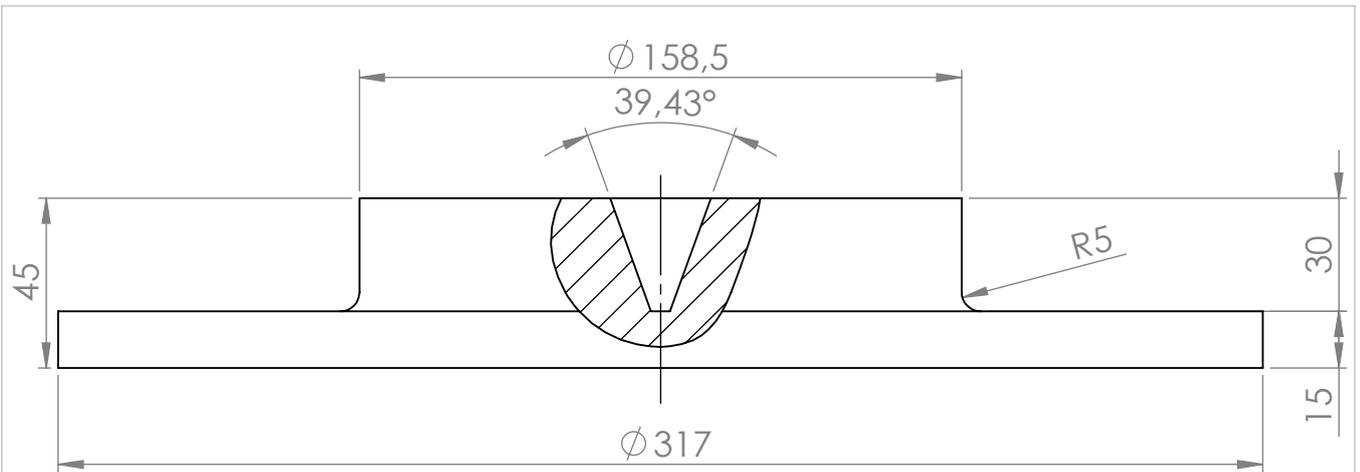
Data: 02/10/2021

Número de folha: 04/09

Escala: 1:2

Diedro: Primeiro

Unidade: mm



UnB

Projeto de Graduação 2: SECAR DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Peça: Placa

Desenhista: Kerolaine de Jesus Tavares

Material: Aço Inox 304

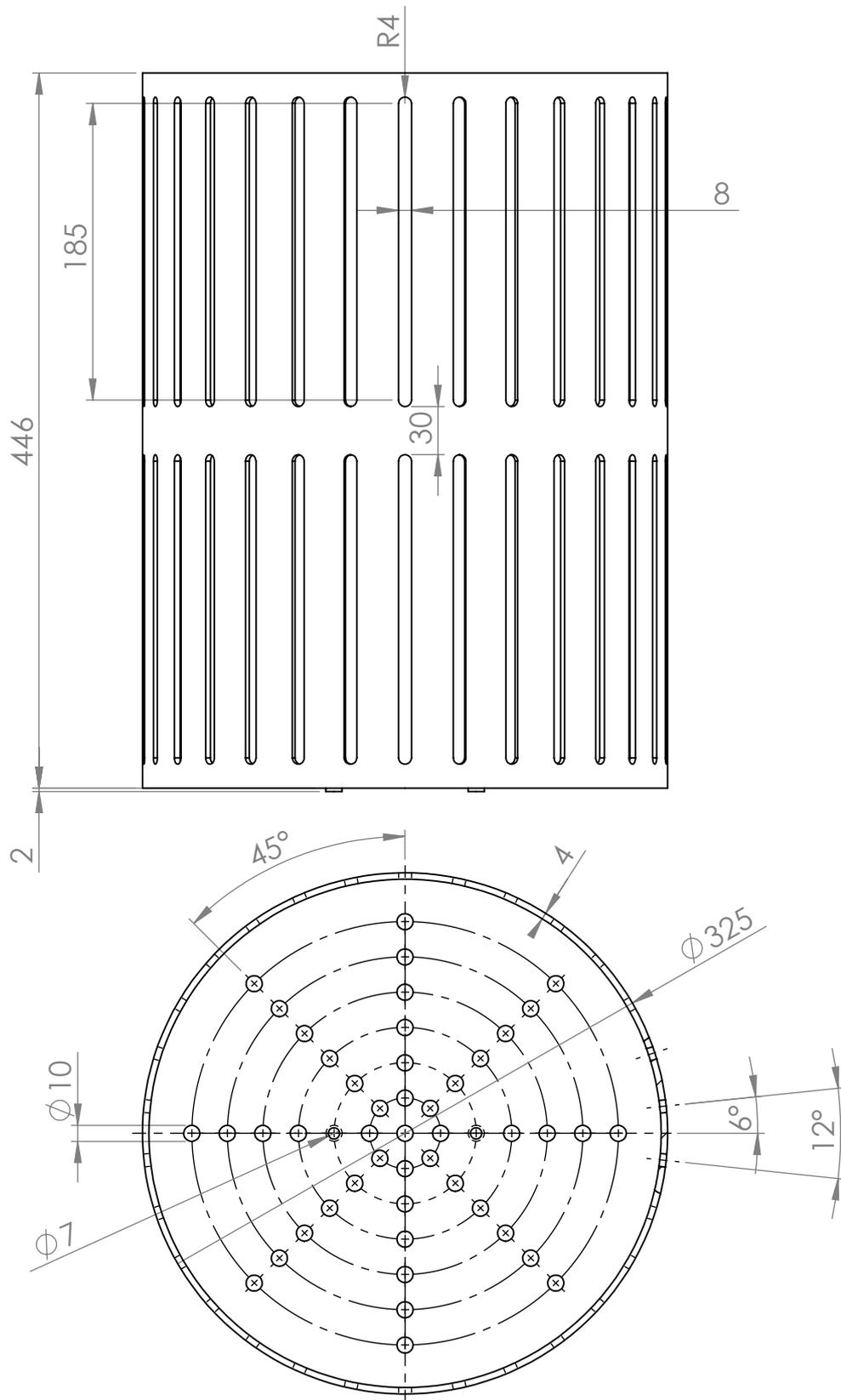
Data: 02/11/2021

Número de folha: 05/09

Escala: 1:2

Diedro: Primeiro

Unidade: mm



UnB

Projeto de Graduação 2: SECAR DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Peça: Cesto interno

Desenhista: Kerolaine de Jesus Tavares

Material: Aço Inox 304

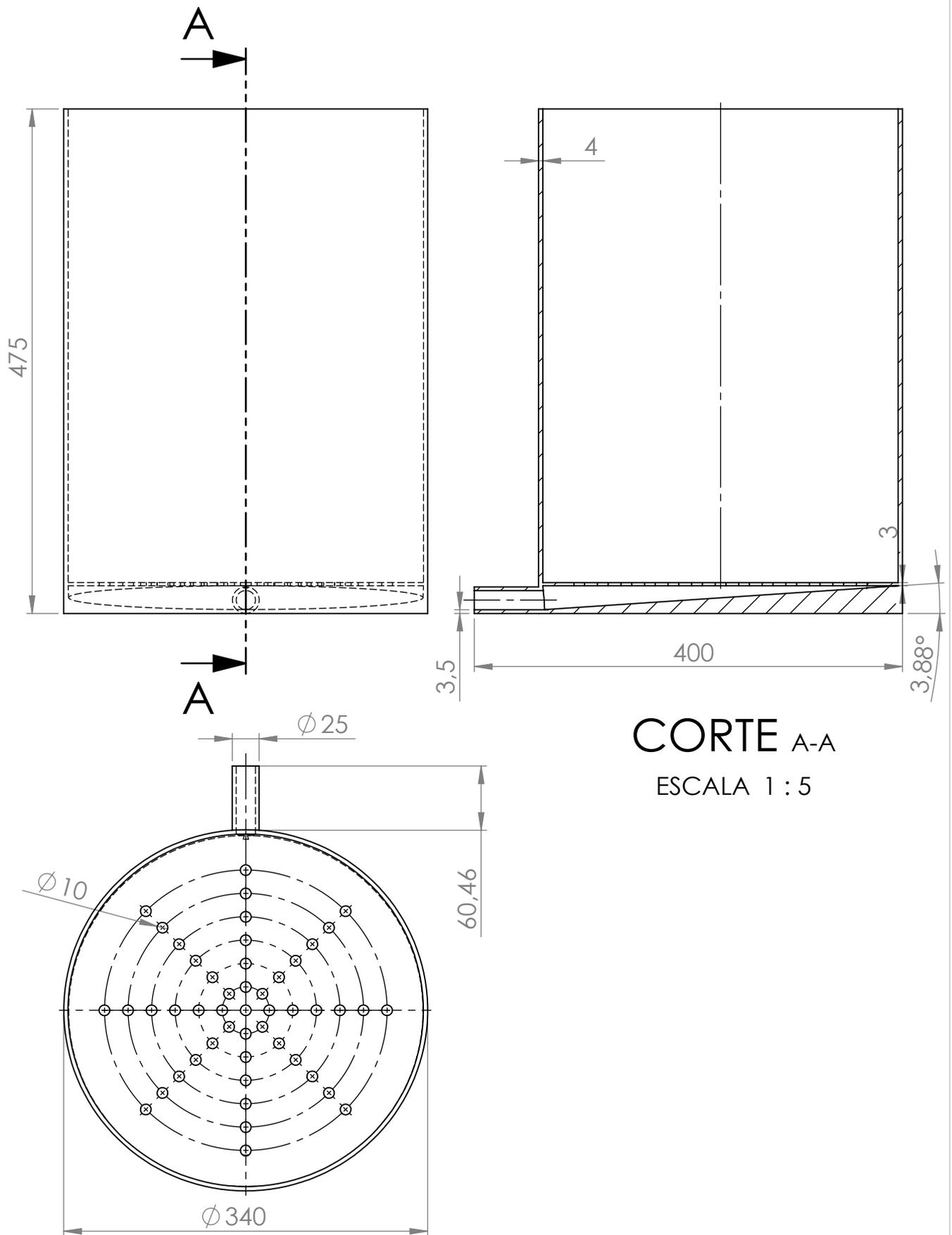
Data: 02/11/2021

Número de folha: 06/09

Escala: 1:4

Diedro: Primeiro

Unidade: mm



CORTE A-A
 ESCALA 1 : 5



UnB

Projeto de Graduação 2: SECAR DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Peça: Cesto externo

Desenhista: Kerolaine de Jesus Tavares

Material: Aço Inox 304

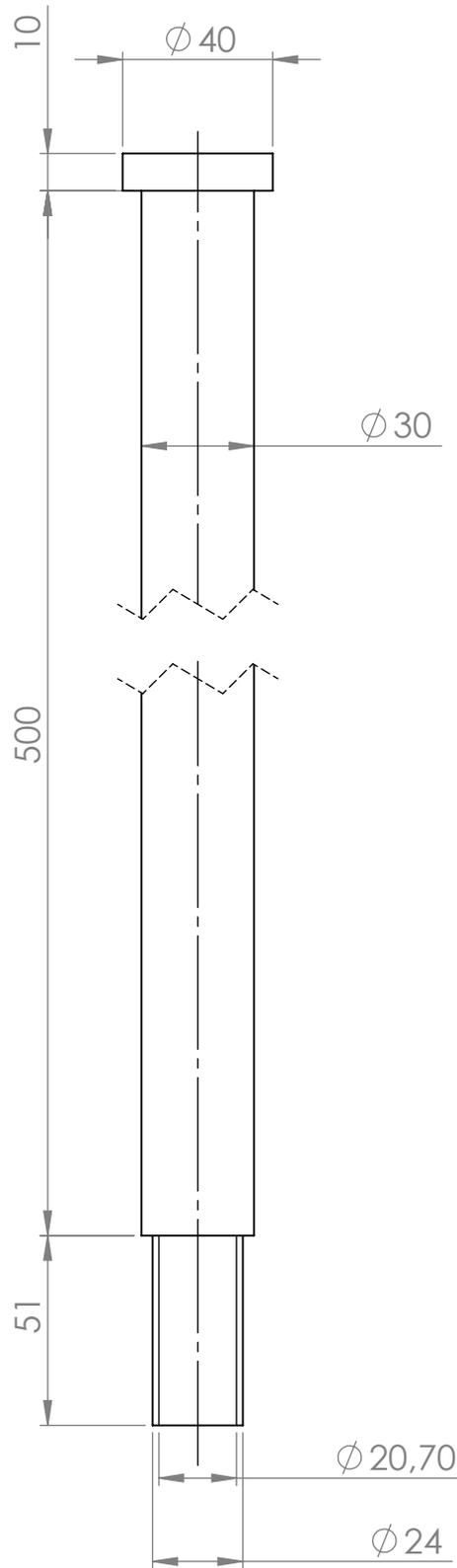
Data: 02/11/2021

Número de folha: 07/09

Escala: 1:5

Diedro: Primeiro

Unidade: mm



UnB

Projeto de Graduação 2: SECAR DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Peça: Parafuso de fixação e a barra

Desenhista: Kerolaine de Jesus Tavares

Material: Aço Inox 304

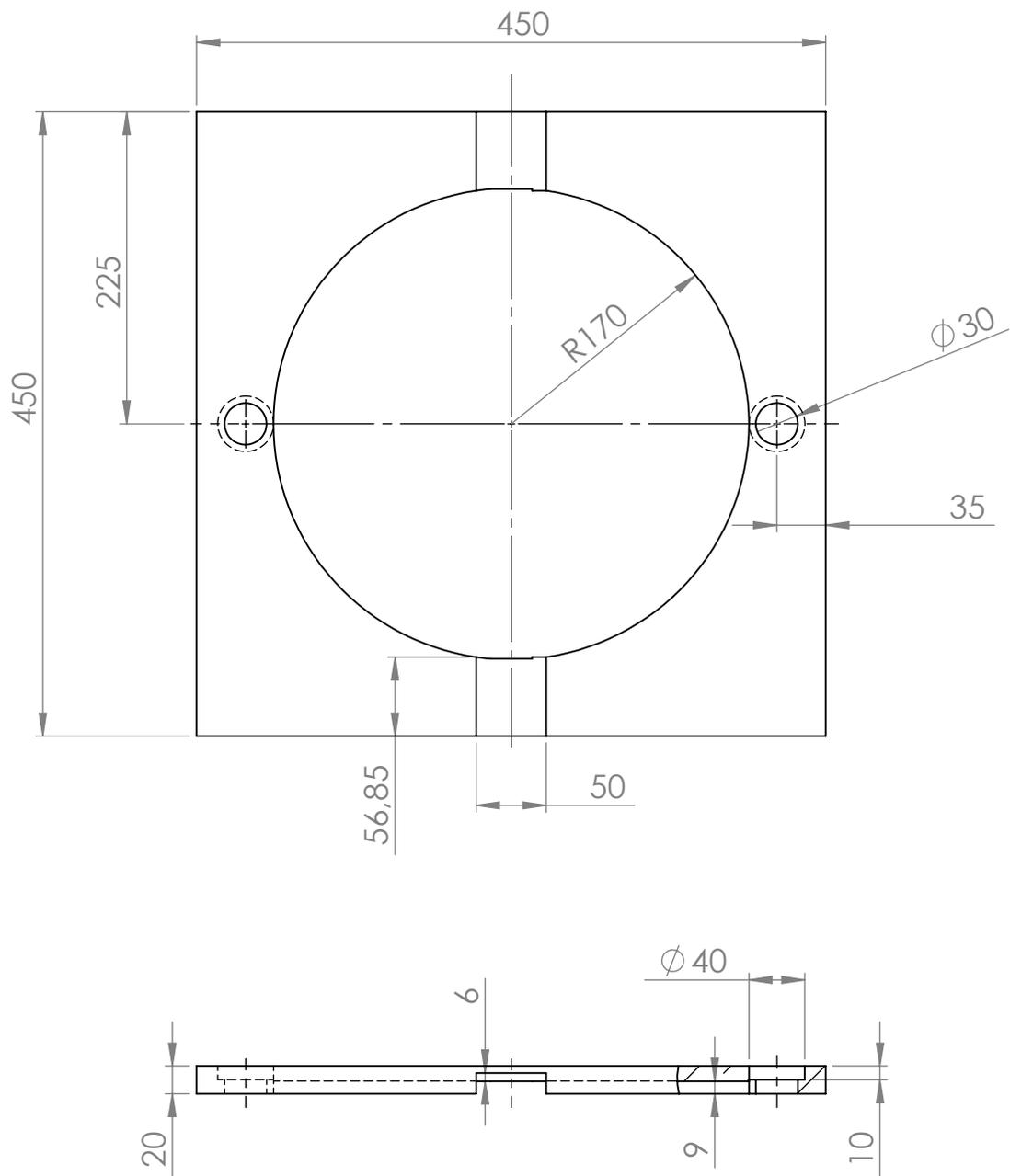
Data: 02/11/2021

Número de folha: 08/09

Escala: 1:2

Diedro: Primeiro

Unidade: mm



UnB

Projeto de Graduação 2: SECAR DISPOSITIVO DE SECAGEM DE ROUPA PARA TANQUINHO

Peça: Base de suporte

Desenhista: Kerolaine de Jesus Tavares

Material: Aço Inox 304

Data: 02/11/2021

Número de folha: 09/09

Escala: 1:5

Diedro: Primeiro

Unidade: mm