



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Projectão da Linha de Produção de Tanques Termossifões Para Colectores Solares

Autor:

Monjane, Regano Gonçalves

Supervisor (Faculdade):

Prof. Doutor Tomás Salomão Massingue, Eng.º.

Supervisor (Sun Power Engineering, Lda.)

Eng.º Aime Jone

Maputo, Outubro de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

Relatório de estágio profissional submetido ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Mecânica

Projecto da Linha de Produção de Tanques Termossifões Para Colectores Solares

Autor:

Monjane, Regano Gonçalves

Supervisor (Faculdade):

Prof. Doutor Tomás Salomão Massingue, Eng.º.

Supervisor (Sun Power Engineering, Lda.)

Eng.º Aime Jone

Maputo, Outubro de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante Regano Gonçalves Monjane entregou no dia ____ / ____ / 2024 as três cópias do relatório do seu Estágio Profissional com a referência _____, intitulado:
Projecção da Linha de Produção de Tanques Termossifões Para Colectores Solares.

Maputo, ____ de _____ de 2024

Chefe da Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Regano Gonçalves Monjane, declaro que o presente relatório de estágio profissional com o título: **Projecção da Linha de Produção de Tanques Termossifões Para Colectores Solares**, apresentado como requisito para obtenção do grau de licenciatura, foi por mim elaborado, com auxílio das bases referenciadas no mesmo.

(Regano Gonçalves Monjane)

DEDICATÓRIA:

O presente trabalho é dedicado à minha Mãe, Vitória Alberto Gundane.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, em primeiro lugar, pela vida, pelas bênçãos sucessivas e por poder com Ele contar para todas as situações em minha vida. Por me provar em todas as situações que Ele vive e zela por mim sempre.

À minha Mãe, agradeço imenso pela educação, pelos imensuráveis ensinamentos e pela presença incessante em todas as etapas da minha vida estudantil, sobretudo a lutar sempre para obter o que almejamos, independentemente das nossas condições físicas e/ou financeiras. Sempre foi um desafio nos sustentar como mãe solteira, mas isso nunca a abalou, sempre fez até o que não estava ao seu alcance para oferecer o melhor para nós, seus filhos.

Aos meus irmãos Nélia, Anacleto, Vicente e Abençoada, agradeço por serem como pais para mim, por me dar todo apoio que preciso, nos desafios que enfrento e por torcerem sempre por mim em todos estes desafios. À minha namorada Sheila, que tem me dado força sempre, me impulsionando a explorar o máximo do meu potencial.

Ao meu supervisor Eng. Massingue e Co-supervisor Eng. Jone, agradeço imenso pela orientação, compreensão e disponibilidade para o desenvolvimento do trabalho. Agradeço a empresa Sun Power Engineering pela confiança e oportunidade fornecida para elaborar um projecto com bastante estima e importância para o país. O meu agradecimento vai também, a todos professores do Departamento de Engenharia Mecânica, aos funcionários da faculdade e todos os colegas que directo ou indirectamente participaram desta jornada.

Um especial agradecimento aos meus colegas André Justino, Tálvar Celestino, Albino Milambo, Lino Jorge, Shirley Carolina e José Nhacutove, que me acompanharam nesta longa jornada, com várias noites passadas estudando, dando força um ao outro para um objetivo comum. Aos meus amigos Leonardo Manjate, Ednilson Tomo e Eduardo Tomo, por me terem ajudado quando precisei.

Muito obrigado!

EPÍGRAFE

“Começa em ti a mudança que queres para o mundo, começa sempre em nada o que acaba em tudo”.

Edson Da Luz

RESUMO

Fontes de energia renováveis têm sido de importância imensurável no mundo inteiro, para além da ausência de impactos negativos ao ambiente, contribuem para o desenvolvimento tecnológico, económico, entre outros aspectos.

Os colectores solares são uma ferramenta extremamente importante para a sociedade, sobretudo nos hospitais, nos hotéis, nas residências, em sistemas de aquecimento, aquecimento sanitário ou mesmo aquecimento de piscinas, no aquecimento de água para diferentes usos.

O trabalho a desenvolver foca-se, de maneira geral, na produção de Tanques Termossifões para coletores solares e na projecção da fábrica para o mesmo efeito a nível local, visto que a produção do mesmo seria inédita no nosso país.

O trabalho vai incluir o dimensionamento do tanque termossifão, com ênfase no cálculo da energia exigida para concepção do mesmo, que será feito com base nos processos de produção e na maquinaria necessária, esta que será estudada de modo a optimizar esse gasto; e na projecção da fábrica na Cidade da Matola, que inclui os estudos do *layout* da fábrica, da estrutura fabril, dos fluxos para a produção, entre outros aspectos.

Um dos aspectos mais relevantes a ser estudado, é a análise económica do projeto, para que se conheça a viabilidade da produção de tanques termossifões a nível local, que é o problema que a empresa pretende resolver.

Palavras-chave: energias renováveis, coletor solar, termossifão, projecção, fábrica.

ABSTRACT

Renewable energy sources have been of immeasurable importance throughout the world, in addition to the absence of negative impacts on the environment, they contribute to technological and economic development, among other aspects.

Solar collectors are an extremely important tool for society. Above all, in hospitals, hotels, homes, in heating systems, sanitary heating or even swimming pool heating, to heat water for different uses.

The work to be carried out focuses, in general, on the production of Thermosiphon Tanks for solar collectors and on designing the factory for the same purpose at a local level, as its production would be unprecedented in our country.

The work will include sizing the thermosiphon tank, with emphasis on calculating the energy required to design it, which will be done based on the production processes and necessary machinery, which will be studied in order to optimize this expense; and the projection of the factory in the City of Matola, which includes studies of the factory layout, factory structure, production flows, among other aspects.

One of the most relevant aspects to be studied is the economic analysis of the project, so that the feasibility of producing thermosyphon tanks at a local level is known, which is the problem that the company intends to solve.

Keywords: renewable energy, solar collector, thermosyphon, projection, factory.

	Projectão da Linha de Produção de Tanques Termossifões Para Colectores Solares Monjane, Regano Gonçalves
---	--

Índice Geral

DECLARAÇÃO DE HONRA	III
DEDICATÓRIA:	IV
AGRADECIMENTOS	V
EPÍGRAFE.....	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XII
Índice de Figuras.....	XV
Capítulo 1 Considerações Iniciais.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.1 Objectivos.....	2
1.1.1	2
1.1.2 Objectivos específicos	2
1.3 Metodologia de Trabalho.....	3
1.4 Estrutura do trabalho	5
Capítulo 2: Revisão de Literatura	6
2.1 Energia Solar	6
2.2 Colectores Solares Térmicos	7
2.3 Princípio de funcionamento.....	7
2.4 Tipos de Colectores Solares Térmicos	8
2.5 Importância dos Colectores Solares.....	10
Capítulo 3: Análise Construtiva	11
3.1 Descrição do Produto	11
3.2 Tanque Interno	12
3.3 Tanque Externo	15
3.3.1 Condições de trabalho.....	15
3.3.2 Escolha do material	16
3.4 Isolamento Térmico	17
3.5 Estudo do mercado.....	18
Capítulo 4: Dimensionamento Energético do termossifão.....	19

Capítulo 5: Dimensionamento Mecânico do Tanque Termossifão.....	26
Capítulo 6: Estabelecimento da Linha de Produção.....	33
6.1 Localização da Fábrica.....	33
6.2 Fonte de Matéria-prima e subsidiária	34
6.3 Estudo dos fluxos de processo.....	34
6.4 Equipamento para a Produção	35
6.5 Balanceamento das Cargas dos Equipamentos.....	47
Capítulo 7: Layout da Fábrica	51
7.1 Descrição do layout.....	51
7.2 Instalações	51
7.3 Características dos edifícios	52
7.4 Condições ambientais.....	53
Capítulo 8: Análise Económica do Projecto.....	54
9. Conclusões e Recomendações.....	59
9.1 Conclusões.....	59
9.2 Recomendações	60
10. Referências Bibliográficas.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ONU – Organização das Nações Unidas

Pu – Poliuretano

Rugos. – Rugosidade

p – Página

NASA – Agência Norte-americana de Administração Aeronáutica e Espacial (do inglês *National Aeronautics and Space Administration*)

CNC – Comando Numérico Computadorizado (do inglês *Computer Numeric Control*)

TIG – Gás Inerte de Tungstênio (do inglês *Tungsten Inert Gas*)

PRA – Período de Retorno Actualizado

VAL – Valor Actual Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

C – Carbono

Si – Silício

P – Fósforo

S – Enxofre

Ni - Níquel

Cr – Cromo

Mn - Manganês

Fe – Ferro

L – Comprimento (mm)

Ø - Diâmetro (mm)

H ou h – Altura (mm)

D_e – Diâmetro externo (mm)

D_i – Diâmetro interno (mm)

T_{ini} - Temperatura inicial ($^{\circ}C$)

T_f - Temperature final ($^{\circ}C$)

T_{med} - Temperatura média ($^{\circ}C$)

g - Aceleração de gravidade (m/s^2)

Q_{conv} – Calor transferido por convecção (MJ)
 h – Coeficiente de transferência de calor por convecção ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
 A_s - Área da superfície (m^2)
 β - Coeficiente de expansão volumétrica ($1/K$)
 Gr_L – Número de Grashof
 T_s – Temperatura da superfície ($^\circ C$)
 T_∞ - Temperatura de um ponto do fluido interno ($^\circ C$)
 ν – Viscosidade cinemática (m^2/s)
 L_c – Comprimento característico (mm)
 k – Condutibilidade térmica ($W/m.k$)
 Pr – Número de Prandtl
 N_u – Número de Nusselt
 Q - Necessidade energética (MJ)
 m – Massa (kg)
 C_p – Calor específico do fluido ($J/kg.K$)
 H - Irradiação Global Horizontal Média Corrigida (MJ/m^2)
 f – Fator de inclinação
 $Coef_{correc}$ – Coeficiente de correcção
 I - Intensidade útil ($304,3083 W/m^2$)
 η - Rendimento do colector
 F' - Factor de Irrigação
 τ – Transmitância da Cobertura Transparente (adimensional)
 α – Absortância da Placa Absorvedora (adimensional)
 U_L – Coeficiente Global de Perdas Térmicas de Calor ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
 $E_{col.d}$ – Energia Útil (MJ/m^2)
 A_{sc} - Área da superfície colectora (m^2)
 N_{ct} - Número teórico de tubos colectores
 P – Pressão (kPa)
 σ_a - Tensão admissível (Mpa)
 σ_e - Tensão de Escoamento do Material (Mpa)

V – Volume (m^3)
 $a = b$ - Raio do Cilindro (mm)
 c - Altura do Tampo (mm)
 t - Espessura da Chapa (mm)
 E - Eficiência da Soldadura
 S_{tampo} – Espessura do Tampo (mm)
 L_{ext} Comprimento do tanque exterior (mm)
 L_{int} Comprimento do tanque interior (mm)
 L_{int} Comprimento do tanque interior (mm)
 R_{ext} Raio do tanque exterior (mm)
 R_{int} – Raio do tanque interior (mm)
 S_{iso} - Espessura do isolamento térmico (mm)
 F_c – força de corte da Guilhotina (kN)
 δ – Espessura máxima das chapas a cortar (mm)
 φ – Ângulo entre lâminas
 τ_c – Limite de resistência ao cisalhamento do material (Mpa)
 k_{df} – Coeficiente que tem em conta o estado das lâminas
 P_z – Força de corte (N)
 V_r – Velocidade real de corte (m/min)
 V_c - Velocidade de corte (m/min)
 N_{calc} – Potência de Cálculo (kW)
 n_m - Frequência de rotação da árvore principal (rpm)
 E_T – Energia total consumida (kWh/dia)
 T – Tempo de utilização diária das máquinas (h)
 S_T – Superfície total (mm)
 S_s – Superfície Estática que Corresponde a Máquina, Bancada ou Instalação (mm)
 S_{Total} – Área Total da Estrutura Fabril (m^2)
 P_{Total} – Preço Total
 P_{Compra} – Preço de Compra
 I_0 – Investimento Inicial

FC_t – Fluxo de Caixa em t anos

K – Taxa de Rentabilidade

Índice de Figuras

Fig. 1.1 Fluxograma do accionamento da resistência eléctrica com apoio do termostato (adaptado).....	4
Fig. 1.2 Formas de exploração da energia solar (adaptado). Fonte: Miguel Ângelo (2019).....	6
Fig. 1.3 Tanque Interno do Termossifão. Adaptado pelo autor no SolidWorks.....	13
Fig. 2.3 Esboço do tanque externo do Termossifão. Fonte: Autor	16
Fig. 1.4 Corte Longitudinal do tanque interno. Elaborado pelo autor no SolidWorks	26
Fig. 1.5 Vista Frontal do Tanque para a medida dos comprimentos. Fonte: Autor	29
Fig. 2.5 Simulação de deformação pela pressão. Feito no SolidWorks. Fonte: Autor.....	31
Fig. 1.6 Localização da Fábrica. Fonte: Google Earth Web.....	33
Fig. 1A Colector Solar de Placa Plana.....	65
Fig. 2A Colectores Solares de Foco em Linha. Fonte: Energia Solar Fotovoltaica.b	65
Fig. 3A Colectores Solares de Foco Pontual. Fonte: Energia Solar Fotovoltaica.br	65
Fig. 4A Tubo de Vácuo com Tuno de Calor. Fonte: Manual Colector Vácuo Tubo de Calor.cdr	66
Fig. 5A Tubo de vácuo de transferência directa. Fonte: Ubersol Energias Renováveis	66
Fig. 6A Espuma Expansiva de Isolamento. Fonte: Ventajas (2020), bricovel.com	66
Fig. 7A Válvula de segurança do tanque termossifão. Fonte: Compron.....	67
Fig. 8A Máquina Desbobinadeira. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais	67
Fig. 9A Guilhotina. Fonte: Fornecedor de equipamento industrial	67
Fig. 10A Furadora CNC. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais	68
Fig. 11A Calandra de 3 Rolos. Fonte: Fornecedor e equipamentos industriais.....	68
Fig. 12A Equipamento de Soldadura Longitudinal. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.....	68
Fig. 13A Equipamento de Soldadura Radial TIG.....	69
Fig. 14A Prensa Embutidora. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais	69
Fig. 15A Máquina de Flangear Furos. Fonte: Fornecedor de Equipamentos Industriais.....	69
Fig. 16a Equipamento de Soldadura Local Radial TIG. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais .	70
Fig. 17A Flangeadora Manual. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais	70
Fig. 18A Máquina de união por aperto. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.....	70
Fig. 19A Flangeadora radial. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais	71
Fig. 20A Máquina de Espuma Hidráulica. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais	71

Índice de Tabelas

Tab. 1.3 Composição nominal do Aço Inox SUS 304. Fonte: Breno Iran da Silva Alves, (2021).....	12
Tab. 2.3 Resultados da análise construtiva dos elementos do tanque interno.	14
Tab. 3.3 Composição nominal do aço SAE 1030 é descrita na tabela seguinte:	16
Tab. 4.3 Resultados da análise construtiva dos elementos do tanque externo	17
Tab. 5.3 Consumos diários de referência (adaptado). Fonte: Energia Solar (Aula do Prof. Dr. Eng. Jorge Nhambiu, p. 13).....	19
Tab. 1.4 Dados de características climáticas regionais para projectos de energia limpa. Fonte: Retirado do software Retscreen.....	23
Tab. 1.5 Características do sistema e condições de trabalho. Fonte: User Manual - SIDITE.....	27
Tab. 2.5 Acessórios do tanque. Fonte: Autor	27
Tab. 1.6 Fornecedores de matéria-prima. Fonte: Autor.	34
Tab. 2.6 Características técnicas do produto	35
Tab. 3.6 Características técnicas da Desbobinadeira	37
Tab. 4.6 Parâmetros para escolha da Guilhotina	37
Tab. 5.6 Características técnicas da Guilhotina.....	38
Tab. 6.6 Características técnicas da Furadora CNC. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.....	38
Tab. 7.6 Características técnicas da calandra de Rolos. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais. .	39
Tab. 8.6 Características técnicas do Torno Mecânico. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais	40
Tab. 9.6 Características técnicas da Serra de Disco. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.....	41
Tab. 10.6 Características técnicas da Máquina de Soldadura TIG.	41
Tab. 11.6 Características técnicas do Equipamento de Soldadura Radial TIG.....	42
Tab. 12.6 Características técnicas da Prensa Embutidora.	42
Tab. 13.6 Características técnicas da Máquina de Flangear Furos.	43
Tab. 14.6 Características técnicas da Soldadura Local Radial TIG. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.....	43
Tab. 15.6 Características técnicas do Equipamento de Teste de Hidro Pressão. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.....	44
Tab. 16.6 Características técnicas da Flangeadora Manual. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais	44
Tab. 17.6 Características técnicas da Máquina de União por Aperto Longitudinal. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.....	45
Tab. 18.6 Características técnicas da Flangeadora Radial	45

Tab. 19.6 Características técnicas da Plataforma de Aplicação de Espuma Expansiva. Fonte: Fornecedores de equipamentos industriais	46
Tab. 20.6 Características técnicas da Máquina de Espuma Hidráulica. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.....	46
Tab. 21.6 Características técnicas do Sistema de Ar Comprimido. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.....	46
Tab. 22.6 Características técnicas da Serra de disco	47
Tab. 23.6 Número de máquinas e de trabalhadores em cada máquina	48
Tab. 24.6 Superfícies reais das máquinas e bancadas.....	49
Tab. 25.6 Superfície e armazém de matéria-prima.....	50
Tab. 26.6 Níveis de iluminação nos sectores da fábrica. Fonte: Apontamento de Sistemas de Produção (Ambiente de Trabalho)	54
Tab. 27.6 Fluxos de caixa do projecto	57

Lista de Gráficos

Gráf. 1.8 <i>Pay Back</i> Simples do projecto	58
---	----

Capítulo 1 Considerações Iniciais

1.1 Introdução

Fontes de energia renováveis são de imensurável importância para o mundo inteiro, sobretudo no que diz respeito a sustentabilidade dos sistemas e a preservação do meio ambiente. Para além da ausência de impactos negativos ao ambiente, contribuem para o desenvolvimento tecnológico, económico, entre outros aspectos.

Energia solar é uma das fontes de energias renováveis mais produtivas e usadas a nível mundial, com sistemas pouco complexos. Os colectores solares para aquecimento de água são equipamentos extremamente importantes para a sociedade, sobretudo nos hospitais, para tratamento dos objectos médicos, nos hotéis, nas residências, para sistemas sanitários, nas piscinas, nos sistemas de aquecimento de água para diferentes usos.

O presente trabalho visa na projecção da linha de produção de tanques termossifões para colectores solares, onde será feita a análise construtiva de todos elementos do tanque, o dimensionamento do mesmo, o estudo dos fluxos de processos para fabricação e o estudo da maquinaria necessária para o mesmo objectivo.

O trabalho vai incluir a projecção e estudo da planta fabril, para a produção dos tanques na Cidade da Matola, o que vai contribuir muito para o desenvolvimento do nosso país.

Um dos aspectos mais relevantes que será estudado, é a análise económica do projeto, para que se conheça a viabilidade da produção de tanques termossifões a nível local, que é o problema que a empresa pretende resolver.

O presente trabalho é feito no âmbito da conclusão do curso Licenciatura em Engenharia Mecânica, na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. O mesmo ocorre durante o estágio profissional dentro do segundo semestre lectivo do ano 2024.

1.2 Justificativa

Moçambique é um dos países com condições favoráveis no que diz respeito aos recursos naturais, e com bom clima para a produção de energia solar. O nível de insolação durante o ano inteiro é muito bom, assim, a produção de energia a partir de sistemas fotovoltaicos é um campo vasto e promissor para o desenvolvimento do país e, muito importante, pela conservação do meio ambiente com o uso de uma fonte limpa de energia.

Sendo a produção de energia solar um campo promissor e em desenvolvimento exponencial no país, criar condições para que os equipamentos dos sistemas fotovoltaicos sejam produzidos a nível nacional é um desafio grande, e que pode contribuir imensamente para o desenvolvimento nacional. Produzir Tanques Termossifões internamente, para além de reduzir a quantidade de importações, pode reduzir o preço de aquisição destes equipamentos para Moçambique e exportação, tendo um contributo considerável para o produto interno bruto (PIB) do país e para a apreciação da moeda nacional.

1.1 Objectivos

1.1.1 Objectivo geral:

- Projectar a linha de produção de Tanques Termossifões para colectores solares.

1.1.2 Objectivos específicos:

- Fazer o dimensionamento energético e construtivo para colectores solares de tubo de vácuo com tubos de calor;
- Estabelecer a linha de produção de tanques termossifões para colectores solares;
- Dimensionar a planta fabril para a produção de tanques termossifões;
- Analisar o balanço energético da produção;
- Estudar a viabilidade económica do projecto.

1.3 Metodologia de Trabalho

Para o presente trabalho, usou-se como metodologia a revisão bibliográfica e o estudo de campo:

- **Revisão bibliográfica (fonte secundária)** – meio através do qual foi feita a recolha de informações teóricas sobre os termos para colectores solares, sobretudo no que diz respeito aos materiais, os processos de produção para efeitos de fabrico e parâmetros de construção dos próprios termos;
- **Estudo de campo (fonte primária)** – estudos dos termos importados e disponibilizados pela Sun Power Engineering, Lda, o que possibilita fazer análises e comparações, e ter como base a construção estrangeira dos termos, de modo a se familiarizar com os parâmetros standardizados para este tipo de fabrico.

1.5 Problematização

A radiação solar média diária incidente na nossa região é de 5,27 kWh/m² ou 18,972 MJ/m², segundo a NASA, pelo *software* Retscreen, podendo chegar à 6,78 kWh/m², o que pode aquecer a água até uma temperatura bastante alta, sobretudo depois das 12h, que é o horário em que o Sol atinge o seu pico de emissão de radiação. Com o acréscimo da temperatura, a pressão no interior do tanque tem um aumento proporcional, o que vai accionar a válvula de segurança, para aliviar a pressão e evitar um dilatamento do volume que possa danificar o termossifão.

Quando a válvula de segurança, mostrada na figura fig. 7A abre, liberando fluído para aliviar o sistema, uma quantidade considerável de água é perdida, nos casos em que a fonte de água da residência se encontra distante, o que acarreta custos consideráveis. Para além do custo monetário com a água perdida devido ao excessivo aquecimento da mesma no interior do tanque, o gasto de água potável, impacta negativamente o uso racional dos recursos naturais. O funcionamento do tanque termossifão, até a abertura da válvula de segurança, é descrito no fluxograma da Fig. 1.1.

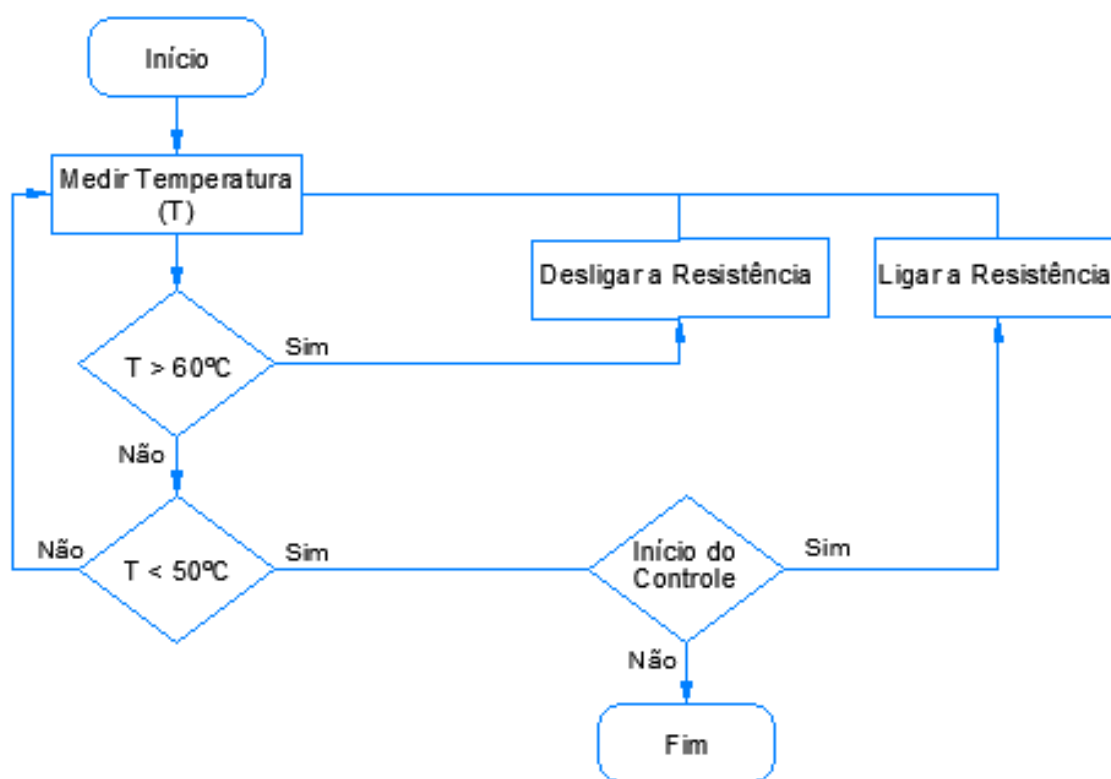


Fig. 1.1 Fluxograma do accionamento da resistência eléctrica com apoio do termostato (adaptado). Vagner Martins (2021)

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho contém sete capítulos de conteúdo, ordenados desde a fundamentação teórica até a viabilidade económica do projecto. No segundo capítulo é feita a fundamentação teórica do tema, onde se faz um estudo introdutório da energia solar e sua importância. São também estudadas as formas de obtenção de energia solar, a posterior fala-se concretamente dos colectores solares, seus vários tipos, utilidades e importância para a sociedade.

No terceiro capítulo é feita a análise construtiva do tanque termossifão a produzir, onde se faz a escolha dos materiais a utilizar na produção do mesmo, de acordo com as propriedades exigidas e as condições de trabalho do produto. É feito também o estudo do mercado, para saber o volume de tanque a produzir de forma a maximizar o número de vendas do produto.

No quarto capítulo é feito o dimensionamento energético do tanque, mais concretamente o número de tubos colectores que o tanque termossifão vai conter, de acordo com a radiação média diária incidente na nossa região, para que evite o superaquecimento e se minimize o gasto na produção.

No quinto capítulo, é feito o dimensionamento mecânico do tanque, para que suporte as situações mais adversas de trabalho, sem danificar o mesmo. Este dimensionamento é feito tendo em conta os acessórios para o sistema hidráulico, que com os tubos colectores, completam o sistema do colector solar.

No sexto capítulo é feito o estudo dos equipamentos a usar, e é feita a projecção da linha de fabricação dos tanques termossifões. O sétimo, trata do layout da fábrica, estudado o tipo de estrutura fabril, cálculo das áreas necessárias de trabalho e outros aspectos relevantes para a instalação da fábrica.

No oitavo e último capítulo é feita a análise de viabilidade do projecto, onde são feitos cálculos para saber se o projecto é economicamente viável, e saber em quanto tempo pode-se obter o retorno do valor investido.

Capítulo 2: Revisão de Literatura

2.1 Energia Solar

Fontes de energia renováveis são todas aquelas com as quais a energia é produzida através de recursos naturais não esgotáveis, para produção de uma energia limpa e agradável ao ambiente, como o sol para energia solar, o vento para energia eólica, a água dos mares para a energia hídrica, bem como o calor da própria terra para a energia geotérmica.

No combate ao aquecimento global, a utilização de energias renováveis é um dos pontos mais importantes. O Sol é uma das maiores fontes de energias renováveis, se não a maior.

O Sol é a maior fonte de energia que abastece a Terra, responsável pela origem de quase todas as outras formas de energia. Ou seja, a energia proveniente do Sol aquece a atmosfera de forma desigual, gerando a circulação atmosférica e o ciclo das águas, de modo que os ventos são aproveitados nos parques eólicos e o represamento possibilita a geração hidrelétrica. Os combustíveis fósseis (como o petróleo, o carvão e o gás natural), que vêm da deterioração de matéria orgânica, e renováveis (como a biomassa), receberam a energia para o seu desenvolvimento da radiação solar (Alexandre Bueno, 2012).

A energia solar pode ser explorada de forma activa e de forma passiva. De forma activa a energia é transformada através de painéis fotovoltaicos, entre outros meios. Enquanto, na forma passiva utiliza-se de forma directa a radiação solar, sobretudo na arquitetura, como em edifícios solares, tetos com ventilação externa, etc.

A Fig. 1.2. apresenta formas de exploração de energia solar.

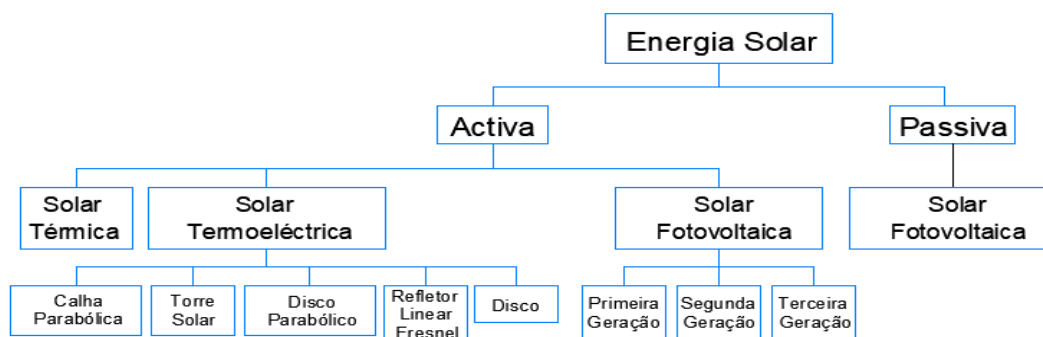


Fig.1.2 Formas de exploração da energia solar (adaptado). Fonte: Miguel Ângelo (2019)

2.1.1 Vantagens e desvantagens da energia solar

A energia solar dispõe de várias vantagens e desvantagens, das quais destacam-se as seguintes:

Vantagens

- Fonte de energia limpa e autossustentável;
- Montagem e manutenção simples;
- Muito viável para zonas com difícil acesso à energia obtida por fonte hídrica.

Desvantagens

- Obtenção dos equipamentos por fontes de energia não renováveis;
- Ausência de produção de energia durante a noite;
- Produção deficiente em dias pouco ensolarados ou com mau tempo.

2.2 Colectores Solares Térmicos

É uma das formas activas de produção de energia solar. O colector solar capta a radiação solar através de superfícies de forte reflexão de radiação, de modo a transformar essa radiação em energia térmica, para aquecer certos fluídos. Segundo Miguel Ângelo (2019), o colector solar é um tipo especial de trocador de calor, transformando radiação solar nele incidente em energia térmica utilizável. Os colectores solares térmicos são dispositivos imprescindíveis para fornecimento de energia térmica para fins domésticos e industriais.

O consumo de energia para o aquecimento de água a partir de aquecedores eléctricos, é de magnitude muito acentuada. Estes sistemas eléctricos podem vir a consumir cerca de 319,14 kWh por mês. Tendo em conta um tempo médio de 7,5 minutos para o banho, que é o principal uso para estes aquecedores, podemos assumir que muita energia é gasta, num espaço de tempo muito curto. O uso de Colectores Solares Térmicos para além de serem uma fonte limpa de energia, poupam significativamente o gasto em energia, o que é, a longo prazo, uma grande vantagem económica para o próprio consumidor.

2.3 Princípio de funcionamento

Os colectores solares térmicos têm como base o seguinte princípio de funcionamento, as superfícies absorvedoras captam a radiação solar, essa radiação solar é convertida em energia térmica. Esta absorção é feita a partir de materiais com excelente condutibilidade térmica (metal e

vidro), de modo a transformar essa radiação em energia térmica para aquecer fluídos com diversas finalidades.

Após a absorção, este calor é transferido para o fluído em causa, normalmente, através de tubos trocadores de calor, dependendo de cada sistema. Por fim, é feito o armazenamento deste fluído para uso posterior, ou é usado diretamente.

2.4 Tipos de Colectores Solares Térmicos

Existem vários tipos de colectores, variando de acordo com o princípio de funcionamento do sistema, obtenção e armazenamento da energia solar e a finalidade do mesmo, doméstico, industrial, entre outros:

2.4.1 Colectores de Placa Plana

Os colectores de placa plana são um dos sistemas mais simples de colectores solares, possui uma placa plana de grande superfície, de modo a maximizar a área de absorção da radiação solar. O sistema é composto por um vidro de cobertura, uma placa de absorção, tubos trocadores de calor, isolamento térmico e a caixa base (ver fig. 1A).

Uma das principais vantagens deste sistema é o facto de não exigir uma estrutura ou um equipamento próprio para o seu posicionamento, podendo ser facilmente fixada de forma permanente. É um sistema comum em usos domésticos.

A energia solar dispõe de várias vantagens e desvantagens, das quais se destacam:

Vantagens:

- Fonte de energia limpa e autossustentável;
- Montagem e manutenção simples;
- Muito viável para zonas com difícil acesso à energia obtida por fonte hídrica.

Desvantagens:

- Obtenção dos equipamentos por fontes de energia não renováveis;
- Ausência de produção de energia durante a noite;
- Produção deficiente em dias pouco ensolarados ou com mau tempo.

2.4.2 Colectores de Foco de Linha

Os colectores de foco em linha são usados, geralmente em campos industriais e não residuais, como os tipos anteriores. São usados, na maioria das vezes para produção de vapor para gerar electricidade, pela alta capacidade de absorção, são usados para abastecer sistemas de elevado consumo energético (ver figura 2A).

Usam calhas parabólicas com uma emissividade muito baixa (alta refletividade de radiação), e estão ligadas a um canal de água, onde incide a radiação refletida pelas calhas, fazendo a transferência de calor para o fluido. Estes dispositivos podem mover-se de acordo com a locomoção do Sol para maximizar a captação da radiação.

2.4.3 Colectores de Foco Pontual

Os colectores de foco pontual são semelhantes ao tipo anterior, ao passo que este usa placas posicionadas para refletir a radiação solar a um único ponto focal. O fluido passa por esse ponto focal, onde acontece a troca de calor. São igualmente usados em ramos industriais, sobretudo para geração de vapor para gerar electricidade, com uma capacidade elevada de gerar energia (ver fig. 3A).

2.4.4 Colectores de Tubos de Vácuo

Existem dois tipos de tubos de vácuo para colectores solares.

2.4.4.1 Tubos de vácuo com tubo de calor

Nestes sistemas, o fluido a ser aquecido não entra no tubo, um líquido volátil, recolhe o calor recebido pela placa absorvedora, através de um tubo trocador de calor de Cobre, para o fluido que se pretende aquecer.

Este líquido, volátil, quando não há radiação solar, se encontra na parte inferior do tubo de calor, em forma de líquido, quando há radiação, este líquido evapora e leva consigo o calor até a parte superior, onde faz a troca de calor com o fluido a aquecer e volta a condensar-se, descendo à base do tubo de calor, e assim segue o ciclo. O fluido é aquecido sem que ele saia do tanque termossifão (ver fig. 4A).

2.4.4.2 Tubos de vácuo de transferência directa

Nestes sistemas, o fluido entra nos tubos, de forma a fazer uma transferência directa do calor obtido pela radiação solar por parte dos tubos colectores. Este sistema tem a vantagem de ser menos dispendioso que o sistema com tubo de calor (ver fig. 5A).

Os tubos de vácuo sem o tubo de calor têm uma desvantagem muito crucial para o sistema em relação ao tubo de calor que é a seguinte, em caso de quebra ou danificação de um tubo de vácuo, todo o sistema fica comprometido e não se pode utilizar o sistema sem que se faça o conserto do tubo danificado. Enquanto, quando um tubo com tubo de calor se danifica, os restantes tubos continuam levando calor para aquecer o fluido.

Os sistemas com tubos de vácuo têm as seguintes vantagens, em relação aos outros sistemas:

- Isento a sobreaquecimento devido à proteção térmica do tubo de calor;
- Isolamento térmico eficaz e com poucas perdas devido ao vácuo entre o vidro e a placa absorvedora;
- Rendimentos energéticos constantemente elevados.

Os colectores solares de Placa Plana e os de Tubo de Vácuo, são os tipos mais comuns, embora os de foco em linha e de foco único sejam de elevada produtividade e comumente usados nas indústrias para geração de electricidade.

A construção dos tanques é feita de acordo com o tipo de tubos a serem usados, assim, temos alguns tanques com serpentina para tubos de vácuo de transferência directa e Tanques Termossifões (para tubos de vácuo com tubos de calor).

2.5 Importância dos Colectores Solares

A Organização das Nações Unidas (ONU) declarou em 2021 que a contínua emissão dos gases do efeito estufa podem romper um importante limite de temperatura em pouco mais de uma década. As alarmantes mudanças climáticas têm alertado o mundo sobre a necessidade de preservar o meio ambiente, no que diz respeito à geração de energia.

A utilização de fontes limpas para gerar energia para o consumo é uma responsabilidade do mundo inteiro, e a fonte solar um dos pilares para este feito. Assim, para além de ser uma fonte autónoma ou renovável e limpa, os colectores solares têm as seguintes importâncias:

- Economia significativa no gasto por energia eléctrica, ou gás;
- Autodependência, em relação a empresas geradoras de energia, devido a sua autonomia em gerar energia;
- Boa eficiência energética, com exploração directa da radiação solar
- Longa vida útil;
- Sistema de montagem e manutenção simples.

Capítulo 3: Análise Construtiva

3.1 Descrição do Produto

O produto a ser fabricado é um Tanque Termossifão, com tubos de vácuo com tubos de calor, para colectores solares, de 200 litros. O termossifão é cilíndrico e constituído por várias partes, que serão analisadas minuciosamente sob ponto de vista tecnológico, desde o tipo de material, suas propriedades de acordo com as condições de trabalho, o processo tecnológico para produção ou obtenção de cada parte do produto em causa, o equipamento necessário para cada operação da mesma, entre outros.

O termossifão é constituído por três partes principais:

- Parte interna;
- Isolamento e
- Parte externa.

A parte interna é constituída pelos seguintes elementos:

- Tanque interno;
- Entradas e saídas para o circuito hidráulico;
- Porta-tubos de calor;
- Porcas para as entradas dos tubos de calor e
- Porta-sensor;

A parte interna serve de isolamento, para que o calor no interior do tanque seja conservado da melhor forma e é feito de espuma expansiva de Poliuretano (Pu). A parte externa é composta pelos seguintes elementos:

- Tanque externo;

- Tampas do tanque;
- Válvula de segurança, com termostato e
- Comando eléctrico, com a resistência e o termostato.

3.2 Tanque Interno

O tanque interno, é a parte mais importante do termossifão, é a parte que armazena o fluído e onde o mesmo é aquecido pelo calor provindo da radiação solar, por via dos tubos de calor, que têm a sua parte superior, onde acontece a condensação do líquido transportador de calor quando esta parte entra em contacto com a água fria no tanque, no interior do tanque interno.

Tendo como produto a armazenar (água), o nível provável de impurezas que tal produto pode possuir, a dinâmica do fluído no interior do termo e outros, são factores importantes para a escolha do material para a produção do termo.

3.2.1 Condições de trabalho

O tanque interno vai trabalhar de forma estática, com a parte exterior totalmente coberta de espuma sólida de isolamento térmico, o que torna sua superfície externa de pouca responsabilidade no que diz respeito ao acabamento. A superfície interna estará em contacto com a água, pelo que deverá ser lisa, para não criar turbulência na circulação da água durante o efeito termossifão.

3.2.2 Escolha do material

A escolha do material é feita com base nas propriedades solicitadas na peça, máquina ou equipamento, depois de verificadas as condições de uso dos mesmos. Assim, o material escolhido para o tanque interno é o **Aço Inoxidável SUS 304**.

Composição nominal

A composição nominal do aço inoxidável SUS 304 é descrita na Tab. 1.3:

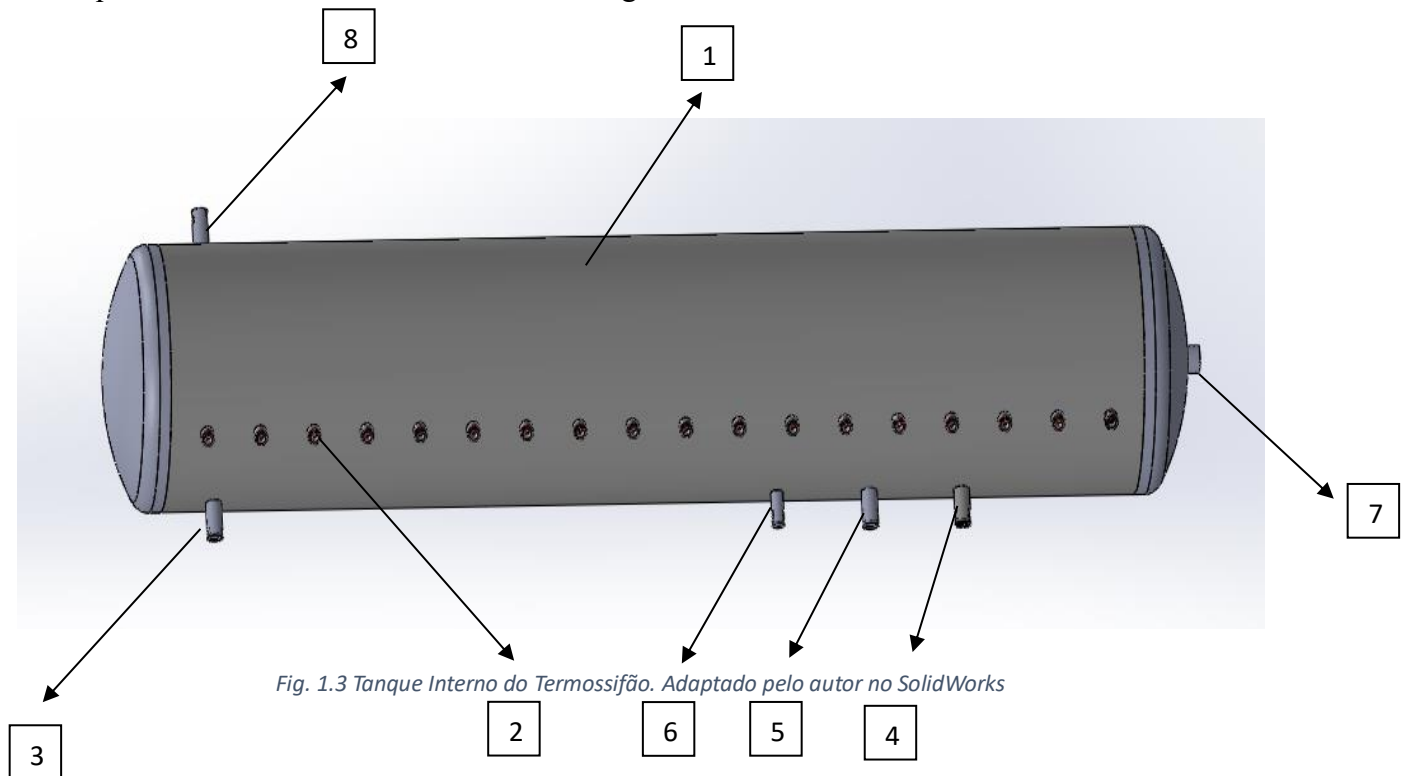
Tab. 1.3 Composição nominal do Aço Inox SUS 304. Fonte: Breno Iran da Silva Alves, (2021)

Elemento	C	Si	P	S	Ni	Cr	Mn	Fe
Teor (%)	0.08	1	0,045	0,03	8-10,5	18-20	2	resto

Propriedades do material:

- Alta resistência à corrosão;
- Qualidade alimentar;
- Boa soldabilidade;
- Ductilidade;
- Alta resistência mecânica ao calor em ambientes de alta e baixa temperaturas;
- Trabalhabilidade a frio.

O tanque interno tem a estrutura ilustrada na Fig. 1.3:



Legenda:

- 1 – Tanque interno;
- 2 – Porcas do porta-tubo de calor;
- 3 – Entrada para água fria;
- 4 – Saída para água quente;
- 5 – Entrada da haste de Magnésio (canal de manutenção);
- 6 – Entrada para sensor de temperatura;

7 – Entrada da resistência eléctrica com o termostato;

8 – Entrada da válvula de segurança.

Os itens 3 à 8, são tubos de Aço Inoxidável soldados no tanque interno, com roscas internas para dar entrada aos elementos complementares do circuito hidráulico, que completarão o sistema, a partir do tanque externo.

Os resultados da análise construtiva dos elementos do tanque interno são apresentados na Tab. 2.3:

Tab. 2.3 Resultados da análise construtiva dos elementos do tanque interno.

N.º	Descrição do elemento	Destino	Quant.	Dimensões e precisão	Rugos. (Rz/Ra)
I	II	III	IV	V	VI
1	Tanque interno	Armazenamento do fluido de trabalho	1	$\varnothing 360h7$ $L = 1700\text{mm}$	Ra1.25
2	Porca do Porta-tubo de calor	Impedir a saída do porta-tubo de calor interior e dar entrada ao tubo de calor	20	$H_{\text{sextavado}} = 6,4\text{mm}$ $M22 \times 1.5 \times 14$ $D_i = 18H7$ $h_{\text{total}} = 24,4\text{mm}$	Ra1.5
3	Porta- tubo de calor	Estará em contacto com a parte condensadora do tubo de calor	20	$D_e = 18h7$ $D_i = 16H7$ $H = 40\text{mm}$	Ra1.5
4	Veio de entrada de água fria	Canal de entrada do tubo para a entrada de água fria	1	$D_e = 33h7$ $M25 \times 1.5 \times 20 - H7$ $h_{\text{total}} = 53\text{mm}$	Ra2.5
5	Veio de saída de água quente	Canal de entrada do tubo para a entrada de água fria	1	$D_e = 33h7$ $M25 \times 1.5 \times 20 - H7$ $h_{\text{total}} = 53\text{mm}$	Ra2.5
6	Veio interno de saída de água quente	Canal de saída de água quente com altura considerável para retirar o fluido de menor densidade	1	$D_e = 24h6$ $D_i = 20H6$ $H = 300\text{mm}$	Ra1.5
7	Canal para manutenção	Canal de entrada do veio de entrada da haste de Magnésio	1	$D_e = 33h7$ $M25 \times 1.5 \times 20 - H7$ $H_{\text{total}} = 53\text{mm}$	Ra2.5

Continuação da Tab. 2.3

I	II	III	IV	V	VI
8	Veio de entrada do sensor de temperatura	Canal de entrada do sensor de temperatura	1	$D_e = 26h7$ M25x1.5x16 – H7 $H_{total} = 50mm$	Ra2.5
9	Veio interno de entrada do sensor de temperatura	Estará em contacto com o fluido de trabalho e com o sensor de temperatura	1	$D_e = 14h6$ $D_e = 10H6$ $H = 35mm$	Ra1.5
9	Veio de saída secundária da água	Estará em contacto com o tubo secundário para saída de água	1	$D_e = 33h7$ M25x1.5x20 – H7 $H = 53mm$	Ra2.5
10	Furo de entrada da resistência e do termostato	Canal de entrada da resistência e do termostato	1	$D_e = 48h7$ M40x1.5 – H7 $H = 22.5mm$	Ra2.5
11	Juntas para o tanque interno e as porcas	Estão em contacto com as porcas, pelo que terão uma rosca interna para sua entrada	20	$D_e = 26h7$ M22x1.5x14 – H7 $H = 18mm$	Ra2.5
12	Veio de entrada da válvula de segurança	Estará em contacto com a válvula de segurança e a espuma expansiva de isolamento	1	$D_e = 33h7$ M25x1.5x20 – H7 $H_{total} = 62mm$	Ra2.5

3.3 Tanque Externo

O tanque externo é a parte que suporta o tanque interior e o isolamento de espuma expansiva. Tem uma importância extrema no que diz respeito à estética do sistema, pelo que precisa ser de material com um bom acabamento superficial.

3.3.1 Condições de trabalho

O tanque externo, na sua parte interna, estará em contacto com a espuma expansiva de isolamento, assim esta superfície é considerada de pouca responsabilidade. A face oposta estará em contacto com a atmosfera e, estará sujeita à instabilidade do clima e à todas condições climáticas, como chuvas, vendavais, entre outros fenómenos naturais, pelo que, deve ser de material com uma boa resistência ao desgaste e à corrosão.

3.3.2 Escolha do material

Analogamente ao tanque interno, é escolhido o material para o tanque externo:

Aço SAE 1030 com Galvanização

Composição nominal

A composição nominal do aço ao Carbono SAE 1030 é descrita na Tab. 3.3:

Tab. 3.3 Composição nominal do aço SAE 1030 é descrita na tabela seguinte:

Elemento	C	P	S	Mn	Fe
Teor (%)	0,27 – 0,34	0,04	0,05	0,60,90	resto

É um material ideal para carrocerias ou cobertura metálica resistente para vários sistemas, usado comumente em carros. O Aço Galvanizado é um material revestido de Zinco e este revestimento oferece 3 formas de proteção, uma camada dura de revestimento que protege o metal do ambiente corrosivo, uma proteção galvânica (metal de sacrifício) e, a formação de uma barreira para proteção eletroquímica adicional, segundo Baptista, 2013, apud Nevison, 1992.

Propriedades do material:

- Elevada resistência à corrosão;
- Durabilidade;
- Superfície de boa aparência e brilho;
- Boa soldabilidade;
- Resistência à condições e temperaturas extremas.

A Fig. 2.3 ilustra o esboço do tanque externo:

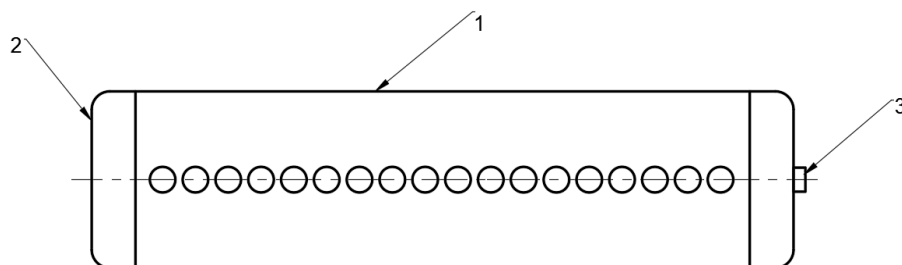


Figure 2.3 Esboço do tanque externo do Termossifão. Fonte: Autor

Legenda:

1 – Chapa externa do tanque;

2 - Tampo lateral do tanque;

3 – Accionamento eléctrico.

Os resultados da análise construtiva dos elementos do tanque interno são apresentados na Tab. 4.3:

Tab. 4.3 Resultados da análise construtiva dos elementos do tanque externo

N.º	Descrição do elemento	Destino	Quant.	Dimensões e precisão	Rugos. (Rz/Ra)
1	Chapa externa do tanque	Vai levar o tanque interno no seu interior, estará em contacto com a espuma sólida de isolamento	1	Ø470h7 L = 1800mm	Ra1.25
2	Tampo lateral do tanque	Estará em contacto com a espuma sólida de isolamento, melhora a estética do tanque	2	Ø470h7 H= 75mm	Ra1.5
3	Accionamento eléctrico	Estará em contacto com a espuma sólida de isolamento, recebe o accionamento quanto a temperatura da água for baixa	1	—	-

3.4 Isolamento Térmico

Para garantir a eficiência energética do sistema, é necessário que se minimize ao máximo a dissipação de calor do interior do tanque para o ambiente externo. Para tal, é necessário o uso de um isolante térmico, com uma resistência térmica muito elevada, o que minimiza a perda de calor no sistema e mantém o rendimento do mesmo.

Se tratando de um Tanque Termossifão, que vai ficar suspenso no tecto dos edifícios, em norma, e suportado por uma estrutura metálica, a minimização do peso deste tanque é muito importante. Para tal, é importante que o isolante seja de um material leve e com uma resistência térmica alta.

Assim, o material escolhido para o isolamento é a **Espuma Expansiva de Poliuretano** (ver fig.6A).

A espuma expansiva de poliuretano é um material de expansão muito rápida, usado para preencher espaços vazios em estruturas e usado como isolamento térmico em determinados sistemas. De acordo com o artigo de processos gerais de construção do Instituto Politécnico de Tomar, pág. 19, a Espuma de Poliuretano tem uma condutibilidade térmica de 0.029 a 0.03 W/m.°C, uma excelente impermeabilidade ao vapor de água e resistência ao calor, apesar de ser um mau isolamento acústico.

Os Tanques Termossifões podem variar de acordo com o seu volume, correspondendo ao agregado familiar, para sistemas residenciais, ou à quantidade de abastecimento necessária, para sistemas industriais e outros. Podemos ter tanques de 100l, 150l, 200l, entre outros volumes. Sendo assim, é necessário fazer um estudo do mercado antes de decidir o volume óptimo de tanque a produzir.

3.5 Estudo do mercado

Tratando-se de um projecto real, é necessário que se faça uma análise do mercado, tendo como base o agregado familiar médio no país, o consumo de água quente diário médio *per capita*, e o grau de consumo para os hotéis, hospitais e outros sectores. Após esse estudo do mercado e do público-alvo, será decidido o volume do Tanque Termossifão a dimensionar e produzir, para aumentar a viabilidade deste projecto.

De acordo com o Censo feito pelo Instituto Nacional de Estatística (2017, p. 32), em Moçambique, o número médio de membros de agregados familiares é de 4,6 membros, melhor dizendo, em média cada agregado familiar tem 5 membros, e quase 30% dos agregados familiares no país têm 5 a 6 membros.

O quadro 1.3 mostra o consumo diário médio de água, para completar a análise de que volume de tanque optar.

Tab. 5 Consumos diários de referência (adaptado). Fonte: Energia Solar (Aula do Prof. Dr. Eng. Jorge Nhambiu, p. 13)

Consumos	Litros/dia a 60°C
Vivendas unifamiliares	30 por pessoa
Vivendas multifamiliares	22 por pessoa
Hospitais e clínicas	55 por cama
Hotéis (4 estrelas*)	70 por cama
Hotéis (3 estrelas*)	55 por cama
Hotéis/Residências (2 estrelas*)	40 por cama
Campismo	40 por posição
Residências/Pensões (1 estrela*)	35 por cama
Residências (idosos, estudantes, etc.)	55 por cama
Vestiários/Duches coletivos	15 por serviço
Escolas	3 por aluno
Quarteis	20 por pessoa
Fabricas	15 por pessoa
Administrativos	3 por pessoa
Ginásios	20 a 25 por usuário
Lavandarias	3 a 5 por kg de roupa
Restaurantes	5 a 10 por refeição
Cafetarias	1 por refeição ligeira

Tendo em conta os dados acima recolhidos, o volume mínimo do tanque, tendo como referência o consumo familiar é de **200l**. Com 5 pessoas em média numa família, são consumidos por dia 150l, e o restante pode suprir necessidades de água quente para outras actividades, como cozinhar, lavar a loiça, entre outros.

Este é o volume óptimo, pois pode suprir as necessidades com pouco ou nenhum défice de água quente por conta do uso para as residências, com um único colectores solar, bem como para uso industrial com uma linha de colectores solares.

Decidido o volume do tanque a produzir, será feito o dimensionamento de um tanque termossifão de 200l.

Capítulo 4: Dimensionamento Energético do termossifão

De acordo com o caso descrito na problematização, será feito o dimensionamento energético dos colectores solares, para que estes possam ser produzidos parâmetros de acordo com as condições climáticas da nossa região.

4.1 Temperatura da abertura da Válvula de Segurança

A válvula de segurança é em norma projectada para abrir a uma pressão acima de 7 bar ou 700 kPa e a uma temperatura acima de 90°C, dependendo do sistema. Os sistemas usados em todo país, são importados, sendo eles projectados para uma radiação solar média diária da região chinesa. O que significa que o sol é mais radiante na nossa região, e redimensionar a área da superfície colectora para os tanques nacionais, de acordo com a radiação solar média diária da região sul do país, é o melhor método para minimizar o gasto de água por sobreaquecimento do sistema.

O dimensionamento energético do termossifão será realizado tendo como dados de entrada os seguintes:

T_{ini} - Temperatura inicial = 20 °C

T_f - Temperatura final = 85°C

T_{med} - Temperatura média = 52.5 °C = 325.5 K

g - Aceleração de gravidade = 9.81 m/s²

Tempo diário de insolação aproximado = 10h, obedecendo a metodologia abaixo.

4.1.1 Metodologia de cálculo

- ❖ Cálculo do calor transferido por convecção de cada bolbo condensador para um dado ponto do fluído;
- ❖ Cálculo da necessidade energética;
- ❖ Análise da irradiação global horizontal média para a nossa região;
- ❖ Cálculo da energia aproveitável;
- ❖ Cálculo da intensidade útil;
- ❖ Cálculo do rendimento do colectador;
- ❖ Cálculo da energia útil;
- ❖ Cálculo da área da superfície colectora;
- ❖ Cálculo do número óptimo de colectores solares.

4.1.1.1 Calor transferido por convecção de cada bolbo condensador para um dado ponto do fluido:

$$Q_{conv} = h \times A_s \times (T_s - T_{\infty}) \quad (1.4)$$

Onde:

Q_{conv} – Calor transferido por convecção

h – Coeficiente de transferência de calor por convecção

Área da superfície cilíndrica do bolbo condensador interno

$$A_s = \pi \times D \times h = \pi \times 0.0165 \times 0.075 = 0.0039 \text{ m}^2$$

Coeficiente de expansão volumétrica

$$\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{325.5} = 0,0031 \frac{1}{K} \quad (2.4)$$

Número de Grashof

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_s - T_{\infty})L_c^3}{\nu^3} \quad (3.4)$$

Onde:

Gr_L – Número de Grashof

T_s – Temperatura da superfície

T_{∞} - Temperatura de um ponto do fluido interno

ν – Viscosidade cinemática

L_c – Comprimento característico

Pela tabela A9 das propriedades da água, para temperatura média de 52.5 °C:

$$\rho = 989.65 \text{ kg/m}^3 \quad k = 0.6465 \text{ W/m.k}$$

$$C_p = 4182 \text{ J/kg.K}; \quad Pr = 3.4$$

$$\mu = 0.5255 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s} \quad \nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.5255 \times 10^{-3}}{989.65}$$

$$Gr_L = \frac{9.81 \times 0.0031 (85-20) \times 0.075^3}{\left(\frac{0.5255 \times 10^3}{989.65}\right)^3} = 2.96 \times 10^9$$

Número de Nusselt

$$N_u = C(Gr_L Pr)^n \quad (4.4)$$

Onde:

N_u – Número de Nusselt

C – 0,6 (coeficiente para cilindro vertical)

n – ¼ (coeficiente para fluxo laminar)

Pr – Número de Prandtl

$$N_u = 0.6 \times (2.96 \times 10^9 \times 3.4)^{\frac{1}{4}}$$

$$N_u = 190.0395$$

$$N_u = \frac{hL_c}{K} \quad (5.4)$$

$$h = \frac{N_u K}{L_c} = \frac{190.0395 \times 0.6465}{0.075} = 1,638.1405 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Pela fórmula (1), calcula-se

$$Q_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$$

Área do bolbo

$$A = \pi Dh = \pi \times 0.0165 \times 0.75 = 0.0039 \text{ m}^2$$

$$Q_{conv} = 1\,638.1405 \times 0.0039 \times (85 - 20)$$

$$Q_{conv} = 415.2686 \text{ W}$$

Necessidade energética

$$Q = mC_p \Delta T \quad (6.4)$$

m – Massa = 200L;

C_p – Calor específico do fluido= 4182 J/kg.K

$$Q = 200\text{kg} \times 4182\text{J/kg.K} \times (358 - 293)\text{K}$$

$$Q = 54.366 \text{ MJ}$$

Irradiação Global Horizontal Média

A partir do software *Retscreen*, retirou-se os dados climáticos da nossa região, concretamente Cidade de Maputo, e os dados estão indicados na Tab. 1.4.

Tab. 1.4 Dados de características climáticas regionais para projectos de energia limpa. Fonte: Retirado do software Retscreen

Mês	Radiação Solar Diária Horizontal (kW/m ² /d)	Pressão Atmosférica (kPa)	Temperatura da terra(°C)
Janeiro	6.78	100.9	27.2
Fevereiro	6.46	100.9	27.2
Março	5.75	101.1	26.7
Abril	4.83	101.3	24.8
Maio	4.12	101.5	22.7
Junho	3.76	101.7	20.7
Julho	3.90	101.8	20.3
Agosto	4.46	101.7	21.4
Setembro	5.03	101.5	23.2
Outubro	5.49	101.4	23.5
Novembro	5.98	101.2	25.5
Dezembro	6.70	101.0	26.5
Média	5.27	101.3	24.2

Tomando em conta a irradiação para a situação mais crítica, tomaremos o valor médio para o mês de Junho, $3,76 \text{ W/m}^2/\text{dia}$.

$$H = 3.76 \text{ W/m}^2 = 3.76 \times 3.6 \text{ MJ/m}^2 = 13.536 \text{ MJ/m}^2$$

Irradiação Global Horizontal Média Corrigida

$$H_{\text{corrigido}} = H \times \text{Coef}_{\text{correc}} \quad (7.4)$$

Onde:

$$\text{Coef}_{\text{correc}} = 0,95 \text{ (para grandes cidades)}$$

$$H_{\text{corrigido}} = 13.536 \times 0.95 = 12.8592 \text{ MJ/m}^2$$

Energia aproveitável

$$E_{ap} = H \times f \times 0,94 \quad (8.4)$$

Onde:

f – Fator de inclinação

0,94 – Fator de perda de energia das horas do dia com pouca ou sem insolação

$$E_{ap} = 12.8592 \times \cos(25^\circ) \times 0.94$$

$$E_{ap} = 10.9551 \text{ MJ/m}^2$$

Intensidade útil

$$I = \frac{E_{ap}}{n_{h_s}} \quad (9.4)$$

Onde:

n_{h_s} – Números de horas de insolação, em segundos

$$I = \frac{10.9551 \text{ MJ/m}^2}{3600 \times 10} = 304.3083 \text{ W/m}^2$$

Rendimento do colector

$$\eta = F' \tau \alpha - F' U_L \frac{(t_f - t_{amb})}{I} \quad (10.4)$$

Da tabela no Anexo B, para tubos de vácuo, retiramos os seguintes coeficientes:

$$F'\tau\alpha = 0,75$$

$$F'U_L = 2,4$$

$$\eta = 0,75 - 0,24 \times \frac{(85-20)}{304,3083}$$

$$\eta = 0.2374$$

Energia útil

$$E_{col.d} = E_{ap} \times \eta \times P_g \quad (11.4)$$

Onde:

P_g – Perdas globais ao sistema

$$E_{col.d} = 10.9551 \times 0.2374 \times 0.9$$

$$E_{col.d} = 2.3407 \text{ MJ/m}^2$$

Área da superfície colectora

$$A_{sc} = \frac{E_{n.m}}{E_{col.d}} \quad (12.4)$$

$$A_{sc} = \frac{54.366 \text{ MJ}}{2.3407 \text{ MJ/m}^2}$$

$$A_{sc} = 23.2264 \text{ m}^2$$

Número teórico de tubos colectores

$$N_{ct} = \frac{A_{sc}}{A_c} \quad (13.4)$$

$$A_c = \text{área de absorção do tubo colector} = 1.96 \text{ m}^2$$

Nota: Considerando que o tubo colector é cilíndrico, parte da área colectora não recebe radiação directa, assim, considere um factor de incidência directa de 70% da área colectora.

$$N_{ct} = \frac{A_{sc}}{A_c \times f_{id}} \quad (14.4)$$

$$N_{ct} = \frac{23.2264}{1.96 \times 0.7}$$

$$N_{ct} = 16.93 \text{ tubos colectores}$$

Resultado: Com uma margem de segurança, tomamos um valor de 18 tubos colectores.

A Fig. 1.4 mostra um corte longitudinal do tanque interno do termossifão, onde é possível ver-se o número de tubos colectores que o sistema levará.

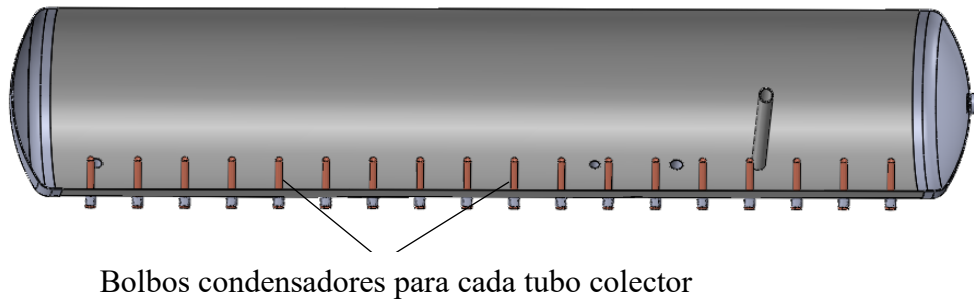


Fig. 1.4 Corte Longitudinal do tanque interno. Elaborado pelo autor no SolidWorks

Desta forma, o tanque termossifão para colector solar de 200l de água a ser dimensionado, este feito acontecerá de modo que este tenha 18 tubos colectores, cada um com uma área de superfície colectora de 1.96 m^2 .

Este dimensionamento, para além de tornar o sistema mais acessível economicamente, reduz consideravelmente as quantidades de água desperdiçadas com o superaquecimento, sobretudo nas horas de maior incidência de radiação solar.

Capítulo 5: Dimensionamento Mecânico do Tanque Termossifão

O parâmetro crucial a dimensionar para o tanque termossifão é a espessura da chapa, particularmente do tanque interior, sendo que este será tensionado pela pressão do fluido no tanque, sobretudo, quando este estiver a temperaturas altas.

Características técnicas do sistema

O quadro 1.5 mostra o quando com as características técnicas de funcionamento do tanque termossifão.

Tab. 1.5 Características do sistema e condições de trabalho. Fonte: User Manual - SIDITE

Fluído de trabalho (massa específica)	Água (1000kg/m ³)
Densidade do material	7.93g/cm ³
Temperaturas de trabalho	60°C
Temperatura máxima e mínima de trabalho	-30° à 90°C
Pressão de trabalho	2-4 bar
Pressão máxima do projecto	5-7bar
Tensão de escoamento (material)	205MPa

A tabela a seguir ilustra todos os acessórios que o Tanque Termossifão leva, pelo que este deve ter as devidas entradas e saídas para estes acessórios. Os acessórios para o sistema hidráulico são em norma cotados em Polegadas.

A Tab. 1.5 indica os acessórios que constituem o sistema do colector solar com tubos de vácuo com tubos de calor.

Tab. 2.5 Acessórios do tanque. Fonte: Autor

Acessório	Quantidade	Diâmetro Interno
Válvula de segurança	1	¾ pol
Tubo de entrada de água fria	1	¾ pol
Tubo de saída de água quente	1	¾ pol
Haste de Magnésio	1	¾ pol
Sensor de temperatura	1	½ pol
Resistência eléctrica	1	1.25 pol
Entrada dos tubos de calor	20	22 (mm)

Metodologia de cálculo

Para o tanque termossifão a produzir, o tanque interno é o alvo de dimensionamento, para que este suporte, sem obter quaisquer defeitos mecânicos, as condições mais críticas causadas pelas altas temperaturas da água.

- ❖ Parâmetros dimensionais do tanque;
- ❖ Cálculo da espessura do costado do tanque interno;
- ❖ Espessura dos tampos do tanque;

Dados de partida:

Volume do tanque = 200 litros

Diâmetro interno (D) = 380mm (padronizado)

Pressão de trabalho (P) = 6 bar (600 kPa)

Tensão admissível do material (σ_{adm}) = 205 Mpa

Parâmetros dimensionais do tanque

Cálculo do comprimento do tanque interno

$$V = \pi \times r^2 \times L \quad (15.5)$$

$$L = \frac{V}{\pi \times r^2};$$

$$V = 200 \times 10^{-3} m^3 / l = 0,2 m^3$$

$$L = \frac{0,2 m^3}{\pi \times \left(\frac{0,38}{2}\right)^2}$$

$$L = 1,96 m \approx \mathbf{1,960 mm}$$

O comprimento total do cilindro para que tenha 200l de capacidade, deve ser de 1960mm.

A fórmula (15.5) nos fornece o volume de um tanque cilíndrico com a base rasa. Sendo assim, vamos considerar uma relação para obter o comprimento do cilindro e a altura do domo lateral.

Pelos dados obtidos no estudo feito nos tanques disponibilizados, reteve-se a seguinte relação entre o comprimento do cilindro e a altura do domo, assim obteve a seguinte fórmula:

$$\frac{L}{h} = \frac{1700}{1500} \quad (16.5)$$

Para que se tenha a ideia do cálculo seguinte, é mostrado um esboço da vista frontal do tanque interno na Fig. 1.5.

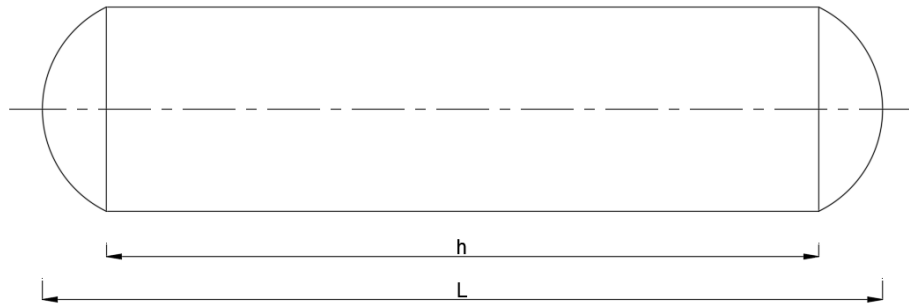


Fig. 1.5 Vista Frontal do Tanque para a medida dos comprimentos. Fonte: Autor

$$\frac{L}{h} = \frac{1700}{1500}$$

$$\frac{1960}{h} = \frac{1700}{1500}$$

$$h = \frac{1960 \times 1500}{1700}$$

$$h = 1,729.41 \text{ mm}$$

O comprimento da chapa para o Tanque interno será de **1,740 mm**.

Cálculo da altura do tampo lateral:

Para que se saiba a altura da matriz para o embutimento da chapa, para a formação do calote dos tampos do tanque, serão feitos alguns cálculos.

Segue o cálculo do volume correspondente ao comprimento calculado acima.

$$V = \pi \times r^2 \times L$$

$$V = \pi \times \left(\frac{0.36}{2}\right)^2 \times 1,74$$

$$V = 0,1771 m^3 = 177,1 \text{ litros} \approx 177 \text{ litros}$$

$$V_{\text{restante}} = 2001 - 1771 = 231$$

$$V_{\text{restante}} = 0,023 m^3$$

Segue o cálculo da altura do domo, com base na fórmula do volume de um cilindro elíptico.

$$V = \frac{4}{3}\pi abc \quad (17.5)$$

Onde:

a = b = raio do cilindro

c = altura do tampo

$$c = \frac{3V}{4\pi ab} = \frac{3 \times 0,023}{4\pi 0,18^2} = 0,1695\text{m} = 169,5\text{mm}$$

A altura do tampo será de 170mm, o que totaliza um comprimento de 308mm. O comprimento total do tanque interior é:

$$L_T = 1\,740 + 340 = 2,080\text{mm}$$

Cálculo da espessura do tanque interno:

Segundo a norma ASME, Capítulo VIII, Divisão I, a espessura de um tanque cilíndrico fechado, da classe de pequenas espessuras, é calculada pela expressão de Lamé.

A partir da fórmula de Lamé será calculada a espessura t da chapa para a parte cilíndrica.

$$t = \frac{P \times D}{2 \times \sigma_{adm} \times E - 0,2P} \quad (18.5)$$

Onde:

P = 5bar - Pressão interna de trabalho

D = 380mm - diâmetro interno do tanque

$\sigma_e = 205$ Mpa tensão de escoamento do material

E = 0.7 eficiência da soldadura

A eficiência da junta de solda, pela norma API 650, para tanques cilíndricos de aço inoxidável é de 0,7 (E = 0.7), para soldadura sem qualquer radiografia e com cordão único.

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_e}{s} \quad (19.5)$$

s = 2 (factor de segurança)

$$\sigma_{adm} = \frac{205}{2} = 68,33\text{Mpa}$$

A eficiência da junta de solda, pela norma API 650, para tanques cilíndricos de aço inoxidável é de 0.7 ($E = 0.7$), para soldadura de alta qualidade.

Tabela de eficiências do cordão de soldadura em anexo (Anexo A)

$$t = \frac{P \times D}{2 \times \sigma_{adm} \times E - 0.2P}$$

$$t = \frac{500 \times 10^3 \times 0.380}{2 \times \frac{205}{2} \times 10^6 \times 0.7 - 0.2 \times 500 \times 10^3}$$

$$t = 0.001325 \text{ m} = 1.325\text{mm}$$

Resultado: Tomando um valor normalizado, a espessura da chapa do cilindro do tanque interior será de 1.5mm.

A espessura do tampo lateral é um terço maior que a espessura do da espessura do cilindro, de acordo com o padrão utilizado pelos produtores de tanques para colectores solares:

$$S_{tampo} = 2\text{mm}$$

Com esses dados (material e espessura da chapa), fez-se um teste de deformação no SolidWorks, que completa o dimensionamento do vaso, de acordo com as condições de trabalho, como ilustra a Fig. 2.5, de acordo com a tensão de Von Mises que varia segundo os valores mostrados na parte direita da imagem, onde o tanque suporta as tensões mais altas sem se romper.

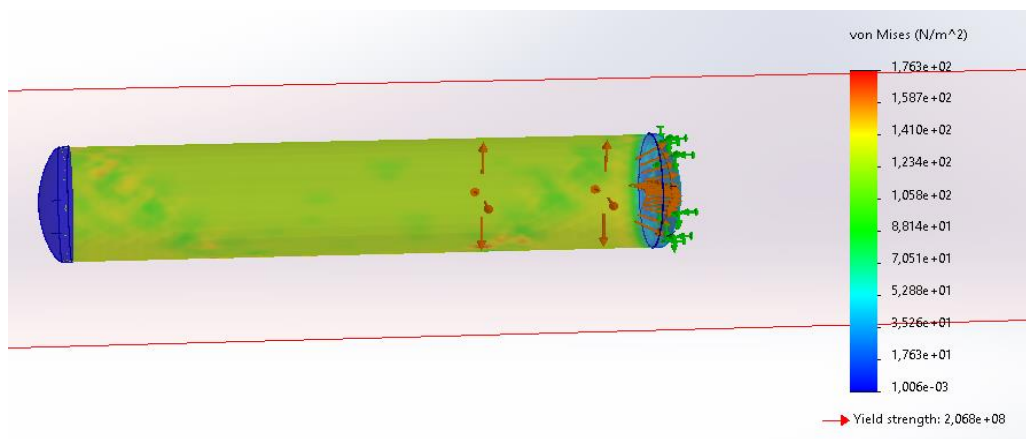


Fig. 2.5 Simulação de deformação pela pressão. Feito no SolidWorks. Fonte: Autor

- **Comprimento do tanque externo**

Para calcular o comprimento do tanque externo, vamos considerar o comprimento total do tanque externo e duas vezes a espessura da espuma sólida de Poliuretano.

$$L_{ext} = L_{int} + 2S_{iso} \quad (20.5)$$

Onde:

L_{ext} = Comprimento do tanque exterior

L_{int} = Comprimento do tanque interior

S_{iso} = 50mm = Espessura do isolamento térmico

$$L_{ext} = 2,080mm + 2 \times 50mm$$

$$L_{ext} = 2,180mm$$

O comprimento total do tanque externo é de 2,180mm.

- **Raio do tanque externo**

Analogamente ao cálculo anterior, vamos calcular o raio do tanque exterior

$$R_{ext} = R_{int} + 2S_{iso} \quad (21.5)$$

Onde:

R_{ext} = Raio do tanque exterior

R_{int} = Raio do tanque interior

S_{iso} = 50mm = Espessura do isolamento térmico

$$R_{ext} = 380mm + 2 \times 50mm$$

$$R_{ext} = 480mm$$

O diâmetro total do tanque externo é de 480mm.

Capítulo 6: Estabelecimento da Linha de Produção

6.1 Localização da Fábrica

Para o sucesso de uma empresa, na sua produção e consequentemente sua economia, a sua localização é um ponto bastante crucial. A facilidade na obtenção de matéria-prima, a proximidade com o público-alvo, e outros, são alguns dos aspectos a estudar para a escolha da localização da fábrica.

A fábrica estará localizada na Cidade da Matola, concretamente no cruzamento entre a Estrada Nacional Número 4 (N4) e a Avenida Samora Machel. Esta escolha foi feita tendo em conta os seguintes aspectos:

- Espaço que permita expansão da fábrica;
- Intercâmbio profissional, sendo uma zona meramente industrial;
- Acesso a serviços de fornecimento de água e energia;
- Proximidade com o público-alvo.

A seguir vemos a imagem de satélite da Fig.1.6 da localização da fábrica.



Fig, 1.6 Localização da Fábrica. Fonte: Google Earth Web

6.2 Fonte de Matéria-prima e subsidiária

Para a produção de Tanques Termossifões Para Colectores Solares, será visitado um conjunto de mercados de fornecimento de matéria-prima, nacionais e internacionais. A Tab. 1.6 ilustra alguns fornecedores de matéria-prima, com seus respectivos países.

Tab. 1.6 Fornecedores de matéria-prima. Fonte: Autor.

Matéria-prima	Fornecedor	País
Bobinas de Aço Inoxidável (SUS 304)	• <i>Arcel Mittal</i> • <i>/Acesita (Aperam)</i> • <i>Zhejiang Zhong Ding Iron and Steel</i>	• Luxemburgo • Brasil • China
Bobinas de aço galvanizado (SAE 1030)	• Gerdau • Usiminas • <i>Wuxi Aojiewei Metal Materials</i>	• Brasil • Brasil • China
Tubos e perfis de aço (SUS 304) • Ø48mm x 4m • Ø26mm x 4m • Ø33mm x 4m • Ø28mm x 4m	• <i>Vallo;</i> • <i>Shandong Jiugang Metal Products</i> • <i>Nacional tubos</i>	• França • China • Brasil
Ligas (condensador dos tubos de calor, porca porta-tubo de calor)	• Alcoa • <i>Hydro</i> • Jiangsu Tisco Industrial	• EUA • Noruega • China
Acessórios	• Tigre • <i>Braskem</i>	• Moçambique; • Brasi • Brasil
Espuma expansiva de poliuretano	• BASF • <i>Dow Chemical Company</i>	• Moçambique • Alemanha • EUA

6.3 Estudo dos fluxos de processo

O estudo dos fluxos nos fornece a linha das operações que cada elemento que compõe o produto final vai estar sujeito. Após a análise dos processos produtivos de cada elemento do tanque termossifão, obteve-se os fluxos abordados a seguir:

Anexo D. Desenho do Produto

Anexo E. Desenhos de Fabrico e Gráficos dos Fluxos de Processo Tipo Esboço

Anexo F. Gráfico dos Fluxos de Processo Tipo Material

As características técnicas do termossifão são descritas na Tab. 2.6:

Tab. 2.6 Características técnicas do produto

Item	Designação	Descrição	Quantidade
1	Cilindro do tanque interno	Ø360mm x 1,740mm, feito de aço SUS 304	1
2	Tampos do tanque interno	Feito de aço SUS 304	2
3	Entradas e saídas de acessórios	Feitos de aço SUS 304	7
4	Espuma de isolamento	Espuma de Poliuretano	1
5	Cilindro do tanque externo	Ø470mm x 2,168mm, feito de aço SAE 1030	1
6	Tampos do tanque externo	Feito de aço SUS 304	2
7	Peso (kg)	Peso aproximado do Tanque vazio	79
8	Capacidade (L)	Quantidade máxima de fluído, em litros	200

6.4 Equipamento para a Produção

6.4.1 Escolha das máquinas e equipamento auxiliar

Para a fábrica, o equipamento de produção consiste na seguinte lista de máquinas necessárias:

- Desbobinadeira e Guilhotina;
- Furadora CNC;
- Calandra de 3 rolos;
- Torno mecânico;
- Equipamento de soldadura longitudinal TIG;
- Prensa manual de corte;
- Equipamento de soldadura radial TIG
- Prensa embutidora;
- Máquina de flangeamento de furos;

- Equipamento de soldadura local radial TIG;
- Equipamento de teste de vazamento;
- Máquina de união por aperto longitudinal;
- Máquina de flangeamento radial;
- Máquina de corte a laser;
- Serra de disco;
- Plataforma de aplicação de espuma expansiva;
- Máquina de espuma hidráulica;
- Máquina de flangeamento manual;
- Furadora vertical;
- Kit de pintura.

6.4.2 Escolha dos equipamentos auxiliares

Durante o processo produtivo, prevê-se a utilização de certos equipamentos auxiliares, que são:

- Carrinhos de mão;
- Medidores;
- Apertador de parafusos;
- Rebitadores;
- Caixa de ferramentas;
- Bancada para furação;
- Bancada para limpeza

6.4.3 Características Técnicas das máquinas e Equipamentos

As máquinas a utilizar no processo produtivo e suas características técnicas serão indicadas a seguir, com base em tabelas e imagens.

6.4.3.1 Equipamentos para Tanque Interno

➤ Desbobinadeira e sistema de direccionamento à Guilhotina

Este equipamento se destina ao desmanche da bobina de aço e a direccionar as chapas até a guilhotina, para o corte segundo as dimensões exigidas pelo produto final. As características técnicas são mostradas no Quadro 1.6.

Tab. 3.6 Características técnicas da Desbobinadeira

Marca	Georg Uncoiling and Cutting	
Espessura da chapa	mm	Até 2.5
Tolerância do comprimento da chapa	mm	± 0.2
Força nominal aplicada	kN	200
Potência do motor	kW	2.2
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Eficiência	Peças/8h	1,000
Largura máxima da tira	mm	1,300
Velocidade máxima de trabalho	m/min	800
Máximo peso da bobina	Ton	45
Peso total	Ton	5,2
Dimensões (CxLxH)	mm	8,600x2,400x1,200

➤ Guilhotina

Na escolha da Guilhotina para o corte das chapas durante o fabrico dos tanques, serão usados os parâmetros descritos na Tab. 3.6:

Tab. 4.6 Parâmetros para escolha da Guilhotina

Material	Limite de escoamento (MPa)	Limite de resistência (Mpa)	Espessura (mm)
Aço SUS 304	205	515	4

$$F_c = 0.5 \times \frac{\delta^2 \times \tau_c}{\tan \varphi} \times k_{df}$$

Onde:

F_c – força de corte da Guilhotina

δ – Espessura máxima das chapas a cortar

φ – Ângulo entre lâminas ($\varphi = 0.5^\circ - 2.5^\circ$)

τ_c – Limite de resistência ao cisalhamento do material

k_{df} – Coeficiente que tem em conta o estado das lâminas ($k_{df} = 1,1 - 1,3$)

$$\tau_c = 0,6 \times \sigma_r = 0,6 \times 515 = 309$$

$$F_c = 0.5 \times \frac{4^2 \times 309}{\tan(1,5)} \times 1.2$$

$$F_c = 113,28 \text{ kN}$$

As características técnicas da Guilhotina são mostradas no Quadro 2.6.

Tab. 5.6 Características técnicas da Guilhotina

Modelo	GH4/3200	
Espessura máxima de corte	mm	4
Largura útil de corte	mm	3,200
Número de golpes por minuto	-	20
Ângulo de corte	-	1° 30'
Potência do motor principal	kW	5,5
Peso da máquina	kg	5 600
Dimensões (CxLxH)	mm	3,840x2,175x1,600

➤ Furadora CNC

Esta máquina se destina à furação das chapas, para a entradas dos tubos colectores, das conexões, entre outros elementos do tanque termossifão. Devido a precisão exigida na posição dos furos na chapa, este processo será computadorizado.

As características técnicas são mostradas no Quadro 3.6 da máquina são descritos no quadro 3.6:

Tab. 6.6 Características técnicas da Furadora CNC. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Modelo	ICG-6D	
I	II	III
Tolerância de posicionamento dos furos	mm	±0,10
Largura máxima da chapa	mm	1,250
Comprimento máximo da chapa	mm	Ilimitado
Força normal aplicada	kN	400
Frequência de golpes de furação	golpe/mm	100
Potência do motor	kW	12

Continuação da Tab.6.6

I	II	III
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Input do formato da chapa final	-	programa computadorizado
Peso total	kg	11,000
Dimensões (CxLxH)	mm	4,600x3,500x2,200

Calandra de 3 Rolos

Este equipamento servirá para dobrar as chapas cortadas na Guilhotina, para formar os cilindros interno e externo do tanque, com espessuras de 2 mm e 1,5 mm, respectivamente. As características técnicas são mostradas no Quadro 4.6.

Tab. 7.6 Características técnicas da calandra de Rolos. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais.

Marca	FACCIN	
Espessura máxima da chapa	mm	6
Comprimento máximo de corte	mm	2,000
Pressão máxima	MPa	245
Diâmetro do rolo superior	mm	170
Diâmetro dos rolos inferiores	mm	160
Velocidade do rolo	m/min	4,5
Potência do momento principal	kW	5,5
Potência do motor auxiliar	kW	2,2 kW – 8P
Peso	kg	2500
Dimensões (CxLxH)	mm	3,700x1,200x1,200

➤ Torno Mecânico

O torno mecânico se destina a tornear os tubos para as conexões do tanque interno, facejar, abrir furos e roscas internas dos mesmos tubos, segundo os desenhos de cada elemento. A escolha do torno é feita com base na potência de cálculo:

$$N_{calc} = \frac{P_z \times V_r}{60\,000}$$

Onde:

P_z – Força de corte

V_r – Velocidade real de corte

Para obter a velocidade real do corte, vamos primeiro calcular a velocidade de corte (M/min):

Velocidade de corte:

$$V_c = \frac{C_v \times C_{cv}}{T^m \times t^{x_v} \times S_{vm}^{y_v}} \times K_v$$

$$V_c = \frac{350 \times 0.8}{60^{0.2} \times 1.3^{0.15} \times 0.45^{0.35}} \times 1.57 = 246.44 \text{ (kW)}$$

Frequência de rotação da árvore principal

$$n_m = 1.1 \times \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D_{ini}} = 1.1 \times \frac{1000 \times 246.44}{\pi \times 32} = 2,696.522 \text{ rpm}$$

Velocidade real de corte

$$V_r = \frac{\pi \times D_{ini} \times n_m}{1,000} = \frac{\pi \times 32 \times 2,696.522}{1,000} = 271.087 \text{ m/min}$$

Força de corte

$$P_z = C_{PZ} \times t^{x_{pz}} \times S_{vm}^{y_{pz}} \times V_r^{n_{pz}} \times K_p$$

$$P_z = 2000 \times 1.3^1 \times 0.45^{0.75} \times 271.087^0 \times 1.7 = 2,428.46 \text{ N}$$

Por fim, calculamos a potência de cálculo

$$N_{calc} = \frac{P_z \times V_r}{60,000} = \frac{2.428,46 \times 271.087}{60\,000} = 10.97 \text{ kW}$$

Assim, escolhe-se o terno paralelo **16k20**, com as características técnicas descritas no Quadro 5.6.

Tab. 8.6 Características técnicas do Torno Mecânico. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Modelo	16k20	
Diâmetro máximo da peça bruta a trabalhar	mm	220
Diâmetro máximo do tubo a trabalhar	mm	53
Comprimento máximo da peça a trabalhar	mm	1,000
Passo da rosca a trabalhar	mm	0,5-112
Potência do motor elétrico	kW	11
Dimensões (CxLxH)	mm	3,100x1,190x1,500

➤ **Serra de disco**

Este equipamento será usado para o corte dos tubos para tratamento das conexões no torno, e tem as características descritas no Quadro 6.6.

Tab. 9.6 Características técnicas da Serra de Disco. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Modelo	350 SUPER TECHNICS	
Para tubos redondos	mm	120/0°, 100/45°
Para tubos quadrangulares	mm	105/0°, 85/45°
Para tubos rectangulares	mm	160x90/0°, 85x70/45°
Barra redonda	mm	85/0°, 75/45°
Dimensões do disco	mm	350x2,5x32
Voltagem	V	380
Velocidade do disco	R.P.M.	40/80
Peso	kg	200
Dimensões (CxLxH)	mm	630x1030x8,800

➤ **Equipamento de soldadura longitudinal TIG**

Para o tanque interno, a chapa deve ser soldada por soldadura TIG, devido ao material e sua espessura, e essa soldadura é longitudinal, para formação do cilindro, pelo que é usada a máquina com as características técnicas descritas no Quadro 7.6.

Tab. 10.6 Características técnicas da Máquina de Soldadura TIG. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Modelo	ICG-6D	
Espessura máxima da chapa	mm	2
Comprimento efectivo	mm	2,500
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Potência	kW	6
Eficiência	peças/8h	120-150
Peso total	kg	4 500
Dimensões (CxLxH)	mm	3,700x700x1,800

➤ Equipamento de soldadura radial TIG

Este equipamento é destinado à união por soldadura circular do cilindro interno formado na máquina anterior, com os tampos do tanque interno. A máquina tem as características técnicas descritas no Quadro 8.6.

Tab. 11.6 Características técnicas do Equipamento de Soldadura Radial TIG

Marca	XUZHENG INTELLIGENT	
Espessura máxima da chapa	mm	2
Comprimento efectivo	mm	2,500
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Potência	kW	6
Eficiência	peças/8h	120-150
Peso total	kg	4 500
Dimensões (CxLxH)	mm	3,700x700x1,800

➤ Prensa embutidora

Este equipamento visa na formação dos furos dos tampos direitos interno e externo, para a entrada da resistência eléctrica, e para o embutimento dos mesmos tampos para formar as chapas convexas. A máquina tem as características técnicas ilustradas no Quadro 9.6.

Tab. 12.6 Características técnicas da Prensa Embutidora. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Marca	Kaerk – ACPP02	
Força nominal aplicada	kN	400
Distância do corpo e do centro do <i>slide</i>	mm	500
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Eficiência	golpes/min	80
Potência	kW	2
Peso total	kg	2 300
Dimensões (CxLxH)	mm	1,300x1,100x2,200

➤ Máquina de flangeamento de furos

Para fazer a soldadura dos tubos das conexões no cilindro interno, é preciso flangear o furo antes, para que haja uma superfície preparada para soldadura com o tubo chanfrado. As características técnicas estão descritas no Quadro 10.6.

Tab. 13.6 Características técnicas da Máquina de Flangear Furos. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Modelo	TP-BS1000	
Espessura de flangeamento	mm	2
Comprimento efectivo	mm	3,000
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Eficiência	golpes/8h	800-1800
Potência	kW	4
Peso total	kg	3 200
Dimensões (CxLxH)	mm	2,300x900x1,400

➤ Equipamento de soldadura local radial TIG

Este equipamento serve para unir os tubos das conexões ao cilindro interno. Este processo é feito por uma soldadura local. A máquina tem as características técnicas descritas no Quadro 11.6.

Tab. 14.6 Características técnicas da Soldadura Local Radial TIG. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Marca	Jiangsu Jinlong Machinery	
Espessura máxima do material	mm	2
Potência	kW	0.1
Voltagem TIG	V	380
Voltagem/frequência da máquina	V/Hz	220/50
Dimensões (CxLxH)	mm	1,500x200x300

➤ Equipamento de teste de hidro pressão

Após a construção do tanque interno, este deve ser submetido à um teste de hidro pressão para que se confirme a não existência de fugas ou vazamento. Os parâmetros do equipamento estão descritos no Quadro 12.6.

Tab. 15.6 Características técnicas do Equipamento de Teste de Hidro Pressão. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Modelo	-	
Diâmetro do tanque	mm	360 – 500
Comprimento máximo do tanque	mm	2,500
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Eficiência	testes/8h	100
Peso total	kg	1 000
Dimensões (CxLxH)	mm	2,800x850x2,800

6.4.3.2 Equipamentos Para o Tanque Externo

➤ Máquina de flangeamento manual

Para formar o cilindro externo, é necessário flangear as extremidades do seu comprimento, para formar um chanfro para a união, e para isso é usada uma máquina manual com as características técnicas descritas no Quadro 13.6:

Tab. 16.6 Características técnicas da Flangeadora Manual. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Modelo	-	
Largura máxima do flange	mm	5
Espessura máxima de processamento	mm	0.5
Comprimento máximo efectivo	mm	2500
Eficiência	peças/8h	300
Peso total	kg	200
Dimensões (CxLxH)	mm	3,000x620x1,100

➤ Máquina de união por aperto longitudinal

A formação do cilindro para o tanque externo usa o processo de soldadura por costura longitudinal. As características técnicas estão descritas no Quadro 14.6.

Tab. 17.6 Características técnicas da Máquina de União por Aperto Longitudinal. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Modelo	-	
Comprimento máximo do tanque	mm	2,500
Diâmetro do tanque	mm	380 - 560
Espessura do material	mm	0.31-0.50
Potência	kW	1
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Eficiência	peças/8h	300
Peso total	kg	1 300
Dimensões (CxLxH)	mm	4,800x800x1,900

➤ Máquina de flangeamento radial

Este equipamento é usado para formar a flange do cilindro externo de modo a uni-lo com os tampos laterais. A máquina tem as características técnicas descritas no Quadro 15.6.

Tab. 18.6 Características técnicas da Flangeadora Radial. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Modelo	-	
Comprimento máximo do tanque	mm	2,500
Diâmetro do tanque	mm	380 – 6,000
Espessura do material	mm	0.31-0.80
Potência	kW	1,5
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Eficiência	peças/8h	350
Peso total	kg	1,500
Dimensões (CxLxH)	mm	5,200x800x1,700

➤ Plataforma de aplicação de espuma expansiva

Depois de feitos todos elementos para a união dos tanques, deve-se fazer a aplicação da espuma expansiva de isolamento térmico, para que se minimize a dissipação de calor no tanque interno para o ambiente. Para tal, serão usados tampões para os orifícios, estes que estão contidos no Kit

da plataforma, para a aplicação da espuma de isolamento térmico. A plataforma tem as características técnicas descritas no Quadro 16.6.

Tab. 19.6 Características técnicas da Plataforma de Aplicação de Espuma Expansiva. Fonte: Fornecedores de equipamentos industriais

Modelo	-	
Comprimento máximo do tanque	mm	2500
Diâmetro do tanque	mm	460 - 700
Eficiência	peças/8h	50
Peso total	kg	250
Dimensões (CxLxH)	mm	1,100x1,200x3,000

➤ Máquina de espuma hidráulica

Este equipamento é usado directamente para a aplicação da espuma nos tanques posicionados na plataforma. A máquina tem as características técnicas descritas no Quadro 17.6.

Tab. 20.6 Características técnicas da Máquina de Espuma Hidráulica. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Marca	JHPK-YGAF	
Potência	kW	4
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Eficiência	peças/8h	160
Peso total	kg	300
Dimensões (CxLxH)	mm	800x700x1,300

➤ Sistema de compressão de ar

O sistema de compressão de ar tem as características técnicas descritas no Quadro 18.6.

Tab. 21.6 Características técnicas do Sistema de Ar Comprimido. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Marca	BALDOR	
Temperatura	°C	−5 à 45
Voltagem/frequência	V/Hz	380/50
Potência	kW	15

Serra de disco

A Serra de disco será usada para cortar tubos da peça bruta pra tratamento das conexões no Torno. As características técnicas da Serra de Disco são as descritas no Quadro 19.6.

Tab. 22.6 Características técnicas da Serra de disco

Modelo	SCM-10	
Altura máxima dos cortes	mm	83
Dimensões da serra	mm	254x16x2,4
Largura máxima da serra	mm	305
Potência	kW	1,5
Voltagem	V	220
Peso total	kg	1 500
Dimensões (CxLxH)	mm	570x400x400

Dos equipamentos auxiliares, importa referir as bancas para medição e limpeza, ambas com 2500x1500x1000 mm, e uma empilhadeira com 3,2 m².

6.5 Balanceamento das Cargas dos Equipamentos

6.5.1 Descrição das operações e do consumo energético dos equipamentos em cada operação

- Operação 1: corte de chapas na Guilhotina;
- Operação 2: furação das chapas na Furadora;
- Operação 3: dobragem das chapas na Calandra;
- Operação 4: facejamento, abertura de furos e roscas no Torno;
- Operação 5: soldadura das Chapas nas máquinas de soldadura;
- Operação 6: embutidura das chapas na Prensa Embutidora;
- Operação 7: flangeamento das superfícies na Flangeadora;
- Operação 8: teste de hidro pressão;
- Operação 9: união dos elementos do tanque de forma manual;
- Operação 10: aplicação da espuma de isolamento térmico.

6.5.2 Cálculo da energia necessária para o funcionamento da fábrica

O cálculo da energia necessária para a produção de Tanques Termossifões será feito com base no produto do somatório das potências das máquinas, pelo tempo diário de uso das mesmas, mais 30% da mesma, tendo em conta a energia consumida pela iluminação e outros compartimentos que compõem a fábrica.

$$E_T = \sum(P_{máquinas}) \times T \times 1,3$$

Onde:

E_T – Energia total consumida

T – Tempo de utilização diária das máquinas

$$\sum P_{máquinas} = (2.2+5.5+12+5.5+11+6+6+2+4+0.1+1+1.5+4+15+1.5) \text{ kW}$$

$$\sum P_{máquinas} = 77.3 \text{ kW}$$

$$E_T = 77.3 \text{ kW} \times 8 \text{ h} \times 1.3 = 803.92 \text{ kWh/dia}$$

A energia diária consumida é de 803.92 kWh.

6.5.3 Número de máquinas e de trabalhadores

Os números de máquinas e de trabalhadores que irão compor a fábrica são indicados na Tab. 4.6:

Tab. 23.6 Número de máquinas e de trabalhadores em cada máquina

Máquina/Equipamento	N.º de máquinas	N.º de trabalhadores
Desbobinadeira	1	1
Guilhotina	1	3
Furadora CNC	1	1
Prensa embutidora	2	1
Calandra de 3 rolos	1	1-2
Soldadora longitudinal TIG	1	1
Flangeadora de furos	1	1
Soldadora local radial	1	3
Soldadora circular	1	1-2
Máquina de teste de vazamento	1	1
Flangeadora manual	1	2
Soldadora por costura	1	2
Flangeadora circular	1	1
Plataforma de aplicação de espuma	2	2
Aplicador de espuma	1	1
Torno	1	2
Sistema de ar comprimido	1	-

6.5.4 Cálculo das Superfícies

A superfície necessária para cada unidade de produção será calculada pela seguinte fórmula:

$$S_T = S_s \times (1 + N) \times (1 + K)$$

Onde:

S_T – Superfície total

S_s – Superfície estática que corresponde à máquina, bancada ou instalação

N – Número de lados em relação aos quais a máquina ou bancada deverão ser servidas

K – Coeficiente que varia de:

0,05 – Indústria pesada com pontes rolantes;

3,00 – Indústria mecânica

A conclusão do cálculo das superfícies das máquinas e bancada é mostrada na Tab. 5.6:

Tab. 24.6 Superfícies reais das máquinas e bancadas

Máquina/Equipamento	$S_s (m^2)$	N.º de máquinas	N	K	$S_T (m^2)$
I	II	III	IV	V	VI
Desbobinadora	20.64	1	1	3	165.12
Guilhotina	3.52	1	1	3	28.16
Furadora CNC	16.1	1	1	3	128.80
Prensa embutidora	1.43	2	1	3	22.80
Calandra de 3 rolos	2.89	1	2	3	154.68
Soldadora longitudinal TIG	2.59	1	1	3	100.72
Flangeadora de furos	2.07	1	1	3	16.56
Soldadora local radial	0.30	1	3	3	4.80
Soldadora circular	2.59	1	2	3	31.08
Máquina de teste de vazamento	2.38	1	2	3	30.96
Flangeadora manual	1.86	1	1	3	14.88
Soldadora por costura	3.84	1	1	3	30.72
Flangeadora circular	4.16	1	2	3	49.92
Plataforma de aplicação de espuma	1.32	2	2	3	15.84

Continuação da Tab. 24.6

I	II	III	IV	V	VI
Aplicador de espuma	0.56	1	1	3	4.48
Torno	3.69	1	1	3	29.52
Sistema de ar comprimido	1.00	1	1	3	800
Bancadas	3.5	2	4	3	140
TOTAL					974.04

6.5.5 Cálculo de outras áreas, como armazéns de *stock* entre outros:

- Área da cabine de pintura: 12 m²;
- Casas de banho: 50 m².

A área para o armazém de matéria-prima é calculada tendo em conta apenas as superfícies estáticas e de evolução:

$$S_T = S_s \times (1 + K + NK)$$

A Tab. 6.6 mostra as superfícies para o armazém de matéria-prima:

Tab. 25.6 Superfície e armazém de matéria-prima

Matéria-prima	S_s (m ²)	N	S_T (m ²)
Bobinas de aço SUS 304	2.5	1	17.5
Bobinas de aço SAE 1030	2.5	1	17.5
Tubos de aço SUS 304	2.0	1	10.5
Parafuso, porcas, rebites	0.5	1	3.5
Acessórios do tanque interno	0.5	1	3.5
Tinta	1	1	7.0
Total			59.5

Assim, a superfície total da área fabril é:

$$S_{Total} = 974.04 + 59.5 + 12 + 50 + 3.2 = 1\,098.74 \text{ m}^2$$

Capítulo 7: Layout da Fábrica

7.1 Descrição do layout

O layout escolhido é o do tipo implantação-produto (*product layout*), pelos seguintes motivos:

- As máquinas e equipamentos devem estar dispostos de acordo com as sequências das operações, e a direcção do fluxo do material é rigidamente definida;
- Diminui o custo e espaço para a movimentação de materiais;
- Diminui o tempo de produção de cada unidade de produto;
- Simplifica o controle da produção, possibilitando uma boa análise visual do fluxo dos produtos.

Planta da fábrica em anexo (Anexo G)

7.2 Instalações

7.2.1 Armazenagem

A fábrica vai conter dois armazéns, um de matéria-prima e acessórios, e outro do produto acabado

7.2.2 Abastecimento de água

A fonte de abastecimento de água é a rede pública, pelos serviços prestados pelo Fundo de Investimento e Património de Abastecimento de Água (FIPAG), mas possuirá um reservatório para suprir necessidades da fábrica, caso haja interrupção do fornecimento por parte da rede pública.

7.2.3 Fontes de energia

O fornecimento de energia eléctrica será feito a partir da empresa Electricidade de Moçambique (EDM), mas a fábrica terá um gerador para garantir o contínuo fornecimento de energia em casos de corte de fornecimento da rede pública.

A fábrica vai possuir também, um ponto de transformação de energia (PT) de modo a garantir uma melhor qualidade do serviço.

7.3 Características dos edifícios

Para o estudo dos edifícios da fábrica, vamos analisar os seguintes pontos:

- Estrutura;
- Cobertura;
- Revestimentos laterais e divisórias;
- Pavimento;
- Alçados.

7.3.1 Estrutura

O tipo de estrutura dos edifícios da fábrica será estrutura de Betão armado, com as seguintes vantagens:

- Boa resistência mecânica e à esforços de compressão;
- Baixo custo de manutenção;
- Boa resistência à humidade e à corrosão.

A forma da estrutura será tipo shed (dente de serra), pelos seguintes motivos:

- Proporciona uma boa ventilação e iluminação naturais;
- Permite um aumento progressivo do número de módulos;
- É aplicado para indústrias metalomecânicas e linhas de montagem.

7.3.2 Cobertura

Para cobertura serão usadas chapas de alumínio, pois:

- Têm baixo peso próprio;
- Têm boa reflexão de calor radiante;
- Bom isolamento térmico quando aplicadas com camadas de poliuretano na face interna.

7.3.3 Revestimentos laterais e divisórias

O revestimento para as fachadas ou paredes exteriores serão fabricados por alvenaria de Betão pré-fabricado, e para divisórias internas de alvenaria de blocos, para de forma económica garantir a

proteção das máquinas, dos operários, com boa resistência mecânica e à corrosão, e com um bom isolamento acústico.

7.3.4 Pavimento

A pavimentação da fábrica será feita a base de Betão, com alguns agregados metálicos, para oferecer excelentes condições de resistência mecânica. O pavimento será também tratado superficialmente com agregados abrasivos na base de quartzo, para dar ao piso boa resistência à abrasão, boa proteção antiderrapante e resistência a altas temperaturas.

As máquinas pesadas estarão assentes em fundamentos apropriados, para evitar que as vibrações danifiquem o pavimento. Desenho dos alçados principais em anexo (Anexo I).

7.4 Condições ambientais

Para que haja boas condições de trabalho, deve-se analisar os seguintes aspectos:

- Iluminação;
- Ventilação;
- Climatização;
- Acústica.

7.4.1 Iluminação

A fábrica utilizará a iluminação natural, que é mais económica e consegue melhor desempenho por parte dos operários, e será complementada pela iluminação artificial, que será orientada de acordo com as exigências do tipo de trabalho que é realizado.

A fábrica vai possuir piso único, e terá uma altura de 5m, e terá armaduras do tipo industrial, com lâmpadas fluorescentes tubulares em fiadas contínuas suspensas no tecto. As linhas das armaduras serão instaladas perpendicularmente sobre as linhas das bancadas ou máquinas, de modo a evitar sombras que possam perturbar a tarefa visual ou reduzir a possibilidade de reflexão da luz nos olhos dos operadores.

A iluminação recomendada para cada sector da fábrica é ilustrada na Tab. 1.7:

Tab. 26.6 Níveis de iluminação nos sectores da fábrica. Fonte: Apontamento de Sistemas de Produção (Ambiente de Trabalho)

Sector/Máquina	Actividade	Iluminação (lux)
Desbobinadora	Trabalho médio de bancada ou máquina	500
Guilhotina		
Furadora CNC		
Prensa embutidora		
Calandra de 3 rolos		
Soldadora longitudinal TIG		
Flangeadora de furos		
Soldadora local radial		
Soldadora circular		
Máquina de teste de vazamento		
Flangeadora manual		
Soldadora por costura		
Flangeadora circular		
Plataforma de aplicação de espuma		
Aplicador de espuma		
Torno		
Armazéns	Tarefas simples	300
Bancadas	Montagem de equipamentos pequenos	1.500
Vias de circulação	Circulação	30

Capítulo 8: Análise Económica do Projecto

A avaliação económica do projecto, será analisada com base em dois de alguns critérios para avaliação de projectos, que são:

- Período de Recuperação Actualizado (PRA);
- Valor Actual Líquido (VAL).

Para a viabilidade económica do projecto, será usada a seguinte metodologia de cálculo:

- ❖ Investimento inicial fabril;
- ❖ Cálculo dos custos operacionais fixos;
- ❖ Investimento inicial;
- ❖ Cálculo dos custos operacionais variáveis;
- ❖ Estimativa de receita e margem de lucro;

- ❖ Cálculo do período de recuperação actualizado;
- ❖ Valor actual líquido;
- ❖ Decisão de viabilidade.

8.1 Investimento inicial

Para o cálculo do investimento inicial, vamos usar os custos para a construção da fábrica, aquisição de máquinas e equipamentos, instalação e ajustes, custos administrativos para legalização da fábrica e custos de aquisição de móveis, infraestruturas tecnológicas e sistema de segurança.

$$\text{Investimento Inicial Fabril} = C. \text{ Fáb.} + C. \text{ Máq.} + C. \text{ I. Máq.} + C. \text{ Adm.} + C. \text{ Outros}$$

Onde:

$$C. \text{ Fáb} = 1,085,302.25 \text{ USD}$$

$$C. \text{ Máq} = 890,210.21 \text{ USD}$$

$$C. \text{ I. Máq} = C. \text{ Máq} \times 5\% = 44,510.51 \text{ USD}$$

$$C. \text{ Outros} = 10,000 \text{ USD}$$

$$\text{Investimento Inicial Fabril} = 1,085,302.25 + 890,210.21 + 44,510.51 + 10,000$$

$$\text{Investimento Inicial Fabril} = \mathbf{2,030,022.46 \text{ USD}}$$

8.2 Cálculo dos Custos Operacionais Fixos

Os custos operacionais fixos são calculados com base nos salários e no preço de manutenção

$$\text{COF} = \text{Salários} + C. \text{ Manutenção}$$

$$\text{Salários (26 operários + 2 Engenheiros)} = 2,790,000 \text{ USD/mês}$$

$$C. \text{ Manutenção} = C. \text{ Maq} \times 30\% = 260,063.06 \text{ USD}$$

$$\text{COF} = \text{Salários} + C. \text{ Manutenção}$$

$$\text{COF} = 2,790,000 + 260,063.06$$

$$\text{COF} = \mathbf{3,050,063.06 \text{ USD/mês}}$$

8.3 Investimento inicial

O investimento inicial total terá em conta os custos fixos para os 15 anos de vida útil do projecto.

$$\text{Investimento Inicial} = \text{Investimento Inicial Fabril} + \text{COF}$$

$$\text{Investimento Inicial} = 2,030,022.46 + 3,050,063.06$$

$$\text{Investimento Inicial} = \mathbf{5,080,085.52 \text{ USD}}$$

8.4 Cálculo dos custos operacionais variáveis

O cálculo dos custos operacionais será feito com base nos custos de matéria-prima e utilidades como água, energia e insumos.

De acordo com os cálculos feitos no capítulo 6, a empresa vai consumir aproximadamente 804 kWh/dia. O preço actual de um kWh de energia no país, é de 14.56 MT, de acordo com o Tarifário de Energia Eléctrica da Electricidade de Moçambique, E.P. Apenas com energia eléctrica, o custo será de 3,962.11 USD/mês. Os outros custos são aproximados a um preço de 1000 USD.

$$\text{COV} = \text{C. Matéria-prima} + \text{C. Utilidades}$$

$$\text{C. Matéria-prima} = 700,056 \text{ USD/ano} = 58,338 \text{ USD/mês}$$

$$\text{C. Utilidades} = 4,962.11 \text{ USD/mês}$$

$$\text{COV} = 58,338 + 4,962.11$$

$$\text{COV} = \mathbf{63,300.11 \text{ USD/mês}}$$

8.5 Estimativa de receita e margem de lucro

A estimativa de receita e margem de lucro é calculada com base na quantidade de produção anual e o preço decidido para a comercialização dos tanques.

A fábrica, de acordo com o potencial do nosso mercado, vai produzir 50 tanques termossifões por dia (8h de trabalho), o que totaliza **12 500 tanques por ano** (250 dias de trabalho por ano). Para os mercados nacional e internacional, o preço unitário de tanques termossifões será de **200 USD**, menos **185 USD** do valor actual do produto importado. A receita anual será de 2 500 000 USD (208 333,33 USD/mês).

$$\text{Margem de Lucro Unitária} = \text{Preço de Venda} - \text{Custo Variável}$$

$$\text{Preço de Venda} = 208\,333,33 \text{ USD/mês}$$

$$\text{Custo Variável} = 63\,300,11 \text{ USD/mês}$$

$$\text{Margem de Lucro Unitária} = 208\,333,33 - 63\,300,11$$

Margem de Lucro Unitária = **145 033,22 USD/mês** ou **1 740 398,68 USD/ano**

8.6 Cálculo do período de recuperação actualizado

A Tab. 2.7 com os fluxos de caixa e os fluxos de caixa acumulados. Para o cálculo do período de retorno actualizado, será usada a seguinte fórmula:

$$PRA = \frac{I_0}{\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{K^t}}$$

Tab. 27.6 Fluxos de caixa do projecto

Período (ano)	Fluxos de Caixa (USD)	Fluxos de Caixa Descontados (K = 0,20)	Fluxos de Caixa Acumulados (USD)
0	-5,080,085.46	-5,080,085.46	-5,080,085.46
1	1,740,398.68	1,450,332.233	-3,629,753.227
2	1,740,398.68	1,208,610.194	-2,421,143.032
3	1,740,398.68	1,007,175.162	-1,413,967.87
4	1,740,398.68	839,312.635	-574,655.2352
5	1,740,398.68	699,427.1959	124,771.9607
6	1,740,398.68	582,855.9965	707,627.9573
7	1,740,398.68	485,713.3305	1,193,341.288
8	1,740,398.68	404,761.1087	1,598,102.396
9	1,740,398.68	337,300.9239	1,935,403.32
10	1,740,398.68	281,084.1033	2,216,487.424
11	1,740,398.68	234,236.7527	2,450,724.176
12	1,740,398.68	195,197.2939	2,645,921.47
13	1,740,398.68	162,664.4116	2,808,585.882
14	1,740,398.68	135,553.6763	2,944,139.558
15	1,740,398.68	112,961.397	3,057,100.955

De acordo com os dados obtidos na tabela anterior, pelo método do período de retorno simples, no quinto ano é obtido o retorno do valor investido no projecto, o que mostra que o projecto é economicamente atrativo.

$$PRA = \frac{5,080,085.46}{8,562,601.56} = 0.62 \times 15 \text{ anos} = 9.36 \text{ anos}$$

Pelo método do período de retorno actualizado, com uma taxa de retorno do projecto de 20%, o tempo de retorno do valor investido no projecto é de precisamente, **9 anos, 4 meses e 12 dias**.

O Quadro 1.8 demonstra o período de retorno simples, do ano de investimento até os 15 anos de vida útil do projecto.

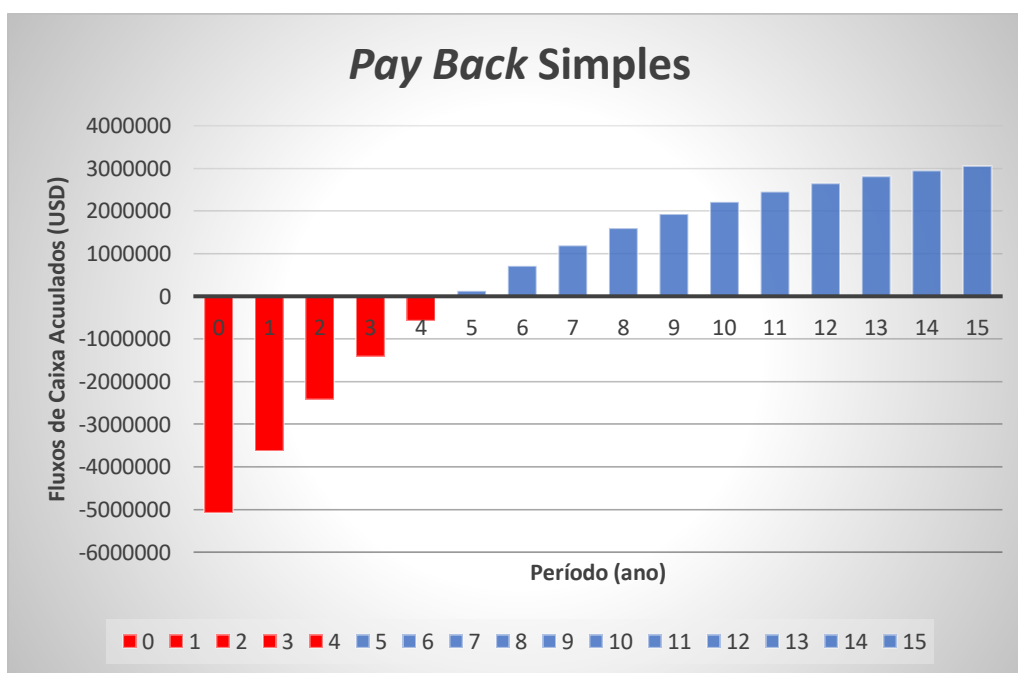


Gráfico 1.8 Pay Back Simples do projecto

8.1.2 Valor Actual Líquido (VAL)

Para obtenção do valor presente líquido, que considera todos os períodos de retorno e não apenas o período de *payback*. O VAL é calculado pela seguinte fórmula, com uma taxa de desconto de 20% ($k=0,2$):

$$VAL = \left[\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \right] - \left[I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+k)^t} \right]$$

$$VAL = 8,137,186.42 - 5,080,085.46$$

$$VAL = \mathbf{3,057,100.96 \text{ USD}}$$

Sendo o $VAL > 0$, e com um valor bastante significativo, o projecto é dado como economicamente muito viável.

9. Conclusões e Recomendações

9.1 Conclusões

- ❖ Geração de energia térmica, para além da importância ecológica e significativamente para o desenvolvimento de um país. Este projecto detém um impacto no desenvolvimento da indústria nacional, elevação do produto nacional bruto (PIB) e na geração de emprego. A sustentabilidade dos sistemas torna-os ainda mais importantes, sobretudo em zonas com pouco acesso à energia eléctrica da rede.
- ❖ Através de um software de fornecimento de dados regionais para projectos de geração de energia por fontes renováveis, pôde-se concluir que a forte radiação solar incidente na nossa região, resulta numa área de captação de radiação menor, para uma dada necessidade energética, em relação a outras áreas globais de menor radiação incidente, o que faz valer a nossa vantagem geográfica em relação aos recursos naturais e torna a produção dos equipamentos menos dispendiosa.
- ❖ A produção dos tanques termossifões tem uma linha pouco complexa, um processo automatizado, o que aumenta a precisão no fabrico e, principalmente, obtém uma boa produtividade no projecto. A maquinaria utilizada para a produção de tanques termossifões é mais de 70% automatizada, o que melhora a produtividade, precisão e qualidade do produto.
- ❖ A estrutura obedece a uma planta do tipo implantação-produto, o que reduz o custo e espaço para a movimentação de materiais, diminui o tempo de produção de cada unidade de produto e simplifica o controle da produção, possibilitando uma boa análise visual do fluxo dos produtos.
- ❖ Um dos aspectos negativos é o excessivo consumo de energia eléctrica na produção dos tanques termossifões, devido a elevada tarifa de energia eléctrica para média tensão no país.
- ❖ O projecto apresenta um tempo de retorno do valor investido favorável (no quinto ano do projecto), o que ilustra a atratividade do projecto para investimentos. Estes sistemas são uma alternativa a longo prazo, bastante vantajosa economicamente, em relação aos equipamentos eléctricos, para além da indiscutível importância para o meio ambiente.

9.2 Recomendações

Aos investigadores recomenda-se:

- ❖ Fazer um estudo quantitativo do grau de isolamento térmico da espuma expansiva de Poliuretano e obter dados precisos da quantidade mínima de calor expelida do sistema, e propor alternativas viáveis para a camada interna de isolamento térmico.

Aos investidores recomenda-se:

- ❖ Apostar na geração de energia por módulos fotovoltaicos para minimizar o elevado gasto na produção dos equipamentos.
- ❖ Promover treinamentos iniciais e contínuos aos operários, tendo em conta a automatização da maquinaria utilizada na produção, e manutenções periódicas para salvaguardar a vida útil do projecto.

Às entidades governamentais recomenda-se:

- ❖ Estudar políticas para minimização das tarifas de energia eléctrica para fábricas nacionais, sobretudo as relacionadas às fábricas inclinadas à fontes de energias renováveis.

10. Referências Bibliográficas

1. Barbosa, F. (2021). *Engenharia Química, Princípios Fundamentais*. Editora Conhecimento Livre.
2. Beautitz, R. (2022). Aplicação dos Métodos de Elementos Finitos e ASME Secção VIII, Divisão I, no Projecto de um Vaso de Pressão.
3. Bellani, P. (2017). Termossifão Bifásico em Circuito Para Aquecimento Solar Residencial.
4. Budynas, R. &. (2009). *Elementos de Máquinas de Shigley*. MacGraw-Hill.
5. Chile, 3. (Abril de 2014). *Espuma Expansiva de Poliuretano*. Obtido de <https://multimedia.3m.com/mws/media/1227527O/espuma-de-poliuretano.pdf>
6. Do Nascimento, C. A. (2017). Dimensionamento de Trocadores de calor Casco-Casco Termossifão Para Pré-aquecimento de Ar de Combustão. Araranguá.
7. Earth, G. (s.d.). Obtido em 14 de Setembro de 2024, de https://earth.google.com/web/@-25.955552,32.457017,34.46942875a,1555.03854224d,35y,33.70880506h,1.19100316t,-0r/data=CgRCAggBOgMKATBKDQj_____8BEAA
8. Gentil, V. (1996). *Corrosão*. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
9. Gerais, C. -C. (2012). Alternativas Energéticas. Belo Horizonte.
10. Internacional, A. (2017). Especificações Padronizadas Para Placas de Aço Inoxidável de Cromo e Cromo-Níquel, Chapas Para Vasos de Pressão e Para Aplicações Gerais. *A240/A240M-17*.
11. Joaquim, I. &. (2023). Métodos & Critérios de Análise de Projectos. *Avaliação Económica de Projectos*. Maputo.
12. Jurado, D. A. (Agosto de 2004). Modelagem Dinâmica de um Sistema Solar Termossifão Usando Colectores Solares Atmosféricos de Plástico. Uberlândia.

13. Kourbatov, A. (2007). Preparação Construtiva e Tecnológica de Fabricação duma Engrenagem dum Moinho. *Projecto Tecnológico (Exemplo do Projecto do Curso)*. Maputo.
14. MARcos, J. (2015). Materiais Naturais Alternativos De Isolamento Térmico. Vila Real.
15. Martins, V. (2021). Sistema de Aquecimento de Água Utilizando Energia Fotovoltaica e Termosolar. Curitiba.
16. Mittal, A. (Agosto de 2019). *Guia do Aço*. Obtido de <https://brasil.arcelormittal.com/pdf/produtos-solucoes/catalogos/catalogo-guia-aco.pdf?asCatalogo=pdf>
17. Nhambiu, J. (2022). Energia Solar Activa. *Sistemas Energéticos*. Maputo, Moçambique.
18. Pereira, L. D. (s.d.). *Manual Para Dimensionamento de Tanques Metálicos*.
19. Planas, O. (30 de Maio de 2018). *Energia Solar*. Obtido em 22 de Maio de 2024, de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/colector-solar-termico/colectores-tubos-vacio>
20. Repsol, N. (Dezembro de 2023). Eficiência Energética de Equipamentos de Aquecimento de Água Para Banho e Equipamentos de Ar-Condicionado: Estudo de Caso em uma Casa de Veraneio.
21. Serrano, M. (2019). *Colectores Solares Térmicos*.
22. Sistemas Energéticos. (s.d.). *Instalações da Fábrica*. Maputo, Moçambique. Obtido em 2023
23. Sousa, A. (2011). Análise do desempenho energético de Cozinhas Industriais.
24. *Uso de Colectores Solares En Sector Industrial*. (s.d.). Obtido de Red de Energia Solar: <https://redsolar.ier.unam.mx/wp-content/uploads/2017/11/ART7.pdf>
25. Zhu, E. (27 de Agosto de 2024). *Pressurized Solar Water Heater Tank Machineries*.

Anexos

Anexos A

Figuras



Fig. 1A Colector Solar de Placa Plana



Fig. 2A Coletores Solares de Foco em Linha. Fonte: Energia Solar Fotovoltaica.b



Fig. 3A Coletores Solares de Foco Pontual. Fonte: Energia Solar Fotovoltaica.br

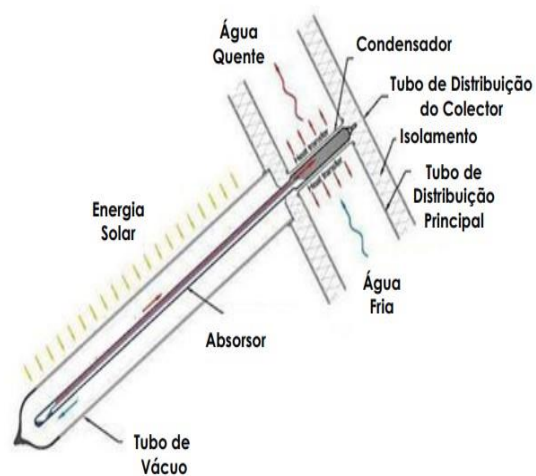


Fig. 4A Esquema do Tubo de Vácuo com Tuno de Calor. Fonte: Manual Colector Vácuo Tubo de Calor.cdr



Fig. 5A Tubo de vácuo de transferência directa. Fonte: Ubersol Energias Renováveis



Fig. 6A Espuma Expansiva de Isolamento. Fonte: Ventajas (2020), bricovel.com



Fig. 7A Válvula de segurança do tanque termossifão. Fonte: Compron



Fig. 8A Máquina Desbobinadeira. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais



Fig. 9A Guilhotina. Fonte: Fornecedor de equipamento industrial



Fig. 10A Furadora CNC. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais



Fig. 11A Calandra de 3 Rolos. Fonte: Fornecedor e equipamentos industriais



Fig. 12A Equipamento de Soldadura Longitudinal. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais



Fig. 13A Equipamento de Soldadura Radial TIG



Fig. 14A Prensa Embutidora. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais



Fig. 15A Máquina de Flangear Furos. Fonte: Fornecedor de Equipamentos Industriais



Fig. 16A Equipamento de Soldadura Local Radial TIG. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais



Fig. 17A Flangeadora Manual. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais



Fig. 18A Máquina de união por aperto. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais



Fig. 19A Flangeadora radial. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais



Fig. 20A Máquina de Aplicação de Espuma Hidráulica. Fonte: Fornecedor de equipamentos industriais

Anexo B
Factores de cálculo do Rendimento dos Colectores Solares

Tipo de Colector	Caractirísticas	
	$F'(\tau\alpha)$	$F \times \dot{U}L$
Não selectivo sem vidro	0,8 – 0,9	20
Não selectivo	0,7 – 0,8	8 – 9
Selectivo	0,7 – 0,8	3 – 6
C.P.C.	0,7 – 0,75	4,2/3,7 – (NS/EW)*
Tubos de vácuo	0,7 – 0,8	1,8 - 3
*- Orientação Norte-Sul e Este-Oeste		

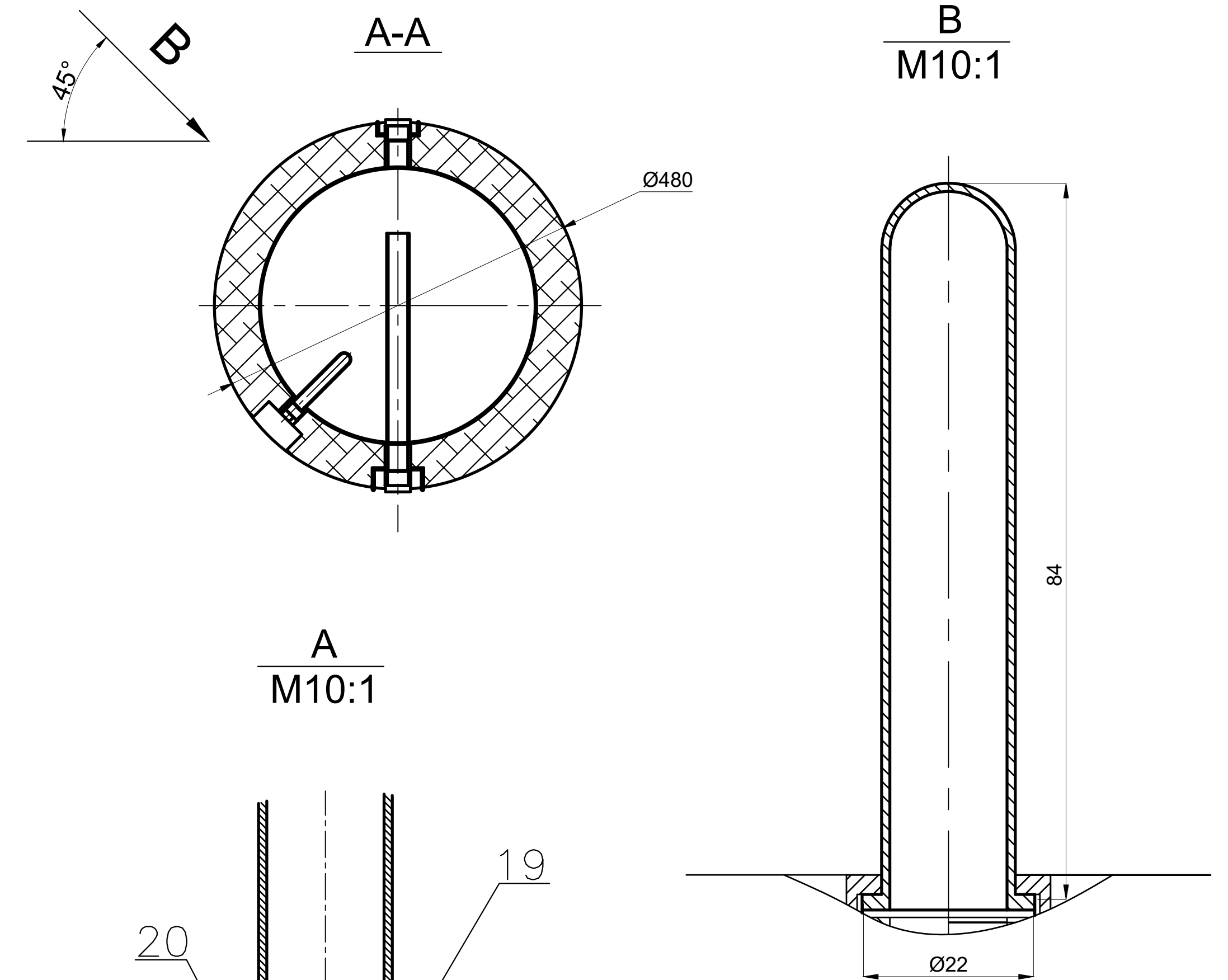
Anexo C

Eficiência do Cordão de Soldadura Parta Tanques

Tipo de Junta	Eficiência do Cordão (E)		
	Inspecção Completa Requerida	Inspecionado Por Amostragem	Não Inspecionado
Junta de topo obtida por soldagem dupla ou por outros meios que garantem a mesma qualidade do material de solda depositado na parte externa Se uma faixa de apoio for utilizada, ela deve ser removida após a conclusão da soldagem	1.00	0.85	0.70
Junta de topo soldada simples com faixa de apoio que permanece no lugar após soldagem	0.90	0.80	0.65
Junta de topo soldada simples sem uso da faixa de apoio	-	-	0.60
Junta de sobreposição com filete total dupla	-	-	0.55
Junta de sobreposição com filete total simples com soldas de pluge	-	-	0.50
Junta de sobreposição com filete total simples sem soldas de pluge	-	-	0.45

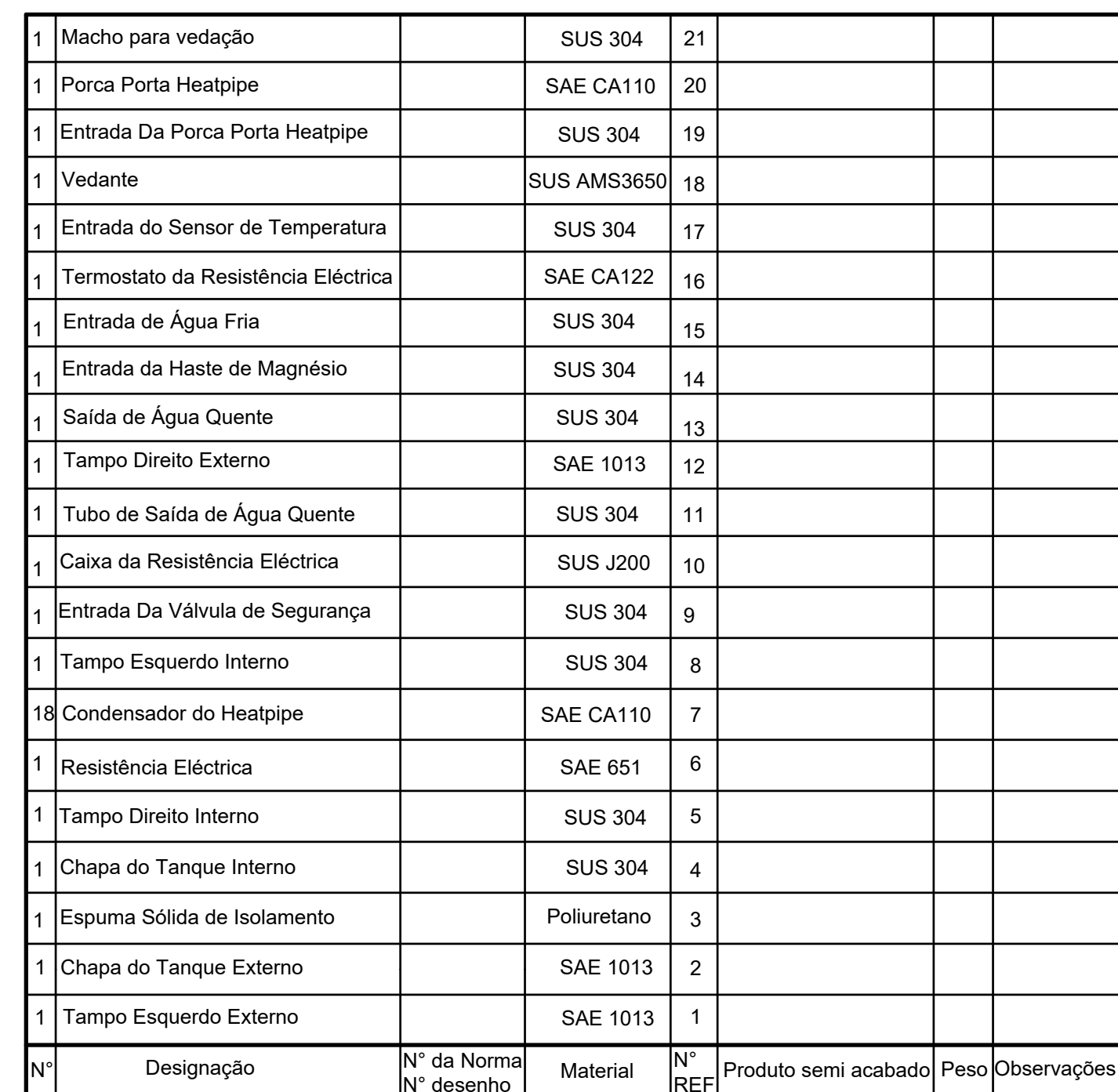
Anexo D

Desenhos de Vista geral e de Montagem



Nota:

1. Nas vistas frontal e B não foram representados os elementos inclinados em relação às vistas correspondentes



		Desenhou: Data: / / Apellido:																	
		Regano: 10/10 Moniane																	
		Verificou: Data: / / Apellido:																	
		1:5		Tanque Termossifão de Para Colector Solar															
				DEMA-24.02-DM-RE															
				UEM-FE-L.ENG.MEC															
				<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>															

Anexo E
Desenhos de Fabrico e Gráficos de Fluxo Tipo Esboço

✓



- | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------------|---------|--------------|-------------------|--|--|--|--|--|--|
| Desenhou | Data | Apelido | Aço SAE 1030 | DEMA-24.02-CPE-RE | | | | | | |
| Regano | 13.08 | Monjane | | | | | | | | |
| Verificou | Data | Apelido | | | | | | | | |
| 1:20 | Chapa Primária do Tanque Exterior | | | UEM-FE-L.ENG.MEC | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Chapa Primária do Tanque Externo



Cortar chapas de 2100x1200x1.5mm na Guilhotina



Abrir um furo de Ø60mm na Furadora CNC



Dobrar a chapa na Calandra de 3 Rolos



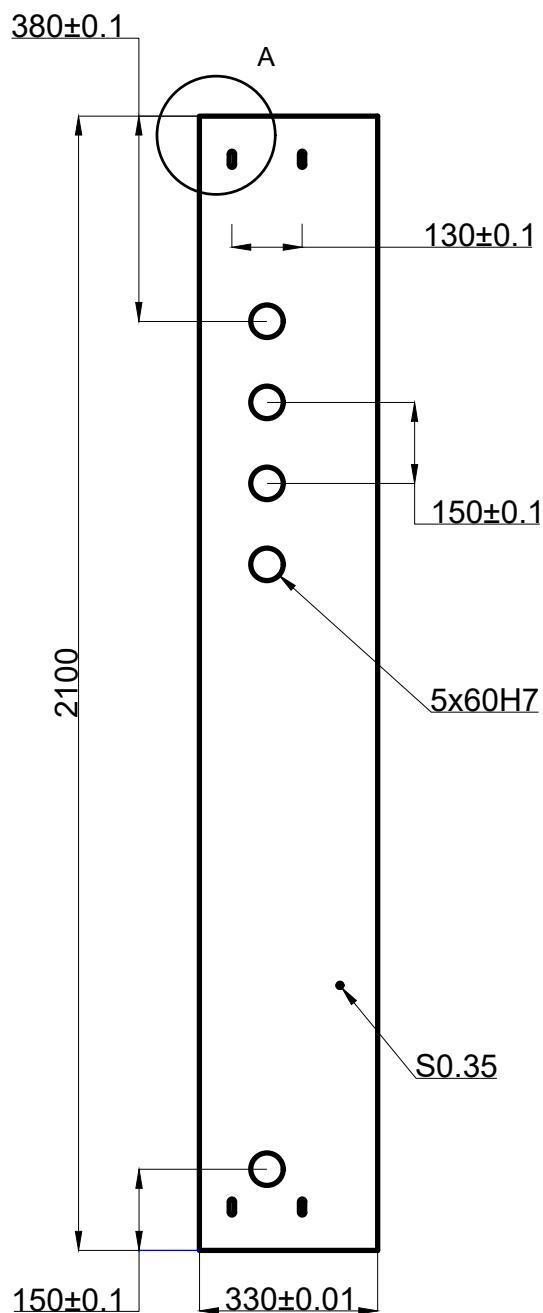
Flangear a chapa na Flangeadora Manual*



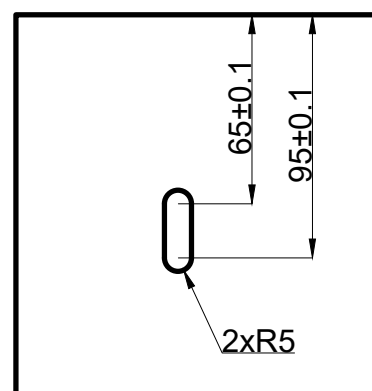
Limpar a chapa

Desenhou	Data	Apelido	Aço SAE 1030	DEMA-24.02-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Chapa Primária do Tanque Exterior			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Ra 0.2 Galvanizado



Detalhe A
Escala 5:1



Notas:

1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
2. Raios e superfícies de boleoamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SAE 1030	DEMA-24.02-CSE-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:20	Chapa Secundária do Tanque Exterior			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Chapa Secundária do Tanque Externo



Abrir 5 furos de Ø60mm e 4 furos de 2xR5x30mm na Furadora CNC



Flangear a chapa na Flangeadora Manual*



Limpar a chapa

Desenhou	Data	Apelido	Aço SAE 1030	DEMA-24.02-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Chapa Secundária do Tanque Exterior			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Chapa do Tanque Interno



Cortar chapas de 1740x1132x2mm na Guilhotina



Abrir 18 furos de Ø22mm, 2 furos de Ø24mm, 3 furos de Ø19mm na Furadora CNC



Dobrar as chapas na Calandra de 3 Rolos



Flangeamento dos furos para entradas e saídas na Furadora Vertical

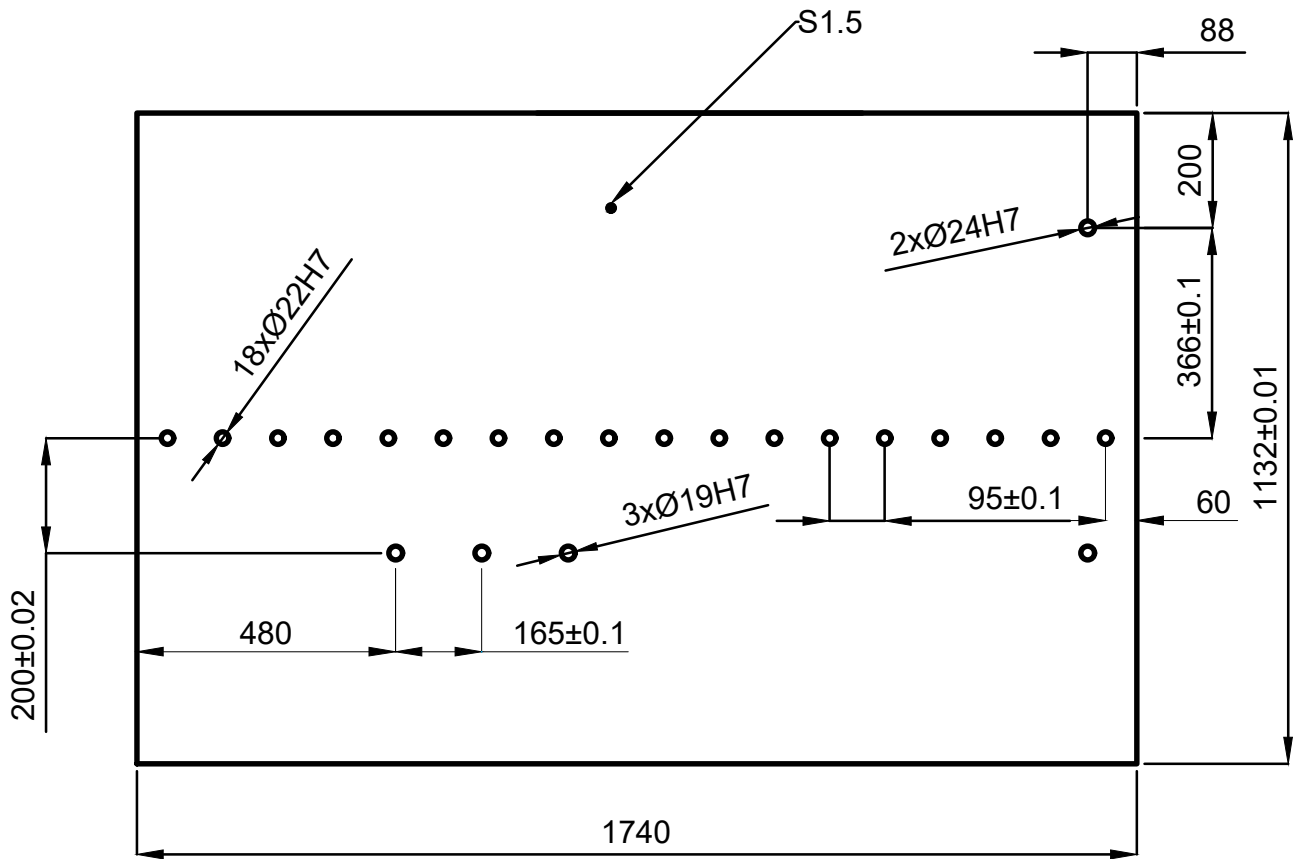


Soldar a chapa revolucionada



Limpar a chapa

Desenhou	Data	Apelido		DEMA-24.02-CTI-RE		
Regano	13.08	Monjane				
Verificou	Data	Apelido				
1:1	Chapa do Tanque Interno			UEM-FE-L.ENG.MEC		



- Notas:
- 1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
 - 2. Raios e superfícies de boleoamento: R1
 - 3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-CTI-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:10	Chapa do Tanque Interno			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Entrada da Haste de Magnésio



Cortar os tubos de Aço Inox de Ø28mm x 53mm na Serra de Disco



Facejar o veio no Torno

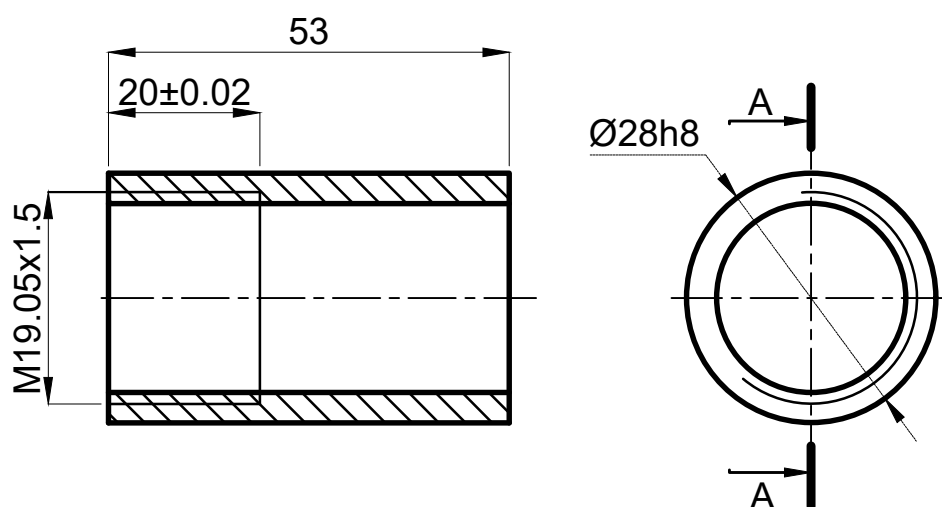


Abrir rosca interna M19.05x1.5 de altura 20mm no Torno



Limpar a entrada

Desenhou	Data	Apelido	DEMA-24.02-EHM-RE			
Regano	13.08	Monjane				
Verificou	Data	Apelido				
1:1	Entrada da Haste de Magnésio					UEM-FE-L.ENG.MEC

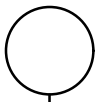
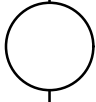
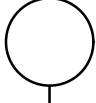
A-A

Notas:

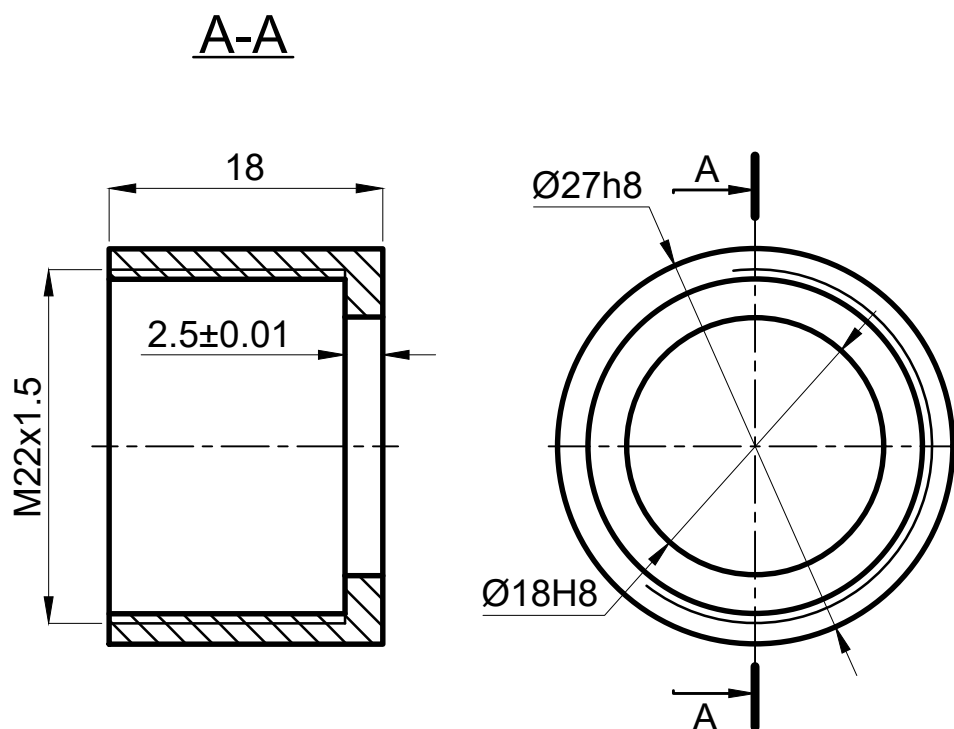
1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
2. Raios e superfícies de boleamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-EHM-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Entrada da Haste de Magnésio			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Entrada da Porca Porta Heatpipe

-  Cortar os tubos de Aço Inox de Ø76mm x 18mm na Serra de Disco
-  Abrir um furo cego de Ø18x15.5mm no Torno
-  Abrir rosca interna M22 no Torno
-  Limpar a entrada

Desenhou	Data	Apelido		DEMA-24.02-EPH-RE							
Regano	13.08	Monjane									
Verficou	Data	Apelido									
1:1	Entrada da Porca Porta Heatpipe			UEM-FE-L.ENG.MEC							



Notas:

1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
2. Raios e superfícies de boileamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-EPH-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
2:1	Entrada da Porca Porta Heatpipe			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Entrada da Resistência Eléctrica



Cortar os tubos de Aco Inox de Ø40mm x 22.5mm na Serra de Disco



Facejar o veio no Torno

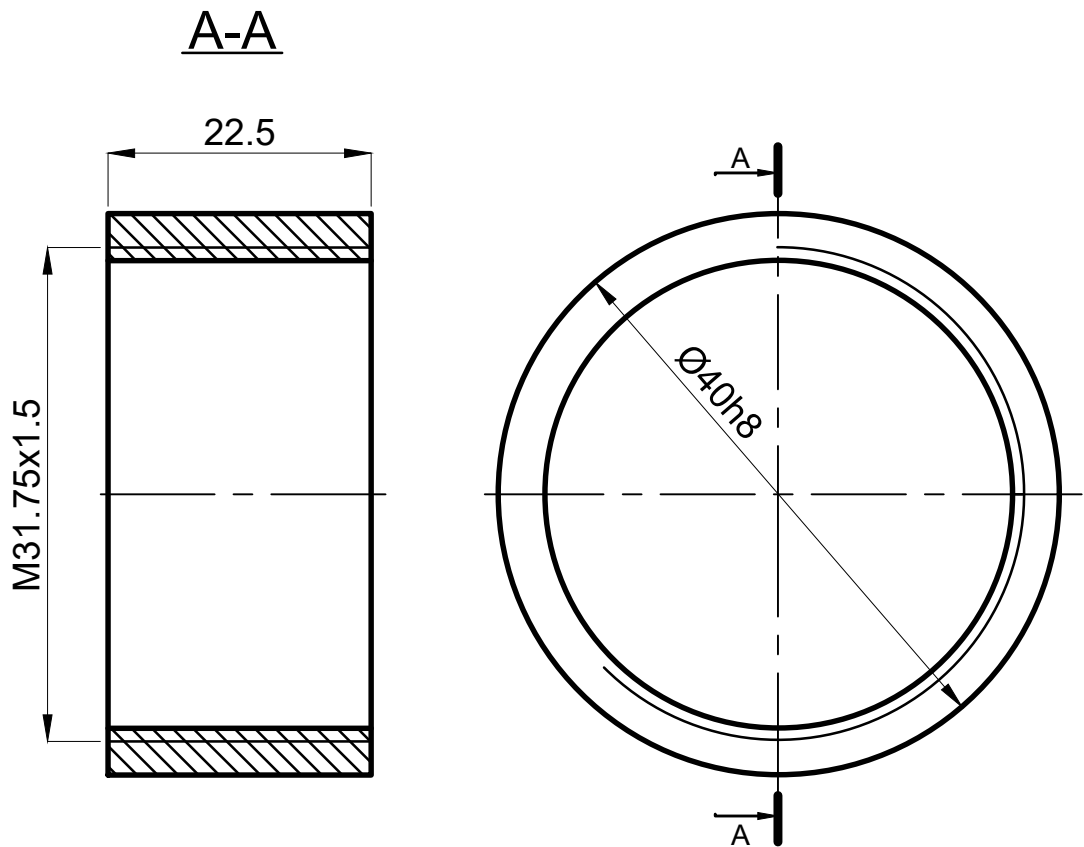


Abrir rosca interna M31.75x1.5 no Torno



Limpar a entrada

Desenhou	Data	Apelido		DEMA-24.02-ERE-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verficou	Data	Apelido								
1:1	Eixo de Entrada da Resistência Eléctrica			UEM-FE-L.ENG.MEC						



Notas:

1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
2. Raios e superfícies de boleamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-ERE-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Eixo de Entrada da Resistência Eléctrica			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Entrada da Válvula de Segurança



Cortar os tubos de Aço Inox de Ø28mm x 62mm na Serra de Disco



Facejar o veio no Torno



Abrir rosca interna M19.05x1.5 de altura 20mm no Torno

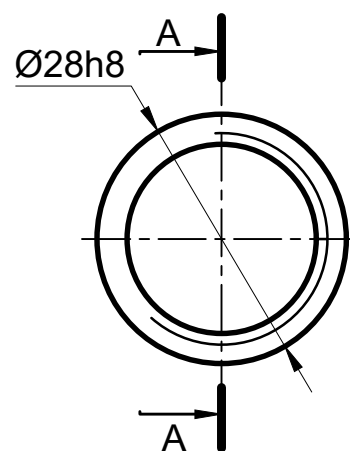
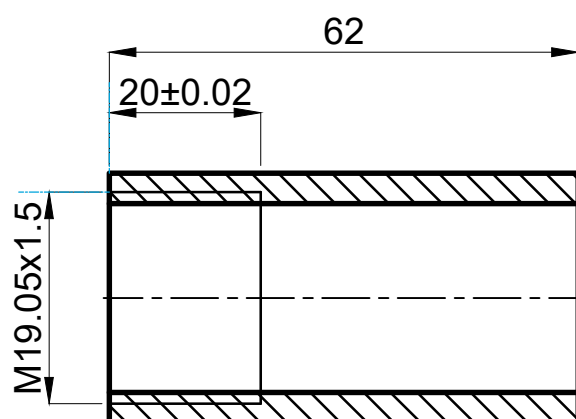


Limpar a entrada

Desenhou	Data	Apelido		DEMA-24.02-EVS-RE
Regano	13.08	Monjane		
Verificou	Data	Apelido		
1:1	Entrada da Válvula de Segurança			UEM-FE-L.ENG.MEC

a 1.5

A-A



Notas:

1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
2. Raios e superfícies de boleamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-EVS-RE									
Regano	13.08	Monjane											
Verificou	Data	Apelido											
			Entrada da Válvula de Segurança	UEM-FE-L.ENG.MEC									
1:1													

Veio de Entrada de Água Fria



Corte dos tubos de Aço Inox de Ø28mm x 53mm na Serra de Disco



Facejar os tubos no Torno

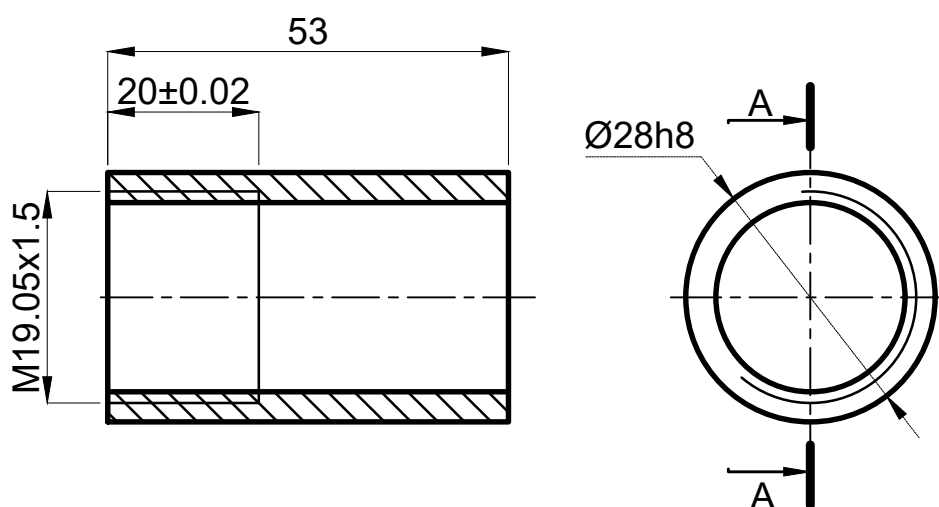


Abrir rosca interna M19.05x1.5 de altura 20mm no Torno



Limpeza o veio

Desenhou	Data	Apelido	DEMA-24.02-EAV-RE			
Regano	13.08	Monjane				
Verificou	Data	Apelido				
1:1	Veio de Entrada de Água Fria					UEM-FE-L.ENG.MEC

A-A

Notas:

1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT \frac{14}{2}$
2. Raios e superfícies de boleamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-EAF-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Veio de Entrada de Água Fria			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Entrada do Sensor de Temperatura



Cortar os tubos de Aço Inox de Ø22mm x 50mm na Serra de Disco



Facejar o veio no Torno



Abrir rosca interna M12.7x1.5 de altura 16mm no Torno

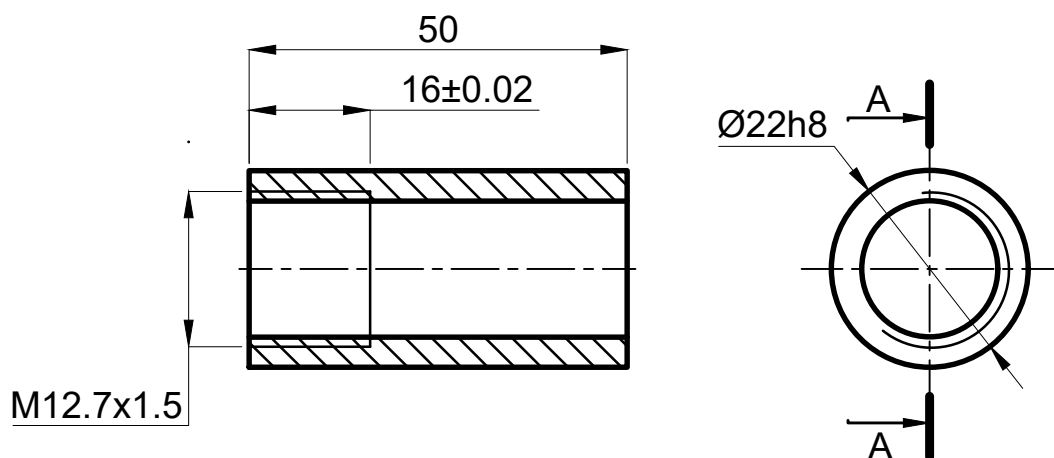


Limpar a entrada

Desenhou	Data	Apelido	DEMA-24.02-EST-RE			
Regano	13.08	Monjane				
Verificou	Data	Apelido				
1:1	Eixo de Entrada do Sensor de Temperatura					UEM-FE-L.ENG.MEC

a 1.5

A-A



Notas:

1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{14}^2$
2. Raios e superfícies de boleamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-EST-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Eixo de Entrada do Sensor de Temperatura			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Veio de Saída de Água Quente



Cortar os tubos de Aço Inox de Ø28mm x 53mm na Serra de Disco



Facejar o veio no Torno



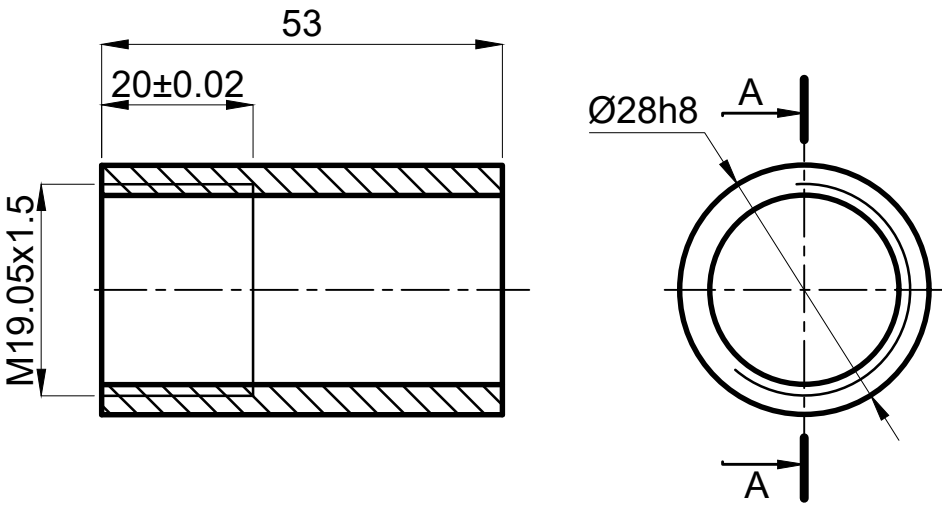
Abrir rosca interna M19.05x1.5 de altura 20mm no Torno



Limpar o veio

Desenhou	Data	Apelido		DEMA-24.02-SAQ-RE
Regano	13.08	Monjane		
Verificou	Data	Apelido		
1:1	Veio de Saída de Água Quente			UEM-FE-L.ENG.MEC

A-A

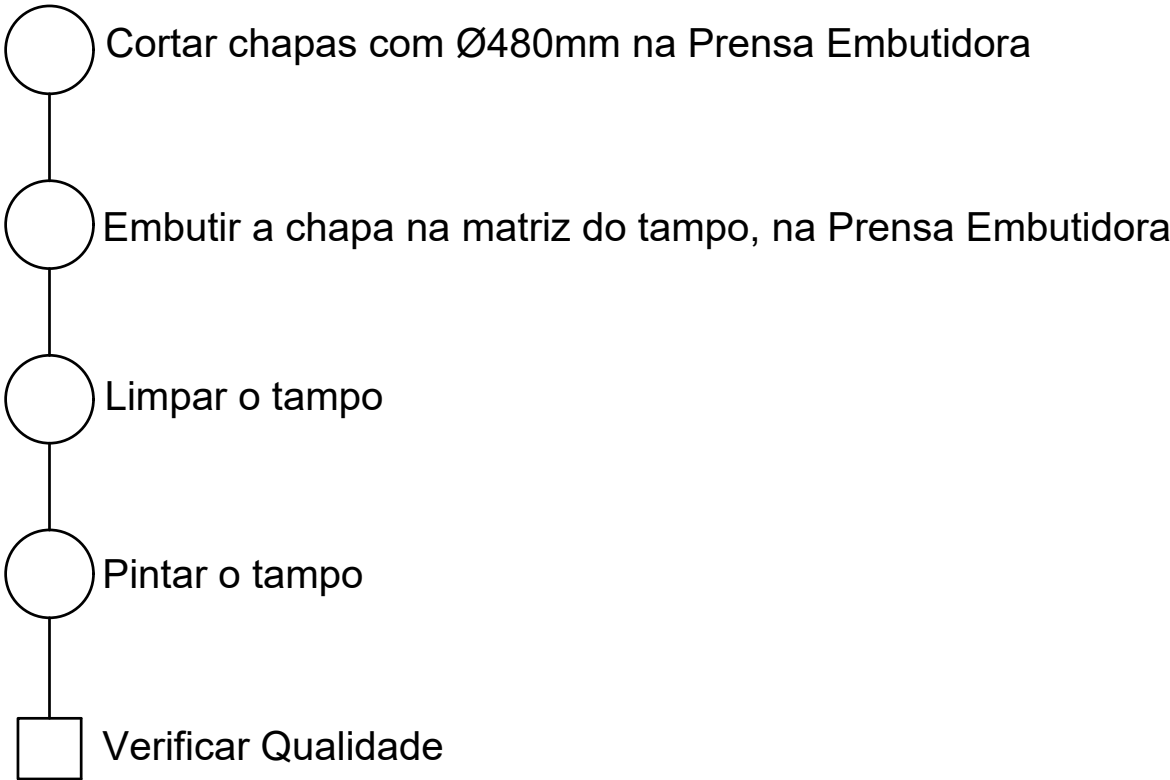


Notas:

1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT \frac{14}{2}$
2. Raios e superfícies de boleamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

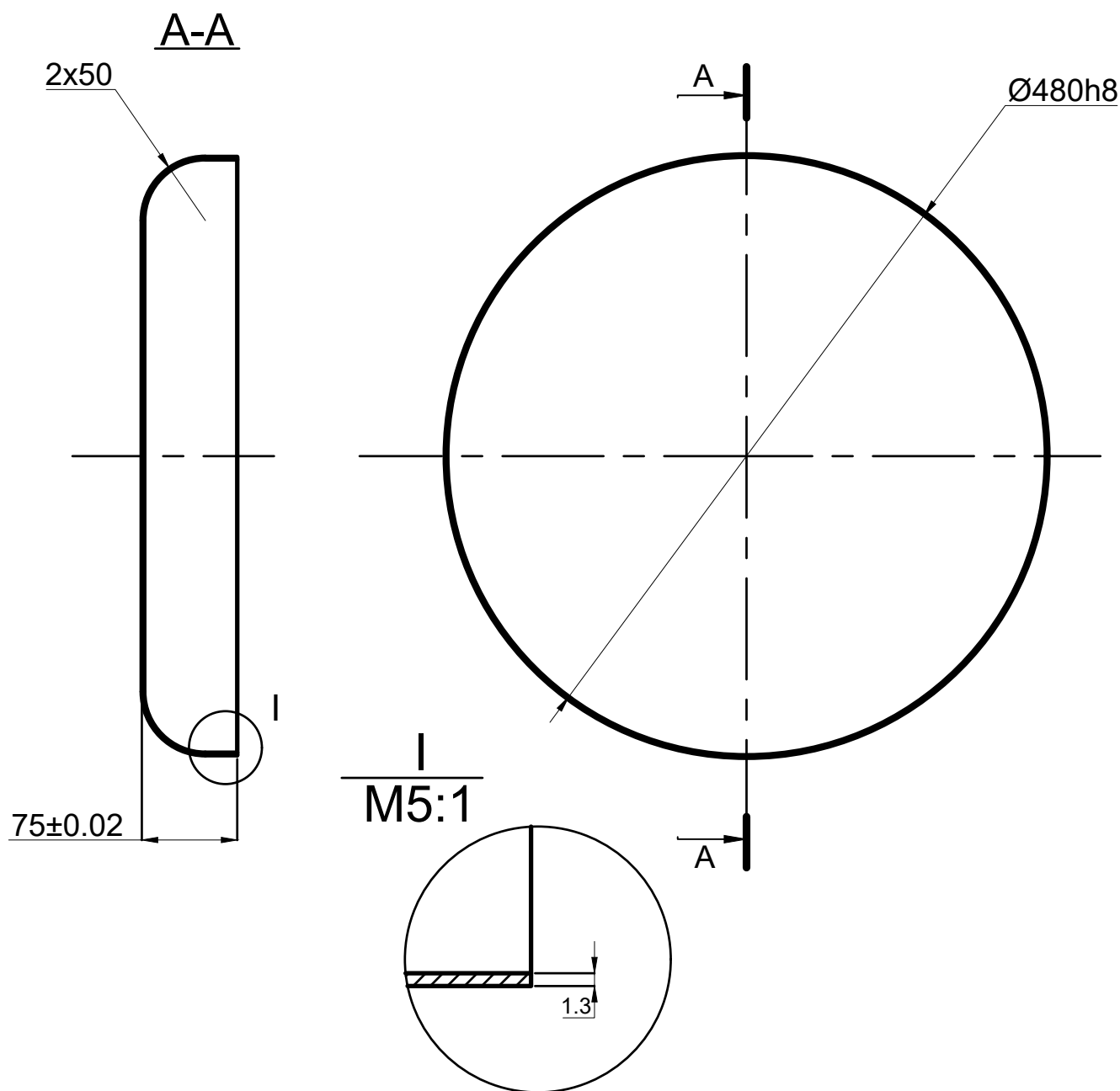
Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-SAQ-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Veio de Saída de Água Quente			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Tampo Esquerdo Externo



Desenhou	Data	Apelido	Aço SAE 1030	DEMA-24.02-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Tampo Esquerdo Externo			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Ra 1.5
✓

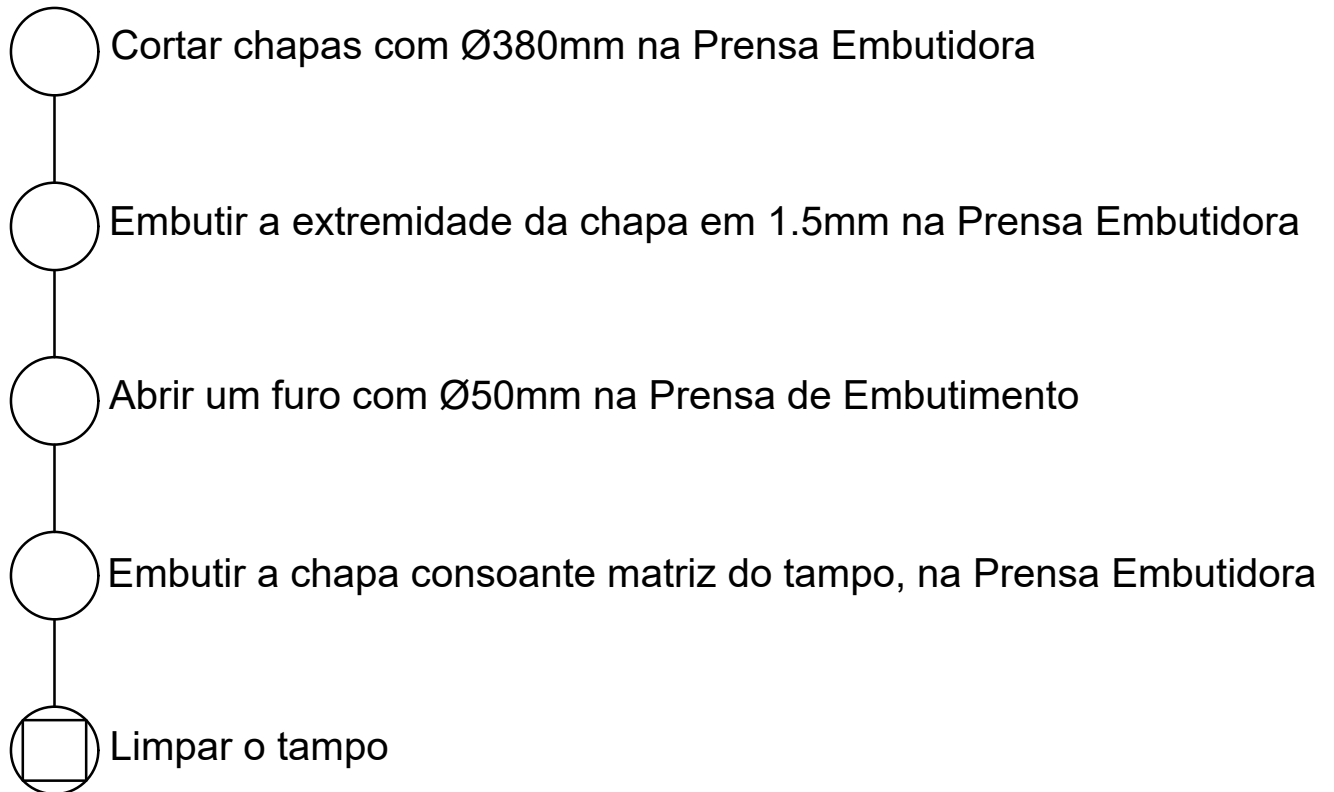


Notas:

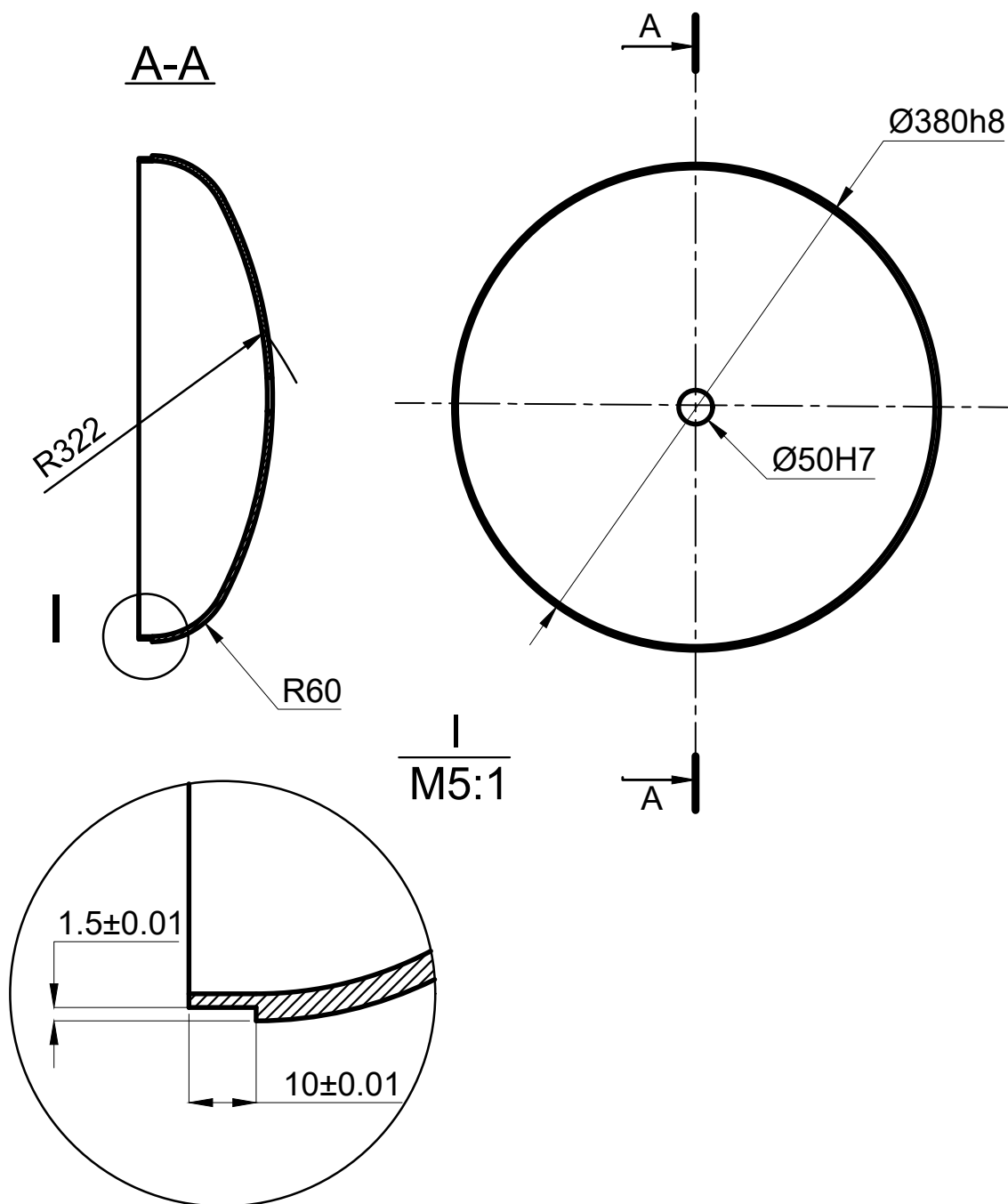
1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
2. Raios e superfícies de boleamento: R1
3. Chanfros: $1 \times 45^\circ$

Desenhou	Data	Apelido	Aço SAE 1030	DEMA-24.02-TEE-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:5	Tampo Esquerdo Externo			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Tampo Direito Interno



Desenhou	Data	Apelido		DEMA-24.02-TDI-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Tampo Direito Interno			UEM-FE-L.ENG.MEC						



Notas:

1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_2^{14}$
2. Raios e superfícies de boleoamento: R1
3. Chanfros: $1 \times 45^\circ$

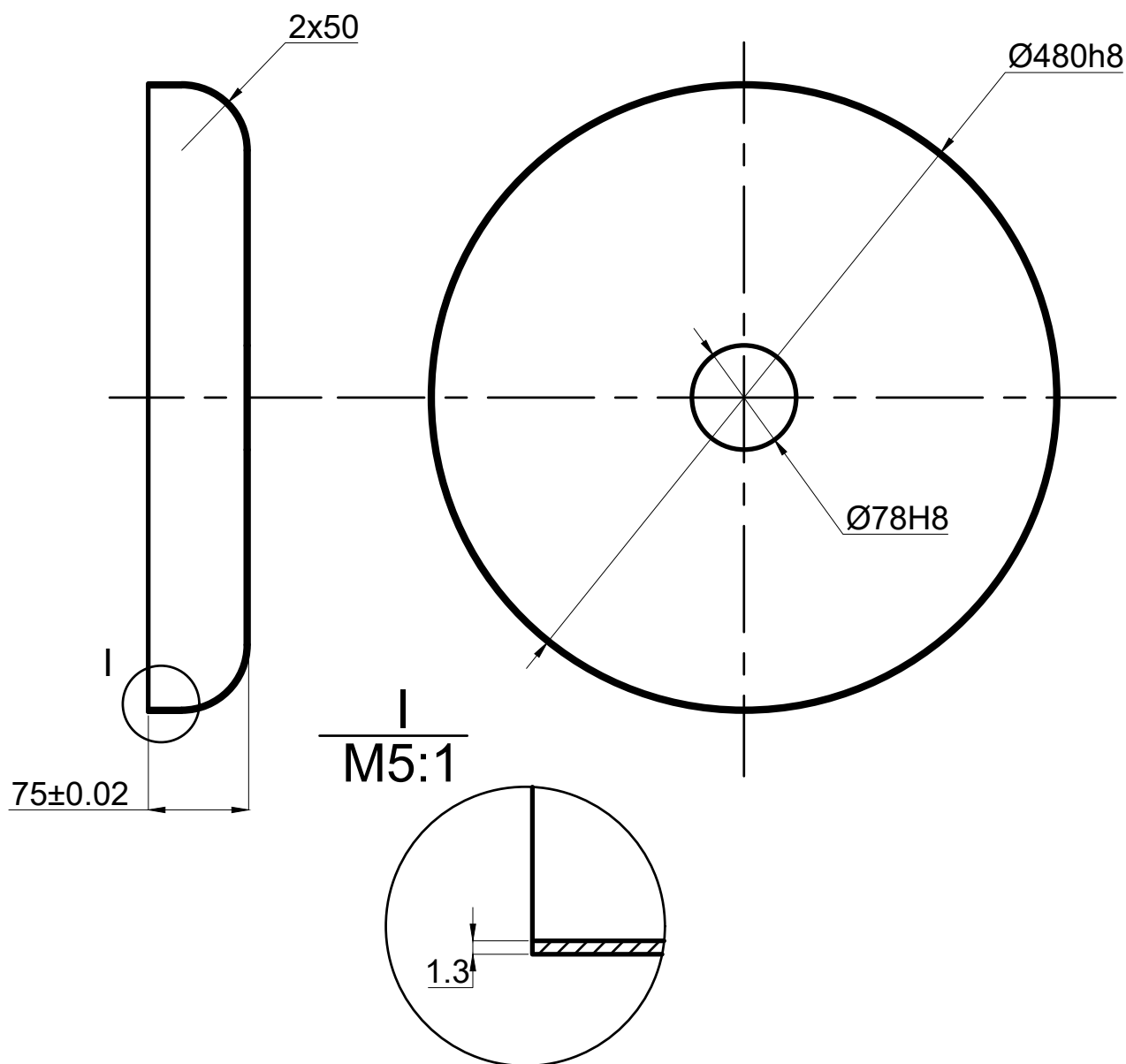
Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-TDI-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:5	Tampo Direito Interno			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Tampo Direito Externo

- ☐ Cortar chapas com Ø480mm na Prensa Embutidora
- ☐ Abrir um furo de Ø78mm na Furadora Vertical
- ☐ Embutir a chapa na matriz do tampo, na Prensa Embutidora
- ☐ Limpar o tampo
- ☐ Pintar o tampo
- ☐ Verificar Qualidade

Desenhou	Data	Apelido	Aço SAE 1030	DEMA-24.02-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Tampo Direito Externo			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Ra1.5
✓



Notas:

1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
2. Raios e superfícies de boileamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SAE 1030	DEMA-24.02-TDE-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:5	Tampo Direito Externo			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Tampo Esquerdo Interno



Cortar chapas com Ø380mm na Prensa Embutidora



Embutir a extremidade da chapa em 1.5mm na Prensa Embutidora

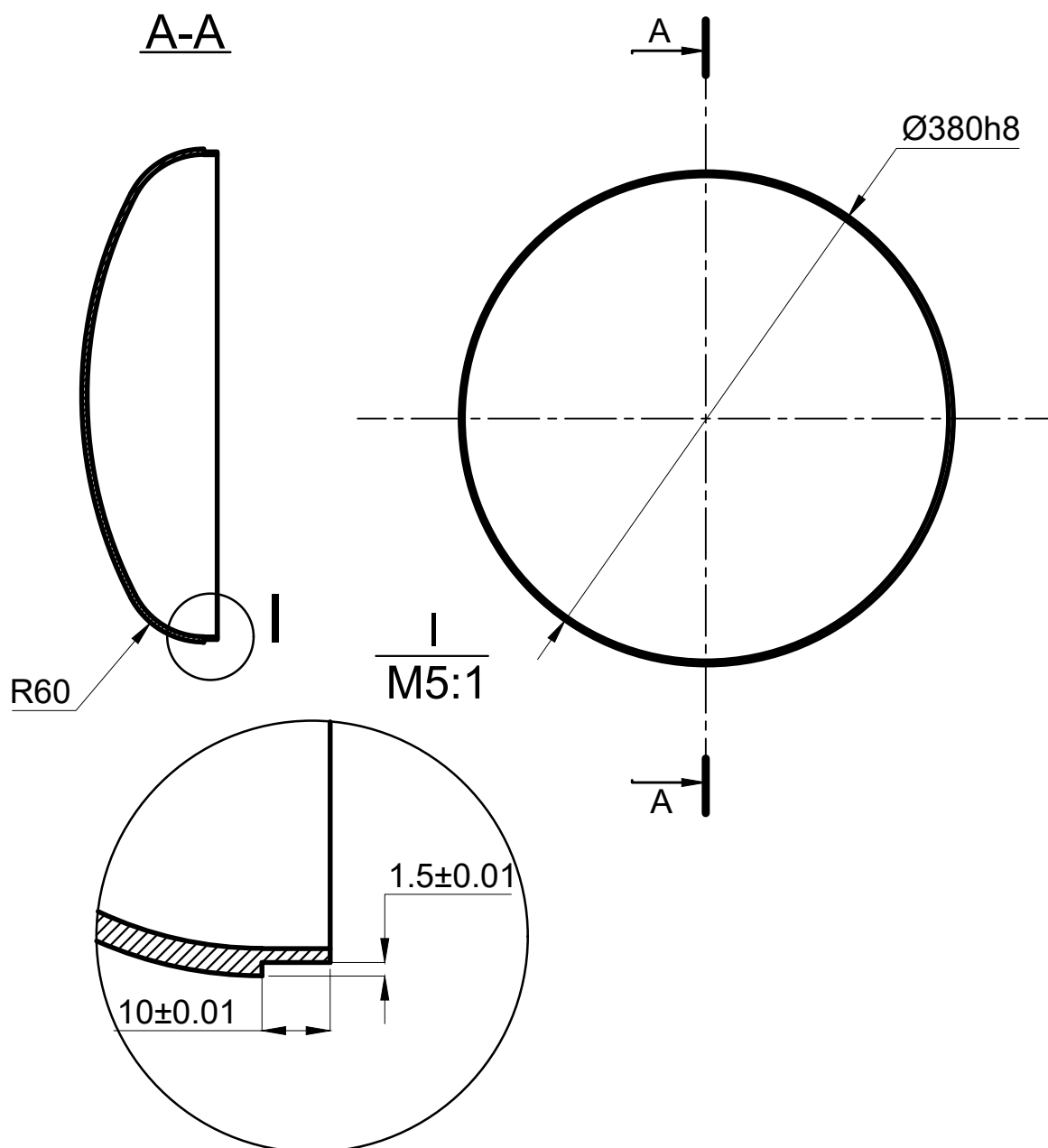


Embutir a chapa com matriz de R322mm, na Prensa Embutidora



Limpar o tampo

Desenhou	Data	Apelido		DEMA-24.02-TEI-RE
Regano	13.08	Monjane		
Verificou	Data	Apelido		
1:1	Tampo Esquerdo Interno			UEM-FE-L.ENG.MEC

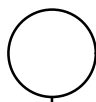
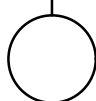
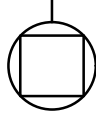


Notas:

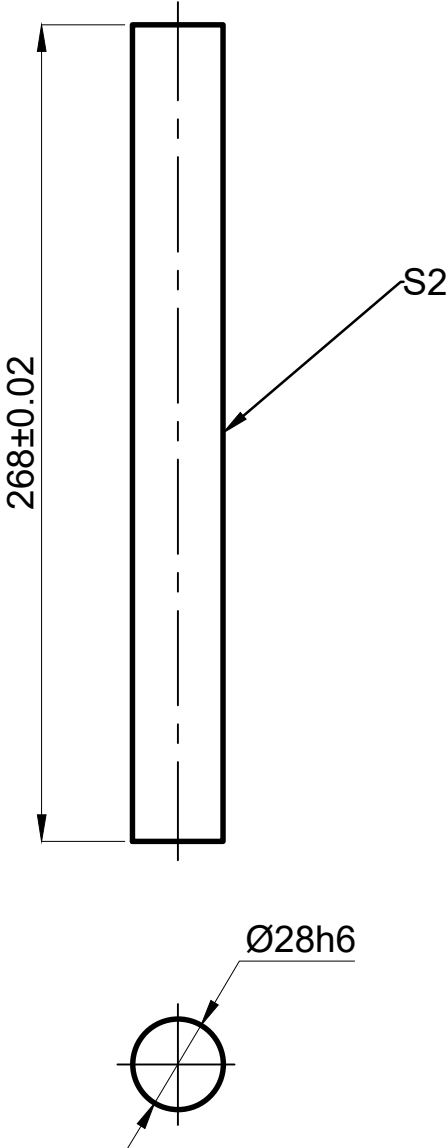
1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
2. Raios e superfícies de boreamento: R1
3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-TEI-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:5	Tampo Esquerdo Interno			UEM-FE-L.ENG.MEC						

Tubo de Saída de Água Quente

-  Cortar os tubos de Aço Inox de Ø28mm x 268mm na Serra de Disco
-  Facejar o Tubo no Torno
-  Limpar o tubo

Desenhou	Data	Apelido		DEMA-24.02-TSQ-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:1	Tubo de Saída de Água Quente			UEM-FE-L.ENG.MEC						



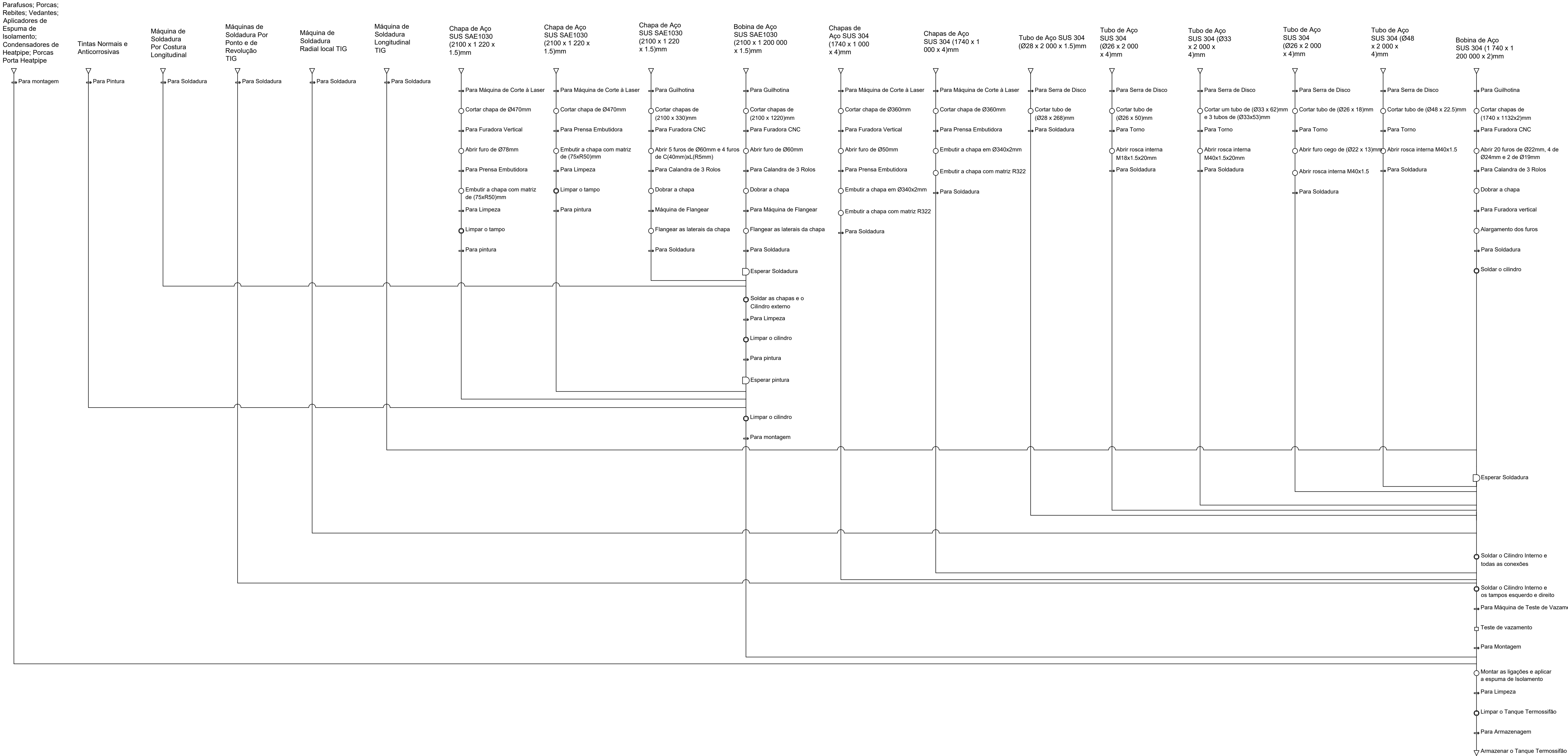
Notas:

- 1. Desvios limites não indicados: H14, h14, outros: $\pm IT \frac{14}{2}$
- 2. Raios e superfícies de boleamento: R1
- 3. Chanfros: 1x45°

Desenhou	Data	Apelido	Aço SUS 304	DEMA-24.02-TSQ-RE						
Regano	13.08	Monjane								
Verificou	Data	Apelido								
1:5	Tubo de Saída de Água Quente			UEM-FE-L.ENG.MEC						

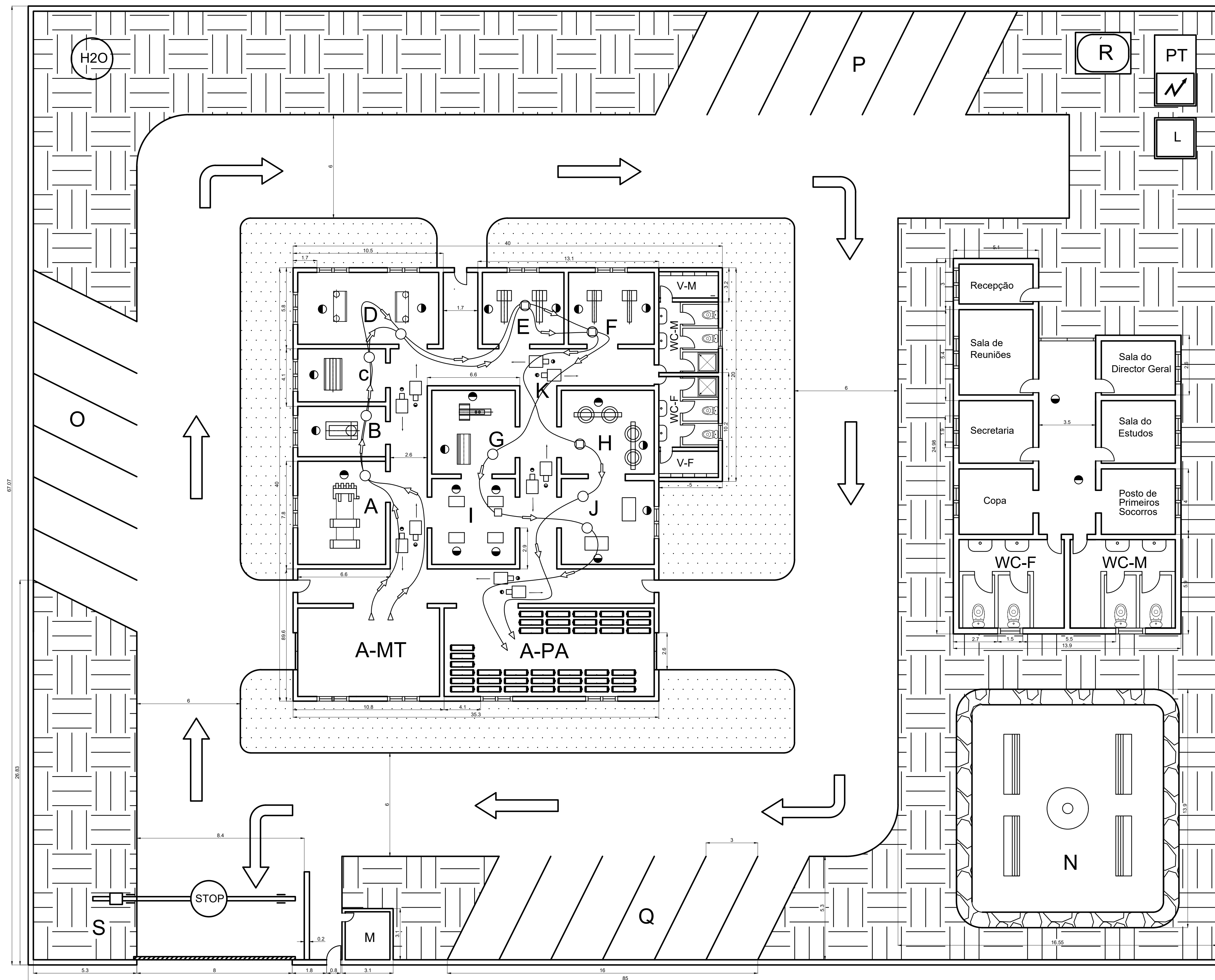
Anexo F

Gráfico de Fluxo Tipo Material



Desenhou	Data	Apelido	DEMA-24.02-RE			
Regano	13.08	Monjane				
Verificou	Data	Apelido				
1:1	Gráfico de Fluxo de Processo Tipo Material					UEM-FE-L.ENG.MEC

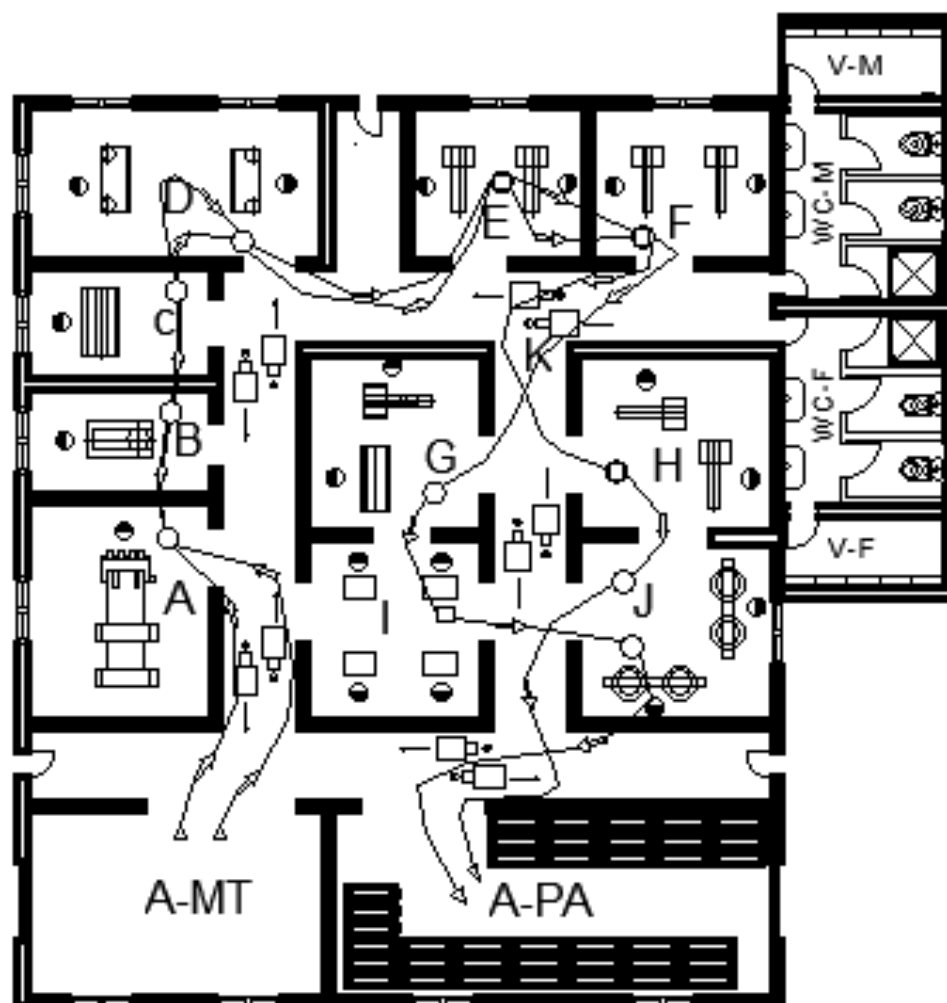
Anexo G
Planta da Fábrica



Legenda:	
A-MT	Armazém de Matéria-prima
A-PA	Armazém de Produto Acabado
A	Desbobinadeira e Guilhotina
B	Furadora
C	Calandra
D	Prensas Embutidoras
E	Máquinas de Soldadura Por Fusão
F	Máquinas de Soldadura Por Pressão
G	Flangeadoras
H	Estrutura para Aplicação do Poliuretano
I	Bancada para Inspeção
J	Bancadas Para Pintura
K	Carrinhos de Mão
WC-M	Casas de Banho Masculinas
WC-F	Casas de Banho Femininas
V-M	Vestiários Masculinos
V-F	Vestiários Femininos
L	Gerador de Energia
M	Guarita
N	Pátio
O	Estacionamento Para Visitantes
P	Estacionamento Para Funcionários
Q	Estacionamento Para Carga
R	Central de Ar Comprimido
S	Cancela
PT	Posto de Transformação de Energia (PT)
●	Colaborador

Desenhou	Data	Apelido	DEMA-24.02-PF-RE
Regano	2008	Ilvionjane	
Verificou	Data	Apelido	
1:100	Planta da Fábrica		UEM-FE-L.ENG.MEC

Anexo H
Esquema de Circulação



Legenda:

A-MT – Armazém de matéria-prima

A-PA – Armazém de produto acabado

A – Desbobinadora e Guilhotina

B – Furadora

C – Calandra

D – Prensas embutidoras

E – Máquinas de soldadura por fusão

F – Máquinas de soldadura por pressão

G – Flangeadora

H – Estrutura para aplicação do Poliuretano

I – Bancada para inspeção

J – Bancadas para pintura

K – Carinhos de mão

WC-M – Casas de banho masculinas

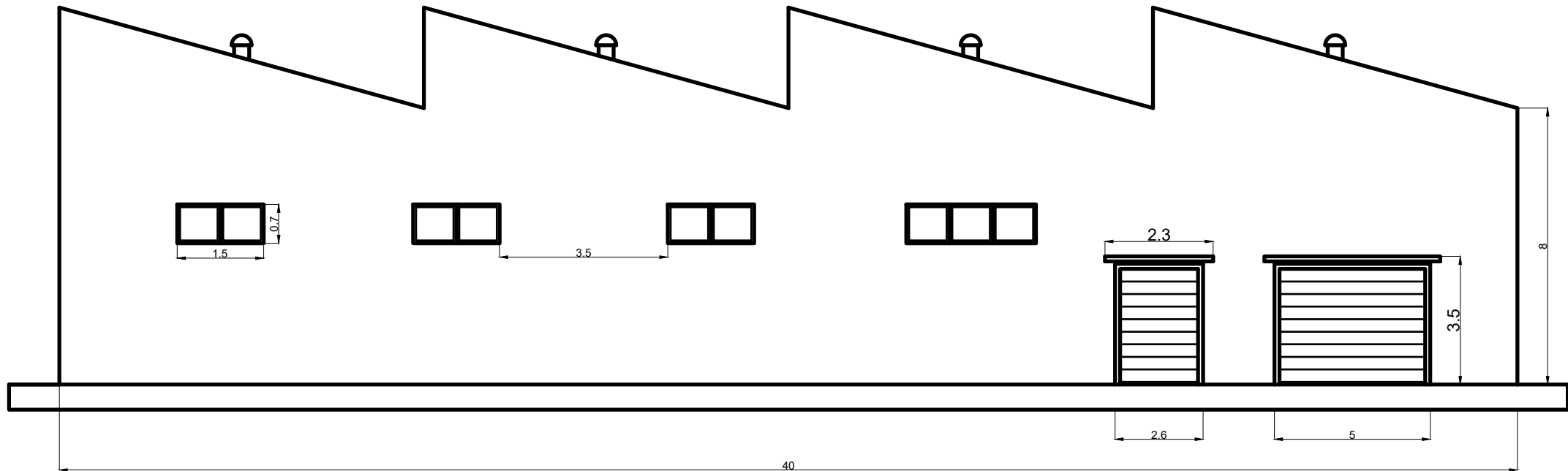
WC-F – Casas de banho femininas

V-M – Vestiários masculinos

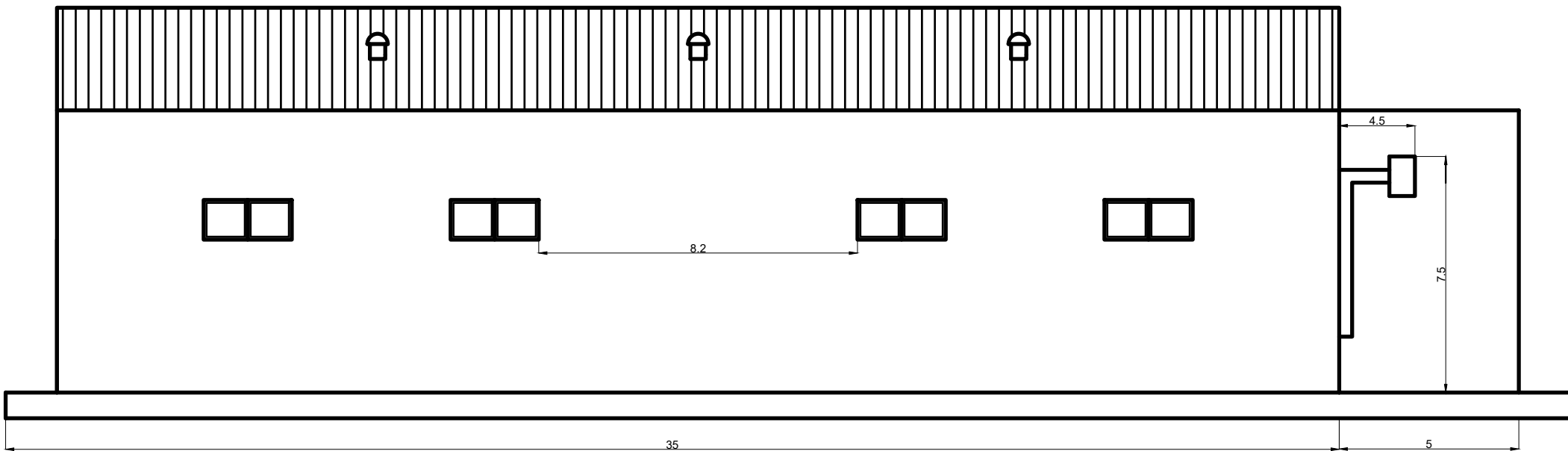
V-F – Vestiários femininos

Anexo I
Desenho dos Alçados Principais da Fábrica

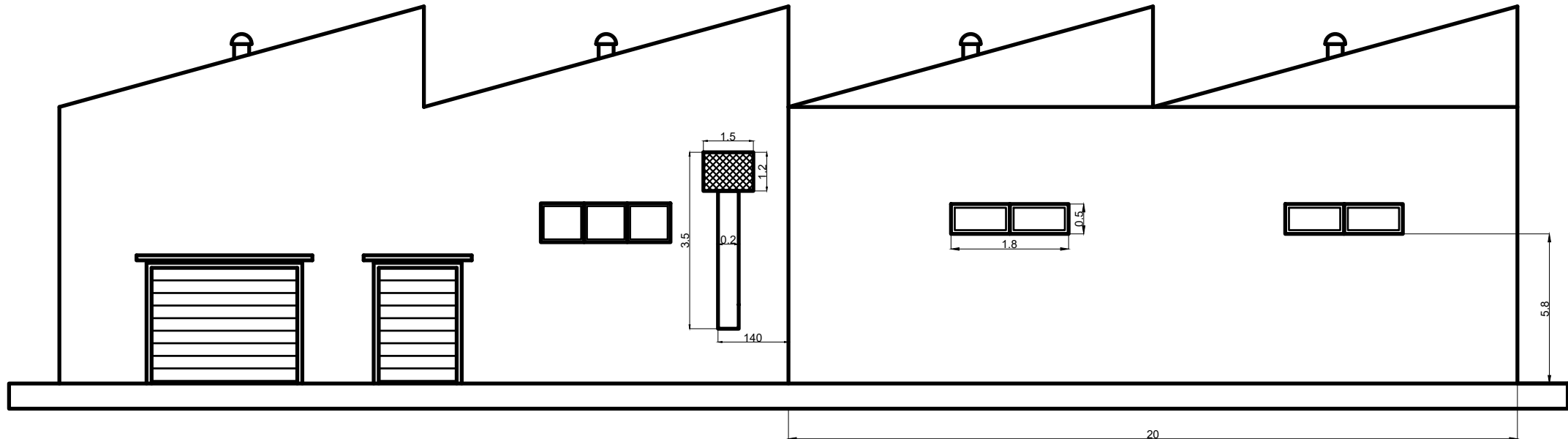
Alçado Principal



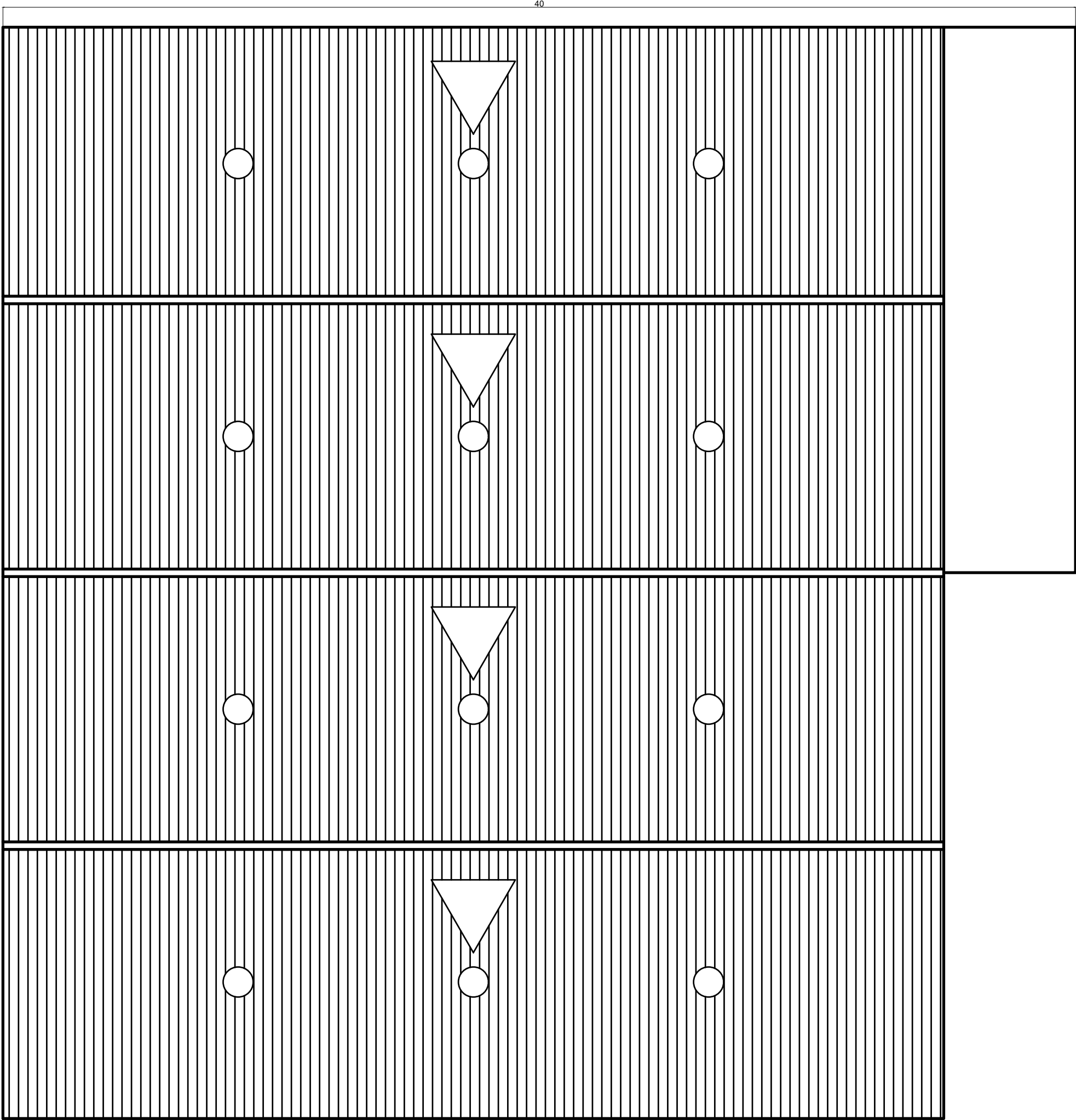
Alçado Lateral Direito



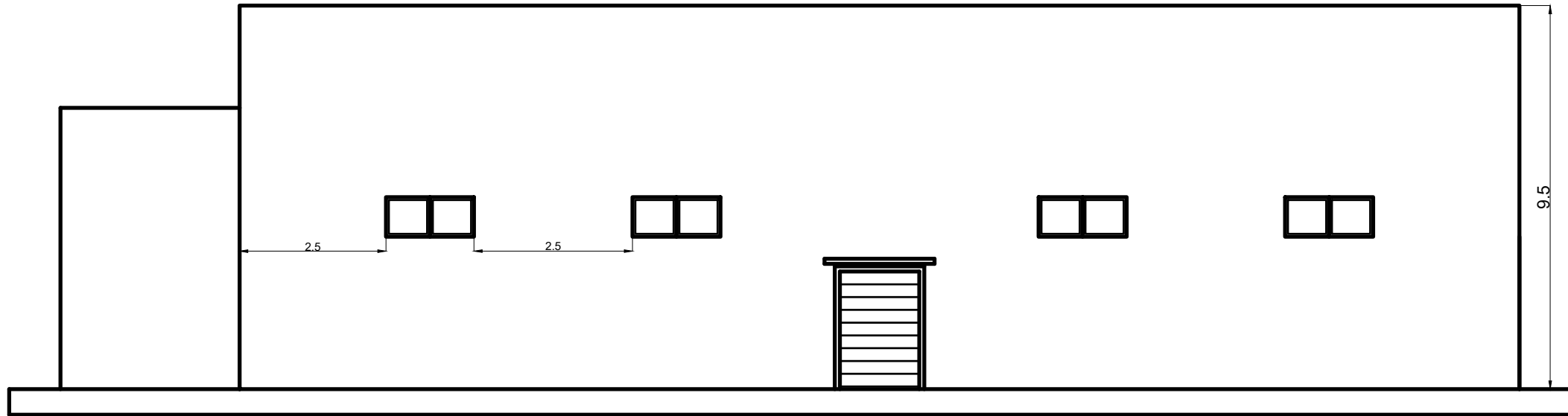
Alçado Posterior



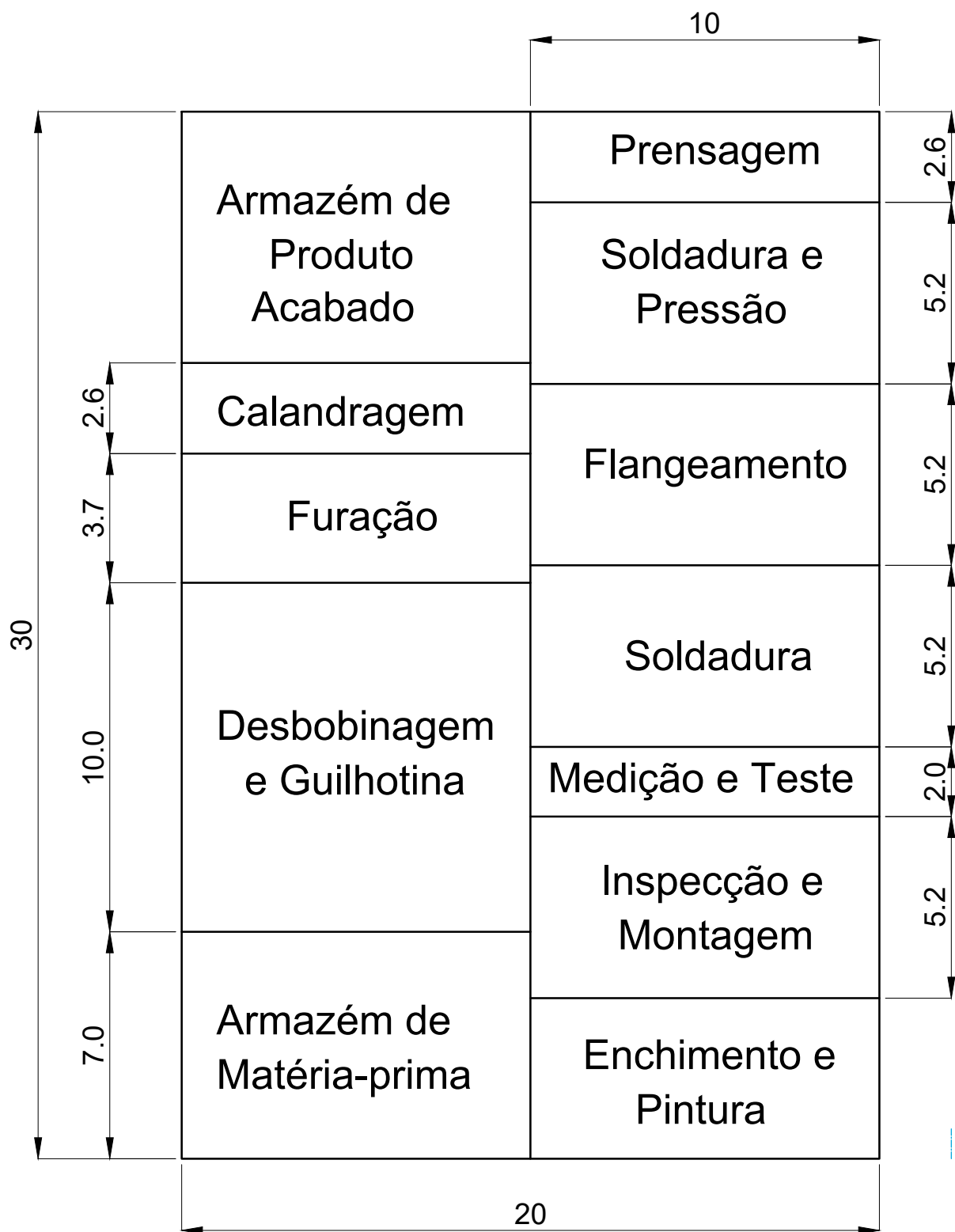
Alçado de Cima



Alçado Lateral Esquerdo



Anexo J
Pré-Planta da Fábrica



Desenhou	Data	Apelido	DEMA-24.02-PPF-RE			
Regano	13.08	Monjane				
Verificou	Data	Apelido				
1:100	Pré-plantas da Fábrica					UEM-FE-L.ENG.MEC