

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Felipe Mallmann

**PROJETO DE COBERTURA EM ESTRUTURA METÁLICA DO TIPO  
SHED PARA O NÚCLEO DE AUTOMAÇÃO E PROCESSOS DE  
FABRICAÇÃO (NAFA)**

Santa Maria, RS  
2021

**Felipe Mallmann**

**PROJETO DE COBERTURA EM ESTRUTURA METÁLICA DO TIPO SHED PARA  
O NÚCLEO DE AUTOMAÇÃO E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO (NAFA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Mecânico**.

Orientador: Alexandre Aparecido Buenos

Santa Maria, RS  
2021

**Felipe Mallmann**

**PROJETO DE COBERTURA EM ESTRUTURA METÁLICA DO TIPO SHED PARA  
O NÚCLEO DE AUTOMAÇÃO E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO (NAFA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Mecânico**.

**Aprovado em 23 de agosto de 2021:**

---

**Prof. Alexandre Aparecido Buenos, Dr. Eng. (DEM/UFSM)**  
(Presidente / Orientador)

---

**Prof. João Kaminski Junior, Dr. Eng. (DECC/UFSM)**

---

**Prof. Leonardo Nabaes Romano, Dr. Eng. (DEM/UFSM)**

Santa Maria, RS  
2021

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus familiares e amigos, pelo apoio emocional, motivacional e financeiro ao longo da minha jornada acadêmica. Agradecimento especial aos meus pais, Raquel e Paulo, ao meu irmão Moisés, a minha avó Selvira e a minha namorada Marjana.

Gostaria de agradecer também aos meus colegas e professores, que de alguma forma contribuíram para meu sucesso acadêmico e profissional na área da engenharia. Em especial, ao meu professor orientador Prof. Dr. Alexandre Aparecido Buenos, por sua competência e prestatividade.

E por fim, sou grato pela educação que a UFSM me oportunizou, sendo ela, gratuita, digna e de muita qualidade.

*“Um trabalho te dá um propósito e um significado. A vida é vazia sem ambos.”*

*(Stephen Hawking)*

## RESUMO

### **PROJETO DE COBERTURA EM ESTRUTURA METÁLICA DO TIPO SHED PARA O NÚCLEO DE AUTOMAÇÃO E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO (NAFA)**

AUTOR: Felipe Mallmann  
ORIENTADOR: Alexandre Aparecido Buenos

Atualmente, o Núcleo de Automação e Processos de Fabricação (NAFA) é um espaço físico que abriga laboratórios da área de Engenharia Mecânica, vinculados ao Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Tal núcleo se encontra com sua cobertura do tipo “Shed”, da década de 60, em estado inadequado e não conforme para uso, colocando em risco a construção, equipamentos e pessoas. Dentre os problemas encontrados estão infiltrações no telhado, calhas e telhas deterioradas, insegurança para manutenções, mecanismos de janelas obsoletos, entre outras não conformidades. O objetivo deste trabalho consiste em realizar o projeto de uma cobertura metálica nova do tipo “Shed” para substituir a cobertura antiga. Para isso, foi feita uma revisão bibliográfica dos conceitos básicos de estruturas em aço, dimensionamentos de estruturas e uma análise de estruturas existentes. Além disso, foi feita a revisão das normas NBR 8800:1986 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios) e NBR 6123:1998 (Forças devidas ao vento em edificações). A metodologia adotada consiste em definir as condições de contorno, bem como as limitações do projeto, levantar as condições da estrutura atual, definir uma concepção de projeto para cobertura nova, definir os critérios de dimensionamento, dimensionar e detalhar o projeto para fabricação. Como resultados, foi desenvolvido o projeto detalhado de uma cobertura do tipo “Shed”, contendo os dimensionamentos, desenhos para fabricação, desenhos de montagem e lista de materiais, necessários para execução. Essa nova cobertura buscou atender as normas, em termos de segurança e estrutural, solucionando em tese os problemas encontrados na cobertura antiga.

**Palavras-chave:** Estrutura Metálica. Cobertura Tipo “Shed”. Projeto. NBR 8800:1986.

## ABSTRACT

### SHED TYPE METALLIC ROOF DESIGN FOR THE CENTER OF AUTOMATION AND MANUFACTURING PROCESSES (NAFA)

AUTHOR: Felipe Mallmann  
ADVISOR: Alexandre Aparecido Buenos

Nowadays, the Center of Automation and Manufacturing Processes (NAFA) is space composed by Mechanical Engineering laboratories connected to the Technology Center (CT) of the Federal University of Santa Maria (UFSM). The NAFA physical structure is covered by a Shed type roof build near 1960, which is in an inappropriate state and offering risk of damage to the building, equipment and people. Within the problems identified, there are damaged rain gutters and roof tiles and water infiltration. Besides, the roof structure is not safe for maintenance actions and window mechanisms are outdated. The objective is designing a new shed type metallic roof in order to replace the old one. For this, a literature review was made focusing the basic concepts around steel structures, structure's sizing and the analysis of existing structures. Furthermore, norms NBR 8800:1986 (Design of steel structures and steel and concrete structures for buildings) and NBR 6123:1998 (Forces due to wind in buildings) were reviewed and taken into consideration on the project. The methodology consists in defining the boundary conditions so as the project limitations, analyse the actual roof conditions, design the concept of a new roof, define sizing criteria, size the new roof concept and describe the manufacturing details. As a result, detailed design of a metallic roof was developed including size definitions, technical manufacturing and assembly drawings and materials list required for the project execution. The new roof attended all norms that apply in terms of safety and structure, solving in theory the existing problems on the old structure.

**Keywords:** Metallic Structure. Shed Type Roof. Design. NBR 8800:1986.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Infiltração da chuva no NAFA. ....	25
Figura 2 - Tipos de coberturas. ....	29
Figura 3 - Coberturas tipo duas águas em tesoura e em treliça. ....	30
Figura 4 - Cobertura do tipo arco. ....	31
Figura 5 - Cobertura tipo dente de serra. ....	32
Figura 6 - Detalhe construtivo da face sul de uma cobertura do tipo "Shed". ....	32
Figura 7 - Detalhe construtivo da face norte de uma cobertura do tipo "Shed". ....	33
Figura 8 - Vistas em corte de uma cobertura tipo "Shed". ....	33
Figura 9 - Viga trave treliçada de uma cobertura tipo "Shed". ....	34
Figura 10 - Disposição de tirantes em uma cobertura do tipo "Shed". ....	35
Figura 11 - Perfis estruturais mais empregados em terças. ....	36
Figura 12 - Diferentes chapas de cobertura e tapamento. ....	36
Figura 13 - Chapas sanduíche de cobertura e tapamento. ....	37
Figura 14 - Disposição dos contraventamentos em uma cobertura do tipo "Shed". ...	38
Figura 15 - Exemplos de perfis de chapas dobradas ....	42
Figura 16 - Exemplos de perfis laminados. ....	42
Figura 17 - Exemplos de perfis soldados. ....	43
Figura 18 - Resumo dos principais elementos estruturais com os tipos de solicitação e materiais mais empregados. ....	44
Figura 19 - Diagrama prático de dimensionamento segundo a NBR 8800:1986. ....	48
Figura 20 - Fases do processo de desenvolvimento de produto. ....	49
Figura 21 - Diagrama das etapas do projeto informacional. ....	51
Figura 22 - Diagrama das etapas do projeto conceitual. ....	52
Figura 23 - Diagrama das etapas do projeto preliminar. ....	54
Figura 24 - Diagrama das etapas do projeto detalhado. ....	55
Figura 25 - Vista externa da cobertura do tipo "Shed" antiga. ....	57
Figura 26 - Esboço CAD da estrutura de alvenaria da edificação. ....	57
Figura 27 - Dimensões da edificação em mm. ....	58
Figura 28 - Esboço CAD de um módulo da estrutura de alvenaria da edificação. ....	59
Figura 29 - Dimensões de uma parte do módulo da edificação. ....	59
Figura 30 - Cobertura "Shed" da empresa Mapa Estruturas Metálicas e seus elementos funcionais. ....	61

Figura 31 - Cobertura "Shed" da empresa CFC do Brasil e seus elementos funcionais.....	62
Figura 32 - Cobertura "Shed" da empresa CEngmatek Estruturas Metálicas e Construção Civil e seus elementos funcionais. ....	63
Figura 33 - Cobertura "Shed" da empresa MPM Estruturas Metálicas e seus elementos funcionais.....	64
Figura 34 - Cobertura "Shed" e seus elementos funcionais. ....	65
Figura 35 - Diagrama de Mudge para valoração dos requisitos dos clientes. ....	69
Figura 36 - Diagrama de determinação da função global do sistema. ....	84
Figura 37 - Diagrama da estrutura funcional do sistema.....	86
Figura 38 - Princípios de solução para a Função Elementar 1.....	88
Figura 39 - Princípios de solução para a Função Elementar 2.....	89
Figura 40 - Princípios de solução para a Função Elementar 3.....	89
Figura 41 - Princípios de solução para a Função Elementar 4.....	90
Figura 42 - Princípios de solução para a Função Elementar 5.....	91
Figura 43 - Princípios de solução para a Função Elementar 6.....	92
Figura 44 - Princípios de solução para a Função Elementar 7.....	92
Figura 45 - Princípios de solução para a Função Elementar 8.....	93
Figura 46 - Princípios de solução para a Função Elementar 9.....	94
Figura 47 - Princípios de solução para a Função Elementar 10.....	95
Figura 48 - Princípios de solução para a Função Elementar 11.....	96
Figura 49 - Princípios de solução para a Função Elementar 12.....	96
Figura 50 - Princípios de solução para a Função Elementar 13.....	97
Figura 51 - Árvore do produto. ....	118
Figura 52 - Modelagem digital do conjunto da cobertura. ....	123
Figura 53 - Modelagem digital do módulo principal. ....	124
Figura 54 - Modelagem digital da passarela. ....	124
Figura 55 - Modelagem digital da estrutura metálica (vista em corte). ....	125
Figura 56 - Modelagem digital da estrutura do tapamento (vista em corte). ....	125
Figura 57 - Modelagem digital dos tapamentos internos.....	126
Figura 58 - Modelagem digital da linha de vida e dos suportes de condensadora. .	126
Figura 59 - Modelagem digital da parte frontal (janelas principais e janela especial). .....	127
Figura 60 - Modelagem digital da calha. ....	127

Figura 61 - Isopletas da velocidade básica $V_0$ (m/s).....	131
Figura 62 - Parâmetros meteorológicos. ....	133
Figura 63 - Valores mínimos do fator estatístico $S_3$ . ....	134
Figura 64 - Coeficientes de pressão e de forma, externos, para telhados múltiplos com uma água vertical, de tramos iguais. ....	136
Figura 65 - Disposição dos coeficientes nos tramos padrões. ....	136
Figura 66 - Incidência do vento na edificação. ....	137
Figura 67 - Dimensões consideradas para cálculo de ventos a $90^\circ$ .....	138
Figura 68 - Coeficientes de pressão externa para ângulo de $90^\circ$ .....	139
Figura 69 - Diagrama de corpo livre das cargas verticais das terças no eixo "x". ...	155
Figura 70 - Diagrama de corpo livre das cargas verticais das terças no eixo "y". ...	155
Figura 71 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas verticais das terças no eixo "x". ....	157
Figura 72 - Diagrama de deflexão das cargas verticais das terças no eixo "x". ....	158
Figura 73 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas verticais das terças no eixo "y". ....	158
Figura 74 - Diagrama de deflexão das cargas verticais das terças no eixo "y". ....	159
Figura 75 - Diagrama de corpo livre das cargas ortogonais das terças no eixo "x".	159
Figura 76 - Diagrama de corpo livre das cargas ortogonais das terças no eixo "y".	160
Figura 77 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas ortogonais das terças no eixo "x". ....	162
Figura 78 - Diagrama de deflexão das cargas ortogonais das terças no eixo "x" ...	162
Figura 79 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas ortogonais das terças no eixo "y". ....	163
Figura 80 - Diagrama de deflexão das cargas ortogonais das terças no eixo "y" ...	163
Figura 81 - Diagrama de deflexões. ....	179
Figura 82 - Diagrama de corpo livre das cargas verticais das vigas traves no eixo "x". .....	182
Figura 83 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas verticais das vigas traves no eixo "x".....	184
Figura 84 - Diagrama de corpo livre das cargas verticais das vigas traves no eixo "y". .....	185
Figura 85 - Diagrama de deflexão das cargas verticais das vigas traves no eixo "x". .....	186

Figura 86 - Diagrama de corpo livre das cargas ortogonais das vigas traves no eixo "x".	187
Figura 87 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas ortogonais das vigas traves no eixo "x".	188
Figura 88 - Diagrama de corpo livre das cargas ortogonais das vigas traves no eixo "y".	189
Figura 89 - Diagrama de deflexão das cargas ortogonais das vigas traves no eixo "x".	190
Figura 90 - Parâmetros de flambagem pré-determinados.	192
Figura 91 - Dimensões b e t para elementos de viga.	193
Figura 92 - Orientações de flambagem para seções transversais.	195
Figura 93 - Curvas de flambagem.	195
Figura 94 - Valores para a curva de flambagem "b".	196
Figura 95 - Diagrama de corpo livre das cargas das vigas transversais.	208
Figura 96 - Diagramas de momento fletor e esforços cortantes das vigas transversais.	209
Figura 97 - Diagrama de deflexão das vigas transversais.	210
Figura 98 - Diagrama de corpo livre dos pilaretes.	220
Figura 99 - Diagrama de esforços cortantes e momento fletor dos pilaretes no eixo "x".	223
Figura 100 - Diagrama de deflexão dos pilaretes no eixo "x".	223
Figura 101 - Diagrama de esforços cortantes e momento fletor dos pilaretes no eixo "y".	225
Figura 102 - Diagrama de deflexão dos pilaretes no eixo "y".	226
Figura 103 - Dimensões b e t para elementos de viga.	228
Figura 104 - Valores para a curva de flambagem "a".	229
Figura 105 - Catálogo da telha trapézio TR 40/980 da Thermo-Iso.	260

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valoração e hierarquização dos requisitos de clientes.....	70
Tabela 2 - Resultado da valoração dos requisitos de projeto através da matriz QFD. .....	76
Tabela 3 - Especificações técnicas da cobertura do tipo "Shed" .....	79
Tabela 4 - Composição química dos aços ASTM A36 e SAE 1020. ....	107
Tabela 5 - Propriedades mecânicas dos aços ASTM A36 e SAE 1020. ....	108
Tabela 6 - Características do perfil adotado para as terças. ....	109
Tabela 7 - Características do perfil adotado para a viga trave. ....	110
Tabela 8 - Características do perfil adotado para as vigas transversais. ....	111
Tabela 9 - Características do perfil adotado para os pilaretes. ....	112
Tabela 10 - Lista de materiais do projeto. ....	113
Tabela 11 - Lista de componentes do projeto. ....	119
Tabela 12 - Lista de variáveis usadas na determinação das ações do vento. ....	128
Tabela 13 - O fator topográfico em relação das variações do relevo do terreno. ....	132
Tabela 14 - Coeficientes de pressão externa adotados para incidência do vento a 0°. .....	137
Tabela 15 - Coeficientes de pressão externa adotados para incidência do vento a 90°.....	139
Tabela 16 - Coeficientes de pressão interna para a relação $R1$ . ....	140
Tabela 17 - Coeficientes de pressão interna para a relação $R2$ . ....	141
Tabela 18 - Condição de barlavento à 0°.....	142
Tabela 19 - Condição de barlavento à 90°.....	142
Tabela 20 - Condição para abertura dominante em 0°.....	143
Tabela 21 - Condição para abertura dominante em 90°.....	143
Tabela 22 - Condição de faces permeáveis em 0° e 90°.....	143
Tabela 23 - Coeficientes de pressão interna admitidos para 0° e 90°.....	144
Tabela 24 - Forças devidas ao vento com combinação dos coeficientes de pressão para 0°.....	145
Tabela 25 - Forças devidas ao vento com combinação dos coeficientes de pressão para 90°.....	145
Tabela 26 - Lista de variáveis usadas nas verificações segundo a NBR 8800. ....	146

Tabela 27 - Resultado dos esforços solicitantes e deflexões nas terças. ....	164
Tabela 28 - Coeficientes de ponderação para ações permanentes. ....	175
Tabela 29 - Coeficientes de ponderação para ações variáveis. ....	175
Tabela 30 - Coeficientes de ponderação para ações variáveis. ....	176
Tabela 31 - Coeficientes de ponderação e fator de combinação adotados para o projeto. ....	176
Tabela 32 - Valores máximos de flecha admitidos para uma cobertura metálica....	180
Tabela 33 - Resultado dos esforços solicitantes e deflexões nas vigas traves. ....	191
Tabela 34 - Resultado dos esforços solicitantes e deflexões nas vigas transversais. ....	210
Tabela 35 - Resultado dos esforços solicitantes e deflexões nos pilaretes. ....	226
Tabela 36 - Lista de materiais e componentes detalhada. ....	250

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Elementos de uma cobertura do tipo "Shed".....	60
Quadro 2 - Necessidade dos clientes.....	66
Quadro 3 - Transformação das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes. .....	66
Quadro 4 - Transformação dos requisitos de cliente em requisitos de projeto.....	73
Quadro 5 - Matriz morfológica do projeto. ....	98
Quadro 6 - Matriz morfológica com as concepções final e alternativa. ....	101
Quadro 7 - Categorias em função da rugosidade do terreno. ....	132
Quadro 8 - Classes em função das dimensões da edificação.....	133
Quadro 9 - Cargas que atuam nas terças. ....	152

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
FLA	Flambagem local da alma
FLM	Flambagem local da mesa
FLT	Flambagem lateral com torção
NAFA	Núcleo de Automação e Fabricação
NBR	Norma técnica brasileira
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
GMAW	<i>Gas Metal Arc Welding</i>
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
MAG	<i>Metal Active Gas</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\varepsilon_p$	Deformação específica quando ocorre a tensão de proporcionalidade
$\varepsilon_y$	Deformação específica limite quando ocorre a tensão de escoamento
$\varepsilon_u$	Deformação específica quando ocorre a última tensão
$\varepsilon$	Deformação específica
$\alpha$	Ângulo de inclinação da reta da região elástica
$f_p$	Tensão de proporcionalidade
$f$	Tensão do material
$\Delta L$	Deformação unitária
$L$	Comprimento do corpo de prova
$\nu_a$	Coefficiente de Poisson
$\beta$	Coefficiente de dilatação térmica
$\gamma_a$	Peso específico
$G$	Módulo de elasticidade transversal
$V_k$	Velocidade característica do vento
$V_0$	Velocidade básica do vento
$S_1$	Fator topográfico
$S_2$	Fator rugosidade
$S_3$	Fator estatístico
$b$	Parâmetro meteorológico utilizado para determinar $S_2$
$F_r$	Fator de rajada
$z$	Cota máxima acima do terreno
$p$	Expoente da lei potencial de variação de $S_2$
$q$	Pressão dinâmica ou de obstrução
$C_e$	Coefficiente de pressão externa
$C_{pi}$	Coefficiente de pressão interna
$\alpha$	Ângulo de incidência do vento
$\theta$	Ângulo de inclinação do telhado
$a^*$	Coefficiente de pressão externa do primeiro tramo
$b^*$	Coefficiente de pressão externa do segundo tramo
$c^*$	Coefficiente de pressão externa do primeiro tramo intermediário
$d^*$	Coefficiente de pressão externa do segundo tramo intermediário

$m^*$	Coeficiente de pressão externa dos demais tramos intermediários
$n^*$	Coeficiente de pressão externa do antepenúltimo tramo
$x^*$	Coeficiente de pressão externa do penúltimo tramo
$z^*$	Coeficiente de pressão externa do último tramo
$b_1$	Dimensão 1 pré-estabelecida pela norma
$b_2$	Dimensão 2 pré-estabelecida pela norma
$b_3$	Dimensão 3 pré-estabelecida pela norma
$h$	Altura da edificação sem considerar a cobertura
$P_1$	Área do portão de acesso 1
$P_2$	Área do portão de acesso 2
$P_3$	Área do portão de acesso 3
$J_n$	Área total das aberturas “Shed”
$R_1$	Relação de áreas 1
$R_2$	Relação de áreas 2
$F$	Força do vento de projeto
$C_{t,passarela}$	Carga da passarela
$C_{t,vento}$	Carga do vento
$C_{t,telhas}$	Carga das telhas
$C_{t,terças}$	Carga das terças
$C_{t,sobrecarga}$	Sobrecarga
$M_{passarela}$	Massa da passarela
$N_{apoios}$	Número de apoios da passarela
$g$	Aceleração da gravidade
$C_{vento}$	Carga crítica do vento
$V_{terças}$	Vão entre as terças
$PP_{telhas}$	Peso próprio das telhas
$PP_{terças}$	Peso próprio das terças
$V_{h,terças}$	Vão horizontal das terças
$SC$	Sobrecarga
$q_{xv,t}$	Carga distribuída vertical nas terças no eixo “x”
$\alpha$	Inclinação do telhado
$q_{yv,t}$	Carga distribuída vertical nas terças no eixo “y”

$Q_{xv,t}$	Carga concentrada vertical nas terças no eixo “x”
$Q_{yv,t}$	Carga concentrada vertical nas terças no eixo “y”
$q_{xo,t}$	Carga distribuída ortogonal nas terças no eixo “x”
$q_{yo,t}$	Carga distribuída ortogonal nas terças no eixo “y”
$Q_{xo,t}$	Carga concentrada ortogonal nas terças no eixo “x”
$Q_{yo,t}$	Carga concentrada ortogonal nas terças no eixo “y”
$Z$	Módulo resistente plástico da seção
$M_{dx}$	Momento de dimensionamento no eixo “x”
$\phi_b$	Coefficiente de resistência ao momento fletor
$f_y$	Tensão de escoamento
$W_x$	Módulo de resistência elástico em relação ao eixo “x”
$W_y$	Módulo de resistência elástico em relação ao eixo “y”
$\lambda_a$	Parâmetro de esbeltez em relação à alma
$h$	Altura da alma
$t_w$	Espessura da alma
$\lambda_{pa}$	Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da alma
$E$	Módulo de elasticidade
$M_{na}$	Resistência nominal ao momento fletor em relação a alma
$M_{pl}$	Momento de plastificação
$Z_x$	Módulo resistente plástico da seção no eixo “x”
$M_{nm}$	Resistência nominal ao momento fletor em relação a mesa
$\lambda_m$	Parâmetro de esbeltez em relação à mesa
$b$	Largura da mesa
$t_f$	Espessura da mesa
$\lambda_{pm}$	Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da mesa
$\lambda_{rm}$	Parâmetro de esbeltez da mesa correspondente ao início do escoamento
$f_r$	Tensão residual de projeto
$M_{rm}$	Momento fletor correspondente ao início do escoamento
$W_c$	Módulo de resistência elástico da seção
$\lambda_{ra}$	Parâmetro de esbeltez da alma correspondente ao início do escoamento

$\lambda_{am\acute{a}x}$	Parâmetro de esbeltez máximo da alma
$W_{efy}$	Módulo de resistência mínimo elástico
$M_{cr}$	Momento fletor de flambagem elástica
$I_y$	Momento de inércia no eixo “y”
$y_{cg}$	Distância da linha neutra
$L_b$	Comprimento do trecho sem contenção lateral
$\gamma_{gi}$	Coefficiente de ponderação de resistência
$F_{Gi,k}$	Ação permanente
$\gamma_{q1}$	Coefficiente de ponderação de resistência
$F_{Q1,k}$	Ação variável que considera a principal combinação
$\gamma_{qj}$	Coefficiente de ponderação de resistência
$\psi_{0j}$	Fator de combinação estatístico
$F_{Qj,k}$	Ação variável que atua concomitantemente com a ação variável principal
$\gamma_g$	Coefficiente de ponderação em geral
$\phi$	Coefficiente de resistência em geral
$\psi$	Fator de combinação estatístico em geral
$M_{dy}$	Momento de dimensionamento no eixo “y”
$M_x$	Momento fletor calculado no eixo “x”
$\gamma$	Coefficiente de ponderação
$M_y$	Momento fletor calculado no eixo “y”
$M_{nx}$	Resistência nominal ao momento fletor no eixo “x”
$M_{nxmin}$	Resistência nominal mínima ao momento fletor no eixo “x”
$M_{ny}$	Resistência nominal ao momento fletor no eixo “y”
$M_{nymin}$	Resistência nominal mínima ao momento fletor no eixo “y”
$\delta_1$	Deslocamento devido as ações permanentes sem efeitos de longa duração
$\delta_2$	Deslocamento devido aos efeitos de longa duração das ações permanentes
$\delta_3$	Deslocamento devido as ações variáveis, incluindo, os efeitos de longa duração dos valores quase permanentes
$\delta_{m\acute{a}x}$	Valor admissível de flecha máxima

$L$	Comprimento em geral
$L_{terças}$	Comprimento das terças
$\delta_x$	Flecha no eixo "x"
$P_{xo,r}'$	Carga concentrada ortogonal maior da viga trave no eixo "x"
$P_{xo,r}$	Carga concentrada vertical maior da viga trave no eixo "x"
$p_{xo,r}$	Carga concentrada ortogonal da viga trave no eixo "x"
$p_{xv,r}$	Carga distribuída ortogonal da viga trave no eixo "x"
$P_{xv,r}$	Carga distribuída vertical da viga trave no eixo "x"
$C_{v,trave}$	Carga concentrada vertical da viga trave no eixo "x"
$PP_{v,trave}$	Carga da viga trave
$R_{HAo,r}$	Carga axial ortogonal da viga trave no eixo "y"
$R_{HAV,r}$	Carga axial vertical da viga trave no eixo "y"
$p_{yo,r}$	Carga distribuída ortogonal da viga trave no eixo "y"
$p_{yv,r}$	Carga distribuída vertical da viga trave no eixo "y"
$L_{v,trave}$	Comprimento da viga trave
$P_{yo,r}$	Carga concentrada ortogonal da viga trave no eixo "y"
$P_{yv,r}$	Carga concentrada vertical da viga trave no eixo "y"
$P_{yv,r}'$	Carga concentrada vertical maior da viga trave no eixo "y"
$P_{yo,r}'$	Carga concentrada ortogonal maior da viga trave no eixo "y"
$V_x$	Esforço cortante no eixo "x"
$\lambda_x$	Parâmetro de esbeltez em "x"
$r_x$	Menor raio de giração em "x"
$L_x$	Comprimento em "x"
$k$	Coefficiente de flambagem
$N_n$	Resistência a força normal
$\phi_c$	Coefficiente de resistência de compressão
$\rho$	Coefficiente de redução para flambagem
$Q$	Coefficiente de redução
$A_g$	Área bruta
$b$	Dimensão específica
$t$	Dimensão específica
$\frac{b}{t} máx$	Quociente máxima

$\bar{\lambda}$	Parâmetro de esbeltez para barras comprimidas
$\lambda_{Lt}$	Parâmetro de esbeltez do trecho sujeito a torção sem travamento
$r_y$	Raio de giração em torno do eixo “y”
$\lambda_{pLt}$	Parâmetro de esbeltez de plastificação do trecho sujeito a torção sem travamento
$M_{nLt}$	Momento resistente a flexão em relação a torção lateral
$k_v$	Coeficiente que leva em consideração a distância entre as linhas de centro de dois pontos enrijecidos transversais adjacentes
$a$	Comprimento da alma sem travamento
$A_w$	Área efetiva
$d$	Altura total da seção transversal
$V_{pl}$	Força cortante correspondente à plastificação da alma por cisalhamento
$N$	Força normal
$N_d$	Força normal de cálculo
$V_{máx}$	Força cortante máxima
$\phi_v$	Coeficiente de resistência à força cortante
$V$	Força cortante
$s_{x,v}$	Carga distribuída nas vigas transversais
$C_{janela}$	Carga da janela
$PP_{v,transversal}$	Peso próprio da viga transversal
$PP_{janela}$	Peso próprio da janela
$L_{v,transversal}$	Comprimento da viga transversal
$R_{xv,p}$	Carga concentrada vertical do pilarete no eixo “x”
$R_{xo,p}$	Carga concentrada ortogonal do pilarete no eixo “x”
$R_{x,vp}$	Carga concentrada do pilarete no eixo “x” em decorrência a viga transversal
$R_{x,ap}$	Carga concentrada do pilarete no eixo “x” em decorrência a passarela
$X_t$	Vão entre as terças
$R_{yv,p}$	Carga concentrada do pilarete no eixo “y”
$r_{y,p}$	Carga distribuída do pilarete no eixo “y”
$J$	Constante de torção

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	24
1.1 OBJETIVOS .....	26
1.1.1 <b>Objetivo Geral</b> .....	26
1.1.2 <b>Objetivos Específicos</b> .....	26
1.2 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS .....	27
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	28
2.1 ESTRUTURAS METÁLICAS em aço .....	28
2.1.1 <b>Tipos de coberturas em estrutura metálica</b> .....	29
2.1.2 <b>Cobertura em estrutura metálica do tipo “Shed” e componentes</b> .....	31
2.1.3 <b>Vantagens e desvantagens de coberturas em estrutura metálica</b> .....	39
2.2 AÇOS ESTRUTURAIS .....	39
2.2.1 <b>Tipos de aços estruturais</b> .....	40
2.2.2 <b>Classificação dos perfis estruturais</b> .....	41
2.2.3 <b>Constantes físicas e propriedades mecânicas dos aços estruturais</b> .....	44
2.3 NORMAS PARA PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS .....	47
2.3.1 <b>NBR 6123:1988 – Forças devido ao vento em edificações</b> .....	47
2.3.2 <b>NBR 8800:1986 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios</b> .....	47
<b>3. METODOLOGIA E DEFINIÇÕES</b> .....	49
3.1 LOCALIZAÇÃO E CONDIÇÕES DE CONTORNO DO PROJETO .....	50
3.2 PROJETO INFORMACIONAL .....	50
3.3 PROJETO CONCEITUAL .....	52
3.4 PROJETO PRELIMINAR .....	53
3.5 PROJETO DETALHADO .....	54
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	56
4.1 LOCALIZAÇÃO E CONDIÇÕES DE CONTORNO DO PROJETO .....	56
4.2 PROJETO INFORMACIONAL .....	59
4.2.1 <b>Análise de coberturas do tipo “Shed” no mercado</b> .....	60
4.2.2 <b>Definição dos requisitos de cliente</b> .....	65
4.2.3 <b>Valoração dos requisitos de cliente</b> .....	68
4.2.4 <b>Obtenção dos requisitos de projeto</b> .....	72
4.2.5 <b>Valoração dos requisitos de projeto</b> .....	75
4.2.6 <b>Especificações do projeto</b> .....	78

4.3 PROJETO CONCEITUAL .....	83
<b>4.3.1 Estrutura funcional</b> .....	83
4.3.1.1 <i>Formulação da função global</i> .....	83
4.3.1.2 <i>Desenvolvimento da estrutura funcional do sistema</i> .....	85
<b>4.3.2 Matriz morfológica dos princípios de soluções</b> .....	86
4.3.2.1 <i>Pesquisa ou criação de princípios de solução alternativos para cada função elementar</i> .....	87
4.3.2.2 <i>Descrição e detalhamento das concepções final e alternativa</i> .....	100
4.4 PROJETO PRELIMINAR.....	105
<b>4.4.1 Arquitetura do produto</b> .....	106
<b>4.4.2 Seleção de materiais</b> .....	107
<b>4.4.3 Lista de materiais</b> .....	113
<b>4.4.4 Árvore do produto e lista de componentes</b> .....	117
<b>4.4.5 Modelagem</b> .....	117
<b>4.4.6 Dimensionamento da estrutura</b> .....	128
4.4.6.1 <i>Ações do vento</i> .....	128
4.4.6.2 <i>Verificação das terças</i> .....	146
4.4.6.3 <i>Verificação das vigas traves</i> .....	181
4.4.6.4 <i>Verificação das vigas transversais</i> .....	207
4.4.6.5 <i>Verificação das vigas mestras</i> .....	219
4.5 PROJETO DETALHADO.....	239
<b>4.5.1 Lista de componentes e materiais detalhada</b> .....	240
<b>4.5.2 Desenhos técnicos</b> .....	240
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	241
5.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	242
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	243
<b>APÊNDICE A – MATRIZ QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)</b> .....	249
<b>APÊNDICE B – LISTA DE MATERIAIS E COMPONENTES DETALHADA</b> .....	250
<b>APÊNDICE C – CATÁLOGO DAS TELHAS</b> .....	260
<b>APÊNDICE D – CATÁLOGO DOS PERFIS ESTRUTURAIS</b> .....	261
<b>APÊNDICE E – DESENHOS TÉCNICOS</b> .....	262

## 1. INTRODUÇÃO

Uma estrutura pode ser definida como um conjunto de sistemas destinados a resistir a cargas. Cada parte desta estrutura, conhecida como elemento estrutural, deve resistir e distribuir as cargas solicitadas, com o objetivo de conduzi-las ao solo de sustentação (DIAS, 1997).

Segundo Bellei (1998), a utilização do aço em estruturas começou por volta de 1750. Contudo, as primeiras estruturas metálicas de expressão foram construídas na França em 1780, na escadaria de Louvre e no Teatro Palais Royal, e em 1757 na Inglaterra, em uma ponte de ferro fundido. O autor ainda destaca que o emprego em larga escala de estruturas metálicas se deu em 1880 nos Estados Unidos, mais especificamente em Chicago, sendo construídos grandes edifícios.

No Brasil, o emprego mais marcante em uma estrutura metálica aconteceu em 1857 na ponte sobre o rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro) (PFEIL e PFEIL, 2009). Bellei (1998) afirma que a primeira obra composta por estrutura metálica no Brasil é o Teatro Santa Izabel, em Recife.

Para Bellei (1998), existem várias vantagens na utilização de estruturas metálicas ao invés de estruturas de alvenaria. Entre elas, alta resistência do material nos mais diversificados estados de tensão, como tração, compressão e flexão, e potencial de uma grande margem de segurança, por terem limites de trabalho bem definidos. Já para Pinheiro (2005), as vantagens listadas são: ampla possibilidade de execução de obras rápidas e limpas; possibilidade de reaproveitamento maior de materiais; material mais resistente a choques e vibrações; possibilidade de montagem e desmontagens em locais distintos.

A cobertura é um ponto crítico em uma edificação. Deve atender vários requisitos de projeto, como proteger o edifício contra ação de intempéries, tais como chuva, vento, neve e raios solares e também selar a entrada de poeira e resíduos. As estruturas que compõem a armação dos telhados podem ser de materiais e geometrias distintas. As mais comuns são treliças de madeira, aço ou alumínio. Já em algumas coberturas, pode-se dispensar o uso de armação quando é empregado perfis especiais autoportantes (MOLITERNO, 2010).

A cobertura tipo "Shed" é uma ótima solução no quesito iluminação e ventilação natural. Genericamente, é constituída por uma viga mestra treliçada - que corta transversalmente a estrutura - apoiada nas colunas, servindo como apoio para

as vigas traves/tesouras (SANTOS, 1977). Moliterno (2010) aponta como principal benefício da cobertura sua facilidade de aumentar a área coberta em todos os sentidos, principalmente em edificações que a construção é subdividida por etapas e prazos longos.

O Núcleo de Automação e Processos de Fabricação (NAFA) é um espaço físico que abriga laboratórios e projetos de Engenharia Mecânica vinculados ao Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O mesmo se encontra com sua cobertura do tipo “Shed”, da década de 60, em estado inadequado e não conforme para uso, colocando em risco a construção, equipamentos e pessoas. A mesma apresenta infiltrações, deteriorações, pontos de aberturas, janelas obsoletas, falta de segurança para manutenções e armação comprometida. Na Figura 1 pode-se observar o acumulado de água no laboratório durante um período de chuva.

Figura 1 – Interior do pavilhão do NAFA.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Torna-se extremamente necessário realizar a troca da estrutura atual constituída de vigas, terças e pilaretes de madeira, telhas e fechamentos de fibrocimento, fixação com parafusos e pregos, calhas metálicas e janelas metálicas com vidros. Logo, o presente trabalho possui o intuito de desenvolver um projeto detalhado de uma nova cobertura em estrutura metálica do tipo “Shed”, com o desenvolvimento adequado para fabricação da mesma.

## 1.1 OBJETIVOS

Determinam-se os objetivos de elaboração deste trabalho com o intuito de nortear o desenvolvimento, de forma que todos os resultados estejam de acordo com os propostos. Assim, minimizam-se os erros de tangenciamento e fuga do tema, não ocorrendo abordagem parcial ou incompleta. Primeiramente, define-se o objetivo geral do trabalho, ou seja, uma breve colocação do desenvolvimento pretendido. Posteriormente, definem-se os objetivos específicos, discriminando em objetivos mais acurados.

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver o projeto detalhado de uma cobertura em estrutura metálica do tipo “Shed”, a fim de substituir a cobertura antiga do NAFA.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja atingido assertivamente, definem-se objetivos específicos, os quais são discriminados abaixo:

- Compreender os conceitos necessários de estruturas em aço para desenvolver o projeto;
- Revisar as normas norteadoras do projeto, NBR 8800:1986 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios) e NBR 6123:1998 (Forças devidas ao vento em edificações);
- Avaliar todos os pontos críticos da estrutura antiga;

- Determinar uma concepção de projeto com soluções para os problemas encontrados na estrutura antiga;
- Elencar e avaliar critérios de dimensionamento conforme as normas;
- Dimensionar todos os elementos críticos pertencentes à cobertura;
- Modelar digitalmente, agrupar em conjuntos e detalhar em desenhos técnicos todos os componentes da cobertura;
- Elaborar a lista de materiais e componentes utilizados no projeto.

## 1.2 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

O presente trabalho subdivide-se em cinco capítulos principais, sendo eles: introdução, revisão bibliográfica, metodologia, resultados e discussões, e conclusões.

O CAPÍTULO 1 tem como finalidade introduzir e contextualizar o tema, além de apresentar os objetivos geral e específicos da pesquisa.

Já no CAPÍTULO 2, apresenta-se a revisão bibliográfica dos conceitos básicos de estruturas em aço consideradas no desenvolvimento do trabalho. De todos os pontos abordados, destacam-se os tipos de coberturas e aços estruturais utilizados nas edificações em estrutura metálicas, bem como suas características e propriedades mecânicas. Além disso, conceituam-se os diferentes carregamentos que as estruturas são submetidas e a revisão das normas vigentes.

Em seguida, no CAPÍTULO 3 apresenta-se a metodologia de projeto adotada na realização deste trabalho, descrevendo todos os passos de elaboração da metodologia.

O CAPÍTULO 4 tem como objetivo mostrar os resultados e discussões obtidas a partir da aplicação da metodologia adotada. Entre os tópicos previstos neste capítulo, estão: definição das condições de contorno; definição da concepção da cobertura nova; análise dos critérios de dimensionamento; dimensionamento e verificações; detalhamento do projeto para fabricação.

Por fim, no CAPÍTULO 5 apresentam-se as conclusões referentes ao desenvolvimento deste trabalho, aspectos plausíveis de melhoria e propostas de trabalhos futuros. Ademais, listam-se as referências bibliográficas, anexos e apêndices utilizados.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento deste trabalho exige uma revisão bibliográfica dos métodos e conceitos fundamentais de estruturas em aço. Consideram-se alguns pilares imprescindíveis nesta revisão, como: modelos de estruturas e sua utilização; características, tipos e comportamentos dos aços estruturais; descrição dos componentes de uma cobertura do tipo “Shed”; revisão das normas norteadoras do trabalho e conseqüentemente principais carregamentos a serem considerados no dimensionamento.

O objetivo principal desta revisão é enfatizar os conceitos bibliográficos empregados no projeto de uma cobertura do tipo “Shed”, levando em consideração a delimitação do escopo de projeto.

### 2.1 ESTRUTURAS METÁLICAS EM AÇO

Segundo Dias (1997), uma estrutura é definida como um conjunto de partes destinado a resistir cargas. Estas partes têm como objetivo resistir aos esforços incidentes e transmiti-los aos outros elementos através de suas uniões até chegar ao solo. Para Brasil, Bellei e Bellei (2011), os sistemas estruturais são formados basicamente por componentes estruturais horizontais, chamados de vigas, e verticais, chamados de pilares, que possuem empregos de acordo com as variações e combinações de cargas.

Uma estrutura é tecnicamente adequada se ela supre as exigências de desempenho e segurança. No quesito desempenho, necessita ter uma funcionalidade e integridade dos materiais ligados durante toda sua vida útil projetada. Já na parte de segurança, deve suportar as combinações de carregamentos mais críticas previstas com certa reserva em relação a qualquer tipo de colapso (QUEIROZ, 1988).

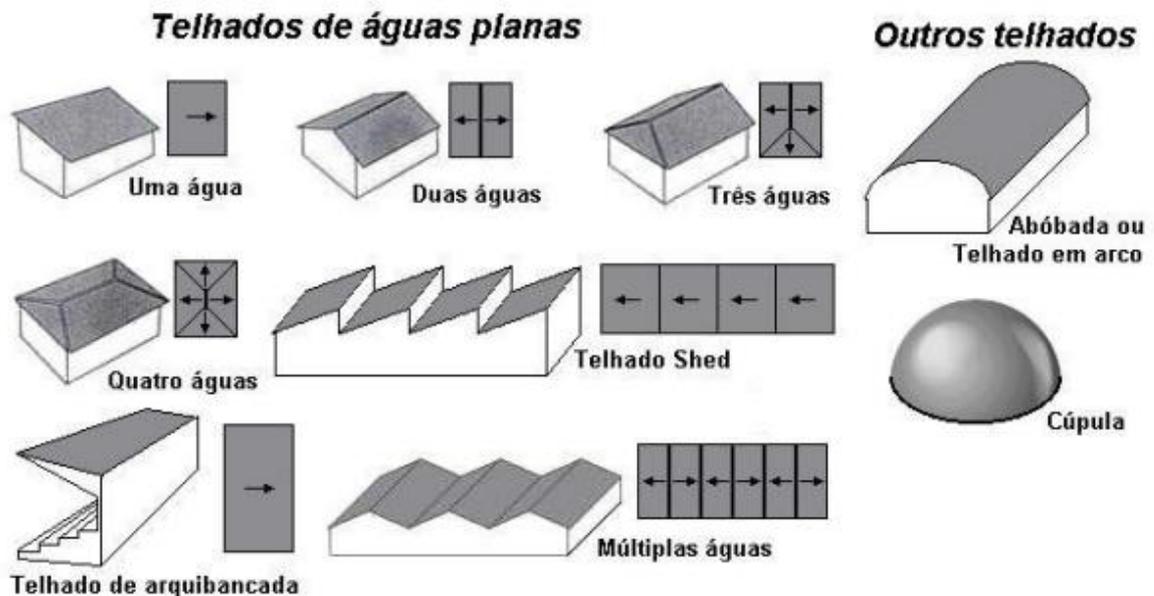
Delimita-se o presente trabalho em um projeto de uma cobertura em estrutura metálica. Logo, a revisão das estruturas metálicas está condicionada a aspectos que envolvam essa delimitação. Para isso, analisam-se os tipos de coberturas em estrutura metálicas e suas principais características, a cobertura do tipo “Shed” e seus elementos estruturais (foco de estudo), além das vantagens e desvantagens de

se utilizar aços estruturais em relação a outros materiais estruturais, como concreto e madeira.

### 2.1.1 Tipos de coberturas em estrutura metálica

Cobertura é todo conjunto de uma edificação que está destinado a abrigar intempéries. Esse conjunto pode ser subdividido em: telhas; estrutura secundária de apoio às telhas, denominada trama ou terças; pela estrutura principal de apoio, denominada tesouras ou vigas; e pelas estruturas secundárias, que têm a função de manter a estabilidade do conjunto, como correntes e contraventamentos. As coberturas podem ser formadas por diferentes formatos. A maioria das coberturas tem sua denominação de acordo com os planos de escoamento da água, denominados "águas do telhado" (LOGSDON, 2002). A Figura 2 apresenta alguns modelos de coberturas usuais.

Figura 2 - Tipos de coberturas.



Fonte: (LOGSDON, 2002).

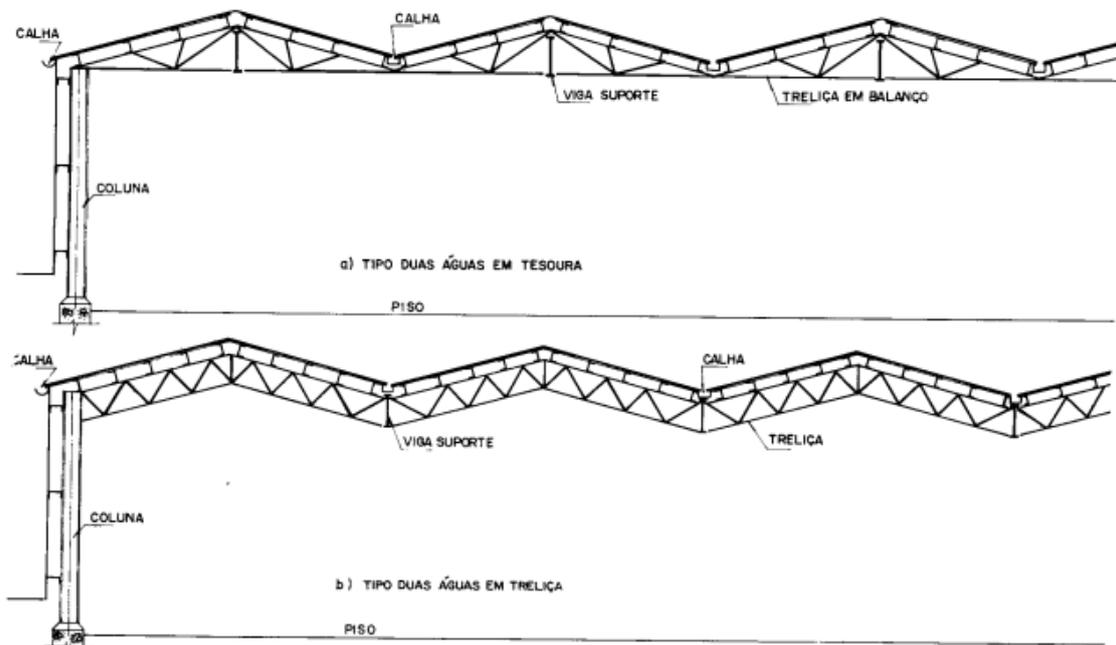
O presente trabalho busca obter uma solução de cobertura em estrutura metálica para uma edificação designada "galpão industrial". Dessa forma, procura-se

esclarecer outras possibilidades de coberturas aplicáveis ao modelo de edificação, dando ênfase as coberturas do tipo várias águas, do tipo arco e do tipo “Shed”.

### *Cobertura do tipo várias águas*

A cobertura tipo várias águas pode ter dois arranjos, em tesoura ou em treliça, a Figura 3 ilustra as duas opções. A concepção em tesoura leva ao menor desperdício de espaço coberto, exigindo uma altura considerável na viga de apoio em relação ao eixo central. Além disso, deve ser projetada em balanço. Já a opção com treliça, gera mais espaço interno e exige uma altura da construção suficiente para acomodar a treliça de apoio do eixo central. Economicamente, a treliçada leva vantagem (BELLEI, 1998).

Figura 3 - Coberturas tipo duas águas em tesoura e em treliça.



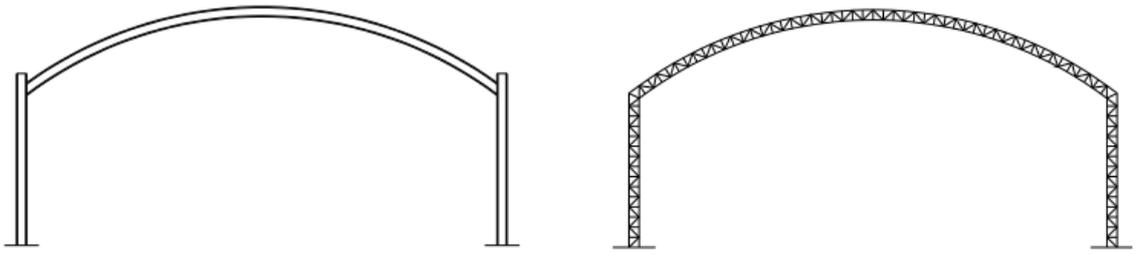
Fonte: (BELLEI, 1998).

### *Cobertura do tipo arco*

Chaves (2007) define a cobertura do tipo arco sendo uma estrutura projetada em arco conectando colunas ou vencendo um vão sem colunas. Pinho

(2012) e Chaves (2007) apontam duas soluções de pórticos para esse modelo, o arco atirantado e o formado por vigas laminadas (decorrentes da calandragem a frio). Os modelos de arco podem ser compreendidos na Figura 4.

Figura 4 - Cobertura do tipo arco.



Fonte: (PINHO, 2012).

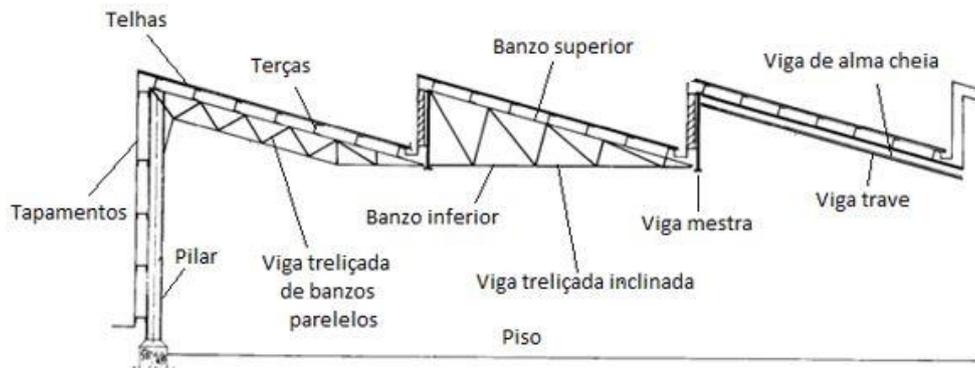
Chaves (2007) afirma que o arco é uma solução mais econômica nas hipóteses que os carregamentos verticais na direção da gravidade são predominantes e sua fabricação é mais trabalhosa do que nos casos do tipo duas águas. Já para Pinho (2012), a cobertura do tipo arco é utilizada em função de necessidades arquitetônicas.

### 2.1.2 Cobertura em estrutura metálica do tipo “Shed” e componentes

Apesar da variedade de coberturas existentes, o presente trabalho tem o objetivo de projetar uma cobertura em estrutura metálica do tipo “Shed”. Logo, é imprescindível conhecer todos componentes, terminologias e características deste tipo de cobertura.

A cobertura do tipo “Shed” possui uma disposição dos seus elementos estruturais conforme a Figura 5. Seu emprego se dá pela necessidade de ventilação e iluminação natural (BELLEI, 1998). Para Requena (2008), esse tipo de cobertura é adequado para edificações onde são executados trabalhos de precisão, pois a disposição alternada de superfícies opacas proporciona uma grande área de iluminação natural. Sua denominação é decorrente a sua forma ter o formato de “dentes de serra”.

Figura 5 - Cobertura tipo dente de serra.

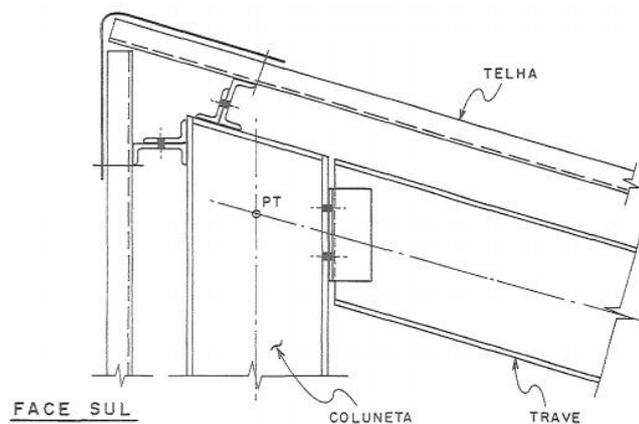


Fonte: (Adaptado de BELLEI, 1998).

A estrutura da cobertura do tipo “Shed” é constituída de traves transversais principais denominadas vigas mestras, apoiadas em pilares de concreto armado ou metálicos. Apoiando-se nessas traves e orientadas perpendicularmente a elas, encontram-se as traves do telhado, que por sua vez, servem de apoio para as terças. Além desses elementos devem existir os contraventamentos para eliminar os comprimentos de flambagem dos banzos superiores das vigas mestras e traves do telhado e ainda absorver os esforços laterais provenientes da ação do vento (REQUENA, 2008).

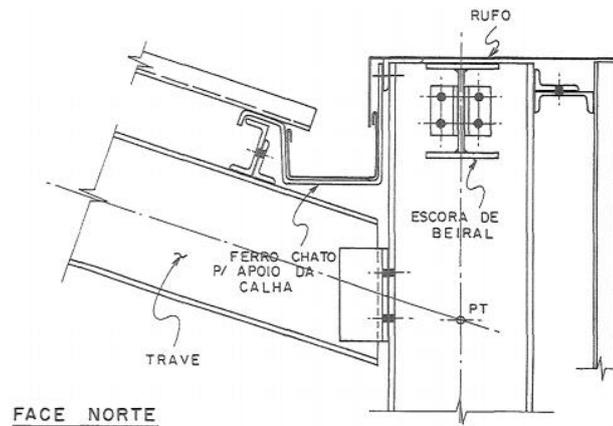
Sáles, Malite e Gonçalves (2002) traz detalhes construtivos em seu exemplo de dimensionamento numérico de uma cobertura do tipo “Shed”. Esses detalhes podem ser melhores compreendidos pelas Figuras 6 e 7.

Figura 6 - Detalhe construtivo da face sul de uma cobertura do tipo "Shed".



Fonte: (SÁLES, MALITE e GONÇALVES, 2002).

Figura 7 - Detalhe construtivo da face norte de uma cobertura do tipo "Shed".

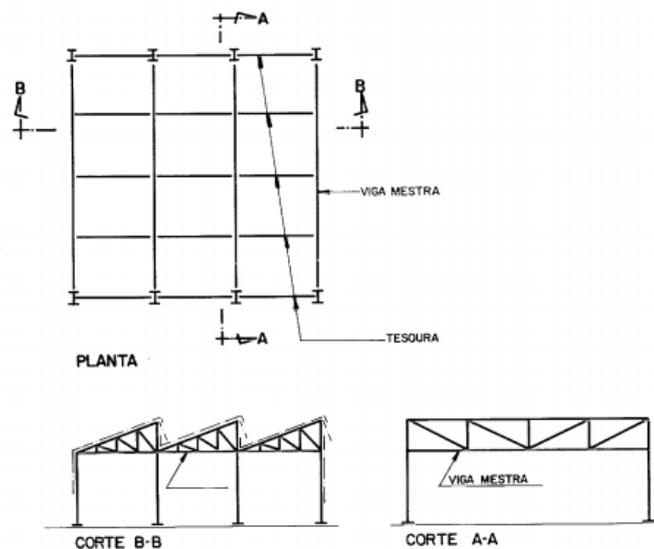


Fonte: (SÁLES, MALITE e GONÇALVES, 2002).

### *Viga mestra*

Segundo Santos (1977), a viga mestra é uma treliça da cobertura do tipo "Shed" que corta transversalmente a edificação, apoiando-se nas colunas e serve de apoio para as diversas tesouras onde se apoiam os elementos da cobertura. A Figura 8 mostra a disposição da viga mestra na estrutura como um todo.

Figura 8 - Vistas em corte de uma cobertura tipo "Shed".

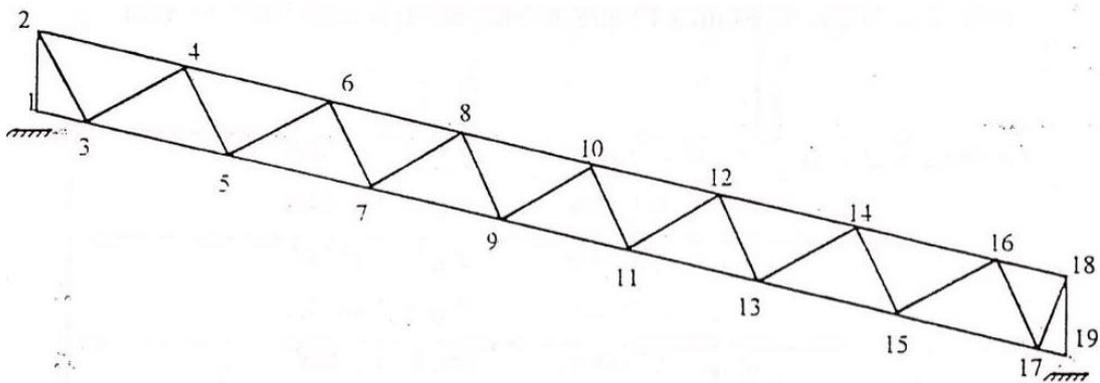


Fonte: (SANTOS, 1977).

## Trave

As traves de uma estrutura do tipo "Shed" podem ser constituídas de vigas com perfis laminados ou de treliças. A Figura 9 mostra um exemplo de treliça. Geralmente os carregamentos são decorrentes de ações permanentes, sobrecargas e todos os tipos de ações do vento. Sempre levando em consideração os momentos fletores nos extremos (REQUENA, 2008).

Figura 9 - Viga trave treliçada de uma cobertura tipo "Shed".



Fonte: (REQUENA, 2008).

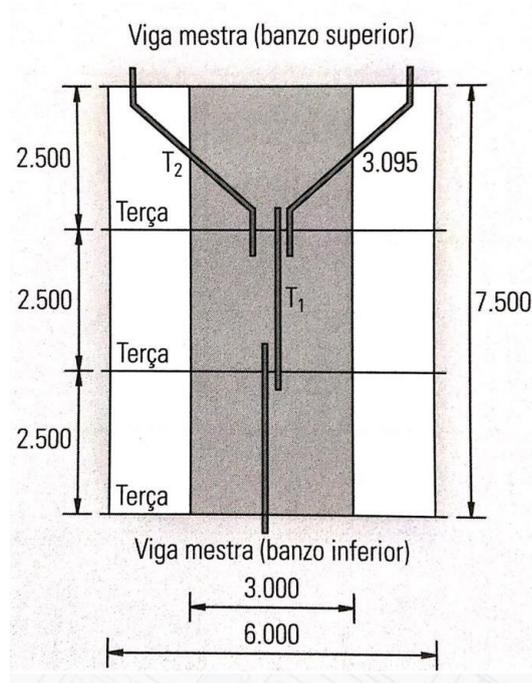
## Tirantes

Para Santos (1977), normalmente os tirantes das terças são barras com seção circular, com o intuito de reduzir o vão entre as vigas no sentido de menor inércia, e assim, reduzir o momento fletor. Essas barras são submetidas a esforços de tração.

Os tirantes normalmente são alocados entre os apoios das terças. Para vigas de até 6 m coloca-se um tirante centralizado, já para vãos maiores são colocados dois. Os diâmetros das barras geralmente ficam entre 12,5 mm e 16 mm, dependendo do tamanho da estrutura (BELLEI, 1998).

Pinheiro (2005) mostra um exemplo de disposição dos tirantes nas terças de uma cobertura do tipo "Shed" e pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Disposição de tirantes em uma cobertura do tipo "Shed".



Fonte: (PINHEIRO, 2005).

### *Terças*

Segundo Pfeil e Pfeil (2009), as terças são vigas longitudinais (com comprimentos de vão em torno de 6 m) dispostas nos planos da cobertura e destinadas a transferir à estrutura principal as cargas atuantes naqueles planos, tais como peso do telhamento e sobrepressões e sucções devidas ao vento.

Santos (1977) destaca que devido a seus vãos, as tesouras apresentam problemas de estabilidade lateral. As terças apoiando-se transversalmente nas tesouras reduzem o comprimento de flambagem das mesmas. A ligação das terças na tesoura é normalmente feita com parafusos, através de peças fixadas no banzo superior. O material utilizado normalmente nas terças é o perfil em "C" laminado ou construído de chapa dobrada e perfil "I". Bellei (1998) traz os tipos de perfis mais empregados na construção de terças na sua visão e pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 - Perfis estruturais mais empregados em telhas.



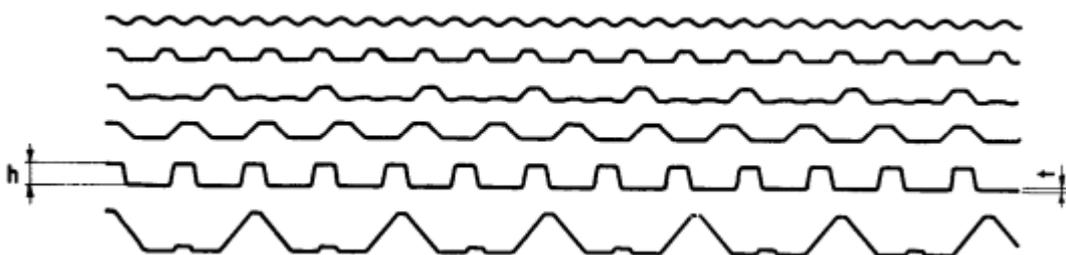
Fonte: (BELLEI, 1998).

### *Chapas de cobertura (telhas) e tapamento*

Chapas de cobertura e tapamento são basicamente chapas que envolvem e "vestem" uma estrutura, protegendo-a de intempéries. Suas características técnicas variam muito de fornecedor para fornecedor, sendo melhor detalhadas nos catálogos específicos. Os principais tipos de materiais empregados e existentes no mercado são as do tipo: aço galvanizado (com e sem pintura); alumínio (com e sem pintura); fibrocimento; translúcidas (PVC e *fiberglass*); sanduíche (BELLEI, 1998).

As chapas de aço galvanizado antigamente possuíam apenas o perfil ondulado, contudo, já vem sendo substituídas com outras conformações (Figura 12), como trapezoidal (maior inércia que as onduladas e permitem maior espaçamento entre as vigas de apoio com praticamente mesmo custo). Já as de alumínio também podem ser encontradas em vários perfis de conformação e são mais utilizadas para tapamentos laterais. Seu custo é mais elevado, mas possuem um peso menor em relação às galvanizadas, sendo um diferencial em grandes obras (BELLEI, 1998).

Figura 12 - Diferentes chapas de cobertura e tapamento.



Fonte: (BELLEI, 1998).

Ainda conforme Bellei (1998), as chapas do tipo sanduíche vem dominando o mercado por possuírem uma camada de um material isolante, como poliuretano ou lã de rocha, com a finalidade de dar melhor isolamento térmico e acústico. Outro ponto importante é a utilização em vãos maiores, podendo chegar a 4 m. O acabamento interno pode ser liso – letra (a) da Figura 13 – ou igual a parte exterior – letra (b) da Figura 13.

Figura 13 - Chapas sanduíche de cobertura e tapamento.



Fonte: (BELLEI, 1998).

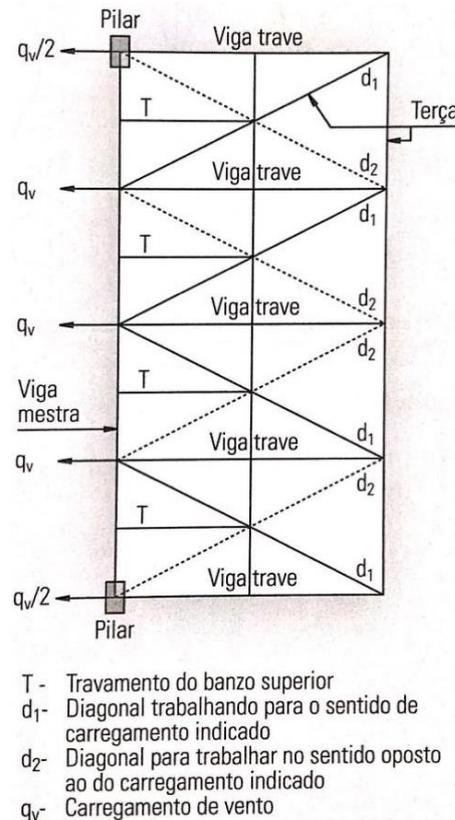
### *Contraventamentos*

Contraventamentos são barras que garantem a estabilidade das estruturas metálicas em relação aos carregamentos gerados pelo vento e fornecem uma rigidez espacial. Existem dois tipos de contraventamentos, horizontais e verticais (BELLEI, 1998).

Em coberturas, os contraventamentos que interessam são os horizontais. Segundo Chaves (2007), o contraventamento mais comum e econômico é disposto em "X", contudo, existem diversas formas de dispor em uma estrutura (deve sempre atender as necessidades de projeto). O sistema no plano da cobertura torna os pontos de apoio das terças nos pórticos transversais indeslocáveis, reduzindo o comprimento de flambagem do banzo superior da viga de cobertura.

Em uma cobertura do tipo "Shed" são consideradas para o carregamento de vento somente as diagonais representadas com traço contínuo na Figura 14. Contudo, se o sentido do carregamento determinado pelo vento fosse invertido seriam consideradas somente as diagonais representadas com traço interrompido (PINHEIRO, 2005).

Figura 14 - Disposição dos contraventamentos em uma cobertura do tipo "Shed".



Fonte: (PINHEIRO, 2005).

### *Ligações parafusadas e soldadas*

As ligações parafusadas, tanto quando as soldadas, são empregadas nas ligações de partes das estruturas nas montagens finais de campo e nas de fábrica. Algumas vantagens das ligações parafusadas em relação às soldadas são: economia no quesito consumo de energia; exigência de mão de obra não muito qualificada; melhor resposta às tensões de fadiga. Já como a principal desvantagem é a necessidade de verificação de áreas líquidas e esmagamento das peças, o que muitas vezes exige esforços destas partes (BELLEI, 1998).

De acordo com Bellei (1998), os principais tipos de parafusos empregados nas ligações são: comuns tipo ASTM A307; de alta resistência tipo fricção e esmagamento nas especificações ASTM A 325 e A490; e os torneados.

Pinheiro (2005) afirma que a solda é um dos métodos de união mais utilizados em uma construção em estrutura metálica. A solda é a união de materiais, obtida por fusão das partes adjacentes. Segundo o autor, para se obter uma solda de

qualidade deve-se observar alguns pontos, como: a forma correta do entalhe conforme indicado no desenho; homogeneidade do metal depositado; perfeição entre o metal depositado e o metal de base.

Conforme Pfeil e Pfeil (2009), o processo de soldagem manual por eletrodo revestido é o mais utilizado em montagem de estruturas metálicas, por se tratar de um processo de enorme versatilidade, podendo ser empregado tanto em instalações industriais pesadas quanto em pequenos serviços de campo. Outro processo amplamente utilizado é o processo de soldagem a arco elétrico com atmosfera de proteção gasosa (Gas Metal Arc Welding - GMAW ou Metal Inert/Active Gas – MIG/MAG).

### **2.1.3 Vantagens e desvantagens de coberturas em estrutura metálica**

Bellei (1998) aponta algumas vantagens na aplicação dos aços estruturais em relação a outros materiais, sendo eles: a alta resistência do material nos diversos estados de tensão, como tração, compressão e flexão; propriedades mecânicas bem definidas, como limite de escoamento, tensão de ruptura e módulo de elasticidade, dessa forma, gerando uma grande margem de segurança; possibilidade de reaproveitamento do material em obras futuras. Já Pinheiro (2005) elenca como principais vantagens a fabricação das estruturas com uma alta precisão, possibilitando um acabamento e qualidade melhores; material resistente a vibrações e choques; possibilidade de obras mais rápidas e limpas, diminuindo o tempo de mão de obra.

Apesar das grandes vantagens, Pinheiro (2005) destaca algumas desvantagens, como: limitação de execução em fabrica, gerando muitos transportes até o local de montagem; necessidade de tratamento superficial devido à corrosão; mão de obra mais qualificada e equipamentos específicos; limitação de perfis estruturais.

## **2.2 AÇOS ESTRUTURAIS**

Os aços são materiais compostos de diferentes elementos químicos, sendo predominante o ferro (Fe), com quase 98% de sua composição. Outros elementos,

em pequenas quantidades, que compõem os aços são: carbono (C), silício (Si), enxofre (S), fósforo (P) e manganês (Mn). Contudo, o carbono é o elemento que exerce o maior efeito nas propriedades mecânicas dos aços. Comparados com outros materiais disponíveis, os aços possuem características bem definidas, como: alta resistência mecânica, ductilidade, soldabilidade e resistência à corrosão (BELLEI, 1998).

Realiza-se a revisão dos tipos de aços estruturais, suas propriedades e características, além de um levantamento dos perfis fabricados com estes aços. Por se tratar de uma cobertura metálica de caráter simples e visando a economia de recursos, realiza-se a análise dos aços estruturais mais corriqueiros e de baixo custo.

### **2.2.1 Tipos de aços estruturais**

Os aços estruturais podem ser classificados em aços carbono, aços de baixa liga e alta resistência mecânica, e aços tratados termicamente com alta resistência mecânica. Essa classificação leva em consideração basicamente a composição química, as propriedades mecânicas e os métodos de obtenção dos aços (QUEIROZ, 1988).

Os aços carbono são os mais comuns e usuais. Sua resistência é decorrente ao teor de carbono aplicado em sua composição, além de uma quantidade mínima de manganês. Geralmente, esse teor de carbono é equivalente ao máximo de 0,45% para estruturas metálicas, possibilitando uma boa soldabilidade (BELLEI, 1988). Para Pfeil e Pfeil (2009), o aumento excessivo de teor de carbono diminui a capacidade do material se deformar (ductilidade) prejudicando muito no momento da soldagem.

De acordo com Bellei (1998), aços de baixa liga são aços carbono com o acréscimo de outros elementos de liga, como por exemplo, nióbio (Nb), cobre (Cu), manganês (Mn) e silício (Si). Contudo, esse acréscimo se dá em pequenas quantidades. O autor ainda coloca que os elementos de liga geram uma resistência mecânica maior através da modificação da microestrutura para grãos finos. Já Pfeil e Pfeil (2009) traz outros elementos de liga que são adicionados, sendo eles: cromo (Cr) colúmbio, molibdênio (Mo), níquel (Ni), fósforo (P), vanádio (V) e zircônio (Zr).

Ainda segundo o autor, a quantidade acrescida não acarreta empecilhos de soldagem.

Para Pfeil e Pfeil (2009), desde 1960 o aço mais empregado para perfis estruturais é o ASTM A36, com taxa de carbono entre 0,25 e 0,29%. Além disso, para parafusos comuns o ASTM A307 e para parafusos de alta resistência o ASTM A325. Já para Bellei (1998), os mais utilizados nas estruturas são os aços ASTM A36 e A570, e os ABNT 7007, 6648, 6649 e 6650. Queiroz (1988) também aponta os aços mais utilizados em chapas de fechamento e barras, sendo eles: ASTM A588 e ASTM A242.

### **2.2.2 Classificação dos perfis estruturais**

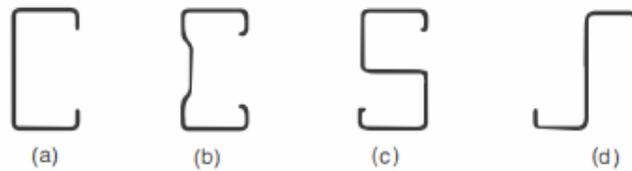
Uma estrutura metálica possui vários componentes, entre eles: chapas de ligação, parafusos, chumbadores e rebites. Contudo, os mais importantes para o projeto e montagem são os perfis. Sua seção transversal se assemelha às formas das letras "I", "H", "U", "C", "T" e "L", e recebem de forma análoga as mesmas designações. A letra "L" é a única que representa um elemento específico, as cantoneiras. Basicamente, os perfis podem ser obtidos a partir de três operações: laminação, conformação ou soldagem (SILVA, 2012).

#### *Perfis de chapas dobradas*

Perfis de chapas dobradas são decorrentes de simples chapas metálicas conformadas a frio. A dobragem é realizada com o auxílio de prensas especiais nas quais há gabaritos que limitam os raios internos de dobragem a certos volumes mínimos, especificados para evitar a fissuração do aço (PFEIL E PFEIL, 2009).

Existem normas específicas para garantir a qualidade estrutural dos perfis de chapas dobradas, como a do *American Iron and Steel Institute* (AISI) e a norma brasileira NBR 14762:2010, Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio. A Figura 15 mostra alguns perfis de chapas dobradas.

Figura 15 - Exemplos de perfis de chapas dobradas



Perfis de chapa dobrada: (a) perfil U; (b) perfil complexo; (c) perfil S; (d) perfil Z.

Fonte: (PFEIL E PFEIL, 2009).

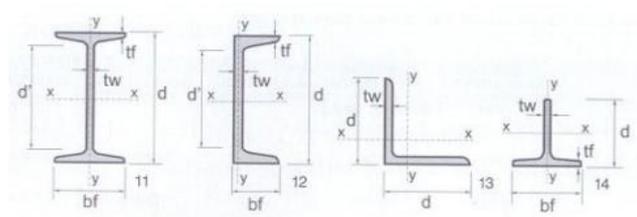
### Perfis laminados

Os perfis laminados são aqueles obtidos a partir da laminação de tarugos provenientes do lingotamento contínuo. Suas dimensões são padronizadas e limitadas. Possuem como vantagem a redução do trabalho de transformação da chapa, pois já vem prontos (REBELLO, 2010).

Os laminadores podem produzir perfis de grande eficiência estrutural, sendo em formatos de "H", "I", "C" e "L". Os três primeiros tipos são elementos com altura constante e largura das abas variáveis. Já os perfis "C" são correntemente denominados de perfis "U". E os perfis "L" são considerados cantoneiras, sendo fabricados com diversas espessuras para cada tamanho das abas (PFEIL E PFEIL, 2009).

Dias (2008) traz algumas ilustrações de perfis laminados e podem ser melhores compreendidos através da Figura 16.

Figura 16 - Exemplos de perfis laminados.



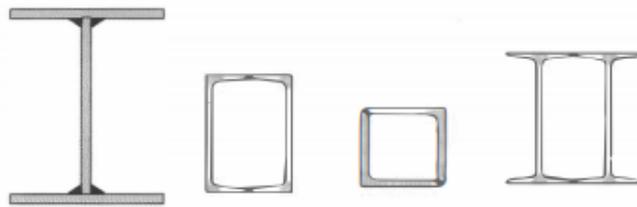
Fonte: (DIAS, 2008).

### *Perfis soldados*

Perfis soldados garantem uma grande versatilidade de combinações de espessuras com alturas e larguras. Compostos a partir de três chapas, são largamente empregados nas estruturas metálicas. Os perfis soldados dão a oportunidade de opções mais variadas e grande liberdade. A ABNT padronizou três séries, sendo: série CS para colunas, VS para vigas e CVS para colunas e vigas (BELLEI, 1998).

Esses perfis são mais caros que os laminados. Seu emprego busca atender exigências específicas, como por exemplo, em colunas ou estacas onde se deseja momento de inércia elevado nas duas direções principais (PFEIL E PFEIL, 2009). A Figura 17 mostra alguns exemplos de perfis soldados.

Figura 17 - Exemplos de perfis soldados.



Fonte: (PFEIL E PFEIL, 2009).

Em sua bibliografia, Bellei (1998) traz uma espécie de ábaco (Figura 18) para selecionar o perfil mais adequado conforme o elemento estrutural em questão, além das principais solicitações que estes estão submetidos.

Figura 18 - Resumo dos principais elementos estruturais com os tipos de solicitação e materiais mais empregados.

Elementos Estruturais	Solicitações							Tipos de Materiais Empregados
	Tração	Compressão	Flexão		Cisalhamento	Fadiga	Verificação Deformação	
			S	D				
Terças			x	x			x	
Escoras do Beiral		x	x	x			x	
Tirantes	x							Ø Barra Redonda
Cumeeira			x	x			x	
Vigas de Tapamento				x			x	
Colunas de Tapamento	x	x	x				x	
Contrav. Horizontais	x	x						Ø L
Contrav. Verticais	x	x						Ø L
Placas de Base		x	x					Chapas
Chumbadores	x				x			Ø
Tesouras	x	x					x	L
Vigas do Pórtico		x	x		x		x	I
Vigas Int. do Pórtico			x		x		x	I
Colunas	x	x	x	x			x	I
Vigas de Rolamento		x	x	x	x	x	x	I
Juntas Soldadas	x	x	x	x	x	x		
Juntas Parafusadas	x	x			x	x		

Fonte: (BELLEI, 1998).

### 2.2.3 Constantes físicas e propriedades mecânicas dos aços estruturais

Segundo Bellei (1998), Pinheiro (2005) e Pfeil e Pfeil (2009) algumas constantes físicas dos aços estruturais são importantes para o projeto de uma estrutura metálica. Qualquer aço estrutural - na faixa normal de temperatura atmosférica - possui as seguintes constantes físicas praticamente constantes:

Módulo de elasticidade ( $E = 200 \text{ GPa}$ );

Coefficiente de Poisson ( $\nu_a = 0,3$ );

Coefficiente de dilatação térmica ( $\beta = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ );

Peso específico ( $\gamma_a = 77 \text{ kN/m}^3$ );

Módulo de elasticidade transversal ( $G = 0,385.E$ ).

Algumas das constantes físicas citadas acima necessitam de uma revisão de conceito, por serem de extrema importância para o dimensionamento de uma estrutura metálica. De acordo com Beer *et al.*(2011), o módulo de elasticidade é uma medida expressa em pascal e relaciona a tensão e deformação de um material; módulo de elasticidade transversal é uma medida expressa em pascal que relaciona componentes de tensão de cisalhamento e deformação específica de cisalhamento; o coeficiente de Poisson é uma constante adimensional que relaciona a deformação lateral e axial de um corpo.

Realiza-se também a revisão de alguns conceitos de propriedades mecânicas dos aços estruturais, importantes na elaboração deste trabalho. Entre eles estão as definições de elasticidade, ductilidade dureza, fragilidade, tenacidade, fadiga e corrosão.

### *Elasticidade*

A elasticidade de um material é sua capacidade de retornar a forma original após o ciclo de carga e descarga. A relação entre a tensão e deformação linear específica é o módulo de elasticidade (DIAS, 2008).

### *Ductilidade*

A ductilidade pode ser definida como sendo a capacidade de um material se deformar plasticamente sem fraturar. Já um material que sofre uma deformação plástica muito pequena, ou mesmo nenhuma deformação plástica até a fratura, é denominado frágil. A representação da ductilidade pode ser expressa como um alongamento percentual, ou como uma redução percentual na área (CALLISTER E RETHWISCH, 2013).

### *Dureza*

A dureza é considerada uma medida da resistência de um material a uma deformação plástica localizada. Pode ser obtida por diversos ensaios como o ensaio

de dureza *Rockwell*, *Brinell*, *Knoop* e *Vickers*. Sabe-se que quanto mais macio for o material, maior e mais profunda será a indentação, e menor será o número-índice de dureza (CALLISTER E RETHWISCH, 2013).

### *Fragilidade*

Como definido anteriormente, fragilidade é o oposto de ductilidade. Contudo, Pfeil e Pfeil (2009) destacam que os aços podem se tornar frágeis pela ação de alguns agentes, como por exemplo, baixas temperaturas ambientes e efeitos térmicos locais (exemplo - Solda elétrica).

### *Tenacidade*

Tenacidade pode ser definida como a energia total, tanto elástica quanto plástica, que um material pode absorver por unidade de volume até a sua ruptura. Pode ser expressa também como a área total no diagrama tensão x deformação (PFEIL E PFEIL, 2009).

### *Fadiga*

Segundo Bellei (1998), a fadiga é um fenômeno de ruptura do material quando o mesmo é submetido a solicitações repetidas de tensões acima da sua capacidade limite, através de sucessivos ciclos de carga e descarga. De acordo com Beer *et al.*(2011), uma falha por fadiga é de natureza frágil, mesmo para materiais normalmente dúcteis.

### *Corrosão*

A corrosão é denominada como o processo de reação do aço com determinados elementos presentes no ambiente em que o material está exposto. O produto dessa reação é similar ao minério de ferro e promove a perda de seção das peças, podendo se propagar a um colapso ou ruptura. Em projetos de estrutura metálica, geralmente se aconselha uma pintura anticorrosiva ou uma galvanização,

dessa forma, criando estratégias para prevenir a corrosão do material (PFEIL E PFEIL, 2009).

## 2.3 NORMAS PARA PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

A adoção de normas técnicas para o desenvolvimento de um projeto é imprescindível. As normas relacionam os conceitos teóricos e práticos com os objetos de desenvolvimento em questão. São artifícios de confiabilidade nos dimensionamentos e análises de falhas.

Projetos de estruturas de aço são contemplados pela NBR 8800:1986 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Logo, essa seção tem por objetivo discriminar os pontos tratados por essa norma e quais os principais roteiros de cálculo adotados para o caso de projetos de coberturas em estrutura metálica. Além disso, faz-se necessária a revisão da NBR 6123:1988 – Forças devido ao vento em edificações pela cobertura estar sujeita as solicitações do vento.

### 2.3.1 NBR 6123:1988 – Forças devido ao vento em edificações

De acordo com a ABNT (1988), a NBR 6123 fixa as condições exigíveis na consideração das forças devidas à ação estática e dinâmica do vento, para efeitos de cálculo de edificações.

A NBR 8800 não contempla os carregamentos devido ao vento exercido sobre as edificações. Logo, uma cobertura está sujeita a essas ações e faz-se necessária a revisão da NBR 6123 e aplicação de seus conceitos nos cálculos de dimensionamento da cobertura do tipo “Shed”. Sua revisão detalhada está descrita no Apêndice A.

### 2.3.2 NBR 8800:1986 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios

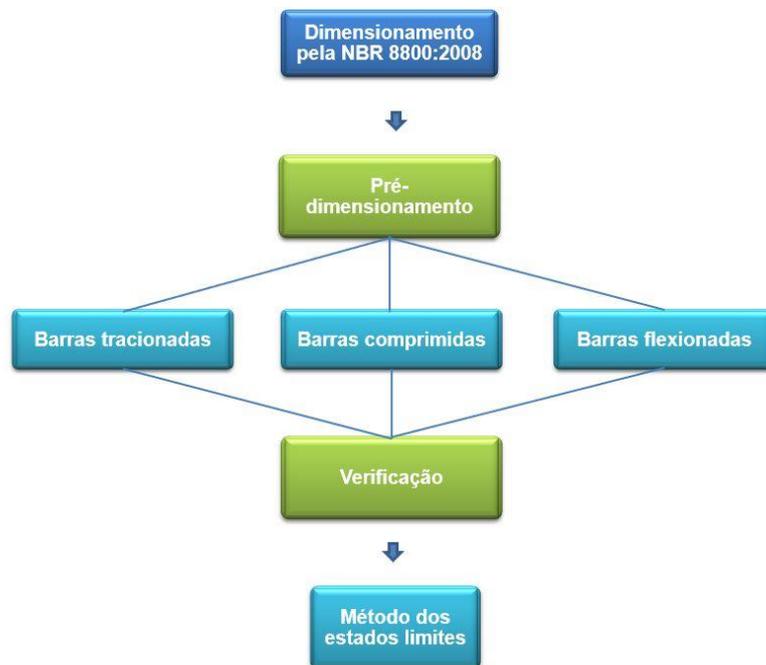
Segundo a ABNT (1986), a NBR 8800 define os princípios gerais que regem o projeto à temperatura ambiente das estruturas de aço, incluindo passarelas de

pedestres e suportes de equipamentos. Além disso, define as mesmas estruturas em edificações mistas de aço e concreto.

De acordo com Pinheiro (2005), a NBR 8800 utiliza-se de basicamente um critério de falha principal, o método dos estados limites. Todas as verificações devem atender os critérios estabelecidos por esse método, caso contrário, a estrutura não atende os objetivos para os quais foi projetada. Sua revisão detalhada está descrita no Apêndice B.

A NBR 8800 é uma norma vasta, abrange basicamente todos os segmentos de projetos de edificações em aço, desde simbologias até considerações de fabricação. Logo, faz-se necessário direcionar os dimensionamentos para uma cobertura em estrutura metálica do tipo “Shed”. Pinheiro (2005) em sua bibliografia revisa os principais conceitos utilizados para dimensionar uma cobertura do tipo “Shed” e serão utilizados como estrutura de cálculo para o projeto. Contudo, as revisões apresentadas no memorial de cálculo (Apêndice A) foram realizadas utilizando a própria norma. A Figura 19 mostra um diagrama prático de dimensionamento que foi adotado neste trabalho.

Figura 19 - Diagrama prático de dimensionamento segundo a NBR 8800:1986.



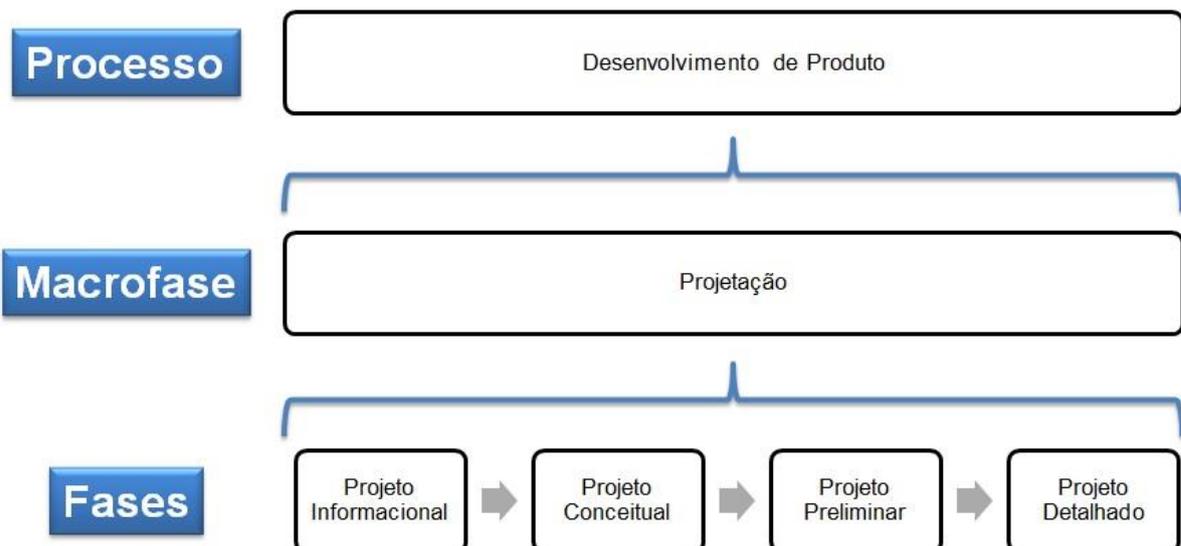
Fonte: (AUTOR, 2021).

### 3. METODOLOGIA E DEFINIÇÕES

Para melhor entendimento e visualização das etapas de desenvolvimento do trabalho foi definida uma metodologia coerente com os objetivos a serem alcançados. Dessa forma, as atividades são mais assertivas e otimizadas, buscando evitar decisões precipitadas, ociosidade e tangenciamento dos objetivos. Para isso, foram detalhadas todas as fases, conceitos (baseados na literatura) e resultados esperados da metodologia.

A metodologia adotada para o desenvolvimento do presente trabalho foi uma adaptação daquela apresentada por Romano (2003), Back *et al.* (2008) e Fonseca (2000), onde que é abordada a macrofase de projeção, contemplando as fases de projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. A aplicação fiel da metodologia do autor não se faz necessária por se tratar de um projeto com caráter civil e não um desenvolvimento de produto. Para completar os conceitos das fases, utilizam-se os modelos metodológicos de Pahl *et al.* (2005) e Baxter (2011). Na Figura 20 observam-se as fases adotadas no trabalho segundo Romano (2003).

Figura 20 - Fases do processo de desenvolvimento de produto.



Fonte: (Adaptado de ROMANO, 2003).

### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CONDIÇÕES DE CONTORNO DO PROJETO

Esta etapa é considerada uma fase a parte da metodologia adotada. Por se tratar de um projeto estrutural de uma cobertura submetida a ações externas, como vento e chuvas, faz-se necessária uma análise da localização da edificação. Essas informações foram utilizadas para fins de escolha de concepções e dimensionamento, como por exemplo, a presença de outras edificações e velocidade básica do vento no local.

A cobertura do tipo “Shed” substituirá uma cobertura antiga. Logo, a estrutura de concreto, vigas e pilares, serão reaproveitadas. É de extrema importância conhecer todas as medidas, materiais, limitações e partes que são aproveitadas para que se projete uma cobertura condizente com seu local de instalação.

### 3.2 PROJETO INFORMACIONAL

A fase do projeto informacional é a primeira etapa da projeção. Nela definem-se os primeiros passos do desenvolvimento e tem como objetivo estabelecer as especificações de projeto do produto. É imprescindível uma pesquisa detalhada sobre o tema e análise dos principais produtos existentes no mercado, para assim, identificar e entender melhor as necessidades do produto (ROMANO, 2003).

Para obtenção da especificação de projeto, são identificadas, primeiramente, as necessidades dos usuários, onde são desdobradas em requisitos de clientes e requisitos de projeto, que posteriormente através de uma transformação sistemática e progressiva derivam as especificações de projeto (BACK *et al.*, 2008). Para melhor entendimento das etapas que precedem as especificações de projeto citadas acima, conceituam-se:

Necessidade dos usuários: segundo Back *et al.* (2008) são demandas qualitativas que expressam as vontades, desejos e expectativas que o público consumidor necessita. É considerada uma das atividades mais críticas de todo processo, por se tratar de aspectos que devem ser atendidos como primeira prioridade.

Requisitos de clientes: para Fonseca (2000), são os primeiros desdobramentos das necessidades brutas obtidas dos diferentes tipos de usuários, transformadas em

uma linguagem compreensível para a equipe de projeto. Os requisitos de cliente devem ser valorados para entender a real importância de cada um deles. Há diversas técnicas utilizadas para valoração desses requisitos, sendo a mais utilizada o diagrama de Mudge.

Requisitos de projeto: são características técnico-físicas mensuráveis, ou seja, associadas a unidades. Servem para que o produto satisfaça os requisitos de usuários anteriores (FONSECA, 2000). Após a definição dos requisitos de projeto, estes devem ser hierarquizados para identificar as prioridades entre requisitos de cliente e de projeto. E para isso, utiliza-se a matriz de Desdobramento da Função da Qualidade (QFD - *Quality Function Deployment*) (BACK *et al.*, 2008).

As especificações de projeto são o resultado final do processo de transformação dos requisitos. São grandezas mensuráveis que estabelecem algo necessário, verificável e atingível. Para cada requisito de projeto é definido uma especificação de projeto. Define-se também um modo de verificação quanto ao correto atendimento das especificações bem como os possíveis riscos da sua não observação (BACK *et al.*, 2008).

Figura 21 - Diagrama das etapas do projeto informacional.



Fonte: (AUTOR, 2021).

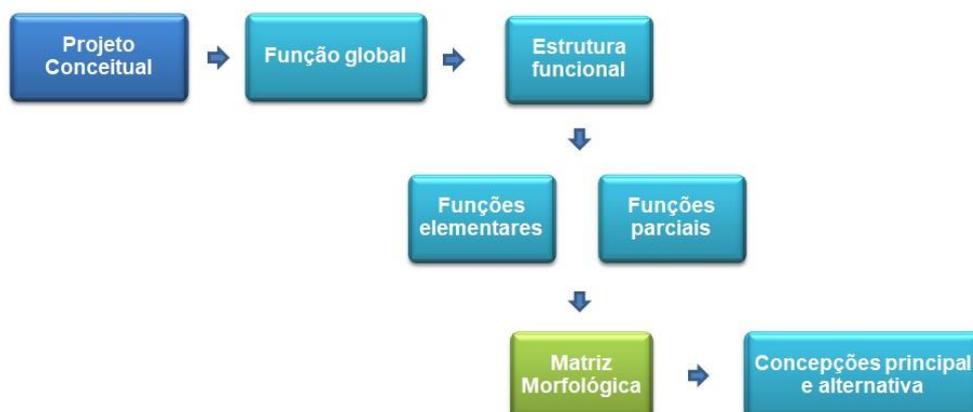
Adaptando ao presente trabalho, definem-se as necessidades implícitas do NAFA em relação à cobertura e logo depois os requisitos dos responsáveis técnicos do projeto. Valoram-se estes requisitos através de um diagrama de Mudge. Posteriormente, determinam-se os requisitos de projeto que são hierarquizados de acordo com os requisitos do NAFA. Por fim, obtêm-se as especificações de projeto com as principais características da cobertura do tipo “Shed” delimitadas.

### 3.3 PROJETO CONCEITUAL

Após uma análise das especificações de projeto obtidas no projeto informacional e a identificação das restrições, inicia-se a fase do projeto conceitual, que tem como principal objetivo desenvolver a concepção do produto (ROMANO, 2003). De acordo com Back *et al.* (2008), nessa fase as atividades estão relacionadas com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema do projeto. Baxter (2011) destaca que para o sucesso de um projeto conceitual deve-se gerar o maior número de conceitos possíveis e selecionar o melhor deles.

Para delimitar as atividades específicas que devem ser realizadas durante o projeto conceitual utiliza-se o método da síntese funcional, descrita pelo Pahl *et al.* (2005). O método aborda cinco atividades: formulação da função global do produto, desenvolvimento da estrutura funcional do sistema, pesquisa ou criação de princípios de solução alternativos para cada função elementar do produto, combinação entre os princípios de solução propostos para cada função elementar para formar concepções alternativas para o problema global e seleção das concepções viáveis. A Figura 22 mostra um diagrama com as sequencias das atividades previstas pelo método.

Figura 22 - Diagrama das etapas do projeto conceitual.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Para a formulação global e o seu desdobramento em estrutura funcional do problema (funções parciais e elementares) consideram-se entradas e saídas de

energia, material e sinal. Já para a geração de soluções principais e alternativas para o produto, utiliza-se o método da matriz morfológica. (ROMANO, 2003).

Em termos do projeto de uma cobertura do tipo “Shed”, delimita-se a aplicação da metodologia em: conhecer os principais componentes da estrutura e definir a função global de cada elemento; formulação da estrutura funcional com suas respectivas funções elementares e parciais; definições das concepções principais e alternativas para cada função através de uma matriz morfológica.

### 3.4 PROJETO PRELIMINAR

A terceira fase da projeção é o projeto preliminar, onde que o principal objetivo é desenvolver o leiaute definitivo da concepção do produto. Além disso, buscam-se objetivos secundários como as viabilidades técnicas (dimensionamentos e análises de falhas) e econômicas (ROMANO, 2003).

Back *et al.* (2008) descreve as principais atividades do projeto preliminar como sendo:

- Identificação das especificações de projeto que relacionam os requisitos de forma (dimensões), leiaute (posição), material, segurança, ergonomia e manufatura;
- Definição dos componentes e/ou unidades de grupos existentes a serem utilizados;
- Revisão de patentes e aspectos legais;
- Estabelecimento das principais dimensões dos componentes, tipo de material, processo de fabricação, tolerâncias;
- Avaliação dos leiautes dimensionais sob o ponto de vista da viabilidade técnica do projeto, dos processos de manufatura, visando à otimização da concepção.

Back *et al.* (2008) ainda afirma que para atender as funções, o projeto preliminar faz o uso de diferentes tipos de modelos: icônicos, analógicos, numéricos e computacionais (protótipos virtuais), os quais são detalhados no projeto detalhado. Romano (2003) reitera a importância da modelagem digital (CAD – *Computer Aided*

*Design*) para garantir que os esboços criados em fases anteriores estejam de acordo com um leiaute mais preciso.

Traduzindo a fase do projeto preliminar para o projeto de uma cobertura do tipo “Shed”, têm-se: a análise arquitetônica do produto; seleção de materiais; árvore de produto; dimensionamento (análises de falhas), contemplando as terças, a viga trave, as vigas transversais e a viga mestra; modelagem digital da estrutura (leiaute final). A Figura 23 mostra um diagrama com as sequencias das atividades do projeto preliminar.

Figura 23 - Diagrama das etapas do projeto preliminar.



Fonte: (AUTOR, 2021).

### 3.5 PROJETO DETALHADO

Segundo Romano (2003), o projeto detalhado tem como principal objetivo a ser alcançado a elaboração da documentação necessária à produção do produto projetado, contemplando dimensões, tolerâncias e disposição de todos componentes. Além disso, a especificação dos materiais e viabilidade técnica/econômica devem ser reavaliadas.

Pahl *et al.* (2005) inclui a fabricação de um protótipo no projeto detalhado para realizar testes preliminares, permitindo corrigir erros antes da fabricação e a caracterização do produto. Contudo, no atual projeto não foi realizado um protótipo.

Como principal atividade no projeto detalhado, Baxter (2011) elenca a produção de um conjunto de desenhos técnicos e especificações de fabricação, suficientes para a produção industrial do produto.

Logo, para o projeto de uma cobertura do tipo “Shed” essa fase é constituída pelos desenhos técnicos em *software* CAD, tanto de fabricação, quanto de montagem, lista de componentes com suas devidas especificações e a lista de materiais com as quantidades necessárias para fabricação. A Figura 24 mostra o diagrama de atividades do projeto detalhado aplicado ao presente trabalho.

Figura 24 - Diagrama das etapas do projeto detalhado.



Fonte: (AUTOR, 2021).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e as discussões acerca da metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto da cobertura do tipo “Shed”. É neste momento que as definições e os conceitos apresentados anteriormente foram aplicados de forma prática ao desenvolvimento do projeto.

### 4.1 LOCALIZAÇÃO E CONDIÇÕES DE CONTORNO DO PROJETO

Como o projeto é destinado a uma edificação já existente, onde que a estrutura de alvenaria já está consolidada, se fez necessária uma abordagem detalhada da localização da obra e das condições de contorno em que a cobertura será instalada.

A primeira abordagem é referente a localização e entornos da obra, que futuramente, impactam nas cargas externas, como as advindas do vento. Abaixo estão algumas informações relevantes ao projeto:

- Localização da obra: Av. Roraima, nº 1000, Camobi, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil;
- Relevo: Terreno plano;
- Condições vizinhas: Área urbana, com edificações de médio porte nos arredores, sem árvores próximas;

A segunda análise é em relação a edificação, sua estrutura de alvenaria e cobertura antiga. A Figura 25 mostra as condições externas da estrutura antiga. A mesma possui tapamentos de chapa lisa fina; telhas de fibrocimento; sem estruturas específicas para manutenção e apoio das condensadoras dos ar condicionados; calhas mal dimensionadas; janelas vitrô basculantes.

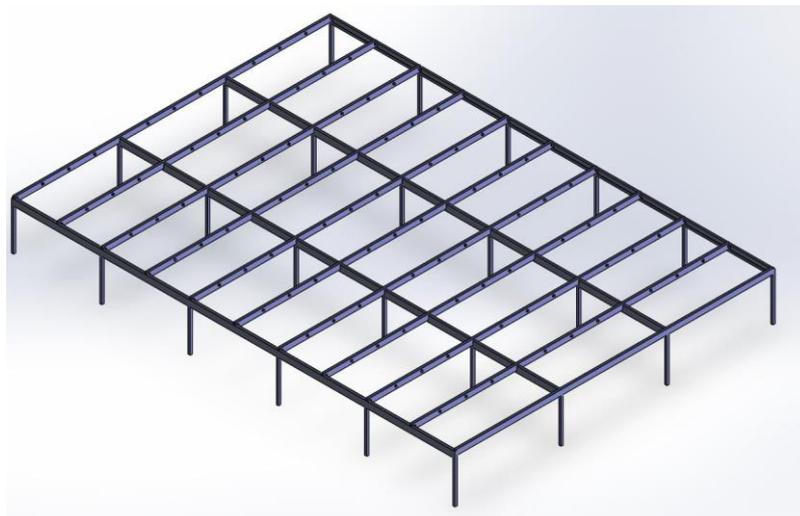
Figura 25 - Vista externa da cobertura do tipo "Shed" existente.



Fonte: (AUTOR, 2021).

A estrutura de alvenaria que recebeu a cobertura possui 10 módulos para "Shed". A altura dos pilares de concreto é de aproximadamente 5,45 m e seu fechamento é de tijolos, com três portões principais de 15 m<sup>2</sup> (5,00 m X 3,00 m), dois na face lateral e um na face frontal. A Figura 26 mostra um esboço CAD da estrutura de alvenaria, ilustrando os módulos citados acima.

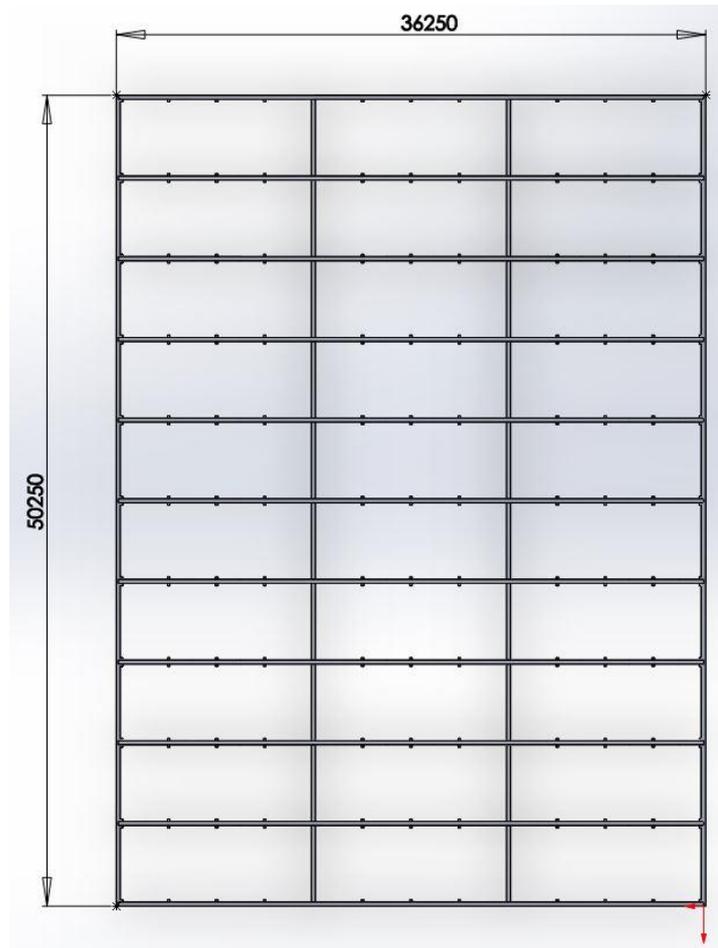
Figura 26 - Esboço CAD da estrutura de alvenaria da edificação.



Fonte: (AUTOR, 2021).

A Figura 30 mostra as dimensões externas da estrutura, onde a face frontal possui 36,25 m de comprimento e a face lateral 50,25 m.

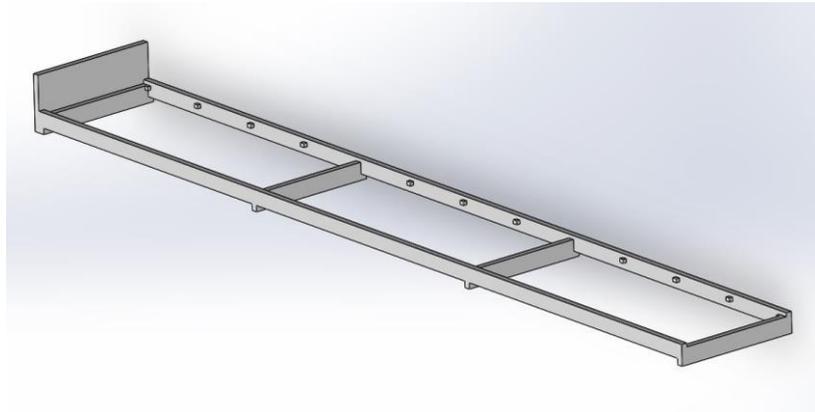
Figura 27 - Dimensões da edificação em mm.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Já as Figuras 28 e 29 apresentam o esboço CAD de um único módulo e as dimensões que foram adotadas para a padronização do módulo. As dimensões reais possuem uma diferença mínima entre os módulos, logo, se utilizou as medidas mais longas entre vigas e as situações mais críticas. Percebe-se que a estrutura já possui apoios de 200 mm x 150 mm para receber os chumbadores dos pilaretes da cobertura “Shed”.

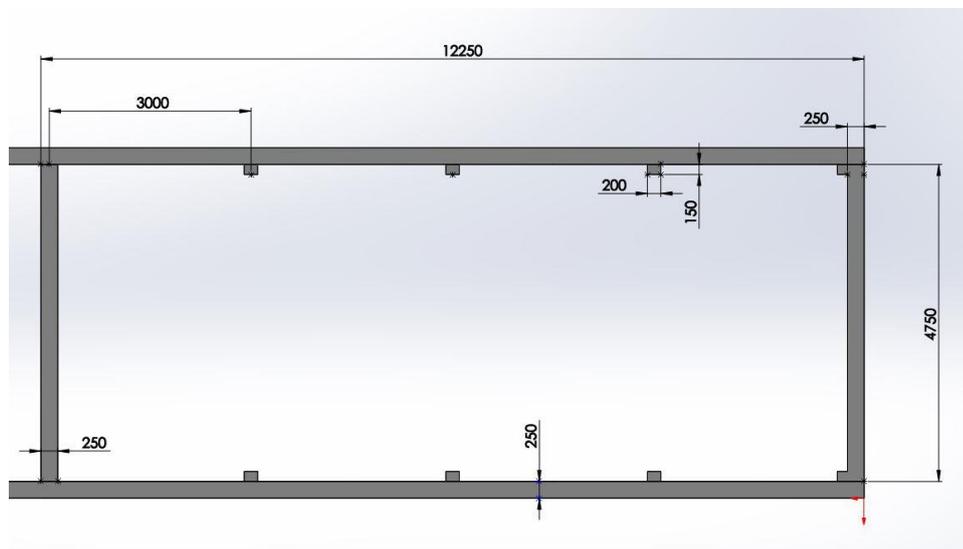
Figura 28 - Esboço CAD de um módulo da estrutura de alvenaria da edificação.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Na Figura 29 percebe-se uma parede de alvenaria. A mesma é uma divisão entre a edificação antiga e uma parte que foi construída posteriormente. Logo, não recebeu um acabamento externo em sua face.

Figura 29 - Dimensões de uma parte do módulo da edificação.



Fonte: (AUTOR, 2021).

## 4.2 PROJETO INFORMACIONAL

Como mencionado na metodologia, o objetivo desta fase é a obtenção dos requisitos de projeto. Para isso, as atividades realizadas nessa seção se subdividiram em: análise de coberturas do tipo “Shed” já existentes no mercado;

definição dos requisitos de clientes, que neste caso é o NAFA; valoração dos requisitos de cliente; obtenção dos requisitos de projeto; valoração dos requisitos de projeto; obtenção das especificações de projeto.

#### 4.2.1 Análise de coberturas do tipo “Shed” no mercado

Para conhecer melhor e estreitar etapas na projeção da cobertura do tipo “Shed” se fez necessária uma análise de algumas coberturas já existentes no mercado. Dessa forma é possível avaliar aspectos desconhecidos até o momento, princípios de soluções, delimitações e pontos críticos que foram levados em consideração na definição dos requisitos e especificações de projeto. Com a revisão bibliográfica elencou-se os elementos obrigatórios e adicionais das coberturas do tipo “Shed” e esses pontos foram levados em consideração na análise das coberturas presentes no mercado. O Quadro 1 mostra os principais elementos a serem observadas.

Quadro 1 - Elementos de uma cobertura do tipo "Shed".

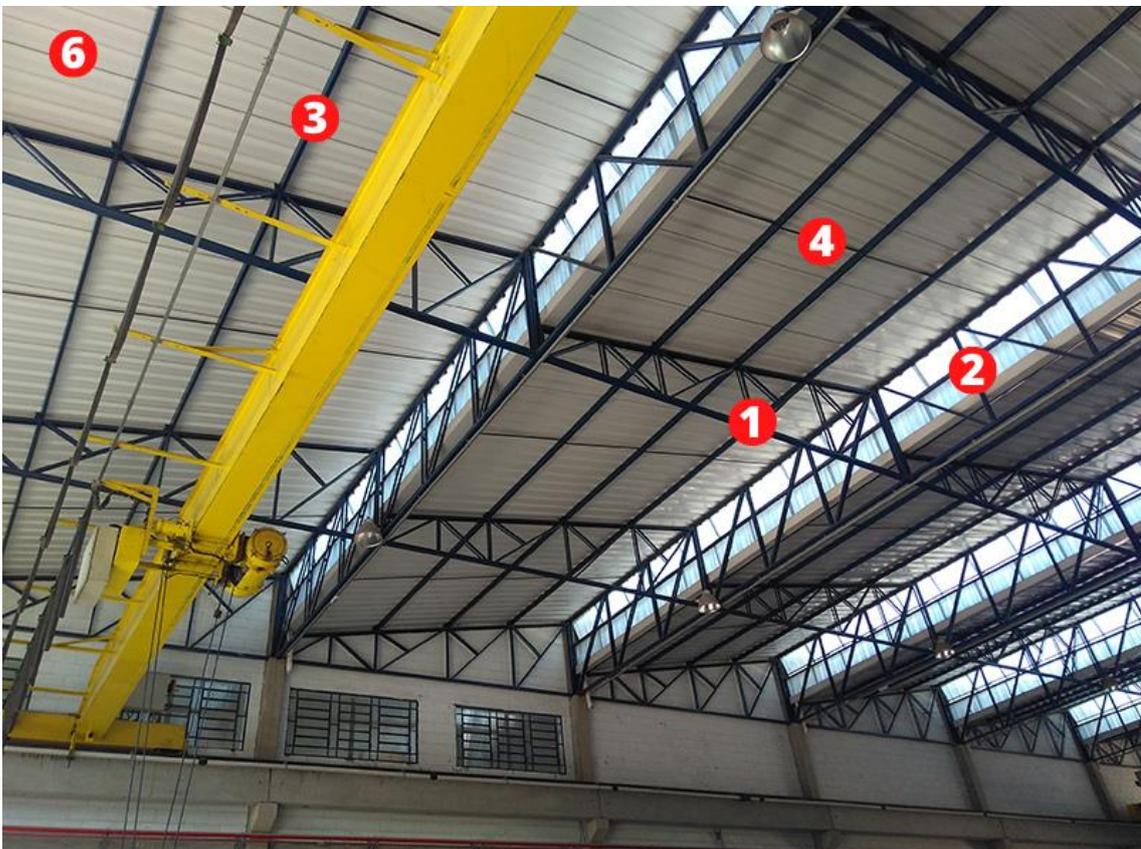
Índice	Principais elementos
1	Viga trave
2	Viga mestra
3	Terças
4	Tirantes
5	Contraventamentos
6	Chapas da cobertura e tapamento
7	Ligações

Fonte: (AUTOR, 2021).

A primeira cobertura observada é referente a um projeto da empresa Mapa Estruturas Metálicas de Sumaré, São Paulo, Brasil. Não foram encontradas muitas informações referente ao projeto, mas pela Figura 30 destacam-se os elementos utilizados e seus respectivos princípios de solução. Observam-se que é uma cobertura com viga trave treliçada do tipo “Polanceau”, composta por cantoneiras e

perfis “C” dobrados. Como viga mestra, a estrutura possui treliças do tipo “Pratt”, contudo, não é possível identificar os tipos de perfis utilizados. Observam-se tirantes entre as terças para impedir a movimentação no plano da cobertura. Tanto para as terças, quanto para os tirantes, não é possível a identificação dos tipos de perfis utilizados, mas estimam-se que sejam perfis “C” dobrados e cantoneiras, respectivamente. Aparentemente, o tapamento da cobertura é realizado com telhas do tipo sanduíche. Já o tapamento lateral é de alvenaria.

Figura 30 - Cobertura "Shed" da empresa Mapa Estruturas Metálicas e seus elementos funcionais.



Fonte: (Adaptado de: [www.mapaestruturas.com.br/projects/cobertura-tipo-shed](http://www.mapaestruturas.com.br/projects/cobertura-tipo-shed)) [1].

A segunda cobertura analisada é da empresa CFC do Brasil de Cesário Lange, São Paulo, Brasil. Na Figura 31 observam-se vigas traves treliçadas de banzos paralelos, com cantoneiras e perfis “C” dobrados. Como elemento viga mestra, se tem uma viga treliçada do tipo “Warren com montante”, constituída de perfis “C” dobrados e cantoneiras dispostas paralelamente. A estrutura não possui elementos de travamento, como tirantes entre terças e contraventamentos diagonais

nos módulos. Parte do tapamento lateral é de alvenaria e parte de telha aluzinco trapezoidal. Como elemento terço, observam-se perfis “C” dobrados. As ligações entre os elementos são de união soldada.

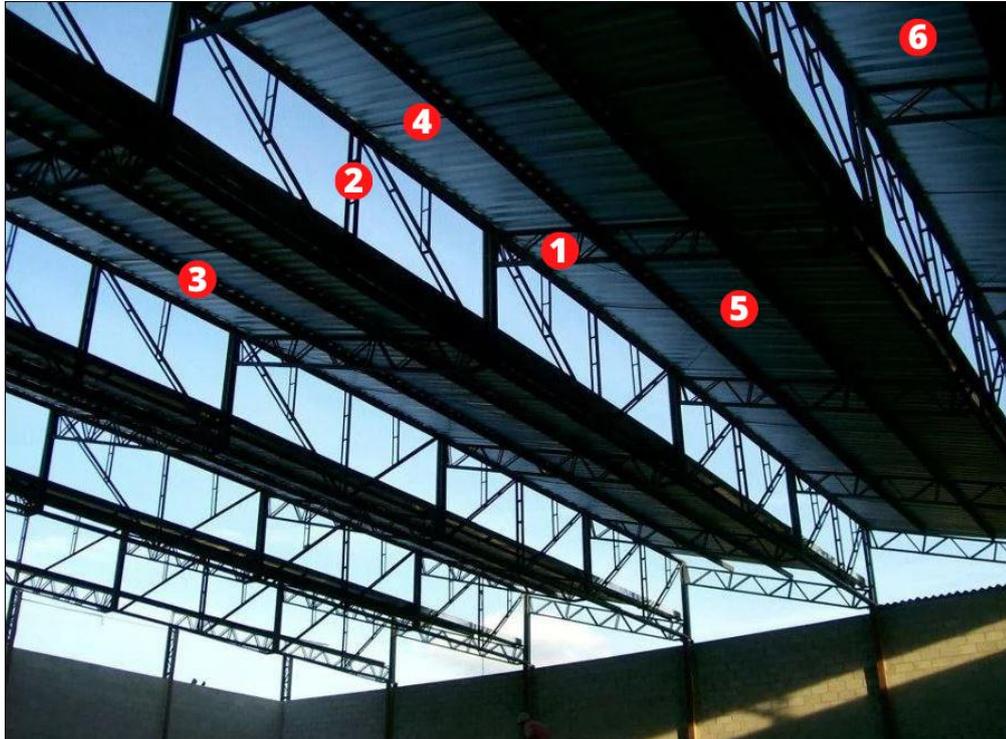
Figura 31 - Cobertura "Shed" da empresa CFC do Brasil e seus elementos funcionais.



Fonte: (Adaptado de: [www.cfcdobrasil.com/portfolio\\_imagens.php?cod\\_galeria=73](http://www.cfcdobrasil.com/portfolio_imagens.php?cod_galeria=73)) [2].

A cobertura observada na Figura 32 apresenta uma estrutura com vãos menores entre as vigas mestres (treliçada com cantoneiras entre os banzos superior e inferior). As vigas traves também são de treliças com banzos paralelos, compostos de cantoneiras e perfis “C” dobrados. Observam-se correntes entre as terças de perfis e contraventamentos em alguns pontos. O tapamento da cobertura é realizado com telha trapezoidal aluzinco. Os perfis empregados nas terças e os tipos de ligações não foram identificados. Este é um projeto da empresa Engmatak Estruturas Metálicas e Construção Civil, São Paulo, Brasil.

Figura 32 - Cobertura "Shed" da empresa CEngmatek Estruturas Metálicas e Construção Civil e seus elementos funcionais.



Fonte: (Adaptado de: [www.fotos.habitissimo.com.br/foto/cobertura-metalica-shed\\_1798778](http://www.fotos.habitissimo.com.br/foto/cobertura-metalica-shed_1798778)) [3].

A quarta cobertura é da empresa MPM Estruturas Metálicas, Jaú, São Paulo, Brasil. Pela Figura 33 observam-se que é um retrato de uma obra em andamento, apenas com a estrutura metálica instalada e início do tapamento da cobertura. Nela, chama-se a atenção a viga trave e as terças, que aparentemente, são de tubos retangulares ou perfis "U" enrijecidos soldados. Já a viga mestre é de mesmo padrão da estrutura observada anteriormente (cantoneiras entre banzos). As telhas adotadas neste projeto são telhas aluzinco ou galvalume onduladas. As ligações aparentemente são de união soldada e na fase de execução observada, não existem componentes de travamento.

Figura 33 - Cobertura "Shed" da empresa MPM Estruturas Metálicas e seus elementos funcionais.



Fonte: (Adaptado de: [www.mpmestruturasmetalicas.com/galeria](http://www.mpmestruturasmetalicas.com/galeria)) [4].

Na Figura 34 verificam-se uma cobertura tipo "Shed" com todos elementos recomendados na literatura. As vigas traves são de tubos retangulares ou de perfis "U" soldados e as vigas mestras são do tipo "Pratt" com união entre banzos de perfis "C". As terças também são de perfis "C" com tirantes – de cantoneiras – entre seus vãos. Observam-se contraventamentos dispostos diagonalmente entre os módulos. A princípio, todas as ligações são soldadas, sem o uso de união parafusada. Os tapamentos laterais e as telhas são compostos de telhas aluzinco ou galvalume. Outro ponto importante a ser analisado, é a proteção superficial com tinta, dessa forma, protege-se a estrutura contra ações químicas e aumentando a vida útil. Não foi possível identificar a empresa responsável pelo projeto e execução dessa obra.

Figura 34 - Cobertura "Shed" e seus elementos funcionais.



Fonte: (Adaptado de: [www.mpmeestruturasmetalicas.com/galeria](http://www.mpmeestruturasmetalicas.com/galeria)) [5].

De uma maneira geral, as coberturas observadas seguem uma linha de construção recomendada pela literatura e normas. As coberturas do tipo “Shed” não são tão comumente aplicadas, logo, não existem muitos modelos consolidados nas buscas online. Contudo, com as opções analisadas já foi possível buscar uma solução mais assertiva e ter uma visão mais crítica no momento da definição dos elementos utilizados no desenvolvimento deste projeto.

#### 4.2.2 Definição dos requisitos de cliente

Primeiramente foi definido as necessidades de clientes, ou seja, se estabeleceu as vontades ou necessidades expressas pelos responsáveis do NAFA. Conversou-se com o Prof. Alexandre Aparecido Buenos responsável pelo laboratório e pela reforma que foi realizada. Estas conversas se deram através de reuniões e trocas de *e-mails*. O professor expôs as necessidades que a nova cobertura teve que atender e que podem ser compreendidas no Quadro 2.

Vale ressaltar que os índices adotados no Quadro 2 não possuem nenhuma relação com o grau de importância das necessidades. Apenas servem de referência para utilização dos dados nas seções posteriores.

Quadro 2 - Necessidade dos clientes.

Índice	Descrição das necessidades dos clientes
1	Resistir às solicitações.
2	Ser segura.
3	Ser de baixo custo.
4	Possuir durabilidade.
5	Permitir manutenção.
6	Permitir iluminação natural.
7	Ser de fácil construção.
8	Possuir vedação contra partículas sólidas e líquidas.
9	Ser termicamente e acusticamente condicionada.
10	Ser de fácil montagem.
11	Permitir ventilação natural.
12	Ser adaptável às condições locais.

Fonte: (AUTOR, 2021).

Transformam-se as necessidades dos clientes em requisitos dos clientes, como pode ser visto no Quadro 3. Assim, passam a ser compreendidas em uma linguagem mais técnica e são desmembradas em pontos mais assertivos.

Quadro 3 - Transformação das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes.

(continua)

Índice	Necessidade dos clientes	Índice	Requisitos dos clientes
1	Resistir às solicitações.	1	Oferecer resistência mecânica.
		2	Distribuir as cargas corretamente a toda estrutura.

Fonte: (AUTOR, 2021).

Quadro 3 – Transformação das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes.

(continua)

Índice	Necessidade dos clientes	Índice	Requisitos dos clientes
		3	Ser estável e rígida.
		4	Atender as normas vigentes.
2	Ser segura.	1	Oferecer resistência mecânica.
		3	Ser estável e rígida.
		4	Atender as normas vigentes.
		5	Possuir acabamentos seguros.
		6	Possuir componentes para manutenção segura.
3	Ser de baixo custo.	7	Possuir materiais comerciais.
		8	Ter fácil manutenção.
		9	Ser de fácil fabricação.
		10	Ter módulos padronizados.
4	Possuir durabilidade.	1	Oferecer resistência mecânica.
		3	Ser estável e rígida.
		11	Possuir resistência à corrosão.
		12	Possuir resistência à intempéries.
		13	Ter vida útil longa.
5	Permitir manutenção.	14	Possuir acessos às áreas que necessitam de manutenção.
		4	Atender as normas vigentes.
		6	Possuir componentes para manutenção segura.
		7	Possuir materiais comerciais.
		15	Ter espaço específico para condensadora de ar condicionado.
6	Permitir iluminação natural.	16	Possuir aberturas com entrada de luz natural.

Fonte: (AUTOR, 2021).

Quadro 3 – Transformação das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes.

(conclusão)

Índice	Necessidade dos clientes	Índice	Requisitos dos clientes
7	Ser de fácil construção.	7	Possuir materiais comerciais
		10	Ter módulos padronizados.
		17	Possuir elementos de união simples.
		18	Ter processos de fabricação simples.
8	Possuir vedação contra partículas sólidas e líquidas.	19	Possuir calhas que atendam a demanda.
		20	Possuir inclinações dos componentes adequadas.
		21	Ser vedada adequadamente.
9	Ser termicamente e acusticamente condicionada.	22	Possuir tapamentos acústicos e resistentes termicamente.
10	Ser de fácil montagem.	7	Possuir materiais comerciais.
		17	Possuir elementos de união simples.
		23	Ter montagem simples.
11	Permitir ventilação natural.	24	Ter aberturas para entrada de ar.
		25	Ter mecanismos para abertura simples.
12	Ser adaptável as condições locais.	26	Possuir sistema de fixação adaptável às condições locais.
		27	Possuir dimensões compatíveis com as condições locais.

Fonte: (AUTOR, 2021).

Como visto no Quadro 3, uma necessidade de cliente pode ter mais de um requisito, além de um mesmo requisito satisfazer mais de uma necessidade.

#### 4.2.3 Valoração dos requisitos de cliente

Com os requisitos de cliente definidos, valoram-se a importância de cada um na construção do projeto, buscando obter uma lista ordinária das prioridades. Para

isso, foi utilizado o Diagrama de Mudge, um método baseado na análise de cada requisito em comparação aos demais.

No método do Diagrama de Mudge, enumeram-se os requisitos de 1 a 27 (no caso deste projeto), e posteriormente, comparam-se estes entre si, atribuindo um grau de importância pré-estabelecido. Os graus subdividem-se em A, B e C, sendo A um requisito pouco mais importante que outro, o qual recebe 1 (um) ponto. O grau B representa a relação de um requisito medianamente mais importante que outro, este recebe 3 (três) pontos. E por fim, o grau C refere-se a um requisito que é muito mais importante que outro, o qual recebe 5 (cinco) pontos. Por fim, realizam-se o somatório da pontuação vigente a cada requisito em uma primeira coluna auxiliar, a seguir, analisam-se o percentual da pontuação de cada requisito em relação ao montante total de pontos, disposta em uma segunda coluna auxiliar. Dessa forma, pode-se indicar a importância de cada requisito em relação ao projeto e estabelecer determinadas prioridades.

A Figura 35 apresenta a construção e o resultado da aplicação do Diagrama de Mudge para projeção deste trabalho.

Figura 35 - Diagrama de Mudge para valoração dos requisitos dos clientes.

Diagrama de Mudge (Requisitos de clientes)																													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Valor	%	
1	1A	1A	1B	1C	1B	1C	1C	1C	1C	1C	1C	1B	1C	1B	1A	102	9,17												
	2	2A	2B	2C	2B	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2B	2C	2C	2B	2C	2C	2B	2C	2B	2C	2C	2B	2C	2B	2C	2A	101	9,08
		3	3B	3C	3B	3C	3C	3C	3C	3C	3B	3C	3B	3C	3C	3B	3C	3C	3B	3C	3B	3C	3C	3B	3C	3B	3A	98	8,81
			4	4C	4A	4B	4C	4C	4C	4B	4B	4B	4C	4C	4B	4C	4B	4A	89	8,00									
				5	6B	7B	8A	5A	10B	11B	12B	13C	14A	5A	16B	5B	5A	19B	5B	21B	5A	5B	24B	5C	26B	27C	18	1,62	
					6	6B	6B	6B	10A	11A	12A	13B	6B	6C	16A	6C	6C	19B	6C	21A	6B	6C	24A	6C	26A	27B	48	4,32	
						7	8A	7A	10B	11B	12B	13C	7A	7A	16B	7B	7B	19B	7C	21B	7A	7B	24B	7B	26C	27C	24	2,16	
							8	8A	10B	11B	12B	13C	8A	8B	16A	8C	8B	19B	8B	21A	8A	8B	24A	8C	26B	27B	27	2,43	
								9	10B	11C	12C	13C	14B	9A	16B	7A	18A	19B	9B	21B	22A	9A	24B	9B	26C	27C	18	1,62	
									10	11A	12A	13B	10A	10A	16A	10C	10B	19A	10C	21A	10B	10B	24A	10C	26B	27B	39	3,51	
										11	11A	13B	11B	11B	11A	11C	11C	11A	11C	11A	11B	11C	11A	11C	26A	27B	55	4,95	
											12	12B	12B	12B	12A	12C	12C	12A	12C	12A	12B	12C	12A	12C	26A	27B	57	5,13	
												13	13B	13C	13A	13C	13C	13A	13C	13B	13C	13C	13A	13C	13A	13A	75	6,74	
													14	14A	16A	14B	14B	19B	14C	21A	14A	14B	24A	14C	26B	27B	25	2,25	
														15	16A	15B	15C	19B	15B	21A	15A	15B	24A	15B	26B	27B	18	1,62	
															16	16B	16B	19A	16B	21A	16B	16B	16A	16B	26B	27B	33	2,97	
																17	18A	19C	17B	21B	22A	23A	24B	17A	26C	27C	4	0,36	
																	18	19B	18B	21B	22A	18A	24B	18B	26C	27C	9	0,81	
																		19	19B	19A	19B	19C	19B	19C	26B	27B	51	4,59	
																			20	21B	22B	20A	24B	20A	26C	27C	2	0,18	
																				21	21A	21B	21A	21B	26B	27B	32	2,88	
																					22	22A	24A	22B	26B	27B	10	0,90	
																						23	24A	23B	26C	27C	4	0,36	
																							24	24B	26B	27B	28	2,52	
																								25	26C	27C	0	0,00	
																									26	27A	68	6,12	
																										27	77	6,92	
																											1112	100,00	
																												Total	

Valor de importância		
A	Um pouco mais importante	1
B	Medianamente mais importante	3
C	Muito mais importante	5

Fonte: (AUTOR, 2021).

A Tabela 1 mostra a organização ordinal da hierarquização dos requisitos de cliente, sendo estes, listados com os valores obtidos no Diagrama de Mudge e sua respectiva classificação.

Tabela 1 - Valoração e hierarquização dos requisitos de clientes.

(continua)

Classificação	Índice	Requisito de clientes	Valor	%
1º	1	Oferecer resistência mecânica.	102	9,17
2º	2	Distribuir as cargas corretamente a toda estrutura.	101	9,08
3º	3	Ser estável e rígida.	98	8,81
4º	4	Atender as normas vigentes.	89	8,00
5º	27	Possuir dimensões compatíveis com as condições locais.	77	6,92
6º	13	Ter vida útil longa.	75	6,74
7º	26	Possuir sistema de fixação adaptável às condições locais.	68	6,12
8º	12	Possuir resistência à intempéries.	57	5,13
9º	11	Possuir resistência à corrosão.	55	4,95
10º	19	Possuir calhas que atendam a demanda.	51	4,59
11º	6	Possuir componentes para manutenção segura.	48	4,32
12º	10	Ter módulos padronizados.	39	3,51
13º	16	Possuir aberturas com entrada de luz natural.	33	2,97

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 1 - Valoração e hierarquização dos requisitos de clientes.

(conclusão)

Classificação	Índice	Requisito de clientes	Valor	%
14º	21	Ser vedada adequadamente.	32	2,88
15º	24	Ter aberturas para entrada de ar.	28	2,52
16º	8	Ter fácil manutenção.	27	2,43
17º	14	Possuir acessos às áreas que necessitam de manutenção.	25	2,25
18º	7	Possuir materiais comerciais.	24	2,16
19º	9	Ser de fácil fabricação.	18	1,62
20º	5	Possuir acabamentos seguros.	18	1,62
21º	15	Ter espaço específico para condensadora de ar condicionado.	18	1,62
22º	22	Possuir tapamentos acústicos e resistentes termicamente.	10	0,90
23º	18	Ter processos de fabricação simples.	9	0,81
24º	23	Ter montagem simples.	4	0,36
25º	17	Possuir elementos de união simples.	4	0,36
26º	20	Possuir inclinações dos componentes adequadas.	2	0,18
27º	25	Ter mecanismos para abertura simples.	0	0,00

Fonte: (AUTOR, 2021).

Avaliando os requisitos elencados como prioridade após a aplicação do método Diagrama de Mudge. Como já era esperado, os três primeiros requisitos são imprescindíveis no projeto estrutural de uma cobertura, sendo eles: oferecer resistência mecânica (1º), distribuir as cargas corretamente a toda estrutura (2º) e ser estável e rígida (3º). Esse resultado reflete a necessidade do cuidado com edificações que recebem pessoas diariamente, e estão submetidas a cargas dinâmicas, como o vento, além das sobrecargas oriundas de ações imprevisíveis. Assim, possuem juntas aproximadamente 30% de importância em relação aos demais.

Atender as normas vigentes (4<sup>o</sup>) também se mostrou um requisito importante, visto que um projeto de acordo com as normas traz uma confiabilidade maior e uma solução com um comportamento estrutural já estudado e validado.

Requisitos relacionados à estrutura antiga, como possuir dimensões compatíveis com as condições locais (5<sup>o</sup>) e possuir sistema de fixação adaptável às condições locais (7<sup>o</sup>), receberam uma atenção especial, visto que a edificação já existe, logo, a cobertura precisou ter todas as dimensões e fixações adequadas.

Um grande problema da cobertura antiga eram as infiltrações da chuva e entradas de animais (pássaros, morcegos, etc) no NAFA, podendo causar danos as máquinas de alto valor agregado. Dessa forma, percebe-se a importância dos requisitos possuir resistência à intempéries (8<sup>o</sup>), possuir calhas que atendam a demanda (10<sup>o</sup>) e ser vedada corretamente (14<sup>o</sup>).

Os requisitos com menos importância, como ter processos de fabricação simples (23<sup>o</sup>), ter montagem simples (24<sup>o</sup>) e possuir elementos de união simples (25<sup>o</sup>), mostram que custos de fabricação e montagem não são tão importantes, sendo um projeto que exige a solução dos principais problemas enfrentados pela cobertura antiga.

Outros requisitos não receberam uma atenção tão especial, mas de certa forma são requisitos muito importantes e precisam ser levados em consideração durante o projeto, como ter vida útil longa (6<sup>o</sup>) e possuir acessos às áreas que necessitam de manutenção (17<sup>o</sup>). A vida útil de uma cobertura com grande investimento deve ser longa, e para isso, manutenções periódicas devem ser realizadas, garantindo a integridade dos componentes estruturais.

#### **4.2.4 Obtenção dos requisitos de projeto**

Nesta seção o objetivo do desenvolvimento é transformar os requisitos dos clientes - dados qualitativos - em requisitos de projeto - características técnico-físicas mensuráveis, com unidades associadas. Dessa forma, conseguem-se mensurações quantitativas que auxiliaram na determinação de características físicas do produto. O Quadro 4 mostra cada requisito de projeto associado ao seu requisito de cliente, lembrando que mais de um requisito de projeto pode atender a um único de cliente.

Quadro 4 - Transformação dos requisitos de cliente em requisitos de projeto.

(continua)

Índice	Requisitos de cliente	Índice	Requisitos de projeto
1	Oferecer resistência mecânica.	1	Carga (N)
		2	Deflexão (m)
2	Distribuir as cargas corretamente a toda estrutura.	1	Carga (N)
3	Ser estável e rígida.	1	Carga (N)
		2	Deflexão (m)
4	Atender as normas vigentes.	3	Coefficiente de segurança do método dos estados limites ( $S_{lim}$ )
5	Possuir acabamentos seguros.	4	Raio de concordância (m)
		5	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )
6	Possuir componentes para manutenção segura.	6	Número de componentes para manutenção (unidades)
		7	Massa (kg)
7	Possuir materiais comerciais.	8	Número de componentes comerciais (unidades)
8	Ter fácil manutenção.	9	Número de componentes totais (unidades)
		10	Tempo de manutenção (h)
		11	Custo (R\$)
9	Ser de fácil fabricação.	9	Número de componentes totais (unidades)
		12	Tempo de fabricação (h)
		11	Custo (R\$)
10	Ter módulos padronizados.	9	Número de componentes totais (unidades)
11	Possuir resistência à corrosão.	13	Taxa de corrosão dos materiais utilizados ( $\mu\text{m}/\text{ano}$ )
12	Possuir resistência à intempéries.	13	Taxa de corrosão dos materiais utilizados ( $\mu\text{m}/\text{ano}$ )
13	Ter vida útil longa.	14	Tempo de vida útil (anos)

Fonte: (AUTOR, 2021).

Quadro 4 - Transformação dos requisitos de cliente em requisitos de projeto.

(continua)

Índice	Requisitos de cliente	Índice	Requisitos de projeto
14	Possuir acessos às áreas que necessitam de manutenção.	15	Pontos de acesso a área de manutenção (unidades)
		16	Área dos locais de manutenção (m <sup>2</sup> )
15	Ter espaço específico para condensadoras de ar condicionado.	17	Comprimento da condensadora X (m)
		18	Largura da condensadora Y (m)
		19	Altura da condensadora Z (m)
16	Possuir aberturas com entrada de luz natural.	20	Número de aberturas (unidades)
		21	Área de entrada da luz (m <sup>2</sup> )
17	Possuir elementos de união simples.	12	Tempo de fabricação (h)
		11	Custo (R\$)
18	Ter processos de fabricação simples.	8	Número de componentes (unidades)
		11	Tempo de fabricação (h)
		10	Custo (R\$)
19	Possuir calhas que atendam a demanda.	22	Largura da calha W (m)
		23	Altura da calha H (m)
		24	Número de pontos de queda de água (unidades)
20	Possuir inclinações dos componentes adequadas.	25	Ângulo (°)
21	Ser vedada adequadamente.	26	Espessura de vedação (m)
22	Possuir tapamentos acústicos e resistentes termicamente.	27	Número de componentes de tapamento (unidades)
		28	Ruído (dB)
		29	Temperatura (°C)

Fonte: (AUTOR, 2021).

Quadro 4 - Transformação dos requisitos de cliente em requisitos de projeto.

(conclusão)

Índice	Requisitos de cliente	Índice	Requisitos de projeto
23	Ter montagem simples.	30	Tempo de montagem (h)
		9	Número de componentes totais (unidades)
24	Ter aberturas para entrada de ar.	20	Número de aberturas (unidades)
		31	Área de entrada do ar (m <sup>2</sup> )
25	Ter mecanismos para abertura simples.	32	Número de componentes para abertura (unidades)
26	Possuir sistema de fixação adaptável às condições locais.	33	Dimensão dos componentes de fixação (m)
27	Possuir dimensões compatíveis com as condições locais.	34	Comprimento da cobertura K (m)
		35	Largura da cobertura L (m)

Fonte: (AUTOR, 2021).

#### 4.2.5 Valoração dos requisitos de projeto

Após ter definido os requisitos de projeto e associado a um requisito de cliente, valoramos e hierarquizamos estes requisitos. É uma etapa primordial para desprender esforços e atenção aos pontos que realmente irão impactar no sucesso do projeto. Além disso, os requisitos de projeto são uma adequação de requisitos abstratos em uma linguagem de engenharia.

Para a hierarquização dos requisitos de projeto foi utilizado a ferramenta do QFD (*Quality Function Deployment*).

Para o desenvolvimento do projeto da cobertura do tipo “Shed”, o QFD foi utilizado com o intuito de relacionar todos requisitos e hierarquizar os mais importantes para projeção. Foi utilizado a Matriz QFD baseada na metodologia de Projeto de Produto de BXTER, 2000, em sua forma simplificada e objetiva.

De forma prática, a Matriz QFD se dá pelo grau de relacionamento entre os requisitos dos clientes e os requisitos de projeto. Esses graus se subdividem-se em: forte (5 pontos), médio (3 pontos) e fraco (1 ponto). Logo, o valor de importância de cada requisito de projeto se dá pelo somatório dos graus de relacionamento entre

requisitos de projeto e cliente multiplicados pelo valor absoluto do requisito de cliente em questão.

O resultado da Matriz QFD exposta no Apêndice A pode ser visualizada na Tabela 2, onde tem-se as suas respectivas classificações ordenadamente, as descrições de cada requisito de projeto e o valor de importância atrelado.

Tabela 2 - Resultado da valoração dos requisitos de projeto através da matriz QFD.

(continua)

Classificação	Índice	Requisito de projeto	Valor
1º	1	Carga (N)	2246
2º	2	Deflexão (m)	2115
3º	3	Coefficiente de segurança do método dos estados limites (S)	2085
4º	14	Tempo de vida útil (anos)	1250
5º	13	Taxa de corrosão dos materiais utilizados ( $\mu\text{m}/\text{ano}$ )	1119
6º	10	Tempo de manutenção (h)	729
7º	8	Número de componentes comerciais (unidades)	858
8º	25	Ângulo ( $^{\circ}$ )	849
9º	33	Dimensão dos componentes de fixação (m)	734
10º	7	Massa (Kg)	729
11º	15	Pontos de acesso a área de manutenção (unidades)	705
12º	34	Comprimento da cobertura K (m)	650
13º	35	Largura da cobertura L (m)	650
14º	6	Número de componentes para manutenção (unidades)	634
15º	27	Número de componentes de tapamento (unidades)	619
16º	26	Espessura de vedação (m)	521
17º	23	Altura da calha H (m)	509
18º	22	Largura da calha W (m)	509

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 2 - Resultado da valoração dos requisitos de projeto através da matriz QFD.  
(conclusão)

Classificação	Índice	Requisito de projeto	Valor
19º	29	Temperatura (°C)	440
20º	4	Raio de concordância (m)	437
21º	11	Custo (R\$)	431
22º	31	Área de entrada do ar (m <sup>2</sup> )	421
23º	12	Tempo de fabricação (h)	408
24º	24	Número de pontos de queda de água (unidades)	404
25º	30	Tempo de montagem (h)	387
26º	20	Número de aberturas (unidades)	344
27º	5	Rugosidade (µm)	328
28º	21	Área de entrada da luz (m <sup>2</sup> )	305
29º	16	Área dos locais de manutenção (m <sup>2</sup> )	303
30º	9	Número de componentes totais (unidades)	300
31º	32	Número de componentes para abertura (unidades)	178
32º	17	Comprimento da condensadora X (m)	156
33º	18	Largura da condensadora Y (m)	156
34º	19	Altura da condensadora Z (m)	156
35º	28	Ruído (dB)	52

Fonte: (AUTOR, 2021).

Como esperado, os três primeiros requisitos de projeto foram: Carga (N), Deflexão (m) e Coeficiente de segurança do método dos estados limites ( $S_{lim}$ ). Todos requisitos que remetem a resistência mecânica e segurança da estrutura. São requisitos que dão a possibilidade de execução da obra e são primordiais de toda estrutura civil.

Outros requisitos relevantes são o Tempo de vida útil (anos), Taxa de corrosão dos materiais utilizados (µm/ano) e requisitos associados a manutenção. Estes possibilitam a longevidade da estrutura, mantendo sempre o ambiente seguro e utilizável.

Ao final da Tabela 2 tem-se os requisitos menos importantes, como características de componentes, mostrando que o foco do projeto é a segurança estrutural, durabilidade e consistência da mesma, não importando tanto custos e arquitetura.

#### **4.2.6 Especificações do projeto**

Nesta seção são definidas as especificações de projeto atreladas a cada requisito de projeto. As especificações são valores objetivos e preferencialmente métricos. São elas que definem se o projeto satisfaz as premissas de funcionalidade, segurança e otimização. Nem sempre é possível ter valores exatos, dessa forma, apontam-se faixas ou condições que devem ser atendidas para que se tenha um desenvolvimento assertivo.

Vale ressaltar que a ordem de prioridade para cada especificação é a mesma do requisito de projeto correspondente. Ademais, foi definido um modo de verificação quanto ao correto atendimento das especificações, bem como os possíveis riscos da sua não observação. Segue na Tabela 3 as especificações de projeto definidas.

Tabela 3 - Especificações técnicas da cobertura do tipo "Shed".

(continua)

Ordem	Requisito de projeto	Especificação de projeto	Modo de verificação	Possíveis riscos
1º	Carga (N)	Suportar as cargas impostas a estrutura segundo a NBR 8800	Dinamômetro	Falha estrutural
2º	Deflexão (m)	Suportar as deflexões máximas previstas NBR 8800 para cada elemento estrutural	Viga Benkelman	Falha estrutural
3º	Coefficiente de segurança do método dos estados limites (S)	$\gamma \geq 1,4$	Análise	Falha estrutural
4º	Tempo de vida útil (anos)	> 60 anos	Testes	Custos de troca
5º	Taxa de corrosão dos materiais utilizados ( $\mu\text{m}/\text{ano}$ )	< 0,18 $\mu\text{m}/\text{ano}$	Testes	Falha estrutural
6º	Tempo de manutenção (h)	< 10 jornadas de trabalho	Cronômetro	Altos custos fixos
7º	Número de componentes comerciais (unidades)	< 1.000 componentes comerciais	Contagem	Extrapolar o orçamento
8º	Ângulo ( $^{\circ}$ )	< 20 $^{\circ}$	Transferidor	Altos custos da obra
9º	Dimensão dos componentes de fixação (m)	< 0,300 m	Trena	Adequação da cobertura a estrutura de alvenaria
10º	Massa (Kg)	100 ton	Balança	Falha estrutural
11º	Pontos de acesso a área de manutenção (unidades)	$\geq 1$ acesso de pessoa para cada módulo	Contagem	Impossibilidade e de manutenção

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 3 - Especificações técnicas da cobertura do tipo "Shed".

(continua)

Ordem	Requisito de projeto	Especificação de projeto	Modo de verificação	Possíveis riscos
12º	Comprimento da cobertura K (m)	= 50,25 m	Trena	Adequação da cobertura a estrutura de alvenaria
13º	Largura da cobertura L (m)	= 36,25 m	Trena	Adequação da cobertura a estrutura de alvenaria
14º	Número de componentes para manutenção (unidades)	< 100 componentes	Contagem	Altos custos fixos
15º	Número de componentes de tapamento (unidades)	Suficientes para vedar toda cobertura	Contagem	Vedação inadequada
16º	Espessura de vedação (m)	< 0,01 m	Paquímetro	Possibilidade de entrada de intempéries e animais
17º	Altura da calha H (m)	≥ 0,2 m	Trena	Não escoar a água adequadamente
18º	Largura da calha W (m)	≥ 0,2 m	Trena	Não escoar a água adequadamente
19º	Temperatura (°C)	< 50°C	Termômetro	Mal condicionamento térmico
20º	Raio de concordância (m)	< 200 mm	Paquímetro	Comprometer a segurança das pessoas
21º	Custo (R\$)	< R\$2.000.000,00	Contagem	Extrapolar o orçamento

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 3 - Especificações técnicas da cobertura do tipo "Shed".

(continua)

Ordem	Requisito de projeto	Especificação de projeto	Modo de verificação	Possíveis riscos
22º	Área de entrada do ar (m <sup>2</sup> )	≥ 0,5 m <sup>2</sup>	Trena/Calculadora	Mal condicionamento térmico
23º	Tempo de fabricação (h)	< 2.000 h	Cronômetro	Demora para trocar a cobertura antiga
24º	Número de pontos de queda de água (unidades)	≥ 20 pontos	Contagem	Não escoar a água adequadamente
25º	Tempo de montagem (h)	< 800 h	Cronômetro	Demora para trocar a cobertura antiga
26º	Número de aberturas (unidades)	≥ 60 aberturas	Contagem	Mal condicionamento térmico
27º	Rugosidade (µm)	< 100 µm	Rugosímetro	Dificultar limpeza e comprometer a segurança das pessoas
28º	Área de entrada da luz (m <sup>2</sup> )	≥ 90 m <sup>2</sup>	Trena/Calculadora	Mal condicionamento térmico
29º	Área dos locais de manutenção (m <sup>2</sup> )	≥ 180 m <sup>2</sup>	Trena/Calculadora	Impossibilitar a manutenção
30º	Número de componentes totais (unidades)	< 5.000 componentes	Contagem	Extrapolar o orçamento
31º	Número de componentes para abertura (unidades)	≥ 1 componente/abertura	Contagem	Impossibilidade e ou dificuldade para abrir as aberturas

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 3 - Especificações técnicas da cobertura do tipo "Shed".

				(conclusão)
Ordem	Requisito de projeto	Especificação de projeto	Modo de verificação	Possíveis riscos
32º	Comprimento da condensadora X (m)	1,1 m	Trena	Espaço insuficiente para alocar as condensadoras de ar condicionado
33º	Largura da condensadora Y (m)	1,0 m	Trena	Espaço insuficiente para alocar as condensadoras de ar condicionado
34º	Altura da condensadora Z (m)	0,5 m	Trena	Espaço insuficiente para alocar as condensadoras de ar condicionado
35º	Ruído (dB)	65 dB	Decibelímetro	Mal condicionamento acústico

Fonte: (AUTOR, 2021).

É importante salientar a dificuldade para definir as especificações técnicas estruturais, pois os carregamentos e ações só serão previstas no dimensionamento. Contudo, sempre se deve satisfazer as normas que norteiam o dimensionamento estrutural, no caso, a NBR 6123 (Forças devidas ao vento em edificações) e a NBR 8800:1986 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios).

Referente as demais especificações, na sua grande maioria, foram estabelecidas em conjunto aos responsáveis pelo NAFA e para satisfazer problemas da cobertura antiga, como vedações, escoamento da água da chuva, infiltrações, ventilação e isolamento térmica.

As especificações definidas acima não são valores que devem ser satisfeitos a todo custo, e sim, valores metas, que posteriormente poderão ser revisados conforme o desenvolvimento do projeto e surgimento de novos detalhes.

### 4.3 PROJETO CONCEITUAL

Neste capítulo foi definida a concepção do projeto com base nas informações advindas do projeto informacional, como as restrições, requisitos e especificações técnicas. Mas antes, foram elaboradas a função global e a estrutura funcional do sistema (funções parciais e funções elementares). Após essas definições, foram desenvolvidos os princípios de solução e uma matriz morfológica para as funções definidas. Posteriormente, foram realizadas as combinações das soluções, resultando em concepções preliminares e concepção final do projeto.

#### 4.3.1 Estrutura funcional

O principal objetivo desta seção é definir a função global do produto e a estrutura funcional do problema.

##### 4.3.1.1 *Formulação da função global*

A função global ou função principal é um método para esclarecer suficientemente o problema do projeto antes que se inicie o desenvolvimento da concepção. Ela define o objetivo do produto, ou seja, é a função total do produto.

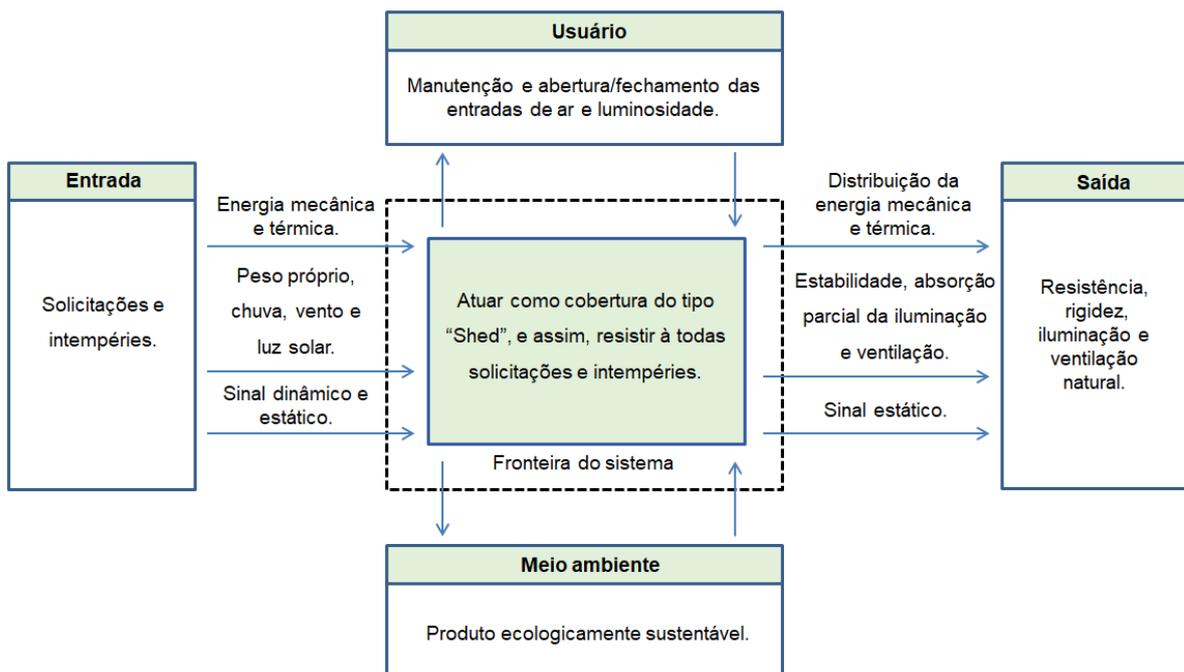
A formulação da função global do sistema é determinada a partir de uma formulação entre as interfaces de sistemas técnicos, usuários e meio ambiente. O primeiro passo é definir a função do sistema sob forma condensada e abstrata, sem nenhum princípio de solução. Logo depois, são definidas as interfaces do sistema técnico periférico, as interfaces com os usuários e com o meio ambiente. Por fim, apontamos todas entradas e saídas de energia, material e sinal.

Traduzindo esse método de formulação da função global para o desenvolvimento de uma cobertura do tipo “Shed”, definem-se a função global do sistema como: “atuar como cobertura do tipo “Shed”, e assim, resistir à todas solicitações e intempéries”. Logo, as entradas são as solicitações estruturais e

intempéries e as saídas a resistência, rigidez, iluminação e ventilação natural. Detalhando essas entradas, tem-se energia mecânica (cargas e tensões) e térmica (irradiação solar); material sendo a chuva, o peso próprio e o vento; sinais dinâmicos e estáticos. Já como intermédio entre a função global e as interfaces de saída, a distribuição da energia mecânica e térmica, a estabilidade e absorção parcial da iluminação e ventilação, e por fim, o sinal estático.

O usuário terá a relação com a cobertura realizando manutenções e aberturas/fechamentos das entradas de ar e luminosidade. Já em relação ao meio ambiente, sua contribuição se dá principalmente na construção e aplicação, sendo ecologicamente sustentável. A Figura 36 mostra o diagrama com os resultados da análise.

Figura 36 - Diagrama de determinação da função global do sistema.



Fonte: (AUTOR, 2021).

A determinação de uma função principal ou global é explicar de forma explícita a existência do produto sob a ótica do usuário. Dessa forma, tem-se um marco central para desmembrar as funções subsequentes sem tangenciar o real objetivo da mesma.

#### 4.3.1.2 *Desenvolvimento da estrutura funcional do sistema*

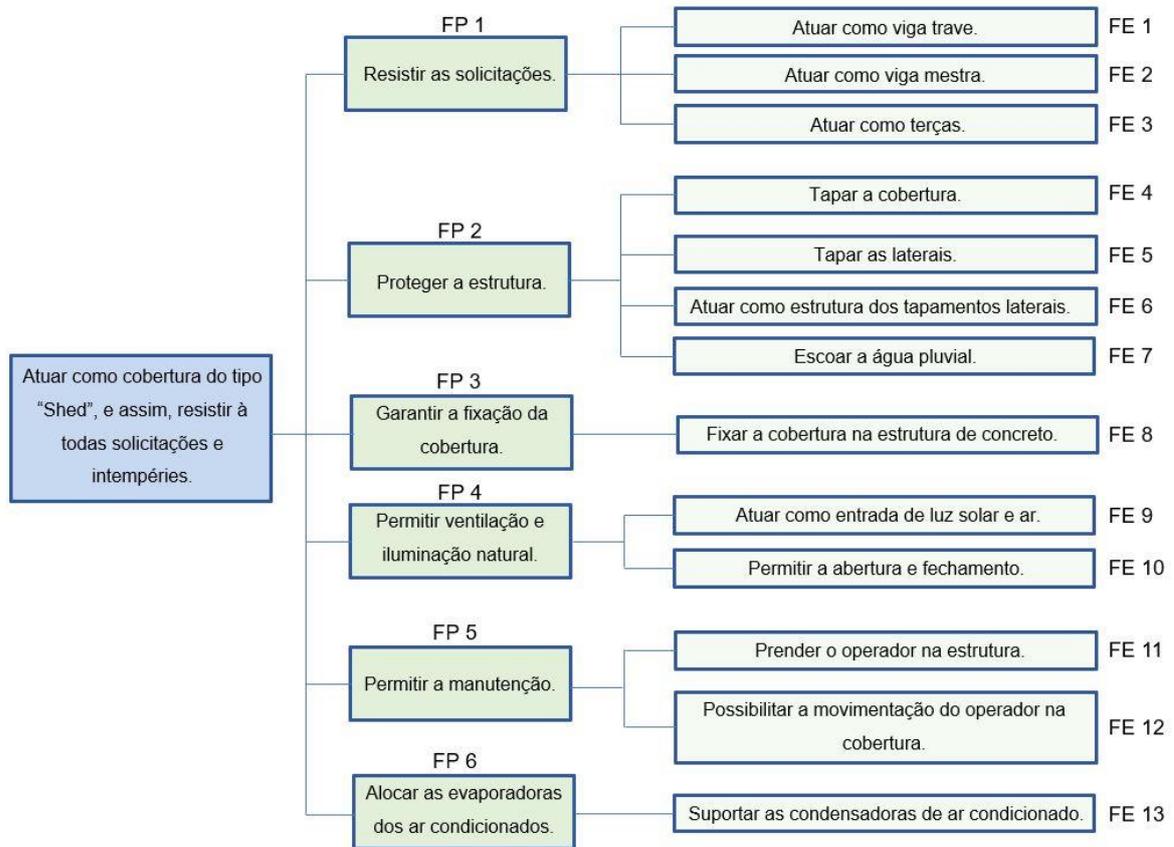
Difícilmente se consegue visualizar ou encontrar uma solução para função global que transforma diretamente as entradas em saídas como mostrado na seção anterior. Portanto, utilizam-se um método de diagrama chamado de estrutura funcional do sistema, onde ocorre o desdobramento da função global.

Objetivo da estrutura funcional do sistema é decompor a função global a ser executada em funções mais simples denominadas de funções parciais, até o nível de funções elementares, de modo a atender as especificações de projeto. A interligação das subfunções resulta na estrutura da função (estrutura funcional), assim, quando as funções elementares são executadas a função global do produto é realizada.

Analisa-se o fluxo linear de desdobramento das funções global para parcial (FP), e parcial para elementar (FE), pergunta-se "como", isto é, de que forma as funções menos complexas representam soluções para as funções mais complexas. Já analisando o inverso, partindo-se das funções elementares para a função global deve-se realizar a pergunta "por quê?", apresentando motivo pelo qual as funções de maior complexidade apresentam-se como justificativa da existência das funções de menor complexidade.

Para esse projeto, foram determinadas 6 funções parciais (FP de 1 a 6) e 13 funções elementares (FE de 1 a 13). A Figura 37 mostra o resultado do diagrama.

Figura 37 - Diagrama da estrutura funcional do sistema.



Fonte: (AUTOR, 2021).

#### 4.3.2 Matriz morfológica dos princípios de soluções

Com o objetivo de listar e escolher princípios de soluções para as funções elementares descritas no subcapítulo anterior, buscou-se um método de levantamento e análise desses princípios que pudesse mostrar de forma sistemática as possibilidades e escolhas. Para isso, foi decidido utilizar o método da matriz morfológica.

A matriz morfológica é um método de pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros que busca determinar soluções claras e objetivas ao problema.

#### 4.3.2.1 *Pesquisa ou criação de princípios de solução alternativos para cada função elementar*

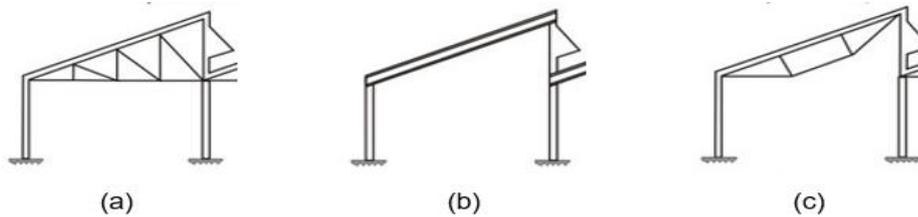
Os princípios de solução levantados são decorrentes da revisão bibliográfica, e principalmente, das pesquisas de coberturas já existentes no mercado. Além disso, novas ideias ou melhorias foram sugeridas através de seções de *brainstormings* com o responsável pela reforma da edificação.

Foram definidos três princípios de soluções para cada função elementar, assim, possibilitando uma diversificação e óticas de projeto. Foram atreladas uma imagem e uma breve descrição para os princípios de solução. Vale ressaltar que as imagens são ilustrativas e orientativas, e que as concepções finais normalmente sofrem alterações.

##### *Princípios de solução para a Função Elementar 1: Atuar como viga trave.*

A função elementar FE 1 está diretamente relacionada com a parte estrutural da cobertura. Ela é imprescindível na sustentação das telhas, terças, passarela e outros carregamentos externos. Além disso, a viga trave é um elemento que está presente em todas os módulos da cobertura, tendo um alto impacto nos custos e nos materiais a serem utilizados. O princípio de solução A, apresentado na Figura 38(a), é formado por uma viga treliçada, com o banzo inferior na horizontal e o banzo superior inclinado. Os banzos são de perfis dobrados do tipo “C”, soldados em cantoneiras de barras chatas dispostas paralelamente entre as mesas dos perfis. O princípio de solução B, mostrado na Figura 38(b), é a adoção de uma viga de alma cheia do tipo “I”, composta por dois perfis “U” enrijecidos (dobrados parcialmente a quente) soldados ao longo da alma. O terceiro princípio de solução (Figura 38(c)), de índice C, é uma solução de viga vagão ou armada, constituídas por perfis e barras de aço, onde a aplicação destes últimos atua na redução dos esforços de flexão e deformações da peça, permitindo a diminuição na altura da viga.

Figura 38 - Princípios de solução para a Função Elementar 1. (a) viga treliçada; (b) viga de alma cheia; (c) viga vagono ou armada.

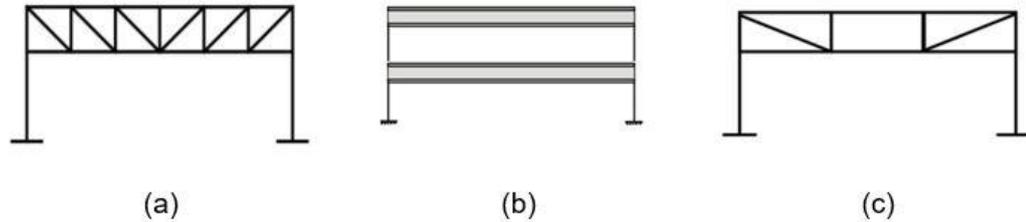


Fonte: (Adaptado de: [6]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 2: Atuar como viga mestra.*

A função elementar FE 2 possui a mesma finalidade estrutural do que a função descrita anteriormente, suportar os esforços e carregamentos da estrutura. Ainda mais importante, a viga mestra é responsável por suportar tensões e descolamentos em quase todas as direções, sendo o principal elemento da estrutura. O princípio de solução A, mostrado na Figura 39(a), é utilização de uma viga treliçada, com banzos superiores e inferiores dispostos paralelamente durante sua extensão. Como na solução A da FE 1, estes banzos são de perfis dobrados do tipo “C”. Já os montantes e as diagonais também são de perfis dobrados do tipo “C”, com dimensões menores, podendo perfeitamente se enquadrar na parte interna dos banzos. Esta é uma solução de aplicação comum e proporciona uma estabilidade em todas as direções da viga. Já o princípio de solução B, apresentado na Figura 39(b), é uma aplicação de duas vigas de alma cheia, dispostas paralelamente ao longo do vão. A mesma possibilita a introdução de esquadrias para janelas maiores. Estas vigas são compostas por perfis “U” enrijecidos, dobrados parcialmente a quente. Suas fixações são feitas nos pilaretes produzidos também de perfis “U” enrijecidos, soldados ao longo das mesas, formando um tubo de seção retangular. O princípio de solução C, apresentado na Figura 39(c), é semelhante a solução A, contudo, sua diferença está na disposição das barras montantes e diagonais. Essa disposição é chamada de viga armada. Os perfis utilizados são os mesmos da solução B.

Figura 39 - Princípios de solução para a Função Elementar 2. (a) viga treliçada; (b) vigas de alma cheia; (c) viga treliçada com barras dispostas de forma distinta.

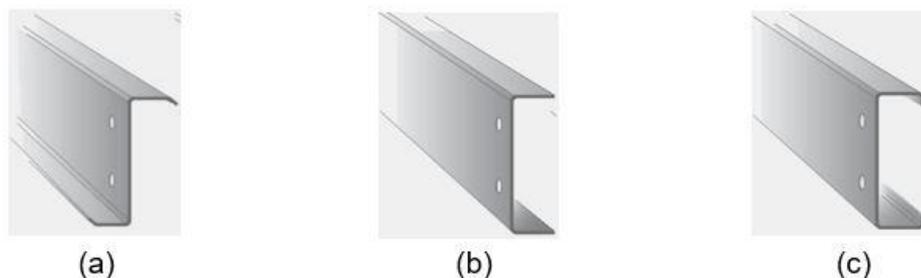


Fonte: (Adaptado de: [7]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 3: Atuar como terças.*

A função elementar que abrange as terças é a FE 3. A mesma tem a finalidade de suportar as tensões e deslocamentos advindos do telhado, como o peso próprio das telhas e carregamentos externos. As terças são sobrepostas entre as vigas traves da estrutura e apoiadas com espaçamentos iguais. O princípio de solução A, mostrado na Figura 40(a), é a adoção de uma barra de perfil dobrado do tipo “Z”. Sua fixação nos apoios é através de parafusos com porcas e arruelas. Já o princípio de solução B, apresentado na Figura 40(b), é a adoção de um perfil do tipo “C”, e como o anterior, fabricado de forma dobrada. O princípio de solução C (Figura 40(c)) é de perfil “U” enrijecido, com construção semelhante aos perfis enrijecidos apresentados como solução na FE 1 e FE 2.

Figura 40 - Princípios de solução para a Função Elementar 3. (a) perfil dobrado do tipo “Z”; (b) perfil do tipo “C”); (c) perfil “U” enrijecido.

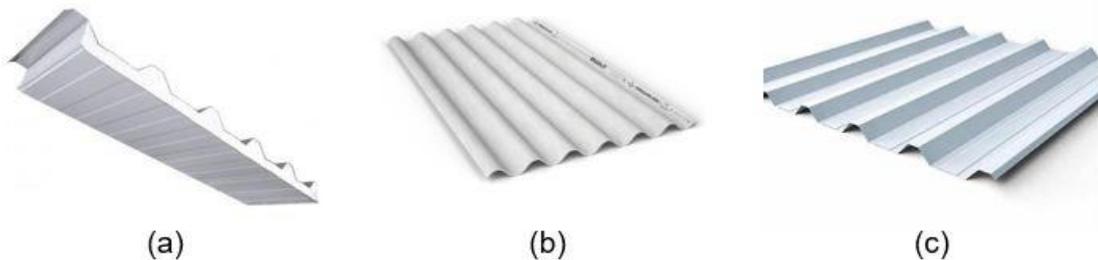


Fonte: (Adaptado de: [8]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 4: Tapar a cobertura.*

Como função elementar FE 4 foi definido as telhas da cobertura. São uma das partes mais importantes do projeto, pois são elas quem garantem a vedação da estrutura e impedem a entrada de intempéries e animais (problema apresentado na cobertura antiga). Como princípio de solução A (Figura 41(a)), foi definido as telhas “sanduíche”, com parte interna de chapa lisa e externa de chapa conformada em formato trapezoidal. Entre as chapas, essas telhas possuem EPS (isopor) ou PU (poliuretano) que garante conforto térmico e acústico à edificação. As chapas destas telhas geralmente são de material aluzinco ou galvanizado. Além de oferecerem conforto térmico e acústico, elas possuem um alto grau de resistência mecânica, possibilitando a instalação de uma passarela sobre a cobertura. O princípio de solução B, mostrado na Figura 41(b), é de fibrocimento com perfil ondulado, sendo uma solução barata e de aplicação comum. A Figura 41(c) apresenta o princípio de solução C, composto por telhas de chapa única de perfil trapezoidal, podendo ter os mesmos materiais das chapas do princípio de solução A.

Figura 41 - Princípios de solução para a Função Elementar 4. (a) telhas “sanduíche”; (b) perfil ondulado; (c) perfil trapezoidal.



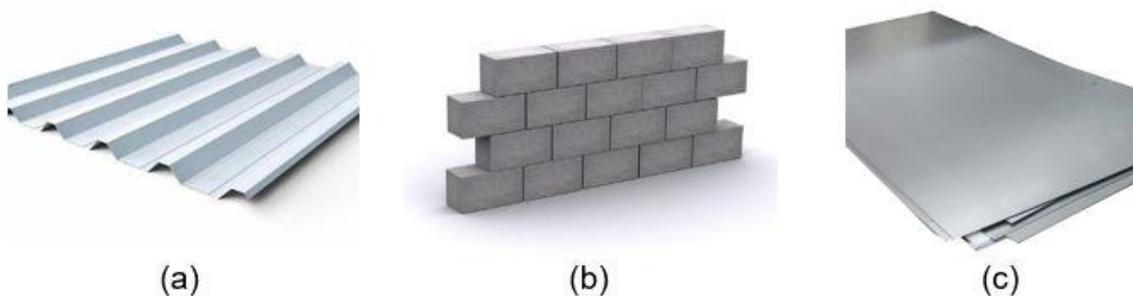
Fonte: (Adaptado de: [9], [10] e [11]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 5: Tapar as laterais.*

A função elementar 5 (FE 5) é semelhante a função anterior, sendo responsável pelo tapamento lateral. De forma análoga, sua função é primordial para vedação e isolamento. O princípio de solução A, mostrado na Figura 42(a) é

exatamente igual ao da Figura 41(c), formado de chapa única de perfil trapezoidal. O princípio de solução B (Figura 42(b)) é mais custoso e mais resistente, sendo de alvenaria. Este tapamento daria continuidade nas paredes da edificação, podendo ser em tijolo a vista ou blocos de concreto com reboco. Já o princípio de solução C, apresentado na Figura 42(c), é a adoção de uma chapa lisa como tapamento lateral, possuindo um acabamento mais simples e de baixo custo. O material geralmente empregado neste tipo de solução é de aluzinco ou aço galvanizado.

Figura 42 - Princípios de solução para a Função Elementar 5. (a) chapa única de perfil trapezoidal; (b) alvenaria; (c) chapa lisa.

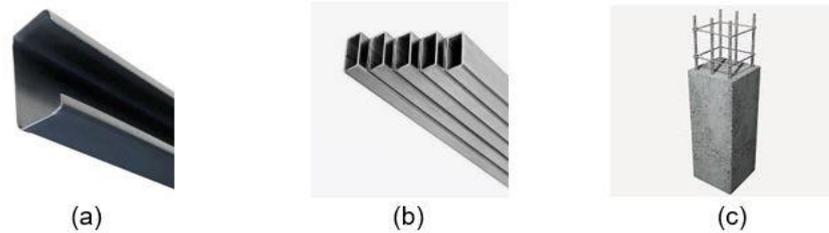


Fonte: (Adaptado de: [11], [12] e [13]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 6: Atuar como estrutura dos tapamentos laterais.*

A função elementar 6 (FE 6) é responsável por servir como elemento estrutural dos tapamentos laterais. De forma análoga as terças, estes elementos servem como ponto de fixação e exercem toda ação estrutural contra os carregamentos laterais, como o vento. Para os princípios de solução, foi definido que o princípio de solução A (Figura 43(a)), é formado de perfis “U” enrijecidos dispostos na vertical. Seu material e forma construtiva são os mesmos dos apresentados nos princípios de solução B da FE 1 e 2. O princípio de solução B, mostrado na Figura 43(b), é baseado em tubos retangulares e fornecem uma sustentação estrutural semelhante a do princípio de solução A. O princípio de solução C (Figura 43(c)) é uma continuação da estrutura de concreto, sendo um pilarete de concreto armado. Sua resistência é mais elevada, contudo agrega mais custos ao projeto.

Figura 43 - Princípios de solução para a Função Elementar 6. (a) perfil “U” enrijecido; (b) perfil retangular; (c) estrutura de concreto.

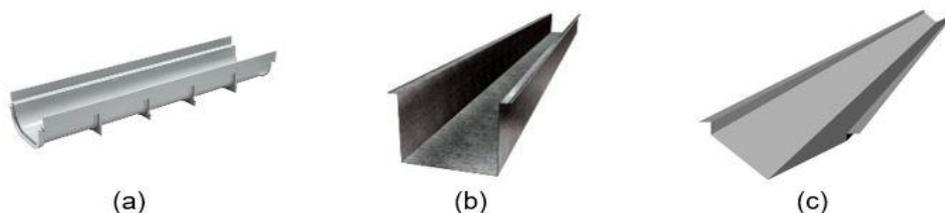


Fonte: (Adaptado de: [14], [15] e [16]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 7: escoar a água pluvial.*

Como função elementar FE 7 foi definido escoar a água pluvial. Seu objetivo é dar destino a água da chuva que escorre do telhado até a parte mais inferior do “Shed”. Normalmente a instalação de calhas é o método mais apropriado e comum nas construções civis. O princípio de solução A, mostrado na Figura 44(a), é a adoção de calhas de polímero, com o formato de meio círculo aberto. Sua fixação é dada por suportes presos a estrutura através de parafusos. O princípio de solução B (Figura 44(b)) é semelhante ao anterior, contudo, com outro formato – retangular – e de material aço galvanizado. Seu emprego é mais comum e de fácil fabricação. Já o princípio de solução C, apresentado na Figura 44(c), é a adoção de uma calha do tipo furtada. Seu perfil é em forma de “V” e escoar um volume menor de água comparado as outras soluções citadas.

Figura 44 - Princípios de solução para a Função Elementar 7. (a) calhas de polímero; (b) calha em formato retangular; (c) calha em forma de “V”.

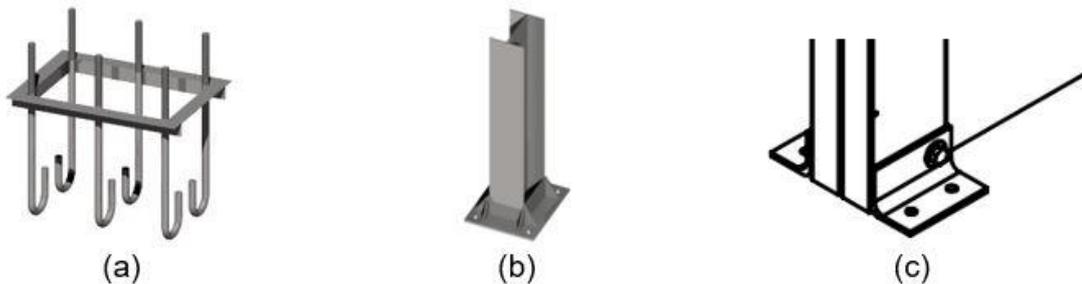


Fonte: (Adaptado de: [17], [18] e [19]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 8: Fixar a cobertura na estrutura de concreto.*

A função elementar FE 8 se refere à fixação da estrutura metálica na estrutura de concreto. Como se trata de uma edificação já existente é de suma importância as suas interfaces. A fixação correta da estrutura metálica garante maior estabilidade, proporcionando maior segurança. Como princípio de solução A (Figura 45(a)), foi definido a fixação através de chumbadores concretados e uma flange soldada ou parafusada no perfil da estrutura. Sua instalação é um pouco mais complicada, já que exige uma nova concretagem. O princípio de solução B, apresentado na Figura 45(b), é a utilização de um suporte metálico parafusado na estrutura de concreto. Seu encaixe é no formato do perfil da estrutura metálica. Por fim, o princípio de solução C (Figura 45(c)), que consiste na utilização de duas chapas dobradas, com um parafuso passante no perfil e fixada com outros parafusos na viga de concreto (esta solução é muito semelhante a da estrutura antiga).

Figura 45 - Princípios de solução para a Função Elementar 8. (a) flange parafusada; (b) suporte parafusado; (c) chapas dobradas.



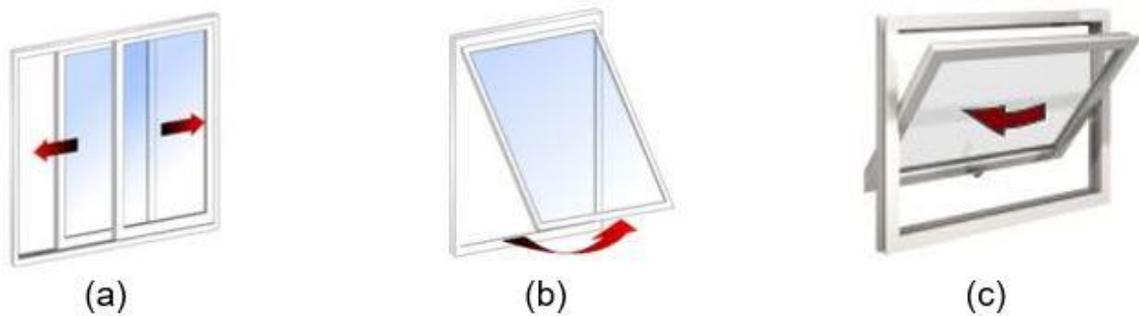
Fonte: (Adaptado de: [20], [21] e AUTOR, 2021)).

*Princípios de solução para a Função Elementar 9: Atuar como entrada de luz solar e ar.*

A cobertura do tipo “Shed” possui como uma das principais vantagens de aplicação a luminosidade e ventilação natural, possuindo entradas em todos os módulos. Logo, a função elementar FE 9 é responsável por proporcionar estas entradas e possibilitar o melhor aproveitamento da luz solar. Como princípio de

solução A, mostrado na Figura 46(a), tem-se janelas de correr com vidros temperados, onde sua armação é feita por esquadrias de alumínio. O princípio de solução B (Figura 46(b)) é a adoção de janelas do tipo maxiar, onde sua abertura é feita produzindo um ângulo entre a esquadria e o vidro. Para esta solução também se aplica vidros temperados, por se tratar de um local mais alto e com alta incidência do vento. E como princípio de solução C, mostrado na Figura 46(c), foi definida janelas pivotantes, possibilitando uma posição de 90° entre a esquadria e o vidro, assim, tendo um aproveitamento maior da entrada de ar. O vidro e as esquadrias são iguais aos do princípio de solução A e B.

Figura 46 - Princípios de solução para a Função Elementar 9. (a) janelas de correr; (b) janelas do tipo “maxiar”; (c) janelas pivotantes.



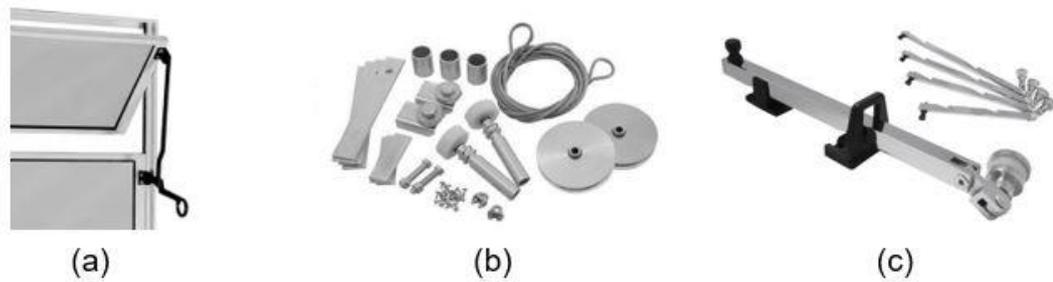
Fonte: (Adaptado de: [22]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 10: Permitir a abertura e fechamento.*

A função elementar FE 10 descreve como deve ser o mecanismo de abertura das janelas descritas na função elementar anterior. Obviamente, o princípio de solução que foi adotado na FE 9 irá impactar na escolha da solução do mecanismo de abertura. Como princípio de solução A (Figura 47(a)) foi definido um mecanismo de haste, que consiste em hastes mecânicas que movimentam os vidros de acordo com sua trajetória de abertura. O princípio de solução B, apresentado na Figura 47(b), é a adoção de um mecanismo de espia, com roldanas e hastes de fixação, aplicados juntamente a uma janela pivotante. E por fim, tem-se o princípio de

solução C (Figura 47(c)), que é para ser utilizado juntamente com uma janela maxiar, permitindo o apoio do vidro em vários ângulos de abertura.

Figura 47 - Princípios de solução para a Função Elementar 10. (a) mecanismo de haste; (b) mecanismo de espia; (c) haste de angulação.

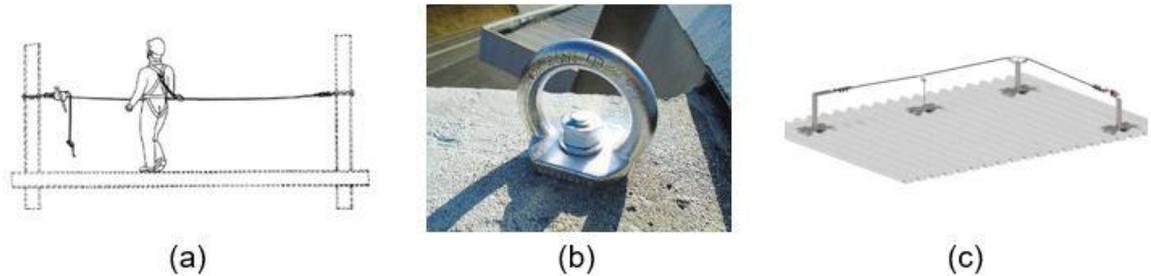


Fonte: (Adaptado de: [23], [24] e [25]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 11: Prender o operador na estrutura.*

A função elementar FE 11 diz a respeito de dispositivos de segurança para manutenção da cobertura. Mais especificamente prender o operador junto a estrutura, para prevenir a queda do mesmo. Como princípio de solução A (Figura 48(a)) foi proposto uma linha de vida, onde que uma espia de aço é fixada entre olhais presos na estrutura metálica, logo, abrange toda extensão da cobertura. O princípio de solução B, mostrado na Figura 48(b), é a adoção de suportes de ancoragem em pontos específicos da estrutura, possibilitando o operador fixar seu cinto. Por último, tem-se o princípio de solução C, mostrado na Figura 48(c), que consiste em uma linha de vida fixada em suportes distribuídos nas periferias do telhado.

Figura 48 - Princípios de solução para a Função Elementar 11. (a) linha de vida; (b) olhal; (c) linha de vida na periferia do telhado.

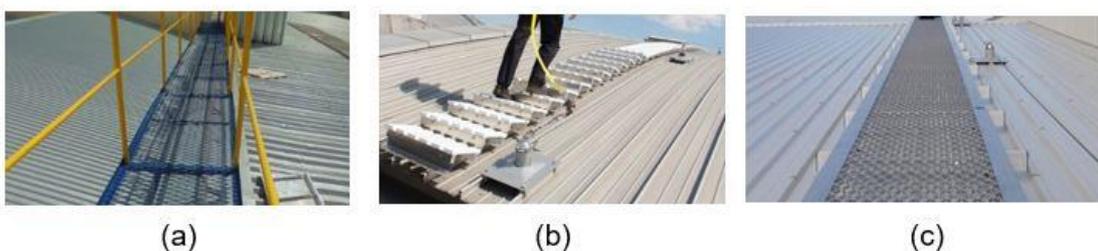


Fonte: (Adaptado de: [26], [27] e [28]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 12: Possibilitar a movimentação do operador na cobertura.*

Para facilitar a manutenção da estrutura, foi previsto algumas soluções para possibilitar a movimentação segura do operador sobre a cobertura, sem ser sobre as telhas diretamente. Logo, a função elementar FE 12 é responsável por prever esta solução. Como princípio A (Figura 49(a)) foi definida uma passarela, composta por perfis do tipo “C” e chapas expandidas para passagem e corrimões de tubos metálicos para proteção. O princípio de solução B, mostrado na Figura 49(b), é a adoção de mini escadas de metal, com degraus de chapas rugosas, permitindo que o operador caminhe em uma extensão definida sobre o telhado. Já o princípio de solução C, apresentado na Figura 49(c), é semelhante ao princípio de solução B, contudo, com uma chapa expandida no lugar dos degraus.

Figura 49 - Princípios de solução para a Função Elementar 12. (a) passarela; (b) mini escadas de metal; (c) chapa expandida.

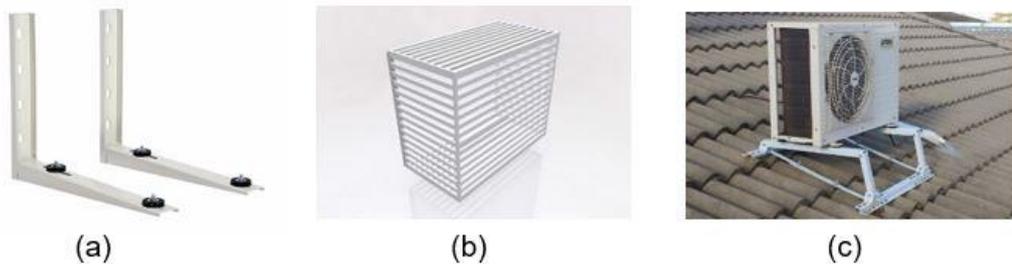


Fonte: (Adaptado de: [29], [30] e [31]).

*Princípios de solução para a Função Elementar 13: Suportar as condensadoras de ar condicionado.*

A última função elementar do projeto é a FE 13, que diz a respeito dos espaços destinados para alocar as condensadoras de ar condicionado. O primeiro princípio de solução (A) é apresentado na Figura 50 (a) e indica a utilização de suportes em formato de “L” fixados próximos a estrutura metálica perpendicular. Já o princípio de solução B, apresentado na Figura 50(b), é a adoção de caixas protetoras, compostas por barras metálicas e soldadas entre si. Sua alocação ficaria em cima do telhado. Por fim, foi definido o princípio de solução C (Figura 50(c)) que é a utilização de suportes metálicos sobre o telhado, possibilitando deixar na horizontal as condensadoras.

Figura 50 - Princípios de solução para a Função Elementar 13. (a) suportes em formato de “L”; (b) caixas protetoras; (c) suportes metálicos.

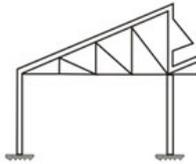
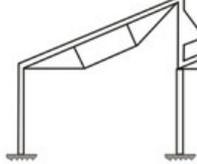
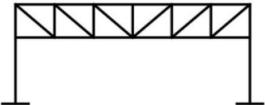
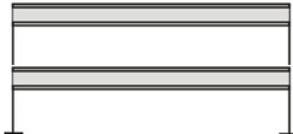
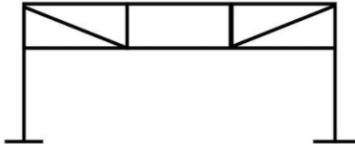


Fonte: (Adaptado de: [32], [33] e [34]).

No Quadro 5, tem-se a matriz morfológica aplicada ao projeto, com os princípios de solução A, B e C dispostos em colunas e as funções elementares, FE 1 à FE 13, dispostas em linhas. Logo, a estrutura apresenta número de linhas igual ao número de funções elementares e o número de colunas igual ao número de soluções da função com mais princípios de solução. A matriz morfológica é uma síntese das opções já citadas e descritas anteriormente.

Quadro 5 - Matriz morfológica do projeto.

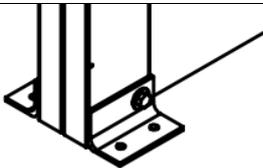
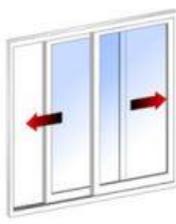
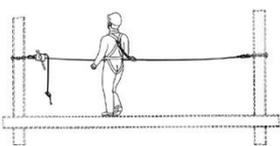
(continua)

Função elementar	Princípios de solução		
	A	B	C
FE 1			
FE 2			
FE 3			
FE 4			
FE 5			
FE 6			

Fonte: (AUTOR, 2021).

Quadro 5 - Matriz morfológica do projeto.

(continua)

Função elementar	Princípios de solução		
	A	B	C
FE 7			
FE 8			
FE 9			
FE 10			
FE 11			

Fonte: (AUTOR, 2021).

Quadro 5 - Matriz morfológica do projeto.

(conclusão)

Função elementar	Princípios de solução		
	A	B	C
FE 12			
FE 13			

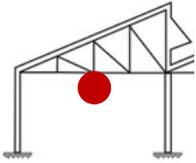
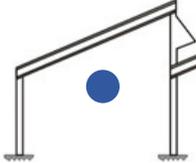
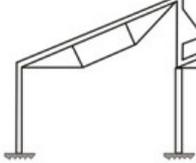
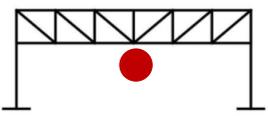
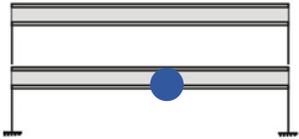
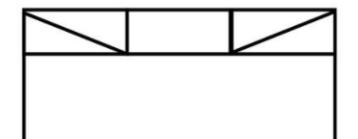
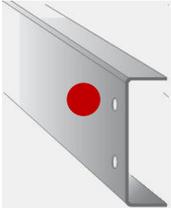
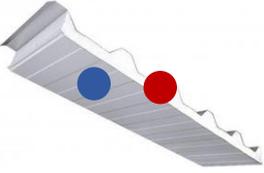
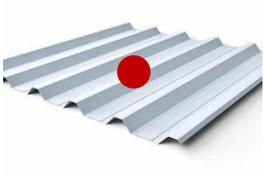
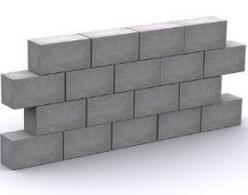
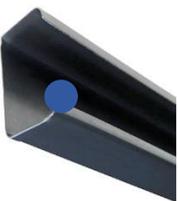
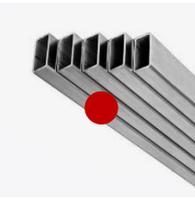
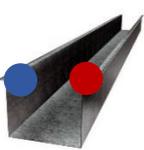
Fonte: (AUTOR, 2021).

#### 4.3.2.1 Descrição e detalhamento das concepções final e alternativa

A fim de possibilitar mais óticas e possibilidades de solução para o problema, determinam-se duas concepções, a final e uma alternativa. Suas escolhas foram realizadas levando em consideração os requisitos e especificações determinados nos capítulos anteriores. As combinações dos princípios de soluções de cada concepção são mostradas no Quadro 6, onde o círculo azul representa a concepção final e o círculo vermelho representa a concepção alternativa.

Quadro 6 - Matriz morfológica com as concepções final e alternativa.

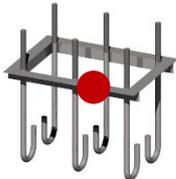
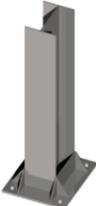
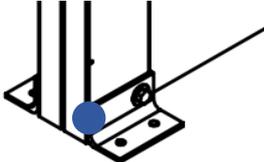
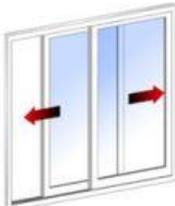
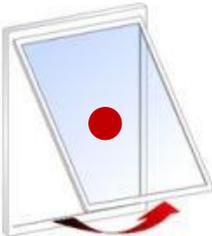
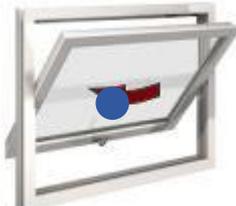
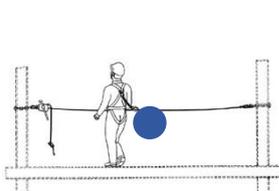
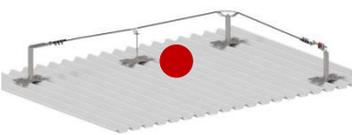
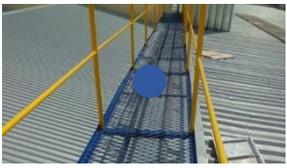
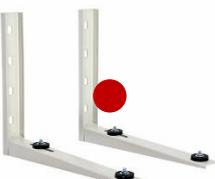
(continua)

Função elementar	Princípios de solução		
	A	B	C
FE 1			
FE 2			
FE 3			
FE 4			
FE 5			
FE 6			
FE 7			

Fonte: (AUTOR, 2021).

Quadro 6 - Matriz morfológica com as concepções final e alternativa.

(conclusão)

Função elementar	Princípios de solução		
	A	B	C
FE 8			
FE 9			
FE 10			
FE 11			
FE 12			
FE 13			

Fonte: (AUTOR, 2021).

A seguir, são descritas as concepções, detalhamentos e suas justificativas de escolhas.

### *Concepção final*

A concepção final é a utilizada no projeto. Sua combinação foi determinada levando em consideração as melhores soluções para o problema e as circunstâncias do projeto, através de estudos e *brainstormings* com os responsáveis pela edificação.

Como elementos estruturais do sistema, utilizam-se uma viga trave de alma cheia, com dois perfis “U” enrijecidos soldados ao longo da alma, formando uma viga do tipo “I”. Esta solução é mais adequada as dimensões necessárias para a estrutura e visa ter um custo mais reduzido, já que emprega menos material. Já para viga mestra, foi escolhido uma solução com duas vigas paralelas de perfil “U” enrijecidos, soldadas em um pilarete tubular. A construção do pilarete também se da por meio de dois perfis “U” enrijecidos, soldados ao longo de suas mesas. Esta solução possibilita a presença de janelas de vidro e são mais adequáveis a estrutura de concreto já existente. Por fim, foram adotadas vigas de perfil “U” enrijecidos para os elementos estruturais das terças. Como pode-se perceber, foi buscado manter um mesmo padrão de perfis estruturais, agregando menos custo a obra.

Nas funções de tapamento da estrutura, para a cobertura foi adotado telhas termo acústicas de aluzinco/galvanizado, com EPS ou PU (que atenda uma resistência de compressão mínima) entre chapas. As chapas externas possuem um perfil trapezoidal, já as internas são lisas. Esta solução é mais aconselhada para a edificação em questão, visto que o laboratório abriga salas de aulas e salas de professores, precisando ser termicamente e acusticamente condicionadas. Para os tapamentos laterais, foi adotada uma solução com chapas lisas, mantendo um padrão com o restante da edificação já reformada. E como elemento estrutural para este tapamento, foi utilizado vigas de perfil “U” enrijecidos, se justificando o uso para manter o padrão citado anteriormente.

Para escoamento das águas pluviais, foi considerada uma solução de calhas de seção retangular, com suportes fixados na viga de concreto. Esta solução é a mais adequada para o projeto, pois as vigas possuem dimensões favoráveis de

apoio. Além disso, essa solução consegue escoar mais volume de água, visto que isso era um problema na cobertura antiga.

Para a função elementar FE 8, fixação da cobertura na estrutura de concreto, foi adotada a fixação dos pilaretes através de duas chapas dobradas, parafusadas no concreto e com um parafuso/porca passante no metal da estrutura. Esta solução viabiliza o uso das esperas já existente na estrutura de concreto.

Para aberturas, foram escolhidas janelas fixas e janelas pivotantes, com vidros temperados para suportar todas as cargas impostas. Essa configuração permite a entrada parcial do ar e integral da luminosidade, proporcionando um consumo menor de energia elétrica para iluminação e ventilação no local. Na mesma lógica, as janelas pivotantes possuem um mecanismo com roldanas e espias para fechamento e abertura.

A manutenção do telhado é um ponto muito importante e requer uma maior acessibilidade e segurança para aplicação. Dessa forma, foi adotada uma passarela de chapa expandida com perfis “C” para base e corrimões de tubos circulares. Esta plataforma é apoiada por meio de chapas em cima do telhado na posição das terças, tendo um apoio resistente e seguro. Para os operadores realizarem a manutenção, foi prevista uma linha de vida, formada de cabos de aço e olhais fixados nos pilaretes. Estes cabos atravessam toda extensão da cobertura e ficam na horizontal, possibilitando os operadores transitarem tanto na passarela quanto no telhado.

Por fim e não menos importante, as condensadoras de ar condicionado recebem uma alocação especial, formada por suportes de metal fixados em parte da viga mestra e na passarela de manutenção. Logo, sua centralização possibilita uma manutenção mais acessível e segura.

Como já citado anteriormente, esta concepção selecionada serviu como base para o desenvolvimento do projeto preliminar e detalhado, não abrangendo todos os detalhes de projeção e construção.

### *Concepção alternativa*

A segunda concepção é uma alternativa para eventuais inviabilidades durante o restante da projeção, como no projeto preliminar e detalhado. Logo, a concepção final pode ser reavaliada com o andamento do projeto. Esta concepção não atende

perfeitamente aos requisitos do projeto, contudo, não deixa de ser aplicável. Por se tratar de uma concepção alternativa, sua descrição a seguir é mais breve.

Como funções elementares de viga trave, têm-se uma estrutura treliçada com banzo inferior horizontal e superior inclinado. Esta solução visa uma maior distribuição das cargas ao longo da estrutura. Sua formação se dá por perfis do tipo “C” com cantoneiras entre os banzos. Já para viga mestra, também foi escolhido uma estrutura treliçada, apoiada na estrutura de concreto e formada por perfis “C”. Para as terças, foi determinada a utilização de barras com perfis “C” para ter uma maior padronização e redução de custos.

Como telha da cobertura, foi definida a mesma solução da concepção final, visto que o condicionamento térmico e acústico é de extrema necessidade. Já o tapamento lateral é de telhas aluzinco/galvanizadas com perfil trapezoidal e sua estrutura é de tubos retangulares.

As calhas seguem a mesma lógica das telhas, necessitam-se adaptar a estrutura de concreto e escoar um volume considerável de água, logo, foi adotado calhas de seção retangular.

A fixação da viga mestra se dá por meio de uma nova concretagem de chumbadores e soldagem das estruturas em um flange de apoio.

As aberturas adotadas para esta concepção são janelas do tipo maxiar, que ficam dispostas na parte externa da viga mestra. Sua abertura e fechamento é realizada através de hastes que mantêm o vidro aberto em um ângulo pré-determinado.

Como meio de manutenção, foi escolhido um sistema de linha de vida com cabos de aço e suportes distribuídos nas periferias do telhado, possibilitando uma maior abrangência no momento da manutenção. Além disso, foi previsto uma via construída com chapa expandida para a transição dos operadores.

Por fim, as condensadoras são fixadas na estrutura através dos suportes convencionais na estrutura. Estes suportes são em forma de “L” e são fixados por parafusos.

#### 4.4 PROJETO PRELIMINAR

O projeto preliminar é a etapa onde foi condicionada as definições realizadas no projeto conceitual, ou seja, é a fase de projeção que acontece a obtenção do

leiaute definitivo da cobertura e validação dos componentes de projeto. É considerada a parte mais importante do projeto, pois nela que ocorre a validação técnica.

Ao longo desta etapa, foi realizada a classificação da arquitetura do projeto, a seleção e especificação dos materiais, a lista de componentes e materiais, a árvore do projeto e o dimensionamento do projeto conforme a NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações e a NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

#### **4.4.1 Arquitetura do produto**

O objetivo desta seção é caracterizar a cobertura quanto a sua arquitetura e projeto. As estruturas do tipo "Shed" ou "dente de serra" são caracterizadas por apresentarem as partes transluzentes em planos diferentes, com inclinações distintas, tendo a forma característica de dente de serra. Estas disposições proporcionam que, se orientada convenientemente, permite uma excelente iluminação natural. Esse tipo de estrutura é adequado, portanto, a edifícios onde são executados trabalhos de precisão (caso deste projeto). Além da iluminação, as aberturas proporcionam ventilação natural, amenizando o uso de condicionadores térmicos ao ambiente.

Pode-se considerar que a cobertura tem uma arquitetura modular, ou seja, diversos elementos compõem a estrutura e se replicam em módulos. Tendo em vista esta definição, a estrutura é constituída de vigas traves transversais soldadas em pilaretes, onde este conjunto é denominado de vigas mestras e são apoiadas nos pilares de concreto armado. Apoiando-se nessas vigas e orientadas perpendicularmente a elas, encontram-se as vigas traves, que por sua vez, servem de apoio às terças. Além dos elementos básicos de uma cobertura do tipo "Shed", este projeto possui passarelas, tapamentos laterais, linha de vida, calhas, apoio para condensadoras de ar condicionados e janelas.

Analisando de forma categórica, pode-se haver mais subdivisões destes módulos. Por exemplo, considera-se um pórtico – pilarete, viga trave e apoio das terças – como um conjunto. Estes pórticos possuem diversas variações, sendo segmentados em pórticos centrais comuns e das vigas, das paredes e das extremidades.

As telhas, juntas de dilatação da parede, linha de vida e suporte para as condensadoras são subdivididos em conjuntos. O fechamento frontal, composto por janelas, chapas de tapamento, rufos e cumeeiras, também é considerado um conjunto. O conjunto das calhas é formado pela calha direita, central e esquerda, onde contempla as chapas dobradas, apoios, tubos e elementos de junção. Separam-se a passarela em bases com chapa expandida, pilares e chapas de apoio e suportes.

Posteriormente, apresentam-se exatamente os conjuntos, subconjuntos e peças que compõem o projeto da cobertura.

#### 4.4.2 Seleção de materiais

Com a concepção principal do projeto determinada, foi realizada a seleção dos materiais que compuseram cada elemento do projeto. O objetivo desta seção é realizar um levantamento técnico-teórico dos principais materiais que foram empregados, dando ênfase aos elementos estruturais, como os perfis dos pilaretes, vigas traves, vigas transversais, terças, passarela e suporte das condensadoras, além das chapas de tapamento, telhas e calhas. Materiais empregados na linha vida, janela, elementos de vedação e fixação, tintas de acabamento e elementos termoacústicos são brevemente descritos nesta seção.

Tratando-se de aços estruturais, tem-se a aplicação de dois tipos de aços de liga ferro e carbono, o ASTM A36 e o SAE 1020. São aços com composições químicas semelhantes, contudo, sua diferença está na aplicação e normas reguladoras. Na Tabela 4, tem-se a composição de cada aço segundo a fabricante de perfis estruturais Tuper.

Tabela 4 - Composição química dos aços ASTM A36 e SAE 1020.

Aço	Carbono (C) % máx	Magnésio (Mn) % máx	Fósforo (P) % máx	Enxofre (S) % máx	Silício (Si) % máx
ASTM A36	0,26	-	0,04	0,05	0,40
SAE 1020	0,23	0,6	0,03	0,05	-

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

O ASTM A36 é regulamentado pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM) e possui suas propriedades mecânicas bem definidas, podendo ser empregado em elementos estruturais. Outra característica importante é sua excelente soldabilidade e conformabilidade. Seu fornecimento se dá basicamente, em chapa, barra retangular e redonda, perfis e cantoneiras. No projeto da cobertura, o A36 foi empregado nos perfis das terças, vigas traves, pilaretes, barras de fechamento lateral e vigas transversais. Além disso, foi empregado nas chapas de apoio das terças, de reforço da viga trave (enrijecedores), de fixação e de suporte dos pilaretes.

Já o aço SAE 1020 é regulamentado pela *Society of Automotive Engineers* (SAE) e é um dos aços carbono mais comumente utilizado pois possui excelente relação custo-benefício comparado com aços mais "ligados". Assim como o A36, possui uma boa soldabilidade e conformabilidade. Seu fornecimento se dá através de barras forjadas e laminadas, perfis e chapas. A aplicação deste aço no projeto da cobertura se dá nos perfis da passarela, tubos da calha e da contenção da passarela, chapas da calha e de apoio das passarelas, além dos suportes das condensadoras.

As propriedades mecânicas de ambos os aços adotadas para o projeto, segundo a NBR 8800, podem ser compreendidas na Tabela 5, sendo tensão limite de escoamento, módulo de resistência e tensão residual.

Tabela 5 - Propriedades mecânicas dos aços ASTM A36 e SAE 1020.

Aço	Limite de escoamento ( $f_y$ ) MPa	Tensão última ( $f_u$ ) MPa	Módulo de elasticidade ( $E$ ) GPa	Tensão residual de projeto ( $f_r$ ) MPa
ASTM A36	250	400	200	115
SAE 1020	350	420	205	115

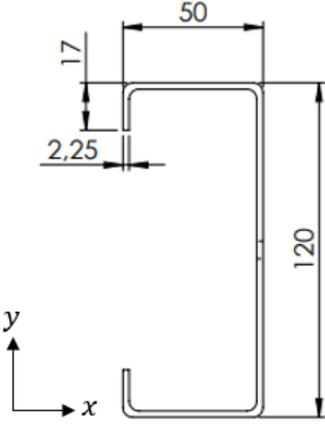
Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

A seguir estão descritos os principais perfis utilizados na cobertura. As referências adotadas são da fabricante Tuper. Os valores apresentados estão nas unidades no Sistema Internacional de Unidades (SI) para facilitar o entendimento no dimensionamento.

### Perfil das terças

O perfil utilizado nas terças é um “U” Enrijecido 120x50x17x2,25 mm de aço ASTM A36. Suas características e dimensões podem ser vistas na Tabela 6.

Tabela 6 - Características do perfil adotado para as terças.

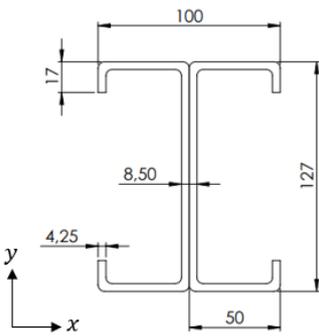
Diagrama	Descrição	Símb.	Valor	Unid.
	Área da Seção	$S$	0,000538	$m^2$
	Peso por metro	$P$	4,22	$kg/m$
	Momento de inércia em “x”	$J_x$	0,0000011918	$m^4$
	Momento de inércia em “y”	$J_y$	0,0000001853	$m^4$
	Módulo de resistência em “x”	$W_x$	0,00002024	$m^3$
	Módulo de resistência em “y”	$W_y$	0,00000571	$m^3$
	Raio de giro em “x”	$i_x$	0,047	$m$
	Raio de giro em “y”	$i_y$	0,0185	$m$
	Distância da linha neutra	$e_y$	0,0153	$m$
	Módulo de resistência elástico de compressão em “x”	$W_{cx}$	0,00001012	$m^3$
	Módulo de resistência elástico de compressão em “y”	$W_{cy}$	0,000002855	$m^3$

Fonte: (Adaptado de: TUPER, 2014).

### Perfil das vigas traves

Já para as vigas traves foi utilizado o perfil “I”, formado por dois “U” Enrijecido 127x50x17x4,25 mm, soldados ao longo das almas, também de ASTM A36. Suas características e dimensões podem ser vistas na Tabela 7.

Tabela 7 - Características do perfil adotado para a viga trave.

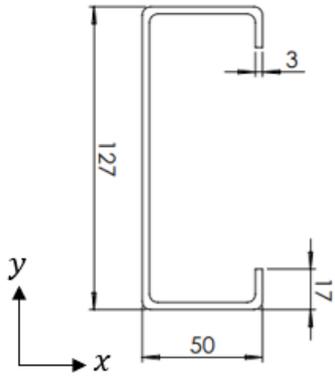
Diagrama	Descrição	Símb.	Valor	Unid.
	Área da Seção	$S$	0,00198	$m^2$
	Peso por metro	$P$	15,56	$kg/m$
	Momento de inércia em "x"	$J_x$	0,000004619	$m^4$
	Momento de inércia em "y"	$J_y$	0	$m^4$
	Módulo de resistência em "x"	$W_x$	0,00007526	$m^3$
	Módulo de resistência em "y"	$W_y$	0,00001868	$m^3$
	Raio de giro em "x"	$i_x$	0,044	$m$
	Raio de giro em "y"	$i_y$	0,0185	$m$
	Distância da linha neutra	$e_y$	0,02198	$m$
	Módulo de resistência elástico de compressão em "x"	$W_{cx}$	0,00003763	$m^3$
	Módulo de resistência elástico de compressão em "y"	$W_{cy}$	0,00000934	$m^3$

Fonte: (Adaptado de: TUPER, 2014).

### Perfil das vigas transversais

Para as vigas transversais também foi selecionado um perfil "U" Enrijecido, contudo, com espessura de 3 mm, sendo especificado como "U" Enrijecido ASTM A36 127x50x17x3,00mm. A Tabela 8 mostra as dimensões e características.

Tabela 8 - Características do perfil adotado para as vigas transversais.

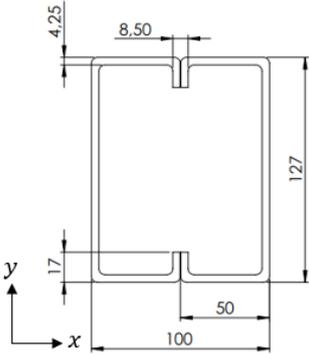
Diagrama	Descrição	Símb.	Valor	Unid.
	Área da Seção	$S$	0,000724	$m^2$
	Peso por metro	$P$	5,68	$kg/m$
	Momento de inércia em "x"	$J_x$	0,000001745	$m^4$
	Momento de inércia em "y"	$J_y$	0,0000002361	$m^4$
	Módulo de resistência em "x"	$W_x$	0,00002815	$m^3$
	Módulo de resistência em "y"	$W_y$	0,00000725	$m^3$
	Raio de giro em "x"	$i_x$	0,0491	$m$
	Raio de giro em "y"	$i_y$	0,0181	$m$
	Distância da linha neutra	$e_y$	0,0144	$m$
	Módulo de resistência elástico de compressão em "x"	$W_{cx}$	0,000014075	$m^3$
	Módulo de resistência elástico de compressão em "y"	$W_{cy}$	0,000003625	$m^3$

Fonte: (Adaptado de: TUPER, 2014).

### Perfil dos pilaretes

O perfil dos pilaretes é de seção retangular, formado por dois perfis "U" Enrijecidos de ASTM A36 com dimensões 127x50x17x4,25 mm, soldados ao longo das mesas. O material do perfil também é de aço ASTM A36. A Tabela 9 mostra as dimensões e características.

Tabela 9 - Características do perfil adotado para os pilaretes.

Diagrama	Descrição	Símb.	Valor	Unid.
	Área da Seção	$S$	0,00198	$m^2$
	Peso por metro	$P$	15,56	$kg/m$
	Momento de inércia em "x"	$J_x$	0,000004619	$m^4$
	Momento de inércia em "y"	$J_y$	0,00007526	$m^4$
	Módulo de resistência em "x"	$W_x$	0,00007526	$m^3$
	Módulo de resistência em "y"	$W_y$	0,00006037	$m^3$
	Raio de giro em "x"	$i_x$	0,044	$m$
	Raio de giro em "y"	$i_y$	0,0423	$m$
	Distância da linha neutra	$e_y$	0,02198	$m$
	Módulo de resistência elástico de compressão em "x"	$W_{cx}$	0,00003763	$m^3$
	Módulo de resistência elástico de compressão em "y"	$W_{cy}$	0,00003018	$m^3$

Fonte: (Adaptado de: TUPER, 2014).

### Perfil das vigas da passarela

Na passarela o perfil que suporta as chapas expandidas é um perfil do tipo "C" com as dimensões 100x50x2,65 mm. Já os perfis onde são apoiados os suportes é do tipo "C" com dimensões 93x40x2,25 mm. E por fim, o perfil do pilar da passarela é do tipo "C" com dimensões 75x40x2,25 mm. Todos estes são de aço SAE 1020. Não foram apresentadas as características específicas, pois os perfis não são dimensionados neste trabalho.

As telhas selecionadas para o projeto são telhas termoacústicas de aço galvanizado ou galvalume (trapezoidal + EPS ou PU com resistência a compressão  $\geq 1,0$  kgf/cm<sup>2</sup> + liso interno), modelo 40/980, espessura da chapa  $\geq 0,5$  mm, altura total da telha 70 mm, pintura externa in natura e pintura interna branca.

As janelas principais – correspondendo a 11 unidades por módulo – são com vidro temperado 8 mm incolor com dimensões de 1200x2900 mm, perfil em alumínio

tipo VT branco, quatro vidros fixos e dois pivotantes com fecho e corrente de 3,5 m. Já as janelas do módulo onde é possível a saída de pessoas para manutenção são de vidro temperado 8 mm incolor com dimensões de 1200x2900 mm, perfil em alumínio tipo VT branco, com três vidros fixos e uma janela pivotante com fecho e corrente de 3,5 metros, e janela de correr com fechadura e chave.

Demais materiais são detalhados na seção a seguir, na tabela de lista de materiais.

#### 4.4.3 Lista de materiais

A lista de materiais é uma síntese de todos os materiais utilizados no projeto e através dela, pudesse obter as informações de entrada para o detalhamento do projeto. O foco deste projeto não é definir um custo do produto, logo não foram discriminados os custos individuais dos materiais.

A lista de materiais, exposta na Tabela 10, apresenta todos os materiais utilizados no projeto, tanto de elementos comerciais, quanto de elementos que foram fabricados especificamente para esta cobertura. A estrutura da tabela é composta por item (apenas para enumerar os materiais, não possui nenhuma estrutura lógica ou interligação com a lista de componentes), descrição do material, tipo de material, unidade de entrada e valor atribuído a esta quantidade informada.

Tabela 10 - Lista de materiais do projeto.

(continua)

<b>Quantidade Total de Materiais do Projeto</b>				
Item	Descrição	Material	Unid.	TOTAL
1	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17x4,25mm	ASTM A36	kg	16230,06
2	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17x3,00mm	ASTM A36	kg	2050,48
3	Perfil "U" Enrijecido 120x50x17x2,25mm	ASTM A36	kg	9146,85
4	Perfil "C" 100x50x2,65mm	SAE 1020	kg	994,67
5	Perfil "C" 93x40x2,25mm	SAE 1020	kg	308,70
6	Perfil "C" 75x40x2,25mm	SAE 1020	kg	2583,74
7	Perfil "C" 50x25x2,25mm	ASTM A36	kg	274,69

Tabela 10 - Lista de materiais do projeto.

(continua)

<b>Quantidade Total de Materiais do Projeto</b>				
Item	Descrição	Material	Unid.	TOTAL
8	Chapa 6,35mm (1/4")	ASTM A36	kg	120,70
9	Chapa 4,75mm (3/16")	ASTM A36	kg	485,05
10	Chapa 3,18mm (1/8" ou 10)	ASTM A36	kg	274,97
11	Chapa 4,75mm (3/16")	SAE 1020	kg	22,75
12	Chapa 3,18mm (1/8" ou 10)	SAE 1020	kg	1686,00
13	Chapa expandida 3,175mm (1/8") - malha 50 x 100mm	SAE 1020	kg	594,00
14	Chapa 0,65mm (24)	Zincada	kg	4296,31
15	Chapa 1,25mm (18)	Zincada	kg	4086,37
16	Chapa 1,55mm (16)	Zincada	kg	2691,61
17	Tubo redondo Ø 25,4mm (1") x parede 2,25mm	SAE 1020	kg	55,15
18	Tubo redondo Ø 101,6mm (4") x parede 1,50mm	SAE 1020	kg	7,62
19	Barra redonda Nylon 2"	Nylon	kg	7,95
20	Barra chata 1/8" x 1"	SAE 1020	kg	19,22
21	Barra redonda laminada Ø 3/4"	SAE 1020	kg	14,34
22	Telha Termoacústica aço galvanizado ou galvalume (trapezoidal + EPS ou PU com resistência a compressão $\geq 1,0$ kgf/cm <sup>2</sup> + liso interno), modelo 40/980, espessura da chapa $\geq 0,5$ mm, altura total da telha 70 mm, pintura externa in natura e pintura interna branca	Zincada, Zincalume ou galvalume	m <sup>2</sup>	1831,00
23	Arruela de vedação Ø 1/2"	Elastômero Borracha	Unit.	260
24	Arruela de vedação Ø 3/16"	Elastômero Borracha	Unit.	180
25	Arruela Lisa Ø 1/2" - zincado branco	Aço	Unit.	420
26	Arruela lisa Ø 1/4" - zincado branco	Aço	Unit.	3000
27	Arruela lisa Ø 3/16" - zincado branco	Aço	Unit.	360
28	Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	Unit.	4117
29	Arruela lisa Ø 5/16" - zincado branco	Aço	Unit.	140

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 10 - Lista de materiais do projeto.

(continua)

<b>Quantidade Total de Materiais do Projeto</b>				
Item	Descrição	Material	Unid.	TOTAL
30	Bucha S8	Plástico	Unit.	1661
31	Cabo de aço classe 6x19, Diâmetro 3/8" - Alma de Aço AA	Aço	m	375
32	Cabo de aço revestido Ø 4 mm (5/32")	Aço	m	1600
33	Chumbador CBA de aço com paraf. âncora 1/2" x 3" – acabamento zincado branco	Aço	Unit.	200
34	Clips Galvanizado para Cabo de Aço 3/8"	Aço	Unit.	240
35	Clips Galvanizado para Cabo de Aço 3/16"	Aço	Unit.	160
36	Esticador Galvanizado 5/8" (Modelo Gancho x Olhal)	Aço	Unit.	30
37	Janelas com vidro temperado 8 mm incolor com dimensões de 1200x2900mm, perfil em alumínio tipo VT branco, 4 vidros fixos e 2 pivotantes com fecho e corrente de 3,5 metros.	Vidro, alumínio e acessórios	Unit.	110
38	Janelas com vidro temperado 8 mm incolor com dimensões de 1200x2900mm, perfil em alumínio tipo VT branco, 3 vidros fixos, 1 janela pivotante com fecho e corrente de 3,5 metros e 1 janela de correr com fechadura com chave.	Vidro, alumínio e acessórios	Unit.	10
39	Olhal Galvanizado Roscado 5/8" - NC	Aço	Unit.	90
40	Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	Unit.	1661
41	Paraf. Auto-brocante Sext. 4,2mm (8) x 13 s/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	Unit.	3196
42	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	Unit.	5715

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 10 - Lista de materiais do projeto.

(continua)

<b>Quantidade Total de Materiais do Projeto</b>				
Item	Descrição	Material	Unid.	TOTAL
43	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3.1/2" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	Unit.	888
44	Parafuso máquina M5x0,8 X 20mm cabeça cônica philips – zincado branco	Aço	Unit.	440
45	Parafuso sextav. M5x0,8 X 25mm – zincado branco	Aço	Unit.	520
46	Paraf. sextav. 1/4" X 1" - UNC - zincado branco	Aço	Unit.	720
47	Paraf. sextav. 3/16" x 1/2" - zincado branco	Aço	Unit.	180
48	Paraf. sextav. 5/16" X 1" - UNC - zincado branco	Aço	Unit.	280
49	Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" X 6" – UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	Unit.	260
50	Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" X 1" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	Unit.	260
51	Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" X 1" – UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	Unit.	780
52	Perfil H interno 1 mm de 15x20mm em PVC branco	PVC	m	106,52
53	Placa de EPS espessura 50 mm	EPS	m <sup>2</sup>	179,47
54	Placa de EPS espessura 30 mm	EPS	m <sup>2</sup>	86,30
55	Manta asfáltica adesiva aluminizada com espessura 3mm	Manta asfáltica	m <sup>2</sup>	300
56	Porca Sext. Galvanizada 5/8" - NC (Rosca Direita)	Aço	Unit.	210
57	Porca Sext. Galvanizada 5/8" - NC (Rosca Esquerda)	Aço	Unit.	30
58	Porca sextav. 1/4" X 1" - UNC - zincado branco	Aço	Unit.	720
59	Porca sextav. 3/16" X 1" - UNC - zincado branco	Aço	Unit.	180
60	Porca sextav. 5/16" X 1" - UNC - zincado branco	Aço	Unit.	140

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 10 - Lista de materiais do projeto.

(conclusão)

<b>Quantidade Total de Materiais do Projeto</b>				
Item	Descrição	Material	Unid.	TOTAL
61	Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	Unit.	780
62	Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	Unit.	260
63	Porca sextav. M5 – zincado branco	Aço	Unit.	560
64	Sapatilha Galvanizada Standard 3/8"	Aço	Unit.	60
65	Poliuretano expandido para vedação da junta de dilatação	PU	m	53
66	Selante do tipo PU	PU	m	5000
67	Massa plástica automotiva	Massa plástica	m <sup>2</sup>	21,45
68	Lixas de granulação variada	-	-	-
69	Querosene, solvente ou desoleante	Produto	m <sup>2</sup>	5327
70	Fundo anticorrosivo, zarcão ou fundo similar	Fundo	m <sup>2</sup>	4394
71	Wash primer fundo fosfatizante	Wash primer	m <sup>2</sup>	933
72	Tinta PU automotiva – cor preto	Tinta PU	m <sup>2</sup>	52
73	Tinta PU automotiva – cor amarelo	Tinta PU	m <sup>2</sup>	882
74	Tinta esmalte sintético – cor branca	Tinta esmalte sintético	m <sup>2</sup>	4394
75	Arame de solda MIG/MAG ER70S-6	Arame	kg	144

Fonte: (AUTOR, 2021).

A lista de materiais e componentes, como suas massas e quantidades específicas, podem ser visualizadas na lista em apêndice (Apêndice B). Nela estão descritas exatamente o material que está atrelado ao elemento.

#### 4.4.4 Árvore do produto e lista de componentes

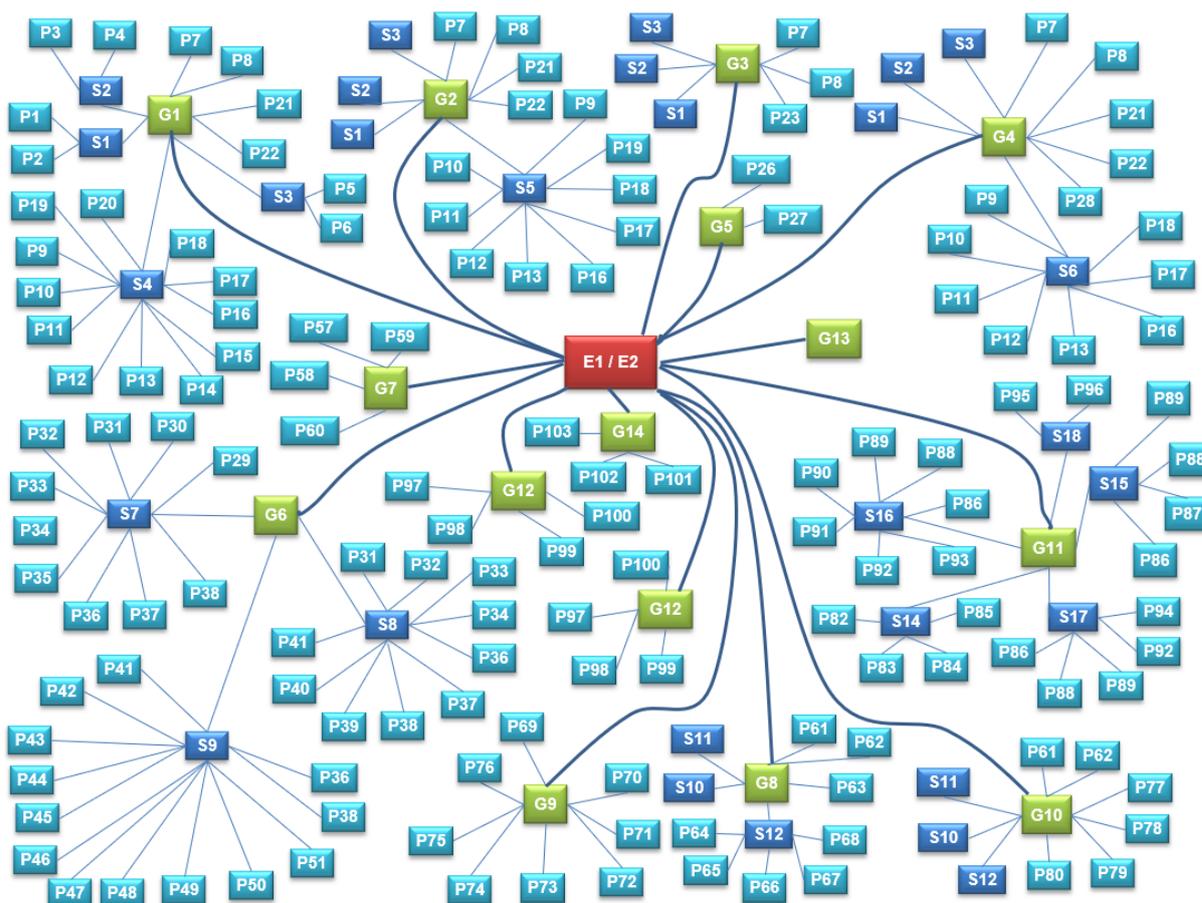
A árvore do produto é uma estrutura que mostra os níveis relevantes de agregação de determinada categoria de produtos e ela é de extrema importância para este projeto. Pois mostra de forma hierarquizada todas os conjuntos,

subconjuntos e peças do projeto, possibilitando assim, uma visualização macroscópica das interações.

Por se tratar de um projeto com grandes quantidades de peças e itens comerciais, foi decidido apenas apresentar na árvore de produto os elementos que necessitam ser fabricados, como barras, vigas, chapas, etc. Os demais elementos comerciais, podem ser compreendidos na lista de componentes e materiais detalhadas do projeto em apêndice (Apêndice B).

A estrutura da árvore do produto apresentada na Figura 51 é classificada em: E como produto, G como conjunto, S como subconjunto e P como peça. Como pode-se perceber, alguns subconjuntos e peças se repetem, isso se deve a utilização em outros conjuntos.

Figura 51 - Árvore do produto.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Cada conjunto, subconjunto e peça recebe um código de desenho técnico que foi utilizado para identificação no projeto detalhado. Desta forma, foi elaborada a lista de componentes identificando sua classificação (árvore do produto), código e nome, possibilitando uma organização para o projeto. A Tabela 11, traz a lista de componentes do projeto. Como comentado anteriormente, as quantidades e materiais de cada componente podem ser visualizadas na lista do Apêndice B.

Tabela 11 - Lista de componentes do projeto.

(continua)

Classificação	Código de Projeto	Nome do componente
E1	01	Módulo sem estrutura
E2	02	Módulo com estrutura
G1	01.01	Pórtico extremidade
S1	01.01.01	Apoio inclinado
P1	01.01.01.01	Perfil apoio inclinado direito
P2	01.01.01.02	Perfil apoio inclinado esquerdo
S2	01.01.02	Pilarete
P3	01.01.02.01	Perfil pilarete direito
P4	01.01.02.02	Perfil pilarete esquerdo
S3	01.01.03	Viga trave
P5	01.01.03.01	Perfil viga trave direito
P6	01.01.03.02	Perfil viga trave esquerdo
S4	01.01.06	Fechamento lateral extremidade
P9	01.01.06.01	Fechamento extremidade 1
P10	01.01.06.02	Fechamento extremidade 2
P11	01.01.06.03	Fechamento extremidade 3
P12	01.01.06.04	Fechamento extremidade 4
P13	01.01.06.05	Fechamento extremidade 5
P14	01.01.06.06	Chapa fechamento extremidade 1
P15	01.01.06.07	Chapa fechamento extremidade 2
P16	01.01.06.08	Chapa fechamento extremidade 3
P17	01.01.06.09	Chapa fechamento extremidade 4
P18	01.01.06.10	Chapa maior fixação perfil extremidade 3
P19	01.01.06.11	Chapa menor fixação perfil extremidade 2
P20	01.01.06.12	Rufo lateral viga
G2	01.02	Pórtico central vigas
P7	01.01.04	Chapa dobrada suporte terças
P8	01.01.05	Chapa reforço viga trave
S5	01.02.01	Fechamento central

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 11 - Lista de componentes do projeto.

(continua)

Classificação	Código de Projeto	Nome do componente
P21	01.01.07	Chapa dobrada suporte pilarete esquerdo
P22	01.01.08	Chapa dobrada suporte pilarete direito
G3	01.03	Pórtico comum
P25	01.03.01	Chapa arruela chumbadores
G4	01.04	Pórtico parede
S6	01.04.02	Fechamento parede
P28	01.04.01	Chapa fechamento pilarete parede
G5	01.05	Viga superior frontal
P26	01.05.01	Perfil viga frontal superior
P27	01.05.02	Perfil viga frontal superior menor
G6	01.06	Calha
S7	01.06.01	Calha direita
S8	01.06.02	Calha esquerda
S9	01.06.03	Calha central
P55	01.06.04	Rufo pingadeira calha
P56	01.06.05	Rufo pingadeira calha menor
P29	01.06.01.01	Chapa tampa calha direita
P30	01.06.01.02	Chapa calha direita
P31	01.06.01.03	Tubo calha
P32	01.06.01.04	Borracha vedação calha
P33	01.06.01.05	Chapa suporte calha 3
P34	01.06.01.06	Chapa suporte calha 6
P35	01.06.01.07	Chapa calha menor direita
P36	01.06.01.08	Clip junção
P37	01.06.01.09	Chapa vedação calha
P38	01.06.03.02	Chapa junção calha
P39	01.06.02.01	Chapa tampa calha esquerda
P40	01.06.02.02	Chapa calha esquerda
P44	01.06.03.01	Chapa calha principal
P42	01.06.03.03	Chapa suporte calha 9
P43	01.06.03.04	Chapa suporte calha 12
P44	01.06.03.05	Chapa suporte calha 15
P45	01.06.03.06	Chapa suporte calha 18
P46	01.06.03.07	Chapa suporte calha 21
P47	01.06.03.08	Chapa suporte calha 24
P48	01.06.03.09	Chapa suporte calha 27
P49	01.06.03.10	Chapa suporte calha 30
P50	01.06.03.11	Chapa suporte calha 33
P51	01.06.03.12	Chapa suporte calha 36
G7	01.07	Terças
P57	01.07.01	Perfil terças

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 11 - Lista de componentes do projeto.

(continua)

Classificação	Código de Projeto	Nome do componente
P58	01.07.02	Perfil terças menor
P59	01.07.03	Chapa interna cumeeira
P60	01.07.04	Chapa interna apoio
G8	01.08	Fechamento frontal com calha
P61	01.08.01	Perfil viga frontal inferior
P62	01.08.02	Chapa fechamento frontal
P63	01.08.03	Chapa pingadeira janela frontal
S10	01.08.04	Janela 1
S11	01.08.05	Janela 2 (correr)
S12	01.15	Abertura janela pivotante
P64	01.15.01	Roldana
P65	01.15.02	Suporte roldana
P66	01.15.03	Suporte pilarete roldana
P67	01.15.04	Suporte roldanas geral
P68	01.15.05	Pino fixação espia de aço
G9	01.09	Cobertura e acabamentos
P69	01.09.01	Telha
P70	01.09.02	Telha menor
P71	01.09.03	Chapa cumeeira ponta shed
P72	01.09.04	Chapa cumeeira lateral viga
P73	01.09.05	Chapa cumeeira canto
P74	01.09.06	Chapa cumeeira lateral centro
P75	01.09.07	Chapa cumeeira ponta shed menor
P76	01.09.08	Chapa fechamento telhado parede
G10	01.10	Fechamento frontal sem calha
P77	01.10.01	Acabamento frontal janela
P78	01.10.02	Rufo frontal janela
P79	01.10.03	Acabamento frontal pilarete extremidade
P80	01.10.04	Acabamento frontal pilarete parede
G11	01.11	Passarela
S13	01.11.01	Base passarela
S14	01.11.02	Base passarela extremidade
S15	01.11.03	Apoio menor passarela
S16	01.11.04	Apoio passarela extremidade
S17	01.11.05	Apoio maior passarela
S18	01.11.06	Suporte mão francesa
P81	01.11.01.01	Perfil menor passarela
P82	01.11.01.02	Perfil maior passarela
P83	01.11.02.01	Perfil maior passarela extremidade
P84	01.11.02.02	Tubo maior contenção passarela
P85	01.11.02.03	Tubo menor contenção passarela

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 11 - Lista de componentes do projeto.

(continua)

Classificação	Código de Projeto	Nome do componente
P86	01.11.03.01	Chapa apoio suporte passarela
P87	01.11.03.02	Perfil 1 suporte passarela
P88	01.11.03.03	Perfil 2 suporte passarela
P89	01.11.03.04	Perfil 3 suporte passarela
P90	01.11.04.01	Perfil suporte extremidade passarela
P91	01.11.04.02	Perfil menor suporte extremidade passarela
P92	01.11.04.03	Chapa suporte passarela
P93	01.11.04.04	Canto perfil menor suporte extremidade passarela
P94	01.11.05.01	Perfil maior suporte passarela
P95	01.11.06.01	Chapa mão francesa suporte
P96	01.11.06.02	Chapa furos suporte
G12	01.12	Suporte condensadora
P97	01.01.12.01	Perfil inferior suporte condensadora
P98	01.01.12.02	Perfil superior suporte
P99	01.01.12.03	Chapa fixadora inferior condensadora
P100	01.01.12.04	Chapa fixadora inferior condensadora
G13	01.13	Linha de vida
G14	01.14	Acabamento junta de dilatação parede
P101	01.01.14.01	Chapa 1 junta lateral parede
P102	01.01.14.02	Chapa 2 junta lateral parede
P103	01.01.14.03	Chapa 3 junta lateral parede

Fonte: (AUTOR, 2021).

A partir desse ponto, todas as considerações aos componentes do projeto são feitas considerando seu código de projeto, principalmente no que compreende os desenhos técnicos.

#### 4.4.5 Modelagem

Foi realizado a modelagem digital dos conjuntos, subconjuntos e peças em *software* CAD com o intuito de visualizar tridimensionalmente o projeto. Dessa forma, é possível colocar em prática a concepção, realizar ajustes e alterações conforme os conflitos dimensionais surjam.

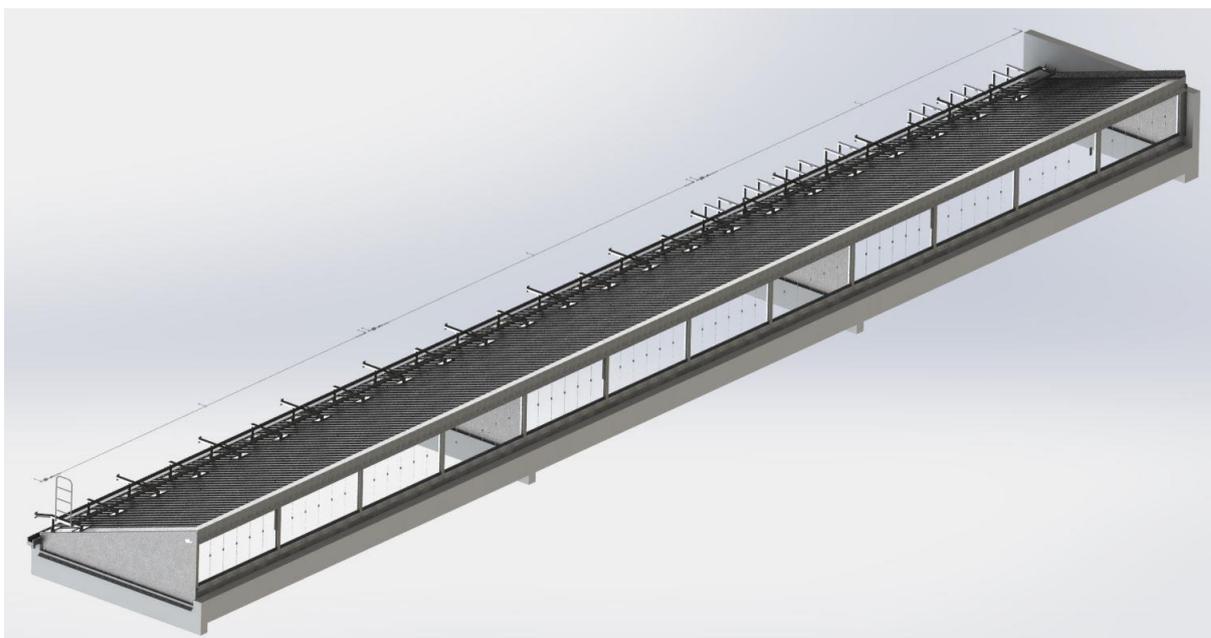
A modelagem da cobertura foi realizada com o auxílio do *software* SolidWorks® largamente utilizado em projetos mecânicos e civis na engenharia. O

mesmo oferece um ambiente de trabalho otimizado, com ferramentas precisas que permitem desenhar formas geométricas em escala. Além disso, o mesmo oferece propriedades dimensionais e estruturais que são úteis ao dimensionamento.

A modelagem visou representar apenas os elementos que necessitam de uma fabricação específica, ficando excluído alguns itens comerciais, como elementos de fixação e vedação.

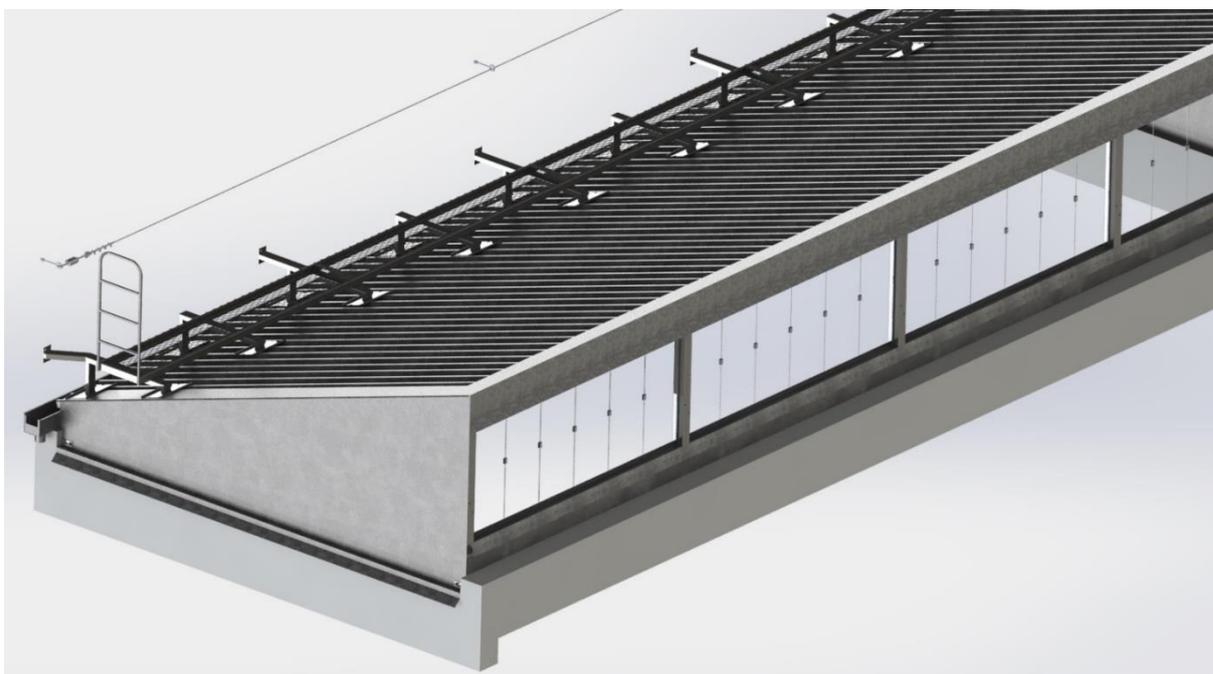
Como se tratam de dez módulos idênticos, exceto o primeiro, realizam-se duas montagens finais, a frontal e as demais. As Figuras 52 até 60, mostram capturas de vistas isométricas dos principais conjuntos da estrutura, sendo compreendidos por suas legendas. Por se tratar de um projeto com uma grande quantidade de componentes, a renderização ficou inviável por falta de capacidade computacional do equipamento utilizado no desenvolvimento do projeto.

Figura 52 - Modelagem digital do conjunto da cobertura.



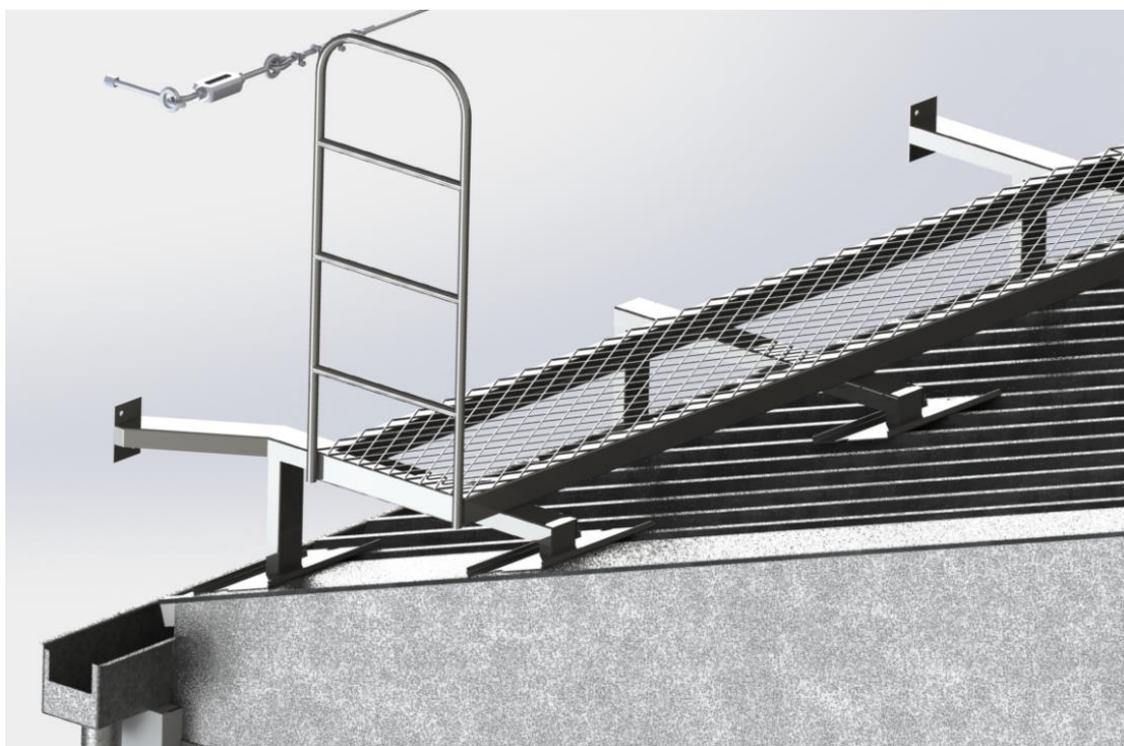
Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 53 - Modelagem digital do módulo principal.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 54 - Modelagem digital da passarela.



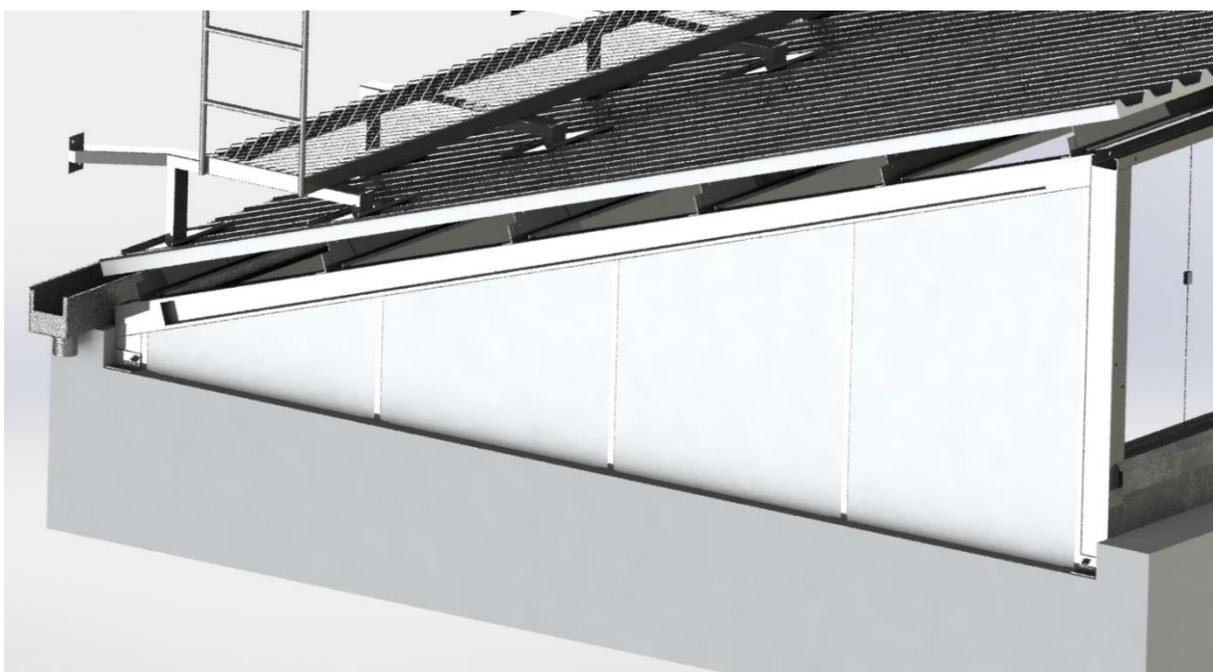
Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 55 - Modelagem digital da estrutura metálica (vista em corte).



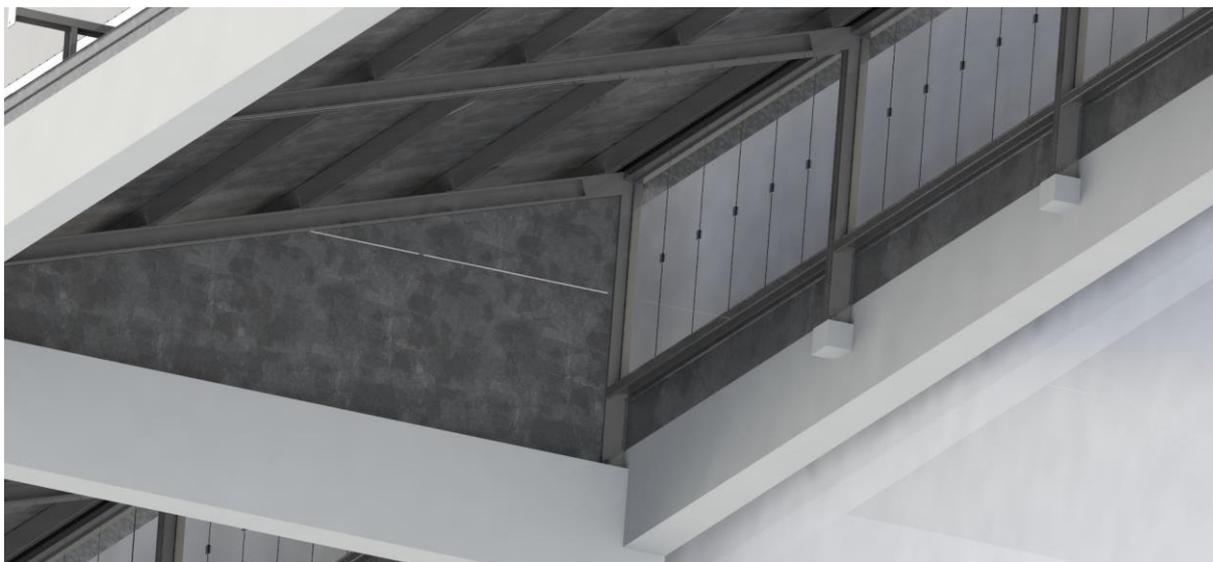
Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 56 - Modelagem digital da estrutura do tapamento (vista em corte).



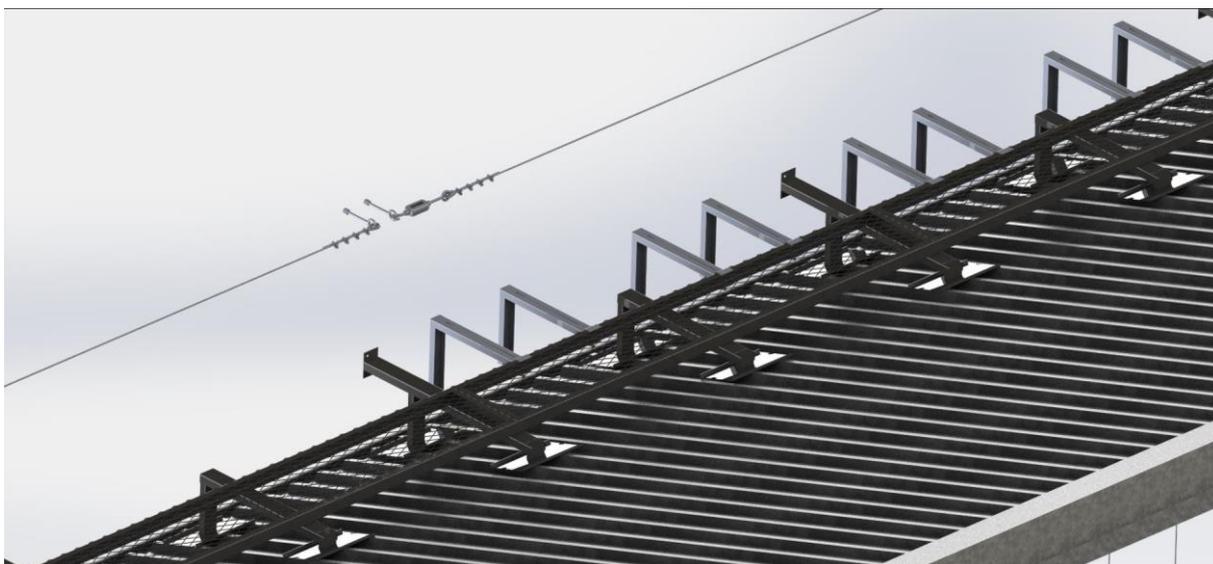
Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 57 - Modelagem digital dos tapamentos internos.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 58 - Modelagem digital da linha de vida e dos suportes de condensadora.



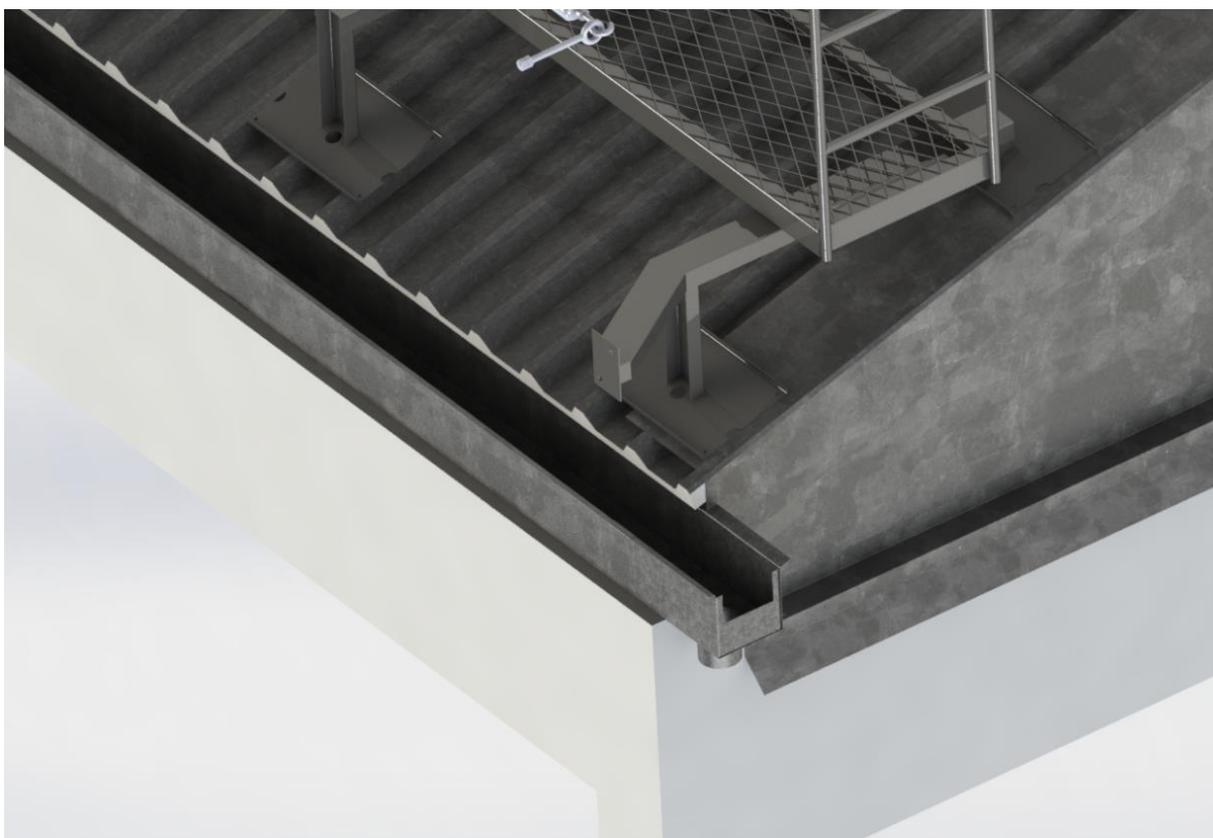
Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 59 - Modelagem digital da parte frontal (janelas principais e janela especial).



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 60 - Modelagem digital da calha.



Fonte: (AUTOR, 2021).

#### 4.4.6 Dimensionamento da estrutura

Esta seção tem o intuito de dimensionar a estrutura seguindo as determinações da NBR 8800 e NBR 6123. Por se tratar de um projeto complexo, neste trabalho foi priorizado os seguintes dimensionamentos: ações devidas ao vento, verificação das terças, verificação da viga trave, verificação das vigas transversais e verificação dos pilaretes, sendo estes, os elementos mais importantes na parte estrutural da cobertura. Ficando exclusiva a verificação da passarela e linha de vida, além dos elementos de fixação e soldas.

As normas NBR 6120 (Cargas para o cálculo de estruturas) e NBR 14762 (dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio) não foram utilizadas para dimensionar a estrutura, sendo utilizadas apenas as normas NBR 8800:1986 e NBR 6123:1988.

##### 4.4.6.1 Ações do vento

As ações do vento são de caráter variável e suas determinações estão previstas na NBR 6123 (Forças devidas ao vento em edificações). Primeiramente foi definida as variáveis necessárias para determinação das ações do vento, indicando seu símbolo, descrição e unidade, conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Lista de variáveis usadas na determinação das ações do vento.

(continua)

Símbolo	Descrição	Unidade
$V_k$	Velocidade característica do vento	m/s
$V_0$	Velocidade básica do vento	m/s
$S_1$	Fator topográfico	Adimensional
$S_2$	Fator rugosidade	Adimensional
$S_3$	Fator estatístico	Adimensional
$b$	Parâmetro meteorológico utilizado para determinar $S_2$	Adimensional
$F_r$	Fator de rajada	Adimensional
$z$	Cota máxima acima do terreno	m
$p$	Expoente da lei potencial de variação de $S_2$	Adimensional
$q$	Pressão dinâmica ou de obstrução	N/m <sup>2</sup>

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 12 - Lista de variáveis usadas na determinação das ações do vento.

(conclusão)

Símbolo	Descrição	Unidade
$C_e$	Coeficiente de pressão externa	Adimensional
$C_{pi}$	Coeficiente de pressão interna	Adimensional
$\alpha$	Ângulo de incidência do vento	°
$\theta$	Ângulo de inclinação do telhado	°
$a^*$	Coeficiente de pressão externa do primeiro tramo	Adimensional
$b^*$	Coeficiente de pressão externa do segundo tramo	Adimensional
$c^*$	Coeficiente de pressão externa do primeiro tramo intermediário	Adimensional
$d^*$	Coeficiente de pressão externa do segundo tramo intermediário	Adimensional
$m^*$	Coeficiente de pressão externa dos demais tramos intermediários	Adimensional
$n^*$	Coeficiente de pressão externa do antepenúltimo tramo	Adimensional
$x^*$	Coeficiente de pressão externa do penúltimo tramo	Adimensional
$z^*$	Coeficiente de pressão externa do último tramo	Adimensional
$b_1$	Dimensão 1 pré-estabelecida pela norma	m
$b_2$	Dimensão 2 pré-estabelecida pela norma	m
$b_3$	Dimensão 3 pré-estabelecida pela norma	m
$h$	Altura da edificação sem considerar a cobertura	m
$P_1$	Área do portão de acesso 1	m <sup>2</sup>
$P_2$	Área do portão de acesso 2	m <sup>2</sup>
$P_3$	Área do portão de acesso 3	m <sup>2</sup>
$J_n$	Área total das aberturas "Shed"	m <sup>2</sup>
$R_1$	Relação de áreas 1	Adimensional
$R_2$	Relação de áreas 2	Adimensional
$F$	Força do vento de projeto	N/m <sup>2</sup>

Fonte: (AUTOR, 2021).

Vale ressaltar que este dimensionamento contém as revisões dos tópicos importantes para este trabalho, não sendo detalhado o que não se aplica. Logo, o

objetivo deste dimensionamento é determinar as ações em decorrência do vento que atuará sobre a estrutura da cobertura. Foi adotado a carga mais crítica como carga de cálculo para as demais verificações.

#### *Determinação da pressão dinâmica ou de obstrução*

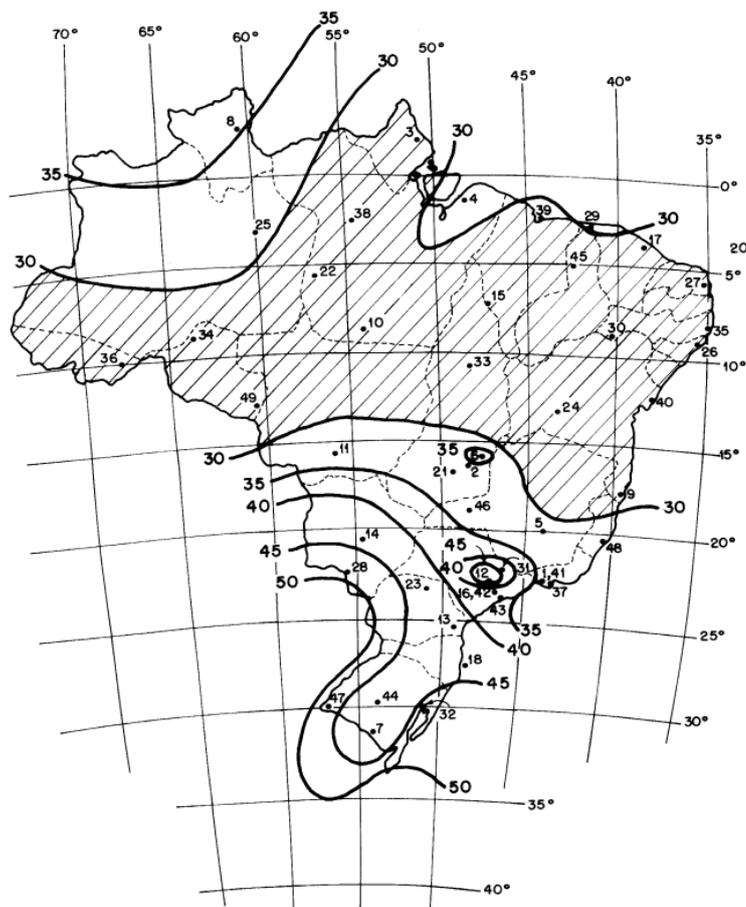
O primeiro passo é determinar a velocidade característica do vento  $V_k$ . Conforme a NBR 6123, foi obtido a mesma a partir da Equação 1. Essa velocidade é utilizada para determinar a pressão dinâmica que atuará sobre a estrutura.

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (1)$$

Os fatores  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  são coeficientes que levam em consideração a topografia, rugosidade e estatística, respectivamente. Conforme as condições do local foram admitidos valores para cada fator.

Segundo a NBR 6123, o valor de  $V_0$ , velocidade básica do vento, pode ser obtido através das isopletas compreendidas pela Figura 61. Essa velocidade corresponde a de uma rajada de 3 segundos, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano.

Figura 61 - Isopletas da velocidade básica  $V_0$  (m/s).



Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

A edificação está localizada em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Logo, foi adotado a seguinte velocidade básica do vento:

$$V_0 = 44 \text{ m/s} \quad (2)$$

Conforme a NBR 6123, o fator  $S_1$  pode ser obtido através de dados experimentais compreendidos pela Tabela 13.

Tabela 13 - O fator topográfico em relação das variações do relevo do terreno.

Descrição da condição do relevo	Fator $S_1$
Terreno plano ou fracamente acidentado.	1,0
Taludes e morros.	Vide a seção 5.2 da NBR 6123:1998.
Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção.	0,9

Fonte: (Adaptado de: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Como o terreno onde a edificação se encontra é plano, foi adotado o fator:

$$S_1 = 1,0 \quad (3)$$

O fator  $S_2$  é determinado definindo uma categoria (relacionada a rugosidade do terreno) e uma classe de acordo com as dimensões da edificação. Estes dados são obtidos pelos Quadros 7 e 8.

Quadro 7 - Categorias em função da rugosidade do terreno.

Descrição do ambiente	Categoria
Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.	I
Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.	II
Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.	III
Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.	IV
Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.	V

Fonte: (Adaptado de: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Quadro 8 - Classes em função das dimensões da edificação.

Descrição das dimensões	Classe
Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.	A
Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.	B
Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.	C

Fonte: (Adaptado de: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Como já visto na seção 4.1, a maior dimensão da edificação é de 50,25 m, logo, a classe definida é C. Já a categoria em relação a rugosidade do terreno adotada é IV, pois a edificação está em uma zona com algumas edificações de médio porte pouco espaçadas.

Com a categoria e classe definidas, foi verificada a tabela da Figura 62, onde se obtém três parâmetros,  $F_r$ ,  $b$  e  $p$ . Esses parâmetros, juntamente com a altura máxima da edificação (considerando a cobertura)  $z$ , são utilizados na Equação 4, que determina o fator  $S_2$ .

Figura 62 - Parâmetros meteorológicos.

Categoria	$z_s$ (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		$F_r$	1,00	0,98	0,95
III	350	p	0,085	0,09	0,10
		b	0,94	0,94	0,93
IV	420	p	0,10	0,105	0,115
		b	0,86	0,85	0,84
V	500	p	0,12	0,125	0,135
		b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Logo, tem-se  $F_r = 0,95$ ,  $b = 0,84$  e  $p = 0,135$ . Com estes valores, substitui-se na Equação 4 e obtém-se o valor do fator  $S_2$ . A altura da edificação  $z$  adotada é de 7,39 m.

$$S_2 = b \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p \quad (4)$$

$$S_2 = (0,84) \cdot (0,95) \cdot \left(\frac{7,39 \text{ m}}{10}\right)^{0,135} \quad (5)$$

$$S_2 = 0,77 \quad (6)$$

De acordo com a NBR 6123, o fator estatístico  $S_3$  pode ser definido dependendo do uso da edificação, e normalmente especificando a vida útil da mesma para 50 anos. Os valores adotados estão descritos na tabela da Figura 63.

Figura 63 - Valores mínimos do fator estatístico  $S_3$ .

Grupo	Descrição	$S_3$
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Por se tratar de um laboratório com maquinário e uma rotatividade de pessoas, foi considerado o Grupo 2 para o fator estatístico, sendo  $S_3 = 1,0$ .

Com os três fatores e a velocidade básica do vento definidos, foi calculado a velocidade característica do vento através da Equação 7.

$$V_k = (44 \text{ m/s}) \cdot (1,0) \cdot (0,77) \cdot (1,0) \quad (7)$$

$$V_k = 33,88 \text{ m/s} \quad (8)$$

Conforme a NBR 6123, após o cálculo da velocidade característica do vento foi determinada a pressão dinâmica ou de obstrução do vento  $q$  (Equação 9). Admiti-se uma pressão atmosférica equivalente a 101.320 Pa e temperatura ambiente 15 °C para o ambiente da edificação.

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \quad (9)$$

$$q = 0,613 \cdot (33,88 \text{ m/s})^2 \quad (10)$$

$$q = 707,635 \text{ N/m}^2 \quad (11)$$

#### *Determinação dos coeficientes de pressão externo e interno*

Segundo a NBR 6123, o vento quando incide em uma edificação gera pressões e sucções. Essas pressões ou sucções são apresentadas em forma de valores pré-definidos na norma, e dependem exclusivamente da forma e da proporção da construção e da localização das aberturas. Para obter as pressões ou sucções foi calculado os coeficientes de pressão externa e interna, gerando combinações entre ambos.

Ainda segundo a NBR 6123, os coeficientes de pressão externa para uma cobertura do tipo “Shed” podem ser obtidos pela tabela da Figura 64 para ângulos de incidência 0° e 180°. Dessa forma, com a inclinação do telhado  $\theta$  e o ângulo de incidência do vento  $\alpha$  foi encontrado os coeficientes de pressão externa  $C_e$  para determinados tramos ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$ ,  $d^*$ ,  $m^*$ ,  $n^*$ ,  $x^*$  e  $z^*$ ). Esses tramos estão descritos na

Figura 65. Caso os valores da inclinação do telhado forem intermediários, deve-se realizar uma interpolação linear dos termos.

Figura 64 - Coeficientes de pressão e de forma, externos, para telhados múltiplos com uma água vertical, de tramos iguais.

Inclinação do telhado $\theta$	Ângulo de incidência do vento $\alpha$	$C_e$								$c_{pe}$ médio	
		Primeiro tramo		Primeiro tramo intermediário		Demais tramos intermediários		Último tramo			
		$a^*$	$b^*$	$c^*$	$d^*$	$m^*$	$n^*$	$x^*$	$z^*$		
10°	0°	+0,6	-0,6	-0,5	-0,2	+0,2	-0,2	+0,2	-0,2	-2,0	-1,5
	180°	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,4	-0,2		
15°	0°	+0,6	-0,7	-0,6	-0,2	+0,1	-0,2	+0,1	-0,3		
	180°	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,5	-0,2		
30°	0°	+0,7	-0,7	-0,6	-0,4	+0,1*	-0,2	+0,1	-0,2		
	180°	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1*	-0,6	+0,1		

\* $C_e = -0,3$  no segundo tramo intermediário; \* $C_e = 0,5$  no último tramo intermediário.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

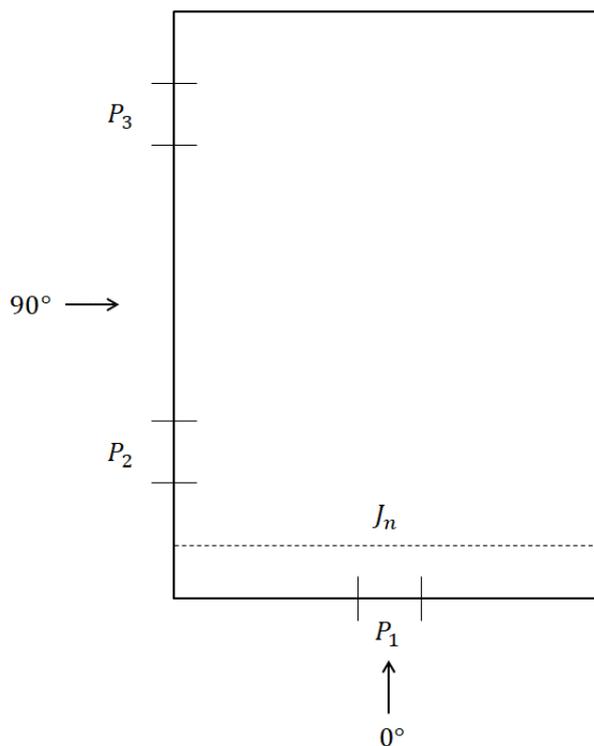
Figura 65 - Disposição dos coeficientes nos tramos padrões.



Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Os ângulos de incidência do vento podem ser compreendidos pelo diagrama da Figura 66, onde  $P_1$  é a representação do portão de acesso 1,  $P_2$  o portão de acesso 2,  $P_3$  o portão de acesso 3 e  $J_n$  as aberturas das janelas "Shed". Outras aberturas foram desconsideradas nos cálculos por serem insignificantes em relação as aberturas principais.

Figura 66 - Incidência do vento na edificação.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Como a edificação faz parte de uma construção maior, não há impacto a incidência do vento há  $180^\circ$ . Logo, foi determinado os coeficientes pressão externos para incidências de  $0^\circ$  e  $90^\circ$ . Considerando a inclinação do telhado de  $17,53^\circ$ , foi determinado através da tabela da Figura 64 os coeficientes para  $0^\circ$ . Foi necessário realizar uma interpolação linear entre os coeficientes com  $\theta$  de  $15^\circ$  e  $30^\circ$ . Os resultados são vistos na Tabela 14.

Tabela 14 - Coeficientes de pressão externa adotados para incidência do vento a  $0^\circ$ .

Coeficientes de pressão externa ( $0^\circ$ )	
$a^*$	+ 0,61
$b^*$	- 0,70
$c^*$	- 0,60
$d^*$	- 0,23
$m^*$	+ 0,10
$n^*$	- 0,20
$x^*$	+ 0,10
$z^*$	- 0,29

Fonte: (AUTOR, 2021).

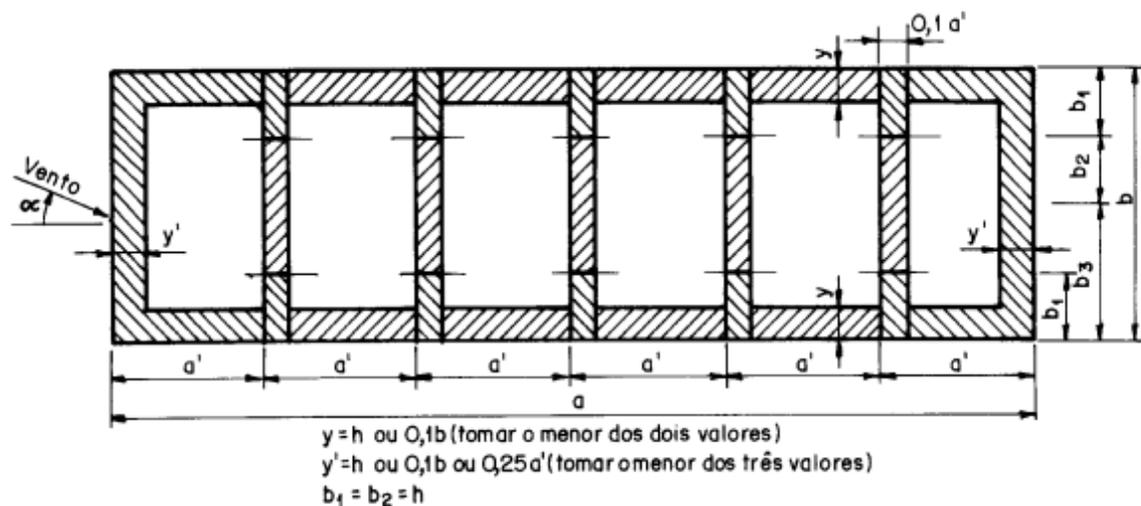
Ainda conforme a NBR 6123, para ventos incidindo sobre a estrutura a  $90^\circ$  deve-se encontrar distâncias  $b_1$ ,  $b_2$  e  $b_3$ , correspondentes as Equações 12 e 13.

$$b_1 = b_2 = h \quad (12)$$

$$b_3 = b - b_1 - b_2 \quad (13)$$

Onde  $h$  é a altura da edificação sem contar a cobertura e  $b$  é a largura total da edificação. Estas distâncias podem ser observadas na Figura 67.

Figura 67 - Dimensões consideradas para cálculo de ventos a  $90^\circ$ .



Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Considerando a altura das paredes sem contar a cobertura ( $h$ ) igual a 5,45 m e a largura da edificação ( $b$ ) igual a 36,25 m, foi determinado:

$$b_1 = b_2 = 5,45 \text{ m} \quad (14)$$

$$b_3 = 36,25 \text{ m} - 5,45 \text{ m} - 5,45 \text{ m} = 25,3 \text{ m} \quad (15)$$

Após estabelecer as distâncias foi definido os coeficientes de pressão externa para esses pontos através dos valores estabelecidos na tabela da Figura 68.

Figura 68 - Coeficientes de pressão externa para ângulo de 90°.

Ângulo de incidência do vento $\alpha$	Inclinação do telhado $\theta$	$C_e$ na distância		
		$b_1$	$b_2$	$b_3$
90°	10°	-0,8	-0,6	-0,2
	15°			
	30°	-0,9	-0,6	-0,3

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Logo, foi realizada uma interpolação linear com os valores de coeficiente de 10° e 30°, resultando nos valores compreendidos pela Tabela 15.

Tabela 15 - Coeficientes de pressão externa adotados para incidência do vento a 90°.

Coeficientes de pressão externa (90°)	
$b_1$	- 0,81
$b_2$	- 0,60
$b_3$	- 0,21

Fonte: (AUTOR, 2021).

De acordo com a NBR 6123, com os coeficientes de pressão externos definidos, obtém-se os coeficientes de pressão internos  $C_{pi}$  através de uma análise de permeabilidade das paredes. Para edificações com paredes internas permeáveis, foi considerada a pressão interna uniforme (caso deste trabalho). Foi analisado as seguintes hipóteses para o presente trabalho, tanto para ventos incidindo a 0°, quanto a 90°:

Quatro faces igualmente permeáveis

De acordo com a NBR 6123, para esta situação considera-se o valor mais nocivo entre  $C_{pi} = -0,3$  e  $C_{pi} = 0,0$ .

Abertura dominante em uma face e as outras faces de igual permeabilidade

Para situações onde o barlavento é na direção de uma abertura dominante, foi encontrado uma relação  $R_1$  (Equação 16) e foram adotados os coeficientes da Tabela 16.

$$R_1 = \frac{\sum (\text{Áreas das aberturas dominantes e das áreas de todas as aberturas na face de barlavento})}{\sum (\text{Áreas de todas as aberturas situadas nas faces submetidas a sucções externas (paredes ou cobertura)}} \quad (16)$$

Tabela 16 - Coeficientes de pressão interna para a relação  $R_1$ .

$R_1$	$C_{pi}$
1	+ 0,1
1,5	+ 0,3
2	+ 0,5
3	+ 0,6
6 ou mais	+ 0,8

Fonte: (Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Já para situações onde a abertura dominante está situada em zona de alta sucção externa e o barlavento não incide diretamente nesta face, têm-se a relação  $R_2$  (Equação 17) e adotam-se os coeficientes da Tabela 17.

$$R_2 = \frac{\sum (\text{Áreas das aberturas dominantes e das demais áreas situadas nesta zona})}{\sum (\text{Áreas das outras aberturas situadas em todas as faces submetidas a sucções externas})} \quad (17)$$

Tabela 17 - Coeficientes de pressão interna para a relação  $R_2$ .

$R_2$	$C_{pi}$
0,25	- 0,4
0,50	- 0,5
0,75	- 0,6
1,0	- 0,7
1,5	- 0,8
3 ou mais	- 0,9

Fonte: (Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Quando não for considerado necessário ou não for possível determinar com exatidão razoável as relações de permeabilidades  $R_1$  e  $R_2$ , deve-se adotar para o valor do coeficiente de pressão interna o mesmo valor do coeficiente de forma externo, indicado na NBR 6123 para a zona em que se situa a abertura dominante, tanto em paredes como em coberturas.

Para determinar os coeficientes de pressão interna foi considerado três condições distintas em dois ângulos de incidência do vento,  $0^\circ$  e  $90^\circ$ . Já as aberturas consideradas são as mesmas da Figura 66, onde  $P_1 = 15 \text{ m}^2$  é a área do portão 1,  $P_2 = 15 \text{ m}^2$  é a área do portão 2,  $P_3 = 15 \text{ m}^2$  é a área do portão 3 e  $J_n = 14,172 \text{ m}^2$  é a área das aberturas "Shed".

A primeira condição é de barlavento. Para sintetizar a análise, as situações foram organizadas em tabelas, expressão de cálculo das relações  $R_1$  e  $R_2$ , e coeficiente de pressão internas  $C_{pi}$  adotados em função das Tabelas 16 e 17 (para buscar valores mais precisos, realizou-se uma interpolação linear).

Tabela 18 - Condição de barlavento à 0°.

0° - Barlavento		
Situação	Expressão	$C_{pi}$
Situação 1 - Portão 1 aberto; Portões 2 e 3 fechados; Aberturas "Shed" parcialmente abertas.	$R_1 = \frac{P_1}{5.J_n} = 0,2117$	0,10
Situação 2 - Portão 1 aberto; Portões 2 e 3 abertos; Aberturas "Shed" parcialmente abertas.	$R_1 = \frac{P_1}{5.J_n + P_2 + P_3} = 0,1487$	0,10
Situação 3 - Portão 1 aberto; Portão 2 aberto; Portão 3 fechado; Aberturas "Shed" parcialmente abertas.	$R_1 = \frac{P_1}{5.J_n + P_2} = 0,1747$	0,10
Situação 4 - Portão 1 aberto; Portões 2 e 3 fechados; Aberturas "Shed" fechadas.	$C_{pi} = C_e$	0,61

Fonte: (Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Tabela 19 - Condição de barlavento à 90°.

90° - Barlavento		
Situação	Expressão	$C_{pi}$
Situação 1 - Portões 2 e 3 abertos; Portão 1 fechado ; Aberturas "Shed" parcialmente abertas.	$R_1 = \frac{P_2 + P_3}{5.J_n} = 0,4234$	0,10
Situação 2 - Portões 2 e 3 abertos; Portão 1 aberto ; Aberturas "Shed" parcialmente abertas.	$R_1 = \frac{P_2 + P_3}{5.J_n + P_1} = 0,3494$	0,10
Situação 3 - Portões 2 e 3 abertos; Portão 1 fechado; Aberturas "Shed" fechadas.	$C_{pi} = C_e$	-0,81

Fonte: (Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Tabela 20 - Condição para abertura dominante em 0°

0° - Abertura dominante situada em zona de alta sucção externa		
Situação	Expressão	$C_{pi}$
Situação 1 - Portão 1 fechado; Portões 2 e 3 abertos; Aberturas "Shed" parcialmente abertas.	$R_2 = \frac{P_2 + P_3}{5 \cdot J_n} = 0,4234$	- 0,47
Situação 2 - Portão 1 fechado; Portão 2 aberto; Portão 3 fechado; Aberturas "Shed" parcialmente abertas.	$R_2 = \frac{P_2}{5 \cdot J_n} = 0,2117$	- 0,40
Situação 3 - Portão 1 fechado; Portões 2 e 3 abertos; Aberturas "Shed" fechadas.	$C_{pi} = C_e$	- 0,81

Fonte: (Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Tabela 21 - Condição para abertura dominante em 90°.

90° - Abertura dominante situada em zona de alta sucção externa		
Situação	Expressão	$C_{pi}$
Situação 1 - Portões 2 e 3 fechados; Portão 1 aberto; Aberturas "Shed" parcialmente abertas.	$R_2 = \frac{P_1}{5 \cdot J_n} = 0,2117$	- 0,40
Situação 2 - Portões 2 e 3 fechados; Portão 1 aberto; Aberturas "Shed" fechadas.	$C_{pi} = C_e$	+ 0,61

Fonte: (Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Tabela 22 - Condição de faces permeáveis em 0° e 90°.

0° e 90° - Faces permeáveis		
Situação	Expressão	$C_{pi}$
Situação 1 – Quatro faces permeáveis	$C_{pi} = -0,3 \text{ ou } 0,00$	- 0,4
		+ 0,61

Fonte: (Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

A Tabela 23 apresenta os valores de coeficiente de pressão internos adotados.

Tabela 23 - Coeficientes de pressão interna admitidos para 0° e 90°.

$C_{pi}$ para 0°	$C_{pi}$ para 90°
+ 0,1	+ 0,1
+ 0,61	- 0,81
- 0,47	- 0,4
- 0,4	+ 0,61
- 0,81	0
- 0,3	- 0,3
0	

Fonte: (AUTOR, 2021).

#### *Determinação das forças estáticas devidas ao vento*

Após obter todos os coeficientes de pressões externas e internas foi realizada uma soma vetorial entre os valores. Essa soma pode ser realizada por uma combinação entre os valores para cada ângulo de incidência do vento. A Equação 18 representa a soma vetorial dos coeficientes, resultando em um coeficiente de pressão  $C_p$ .

$$C_p = C_e - C_{pi} \quad (18)$$

A força devido ao vento depende da diferença de pressão nas faces opostas da parte da edificação em estudo. Segundo a NBR 6123 a força pode ser determinada pela Equação 19.

$$F = C_p \cdot q \quad (19)$$

Onde  $q$  é a pressão dinâmica e  $C_p$  o valor da combinação dos coeficientes de pressão externa e interna. Valores positivos dos coeficientes de pressão correspondem a sobre pressões e valores negativos correspondem a sucções.

Foi calculada a força para cada combinação de coeficientes e as forças foram identificadas, e assim, adotou-se o valor de força mais crítico para o dimensionamento da estrutura principal. As Tabelas 24 e 25 mostram as forças resultantes realizando as combinações vetoriais.

Tabela 24 - Forças devidas ao vento com combinação dos coeficientes de pressão para 0°.

Forças devidas ao vento com combinação dos coeficientes de pressão para 0°							
$C_e / C_{pi}$	0,10	0,61	-0,47	-0,40	-0,81	-0,30	0,00
<b>0,61</b>	-358,854	0	-759,926	-710,671	-999,162	-640,308	-429,217
<b>-0,70</b>	562,908	921,7619	161,8361	211,0905	-77,3999	281,454	492,5445
<b>-0,60</b>	492,5445	851,3984	91,47255	140,727	-147,763	211,0905	422,181
<b>-0,23</b>	232,1996	591,0534	-168,872	-119,618	-408,108	-49,2545	161,8361
<b>0,10</b>	0	358,8539	-401,072	-351,818	-640,308	-281,454	-70,3635
<b>-0,20</b>	211,0905	569,9444	-189,981	-140,727	-429,217	-70,3635	140,727
<b>0,10</b>	0	358,8539	-401,072	-351,818	-640,308	-281,454	-70,3635
<b>-0,29</b>	274,4177	633,2715	-126,654	-77,3999	-365,89	-7,03635	204,0542

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 25 - Forças devidas ao vento com combinação dos coeficientes de pressão para 90°.

Forças devidas ao vento com combinação dos coeficientes de pressão para 90°						
$C_e / C_{pi}$	0,10	-0,81	-0,40	0,61	0,00	-0,30
<b>-0,81</b>	640,3079	0	288,4904	999,1617	569,9444	358,8539
<b>-0,60</b>	492,5445	-147,763	140,727	851,3984	422,181	211,0905
<b>-0,21</b>	218,1269	-422,181	-133,691	576,9807	147,7634	-63,3272

Fonte: (AUTOR, 2021).

A carga mais crítica em decorrência do vento é de pressão externa, pois se soma com os demais vetores de cargas. Logo, a força adotada para a carga do vento é a maior entre as Tabelas 24 e 25, sendo:

$$F = 1000 \text{ N/m}^2 \quad (20)$$

Como a estrutura de concreto não foi dimensionada neste trabalho, exime-se da verificação da força devida ao vento no vetor negativo.

#### 4.4.6.2 Verificação das terças

Como realizado para a determinação da carga do vento, primeiro foi definido as variáveis necessárias para a verificação das terças, vigas traves, vigas transversais e pilaretes, indicando seu símbolo, descrição e unidade, conforme apresentado na Tabela 26.

Tabela 26 - Lista de variáveis usadas nas verificações segundo a NBR 8800.

(continua)

Símbolo	Descrição	Unidade
$C_{t,passarela}$	Carga da passarela	N
$C_{t,vento}$	Carga do vento	N/m
$C_{t,telhas}$	Carga das telhas	N/m
$C_{t,terças}$	Carga das terças	N/m
$C_{t,sobrecarga}$	Sobrecarga	N/m
$M_{passarela}$	Massa da passarela	kg
$N_{apoios}$	Número de apoios da passarela	Adimensional
$C_{vento}$	Carga crítica do vento	N/m <sup>2</sup>
$V_{terças}$	Vão entre as terças	m
$PP_{telhas}$	Peso próprio das telhas	N/m <sup>2</sup>
$PP_{terças}$	Peso próprio das terças	kg/m
$V_{h,terças}$	Vão horizontal das terças	m
$SC$	Sobrecarga	N/m <sup>2</sup>
$q_{xv,t}$	Carga distribuída vertical nas terças no eixo "x"	N/m
$\alpha$	Inclinação do telhado	°
$q_{yv,t}$	Carga distribuída vertical nas terças no eixo "y"	N/m
$Q_{xv,t}$	Carga concentrada vertical nas terças no eixo "x"	N
$Q_{yv,t}$	Carga concentrada vertical nas terças no eixo "y"	N
$q_{xo,t}$	Carga distribuída ortogonal nas terças no eixo "x"	N/m
$q_{yo,t}$	Carga distribuída ortogonal nas terças no eixo "y"	N/m
$Q_{xo,t}$	Carga concentrada ortogonal nas terças no eixo "x"	N
$Q_{yo,t}$	Carga concentrada ortogonal nas terças no eixo "y"	N
$Z$	Módulo resistente plástico da seção	m <sup>3</sup>
$M_{dx}$	Momento de dimensionamento no eixo "x"	N.m

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 26 - Lista de variáveis usadas nas verificações segundo a NBR 8800.

(continua)

Símbolo	Descrição	Unidade
$f_y$	Tensão de escoamento	MPa
$W_x$	Módulo de resistência elástico em relação ao eixo "x"	m <sup>3</sup>
$W_y$	Módulo de resistência elástico em relação ao eixo "y"	m <sup>3</sup>
$\lambda_a$	Parâmetro de esbeltez em relação à alma	Adimensional
$h$	Altura da alma	mm
$t_w$	Espessura da alma	mm
$\lambda_{pa}$	Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da alma	Adimensional
$E$	Módulo de elasticidade	GPa
$M_{na}$	Resistência nominal ao momento fletor em relação a alma	N.m
$M_{pl}$	Momento de plastificação	N.m
$Z_x$	Módulo resistente plástico da seção no eixo "x"	m <sup>3</sup>
$M_{nm}$	Resistência nominal ao momento fletor em relação a mesa	N.m
$\lambda_m$	Parâmetro de esbeltez em relação à mesa	Adimensional
$b$	Largura da mesa	mm
$t_f$	Espessura da mesa	mm
$\lambda_{pm}$	Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da mesa	Adimensional
$\lambda_{rm}$	Parâmetro de esbeltez da mesa correspondente ao início do escoamento	Adimensional
$f_r$	Tensão residual de projeto	MPa
$M_{rm}$	Momento fletor correspondente ao início do escoamento	N.m
$W_c$	Módulo de resistência elástico da seção	m <sup>3</sup>

Fonte: (AUTOR, 2021)

Tabela 26 - Lista de variáveis usadas nas verificações segundo a NBR 8800.

(continua)

Símbolo	Descrição	Unidade
$\lambda_{ra}$	Parâmetro de esbeltez da alma correspondente ao início do escoamento	Adimensional
$\lambda_{am\acute{a}x}$	Parâmetro de esbeltez máximo da alma	Adimensional
$W_{efy}$	Módulo de resistência mínimo elástico	m <sup>3</sup>
$M_{cr}$	Momento fletor de flambagem elástica	N.m
$I_y$	Momento de inércia no eixo “y”	m <sup>4</sup>
$y_{cg}$	Distância da linha neutra	m
$L_b$	Comprimento do trecho sem contenção lateral	m
$\gamma_{gi}$	Coefficiente de ponderação de resistência	Adimensional
$F_{Gi,k}$	Ação permanente	N ou N.m
$\gamma_{q1}$	Coefficiente de ponderação de resistência	Adimensional
$F_{Q1,k}$	Ação variável que considera a principal combinação	N ou N.m
$\gamma_{qj}$	Coefficiente de ponderação de resistência	Adimensional
$\psi_{0j}$	Fator de combinação estatístico	Adimensional
$F_{Qj,k}$	Ação variável que atua concomitantemente com a ação variável principal	N ou N.m
$\gamma_g$	Coefficiente de ponderação em geral	Adimensional
$\phi$	Coefficiente de resistência em geral	Adimensional
$\psi$	Fator de combinação estatístico em geral	Adimensional
$M_{dy}$	Momento de dimensionamento no eixo “y”	N.m
$M_x$	Momento fletor calculado no eixo “x”	N.m
$\gamma$	Coefficiente de ponderação	Adimensional
$M_y$	Momento fletor calculado no eixo “y”	N.m
$M_{nx}$	Resistência nominal ao momento fletor no eixo “x”	N.m
$M_{nxmin}$	Resistência nominal mínima ao momento fletor no eixo “x”	N.m
$M_{ny}$	Resistência nominal ao momento fletor no eixo “y”	N.m

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 26 - Lista de variáveis usadas nas verificações segundo a NBR 8800.

(continua)

Símbolo	Descrição	Unidade
$M_{nymin}$	Resistência nominal mínima ao momento fletor no eixo "y"	N.m
$\delta_1$	Deslocamento devido as ações permanentes sem efeitos de longa duração	mm
$\delta_2$	Deslocamento devido aos efeitos de longa duração das ações permanentes	mm
$\delta_3$	Deslocamento devido as ações variáveis, incluindo, os efeitos de longa duração dos valores quase permanentes	mm
$\delta_{máx}$	Valor admissível de flecha máxima	mm
$L$	Comprimento em geral	m
$L_{terças}$	Comprimento das terças	m
$\delta_x$	Flecha no eixo "x"	mm
$P_{xo,r'}$	Carga concentrada ortogonal maior da viga trave no eixo "x"	N
$P_{xv,r'}$	Carga concentrada vertical maior da viga trave no eixo "x"	N
$P_{xo,r}$	Carga concentrada ortogonal da viga trave no eixo "x"	N
$p_{xo,r}$	Carga distribuída ortogonal da viga trave no eixo "x"	N/m
$p_{xv,r}$	Carga distribuída vertical da viga trave no eixo "x"	N/m
$P_{xv,r}$	Carga concentrada vertical da viga trave no eixo "x"	N
$C_{v,trave}$	Carga da viga trave	N/m
$PP_{v,trave}$	Peso próprio da viga trave	kg/m
$R_{HAo,r}$	Carga axial ortogonal da viga trave no eixo "y"	N
$R_{HAv,r}$	Carga axial vertical da viga trave no eixo "y"	N

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 26 - Lista de variáveis usadas nas verificações segundo a NBR 8800.  
(continua)

Símbolo	Descrição	Unidade
$p_{yo,r}$	Carga distribuída ortogonal da viga trave no eixo "y"	N/m
$p_{yv,r}$	Carga distribuída vertical da viga trave no eixo "y"	N/m
$L_{v,trave}$	Comprimento da viga trave	m
$P_{yo,r}$	Carga concentrada ortogonal da viga trave no eixo "y"	N
$P_{yv,r}$	Carga concentrada vertical da viga trave no eixo "y"	N
$P_{yv,r}'$	Carga concentrada vertical maior da viga trave no eixo "y"	N
$P_{yo,r}'$	Carga concentrada ortogonal maior da viga trave no eixo "y"	N
$V_x$	Esforço cortante no eixo "x"	N
$\lambda_x$	Parâmetro de esbeltez em "x"	Adimensional
$r_x$	Menor raio de giração em "x"	m
$L_x$	Comprimento em "x"	m
$k$	Coefficiente de flambagem	Adimensional
$N_n$	Resistência a força normal	N
$\phi_c$	Coefficiente de resistência de compressão	Adimensional
$\rho$	Coefficiente de redução para flambagem	Adimensional
$Q$	Coefficiente de redução	Adimensional
$A_g$	Área bruta	m <sup>2</sup>
$b$	Dimensão específica	m
$t$	Dimensão específica	m
$\frac{b}{t} \text{ máx}$	Quociente máxima	Adimensional
$\bar{\lambda}$	Parâmetro de esbeltez para barras comprimidas	Adimensional
$\lambda_{Lt}$	Parâmetro de esbeltez do trecho sujeito a torção sem travamento	Adimensional
$r_y$	Raio de giração em torno do eixo "y"	m

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 26 - Lista de variáveis usadas nas verificações segundo a NBR 8800.

(continua)

Símbolo	Descrição	Unidade
$\lambda_{pLt}$	Parâmetro de esbeltez de plastificação do trecho sujeito a torção sem travamento	Adimensional
$M_{nLt}$	Momento resistente a flexão em relação a torção lateral	N.m
$k_v$	Coefficiente que leva em consideração a distância entre as linhas de centro de dois pontos enrijecidos transversais adjacentes	Adimensional
$a$	Comprimento da alma sem travamento	m
$A_w$	Área efetiva	m <sup>2</sup>
$d$	Altura total da seção transversal	m
$V_{pl}$	Força cortante correspondente à plastificação da alma por cisalhamento	N
$N$	Força normal	N
$N_d$	Força normal de cálculo	N
$V_{máx}$	Força cortante máxima	N
$\phi_v$	Coefficiente de resistência à força cortante	Adimensional
$V$	Força cortante	N
$s_{x,v}$	Carga distribuída nas vigas transversais	N/m
$C_{janela}$	Carga da janela	N/m
$PP_{v,transversal}$	Peso próprio da viga transversal	kg/m
$PP_{janela}$	Peso próprio da janela	kg/m
$L_{v,transversal}$	Comprimento da viga transversal	m
$R_{xv,p}$	Carga concentrada vertical do pilarete no eixo "x"	N
$R_{xo,p}$	Carga concentrada ortogonal do pilarete no eixo "x"	N
$R_{x,vp}$	Carga concentrada do pilarete no eixo "x" em decorrência a viga transversal	N
$R_{x,ap}$	Carga concentrada do pilarete no eixo "x" em decorrência a passarela	N

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 26 - Lista de variáveis usadas nas verificações segundo a NBR 8800.

(conclusão)

Símbolo	Descrição	Unidade
$X_t$	Vão entre as terças	m
$R_{yv,p}$	Carga concentrada do pilarete no eixo "y"	N
$r_{y,p}$	Carga distribuída do pilarete no eixo "y"	N/m
$J$	Constante de torção	$m^4$

Fonte: (AUTOR, 2021).

Segundo a NBR 8800, as ações que atuam sobre a cobertura foram divididas em permanentes, variáveis e excepcionais. Ações permanentes são aquelas que os valores são constantes durante toda a vida útil da construção; ações variáveis são as que apresentam variações durante a vida útil; ações excepcionais são ações que possuem uma probabilidade mínima de ocorrer durante a vida útil, todavia, devem ser consideradas nos cálculos de projeto. Logo, as cargas que atuam nas terças são classificadas em duas combinações, ortogonal e vertical. No Quadro 9, tem-se os carregamentos, suas devidas classificações e descrições.

Quadro 9 - Cargas que atuam nas terças.

Carregamento	Descrição	Classificação	Nomenclatura
Carga da passarela	Peso próprio da condensadoras e seus suportes, passarela e cargas de manutenção (pessoas, ferramentas e equipamentos).	Vertical e ortogonal (Permanente)	$C_{t,passarela}$
Carga do vento	Carga do vento crítica.	Ortogonal (Variável)	$C_{t,vento}$
Carga das telhas	Peso próprio das telhas.	Vertical e ortogonal (Permanente)	$C_{t,telhas}$
Carga das terças	Peso próprio das terças.	Vertical e ortogonal (Permanente)	$C_{t,terças}$
Sobrecarga	Carga aditiva prevista pela NBR 8800, item B.5.1.	Vertical (Variável)	$C_{t,sobrecarga}$

Fonte: (AUTOR, 2021).

Para carga da passarela, foi levado em consideração 460 kg para pesos próprios das condensadoras e seus suportes, passarela e cargas de manutenção. Essa é a solicitação mais crítica da passarela. Cada terça receberá 1/3 da carga em questão, contabilizando 6 (seis) apoios, sendo 2 (dois) por terça. A Equação 21 mostra as variáveis admitidas.

$$C_{t,passarela} = \frac{M_{passarela} \cdot g}{N_{apoios}} \quad (21)$$

Aplicando os valores citados acima e considerando a gravidade do local como 9,81 m/s<sup>2</sup>, tem-se:

$$C_{t,passarela} = \frac{(460 \text{ kg}) \cdot (9,81 \text{ m/s}^2)}{(6)} = 752,10 \text{ N} \quad (22)$$

Como visto na seção 4.4.6.1, a carga crítica do vento adotada corresponde a 1000 N/m<sup>2</sup>. Logo, foi multiplicado pelo vão entre as terças (0,9256 m) e obtida a carga do vento que atuará sobre as terças (Equação 23).

$$C_{t,vento} = C_{vento} \cdot V_{terças} \quad (23)$$

Substituindo os valores na equação, tem-se:

$$C_{t,vento} = (1000 \text{ N/m}^2) \cdot (0,9256 \text{ m}) = 925,6 \text{ N/m} \quad (24)$$

A carga das telhas é devida ao peso próprio das mesmas. Foi utilizado como referência o catálogo do Apêndice C para definir o peso, sendo ele de 100 N/m<sup>2</sup>. Para definir a carga, foi multiplicado esse peso pelo vão entre as terças (Equação 25).

$$C_{t,telhas} = PP_{telhas} \cdot V_{terças} \quad (25)$$

Substituindo os valores na Equação 25, obtém-se:

$$C_{t,telhas} = (100 \text{ N/m}^2). (0,9256 \text{ m}) = 92,56 \text{ N/m} \quad (26)$$

De forma análoga a carga das telhas, a carga das terças é decorrente ao peso próprio das mesmas. Foi adotado 4,22 kg/m conforme o catálogo do Apêndice D e este carregamento foi calculado através da Equação 27.

$$C_{t,terças} = PP_{terças} \cdot g \quad (27)$$

Substituindo os valores na Equação 27, tem-se:

$$C_{t,terças} = (4,22 \text{ kg/m}). (9,81 \text{ m/s}^2) = 41,40 \text{ N/m} \quad (28)$$

Por fim, foi calculada (Equação 29) a sobrecarga levada em consideração nas combinações de ações. Em que, foi adotado 250 N/m<sup>2</sup> como sobrecarga e multiplicado pelo vão horizontal das terças (sem considerar a inclinação da viga trave), equivalente a 0,95 m. Segundo a NBR 8800, a sobrecarga admitida é para o caso de uma cobertura comum, onde esse valor engloba as cargas decorrentes de instalações elétricas e hidráulicas, de isolamentos térmico e acústico e de pequenas peças eventualmente fixadas na cobertura.

$$C_{t,sobrecarga} = SC \cdot V_{h,terças} \quad (29)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$C_{t,sobrecarga} = (250 \text{ N/m}^2). (0,95 \text{ m}) = 237,5 \text{ N/m} \quad (30)$$

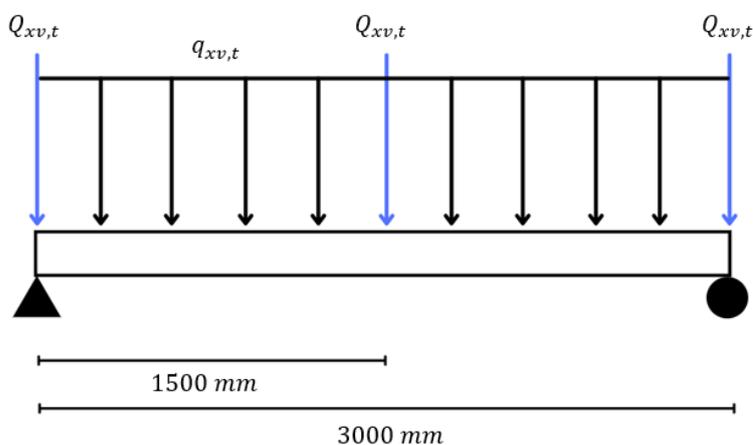
Com as cargas que atuam sobre as terças definidas, foi realizada a combinação dos carregamentos conforme traz a NBR 8800 (apresentado no subcapítulo 4.4.4.2 – Método dos Estados Limites). Cada combinação deve ser

avaliada separadamente, portanto, foi dividido em subcapítulos como cargas verticais das terças e cargas ortogonais das terças.

### *Cargas verticais das terças*

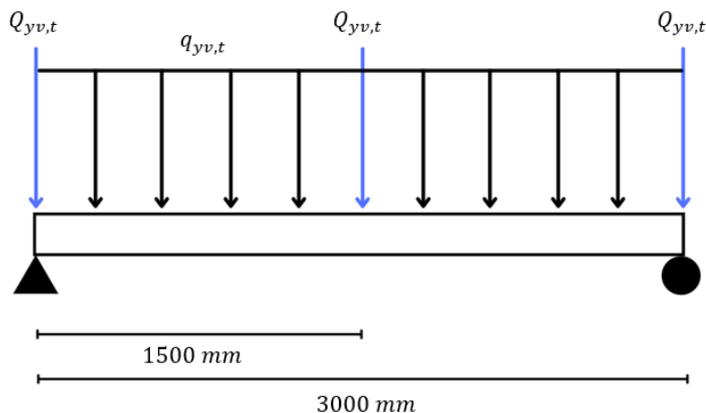
As cargas verticais das terças são compostas por: carga da passarela, das telhas, das terças e sobrecarga. As Figuras 69 e 70 apresentam os diagramas de corpo livre destes esforços nas componentes “x” e “y”, respectivamente.

Figura 69 - Diagrama de corpo livre das cargas verticais das terças no eixo “x”.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 70 - Diagrama de corpo livre das cargas verticais das terças no eixo “y”.



Fonte: (AUTOR, 2021).

O carregamento  $q_{xv,t}$  leva em consideração a componente “x” dos esforços distribuídos das telhas, terças e sobrecarga (Equação 31). Como já visto a inclinação do telhado é de 17,53°.

$$q_{xv,t} = (C_{t,sobrecarga} + C_{t,telhas} + C_{t,terças}) \cdot \cos(\alpha) \quad (31)$$

Substituindo os valores das cargas na Equação 31, obtém-se:

$$q_{xv,t} = (237,5 \text{ N/m} + 92,56 \text{ N/m} + 41,4 \text{ N/m}) \cdot \cos(17,53^\circ) = 354,21 \text{ N/m} \quad (32)$$

O carregamento  $q_{yv,t}$  leva em consideração a componente “y” dos esforços distribuídos das telhas, terças e sobrecarga (Equação 33).

$$q_{yv,t} = (C_{t,sobrecarga} + C_{t,telhas} + C_{t,terças}) \cdot \sin(\alpha) \quad (33)$$

De forma análoga ao passo anterior, foi substituído os valores das cargas na Equação 33 e obtido:

$$q_{yv,t} = (237,5 \text{ N/m} + 92,56 \text{ N/m} + 41,4 \text{ N/m}) \cdot \sin(17,53^\circ) = 111,89 \text{ N/m} \quad (34)$$

O carregamento  $Q_{xv,t}$  engloba a componente “x” da força concentrada dos apoios da passarela (Equação 35).

$$Q_{xv,t} = C_{t,passarela} \cdot \cos(\alpha) \quad (35)$$

Substituindo o valor da carga e do ângulo do telhado, tem-se:

$$Q_{xv,t} = (752,1 \text{ N}) \cdot \cos(17,53^\circ) = 717,17 \text{ N} \quad (36)$$

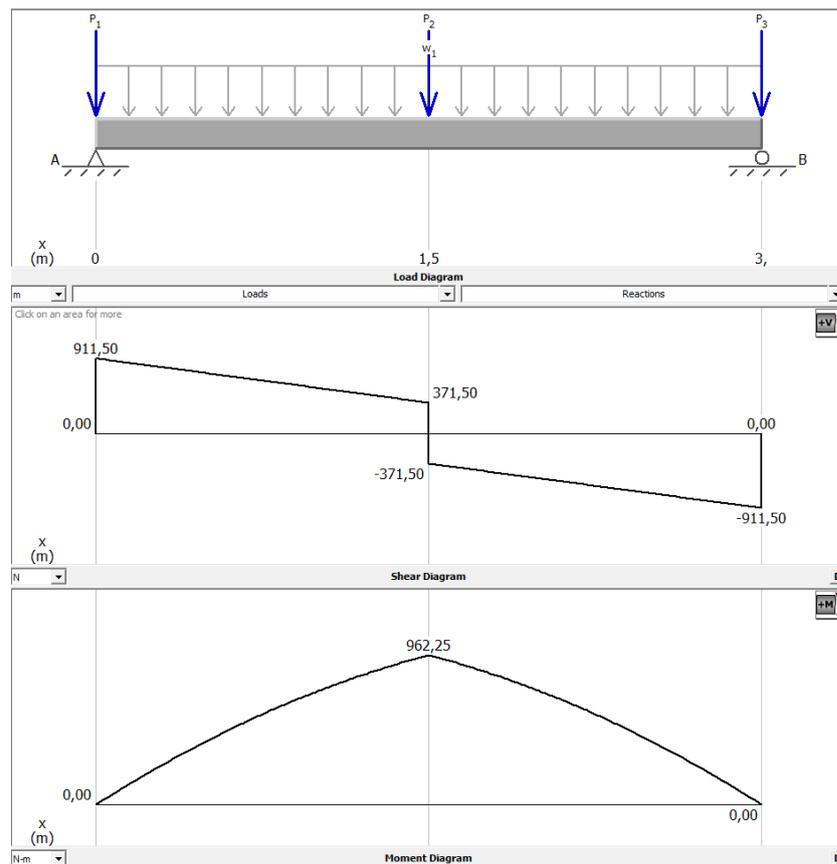
Foi calculado da mesma forma o carregamento  $Q_{yv,t}$  (Equação 37).

$$Q_{yv,t} = C_{t,passarela} \cdot \text{sen}(\alpha) \quad (37)$$

$$Q_{yv,t} = (752,1 \text{ N}) \cdot \text{sen}(17,53^\circ) = 226,54 \text{ N} \quad (38)$$

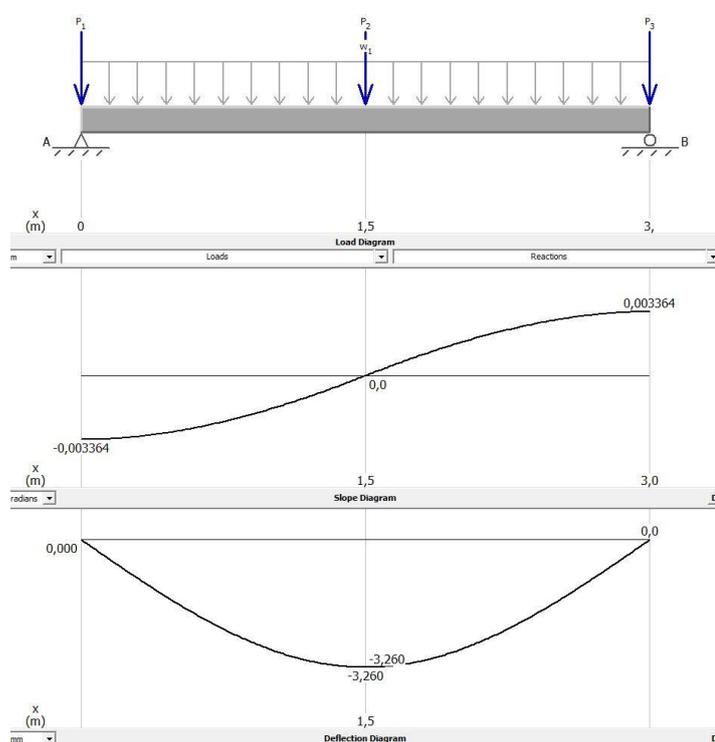
A próxima etapa se dá pela determinação dos esforços internos. Para isso, foi calculado os diagramas de esforços cortantes e de momentos fletores. Assim, encontrou-se o momento e o esforço interno mais crítico, além das reações dos apoios. Foi utilizado *software* MDSolids 4.0 para calcular estes diagramas. Os resultados são mostrados nas Figuras 71, 72, 73 e 74 para uma viga bi apoiada nos eixos “x” e “y”, respectivamente.

Figura 71 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas verticais das terças no eixo “x”.



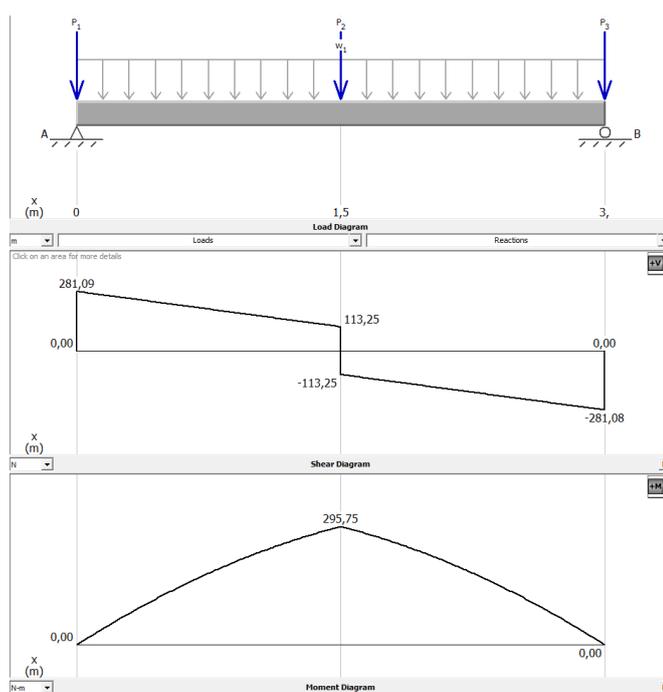
Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 72 - Diagrama de deflexão das cargas verticais das terças no eixo "x".



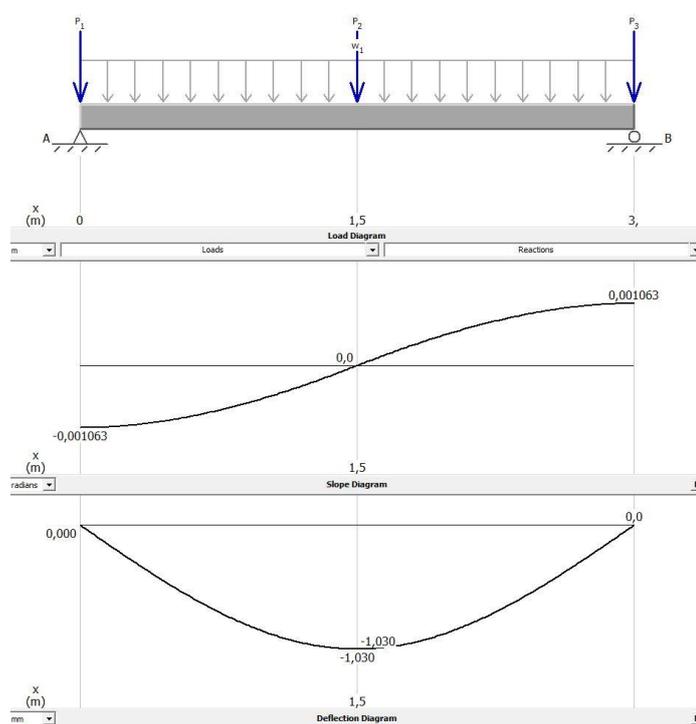
Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 73 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas verticais das terças no eixo "y".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 74 - Diagrama de deflexão das cargas verticais das terças no eixo “y”.

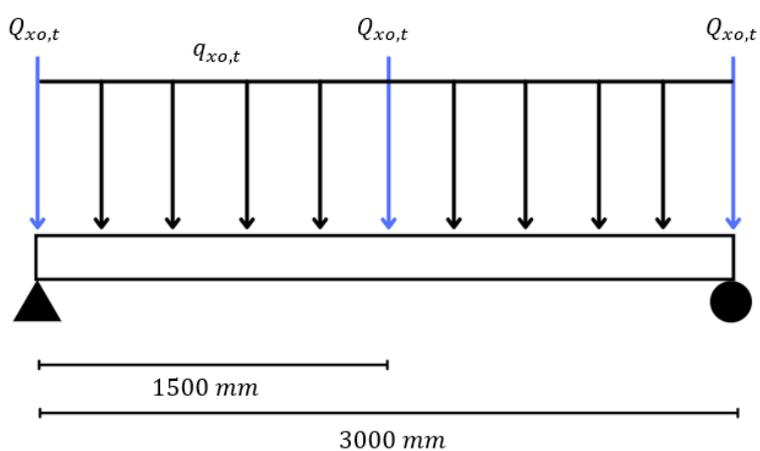


Fonte: (AUTOR, 2021).

### *Cargas ortogonais das terças*

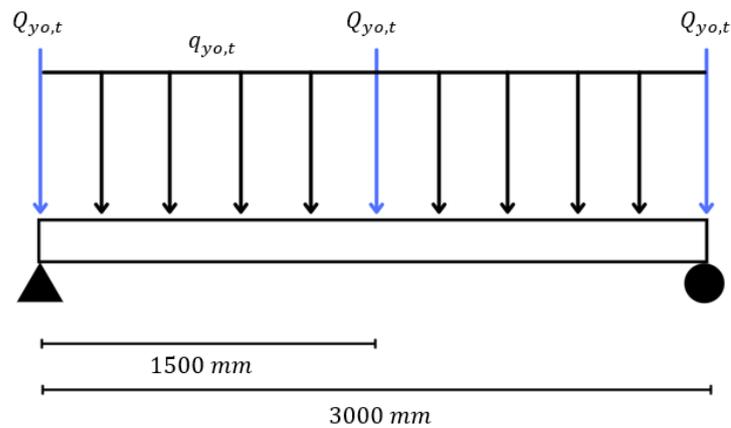
Compõem as cargas ortogonais das terças: carga da passarela, do vento, das telhas e das terças. As Figuras 75 e 76 apresentam os diagramas de corpo livre destes esforços nas componentes “x” e “y”, respectivamente.

Figura 75 - Diagrama de corpo livre das cargas ortogonais das terças no eixo “x”.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 76 - Diagrama de corpo livre das cargas ortogonais das terças no eixo "y".



Fonte: (AUTOR, 2021).

O carregamento  $q_{x0,t}$  leva em consideração a componente "x" dos esforços distribuídos das telhas, terças e vento (Equação 39), com a inclinação do telhado de  $17,53^\circ$ .

$$q_{x0,t} = (C_{t,telhas} + C_{t,terças}) \cdot \cos(\alpha) + C_{t,vento} \quad (39)$$

Substituindo os valores das cargas na Equação 39, obtém-se:

$$q_{xv,t} = (92,56 \text{ N/m} + 41,4 \text{ N/m}) \cdot \cos(17,53^\circ) + 925,6 \text{ N/m} = 1053,34 \text{ N/m} \quad (40)$$

O carregamento  $q_{y0,t}$  leva em consideração a componente "y" dos esforços distribuídos das telhas, terças e vento (Equação 41).

$$q_{y0,t} = (C_{t,telhas} + C_{t,terças}) \cdot \sin(\alpha) \quad (41)$$

De forma análoga ao passo anterior, foram substituídos os valores das cargas na Equação 41 e assim foi obtido:

$$q_{y0,t} = (92,56 \text{ N/m} + 41,4 \text{ N/m}) \cdot \sin(17,53^\circ) = 40,35 \text{ N/m} \quad (42)$$

O carregamento  $Q_{xo,t}$  representa a componente “x” da força concentrada dos apoios da passarela (Equação 43).

$$Q_{xo,t} = C_{t,passarela} \cdot \cos(\alpha) \quad (43)$$

Substituindo o valor da carga e do ângulo do telhado, tem-se:

$$Q_{xo,t} = (752,1 \text{ N}) \cdot \cos(17,53^\circ) = 717,17 \text{ N} \quad (44)$$

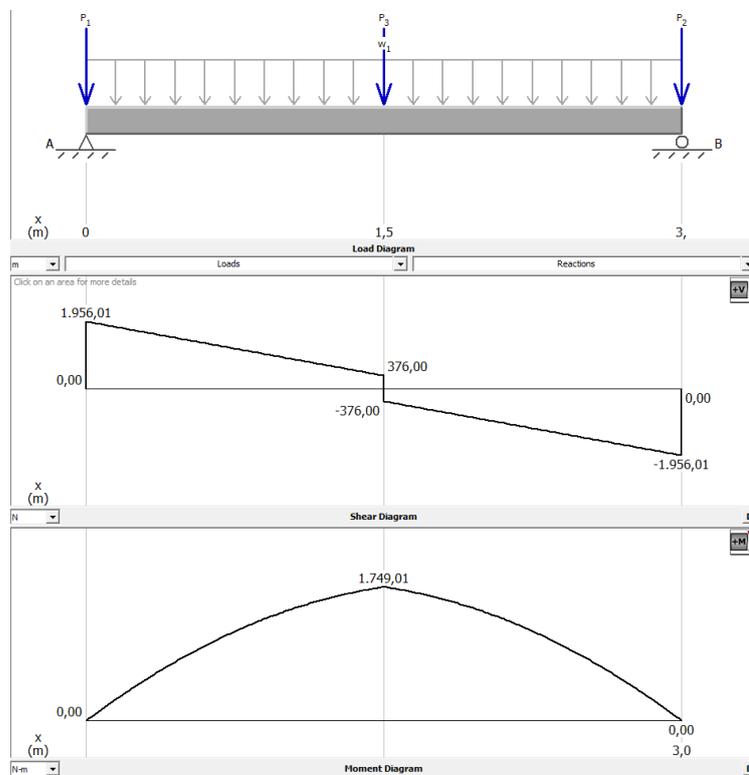
Foi calculado da mesma forma o carregamento  $Q_{yo,t}$  (Equação 45).

$$Q_{yo,t} = C_{t,passarela} \cdot \sin(\alpha) \quad (45)$$

$$Q_{yo,t} = (752,1 \text{ N}) \cdot \sin(17,53^\circ) = 226,54 \text{ N} \quad (46)$$

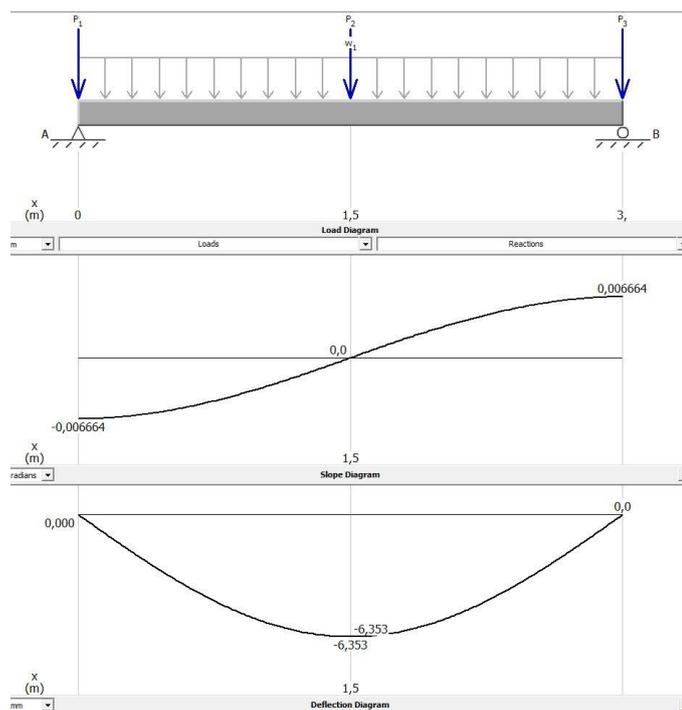
Como já realizado para as cargas verticais, foi calculado os diagramas de momento fletor, esforços cortantes e deflexão com o auxílio do *software* MDSolids 4.0. Os dados de entrada são correspondentes aos mostrados nas Figura 75 e 76 para uma viga bi apoiada nos eixos “x” e “y”, respectivamente.

Figura 77 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas ortogonais das terças no eixo "x".



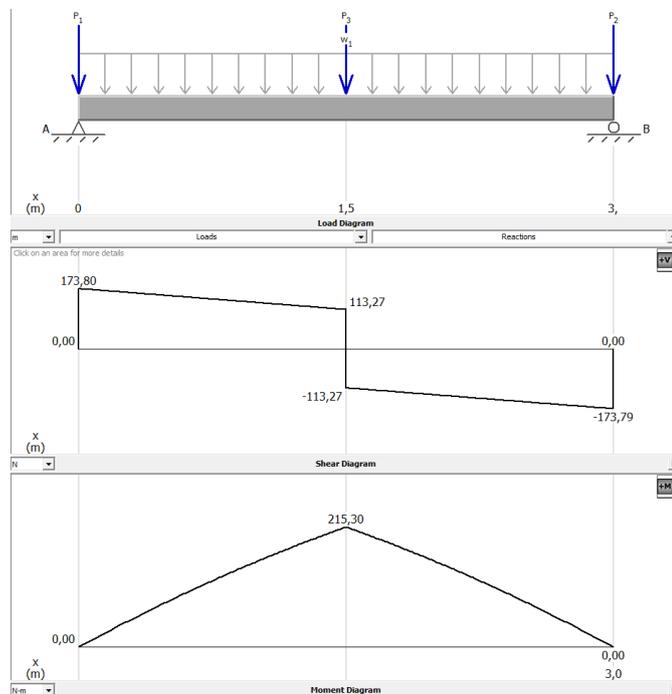
Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 78 - Diagrama de deflexão das cargas ortogonais das terças no eixo "x".



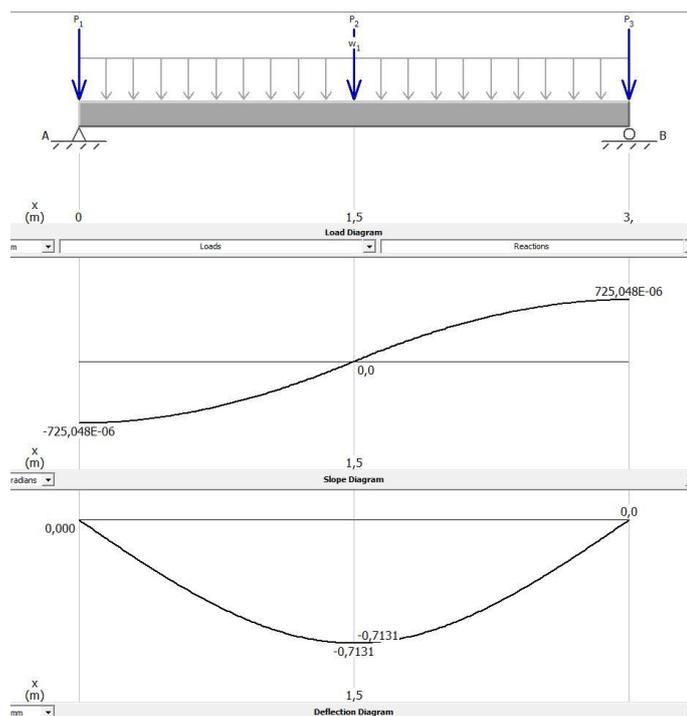
Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 79 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas ortogonais das terças no eixo "y".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 80 - Diagrama de deflexão das cargas ortogonais das terças no eixo "y".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Os esforços solicitantes internos das terças são obtidos pelos diagramas vistos nas figuras anteriores. Os resultados foram sintetizados em uma tabela (Tabela 27), onde tem  $M_x$  como sendo o momento fletor de cálculo no eixo “x”,  $M_y$  como sendo o momento fletor de cálculo no eixo “y”,  $V_x$  o esforço cortante no eixo “x”,  $V_y$  o esforço cortante no eixo “y”,  $\delta_x$  a flecha no eixo “x” (deflexão) e  $\delta_y$  a flecha no eixo “y”.

Tabela 27 - Resultado dos esforços solicitantes e deflexões nas terças.

Símbolo	Carga Vertical	Carga Ortogonal	Unidade
$M_x$	962,25	1749,01	<i>N.m</i>
$M_y$	295,75	215,3	<i>N.m</i>
$V_x$	911,5	1956,01	<i>N</i>
$V_y$	281,09	173,8	<i>N</i>
$\delta_x$	0,00326	0,00635	<i>m</i>
$\delta_y$	0,000103	0,0007	<i>m</i>

Fonte: (AUTOR, 2021).

#### *Pré-dimensionamento do perfil das terças*

Pinheiro (2005) prevê um pré-dimensionamento das barras submetidas a flexão. A análise se faz necessária para verificar se o perfil adotado atende as necessidades do projeto, tanto para as cargas verticais e ortogonais nos eixos de maior e menor inércia.

Quando a determinação dos esforços solicitantes e deslocamentos são feitas com base no comportamento elástico, não se pode exceder o limite da Equação 47. Logo, foi buscado uma seção transversal que atenda as condições impostas. Inicialmente, foi verificado o módulo resistente plástico da seção ( $Z$ ) para as cargas verticais no eixo “x” (maior inércia).

$$Z \geq \frac{M_x}{\phi_b \cdot f_y} \quad (47)$$

Onde  $M_x$  é o momento de dimensionamento no eixo “x”,  $\phi_b$  é o coeficiente de segurança para flexão, sendo considerado 0,9 conforme o método dos estados limites, e  $f_y$  a tensão de escoamento do material. Segundo Pinheiro (2005) módulo resistente plástico para a seção da viga escolhida (Tabela 6) pode ser determinado através da Equação 48, onde  $W_x$  é o módulo de resistência elástico em relação ao eixo “x”.

$$Z = 1,12 \cdot W_x \quad (48)$$

Substituindo os valores para o perfil escolhido, tem-se:

$$Z = 1,12 \cdot (0,00002024 \text{ m}^3) = 0,000022669 \text{ m}^3 \quad (49)$$

Logo, reescrevendo a Equação 47 com os valores, verificou-se que a condição foi satisfeita (Equação 51).

$$0,000022669 \text{ m}^3 \geq \frac{(962,25 \text{ N} \cdot \text{m})}{(0,9) \cdot (250 \text{ MPa})} \quad (50)$$

$$0,000022669 \text{ m}^3 \geq 0,000004277 \text{ m}^3 \quad (51)$$

A mesma análise é feita para o eixo de menor inércia “y”. Contudo, foi utilizado  $W_y$  para cálculo do Z (Equação 52), resultando:

$$Z = 1,12 \cdot W_y \quad (52)$$

$$Z = 1,12 \cdot (0,00000571 \text{ m}^3) = 0,000006395 \text{ m}^3 \quad (53)$$

Substituindo os valores na Equação 47, tem-se:

$$0,000006395 \text{ m}^3 \geq \frac{(295,75 \text{ N.m})}{(0,9) \cdot (250 \text{ MPa})} \quad (54)$$

$$0,000006395 \text{ m}^3 \geq 0,0000013144 \text{ m}^3 \quad (55)$$

Também é possível observar que satisfaz a condição.

Para as cargas ortogonais foi realizado o mesmo procedimento e foi verificado que a condição é atendida. O cálculo para o eixo “x” é apresentado na Equação 56.

$$0,00002267 \text{ m}^3 \geq \frac{(1749,01 \text{ N.m})}{(0,9) \cdot (250 \text{ MPa})} \quad (56)$$

$$0,00002267 \text{ m}^3 \geq 0,000007773 \text{ m}^3 \quad (57)$$

De forma análoga, para o eixo “y” tem-se:

$$0,000006395 \text{ m}^3 \geq \frac{(215,3 \text{ N.m})}{(0,9) \cdot (250 \text{ MPa})} \quad (58)$$

$$0,000006395 \text{ m}^3 \geq 0,0000009569 \text{ m}^3 \quad (59)$$

Notou-se que as condições das cargas verticais e ortogonais foram satisfeitas para os eixos de maior e menor inércia, dessa forma, o perfil adotado para as terças foi escolhido até o momento corretamente.

#### *Determinação do momento fletor resistente à flexão*

O segundo passo é verificar o momento fletor resistente à flexão para os eixos de maior (“x”) e menor inércia (“y”). Segundo a NBR 8800, para a verificação de vigas à flexão deve-se analisar a menor resistência da viga levando em

consideração a FLA (flambagem local da alma), FLM (flambagem local da mesa) e FLT (flambagem local lateral).

No eixo “x” a verificação da FLA se inicia através da determinação se a viga é de seção supercompacta, compacta, semicompacta ou esbelta. Para isso, foi calculado o índice de esbeltez de um perfil “U” (Equação 60).

$$\lambda_a = \frac{h}{t_w} \quad (60)$$

Onde  $h$  é a altura da alma e  $t_w$  a espessura da alma. Substituindo os valores conforme o perfil, tem-se:

$$\lambda_a = \frac{(115,5 \text{ mm})}{(2,25 \text{ mm})} = 51,333 \quad (61)$$

Foi comparado o valor anterior com o parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da alma, mostrado a seguir:

$$\lambda_{pa} = 3,5 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (62)$$

Onde  $E$  é o módulo de elasticidade do aço e  $f_y$  a tensão de escoamento do material. Substituindo os valores para o perfil, tem-se:

$$\lambda_{pa} = 3,5 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 98,995 \quad (63)$$

Como  $\lambda_a < \lambda_{pa}$ , a seção da viga é compacta quanto a alma. Para estas condições, a NBR 8800 calcula o momento fletor resistente à flexão no eixo “x” segundo a Equação 64.

$$M_{na} = M_{pl} = Z_x \cdot f_y = 1,12 \cdot W_x \cdot f_y \quad (64)$$

Onde  $M_{na}$  é a resistência nominal ao momento fletor para a FLA,  $M_{pl}$  é o momento de plastificação,  $Z_x$  módulo resistente plástico da seção no eixo "x" e  $W_x$  módulo de resistência elástico em relação ao eixo "x". Substituindo os respectivos valores para o perfil em questão, tem-se:

$$M_{na} = 1,12 \cdot (0,00002024 \text{ m}^3) \cdot (250 \text{ MPa}) = 5667,2 \text{ N.m} \quad (65)$$

Da mesma forma, foi calculado o  $M_{nm}$ , resistência nominal ao momento fletor para a FLM no eixo de maior inércia. Primeiro, foi calculado o índice de esbeltez da mesa do perfil (Equação 66).

$$\lambda_m = \frac{b}{t_f} \quad (66)$$

Com  $b$  sendo a largura da mesa e  $t_f$  a espessura da mesa. Substituindo os valores, tem-se:

$$\lambda_m = \frac{(50 \text{ mm})}{(2,25 \text{ mm})} = 22,22 \quad (67)$$

O mesmo é feito para o parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da mesa, onde a equação é mostrada a seguir:

$$\lambda_{pm} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (68)$$

Substituindo os valores das incógnitas:

$$\lambda_{pm} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 10,748 \quad (69)$$

Como o valor de  $\lambda_m$  é maior que  $\lambda_{pm}$ , foi calculado o parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento, com tensão residual. Logo, é a Equação 70 que determina este parâmetro.

$$\lambda_{rm} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y - f_r}} \quad (70)$$

No qual  $f_r$  é a tensão residual considerada para projeto. Inserindo os valores na equação, tem-se:

$$\lambda_{rm} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa}) - (115 \text{ MPa})}} = 31,947 \quad (71)$$

Visto que  $\lambda_{pm} < \lambda_m < \lambda_{rm}$ , a seção da viga é semcompacta quanto a mesa. Para isso, a NBR 8800 prevê a utilização da Equação 72 para fins de cálculo do momento fletor resistente à flexão no eixo "x".

$$M_{nm} = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \cdot \left( \frac{\lambda_m - \lambda_{pm}}{\lambda_{rm} - \lambda_{pm}} \right) \quad (72)$$

No qual  $M_{rm}$  é o momento fletor correspondente ao início do escoamento do material e pode ser calculado segundo a Equação 73. Além disso, como visto anteriormente o  $M_{pl}$  pode ser calculado conforme a Equação 74.

$$M_{rm} = (f_y - f_r) \cdot W_c \quad (73)$$

$$M_{pl} = 1,12 \cdot W_x \cdot f_y \quad (74)$$

Rescrevendo a Equação 72, tem-se:

$$M_{n_m} = 1,12 \cdot W_x \cdot f_y - \left( 1,12 \cdot W_x \cdot f_y - ((f_y - f_r) \cdot W_c) \right) \cdot \left( \frac{\lambda_m - \lambda_{pm}}{\lambda_{rm} - \lambda_{pm}} \right) \quad (75)$$

O valor pode ser encontrado foi:

$$M_{n_m} = 3339,201 \text{ N.m} \quad (76)$$

De acordo com a NBR 8800, além das verificações da FLA e FLM, deve-se verificar a flambagem lateral com torção. Contudo, para as terças tem-se os flanges compridos continuamente. Isto é,  $L_b = 0$  (comprimento não travado ou distância entre travamentos), pois as terças são travadas nas telhas em toda sua extensão.

No eixo "y", de menor inércia, também foi verificada as condições da seção quanto a FLA, FLM e FLT, encontrando um momento fletor resistente para cada tipo. Iniciando com o índice de esbeltez (Equação 77).

$$\lambda_a = \frac{h}{t_w} \quad (77)$$

Substituindo os valores conforme o perfil, tem-se:

$$\lambda_a = \frac{(115,5 \text{ mm})}{(2,25 \text{ mm})} = 51,333 \quad (78)$$

Para o eixo de menor inércia, o parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da alma é calculado diferente segundo a NBR 8800. A seguir é mostrado a equação correspondente:

$$\lambda_{pa} = 1,12 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (79)$$

Inserindo os valores na equação, tem-se:

$$\lambda_{pa} = 1,12 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 31,678 \quad (80)$$

O valor de  $\lambda_a$  é maior que  $\lambda_{pa}$ . Por consequência foi calculado o parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento  $\lambda_{ra}$ .

$$\lambda_{ra} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (81)$$

Obtém-se:

$$\lambda_{ra} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 39,598 \quad (82)$$

Como  $\lambda_a > \lambda_{ra}$ , tem-se que a seção do perfil é esbelta quanto a alma no eixo de menor inércia, condição crítica para o projeto. Portanto, foi determinado um índice de esbeltez máximo ( $\lambda_{am\acute{a}x}$ ) de acordo com a NBR 8800, correspondente a Equação 83.

$$\lambda_{am\acute{a}x} = \frac{0,48 \cdot E}{\sqrt{f_y \cdot (f_y + f_r)}} \quad (83)$$

Trocando os valores, e assim obteve-se:

$$\lambda_{am\acute{a}x} = \frac{0,48 \cdot (200 \text{ GPa})}{\sqrt{(250 \text{ MPa}) \cdot ((250 \text{ MPa}) + (115 \text{ MPa}))}} = 317,801 \quad (84)$$

Desse modo, o índice de esbeltez atende a condição limite, pois  $\lambda_a < \lambda_{am\acute{a}x}$ .

O módulo de resistência nominal ao momento fletor para a FLA ( $M_{na}$ ) no caso de seções esbeltas quanto a alma para eixos de menor inércia é calculado conforme a Equação 85.

$$M_{na} = M_{cr} = \frac{W_{efy}^2}{W_y} \cdot f_y \quad (85)$$

Com  $M_{cr}$  sendo o momento fletor de flambagem elástica,  $W_y$  o módulo de resistência elástico no eixo “y” e  $W_{efy}$  sendo o módulo de resistência mínimo elástico. Segundo a NBR 8800, este último pode ser estimado conforme a equação a seguir:

$$W_{efy} = \frac{I_y/2}{y_{cg}} \quad (86)$$

Onde  $I_y$  é o momento de inércia no eixo “y” e  $y_{cg}$  é a distância da linha neutra. Após foi calculado:

$$W_{efy} = \frac{(1,853 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4)/2}{(0,0153 \text{ m})} = 6,056 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (87)$$

Substituindo os valores na Equação 85, obtem-se

$$M_{na} = M_{cr} = \frac{(6,056 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3)^2}{(0,00000571 \text{ m}^3)} \cdot (250 \text{ MPa}) = 1605,506 \text{ N.m} \quad (88)$$

Com o módulo de resistência nominal ao momento fletor para a alma definido, foi calculado o mesmo para a mesa da seção. De forma análoga a seção de maior inércia, tem-se:

$$\lambda_m = \frac{b}{t_f} \quad (89)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$\lambda_m = \frac{(50 \text{ mm})}{(2,25 \text{ mm})} = 22,22 \quad (90)$$

O próximo passo é calcular o parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da mesa, onde a equação é mostrada a seguir:

$$\lambda_{pm} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (91)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$\lambda_{pm} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 10,748 \quad (92)$$

Como o valor de  $\lambda_m$  é maior que  $\lambda_{pm}$ , foi calculado o parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento, com tensão residual:

$$\lambda_{rm} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y - f_r}} \quad (93)$$

Dispõem-se:

$$\lambda_{rm} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa}) - (115 \text{ MPa})}} = 31,947 \quad (94)$$

Como para o caso do eixo "x",  $\lambda_{pm} < \lambda_m < \lambda_{rm}$ , a seção da viga é semicompecta quanto a mesa. Para isso, a NBR 8800 prevê a utilização da Equação 95 para fins de cálculo do momento fletor resistente à flexão no eixo "y".

$$M_{n_m} = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \cdot \left( \frac{\lambda_m - \lambda_{pm}}{\lambda_{rm} - \lambda_{pm}} \right) \quad (95)$$

No qual, o  $M_{rm}$  é o mesmo que para o eixo “x”. Contudo, o  $M_{pl}$  é calculado conforme a equação a seguir:

$$M_{pl} = 1,12 \cdot W_y \cdot f_y \quad (96)$$

Rescrevendo a Equação 95, tem-se:

$$M_{n_m} = 1,12 \cdot W_y \cdot f_y - \left( 1,12 \cdot W_y \cdot f_y - ((f_y - f_r) \cdot W_c) \right) \cdot \left( \frac{\lambda_m - \lambda_{pm}}{\lambda_{rm} - \lambda_{pm}} \right) \quad (97)$$

O valor obtido foi:

$$M_{n_m} = 942,037 \text{ N.m} \quad (98)$$

Para o eixo “y”,  $L_b$  também é nulo (terças são travadas nas telhas em toda sua extensão).

#### *Verificação dos esforços combinados*

O próximo passo para o dimensionamento é verificar os esforços combinados da estrutura, para isso, foi utilizado o método dos estados limites. Segundo a NBR 8800, um carregamento que atua sobre a estrutura é composto por combinações das ações que têm probabilidades não desprezíveis de agir simultaneamente durante um período estabelecido. Para este projeto, foi utilizado a combinação nos casos normais e durante a construção (montagem). Esta verificação pode ser compreendida pela Equação 99.

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} \cdot F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} \cdot F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \cdot \psi_{0j} \cdot F_{Qj,k}) \quad (99)$$

Onde  $F_{Gi,k}$  representa os valores característicos de ações permanentes,  $F_{Q1,k}$  é o valor característico da ação variável considerada principal para a combinação e  $F_{Qj,k}$  representa os valores característicos das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável principal. Já  $\gamma_{gi}$ ,  $\gamma_{q1}$  e  $\gamma_{qj}$  são os coeficientes de ponderação da resistência destas ações. E  $\psi_{0j}$  é o fator de combinação estatístico que leva em consideração a frequência da ocorrência simultânea de cargas.

Os valores dos coeficientes de ponderação das ações são apresentados nas Tabelas 28 e 29. Os valores entre parênteses são coeficientes para ações permanentes favoráveis à segurança. As ações variáveis e excepcionais favoráveis à segurança não entram nas combinações.

Tabela 28 - Coeficientes de ponderação para ações permanentes.

Combinações	Grande variabilidade ( $\gamma_g$ )	Pequena variabilidade ( $\gamma_g$ )
Normais	1,4 ( $\phi = 0,9$ )	1,3 ( $\phi = 1,0$ )
Durante a construção	1,3 ( $\phi = 0,9$ )	1,2 ( $\phi = 1,0$ )
Excepcionais	1,2 ( $\phi = 0,9$ )	1,1 ( $\phi = 1,0$ )

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

Tabela 29 - Coeficientes de ponderação para ações variáveis.

Combinações	Recalques diferenciais ( $\gamma_g$ )	Variações de temperatura ( $\gamma_g$ )	Ações do uso ( $\gamma_g$ )	Demais ações variáveis ( $\gamma_g$ )
Normais	1,2	1,2	1,5	1,4
Durante a construção	1,2	1,0	1,3	1,2
Excepcionais	0	0	1,1	1,0

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

Já os fatores de combinação ( $\psi$ ) estão descritos na Tabela 30.

Tabela 30 - Coeficientes de ponderação para ações variáveis.

Ações	$\psi$
Sobrecargas em pisos de bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens; conteúdo de silos e reservatórios.	0,75
Cargas de equipamentos, incluindo pontes rolantes, e sobrecargas em pisos diferentes dos anteriores.	0,65
Pressão dinâmica do vento.	0,60
Variação de temperatura.	0,60

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

Aplicando o método dos estados limites a cobertura metálica deste projeto, foi considerado as seguintes ações e coeficientes (Tabela 31).

Tabela 31 - Coeficientes de ponderação e fator de combinação adotados para o projeto.

Combinações	Ponderação	Coeficiente de ponderação ( $\gamma_g$ )	Fator de combinação ( $\psi_0$ )
Ação permanente – Peso próprio	Pequena variabilidade	1,3 ou 1,0	1,0
Ação variável - Sobrecarga	Ações do uso	1,5	1,0
Ação variável - Vento	Demais ações variáveis	1,4	0,60

Fonte: (AUTOR, 2021).

Seguindo, tem-se a verificação dos esforços combinados das terças, na qual foi feito duas verificações principais, das cargas verticais e das cargas horizontais

apresentadas na Tabela 27. O método dos estados limites apresentado anteriormente se resume na Equação 100, onde deve-se satisfazer a condição imposta.

$$\frac{M_{dx}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{dy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1,0 \quad (100)$$

As variáveis  $M_{dx}$  e  $M_{dy}$  são os momentos fletores de dimensionamento associados ao eixo “x” e “y”, respectivamente. Para defini-los é necessário multiplicar o momento interno pelo coeficiente de ponderação para ações permanentes  $\gamma$ . A Equação 101 mostra o momento fletor de dimensionamento para o eixo “x”.

$$M_{dx} = \gamma \cdot M_x \quad (101)$$

Com um coeficiente  $\gamma = 1,4$  (combinações normais de grande variabilidade) e  $M_x$  referente ao resultado do diagrama de momento fletor, tem-se:

$$M_{dx} = (1,4) \cdot (962,25 \text{ N} \cdot \text{m}) = 1347,15 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (102)$$

Foi realizado o mesmo para o eixo “y” (Equação 103).

$$M_{dy} = \gamma \cdot M_y \quad (103)$$

Foi adotado o mesmo coeficiente de ponderação ( $\gamma = 1,4$ ) e multiplicado pelo momento fletor. A Equação 104 mostra o resultado deste produto.

$$M_{dy} = (1,4) \cdot (295,75 \text{ N} \cdot \text{m}) = 414,05 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (104)$$

Já o  $M_{nx}$  e o  $M_{ny}$  são as resistências nominais ao momento fletor calculadas anteriormente. Foi adotado o menor valor entre as verificações da FLA, FLM e FLT,

tanto para o eixo “x”, quanto para o eixo “y”. Nas Equações 105 e 106 tem-se os resultados para ambos os eixos.

$$M_{nx} = M_{nxmin} = 3339,20 \text{ N.m} \quad (105)$$

$$M_{ny} = M_{nymin} = 942,04 \text{ N.m} \quad (106)$$

Por fim, os valores admitidos anteriormente foram substituídos na Equação 107 e foi verificado se satisfaz a condição imposta pela equação. Antes, foi adotado em coeficiente de resistência ao momento fletor que multiplica os valores nominais. Assim, com  $\phi_b = 0,9$  tem-se:

$$\frac{(1347,15 \text{ N.m})}{(0,9) \cdot (3339,20 \text{ N.m})} + \frac{(414,05 \text{ N.m})}{(0,9) \cdot (942,04 \text{ N.m})} = 0,936 \quad (107)$$

Foi verificado que a condição mostrada na Equação 107 é satisfeita e as terças resistirão as solicitações impostas.

De forma análoga foi realizada a verificação dos esforços combinados para a carga ortogonal. Os momentos fletores de dimensionamento de “x” e “y” podem ser compreendidos pelas Equações 108 e 109. Para estes, também foi adotado um coeficiente de ponderação  $\gamma = 1,4$  (combinações normais de grande variabilidade).

$$M_{dx} = (1,4) \cdot (1749,01 \text{ N.m}) = 2448,61 \text{ N.m} \quad (108)$$

$$M_{dy} = (1,4) \cdot (215,3 \text{ N.m}) = 942,03 \text{ N.m} \quad (109)$$

Já os menores valores das resistências nominais ao momento fletor de “x” e “y” em relação as flambagens FLA, FLM e FLT são mostrados nas Equações 110 e 111.

$$M_{nx} = 3339,20 \text{ N.m} \quad (110)$$

$$M_{ny} = 942,04 \text{ N.m} \quad (111)$$

Novamente com  $\phi_b = 0,9$ , tem-se:

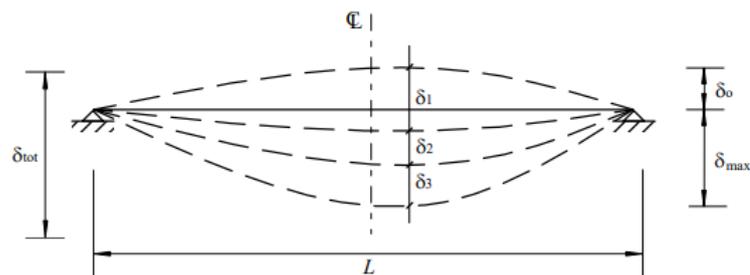
$$\frac{(2448,614 \text{ N.m})}{(0,9) \cdot (3339,20 \text{ N.m})} + \frac{(301,42 \text{ N.m})}{(0,9) \cdot (942,04 \text{ N.m})} = 1,17 \quad (112)$$

Foi observado que a condição da Equação 112 não foi satisfeita, contudo, o valor ficou próximo ao permitido pela NBR 8800, sendo o perfil passível de utilização.

#### Verificação da flecha máxima

A NBR 8800 generaliza valores máximos de flecha (deslocamento vertical) toleráveis para determinadas situações. A norma avalia três deslocamentos conforme a Figura 81.

Figura 81 - Diagrama de deflexões.



Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

De acordo com a NBR 8800,  $\delta_1$  é o deslocamento devido as ações permanentes sem efeitos de longa duração,  $\delta_2$  é o deslocamento devido aos efeitos de longa duração das ações permanentes e  $\delta_3$  é o deslocamento devido as ações variáveis, incluindo, os efeitos de longa duração dos valores quase permanentes

dessas ações. Já  $\delta_{m\acute{a}x}$  é o deslocamento máximo admitido para fins de dimensionamento e está associado ao comprimento da viga em análise. A Tabela 32 mostra os valores máximos para determinadas aplicações.

Tabela 32 - Valores máximos de flecha admitidos para uma cobertura metálica.

Descrição	$\delta_{m\acute{a}x}$
Travessas de fechamento	$\frac{L}{120}$
Terças de cobertura	$\frac{L}{120}$
Vigas de cobertura	$\frac{L}{250}$
Vigas de piso	$\frac{L}{350}$
Vigas que suportam pilares	$\frac{L}{500}$

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

Conforme a Tabela 73, para as terças, o valor máximo admissível de flecha corresponde a Equação 113.

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{120} = \frac{L_{terças}}{120} \quad (113)$$

Com  $L_{terças} = 3 \text{ m}$ , tem-se:

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{(3 \text{ m})}{120} = 0,025 \text{ m} \quad (114)$$

Conforme os dados da Tabela 27, a deflexão máxima observada foi:

$$\delta_x = 0,00326 \text{ m} \quad (115)$$

Dessa forma, a condição  $\delta_{m\acute{a}x} \geq \delta_x$  foi satisfeita.

O mesmo sequenciamento de verificação é realizado para a carga ortogonal. De acordo com a deflexão calculada, tem-se:

$$\delta_x = 0,00635 \text{ m} \quad (116)$$

E também é satisfeita a condio  $\delta_{m\acute{a}x} \geq \delta_x$ . Assim, a viga   dimensionada corretamente em relao a flecha máxima.

Com as verificaoes realizadas até aqui, foi finalizado o dimensionamento das terças. Na próxima seo foi dado início ao dimensionamento das vigas traves de acordo com a NBR 8800.

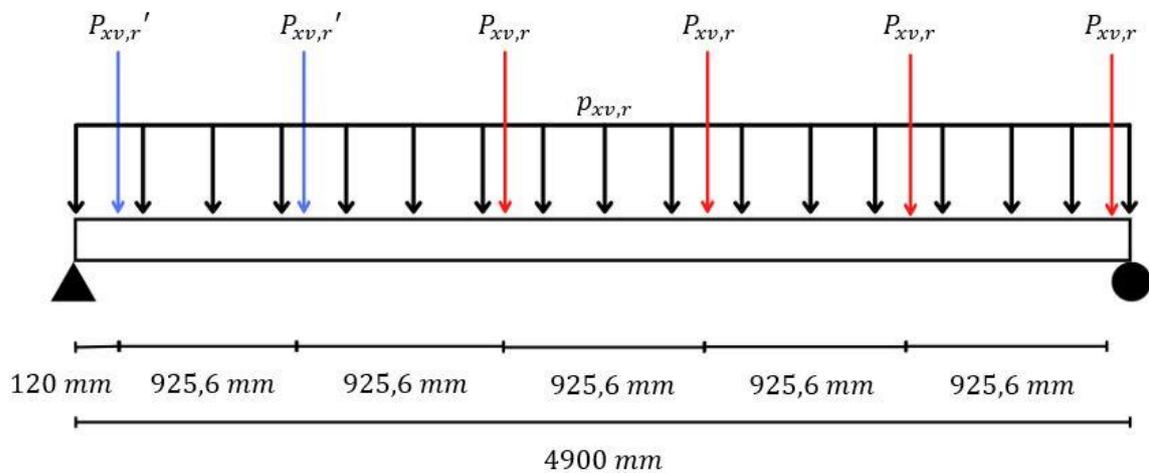
#### 4.4.6.3 Verificao das vigas traves

As vigas traves adotadas para este projeto são de alma cheia do tipo "I", composta por dois perfis "U" enrijecidos (dobrados parcialmente a quente) soldados ao longo da alma. Os perfis e materiais já foram definidos anteriormente e esta seo foi utilizada para verificar sua resistência e aplicao conforme a NBR 8800.

As cargas que atuam sobre estas vigas são decorrentes das aoes já previstas no dimensionamento das terças. Logo, as verificaoes foram divididas novamente em cargas verticais e ortogonais, onde suas naturezas permanecem as mesmas.

Como cargas verticais, foi feito o diagrama de corpo livre (Figura 82) representando as suas atuaoes sobre a viga. Além disso, o diagrama traz as dimensoes da viga e aplicaoes das cargas.

Figura 82 - Diagrama de corpo livre das cargas verticais das vigas traves no eixo "x".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Como a viga está inclinada, decompõem-se a carga vertical em "x" e "y". A carga  $P_{xv,r}'$  (Equação 117) é decorrente as componentes  $q_{xv,t}$  e  $Q_{xv,t}$  apresentadas anteriormente no dimensionamento das terças. Elas, em especial, levam em consideração a carga da passarela e das evaporadoras que foram definidas como sendo bi apoiadas sobre o telhado, desse modo, atuam em dois pontos.

$$P_{xv,r}' = q_{xv,t} \cdot \frac{L_{terças}}{2} + \frac{2 \cdot Q_{xv,t}}{3} \quad (117)$$

Substituindo os valores calculados nas Equações 32 e 36, com  $L_{terças} = 3 \text{ m}$ , tem-se:

$$P_{xv,r}' = (354,21 \text{ N/m}) \cdot \frac{(3 \text{ m})}{2} + \frac{2 \cdot (717,17 \text{ N})}{3} = 1009,43 \text{ N} \quad (118)$$

Já a carga  $P_{xv,r}$  é decorrente as cargas das terças sem o apoio da passarela e evaporadoras de ar condicionado. E foi calculada através da Equação 119.

$$P_{xv,r} = q_{xv,t} \cdot \frac{L_{terças}}{2} \quad (119)$$

A carga  $q_{xv,t}$  também é referente ao valor da Equação 32. Substituindo os valores, tem-se:

$$P_{xv,r} = (354,21N/m) \cdot \frac{(3\text{ m})}{2} = 318,85\text{ N} \quad (120)$$

A carga distribuída  $p_{xv,r}$  (Equação 121) refere-se ao peso próprio da viga trave e como a viga está inclinada em  $17,53^\circ$  decompõem-se em “x” e “y”.

$$p_{xv,r} = C_{v,trave} \cdot \cos(\alpha) \quad (121)$$

O valor da carga  $C_{v,trave}$  é obtida através da Equação 122, onde  $PP_{v,trave}$  é o peso próprio da viga e  $g$  a gravidade no local.

$$C_{v,trave} = 2 \cdot PP_{v,trave} \cdot g \quad (122)$$

Substituindo os respectivos valores na Equação 122, tem-se:

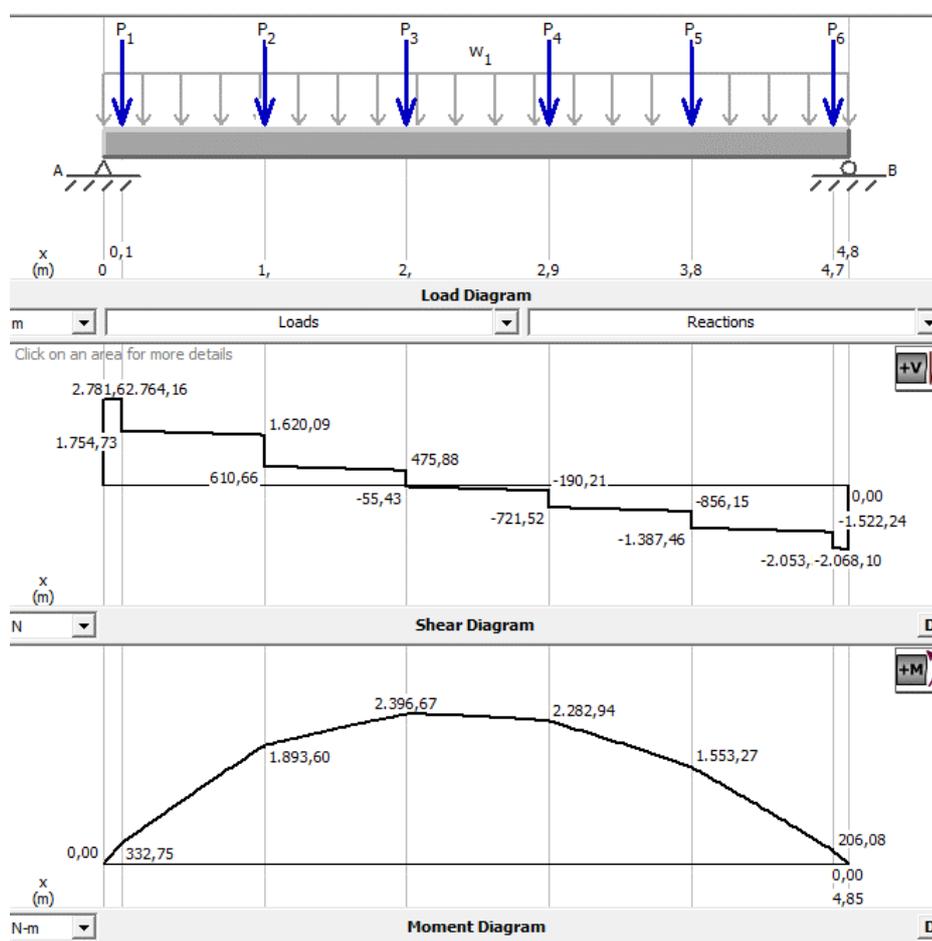
$$C_{v,trave} = 2 \cdot (7,78\text{ kg/m}) \cdot (9,81\text{ m/s}^2) = 152,64\text{ N/m} \quad (123)$$

Logo, substituindo  $C_{v,trave}$  na Equação 121, obtém-se:

$$p_{xv,r} = (4,848\text{ m}) \cdot \cos(17,53^\circ) = 145,55\text{ N/m} \quad (124)$$

Depois de definidos os valores das cargas externas, foi utilizado novamente o software *MD Solids 4.0* para calcular o diagrama de momento fletor e o diagrama de esforços cortantes na direção “x” das cargas verticais (Figura 83).

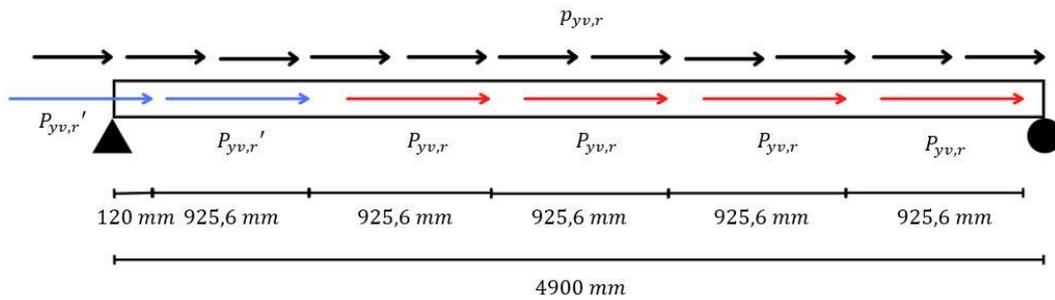
Figura 83 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas verticais das vigas traves no eixo "x".



Fonte: (AUTOR, 2021).

No eixo "y" tem-se a atuação da carga de forma axial. A reação de apoio que suporta a soma de todas as cargas axiais foi calculada através da Equação 125, sendo esta, a situação mais crítica.

Figura 84 - Diagrama de corpo livre das cargas verticais das vigas traves no eixo "y".



Fonte: (AUTOR, 2021).

$$R_{HAV,r} = p_{yv,r} \cdot L_{v,trave} + 4 \cdot P_{yv,r} + 2 \cdot P_{yv,r}' \quad (125)$$

A carga  $P_{yv,r}'$  leva em consideração os valores calculados (das terças) nas Equações 34 e 38.

$$P_{yv,r}' = q_{yv,t} \cdot \frac{L_{terças}}{2} + \frac{2 \cdot Q_{yv,t}}{3} \quad (126)$$

Substituindo nas incógnitas  $Q_{yv,t}$  e  $q_{yv,t}$ , tem-se:

$$P_{yv,r}' = (111,89 \text{ N/m}) \cdot \frac{(3 \text{ m})}{2} + \frac{2 \cdot (226,54 \text{ N})}{3} = 318,85 \text{ N} \quad (127)$$

Já  $P_{yv,r}$  leva em consideração apenas  $q_{yv,t}$ , valor calculado na Equação 38.

$$P_{yv,r} = q_{yv,t} \cdot \frac{L_{terças}}{2} \quad (128)$$

$$P_{yv,r} = (111,89 \text{ N/m}) \cdot \frac{(3 \text{ m})}{2} = 167,83 \text{ N} \quad (129)$$

Por fim,  $p_{yv,r}$  é a decomposição do peso próprio citado anteriormente. O valor de  $p_{yv,r}$  foi calculado pela Equação 130.

$$p_{yv,r} = C_{v, trave} \cdot sen(\alpha) \quad (130)$$

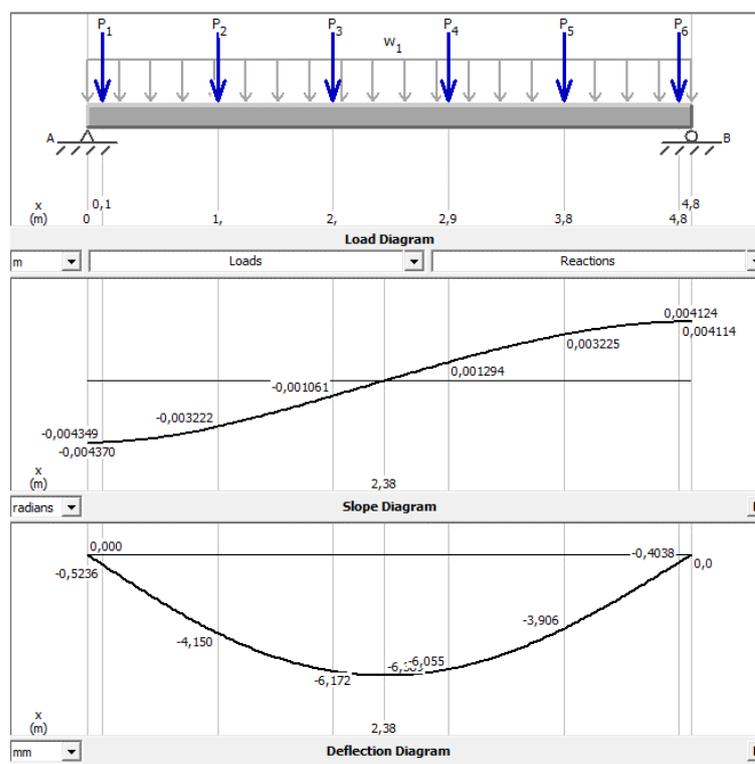
$$p_{yv,r} = (152,64 \text{ N/m}) \cdot sen(17,53^\circ) = 45,98 \text{ N/m} \quad (131)$$

Com todas cargas que compõem  $R_{HAV,r}$  definidas, foi calculado:

$$R_{HAV,r} = (45,98 \text{ N/m}) \cdot (4,848 \text{ m}) + 4 \cdot (167,83 \text{ N}) + 2 \cdot (318,85 \text{ N}) = 1531,91 \text{ N} \quad (132)$$

Além da verificação dos esforços internos solicitantes, foi determinada a deflexão máxima causada pelas cargas na direção do eixo "x". A Figura 85 apresenta os resultados desta análise.

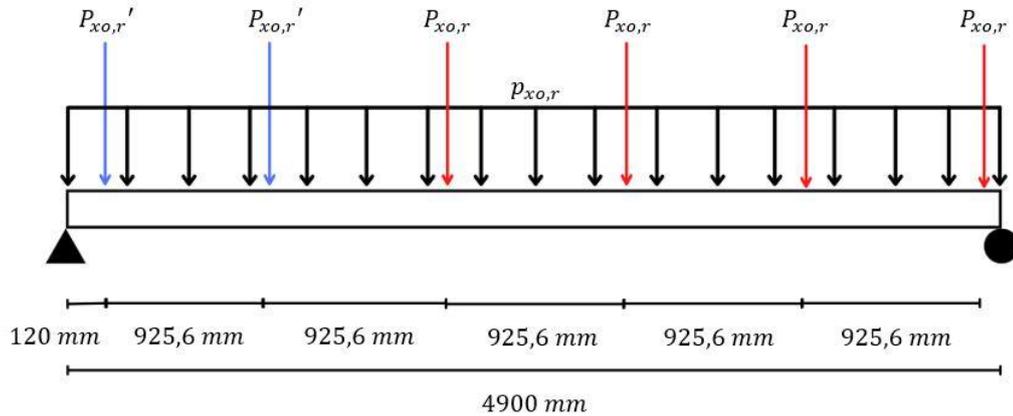
Figura 85 - Diagrama de deflexão das cargas verticais das vigas traves no eixo "x".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Correlato as definições das cargas na vertical, foram definidas as cargas ortogonais. A Figura 86 mostra o diagrama de corpo livre da situação em questão.

Figura 86 - Diagrama de corpo livre das cargas ortogonais das vigas traves no eixo "X".



Fonte: (AUTOR, 2021).

No eixo "x", a carga  $P_{xo,r}'$  refere-se a  $q_{xo,t}$  e  $Q_{xo,t}$  apresentados nas Equações 40 e 44.

$$P_{xo,r}' = q_{xo,t} \cdot \frac{L_{terças}}{2} + \frac{2 \cdot Q_{xo,t}}{3} \quad (133)$$

Substituindo os valores, com  $L_{terças} = 3 \text{ m}$ , tem-se:

$$P_{xo,r}' = (1053,34 \text{ N/m}) \cdot \frac{(3 \text{ m})}{2} + \frac{2 \cdot (717,17 \text{ N})}{3} = 2058,12 \text{ N} \quad (134)$$

A carga  $P_{xo,r}$  foi calculada através da Equação 135.

$$P_{xo,r} = q_{xo,t} \cdot \frac{L_{terças}}{2} \quad (135)$$

A carga distribuída  $q_{x_0,t}$  corresponde a calculada na Equação 42, sendo assim tem-se:

$$P_{x_0,r} = (1053,34 \text{ N/m}) \cdot \frac{(3 \text{ m})}{2} = 1580,01 \text{ N} \quad (136)$$

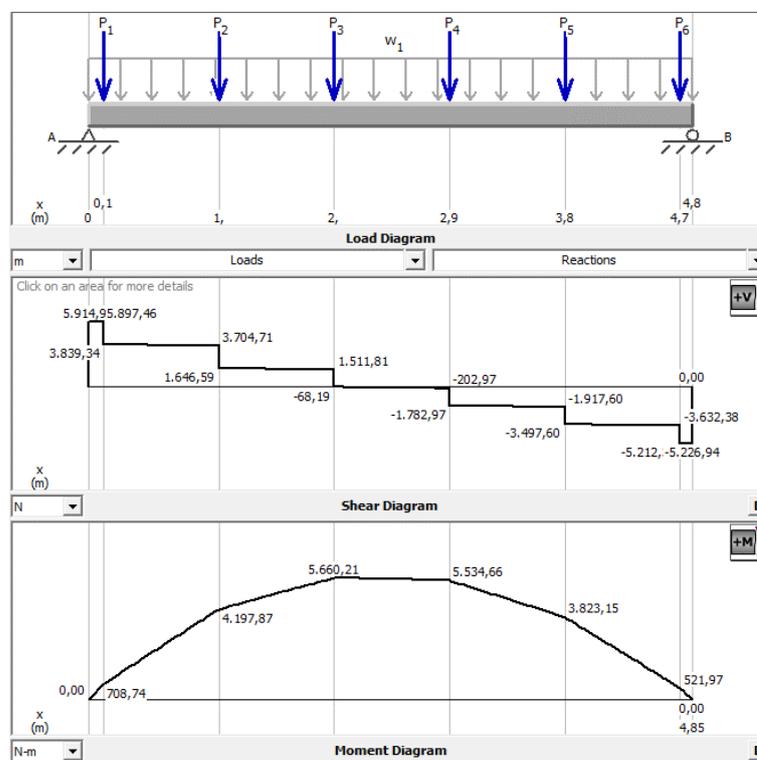
E como na carga vertical, tem-se a componente correspondente ao peso próprio da viga trave. Seu valor fica igual a anterior (Equação 138).

$$p_{x_0,r} = C_{v, \text{trave}} \cdot \cos(\alpha) \quad (137)$$

$$p_{x_0,r} = (4,848 \text{ m}) \cdot \cos(17,53^\circ) = 145,55 \text{ N/m} \quad (138)$$

Os diagramas de esforços cortantes e momento fletor podem ser vistos na Figura 87.

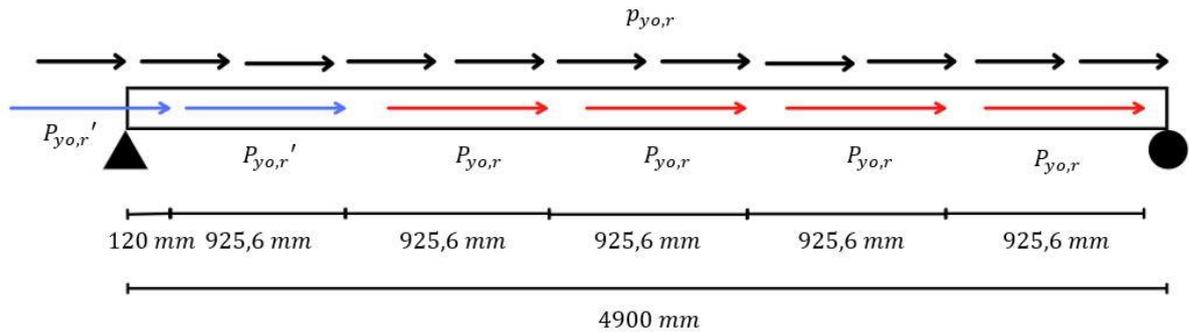
Figura 87 - Diagramas de esforços cortantes e momento fletor das cargas ortogonais das vigas traves no eixo "x".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Ainda de forma correlata a carga vertical, as cargas da componente “y” ortogonais foram calculadas através da Equação 139, onde representa a situação mais crítica. O diagrama de corpo livre pode ser visto na Figura 88.

Figura 88 - Diagrama de corpo livre das cargas ortogonais das vigas traves no eixo “y”.



Fonte: (AUTOR, 2021).

$$R_{HAo,r} = p_{yo,r} \cdot L_{v, trave} + 4 \cdot P_{yo,r} + 2 \cdot P_{yo,r'} \quad (139)$$

Como anteriormente,  $R_{HAo,r}$  é composta por  $P_{yo,r'}$  e para as cargas ortogonais, tem-se:

$$P_{yo,r'} = q_{yo,t} \cdot \frac{L_{terças}}{2} + \frac{2 \cdot Q_{yo,t}}{3} \quad (140)$$

Substituindo  $q_{yo,t}$  e  $Q_{yo,t}$  com os valores das Equações 42 e 46, tem-se:

$$P_y' = (40,35 \text{ N/m}) \cdot \frac{(3 \text{ m})}{2} + \frac{2 \cdot (226,54 \text{ N})}{3} = 211,55 \text{ N} \quad (141)$$

A carga  $P_{yo,r}$  foi obtida através da Equação 142.

$$P_{yo,r} = q_{yo,t} \cdot \frac{L_{terças}}{2} \quad (142)$$

Para carga ortogonal, corresponde a:

$$P_{y_{o,r}} = (40,35 \text{ N/m}) \cdot \frac{(3 \text{ m})}{2} = 60,52 \text{ N} \quad (143)$$

O peso próprio na direção “y” foi calculado na Equação 145.

$$p_{y_{o,r}} = C_{v,travel} \cdot sen(\alpha) \quad (144)$$

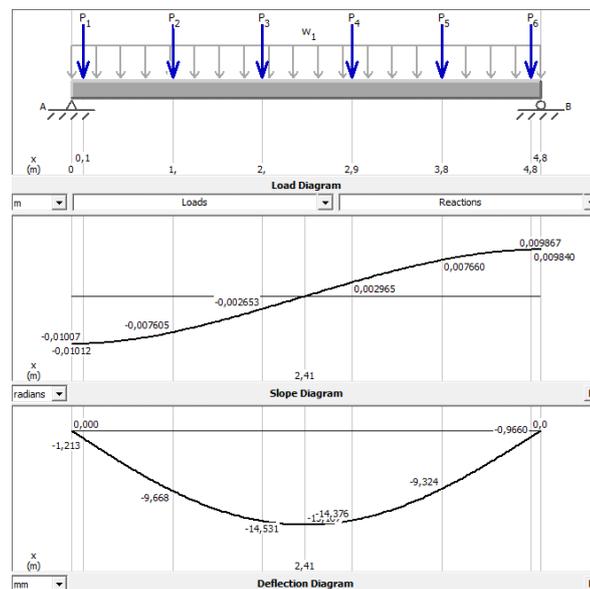
$$p_{y_{o,r}} = (152,64 \text{ N/m}) \cdot sen(17,53^\circ) = 45,98 \text{ N/m} \quad (145)$$

Substituindo todas as cargas acima na Equação 139, tem-se a carga ortogonal atuante na direção “y”.

$$R_{HA_{o,r}} = (45,98 \text{ N/m}) \cdot (4,848 \text{ m}) + 4 \cdot (60,52 \text{ N}) + 2 \cdot (211,55 \text{ N}) = 888,09 \text{ N} \quad (146)$$

E como anteriormente, foi determinada a deflexão máxima da viga levando em consideração as cargas ortogonais na direção “x”. O resultado foi observado na Figura 89.

Figura 89 - Diagrama de deflexão das cargas ortogonais das vigas traves no eixo “x”.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Os esforços solicitantes internos das terças são obtidos pelos diagramas de momento fletor e de esforços cortantes vistos nas figuras anteriores. Os resultados das cargas verticais e ortogonais foram sintetizados em uma tabela, onde tem-se  $M_x$  como sendo o momento fletor de cálculo no eixo “x”,  $N$  o esforço da força normal interno (decorrente o eixo “y”),  $V_x$  o esforço cortante no eixo “x” e  $\delta_x$  a flecha (deflexão).

Tabela 33 - Resultado dos esforços solicitantes e deflexões nas vigas traves.

Símbolo	Carga Vertical	Carga Ortogonal	Unidade
$M_x$	2396,67	5660,21	$N.m$
$V_x$	2781,62	5914,95	$N$
$N$	1531,91	888,09	$N$
$\delta_x$	0,006385	0,15107	$m$

Fonte: (AUTOR, 2021).

#### *Determinação da resistência a força normal*

A força normal que a viga está submetida é considerada a mais crítica, ou seja, é a soma de todas atuantes internas, sendo uma força de natureza de compressão. Segundo a NBR 8800, foi determinada a resistência a força normal  $N_n$ . Mas antes, foram definidos alguns parâmetros.

Primeiramente, foi calculado o parâmetro de esbeltez do perfil para barras comprimidas através da Equação 147.

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} = \frac{k \cdot L_{v, trave}}{r_x} \quad (147)$$

Onde  $L_x$  o comprimento da viga e  $r_x$  o menor raio de giração da barra. Já  $k$  é um parâmetro de flambagem que possui valores pré-determinados segundo a NBR 8800. Seus valores foram definidos conforme a tabela da Figura 90.

Figura 90 - Parâmetros de flambagem pré-determinados.

A linha tracejada indica a linha elástica de flambagem	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
						
Valores teóricos de $K_x$ ou $K_y$	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados	0,65	0,80	1,2	1,0	2,1	2,0
Código para condição de apoio	 Rotação e translação impedidas  Rotação livre, translação impedida  Rotação impedida, translação livre  Rotação e translação livres					

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

Como não tem translação foi usado  $k = 1$ . Substituindo os valores na equação, tem-se:

$$\lambda_x = \frac{(1) \cdot (4,848 \text{ m})}{(0,044 \text{ m})} = 110,18 \quad (148)$$

A NBR 8800 recomenda que o parâmetro de esbeltez não ultrapasse um valor pré-definido ( $\lambda_{m\acute{a}x} = 200$ ). Logo, foi satisfeita a condição  $\lambda_x \leq \lambda_{m\acute{a}x}$ .

A resistência a força normal é dada pela Equação 149, no qual  $\phi_c$  é o coeficiente de resistência ao momento fletor,  $\rho$  e  $Q$  são coeficientes de redução que consideram a flambagem local,  $A_g$  é a área bruta da seção e  $f_y$  o limite de escoamento do material.

$$N_n = \phi_c \cdot \rho \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y \quad (149)$$

O valor de  $Q$  é considerado 1,0 quando tem-se uma limitação no quociente das dimensões  $b$  e  $t$  (Equação 150). Essa limitação de acordo com a NBR 8800:1986 está descrita na Figura 91.

Figura 91 - Dimensões  $b$  e  $t$  para elementos de viga.

Descrição dos elementos	Alguns exemplos com indicação de $b$ e $t$	$(b/t)_{lim}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mesas de seções I, H, T ou U laminadas</li> <li>— Abas de cantoneiras ligadas continuamente ou projetadas de seções I, H, T ou U laminadas ou soldadas</li> <li>— Chapas projetadas de seções I, H, T ou U laminadas ou soldadas</li> </ul>		$0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

$$\frac{b}{t} < \frac{b}{t}_{m\acute{a}x} \quad (150)$$

Para o projeto da cobertura foi adotada a Equação 151, chapa projetada de seção "I" soldada.

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{m\acute{a}x} = 0,55 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (151)$$

Substituindo os valores de  $E$  e  $f_y$  do material em questão, tem-se:

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{m\acute{a}x} = 0,56 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 15,84 \quad (152)$$

Como visto na Figura 91,  $b$  considerado para um perfil "I" é metade de sua mesa ( $b_f$ ) e  $t$  é a espessura da mesa ( $t_f$ ), logo:

$$\frac{b}{t} = \frac{b_f}{2t_f} \quad (153)$$

Substituindo as medidas do perfil na Equação 153, obtém-se:

$$\frac{b}{t} = \frac{\frac{(100 \text{ mm})}{2}}{(4,25 \text{ mm})} = 11,76 \quad (154)$$

Visto que a condição da Equação 150 foi satisfeita, faz com que  $Q = 1$ .

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_x}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot f_y}{E}} \quad (155)$$

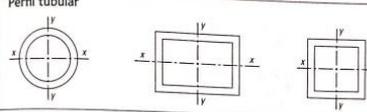
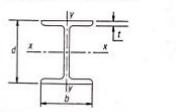
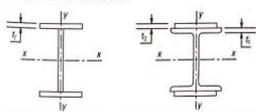
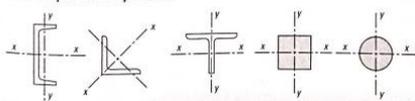
De acordo com a NBR 8800, para determinar o coeficiente  $\rho$  tem-se primeiramente o cálculo do parâmetro de esbeltez para barras comprimidas ( $\bar{\lambda}$ ). Logo, foi determinado:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_x}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot f_y}{E}} \quad (156)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{(110,18)}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{(1) \cdot (250 \text{ MPa})}{(200 \text{ GPa})}} = 1,24 \quad (157)$$

Com o parâmetro de esbeltez calculado, foi definida uma curva de flambagem conforme a tabela da Figura 92. Como tem-se um perfil “I” soldado e foi analisado uma flambagem em torno no eixo “x-x”, definiu-se a curva “b”.

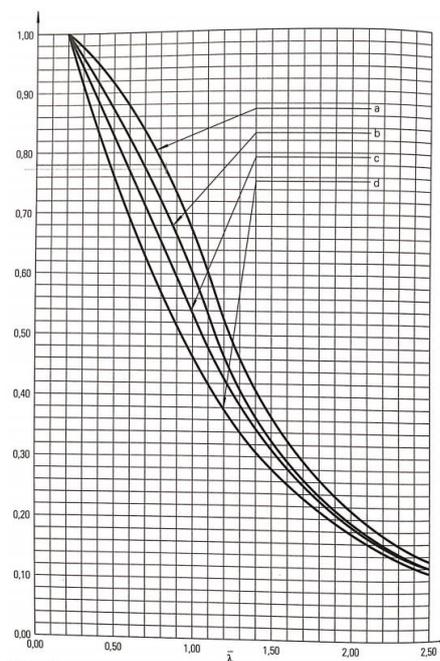
Figura 92 - Orientações de flambagem para seções transversais.

Seção transversal		Flambagem em torno do eixo	Curva de flambagem(*)
Perfil tubular 		x - x  y - y	a
Perfil caixão soldado 	Soldas de grande espessura $bt_1 < 30$ $dt_2 < 30$	x - x  y - y	c
	Outros casos	x - x  y - y	b
Perfis I ou H laminados 	$d/b > 1,2$ $t \leq 40$ mm	x - x y - y	a b (a)
	$d/b \leq 1,2$ $t \leq 40$ mm	x - x y - y	b (a) c (b)
	$t > 40$ mm	x - x y - y	d d
Perfis I ou H soldados 	$t_1 \leq 40$ mm	x - x y - y	b c
	$t_1 > 40$ mm	x - x y - y	c d
U, L, T e perfis de seção cheia 		x - x  y - y	c

Fonte: (PINHEIRO, 2005).

As curvas de flambagem podem ser observadas na Figura 93.

Figura 93 - Curvas de flambagem.



Fonte: (PINHEIRO, 2005).

Pinheiro (2005) traz em sua bibliografia valores tabelados para a curva “b” de flambagem conforme a norma. Para esta curva foi usado um coeficiente pré-determinado  $\alpha = 0,158$ .

Figura 94 - Valores para a curva de flambagem “b”.

Para curva b (ver Tabela 7.2)										
$\bar{\lambda}$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,2	1,000	0,997	0,993	0,989	0,986	0,983	0,980	0,977	0,972	0,969
0,3	0,965	0,961	0,957	0,953	0,950	0,945	0,941	0,937	0,933	0,929
0,4	0,925	0,921	0,917	0,913	0,909	0,905	0,901	0,897	0,893	0,889
0,5	0,885	0,881	0,876	0,872	0,867	0,862	0,858	0,853	0,849	0,843
0,6	0,838	0,833	0,828	0,823	0,817	0,812	0,807	0,802	0,796	0,791
0,7	0,785	0,780	0,774	0,768	0,762	0,757	0,751	0,745	0,739	0,733
0,8	0,727	0,721	0,715	0,709	0,702	0,695	0,690	0,683	0,677	0,670
0,9	0,663	0,656	0,650	0,643	0,636	0,631	0,624	0,618	0,611	0,605
1,0	0,599	0,592	0,586	0,580	0,574	0,568	0,562	0,555	0,549	0,544
1,1	0,537	0,531	0,526	0,521	0,515	0,509	0,503	0,497	0,491	0,486
1,2	0,480	0,475	0,470	0,465	0,459	0,454	0,449	0,444	0,439	0,434
1,3	0,429	0,424	0,419	0,415	0,410	0,405	0,401	0,396	0,392	0,387
1,4	0,383	0,379	0,375	0,370	0,366	0,362	0,358	0,354	0,350	0,346
1,5	0,343	0,339	0,335	0,332	0,328	0,324	0,321	0,317	0,314	0,311
1,6	0,307	0,304	0,301	0,298	0,295	0,292	0,289	0,286	0,283	0,279
1,7	0,277	0,274	0,271	0,268	0,265	0,263	0,260	0,258	0,255	0,253
1,8	0,250	0,248	0,246	0,243	0,241	0,239	0,236	0,234	0,232	0,230
1,9	0,227	0,225	0,224	0,221	0,219	0,217	0,215	0,213	0,211	0,209
2,0	0,207	0,205	0,203	0,202	0,200	0,198	0,197	0,195	0,193	0,191
2,1	0,190	0,188	0,186	0,185	0,183	0,182	0,180	0,179	0,178	0,176
2,2	0,175	0,173	0,172	0,170	0,169	0,168	0,166	0,165	0,164	0,162
2,3	0,161	0,160	0,159	0,157	0,156	0,154	0,153	0,152	0,151	0,149
2,4	0,148	0,147	0,146	0,145	0,144	0,143	0,142	0,141	0,140	0,139
2,5	0,138	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: (PINHEIRO, 2005).

Conforme a tabela da Figura 85, para estas segmentações, tem-se  $\rho$  sendo:

$$\rho = 0,48 \quad (158)$$

Por fim, com todas variáveis da Equação 149 definidas, foi calculada a resistência de cálculo para barras comprimidas (Equação 159). Para isso, adotou-se  $\phi_c = 0,9$  e  $A_g = 0,00198 \text{ m}^2$ .

$$N_n = (0,9). (0,48). (1). (0,00198 \text{ m}^2). (250 \text{ MPa}) = 213840 \text{ N} \quad (159)$$

### Determinação do momento fletor resistente à flexão

Semelhante a determinação do momento fletor resistente à flexão realizado para as terças, foi determinado esta resistência para a viga trave também. Neste caso, foi analisado apenas para o eixo de maior inércia “x”, visto que lateralmente não tem ações e elas estão travadas pelas terças e vigas transversais. Novamente, foi analisado a menor resistência da viga levando em consideração a FLA (flambagem local da alma), FLM (flambagem local da mesa) e FLT (flambagem local lateral).

Foi verificado a compacticidade da seção, e para isso, foi calculado o índice de esbeltez do perfil “I” (duplo “U” enrijecido).

$$\lambda_a = \frac{h}{t_w} \quad (160)$$

Substituindo os valores do perfil na Equação 160, tem-se:

$$\lambda_a = \frac{(118,5 \text{ mm})}{(8,25 \text{ mm})} = 13,94 \quad (161)$$

O valor anterior foi comparado com o parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da alma, mostrado a seguir:

$$\lambda_{pa} = 3,5 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (162)$$

$$\lambda_{pa} = 3,5 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 98,99 \quad (163)$$

Como  $\lambda_a < \lambda_{pa}$  a viga é compacta quanto a alma. Logo, a NBR 8800 calcula o momento fletor resistente à flexão no eixo “x” segundo a Equação 164.

$$M_{na} = M_{pl} = Z_x \cdot f_y = 1,12 \cdot W_x \cdot f_y \quad (164)$$

Atribuindo o  $W_x$ , módulo de resistência elástico em relação ao eixo "x", e o limite de escoamento  $f_y$ , tem-se:

$$M_{na} = 1,12 \cdot (0,00007526 \text{ m}^3) \cdot (250 \text{ MPa}) = 21072,8 \text{ N.m} \quad (165)$$

Da mesma forma, foi calculado o  $M_{nm}$ , resistência nominal ao momento fletor para a FLM no eixo de maior inércia. Primeiro, foi calculado o índice de esbeltez da mesa do perfil (Equação 166).

$$\lambda_m = \frac{b}{t_f} \quad (166)$$

Substituindo os valores do perfil na Equação 166, tem-se:

$$\lambda_m = \frac{(100 \text{ mm})}{(4,25 \text{ mm})} = 23,53 \quad (167)$$

O mesmo é feito para o parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da mesa, onde a equação é mostrada a seguir:

$$\lambda_{pm} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (168)$$

$$\lambda_{pm} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 10,75 \quad (169)$$

Como o valor de  $\lambda_m$  é maior que  $\lambda_{pm}$ , foi calculado o parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento, com tensão residual. Logo, a Equação 170 determina este parâmetro.

$$\lambda_{rm} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y - f_r}} \quad (170)$$

No qual  $f_r$  é a tensão residual considerada para projeto. Inserindo os valores na equação, tem-se:

$$\lambda_{rm} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa}) - (115 \text{ MPa})}} = 31,95 \quad (171)$$

Visto que  $\lambda_{pm} < \lambda_m < \lambda_{rm}$ , a seção da viga é semicompacta quanto a mesa. Para isso, a NBR 8800 prevê a utilização da Equação 172 para fins de cálculo do momento fletor resistente à flexão no eixo "x".

$$M_{nm} = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \cdot \left( \frac{\lambda_m - \lambda_{pm}}{\lambda_{rm} - \lambda_{pm}} \right) \quad (172)$$

Consoante já mostrado na Equação 75 pode-se rescrever a Equação 172 como sendo:

$$M_{nm} = 1,12 \cdot W_x \cdot f_y - \left( 1,12 \cdot W_x \cdot f_y - ((f_y - f_r) \cdot W_c) \right) \cdot \left( \frac{\lambda_m - \lambda_{pm}}{\lambda_{rm} - \lambda_{pm}} \right) \quad (173)$$

Dessa forma, o momento fletor resistente à flexão no eixo "x" para FLM foi calculado como sendo:

$$M_{nm} = 11430,24 \text{ N.m} \quad (174)$$

Para as vigas traves foi realizada a verificação do momento fletor resistente à flexão para FLT, pois existem pontos em que a viga não está travada lateralmente. O comprimento não travado ou distância entre os travamentos  $L_b$  é de:

$$L_b = 0,926 \text{ m} \quad (175)$$

Primeiramente, foi calculado o parâmetro de esbeltez  $\lambda_{Lt}$  do trecho sujeito a torção sem travamento (Equação 176).

$$\lambda_{Lt} = \frac{L_b}{r_y} \quad (176)$$

Onde,  $L_b$  é o comprimento do trecho sem contenção lateral (distância entre as terças) e  $r_y$  o raio de giração em torno do eixo "y" (direção em que ocorre a flexão lateral com torção). Substituindo os valores referentes ao perfil e a viga tem-se:

$$\lambda_{Lt} = \frac{(0,926 \text{ m})}{(0,02198 \text{ m})} = 42,11 \quad (177)$$

O parâmetro de esbeltez para região de plastificação foi calculado de acordo com a Equação 178.

$$\lambda_{pLt} = 1,75 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (178)$$

Substituindo os dados do material, tem-se:

$$\lambda_{pLt} = 1,75 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 49,50 \quad (179)$$

Como  $\lambda_{pLt} > \lambda_{Lt}$ , o momento fletor resistente à flexão para FLT segundo a NBR 8800 é:

$$M_{nLt} = M_{pl} = Z_x \cdot f_y = 1,12 \cdot W_x \cdot f_y \quad (180)$$

Rescrevendo a equação com os valores correspondentes, obtém-se:

$$M_{nLt} = 1,12 \cdot (0,00007526 \text{ m}^3) \cdot (250 \text{ MPa}) = 21072,8 \text{ N.m} \quad (181)$$

#### *Determinação da resistência ao cisalhamento*

Em seções "I" fletidas em relação ao eixo central de inércia perpendicular à alma (eixo de maior momento de inércia, neste caso "x") foi determinada a força cortante resistente de cálculo  $V_n$ . Como as vigas traves possuem 5 (cinco) pontos de ação de cargas perpendiculares foi realizada esta análise. Para isso, o índice de esbeltez foi calculado de acordo com a Equação 182.

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \quad (182)$$

Substituindo os valores conforme as características do perfil "I", tem-se:

$$\lambda_a = \frac{(118,5 \text{ mm})}{(8,25 \text{ mm})} = 13,94 \quad (183)$$

Posteriormente, o índice de esbeltez para região de plastificação foi calculado de acordo com a Equação 184.

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} \quad (184)$$

Onde  $k_v$  é um coeficiente que leva em consideração a distância entre as linhas de centro de dois pontos enrijecidos transversais adjacentes ( $a$ ) e a altura da alma, que

é igual à distância entre as faces internas das mesmas nos perfis soldados ( $h$ ). No caso deste projeto, foram especificados dois enrijecedores, um em cada extremidade da viga trave. O coeficiente  $k_v$  foi calculado através da Equação 185.

$$k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (185)$$

Substituindo os valores na equação, tem-se:

$$k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{4,348}{0,1185}\right)^2} = 5,004 \quad (186)$$

Com  $k_v$  determinado, o valor do índice de esbeltez de plastificação foi calculado conforme segue:

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{(5,004) \cdot (200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 69,60 \quad (187)$$

Como  $\lambda_p > \lambda$ , a força cortante resistente de cálculo segundo a NBR 8800 é dada pela Equação 190. Mas antes, foi calculada a área efetiva de cisalhamento para um perfil "I" em almas soldadas:

$$A_w = d \cdot t_w \quad (188)$$

A incógnita  $d$  é a altura total da seção transversal. Assim:

$$A_w = (0,127 \text{ m}) \cdot (0,0085 \text{ m}) = 0,0010795 \text{ m}^2 \quad (189)$$

Por fim, o valor de  $A_w$  e  $f_y$  foram substituídos na Equação 190.

$$V_n = V_{pl} = 0,6 \cdot A_w \cdot f_y \quad (190)$$

$$V_n = V_{pl} = 0,6 \cdot (0,0010795 \text{ m}^2) \cdot (250 \text{ MPa}) = 161925 \text{ N} \quad (191)$$

### *Verificação dos esforços combinados*

Analogamente ao que foi realizado na verificação dos esforços combinados das terças foi verificada as vigas traves. Contudo, neste caso não tem-se momento fletor na direção “y”, e sim, esforço de compressão. Para isso, foi combinada a verificação de  $M_{dx}$  (momento fletor de dimensionamento associado ao eixo “x”) e  $N_d$  (esforço normal de dimensionamento), onde que a condição da Equação 192 deve ser satisfeita. A análise se faz tanto para carga vertical, quanto para carga ortogonal.

$$\frac{M_{dx}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{N_d}{\phi_b \cdot N_n} \leq 1,0 \quad (192)$$

A Equação 193 mostra o momento fletor de dimensionamento para o eixo “x”.

$$M_{dx} = \gamma \cdot M_x \quad (193)$$

Com um coeficiente  $\gamma = 1,4$  (combinações normais de grande variabilidade) e  $M_x$  referente ao resultado do momento fletor para carga vertical, obtém-se:

$$M_{dx} = (1,4) \cdot (2396,67 \text{ N} \cdot \text{m}) = 3355,34 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (194)$$

A força normal de cálculo  $N_d$  para carga vertical também foi obtida através do produto da força normal e o coeficiente de ponderação  $\gamma = 1,4$ .

$$N_d = \gamma \cdot N \quad (195)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$N_d = (1,4). (1531,91 N.m) = 2144,68 N.m \quad (196)$$

Como nas terças,  $M_{nx}$  é o limite de resistência nominal ao momento fletor calculado anteriormente. Foi adotado o menor valor entre as verificações da FLA, FLM e FLT no eixo “x”.

$$M_{nx} = M_{nxmin} \quad (197)$$

$$M_{nx} = 11430,25 N.m \quad (198)$$

Já o  $N_n$  corresponde a resistência de cálculo para barras comprimidas:

$$N_n = 213840 N \quad (199)$$

Por fim, os valores admitidos anteriormente foram substituídos na Equação 192 e verificado se satisfaz a condição imposta pela equação. Assim, com  $\phi_b = 0,9$  tem-se:

$$\frac{(3355,34 N.m)}{(0,9). (11430,25 N.m)} + \frac{(2144,68 N)}{(0,9). (213840 N)} = 0,34 \quad (200)$$

Para a carga vertical, a condição da Equação 192 foi satisfeita.

O mesmo é feito para carga ortogonal, assim, segue nas Equações 201, 202, 203 e 204, o momento fletor de dimensionamento associado ao eixo “x” ( $M_{dx}$ ), a força normal de cálculo ( $N_d$ ), a resistência nominal ao momento fletor ( $M_{nx}$ ) e a força normal ( $N_n$ ), respectivamente.

$$M_{dx} = (1,4). (5660,21 N.m) = 7924,29 N.m \quad (201)$$

$$N_d = (1,4). (888,09 N) = 1243,32 N \quad (202)$$

$$M_{nx} = 11430,25 \text{ N.m} \quad (203)$$

$$N_n = 213840 \text{ N} \quad (204)$$

Com os valores anteriormente determinados e com  $\phi_b = 0,9$ , foi calculado:

$$\frac{(7924,29 \text{ N.m})}{(0,9) \cdot (11430,25 \text{ N.m})} + \frac{(1243,32 \text{ N})}{(0,9) \cdot (213840 \text{ N})} = 0,77 \quad (205)$$

A condição da Equação 192 também foi satisfeita para a carga ortogonal. Dessa forma, a viga trave está dimensionada corretamente para os esforços combinados segundo a NBR 8800.

#### *Verificação da flecha máxima*

Faz-se necessária a verificação da flecha máxima para a carga vertical e ortogonal. Conforme a Tabela 32, para as vigas de cobertura, o valor máximo admissível de flecha corresponde a Equação 206.

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{250} = \frac{L_{v, trave}}{250} \quad (206)$$

Com  $L_{v, trave} = 4,848 \text{ m}$ , tem-se:

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{(4,848 \text{ m})}{120} = 0,0194 \text{ m} \quad (207)$$

Conforme o valor apresentado na Tabela 33, a deflexão máxima observada foi:

$$\delta_x = 0,006385 \text{ m} \quad (208)$$

Dessa forma, a condição  $\delta_{m\acute{a}x} \geq \delta_x$  foi satisfeita para a carga vertical. Já para a carga ortogonal, tem-se a deflexão máxima observada (Equação 209).

$$\delta_x = 0,015107 \text{ m} \quad (209)$$

E também foi satisfeita a condição  $\delta_{m\acute{a}x} \geq \delta_x$  para carga ortogonal. Assim, a viga está dimensionada corretamente em relação a flecha máxima.

#### *Verificação do cisalhamento*

A verificação do cisalhamento é semelhante a verificação dos esforços combinados. Primeiro, foi definido o esforço cortante máximo  $V_{m\acute{a}x}$  multiplicando a resistência nominal a força cortante  $V_n$  por um coeficiente de resistência  $\phi_v$ . Esta determinação pode ser compreendida na Equação 210 para a carga vertical.

$$V_{m\acute{a}x} = \phi_v \cdot V_n \quad (210)$$

Com  $\phi_v = 0,9$  e  $V_n$  conforme a Equação 191, tem-se:

$$V_{m\acute{a}x} = (0,9) \cdot (161925 \text{ N}) = 145732,5 \text{ N} \quad (211)$$

Já a força cortante da carga vertical no eixo “x” observada na Tabela 33 foi multiplicada pelo coeficiente  $\gamma = 1,4$ , e assim, foi obtida a força cortante de verificação  $V$ .

$$V = \gamma \cdot V_x \quad (212)$$

$$V = (1,4) \cdot (2781,62 \text{ N}) = 3894,27 \text{ N} \quad (213)$$

A condição  $\phi_v \cdot V_n \geq \gamma \cdot V_x$  é satisfeita, logo, a viga trave na carga vertical está dimensionada corretamente em relação os esforços cortantes.

Para carga ortogonal é feita a mesma análise. Desse modo, com  $\phi_v = 0,9$ ,  $\gamma = 1,4$ ,  $V_n$  da Equação 191 e  $V_x$  da Tabela 32, tem-se:

$$V_{m\acute{a}x} = (0,9). (161925 \text{ N}) = 145732,5 \text{ N} \quad (214)$$

$$V = (1,4). 5914,95 = 8280,93 \text{ N} \quad (215)$$

A condição  $\phi_v \cdot V_n \geq \gamma \cdot V_x$  também foi satisfeita para carga ortogonal. Com as verificações realizadas até aqui, o dimensionamento das vigas traves foi finalizado. Na próxima seção foi apresentado o dimensionamento das vigas transversais de acordo com a NBR 8800.

#### 4.4.6.4 Verificação das vigas transversais

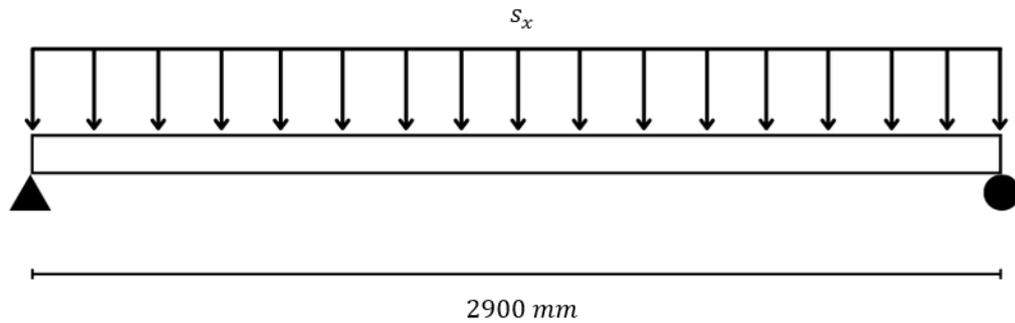
As vigas mestras adotadas no projeto são um conjunto de duas vigas transversais soldadas em um pilarete. Esta subseção tem o intuito de verificar a resistência destas vigas transversais.

As cargas que atuam sobre as vigas transversais são compostas por: peso próprio da viga transversal e metade do peso próprio das janelas. Desta forma, a carga distribuída  $s_{x,v}$  foi definida conforme Equação 216.

$$s_{x,v} = C_{v,transversal} + C_{janela} \quad (216)$$

A Figura 95 mostra o diagrama de corpo livre desta ação sobre a viga e as dimensões da mesma.

Figura 95 - Diagrama de corpo livre das cargas das vigas transversais.



Fonte: (AUTOR, 2021).

A carga do peso próprio da viga transversal foi calculada através da Equação 217.

$$C_{v,transversal} = PP_{v,transversal} \cdot g \quad (217)$$

Com  $PP_{v,transversal} = 5,68 \text{ kg/m}$  e  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  tem-se:

$$C_{v,transversal} = (5,68 \text{ kg/m}) \cdot (9,81 \text{ m/s}^2) = 55,72 \text{ N/m} \quad (218)$$

Já a carga da janela é distribuída pelas duas vigas transversais, ficando:

$$C_{janela} = \frac{PP_{janela} \cdot g}{2} \quad (219)$$

Com  $PP_{janela} = 201,50 \text{ kg/m}$ , obtém-se:

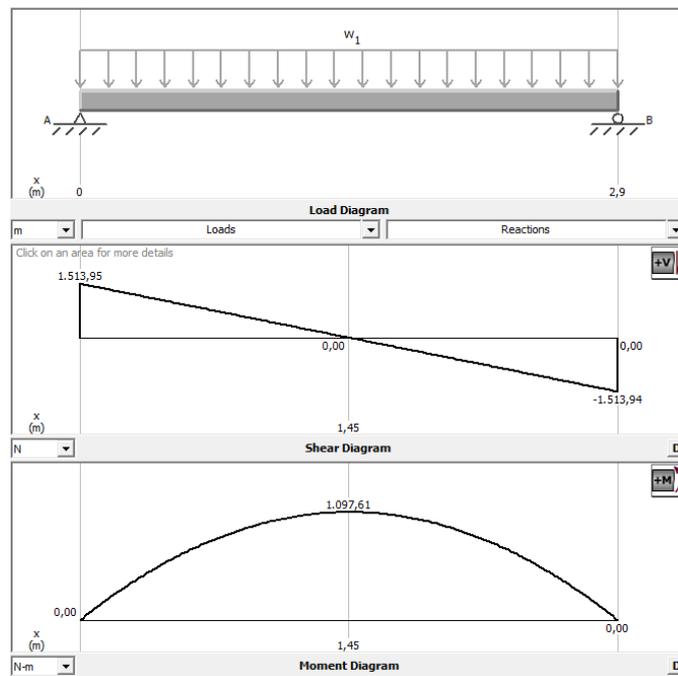
$$C_{janela} = \frac{(201,50 \text{ kg/m}) \cdot g}{2} = 988,38 \text{ N/m} \quad (220)$$

Com os valores das cargas definidas, estes foram substituídos na Equação 216:

$$s_{x,v} = ((55,72 \text{ N/m}) + (988,38 \text{ N/m})) = 1044,1 \text{ N/m} \quad (221)$$

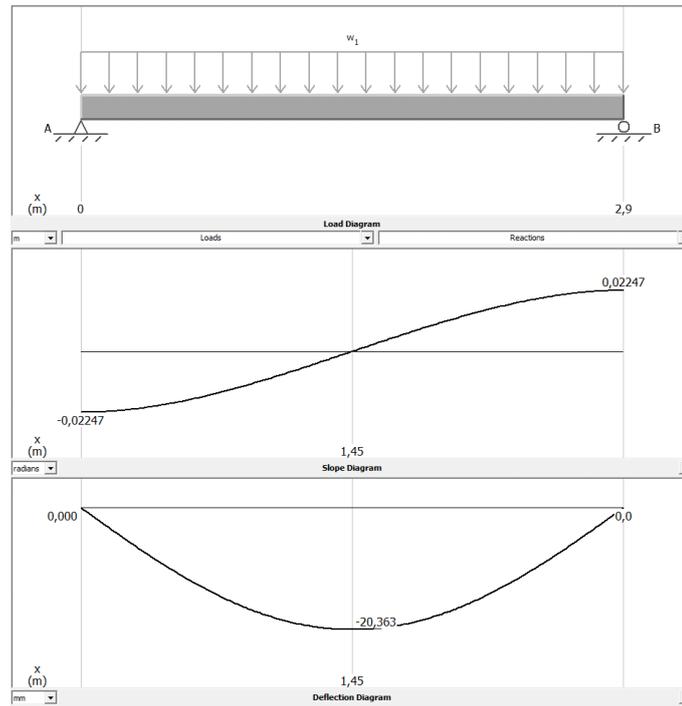
Em seguida foi realizada a determinação dos esforços internos. Para isso, foi calculado os diagramas de esforços cortantes e de momento fletor (Figura 96), além do diagrama de deflexão (Figura 97). Assim, foi definido o momento e o esforço interno mais crítico, além das reações dos apoios. O *software* MDSolids 4.0 foi utilizado novamente para calcular estes diagramas.

Figura 96 - Diagramas de momento fletor e esforços cortantes das vigas transversais.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 97 - Diagrama de deflexão das vigas transversais.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Os esforços solicitantes internos das vigas transversais foram obtidos pelos diagramas de momento fletor e de esforços cortantes vistos nas figuras anteriores. Os resultados das cargas foram resumidos em uma tabela, onde tem-se  $M_x$  como sendo o momento fletor de cálculo no eixo "x",  $V_x$  o esforço cortante e  $\delta_x$  a flecha (deflexão) no eixo "x".

Tabela 34 - Resultado dos esforços solicitantes e deflexões nas vigas transversais.

Símbolo	Esforços Solicitantes	Unidade
$M_x$	1097,61	$N.m$
$V_x$	1513,95	$N$
$\delta_x$	0,02036	$m$

Fonte: (AUTOR, 2021).

*Pré-dimensionamento do perfil da viga transversal*

Idêntico ao pré-dimensionamento do perfil da terças, foi realizado o mesmo para as vigas transversais. Para isso, a Equação 222 deve ser satisfeita. Inicialmente, foi verificado o módulo resistente plástico da seção ( $Z$ ) para as cargas verticais no eixo “y” (menor inércia).

$$Z \geq \frac{M_{dy}}{\phi_b \cdot f_y} \quad (222)$$

Como visto anteriormente,  $Z$  pode ser compreendida conforme a Equação 223.

$$Z = 1,12 \cdot W_y \quad (223)$$

Substituindo os valores para o perfil escolhido, tem-se:

$$Z = 1,12 \cdot (0,00000725 \text{ m}^3) = 0,00000812 \text{ m}^3 \quad (224)$$

Logo, substituindo o valor encontrado na Equação 224, verificou-se que a condição foi satisfeita (Equação 226).

$$0,00000812 \text{ m}^3 \geq \frac{(1097,61 \text{ N.m})}{(0,9) \cdot (250 \text{ MPa})} \quad (225)$$

$$0,00000812 \text{ m}^3 \geq 0,00000488 \text{ m}^3 \quad (226)$$

Percebe-se que as condições foram satisfeitas para os eixos de menor inércia, dessa forma, o perfil adotado para as vigas transversais foi escolhido até o momento corretamente.

*Determinação do momento fletor resistente à flexão*

As condições da seção quanto FLA, FLM e FLT foram verificadas em relação ao momento fletor, encontrando um momento fletor resistente. Iniciando com o índice de esbeltez (Equação 227).

$$\lambda_a = \frac{h}{t_w} \quad (227)$$

Substituindo os valores conforme o perfil, tem-se:

$$\lambda_a = \frac{(121 \text{ mm})}{(3 \text{ mm})} = 40,33 \quad (228)$$

O parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da alma foi calculado conforme equação:

$$\lambda_{pa} = 1,12 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (229)$$

Inserindo os valores na equação, tem-se:

$$\lambda_{pa} = 1,12 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 31,68 \quad (230)$$

O valor de  $\lambda_a$  é maior que  $\lambda_{pa}$ . Por consequência foi calculado o parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento  $\lambda_{ra}$ .

$$\lambda_{ra} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (231)$$

Com isso, foi encontrado:

$$\lambda_{ra} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 39,60 \quad (232)$$

Como  $\lambda_a > \lambda_{ra}$ , tem-se que a seção do perfil é esbelta quanto a alma no eixo de menor inércia, condição crítica para o projeto. Portanto, foi determinado um índice de esbeltez máximo ( $\lambda_{am\acute{a}x}$ ) de acordo com a NBR 8800, correspondente a Equação 233.

$$\lambda_{am\acute{a}x} = \frac{0,48 \cdot E}{\sqrt{f_y \cdot (f_y + f_r)}} \quad (233)$$

Trocando os valores, foi obtido:

$$\lambda_{am\acute{a}x} = \frac{0,48 \cdot (200 \text{ GPa})}{\sqrt{(250 \text{ MPa}) \cdot ((250 \text{ MPa}) + (115 \text{ MPa}))}} = 317,80 \quad (234)$$

Desse modo, o índice de esbeltez atende a condição limite, pois  $\lambda_a < \lambda_{am\acute{a}x}$ .

O módulo de resistência nominal ao momento fletor para a FLA ( $M_{na}$ ) no caso de seções esbeltas quanto a alma para eixos de menor inércia foi calculado conforme a Equação 235.

$$M_{na} = M_{cr} = \frac{W_{efy}^2}{W_y} \cdot f_y \quad (235)$$

Consoante ao dimensionamento das terças, foi estimado  $W_{efy}$ :

$$W_{efy} = \frac{I_y/2}{y_{cg}} \quad (236)$$

Atribuindo valores, tem-se:

$$W_{efy} = \frac{(2,361 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4)/2}{(0,0144 \text{ m})} = 8,1979 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (237)$$

Substituindo os valores na Equação 235, obtém-se:

$$M_{na} = M_{cr} = \frac{(8,1979 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3)^2}{(0,00000725 \text{ m}^3)} \cdot (250 \text{ MPa}) = 2317,44 \text{ N.m} \quad (238)$$

Com o módulo de resistência nominal ao momento fletor para a alma definido, foi calculado o mesmo para a mesa da seção:

$$\lambda_m = \frac{b}{t_f} \quad (239)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$\lambda_m = \frac{(50 \text{ mm})}{(4,25 \text{ mm})} = 11,76 \quad (240)$$

O próximo passo foi calcular o parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da mesa, onde a equação utilizada foi:

$$\lambda_{pm} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (241)$$

Substituindo os valores:

$$\lambda_{pm} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 10,75 \quad (242)$$

Como o valor de  $\lambda_m$  é maior que  $\lambda_{pm}$ , foi calculado o parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento, com tensão residual:

$$\lambda_{rm} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y - f_r}} \quad (243)$$

Dispõem-se de:

$$\lambda_{rm} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa}) - (115 \text{ MPa})}} = 31,95 \quad (244)$$

Tem-se  $\lambda_{pm} < \lambda_m < \lambda_{rm}$ , logo, a seção da viga é semicompacta quanto a mesa. Para isso, a NBR 8800 prevê a utilização da Equação 245 para fins de cálculo do momento fletor resistente à flexão no eixo “y”.

$$M_{nm} = M_{pl} - (M_{pl} - M_{rm}) \cdot \left( \frac{\lambda_m - \lambda_{pm}}{\lambda_{rm} - \lambda_{pm}} \right) \quad (245)$$

Rescrevendo a Equação 245, tem-se:

$$M_{nm} = 1,12 \cdot W_y \cdot f_y - \left( 1,12 \cdot W_y \cdot f_y - ((f_y - f_r) \cdot W_c) \right) \cdot \left( \frac{\lambda_m - \lambda_{pm}}{\lambda_{rm} - \lambda_{pm}} \right) \quad (246)$$

O valor calculado foi:

$$M_{nm} = 1956,11 \text{ N.m} \quad (247)$$

As vigas transversais são travadas nas janelas, assim,  $L_b$  é nulo e não ocorre flambagem lateral com torção.

*Determinação da resistência ao cisalhamento*

As vigas transversais possuem uma carga normal a seu eixo de menor inércia, ocasionando esforços cortantes ao longo de sua seção. Dessa forma, faz-se necessária a verificação da força cortante resistente de cálculo  $V_n$ . Para isso foi calculado o índice de esbeltez de acordo com a Equação 248.

$$\lambda = \frac{b}{t_f/2} \quad (248)$$

Substituindo os valores conforme as características do perfil “U”, tem-se:

$$\lambda = \frac{(50 \text{ mm})}{(3 \text{ mm})/2} = 33,33 \quad (249)$$

Posteriormente, foi calculado o índice de esbeltez para região de plastificação de acordo com a Equação 250.

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}} \quad (250)$$

Segundo a NBR 8800, seções “U” monossimétricas fletidas em relação ao central de inércia perpendicular às mesas (eixo de menor momento de inércia), o coeficiente  $k_v$  é igual a 1,2. Consequentemente, tem-se:

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{(1,2) \cdot (200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 34,08 \quad (251)$$

Como  $\lambda_p > \lambda$ , a força cortante resistente de cálculo segundo a NBR 8800 é dada pela Equação 252.

$$V_n = V_{pl} = 0,6 \cdot A_w \cdot f_y \quad (252)$$

Mas antes, foi calculada a área efetiva de cisalhamento para um perfil “U” em almas soldadas:

$$A_w = 2 \cdot b_f \cdot t_f \quad (253)$$

Onde  $b_f$  é a largura da mesa e  $t_f$  a espessura da mesa. Substituindo os valores de acordo com o perfil, obtém-se:

$$A_w = 2 \cdot (0,05 \text{ m}) \cdot (0,003 \text{ m}) = 0,0003 \text{ m}^2 \quad (254)$$

Por fim, o valor de  $A_w$  e  $f_y$  foi substituído na Equação 252.

$$V_n = V_{pl} = 0,6 \cdot (0,0003 \text{ m}^2) \cdot (250 \text{ MPa}) = 45000 \text{ N} \quad (255)$$

#### *Verificação do momento fletor*

Como não existe duplos esforços atuando sob as vigas transversais, foi verificado o momento fletor separadamente. Consoante a NBR 8800, a Equação 256 deve ser satisfeita para que a viga esteja dimensionada corretamente.

$$\phi_b \cdot M_n \geq \gamma \cdot M_x \quad (256)$$

Assim, com  $\phi_b = 0,9$  foi calculado o  $M_{m\acute{a}x}$  (Equação 257).

$$M_{m\acute{a}x} = \phi_b \cdot M_n \quad (257)$$

$$M_{m\acute{a}x} = (0,9) \cdot (1956,11 \text{ N} \cdot \text{m}) = 1760,50 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (258)$$

Já o momento fletor que atua sob a viga ( $M$ ) foi definido utilizando  $M_x$  (Tabela 34) e um fator de ponderação das ações igual a 1,4 (combinações normais de grande variabilidade).

$$M = \gamma \cdot M_x \quad (259)$$

$$M = (1,4) \cdot (1097,61) = 1536,65 \text{ N.m} \quad (260)$$

Substituindo os valores na Equação 256, tem-se:

$$1760,50 \text{ N.m} \geq 1536,65 \text{ N.m} \quad (261)$$

Logo, a condição do momento fletor foi satisfeita e está dimensionada corretamente conforme a norma regente.

#### *Verificação da flecha máxima*

Faz-se necessária a verificação da flecha máxima. Conforme a Tabela 32, para as vigas de cobertura, o valor máximo admissível de flecha corresponde a Equação 262.

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{120} = \frac{L_{v,transversal}}{120} \quad (262)$$

Com  $L_{v,trave} = 2,9 \text{ m}$ , tem-se:

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{(2,9 \text{ m})}{120} = 0,0242 \text{ m} \quad (263)$$

Conforme o valor apresentado na Tabela 34, a deflexão máxima observada foi:

$$\delta_x = 0,0204 \text{ m} \quad (264)$$

Dessa forma, a condição  $\delta_{m\acute{a}x} \geq \delta_x$  foi satisfeita. Logo, a viga está dimensionada corretamente em relação a flecha máxima.

#### *Verificação do cisalhamento*

A verificação do cisalhamento  semelhante a verificação do momento fletor realizado anteriormente. Primeiro, foi definido o esforo cortante máximo  $V_{m\acute{a}x}$  multiplicando a resistência nominal a fora cortante  $V_n$  por um coeficiente de resistência  $\phi_v$ . Esta determinação pode ser compreendida na Equação 265.

$$V_{m\acute{a}x} = \phi_v \cdot V_n \quad (265)$$

Com  $\phi_v = 0,9$  e  $V_n$  conforme a Equação 255, tem-se:

$$V_{m\acute{a}x} = (0,9) \cdot (45000 \text{ N}) = 40500 \text{ N} \quad (266)$$

Já a fora cortante observada na Tabela 34 foi multiplicada pelo coeficiente  $\gamma = 1,4$ , e assim, obtem-se a fora cortante de verificação  $V$ .

$$V = \gamma \cdot V_x \quad (267)$$

$$V = (1,4) \cdot (1513,95 \text{ N}) = 2119,53 \text{ N} \quad (268)$$

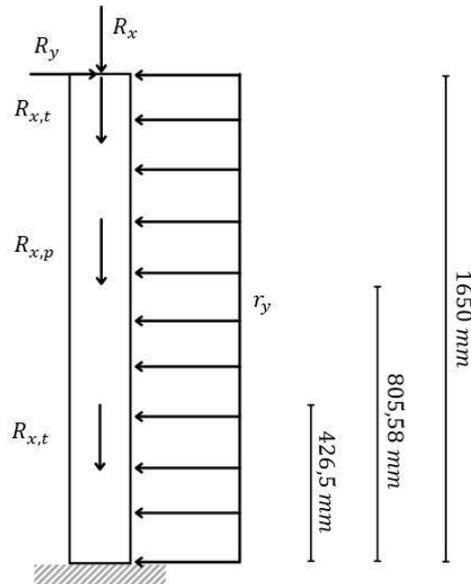
A condição  $\phi_v \cdot V_n \geq \gamma \cdot V_x$  foi satisfeita, logo, a viga transversal está dimensionada corretamente em relação os esforos cortantes.

#### *4.4.6.5 Verificação das vigas mestras*

Como visto anteriormente, as vigas mestras são um conjunto de vigas transversais com pilaretes. O objetivo desta seção  verificar a resistência destes pilaretes de acordo com a NBR 8800.

As cargas que atuam sob os pilaretes são decorrentes do vento, das vigas transversais, da passarela/evaporadoras e da viga trave. No diagrama de corpo livre da Figura 98, pode ser verificado melhor suas disposições sobre os pilaretes e as distâncias de atuação de cada uma.

Figura 98 - Diagrama de corpo livre dos pilaretes.



Fonte: (AUTOR, 2021).

Como as cargas que vem da viga trave são segmentadas em verticais e ortogonais, faz-se necessário duas hipóteses novamente. A primeira análise é referente a carga vertical. Os carregamentos da viga trave são inclinados, logo, decompõem-se em “x” e “y”. A primeira carga ( $R_{xv,p}$ ) é decorrente as componentes  $P_{xv,r}'$ ,  $P_{xv,r}$ ,  $p_{xv,r}$  e  $R_{HAV,r}$  apresentadas anteriormente no dimensionamento das vigas traves e foi determinada utilizando a Equação 269.

$$R_{xv,p} = \left( P_{xv,r}' + 2 \cdot P_{xv,r} + \frac{p_{xv,r}}{L_{v,trave}} \right) \cdot \cos(\theta) + R_{HAV,r} \cdot \sin(\theta) \quad (269)$$

Substituindo os valores calculados nas Equações 118, 120, 124 e 125, com  $L_{v,trave} = 1,65 \text{ m}$  tem-se:

$$R_{xv,p} = \left( (1009,43 \text{ N}) + 2 \cdot (531,31 \text{ N}) + \frac{(145,55 \text{ N/m})}{(4,848 \text{ m})} \right) \cdot \cos(17,53^\circ) + (1531,92 \text{ N}) \cdot \sin(17,53^\circ) = 2465,87 \text{ N} \quad (270)$$

Outra carga que está na direção “x” é a  $R_{x,vp}$  (Equação 271), que leva em consideração as cargas das vigas transversais.

$$R_{x,vp} = C_{transversal} \quad (271)$$

A  $C_{transversal}$  foi calculada conforme a Equação 272:

$$C_{transversal} = \frac{(C_{v,transversal} + C_{janela}) \cdot L_{v,transversal}}{2} \quad (272)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$C_{transversal} = \frac{((55,72 \text{ N/m}) + (988,38 \text{ N/m})) \cdot (2,9 \text{ m})}{2} = 1513,94 \text{ N} \quad (273)$$

$$R_{x,vp} = 1513,94 \text{ N} \quad (274)$$

Já a carga  $R_{x,ap}$  é decorrente da passarela e é dada pela Equação 275:

$$R_{x,ap} = C_{passarela} \quad (275)$$

$$R_{x,ap} = 752,1 \text{ N} \quad (276)$$

No eixo “y”, tem-se a outra componente da carga da viga trave, onde sua magnitude foi calculada através da Equação 277.

$$R_{yv,p} = \left( P_{xv,r}' + 2 \cdot P_{xv,r} + \frac{p_{xv,r}}{L_{v,trave}} \right) \cdot \text{sen}(\theta) + R_{HA} \cdot \text{cos}(\theta) \quad (277)$$

Substituindo os valores já apresentados anteriormente, obtém-se:

$$R_{yv,p} = \left( (1009,43 \text{ N}) + 2 \cdot (531,31 \text{ N}) + \frac{(145,55 \text{ N/m})}{(4,848 \text{ m})} \right) \cdot \text{sen}(17,53^\circ) + (1531,92 \text{ N}) \cdot \text{cos}(17,53^\circ) = 2093,92 \text{ N} \quad (278)$$

E por fim, ainda no eixo “y”, a carga do vento é dada pela incógnita  $r_{y,p}$  (Equação 279).

$$r_{y,p} = C_{vento} \quad (279)$$

Como o vento atua sobre toda extensão da face perpendicular, tem-se:

$$C_{vento} = P_{vento} \cdot X_t \quad (280)$$

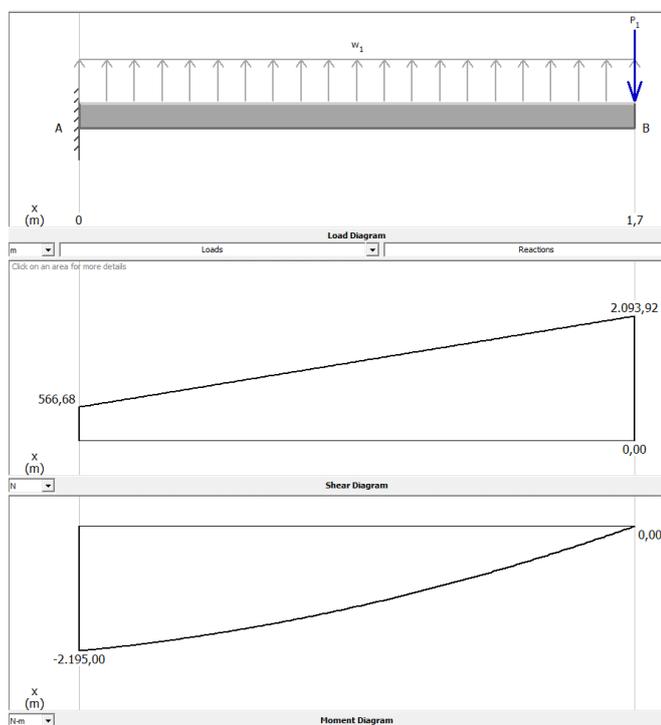
A distância  $X_t$  é o vão entre as terças. Resolvendo a Equação 280 com os valores, obtém-se:

$$C_{vento} = (1000 \text{ N/m}^2) \cdot (0,9256 \text{ m}) = 952,6 \text{ N/m} \quad (281)$$

$$r_{y,p} = 952,6 \text{ N/m} \quad (282)$$

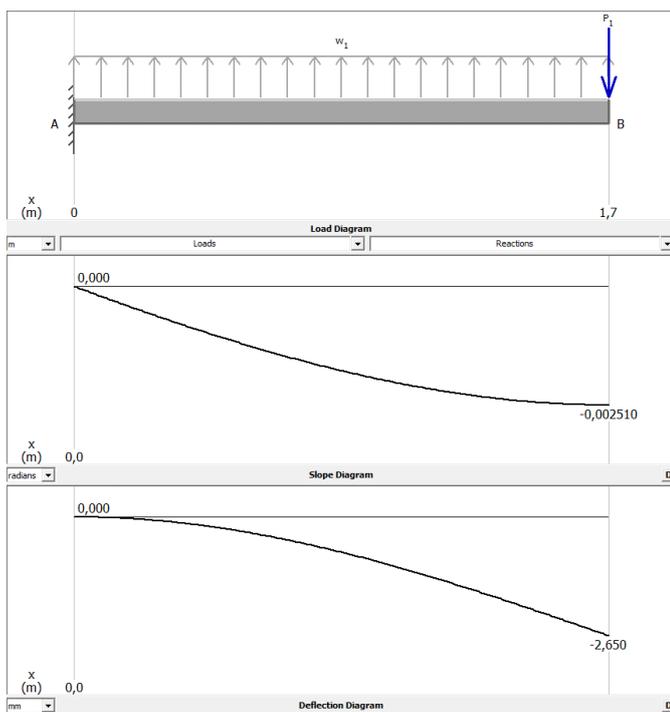
Com a utilização do *software MD Solids 4.0*, foi determinado o diagrama de momento fletor e o diagrama de esforços cortantes na direção “x” das cargas verticais. Além disso, foi calculada a deflexão da viga. Os resultados estão explícitos nas Figuras 90 e 91.

Figura 99 - Diagrama de esforços cortantes e momento fletor dos pilaretes no eixo "x".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 100 - Diagrama de deflexão dos pilaretes no eixo "x".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Já para as cargas ortogonais tem-se a mesma análise e o diagrama de corpo livre apresentado na Figura 98 se aplica de forma análoga. A carga  $R_{x_o,p}$  vale:

$$R_{x_o,p} = \left( P_{x_o,r}' + 2 \cdot P_{x_o,r} + \frac{p_{x_o,r}}{L_{v,trave}} \right) \cdot \cos(\theta) + R_{HAo,r} \cdot \text{sen}(\theta) \quad (283)$$

Substituindo os valores calculados nas Equações 134, 136, 138 e 146, tem-se:

$$\begin{aligned} R_{x_o,p} &= \left( (2058,12 \text{ N}) + 2 \cdot (1580,01 \text{ N}) + \frac{(145,55 \text{ N/m})}{(4,848 \text{ m})} \right) \cdot \cos(17,53^\circ) \\ &+ (888,09 \text{ N}) \cdot \text{sen}(17,53^\circ) = 5271,92 \text{ N} \end{aligned} \quad (284)$$

Já os valores de  $R_{x,vp}$  e  $R_{x,ap}$  são os mesmos que das cargas verticais. As Equações 285 e 286 mostram os resultados.

$$R_{x,vp} = 1513,95 \text{ N} \quad (285)$$

$$R_{x,ap} = 752,10 \text{ N} \quad (286)$$

Para a carga  $R_{y_o,p}$ , no eixo "y", tem-se:

$$R_{y_o,p} = \left( P_{x_o,r}' + 2 \cdot P_{x_o,r} + \frac{p_{x_o,r}}{L_{v,trave}} \right) \cdot \text{sen}(\theta) + R_{HAo,r} \cdot \cos(\theta) \quad (287)$$

Substituindo os valores calculados nas Equações 134, 136, 138 e 146, tem-se:

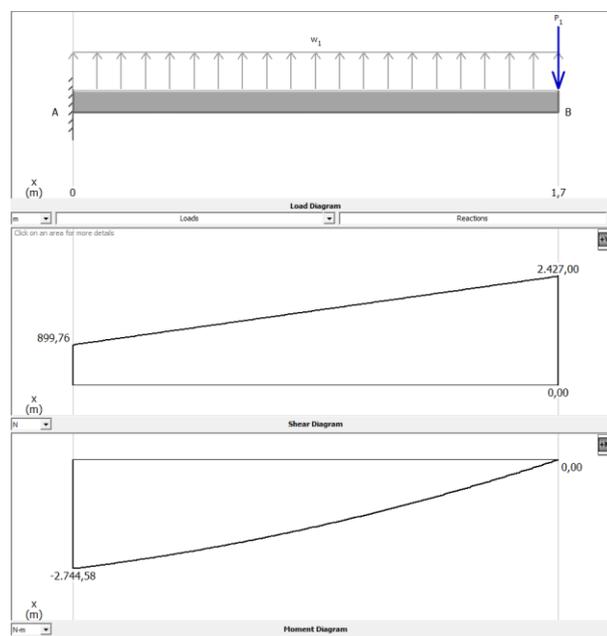
$$\begin{aligned} R_{y_o,p} &= \left( (2058,12 \text{ N}) + 2 \cdot (1580,01 \text{ N}) + \frac{(145,55 \text{ N/m})}{(4,848 \text{ m})} \right) \cdot \text{sen}(17,53^\circ) \\ &+ (888,09 \text{ N}) \cdot \cos(17,53^\circ) = 2427,61 \text{ N} \end{aligned} \quad (288)$$

A carga do vento também permanece a mesma da carga vertical, logo:

$$r_{y,p} = 925,6 \text{ N/m} \quad (289)$$

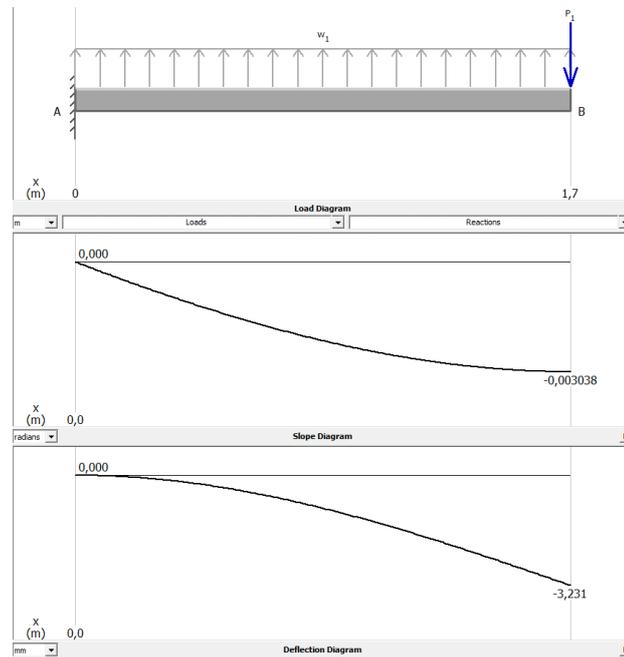
As Figuras 101 e 102 mostram os diagramas de momento fletor, de esforços cortantes e os deslocamentos calculados com o auxílio do *software*.

Figura 101 - Diagrama de esforços cortantes e momento fletor dos pilaretes no eixo "y".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Figura 102 - Diagrama de deflexão dos pilaretes no eixo "y".



Fonte: (AUTOR, 2021).

Os esforços solicitantes internos dos pilaretes são obtidos pelos diagramas de momento fletor e de esforços cortantes vistos nas figuras anteriores. Os resultados das cargas foram sintetizados em uma tabela, onde tem-se  $M_x$  como sendo o momento fletor de cálculo no eixo "x",  $V_x$  o esforço cortante,  $N_y$  a força normal que atua no eixo "y" e  $\delta_x$  a flecha (deflexão) no eixo "x".

Tabela 35 - Resultado dos esforços solicitantes e deflexões nos pilaretes.

Símbolo	Carga Vertical	Carga Ortogonal	Unidade
$M_x$	2195	2744,58	<i>N.m</i>
$V_x$	2093,9	2427	<i>N</i>
$N_y$	6245,85	6245,85	<i>N</i>
$\delta_x$	0,00265	0,003231	<i>m</i>

Fonte: (AUTOR, 2021).

### Determinação da resistência a força normal

Como na viga trave, a força normal que o pilarete está submetido é considerada a mais crítica, ou seja, é a soma de todas atuantes internas, sendo uma força de natureza de compressão. Logo, segundo a NBR 8800 foi determinada a resistência a força normal  $N_n$ . Primeiramente, foi calculado o parâmetro de esbeltez do perfil para barras comprimidas através da Equação 290.

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} = \frac{k \cdot L_{v, trave}}{r_x} \quad (290)$$

Com o parâmetro de flambagem da tabela da Figura 90, tem-se  $k = 2,0$ , pois tem rotação engastada e translação livre. Substituindo os valores na Equação 290, tem-se:

$$\lambda_x = \frac{(2) \cdot (1,65 \text{ m})}{(0,044 \text{ m})} = 75 \quad (291)$$

Como visto anteriormente, a NBR 8800 recomenda que o parâmetro de esbeltez não ultrapasse um valor pré-definido ( $\lambda_{m\acute{a}x} = 200$ ). Logo, foi satisfeita a condição  $\lambda_x \leq \lambda_{m\acute{a}x}$ . A resistência a força normal é dada pela Equação 292.

$$N_n = \phi_c \cdot \rho \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y \quad (292)$$

O valor de  $Q$  é considerado 1,0 quando existe uma limitação no quociente das dimensões  $b$  e  $t$  (Equação 293). Essa limitação de acordo com a NBR 8800 está descrita na Figura 103.

Figura 103 - Dimensões b e t para elementos de viga.

Descrição dos elementos	Alguns exemplos com indicação de b e t	$(b/t)_{lim}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Almas de seções I, H ou U</li> <li>— Mesas ou almas de seção-caixão</li> <li>— Todos os demais elementos que não integram o Grupo 1</li> </ul>		$1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

$$\frac{b}{t} < \frac{b}{t}_{m\acute{a}x} \quad (293)$$

Para o projeto da cobertura foi adotada a Equação 294, chapa projetada de seção retangular (“U” enrijecidos soldados nas mesas).

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{m\acute{a}x} = 1,49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (294)$$

Substituindo os valores de  $E$  e  $f_y$  do material em questão, tem-se:

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{m\acute{a}x} = 1,49 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 42,14 \quad (295)$$

Como visto na Figura 103,  $b/t$  considerado para um perfil de seção retangular é a maior relação entre a largura e a espessura do perfil:

$$\frac{b}{t} = \frac{2 \cdot b_f}{t_f} \quad (296)$$

Substituindo as medidas do perfil na Equação 296, obtém-se:

$$\frac{b}{t} = \frac{(100 \text{ mm})}{(4,25 \text{ mm})} = 23,53 \quad (297)$$

Visto que a condição da Equação 293 foi satisfeita, faz com que  $Q = 1$ .

Para determinar o coeficiente  $\rho$  foi calculado o parâmetro de esbeltez para barras comprimidas ( $\bar{\lambda}$ ).

$$\bar{\lambda} = \frac{(75)}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{(1) \cdot (200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 0,84 \quad (298)$$

Com o parâmetro de esbeltez calculado, foi definida uma curva de flambagem conforme a tabela da Figura 104. Como tem-se um perfil de seção retangular soldado e uma flambagem em torno no eixo “x-x” foi analisada, foi escolhida a curva “a”. As curvas de flambagem podem ser observadas na Figura 104. Para esta curva foi usado um coeficiente pré-determinado  $\alpha = 0,158$ .

Figura 104 - Valores para a curva de flambagem “a”.

Tabela 7.3 — Valores de $\rho$										
Para curva a (ver Tabela 7.2)										
$\bar{\lambda}$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,2	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,988	0,985	0,983	0,981
0,3	0,978	0,977	0,973	0,971	0,968	0,966	0,963	0,961	0,958	0,956
0,4	0,954	0,953	0,948	0,945	0,942	0,939	0,936	0,933	0,930	0,926
0,5	0,923	0,919	0,916	0,912	0,908	0,900	0,904	0,896	0,892	0,889
0,6	0,884	0,881	0,877	0,873	0,869	0,866	0,861	0,857	0,854	0,849
0,7	0,845	0,842	0,836	0,831	0,826	0,821	0,816	0,812	0,807	0,802
0,8	0,796	0,791	0,786	0,781	0,775	0,769	0,763	0,758	0,752	0,746
0,9	0,739	0,734	0,727	0,721	0,714	0,708	0,701	0,695	0,688	0,681
1,0	0,675	0,668	0,661	0,654	0,647	0,640	0,634	0,629	0,619	0,613
1,1	0,606	0,599	0,593	0,585	0,579	0,573	0,565	0,559	0,553	0,547
1,2	0,542	0,533	0,527	0,521	0,515	0,509	0,503	0,497	0,491	0,485
1,3	0,480	0,474	0,469	0,463	0,456	0,453	0,447	0,442	0,437	0,432
1,4	0,427	0,422	0,417	0,412	0,408	0,403	0,398	0,394	0,389	0,386
1,5	0,381	0,375	0,372	0,368	0,364	0,360	0,356	0,352	0,348	0,344
1,6	0,341	0,337	0,333	0,330	0,326	0,323	0,319	0,316	0,312	0,309
1,7	0,305	0,303	0,300	0,298	0,294	0,291	0,288	0,285	0,282	0,280
1,8	0,277	0,274	0,271	0,269	0,266	0,264	0,261	0,258	0,256	0,253
1,9	0,251	0,248	0,246	0,243	0,242	0,239	0,236	0,234	0,232	0,230
2,0	0,228	0,226	0,224	0,222	0,219	0,217	0,215	0,213	0,211	0,209
2,1	0,208	0,206	0,204	0,202	0,201	0,199	0,197	0,196	0,194	0,192
2,2	0,191	0,189	0,187	0,186	0,184	0,183	0,181	0,180	0,179	0,177
2,3	0,175	0,174	0,172	0,170	0,168	0,167	0,166	0,165	0,164	0,163
2,4	0,162	0,160	0,159	0,158	0,156	0,155	0,154	0,153	0,152	0,150
2,5	0,149	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Conforme a tabela da Figura 104, para estas segmentações, tem-se  $\rho$  sendo:

$$\rho = 0,079 \quad (299)$$

Por fim, com todas variáveis da Equação 292 definidas, foi calculada a resistência de cálculo para barras comprimidas (Equação 300). Adota-se  $\phi_c = 0,9$  e  $A_g = 0,00198 \text{ m}^2$ .

$$N_n = (0,9) \cdot (0,079) \cdot (1) \cdot (0,00198 \text{ m}^2) \cdot (250 \text{ MPa}) = 350163 \text{ N} \quad (300)$$

#### *Determinação da resistência ao cisalhamento*

Analogamente as seções anteriores com forças cortantes, foi determinada a resistência ao cisalhamento  $V_n$ . Primeiramente, foi calculado o índice de esbeltez de acordo com a Equação 301.

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \quad (301)$$

Substituindo os valores conforme as características do perfil retangular, tem-se:

$$\lambda = \frac{(118,5 \text{ mm})}{(8,5 \text{ mm})} = 13,94 \quad (302)$$

Posteriormente, foi calculado o índice de esbeltez para região de plastificação de acordo com a Equação 303.

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} \quad (303)$$

O coeficiente  $k_v$  para um perfil de seção retangular é:

$$k_v = 5 \quad (304)$$

Com  $k_v$  determinado, obtém-se o valor do índice de esbeltez de plastificação:

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{(5) \cdot (200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 69,57 \quad (305)$$

Como  $\lambda_p > \lambda$ , a força cortante resistente de cálculo segundo a NBR 8800 é dada pela Equação 308. Mas antes, foi calculada a área efetiva de cisalhamento. Em seções retangulares  $h$  é igual à altura da parte plana das almas e  $t_w$  à espessura de uma das almas (quando as duas almas possuem a mesma espessura).

$$A_w = 2 \cdot h \cdot t_w \quad (306)$$

Atribuindo os valores correspondentes, obtém-se:

$$A_w = 2 \cdot (0,127 \text{ m}) \cdot (0,0085 \text{ m}) = 0,0010795 \text{ m}^2 \quad (307)$$

Por fim, os valores de  $A_w$  e  $f_y$  foram substituídos na Equação 308.

$$V_n = V_{pl} = 0,6 \cdot A_w \cdot f_y \quad (308)$$

$$V_n = V_{pl} = 0,6 \cdot (0,0010795 \text{ m}^2) \cdot (250 \text{ MPa}) = 161925 \text{ N} \quad (309)$$

#### *Determinação do momento fletor resistente à flexão*

O momento fletor resistente à flexão dos pilaretes se dá pela análise do eixo de maior inércia, que neste caso é o "x", pois na direção de menor inércia o pilarete está travado nas janelas e vigas transversais. Novamente, foi analisado a menor

resistência da viga levando em consideração a FLA (flambagem local da alma), FLM (flambagem local da mesa) e FLT (flambagem local lateral).

Iniciando pela FLA, foi calculado o índice de esbeltez de um perfil com seção retangular (Equação 310). Dessa forma, foi verificado a compacticidade da seção.

$$\lambda_a = \frac{h}{t_w} \quad (310)$$

Substituindo os valores do perfil na Equação 310, tem-se:

$$\lambda_a = \frac{(118,5 \text{ mm})}{(8,5 \text{ mm})} = 13,94 \quad (311)$$

O valor acima foi comparado com o parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da alma, mostrado a seguir:

$$\lambda_{pa} = 2,42 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (312)$$

$$\lambda_{pa} = 2,42 \cdot \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 68,45 \quad (313)$$

Como  $\lambda_a < \lambda_{pa}$  a viga é compacta quanto a alma. Logo, a NBR 8800 determina que o momento fletor resistente à flexão no eixo "x" corresponde a Equação 314.

$$M_{n_a} = M_{pl} = Z_x \cdot f_y = 1,12 \cdot W_x \cdot f_y \quad (314)$$

Atribuindo o  $W_x$ , módulo de resistência elástico em relação ao eixo “x”, e o limite de escoamento  $f_y$ , tem-se:

$$M_{na} = 1,12. (0,00007526 \text{ m}^3). (250 \text{ MPa}) = 21072,8 \text{ N.m} \quad (315)$$

De forma análoga, foi calculado o  $M_{nm}$ , resistência nominal ao momento fletor para a FLM no eixo de maior inércia. Assim, segue o índice de esbeltez da mesa do perfil retangular:

$$\lambda_m = \frac{b}{t_f} \quad (316)$$

Substituindo os valores do perfil na Equação 316, obtemo-se:

$$\lambda_m = \frac{(100 \text{ mm})}{(4,25 \text{ mm})} = 23,53 \quad (317)$$

O mesmo é feito para o parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação da mesa, onde a equação é mostrada abaixo:

$$\lambda_{pm} = 1,12. \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (318)$$

$$\lambda_{pm} = 1,12. \sqrt{\frac{(200 \text{ GPa})}{(250 \text{ MPa})}} = 31,68 \quad (319)$$

Como  $\lambda_m < \lambda_{pm}$ , a viga é compacta quanto a mesa. Para isso, a NBR 8800 prevê a utilização da Equação 320 para fins de cálculo do momento fletor resistente à flexão no eixo “x”.

$$M_{na} = M_{pl} = Z_x \cdot f_y = 1,12 \cdot W_x \cdot f_y \quad (320)$$

$$M_{na} = 1,12 \cdot (0,00007526 \text{ m}^3) \cdot (250 \text{ MPa}) = 21072,8 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (321)$$

Para os pilaretes foi realizada a verificação do momento fletor resistente à flexão para FLT, pois existem pontos em que a barra não está travada lateralmente. O comprimento não travado ou distância entre os travamentos  $L_b$  é de:

$$L_b = 0,844 \text{ m} \quad (322)$$

Primeiramente, foi calculado o parâmetro de esbeltez  $\lambda_{Lt}$  do trecho sujeito a torção sem travamento (Equação 323).

$$\lambda_{Lt} = \frac{L_b}{r_y} \quad (323)$$

Substituindo os valores referentes ao perfil e a barra, tem-se:

$$\lambda_{Lt} = \frac{(0,844 \text{ m})}{(0,04231 \text{ m})} = 19,96 \quad (324)$$

Segundo a NBR 8800, foi calculado o parâmetro de esbeltez para região de plastificação de acordo com a Equação 325.

$$\lambda_{pLt} = \frac{0,13 \cdot E}{M_{pl}} \cdot \sqrt{J \cdot A} \quad (325)$$

Onde  $J$  é a constante de torção e  $A$  a área da seção. Substituindo os valores:

$$\lambda_{pLt} = \frac{0,13 \cdot (200 \text{ GPa})}{(21072,8 \text{ N} \cdot \text{m})} \cdot \sqrt{(0,000004619 \text{ m}^4) \cdot (0,00198 \text{ m}^2)} = 117,99 \quad (326)$$

Como  $\lambda_{pLt} > \lambda_{Lt}$ , o momento fletor resistente à flexão para FLT segundo a NBR 8800 é:

$$M_{nLt} = M_{pl} = Z_x \cdot f_y = 1,12 \cdot W_x \cdot f_y \quad (327)$$

Rescrevendo a equação com os valores correspondentes, obtém-se:

$$M_{na} = 1,12 \cdot (0,00007526 \text{ m}^3) \cdot (250 \text{ MPa}) = 21072,8 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (328)$$

#### *Verificação dos esforços combinados*

Analogamente ao que foi realizado na verificação dos esforços combinados das terças e vigas traves foi realizado para os pilaretes. Neste caso não tem-se momento fletor na direção “y”, e sim, esforço de compressão. Para isso, foi combinado a verificação de  $M_{dx}$  (momento fletor de dimensionamento associado ao eixo “x”) e  $N_d$  (esforço normal de dimensionamento), onde que a condição da Equação 329 deve ser satisfeita. A análise se faz tanto para carga vertical, quanto para carga ortogonal.

$$\frac{M_{dx}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{N_d}{\phi_b \cdot N_n} \leq 1,0 \quad (329)$$

A Equação 329 mostra o momento fletor de dimensionamento para o eixo “x”.

$$M_{dx} = \gamma \cdot M_x \quad (330)$$

Com um coeficiente  $\gamma = 1,4$  (combinações normais de grande variabilidade) e  $M_x$  referente ao resultado do momento fletor para carga vertical, obtém-se:

$$M_{dx} = (1,4). (2195 \text{ N.m}) = 3073 \text{ N.m} \quad (331)$$

A força normal de cálculo  $N_d$  para carga vertical pode ser obtida através do produto da força normal e o coeficiente de ponderação  $\gamma = 1,4$ .

$$N_d = \gamma.N \quad (332)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$N_d = (1,4). (6245,85 \text{ N.m}) = 8744,19 \text{ N.m} \quad (333)$$

O  $M_{nx}$  é o limite de resistência nominal ao momento fletor calculado anteriormente. O menor valor entre a verificações da FLA, FLM e FLT foi adotado no eixo "x".

$$M_{nx} = M_{nxmin} \quad (334)$$

$$M_{nx} = 21072,8 \text{ N.m} \quad (335)$$

Já o  $N_n$  é a resistência de cálculo para barras comprimidas:

$$N_n = 350163 \text{ N.m} \quad (336)$$

Por fim, os valores encontrados na Equação 329 foram substituídos e foi verificado se satisfaz a condição imposta pela equação. Assim, com  $\phi_b = 0,9$  tem-se:

$$\frac{(3073 \text{ N.m})}{(0,9). (21072,8 \text{ N.m})} + \frac{(8744,19 \text{ N})}{(0,9). (350163 \text{ N})} = 0,34 \quad (337)$$

Para a carga vertical a condição da Equação 329 foi satisfeita.

O mesmo é feito para carga ortogonal, assim:

$$M_{dx} = (1,4). (2744,58 \text{ N.m}) = 3842,41 \text{ N.m} \quad (338)$$

$$N_d = (1,4). (6245,85 \text{ N}) = 8744,19 \text{ N} \quad (339)$$

$$M_{nx} = 21072,8 \text{ N.m} \quad (340)$$

$$N_n = 350163 \text{ N} \quad (341)$$

Com os valores anteriormente determinados e com  $\phi_b = 0,9$ , foi calculado:

$$\frac{(3842,41 \text{ N.m})}{(0,9). (21072,8 \text{ N.m})} + \frac{(8744,19 \text{ N})}{(0,9). (350163 \text{ N})} = 0,23 \quad (342)$$

A condição da Equação 329 também foi satisfeita para a carga ortogonal. Dessa forma, o pilarete está dimensionado corretamente para os esforços combinados segundo a NBR 8800.

#### *Verificação da flecha máxima*

Também foi necessário a verificação da flecha máxima para a carga vertical e ortogonal. Conforme a Tabela 32, para as vigas de cobertura, o valor máximo admissível de flecha corresponde a Equação 344.

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{250} = \frac{L_{pilarete}}{250} \quad (343)$$

Com  $L_{pilarete} = 1,65 \text{ m}$ , tem-se:

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{(1,65 \text{ m})}{250} = 0,0066 \text{ m} \quad (344)$$

Conforme o valor apresentado na Tabela 35, a deflexão máxima observada é:

$$\delta_x = 0,00265 \text{ m} \quad (345)$$

Dessa forma, a condição  $\delta_{m\acute{a}x} \geq \delta_x$  foi satisfeita para a carga vertical. Já para a carga ortogonal, tem-se a deflexão máxima observada (Equação 346).

$$\delta_x = 0,00323 \text{ m} \quad (346)$$

E também foi satisfeita a condição  $\delta_{m\acute{a}x} \geq \delta_x$  para carga ortogonal. Assim, o pilarete está dimensionado corretamente em relação a flecha máxima.

#### *Verificação do cisalhamento*

A verificação do cisalhamento é semelhante a verificação dos esforços combinados. Esta determinação pode ser compreendida na Equação 349 para a carga vertical.

$$\phi_v \cdot V_n \geq \gamma \cdot V_x \quad (347)$$

Com  $\phi_v = 0,9$  e  $V_n$  conforme a Equação 309 tem-se:

$$V_{m\acute{a}x} = (0,9) \cdot (161925 \text{ N}) = 145732,5 \text{ N} \quad (348)$$

Já a força cortante da carga vertical no eixo “x” observada na Tabela 35 foi multiplicada pelo coeficiente  $\gamma = 1,4$ , e assim, obtem-se a força cortante de verificação  $V$ .

$$V = \gamma \cdot V_x \quad (349)$$

$$V = (1,4) \cdot (2093,92 \text{ N}) = 2931,49 \text{ N} \quad (350)$$

A condição  $\phi_v \cdot V_n \geq \gamma \cdot V_x$  foi satisfeita, logo, o pilarete na carga vertical está dimensionado corretamente em relação os esforços cortantes.

Para carga ortogonal foi feita a mesma análise. Desse modo, com  $\phi_v = 0,9$ ,  $\gamma = 1,4$ ,  $V_n$  da Equação 309 e  $V_x$  da Tabela 34, tem-se:

$$V_{m\acute{a}x} = (0,9) \cdot (161925 \text{ N}) = 145732,5 \text{ N} \quad (351)$$

$$V = (1,4) \cdot (2427 \text{ N}) = 3397,8 \text{ N} \quad (352)$$

A condição  $\phi_v \cdot V_n \geq \gamma \cdot V_x$  também foi satisfeita para carga ortogonal. Com as verificações realizadas até aqui, o dimensionamento dos pilaretes foi finalizado. Além disso, o dimensionamento proposto no objetivo do trabalho foi concluído.

#### 4.5 PROJETO DETALHADO

Com o leiaute final definido, entram-se na macrofase de projeção designada de projeto detalhado, caracterizada pela assertividade objetiva e técnica dos direcionamentos para a produção. De forma objetiva, é nesta fase se faz necessária assegurar se os principais objetivos do trabalho irão ser contemplados.

Como parte do projeto detalhado proposto ao trabalho, tem-se a elaboração da lista de componentes com suas devidas especificações e a lista de materiais com as quantidades necessárias para fabricação, além dos desenhos técnicos para fabricação e montagem dos componentes.

#### **4.5.1 Lista de componentes e materiais detalhada**

Elaborou-se uma lista de componentes e materiais detalhada, contendo um índice (sem fins de classificação, apenas ordenamento da lista), código da peça, descrição do material utilizado, especificação do material, quantidade de peças, massa da peça por unidade e massa total. Desta forma foi possível ter a quantidade exata de cada material para a fabricação da peça, além da massa e das quantidades de peças que compõem o projeto. Esta lista pode ser visualizada no Apêndice B.

#### **4.5.2 Desenhos técnicos**

A elaboração dos desenhos técnicos de montagem e de fabricação é uma das etapas mais importantes do projeto, sendo necessário todo detalhamento de materiais, dimensões, escalas, tolerâncias e cotas associadas ao produto.

Como mencionado anteriormente, para este trabalho foi utilizado o auxílio do *software* SolidWorks para modelagem, montagem e detalhamento das peças. Este *software* permite uma ótima representação de perspectivas, escalas e organização dos desenhos.

Representou-se os elementos apresentados na lista de componentes e materiais apresentado no Apêndice D. Para a elaboração, buscou-se atender e empregar as normas e boas práticas de desenhos técnicos mecânicos. Além disso, os desenhos foram organizados e nomeados a fim de facilitar a montagem dos componentes.

## 5. CONCLUSÃO

Como resultados finais do trabalho, obteve-se o projeto de uma cobertura em estrutura metálica do tipo “Shed”, considerando todas as macrofases de projeção, como projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Com isso, foi possível viabilizar uma cobertura completa e segura para o laboratório NAFA. Destaca-se que o dimensionamento limitou-se apenas a verificação dos principais elementos, não sendo verificadas ligações soldadas e parafusadas, por exemplo.

O projeto da cobertura se subdividiu-se em doze principais elementos que compuseram o módulo final, sendo eles: viga trave, viga mestra, terças, tapamentos da cobertura, tapamentos laterais, estrutura dos tapamentos laterais, calha, fixação, janelas, mecanismos de abertura e fechamento das janelas, passarela de manutenção, linha de vida e suporte para as condensadoras de ar condicionado. A partir dessa divisão, foi possível buscar soluções ideais para cada elemento.

Em relação as necessidades do projeto, a cobertura visou atender as normas de segurança e sanar problemas existentes da cobertura antiga, como infiltrações, deteriorações, pontos de aberturas, janelas obsoletas, falta de segurança para manutenções e armação comprometida. Desta forma, possibilitando o ambiente receber novos equipamentos de valor agregado e ter um ambiente de trabalho propício e confortável.

Afim de esclarecer as principais soluções do trabalho, destacam-se as vigas principais – trave, pilarete e transversais – em perfis “U” enrijecidos com propriedades estruturais adequadas; terças espaçadas e travadas na vigas traves; janelas de vidro temperado com grande área de ventilação e luminosidade, possibilitando aberturas parciais; telhas termoacústicas; tapamentos com adição de isolantes (EPS ou PU); calhas com dimensões adequadas por toda extensão da edificação; passarela com linha de vida para manutenção segura do telhado e periferias; alocação adequada para as condensadoras de ar condicionado, padronizando sua disposição na cobertura.

Em relação aos objetivos propostos inicialmente, verifica-se que todos foram atingidos de forma integral com base no desenvolvimento do trabalho. Sendo realizado a revisão bibliográfica dos principais temas atrelados ao projeto, a determinação e classificação dos requisitos, a elaboração de concepções, a determinação dos componentes, o modelamento digital, o dimensionamento e

verificação estrutural das partes principais segundo as normas, a elaboração da lista de materiais e os desenhos técnicos para fabricação.

Por fim, considera-se que o objetivo geral do trabalho foi contemplado, oferecendo ao NAFA o projeto de uma cobertura em estrutura metálica do tipo “Shed” que possa substituir a cobertura antiga.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A fim de complementar o estudo realizado até o momento, sugere-se trabalhos futuros que possam dar segmento:

- Análise das ligações, principalmente soldadas e parafusadas, da estrutura da cobertura e dos elementos que a compõem;
- Simulação numérica através do método de elementos finitos da estrutura metálica da cobertura;
- Dimensionamento da passarela, vigas de tapamento e suporte das condensadoras de ar condicionado da cobertura;
- Validação experimental da cobertura realizando aquisições de deformação com extensômetros nos pontos críticos da estrutura após sua construção.
- Avaliar a estrutura segundo a NBR 14762:2010 (Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio) e NBR 6120 (Cargas para o cálculo de estruturas).
- Fazer nova análise da estrutura usando a norma NBR 8800 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios) atualizada no ano de 2008.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. ABNT, Brasil, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. ABNT, Brasil, 1986.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.

BAXTER, M. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Blucher, 2011.

BEER, F. P.; E. JOHNSTON, R. J., DEWOLF, J. T.; MAZUREK, D.. F. **Mecânica dos Materiais**. 5. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2011.

BELLEI, I. H. **Edifícios industriais em aço: projeto e cálculo**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

BRASIL, I. A.; BELLEI, I. H.; BELLEI, H. N. **Edifícios de pequeno porte estruturados em aço**. 4. ed. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2011.

CALLISTER, J. W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CHAVES, M. R. **Avaliação do desempenho de soluções estruturais para galpões industriais leves**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto-Escola de Minas. Ouro Preto: 2007.

CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. **QFD. Desdobramento da Função Qualidade na Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo: Blücher, 2007.

DIAS, L. A. d. M. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. 6. ed. São Paulo: Zigurate Editora, 1997.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LOGSDON, N. B. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá: 2002.

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. Revisão de Reyolando M. L. R. da Fonseca Brasil. 4.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 6 ed. Berlin Heidelberg: Edgard Blücher, 2005.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINHEIRO, A. C. D. F. B. **Estruturas metálicas: cálculos, detalhes, exercícios e projetos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PINHO, F. O. **Perfis Gerdau Aço Minas: Galpões em pórticos de aço**. 2012.

QUEIROZ, G. **Elementos das estruturas de aço**. 2. ed. Belo Horizonte: 1988.

REBELLO, Y. C. P. **Dimensionamento de estruturas em aço: Parte 1 - básico**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2010.

REQUENA, J. A. V. **Exemplo numérico de cobertura do tipo dente-de-serra.** Apostila de aula - Departamento Estruturas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas: 2008.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.** 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SÁLES, J. J. D.; MALITE, M.; GONÇALVES, R. M. **Cobertura metálica do tipo "shed": exemplo de cálculo.** Apostila de aula - Departamento de Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos: 2002.

SANTOS, A. F. D. **Estruturas metálicas: projeto e detalhes para fabricação.** 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

TUPER. **Perfis e tubos industriais.** 2014. Disponível em: < [www.tuper.com.br/wp-content/uploads/2014/05/perfis.pdf](http://www.tuper.com.br/wp-content/uploads/2014/05/perfis.pdf)>. Acesso em: 08 de maio de 2021.

[1] Disponível em: <[www.mapaestruturas.com.br/projects/cobertura-tipo-shed](http://www.mapaestruturas.com.br/projects/cobertura-tipo-shed)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[2] Disponível em: <[www.cfcdobrasil.com/portfolio\\_imagens.php?cod\\_galeria=73](http://www.cfcdobrasil.com/portfolio_imagens.php?cod_galeria=73)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[3] Disponível em: <[www.fotos.habitissimo.com.br/foto/cobertura-metalica-shed\\_1798778](http://www.fotos.habitissimo.com.br/foto/cobertura-metalica-shed_1798778)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[4] Disponível em: <[www.mpmeestruturasmetalicas.com/galeria](http://www.mpmeestruturasmetalicas.com/galeria)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[5] Disponível em: <[www.mpmeestruturasmetalicas.com/galeria](http://www.mpmeestruturasmetalicas.com/galeria)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[6] Disponível em: <<https://variasestruturas.blogspot.com/2019/07/estrutura-para-cobertura-tipo-shed.html>>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[7] Disponível em: <[www.docplayer.com.br/5953838-Modulo-1-projeto-e-dimensionamento-de-estruturas-metlicas-em-perfis-soldados-e-laminados.html](http://www.docplayer.com.br/5953838-Modulo-1-projeto-e-dimensionamento-de-estruturas-metlicas-em-perfis-soldados-e-laminados.html)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[8] Disponível em: <[www.acoluma.com.br/produtos/perfil-u-ue/perfil-ue-detail](http://www.acoluma.com.br/produtos/perfil-u-ue/perfil-ue-detail)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[9] Disponível em: <[www.http2.mlstatic.com/D\\_NQ\\_NP\\_989047-MLB42253886562\\_062020-O.webp](http://www.http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_989047-MLB42253886562_062020-O.webp)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[10] Disponível em: <[www.tumelerosaintgobain.vteximg.com.br/arquivos/ids/184165-NaN-NaN/50560317.jpg?v=637479693878500000](http://www.tumelerosaintgobain.vteximg.com.br/arquivos/ids/184165-NaN-NaN/50560317.jpg?v=637479693878500000)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[11] Disponível em: <[www.hlgstatic.queroquero.com.br/unsafe/0x400/filters:quality\(90\)/ns\\_144400\\_1.jpg](http://www.hlgstatic.queroquero.com.br/unsafe/0x400/filters:quality(90)/ns_144400_1.jpg)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[12] Disponível em: <[www.constrularvotorantim.com.br/bloco-cimento-s-fundo-15x40/casa-verde](http://www.constrularvotorantim.com.br/bloco-cimento-s-fundo-15x40/casa-verde)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[13] Disponível em: <[www.favifer.com.br/chapa-lisa-aco-carbono](http://www.favifer.com.br/chapa-lisa-aco-carbono)>. Acesso em:

[14] Disponível em: <[www.http2.mlstatic.com/D\\_NQ\\_NP\\_843334-MLB41161170851\\_032020-O.webp](http://www.http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_843334-MLB41161170851_032020-O.webp)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[15] Disponível em: <[www.galvaminas.com.br/produto/tubo-retangular/](http://www.galvaminas.com.br/produto/tubo-retangular/)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[16] Disponível em: <[www.spotcursos.com.br/blogs/mecanica-das-estruturas/posts/por-que-acontece-a-flambagem](http://www.spotcursos.com.br/blogs/mecanica-das-estruturas/posts/por-que-acontece-a-flambagem)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[17] Disponível em: <[www.ferreiracosta.com/Produto/77702/calha-de-pvc-retangular-130-x-75-mm-cinza-drenagem-pluvia-tigre](http://www.ferreiracosta.com/Produto/77702/calha-de-pvc-retangular-130-x-75-mm-cinza-drenagem-pluvia-tigre)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[18] Disponível em: <[www.rufort.com.br/calha-quadrada](http://www.rufort.com.br/calha-quadrada)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[19] Disponível em: <[www.nacalhasetelhas.com.br/calhas.html](http://www.nacalhasetelhas.com.br/calhas.html)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[20] Disponível em: <[www.mbmetalurgica.ind.br/produto/chumbadores-pre-fabricadaos/](http://www.mbmetalurgica.ind.br/produto/chumbadores-pre-fabricadaos/)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[21] Disponível em: <[www.sacastro-ferragens.com/ferragens/familia/2402/0/suportes/estruturas-madeira-pergola/#!detalhe-produto-5377](http://www.sacastro-ferragens.com/ferragens/familia/2402/0/suportes/estruturas-madeira-pergola/#!detalhe-produto-5377)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[22] Disponível em: <[www.pedreiroao.com.br/tipos-de-janelas-passo-a-passo/](http://www.pedreiroao.com.br/tipos-de-janelas-passo-a-passo/)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[23] Disponível em: <[www.americanas.com.br/produto/44078834/balancin-de-aluminio-80x80cm-aluvid](http://www.americanas.com.br/produto/44078834/balancin-de-aluminio-80x80cm-aluvid)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[24] Disponível em: <[www.docplayer.com.br/1755042-Catalogo-de-produtos-fechaduras-e-ferragens-com-toque-de-classe.html](http://www.docplayer.com.br/1755042-Catalogo-de-produtos-fechaduras-e-ferragens-com-toque-de-classe.html)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[25] Disponível em: <[www.tecnolock.com.br/linhas/acessorios/haste-maxi-ar/](http://www.tecnolock.com.br/linhas/acessorios/haste-maxi-ar/)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[26] Disponível em: <[www.prosegequipamentos.com.br/](http://www.prosegequipamentos.com.br/)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[27] Disponível em: <[www.bsmateriais.com.br](http://www.bsmateriais.com.br)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[28] Disponível em: [www.doisdez.com.br/linha-de-vida/](http://www.doisdez.com.br/linha-de-vida/)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[29] Disponível em: <[www.fotos.habitissimo.com.br/foto/passarela-sobre-telhado\\_1295632](http://www.fotos.habitissimo.com.br/foto/passarela-sobre-telhado_1295632)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[30] Disponível em: <[www.roofway.com/pt/solucao/seguran%C3%A7a-no-trabalho-passarela-met%C3%A1lico](http://www.roofway.com/pt/solucao/seguran%C3%A7a-no-trabalho-passarela-met%C3%A1lico)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[31] Disponível em: <[www.portuguese.alibaba.com/product-detail/stainless-steel-perforated-sheet-antiskid-perforated-metal-plate-60173767145.html](http://www.portuguese.alibaba.com/product-detail/stainless-steel-perforated-sheet-antiskid-perforated-metal-plate-60173767145.html)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[32] Disponível em: <[www.http2.mlstatic.com/D\\_NQ\\_NP\\_758205-MLB31067591936\\_062019-O.webp](http://www.http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_758205-MLB31067591936_062019-O.webp)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[33] Disponível em: <[www.scontent.fjoi5-1.fna.fbcdn.net/v/t31.18172-8/13603418\\_1741445079467724\\_3559595305534804989\\_o.jpg?\\_nc\\_cat=109&ccb=1-3&\\_nc\\_sid=8bfeb9&\\_nc\\_ohc=D9fnLXkR3dAAX8htEJr&\\_nc\\_ht=scontent.fjoi5-1.fna&oh=b944b3d381a63713b87f07f1b0a57267&oe=612424AF](http://www.scontent.fjoi5-1.fna.fbcdn.net/v/t31.18172-8/13603418_1741445079467724_3559595305534804989_o.jpg?_nc_cat=109&ccb=1-3&_nc_sid=8bfeb9&_nc_ohc=D9fnLXkR3dAAX8htEJr&_nc_ht=scontent.fjoi5-1.fna&oh=b944b3d381a63713b87f07f1b0a57267&oe=612424AF)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

[34] Disponível em: <[www.scontent.fjoi5-1.fna.fbcdn.net/v/t31.181728/13603418\\_1741445079467724\\_3559595305534804989\\_o.jpg?\\_nc\\_cat=109&ccb=13&\\_nc\\_sid=8bfeb9&\\_nc\\_ohc=D9fnLXkR3dAAX8htEJr&\\_nc\\_ht=scontent.fjoi5-1.fna&oh=b944b3d381a63713b87f07f1b0a57267&oe=612424AF](http://www.scontent.fjoi5-1.fna.fbcdn.net/v/t31.181728/13603418_1741445079467724_3559595305534804989_o.jpg?_nc_cat=109&ccb=13&_nc_sid=8bfeb9&_nc_ohc=D9fnLXkR3dAAX8htEJr&_nc_ht=scontent.fjoi5-1.fna&oh=b944b3d381a63713b87f07f1b0a57267&oe=612424AF)>. Acesso em: 19 de julho de 2021.



## APÊNDICE B – LISTA DE MATERIAIS E COMPONENTES DETALHADA

Tabela 36 - Lista de materiais e componentes detalhada.

(continua)

Lista de componentes e materiais detalhada						
Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
1	01.01	Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" X 6" – UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	20	-	-
		Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	20	-	-
		Arruela lisa Ø 1/2" - zincado branco	Aço	40	-	-
		Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	600	-	-
		Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" X 1" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	60	-	-
		Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	60	-	-
		Arruela lisa Ø 1/4" - zincado branco	Aço	120	-	-
		Perfil H interno 1 mm de 15x20mm em PVC branco - 1775,25mm	PVC	10	-	-
		Chumbador CBA de aço com paraf. âncora 1/2" x 3" – acabamento zincado branco	Aço	40	-	-
		Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	80	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	80	-	-
		Bucha S8	Plástico	80	-	-
		Placa de EPS 50x1094x4101,2mm	EPS	10	-	-
2	01.01.01.01	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17mm x 146,9mm / Espessura: 4,25 mm	ASTM A36	130	1,14	148,57
3	01.01.01.02	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17mm x 146,9mm / Espessura: 4,25 mm	ASTM A36	130	1,14	148,57
4	01.01.02.01	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17mm x 1650mm / Espessura: 4,25 mm	ASTM A36	130	12,84	1668,81
5	01.01.02.02	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17mm x 1650mm / Espessura: 4,25 mm	ASTM A36	130	12,84	1668,81
6	01.01.03.01	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17mm x 4888,2mm / Espessura: 4,25 mm	ASTM A36	130	38,03	4943,93
7	01.01.03.02	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17mm x 4888,2mm / Espessura: 4,25 mm	ASTM A36	130	38,03	4943,93
8	01.01.04	Chapa 3,18mm (1/8") x100x119,43mm	ASTM A36	780	0,32	245,93
9	01.01.05	Chapa 4,75mm (3/16")x93x250mm	ASTM A36	520	0,87	451,44
10	01.01.06					

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 36 – Lista de materiais e componentes detalhados.

(continua)

Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
11	01.01.06.01	Perfil "C" dobrado 50x25x153,2mm / Espessura: 2,25 mm	ASTM A36	40	0,25	9,80
12	01.01.06.02	Perfil "C" dobrado 50x25x505,8mm / Espessura: 2,25 mm	ASTM A36	40	0,81	32,37
13	01.01.06.03	Perfil "C" dobrado 50x25x858,4mm / Espessura: 2,25 mm	ASTM A36	40	1,37	54,94
14	01.01.06.04	Perfil "C" dobrado 50x25x1211mm / Espessura: 2,25 mm	ASTM A36	40	1,94	77,50
15	01.01.06.05	Perfil "C" dobrado 50x25x1563,6mm / Espessura: 2,25 mm	ASTM A36	40	2,50	100,07
16	01.01.06.06	Chapa 1,25mm (18) x1000x3166,5mm	Zincada Galvanizada	10	31,67	316,65
17	01.01.06.07	Chapa 1,25mm (18) x1000x4750mm	Zincada Galvanizada	10	47,50	475,00
18	01.01.06.08	Chapa 1,25mm (18) x1000x4496mm	Zincada Galvanizada	60	44,96	2697,60
19	01.01.06.09	Chapa 1,25mm (18) x560,6x1775,25mm	Zincada Galvanizada	60	9,95	597,12
20	01.01.06.10	Chapa 3,18mm (1/8") x50x130mm	ASTM A36	120	0,17	20,59
21	01.01.06.11	Chapa 3,18mm (1/8") x50x80mm	ASTM A36	80	0,11	8,45
22	01.01.06.12	Chapa 0,65mm (24) x273,2x2381,5mm	Zincada Galvanizada	20	3,38	67,67
23	01.01.07	Chapa 6,35mm (1/4") x119,3x127mm	ASTM A36	80	0,75	60,35
24	01.01.08	Chapa 6,35mm (1/4") x119,3x127mm	ASTM A36	80	0,75	60,35
25	01.02	Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" X 6" – UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	40	-	-
		Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	40	-	-
		Arruela lisa Ø 1/2" - zincado branco	Aço	80	-	-
		Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	1000	-	-
		Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" X 1" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	120	-	-
		Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	120	-	-
		Arruela lisa Ø 1/4" - zincado branco	Aço	240	-	-
		Perfil H interno 1 mm de 15x20mm em PVC branco - 1775,25mm	PVC	40	-	-
		Chumbador CBA de aço com paraf. âncora 1/2" x 3" – acabamento zincado branco	Aço	80	-	-

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 36 – Lista de materiais e componentes detalhados.

(continua)

Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
25	01.02	Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	160	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	160	-	-
		Bucha S8	Plástico	160	-	-
		Placa de EPS 50x1094x4101,2mm	EPS	20	-	-
26	01.02.01					
27	01.03	Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" X 6" – UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	180	-	-
		Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	180	-	-
		Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" X 1" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	540	-	-
		Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	540	-	-
		Arruela lisa Ø 1/4" - zincado branco	Aço	1080	-	-
28	01.03.01	Chapa 4,75mm (3/16")x50x50mm	ASTM A36	360	0,09	33,61
29	01.04	Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" X 6" – UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	20	-	-
		Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	20	-	-
		Arruela lisa Ø 1/2" - zincado branco	Aço	40	-	-
		Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	250	-	-
		Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" X 1" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	60	-	-
		Porca sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" - UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	60	-	-
		Arruela lisa Ø 1/4" - zincado branco	Aço	120	-	-
		Perfil H interno 1 mm de 15x20mm em PVC branco - 1775,25mm	PVC	10	-	-
		Chumbador CBA de aço com paraf. âncora 1/2" x 3" – acabamento zincado branco	Aço	40	-	-
		Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	130	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	130	-	-
		Bucha S8	Plástico	130	-	-
		Placa de EPS 50x1094x4101,2mm	EPS	10	-	-
30	01.04.01	Chapa 0,65mm (24) x224,1x1350mm	Zincada Galvanizada	10	1,57	15,73
31	01.04.02					
32	01.05					

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 36 – Lista de materiais e componentes detalhados.

(continua)

Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
33	01.05.01	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17mm x 12000mm / Espessura: 3,00 mm	ASTM A36	30	68,16	2044,80
34	01.05.02	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17mm x 50mm / Espessura: 3,00 mm	ASTM A36	20	0,28	5,68
35	01.06	Paraf. Auto-brocante Philips Panela 3,5mm x 13 - zincado branco	Aço	1480	-	-
36	01.06.01	Paraf. sextav. 3/16" x 1/2" - zincado branco	Aço	90	-	-
		Porca sextav. 3/16" - zincado branco	Aço	90	-	-
		Arruela lisa Ø 3/16" - zincado branco	Aço	180	-	-
		Arruela de vedação Ø 3/16"	Elastômero Borracha	90	-	-
37	01.06.01.01	Chapa 1,55mm (16) x217,4x274,8mm	Zincada Galvanizada	10	0,74	7,41
38	01.06.01.02	Chapa 1,55mm (16) x577,2x3000mm	Zincada Galvanizada	10	21,47	214,72
39	01.06.01.03	Tubo redondo Ø 101,6mm (4") x parede 1,5mm x 103mm	SAE 1020	20	0,38	7,62
40	01.06.01.04	Chapa 2,00mm x130x130mm	Elastômero Borracha	20	-	-
41	01.06.01.05	Chapa 3,00mm x100x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,45	8,93
42	01.06.01.06	Chapa 6,00mm x100x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,89	17,86
43	01.06.01.07	Chapa 1,55mm (16) x125x577,2mm	Zincada Galvanizada	10	0,89	8,95
44	01.06.01.08	Chapa 0,65mm (24) x50,2x80mm	Zincada Galvanizada	130	0,02	2,71
45	01.06.01.09	Chapa 3,18mm (1/8")x130x130mm	SAE 1020	130	0,45	58,00
46	01.06.02	Paraf. sextav. 3/16" x 1/2" - zincado branco	Aço	90	-	-
		Porca sextav. 3/16" - zincado branco	Aço	90	-	-
		Arruela lisa Ø 3/16" - zincado branco	Aço	180	-	-
		Arruela de vedação Ø 3/16"	Elastômero Borracha	90	-	-
47	01.06.02.01	Chapa 1,55mm (16) x217,4x274,8mm	Zincada Galvanizada	10	0,74	7,41
48	01.06.02.02	Chapa 1,55mm (16) x330x577,2mm	Zincada Galvanizada	10	2,36	23,62
49	01.06.03					
50	01.06.03.01	Chapa 1,55mm (16) x577,2x3000mm	Zincada Galvanizada	110	21,47	2361,90
51	01.06.03.02	Chapa 0,65mm (24) x80x577,5mm	Zincada Galvanizada	130	0,24	31,23

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 36 – Lista de materiais e componentes detalhados.

(continua)

Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
52	01.06.03.03	Chapa 1,55mm (16) x111,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,25	4,99
53	01.06.03.04	Chapa 1,55mm (16) x117,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,26	5,26
54	01.06.03.05	Chapa 1,55mm (16) x123,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,28	5,53
55	01.06.03.06	Chapa 1,55mm (16) x129,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,29	5,79
56	01.06.03.07	Chapa 1,55mm (16) x135,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,30	6,06
57	01.06.03.08	Chapa 1,55mm (16) x141,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,32	6,33
58	01.06.03.09	Chapa 1,55mm (16) x147,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,33	6,60
59	01.06.03.10	Chapa 1,55mm (16) x153,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,34	6,87
60	01.06.03.11	Chapa 1,55mm (16) x159,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,36	7,13
61	01.06.03.12	Chapa 1,55mm (16) x165,8x180mm	Zincada Galvanizada	20	0,37	7,40
62	01.06.04	Chapa 0,65mm (24) x278,8x1000mm	Zincada Galvanizada	360	1,45	521,91
63	01.06.05	Chapa 0,65mm (24) x278,8x895mm	Zincada Galvanizada	10	1,30	12,98
64	01.07	Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	360	-	-
		Bucha S8	Plástico	360	-	-
		Paraf. Auto-brocante Sext. 4,2mm (8) x 13 s/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	1080	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	1440	-	-
		Manta asfáltica adesiva aluminizada com esp. 3mm x 150mm x 2900mm	Manta asfáltica	120	-	-
65	01.07.01	Perfil "U" Enrijecido 120x50x17mm x 12000mm / Espessura: 2,25 mm	ASTM A36	180	50,64	9115,20
66	01.07.02	Perfil "U" Enrijecido 120x50x17mm x 125mm / Espessura: 2,25 mm	ASTM A36	60	0,53	31,65
67	01.07.03	Chapa 0,65mm (24) 148,25x2900mm	Zincada Galvanizada	120	2,24	268,27
68	01.07.04	Chapa 0,65mm (24) 289,38x2900mm	Zincada Galvanizada	120	4,36	523,66
69	01.08	Paraf. Auto-brocante Sext. 4,2mm (8) x 13 s/ arruela vedação e zincado branco	Aço	540	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	540	-	-
		Placa de EPS 30x248x2900mm	EPS	108	-	-

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 36 – Lista de materiais e componentes detalhados.

(continua)

Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
70	01.08.01	Perfil "U" Enrijecido 127x50x17mm x 2900mm / Espessura: 4,25 mm	ASTM A36	120	22,56	2707,44
71	01.08.02	Chapa 0,65mm (24) x295,1x2930,2mm	Zincada Galvanizada	120	4,50	539,57
72	01.08.03	Chapa 0,65mm (24) 275,5x3020mm	Zincada Galvanizada	108	4,33	467,26
73	01.08.04	Janelas com vidro temperado 8 mm incolor com dimensões de 1200x2900mm, perfil em alumínio tipo VT branco, 4 vidros fixos e 2 pivotantes com fecho e corrente de 3,5 metros.	Vidro, alumínio e acessórios	110	-	-
74	01.08.05	Janelas com vidro temperado 8 mm incolor com dimensões de 1200x2900mm, perfil em alumínio tipo VT branco, 3 vidros fixos, 1 janela pivotante com fecho e corrente de 3,5 metros e 1 janela de correr com fechadura com chave.	Vidro, alumínio e acessórios	10	-	-
75	01.09	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3.1/2" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	888	-	-
		Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	368	-	-
		Paraf. Auto-brocante Sext. 4,2mm (8) x 13 s/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	36	-	-
		Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	236	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	272	-	-
		Bucha S8	Plástico	236	-	-
		Manta asfáltica adesiva aluminizada com esp. 3mm x 500mm x 1000mm	Manta Asfáltica	370	-	-
76	01.09.01	Telha Termoacústica aço galvanizado ou galvalume (trapezoidal + EPS ou PU com resistência a compressão $\geq 1,0$ kgf/cm <sup>2</sup> + liso interno), modelo 40/980, espessura da chapa $\geq 0,5$ mm, altura total da telha 70 mm, pintura externa in natura e pintura interna branca	Zincada, Zinalume ou galvalume	360	-	-
77	01.09.02	Chapa 0,65mm (24) 716,4x1000mm	Zincada Galvanizada	360	3,73	1341,10

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 36 – Lista de materiais e componentes detalhados.

(continua)

Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
78	01.09.03	Telha Termoacústica aço galvanizado ou galvalume (trapezoidal + EPS ou PU com resistência a compressão $\geq 1,0$ kgf/cm <sup>2</sup> + liso interno), modelo 40/980, espessura da chapa $\geq 0,5$ mm, altura total da telha 70 mm, pintura externa in natura e pintura interna branca	Zincada, Zinalume ou galvalume	10	-	-
79	01.09.04	Chapa 0,65mm (24) 622,2x2696,8mm	Zincada Galvanizada	10	8,73	87,25
80	01.09.05	Chapa 0,65mm (24) 567,2x580,6mm	Zincada Galvanizada	10	1,71	17,12
81	01.09.06	Chapa 0,65mm (24) 537,9x2200mm	Zincada Galvanizada	10	6,15	61,54
82	01.09.07	Chapa 0,65mm (24) 716,4x820mm	Zincada Galvanizada	10	3,05	30,55
83	01.09.08	Chapa 0,65mm (24) 450,3x2585mm	Zincada Galvanizada	20	6,05	121,06
84	01.10	Paraf. Auto-brocante Sext. 4,2mm (8) x 13 s/ arruela vedação e zincado branco	Aço	60	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	60	-	-
		Manta asfáltica adesiva aluminizada com esp. 3mm x 350mm x 3000mm	Manta Asfáltica	12	-	-
		Placa de EPS 30x248x2900mm	EPS	12	-	-
85	01.10.01	Chapa 0,65mm (24) 187,4x3020mm	Zincada Galvanizada	12	2,94	35,32
86	01.10.02	Chapa 0,65mm (24) 553,2x3050mm	Zincada Galvanizada	12	8,77	105,29
		Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	85	-	-
		Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	73	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	73	-	-
		Bucha S8	Plástico	73	-	-
87	01.10.03	Chapa 0,65mm (24) 585x1723,9mm	Zincada Galvanizada	1	5,24	5,24
		Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	8	-	-
		Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	3	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	3	-	-
		Bucha S8	Plástico	3	-	-

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 36 – Lista de materiais e componentes detalhados.

(continua)

Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
88	01.10.04	Chapa 0,65mm (24) 223x1853,2mm	Zincada Galvanizada	1	4,33	4,33
		Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela vedação e zinc. branco	Aço	4	-	-
		Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	9	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	9	-	-
		Bucha S8	Plástico	9	-	-
89	01.11	Paraf. sextav. 1/4" X 1" - UNC - zincado branco	Aço	720	-	-
		Porca sextav. 1/4" X 1" - UNC - zincado branco	Aço	720	-	-
		Arruela lisa Ø 1/4" - zincado branco	Aço	1440	-	-
		Paraf. sextav. aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" X 1" – UNC	Aço 8.8 (GRAU 5)	260	-	-
		Arruela lisa Ø 1/2" - zincado branco	Aço	260	-	-
		Arruela de vedação Ø 1/2"	Elastômero Borracha	260	-	-
		Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	Aço	1920	-	-
		Chumbador CBA de aço com paraf. âncora 1/2" x 3" – acabamento zincado branco	Aço	40	-	-
90	01.11.01					
91	01.11.01.01	Perfil "C" dobrado 75x40x500mm / Espessura: 2,25 mm	SAE 1020	240	1,31	313,20
92	01.11.01.02	Perfil "C" dobrado 75x40x3000mm / Espessura: 2,25 mm	SAE 1020	220	7,83	1722,60
93	01.11.02					
94	01.11.02.01	Perfil "C" dobrado 75x40x3000mm / Espessura: 2,25 mm	SAE 1020	20	7,83	156,60
95	01.11.02.02	Tubo redondo Ø 25,4mm (1") x parede 2,25mm x 2851,4mm	SAE 1020	10	3,68	36,78
96	01.11.02.03	Tubo redondo Ø 25,4mm (1") x parede 2,25mm x 474,60mm	SAE 1020	30	0,61	18,37
97	01.11.03					
98	01.11.03.01	Chapa 3,18mm (1/8") x282,4x424mm	SAE 1020	480	3,16	1517,31
99	01.11.03.02	Perfil "C" dobrado 100x50x924mm / Espessura: 2,65 mm	SAE 1020	120	3,68	441,30
100	01.11.03.03	Perfil "C" dobrado 93x40x359mm / Espessura: 2,25 mm	SAE 1020	240	1,05	252,45
101	01.11.03.04	Perfil "C" dobrado 93x40x80mm / Espessura: 2,25 mm	SAE 1020	240	0,23	56,26

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 36 – Lista de materiais e componentes detalhados.

(continua)

Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
102	01.11.04					
103	01.11.04.01	Perfil "C" dobrado 100x50x951,8mm / Espessura: 2,65 mm	SAE 1020	10	3,79	37,88
104	01.11.04.02	Perfil "C" dobrado 100x50x384,1mm / Espessura: 2,65 mm	SAE 1020	10	1,53	15,29
105	01.11.04.03	Chapa 3,18mm (1/8")x100x150mm	SAE 1020	120	0,40	47,52
106	01.11.04.04	Perfil "C" dobrado 100x50x29,8 mm / Espessura: 2,65 mm	SAE 1020	10	0,12	1,19
107	01.11.05					
108	01.11.05.01	Perfil "C" dobrado 100x50x1253,8 mm / Espessura: 2,65 mm	SAE 1020	100	4,99	499,01
109	01.11.06					
110	01.11.06.01	Chapa 4,75mm (3/16")x50,8x207,7mm	SAE 1020	20	0,39	7,88
111	01.11.06.02	Chapa 4,75mm (3/16")x50,8x392,1mm	SAE 1020	20	0,74	14,88
112	01.12	Paraf. sextav. 5/16" X 1" - UNC - zincado branco	Aço	280	-	-
		Porca sextav. 5/16" X 1" - UNC - zincado branco	Aço	140	-	-
		Arruela lisa Ø 5/16" - zincado branco	Aço	140	-	-
113	01.12.01	Perfil "C" dobrado 75x40x435mm / Espessura: 2,25 mm	SAE 1020	140	1,14	158,95
114	01.12.02	Perfil "C" dobrado 75x40x636mm / Espessura: 2,25 mm	SAE 1020	140	1,66	232,39
115	01.12.03	Chapa 3,18mm (1/8") x40x75mm	SAE 1020	140	0,08	11,09
116	01.12.04	Chapa 3,18mm (1/8") x85x165,75mm	SAE 1020	140	0,37	52,07
117	01.13	Esticador Galvanizado 5/8" (Modelo Gancho x Olhal)	Aço	30	-	-
		Clips Galvanizado para Cabo de Aço 3/8"	Aço	240	-	-
117	01.13	Cabo de Aço Classe 6x19, Diâmetro 3/8" - Alma de Aço AA	Aço	375	-	-
		Sapatilha Galvanizada Standard 3/8"	Aço	60	-	-
		Olhal Galvanizado Roscado 5/8" - NC	Aço	90	-	-
		Porca Sext. Galvanizada 5/8" - NC (Rosca Direita)	Aço	210	-	-
		Porca Sext. Galvanizada 5/8" - NC (Rosca Esquerda)	Aço	30	-	-
118	01.14	Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	130	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	Aço	130	-	-
		Bucha S8	Plástico	130	-	-
119	01.14.01.01	Chapa 0,65mm (24) 129x250mm	Zincada Galvanizada	10	0,17	1,68

Fonte: (AUTOR, 2021).

Tabela 36 – Lista de materiais e componentes detalhados.

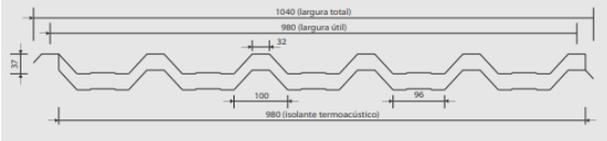
(conclusão)

Item	Código	Descrição do Material	Material	Qt. (un.)	Massa (kg/un.)	Total (kg)
120	01.14.01.02	Chapa 0,65mm (24) 129x2390mm	Zincada Galvanizada	20	1,60	32,06
121	01.14.01.03	Chapa 0,65mm (24) 129x206,9mm	Zincada Galvanizada	10	0,14	1,39
122	01.14.01.04	Chapa 0,65mm (24) 129x206,9mm	Zincada Galvanizada	10	0,14	1,39
123	01.15	Cabo de aço revestido Ø 4 mm (5/32") x 40 metros	Aço	40	-	-
		Clips Galvanizado para Cabo de Aço 3/16"	Aço	160	-	-
		Parafuso máquina M5x0,8 x 20mm cabeça cônica philips – zincado branco	Aço	440	-	-
		Parafuso sextav. M5x0,8 x 25mm – zincado branco	Aço	520	-	-
		Porca sextav. M5 – zincado branco	Aço	560	-	-
		Arruela lisa Ø 5 mm – zincado branco	Aço	1280	-	-
		Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	Aço	480	-	-
		Bucha S8	Plástico	480	-	-
124	01.15.01	Barra redonda Nylon 2" x12mm	Nylon	280	0,03	7,95
125	01.15.02	Chapa 1,55mm (16) 20x81,3mm	Zincada Galvanizada	280	0,02	5,65
126	01.15.03	Barra chata 1/8"x1"x 62,9mm	SAE 1020	120	0,04	4,76
127	01.15.04	Barra chata 1/8"x1"x191,3mm	SAE 1020	120	0,12	14,46
128	01.15.05	Barra redonda laminada Ø 3/4" x 40mm	SAE 1020	160	0,09	14,34

Fonte: (AUTOR, 2021).

## APÊNDICE C – CATÁLOGO DAS TELHAS

Figura 105 - Catálogo da telha trapézio TR 40/980 da Thermo-Iso.

		TRAPÉZIO TR 40/980		TELHA TERMOACÚSTICA		Peso/espessura das chapas metálicas:				
										
Sobrecargas em função da flecha, nº de apoios, vão e espessura da chapa.		2 apoios			3 apoios			4 apoios		
Vão (m)		0,43	0,50	0,65	0,43	0,50	0,65	0,43	0,50	0,65
COBERTURA FLECHA L/200	1,40	243	287	380	243	287	380	305	360	477
	1,60	185	219	290	185	219	290	233	275	364
	1,80	146	182	228	146	172	228	183	216	286
	2,00	117	138	183	117	138	183	147	174	231
	2,20	96	113	150	96	113	150	121	143	189
	2,40	80	95	125	80	95	125	101	119	158
	2,60	68	80	106	68	80	106	86	101	134
2,80	58	68	90	58	68	90	73	86	115	
3,00	50	59	78	50	59	78	63	75	99	
3,20	41	48	64	43	51	68	55	65	86	
3,40	33	39	52	38	45	59	48	57	76	
Vão (m)		0,43	0,50	0,65	0,43	0,50	0,65	0,43	0,50	0,65
FECHAMENTO LATERAL FLECHA L/120	1,40	243	287	380	243	287	380	305	360	477
	1,60	185	219	290	185	219	290	233	275	364
	1,80	146	172	228	146	172	228	94	216	286
	2,00	117	138	183	117	138	183	183	174	231
	2,20	88	104	137	96	113	150	147	143	189
	2,40	67	79	104	80	95	125	121	119	158
	2,60	52	61	81	68	80	106	86	101	134
2,80	41	48	64	58	68	90	73	86	115	
3,00	32	38	51	50	59	78	63	75	99	
3,20	26	30	41	43	51	68	55	65	86	
3,40	21	25	33	38	45	59	46	56	75	

Sobrecargas em destaque inferiores a 60 kg/m<sup>2</sup> devem ser evitadas

Fonte: (Adaptado < [www.thermo-iso.com.br/produtos/tr-40-980-3/](http://www.thermo-iso.com.br/produtos/tr-40-980-3/)>, 2021).

# APÊNDICE D – CATÁLOGO DOS PERFIS ESTRUTURAIS

## PERFIS ESTRUTURAIS METÁLICOS

Os perfis Tuper garantem vantagens como:

- Racionalização de materiais e mão-de-obra
- Alívio de carga nas fundações
- Flexibilidade no projeto
- Liberdade no projeto de Arquitetura
- Precisão de níveis e prumos
- Garantia de Qualidade

Características:

- Formação contínua, perfilado a frio
- De acordo com a norma NBR 6355
- Pesos relacionados correspondem ao peso teórico
- Consulte nossa área técnica para perfis com seções diferentes

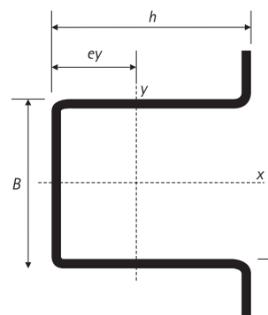
Nomenclatura dos Aços:

- SAE 1006—SAE 1012 (uso comercial)
- Aços Especiais/Alta Resistência (sob consulta)

\* Perfis produzidos sob consulta

### PERFIL "U" CARTOLA

- Possibilita fixação direto na estrutura
- Dispensa uso de encosto para apoio
- Pode eliminar ou reduzir sistema de correntes quando usado como terças
- Facilidade no uso em estruturas metálicas e pré-moldadas
- O formato de sua seção não permite acúmulo de "sujeiras"

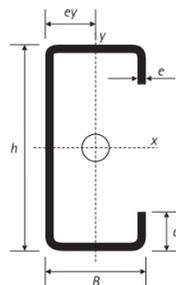
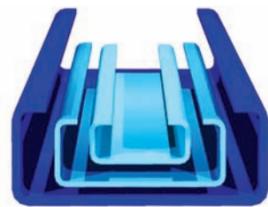


S = Área de seção  
 P = Peso estimado por metro  
 Jx = Momento de inércia eixo x  
 Wx = Módulo de resistência eixo x  
 ix = Raio de giro do eixo x  
 ey = Distância da linha neutra  
 Jy = Momento de inércia eixo y  
 Wy = Módulo de resistência eixo y  
 iy = Raio de giro do eixo y

DIMENSÕES (mm)													
h	B	d	e	r <sup>chapa</sup>	S	P	Jx	Wx	ix	ey	Jy	Wy	iy
cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
*70	60	20	2,00	14	4,51	3,56	36,55	7,61	2,85	3,20	30,78	8,10	2,61
			2,25	13	5,04	3,99	40,49	8,48	2,83	3,20	34,11	8,97	2,60
			2,65	12	5,88	4,65	46,52	9,82	2,81	3,20	39,21	10,31	2,58
*70	40	20	2,00	14	4,11	3,25	16,58	4,39	2,01	3,50	26,57	7,59	2,54
			2,25	13	4,59	3,63	18,40	4,87	2,00	3,50	29,40	8,40	2,53
			2,65	12	5,35	4,24	20,99	5,62	1,98	3,50	33,73	9,64	2,51
*60	60	20	2,00	14	4,11	3,25	33,19	6,91	2,84	2,72	21,24	6,47	2,27
			2,25	13	4,59	3,63	36,74	7,69	2,83	2,72	23,50	7,16	2,26
			2,65	12	5,35	4,24	42,16	8,90	2,81	2,72	26,94	8,20	2,24
*60	40	20	2,00	14	4,11	3,25	33,19	6,91	2,84	2,72	21,24	6,47	2,27
			2,25	13	4,59	3,63	36,74	7,69	2,83	2,72	23,50	7,16	2,26
			2,65	12	5,35	4,24	42,16	8,90	2,81	2,72	26,94	8,20	2,24
*60	40	20	2,00	14	3,71	2,93	15,24	4,01	2,03	3,00	18,21	6,07	2,21
			2,25	13	4,14	3,28	16,79	4,45	2,01	3,00	20,12	6,71	2,20
			2,65	12	4,82	3,82	19,14	5,12	1,99	3,00	23,01	7,67	2,18
*60	40	20	2,00	14	5,40	4,29	21,05	5,69	1,97	3,00	25,39	8,46	2,17

\*Perfis produzidos sob consulta.

### PERFIL "U" ENRIJECIDO

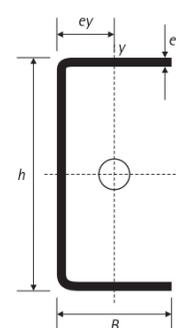
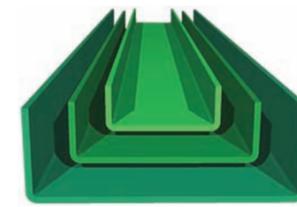


S = Área de seção  
 P = Peso estimado por metro  
 Jx = Momento de inércia eixo x  
 Wx = Módulo de resistência eixo x  
 ix = Raio de giro do eixo x  
 ey = Distância da linha neutra  
 Jy = Momento de inércia eixo y  
 Wy = Módulo de resistência eixo y  
 iy = Raio de giro do eixo y

DIMENSÕES (mm)													
h	B	d	e	r <sup>chapa</sup>	S	P	Jx	Wx	ix	ey	Jy	Wy	iy
cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
50	25	10	2,00	14	2,14	1,68	7,93	3,30	1,92	0,83	1,79	1,21	0,91
			2,25	13	2,38	1,86	8,64	3,62	1,91	0,81	1,92	1,31	0,90
			2,65	12	2,72	2,13	9,67	4,08	1,89	0,79	2,10	1,46	0,88
*60	30	15	2,00	14	2,73	2,15	14,58	5,03	2,31	1,09	3,63	2,12	1,15
			2,25	13	3,04	2,39	16,00	5,54	2,29	1,08	3,95	2,33	1,14
			2,65	12	3,51	2,76	18,11	6,31	2,27	1,06	4,41	2,63	1,12
*70	40	17	2,00	14	3,41	2,68	26,05	7,66	2,76	1,50	8,12	3,53	1,54
			2,25	13	3,81	2,99	28,74	8,48	2,75	1,48	8,90	3,88	1,53
			2,65	12	4,41	3,46	32,79	9,74	2,72	1,46	10,04	4,42	1,51
*75	40	15	2,00	14	4,92	3,87	36,09	10,77	2,71	1,44	10,95	4,85	1,49
			2,25	14	3,43	2,70	30,29	8,30	2,97	1,40	7,89	3,29	1,51
			2,65	13	3,89	3,01	33,44	9,19	2,95	1,39	8,64	3,62	1,50
*90	60	20	2,00	14	4,93	3,72	64,53	14,67	3,61	2,43	27,40	8,13	2,36
			2,25	13	5,52	4,16	71,60	16,32	3,60	2,42	30,30	9,02	2,34
			2,65	12	6,43	4,86	82,47	18,88	3,58	2,39	34,71	10,39	2,32
*100	40	17	2,00	14	4,42	3,47	70,16	14,32	3,98	1,22	15,53	5,06	1,89
			2,25	13	4,93	3,87	77,79	15,92	3,97	1,67	17,38	5,59	1,88
			2,65	12	5,74	4,50	89,47	18,38	3,95	1,65	19,77	6,40	1,86
*100	50	17	2,00	14	6,43	5,05	99,18	20,45	3,93	1,63	21,70	7,06	1,84
			2,25	10	7,10	5,57	108,42	22,44	3,91	1,61	23,48	7,68	1,82
			2,65	9	7,85	6,16	118,42	24,61	3,88	1,58	25,35	8,33	1,80
*120	40	17	2,00	14	4,42	3,47	93,644	15,84	4,60	1,16	9,86	3,73	1,79
			2,25	13	4,93	3,87	103,58	17,59	4,58	1,15	10,82	4,12	1,48
			2,65	12	5,74	4,50	119,12	20,30	4,55	1,13	12,24	4,69	1,46
*120	50	17	2,00	14	6,43	5,05	132,04	22,57	4,53	1,11	13,36	5,15	1,44
			2,25	10	7,10	5,57	144,31	24,74	4,51	1,09	14,38	5,58	1,42
			2,65	9	7,85	6,16	157,57	27,11	4,48	1,07	15,43	6,03	1,40
*127	50	17	2,00	14	4,81	3,78	107,36	18,20	4,72	1,54	16,82	5,16	1,37
			2,25	13	5,38	4,22	119,18	20,24	4,70	1,53	18,53	5,71	1,85
			2,65	12	6,27	4,92	137,38	23,41	4,68	1,51	21,09	6,53	1,83
*150	50	20	2,00	14	7,03	5,52	152,58	26,08	4,67	1,49	23,15	7,21	1,81
			2,25	10	7,77	6,10	167,11	28,65	4,64	1,47	25,07	7,84	1,80
			2,65	9	8,60	6,75	182,92	31,47	4,61	1,44	27,07	8,51	1,77
*150	60	20	2,00	14	4,95	3,89	122,62	19,62	4,97	1,50	17,14	5,19	1,86
			2,25	13	5,54	4,35	136,17	21,83	4,96	1,48	18,89	5,74	1,85
			2,65	12	6,45	5,07	157,05	25,06	4,93	1,46	21,49	6,57	1,82
*150	40	20	2,00	14	7,24	5,68	174,52	28,15	4,91	1,44	23,61	7,25	1,81
			2,25	10	8,01	6,28	191,26	30,93	4,89	1,42	25,56	7,89	1,79
			2,65	9	8,86	6,96	209,49	33,99	4,86	1,40	27,61	8,57	1,76
*150	40	20	2,00	14	5,54	4,35	185,31	25,04	5,78	1,45	19,47	5,81	1,87
			2,25	13	6,19	4,86	206,05	27,89	5,77	1,43	21,47	6,43	1,86
			2,65	12	7,22	5,67	238,15	32,32	5,74	1,41	24,49	7,37	1,84
*150	40	20	2,00	14	8,11	6,36	265,14	36,07	5,72	1,39	26,94	8,15	1,82
			2,25	10	8,97	7,05	291,12	39,70	5,96	1,37	29,22	8,88	1,80
			2,65	9	9,95	7,81	311,59	43,70	5,67	1,35	31,63	9,67	1,78
*150	40	20	2,00	14	11,14	8,74	353,34	48,49	5,63	1,33	34,34	10,57	1,76
			2,25	14	5,94	4,66	207,21	28,00	5,91	1,83	30,05	7,56	2,25
			2,25	13	6,64	5,21	230,61	31,22	5,89	1,81	33,22	8,38	2,24
*150	60	20	2,00	12	7,75	6,09	266,92	36,23	5,87	1,79	38,04	9,64	2,21
			2,25	10	8,71	6,84	297,56	40,48	5,84	1,77	42,00	10,69	2,20
			2,65	10	9,65	7,57	327,15	44,62	5,82	1,75	45,73	11,68	2,17
*150	40	20	2,00	14	10,70	8,40	359,70	49,19	5,80	1,73	49,71	12,76	2,15
			2,25	8	11,99	9,41	398,50	54,68	5,76	1,70	54,28	14,00	2,13

\*Perfis produzidos sob consulta.

### PERFIL "U"



S = Área de seção  
 P = Peso estimado por metro  
 Jx = Momento de inércia eixo x  
 Wx = Módulo de resistência eixo x  
 ix = Raio de giro do eixo x  
 ey = Distância da linha neutra  
 Jy = Momento de inércia eixo y  
 Wy = Módulo de resistência eixo y  
 iy = Raio de giro do eixo y

DIMENSÕES (mm)													
h	B	d	e	r <sup>chapa</sup>	S	P	Jx	Wx	ix	ey	Jy	Wy	iy
cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
*40	30	15	2,00	14	1,87	1,47	4,91	2,58	1,62	0,90	1,74	0,86	0,96
			2,25	13	2,08	1,64	5,40	2,86	1,61	0,90	1,91	0,97	0,96
			2,65	12	2,42	1,90	6,12	3,28	1,59	0,90	2,20	1,12	0,95
*50	20	15	2,00	14	1,67	1,31	5,92	2,46	1,88	0,43	0,60	0,42	0,60
			2,25	13	1,86	1,46	6,50	2,72	1,87	0,43	0,66	0,46	0,60
			2,65	12									

## APÊNDICE E – DESENHOS TÉCNICOS

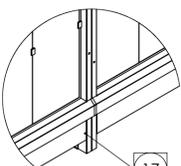
Linha de vida é fixada na Viga Superior Frontal do próximo módulo.

Os suportes das condensadoras são posicionados conforme imagem, sempre em meio ao suporte da passarela.

As chapas de suporte da passarela ficam posicionadas exatamente em cima das terças.

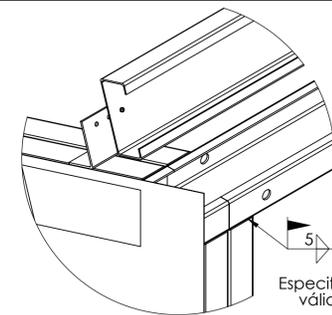
A calha fica posicionada no centro da viga e altura da pingadeira varia conforme o caimento da calha.

Pingadeira da calha é fixada entre as terças e as telhas. Sendo aproveitado a fixação das telhas.



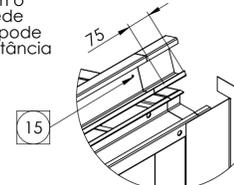
DETALHE E ESCALA 1 : 25

DETALHE F ESCALA 1 : 20



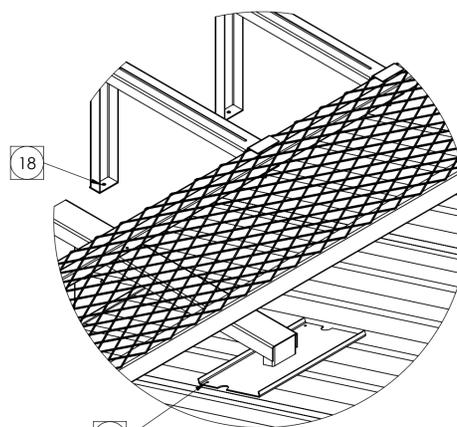
DETALHE A ESCALA 1 : 5

As terças passam o pórtilo da parede em 75 mm (Valor pode variar conforme distância da parede).

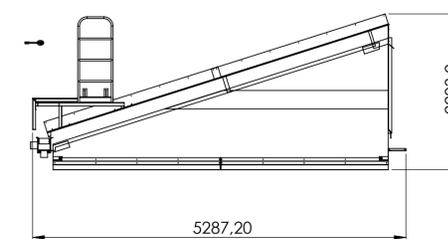


DETALHE B ESCALA 1 : 10

A distância entre os suportes das condensadoras variam conforme as dimensões do fabricante das mesmas.



DETALHE C ESCALA 1 : 10



Detalhe "D" (Escala 1:50)

Índice	Código	Descrição	Quantidade	Pintura
1	01.01	Pórtico Extremidade	1	-
2	01.02	Pórtico Central Vigas	2	Desengraxamento com solvente ou querosene, uma demão de fundo anticorrosivo e duas demãos de esmalte sintético branco.
3	01.03	Pórtico Comum	9	-
4	01.04	Pórtico Parede	1	-
5	01.05	Viga Superior Frontal	1	-
6	01.06	Calha	1	-
7	01.07	Terças	1	Desengraxamento com solvente ou querosene, uma demão de fundo anticorrosivo e duas demãos de esmalte sintético branco.
8	01.08	Fechamento Frontal Com Calha	1	-
9	01.09	Cobertura e Acabamentos	1	Desengraxamento com solvente ou querosene, uma demão de fundo anticorrosivo e duas demãos de esmalte sintético branco (exceto nas telhas - item 01.09.01 e 01.09.03).
10	01.11	Passarela	1	Desengraxamento com solução desoleante, uma demão de wash primer fundo fosfatizante e duas demão de tinta automotiva PU na cor amarelo.
11	01.12	Suporte Condensadora	14	Desengraxamento com solução desoleante, uma demão de wash primer fundo fosfatizante e duas demão de tinta automotiva PU na cor preta.
12	01.13	Linha de Vida	3	-
13	01.14	Acabamento Junta de Dilatação Parede	1	-

Fixação de Componentes			
Índice	Descrição	Qntd.	Observação
14	Paraf. Auto-Brocante Sext. 6,3 mm (14) x 3.1/2" c/ arruela de vedação e zincado branco	888	Fixação das telhas nas terças. Seguir orientações do fabricante das telhas para fixação.
15	Paraf. Sextav. Aço 8.8 (GRAU 5) 1/4" x 1" - UNC c/ Porca e Arruela	78	Fixação das terças nos apoios.
16	Paraf. Auto-Brocante Sext. 6,3 mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	192	Fixação passarela nas telhas/terças.
17	Paraf. Máquina M3 x 0,5 mm x 15 mm cab. panela philips - Zincado Branco	24	Fixação chapas frontais no pilarete.
18	Paraf. Sextav. 5/16" x 1" - UNC - Zincado Branco com porca e arruela	14	Fixação condensadora na viga inferior.



01 - Módulo Sem Estrutura

UNIDADE mm ESCALA 1:50

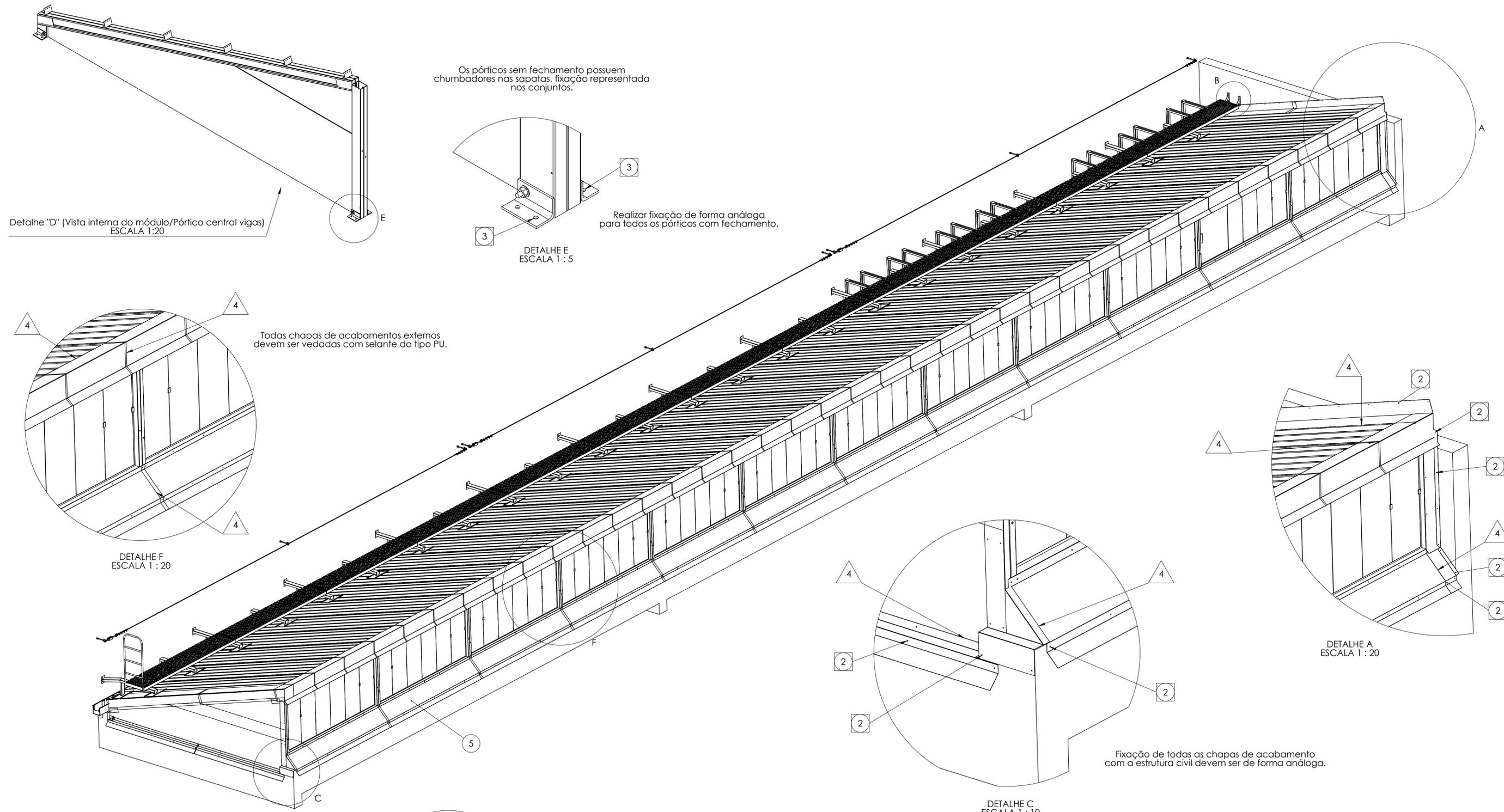
PROJETISTA Felipe Mallmann DATA 27/07/2020

QUANTIDADE Nove (9) módulos a partir do primeiro. O primeiro módulo tem o acabamento frontal diferente (Substituir 01.08 por 01.10). Total de 10 módulos.

OBSERVAÇÕES:

As vedações, fixações de acabamentos e fixação do módulo na estrutura existente está detalhada no desenho "02 - Módulo Com Estrutura".

A maioria dos acabamentos não estão com furos especificados. Os furos deverão ser feitos no momento da montagem conforme sua fixação.



Os pórticos sem fechamento possuem chumbadores nas sapatas, fixação representada nos conjuntos.

Detalhe "D" (Vista interna do módulo/Pórtico central vigas)  
ESCALA 1:20

DETALHE E  
ESCALA 1:5

Realizar fixação de forma análoga para todos os pórticos com fechamento.

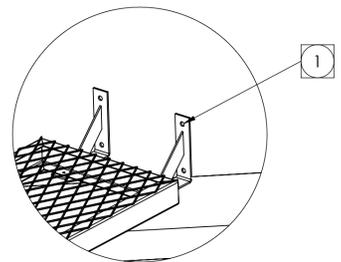
Todas chapas de acabamentos externos devem ser vedadas com selante do tipo PU.

DETALHE F  
ESCALA 1:20

DETALHE A  
ESCALA 1:20

DETALHE C  
ESCALA 1:10

Fixação de todas as chapas de acabamento com a estrutura civil devem ser de forma análoga.



DETALHE B  
ESCALA 1:10

Fixação de Componentes			
Índice	Descrição	Qntd.	Observação
1	Chumbador CBA de Aço com Paraf. Âncora 1/2" x 3" - Acabamento Zincado Branco	4	Fixação da passarela na parede da estrutura civil.
2	Paraf. Atarrach. 4,8 mm x 38 mm cab. panela philips - Zincado Branco com bucha S8 e Arruela	78	Fixação dos acabamentos na estrutura civil.
3	Chumbador CBA de Aço com paraf. Âncora 1/2" x 3" - Acabamento Zincado Branco	32	Fixação dos pórticos (Extremidade, Central Vigas e Parede) na estrutura civil.

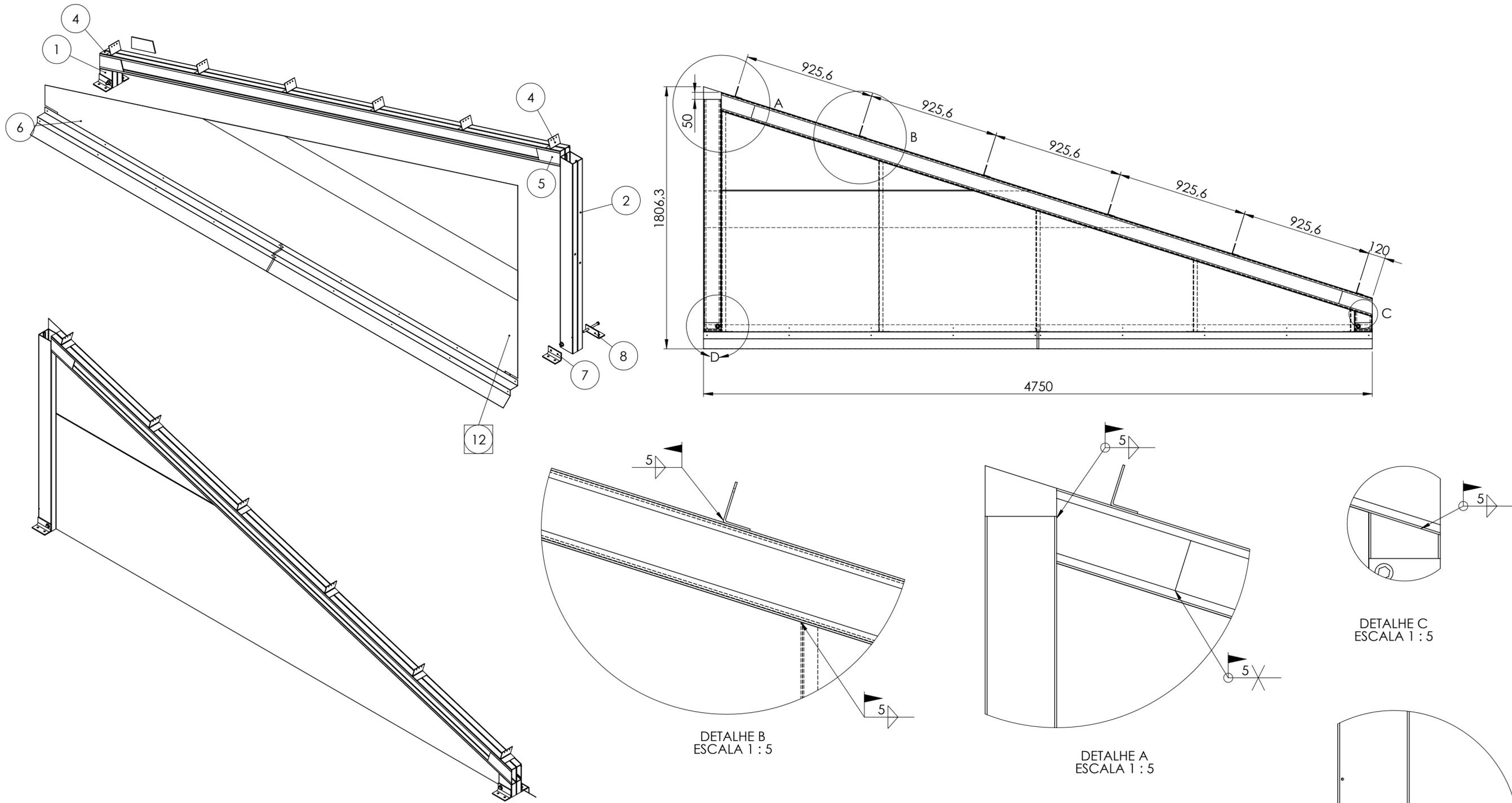
Vedações de Componentes			
Índice	Descrição	Qntd.	Observação
4	Selante tipo PU	Indef.	Vedar acabamentos, rufos, cumeeiras.

Conjuntos			
Índice	Código/Descrição	Qnt	Observação
5	01.10 - Fechamento Frontal Sem Calha	1	Conjunto apenas no primeiro módulo (SEM CALHA), os 9 módulos restantes possuem o conjunto "01.08 - Fechamento Frontal Com Calha".



02 - Módulo Com Estrutura		
UNIDADE	mm	ESCALA 1:40
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA 10/08/2020
QUANTIDADE	Nove (9) módulos a partir do primeiro. O primeiro módulo tem o acabamento frontal diferente (Substituir 01.08 por 01.10). Total de 10 módulos.	

**OBSERVAÇÕES:**  
A maioria dos acabamentos não estão com furos especificados. Os furos deverão ser feitos no momento da montagem conforme sua fixação.



Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.01.01	Apoio Inclinado	1	-
2	01.01.02	Pilarete	1	-
3	01.01.03	Viga Trave	1	-
4	01.01.04	Chapa Dobrada Suporte Terças	6	-
5	01.01.05	Chapa Reforço Viga Trave	4	-
6	01.01.06	Fechamento Lateral Extremidade	1	-
7	01.01.07	Chapa Dobrada Suporte Pilarete Esquerdo	2	-
8	01.01.08	Chapa Dobrada Suporte Pilarete Direito	2	-
9	-	Paraf. Sextav. Aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" x 6" - UNC	2	Utilizado para fixar os itens "7" e "8" nos itens "1" e "2"
10	-	Porca. Sextav. Aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" - UNC	2	Utilizado com o parafuso do Item "9"
11	-	Arruela Lisa 1/2"	4	Utilizado com o parafuso do item "9" em ambos os lados
12	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3 mm (14) X 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	30	Utilizado para fixar o item "6" nos itens "1", "2" e "3". Alocar um parafuso a cada 250 mm, nas extremidades e centro.



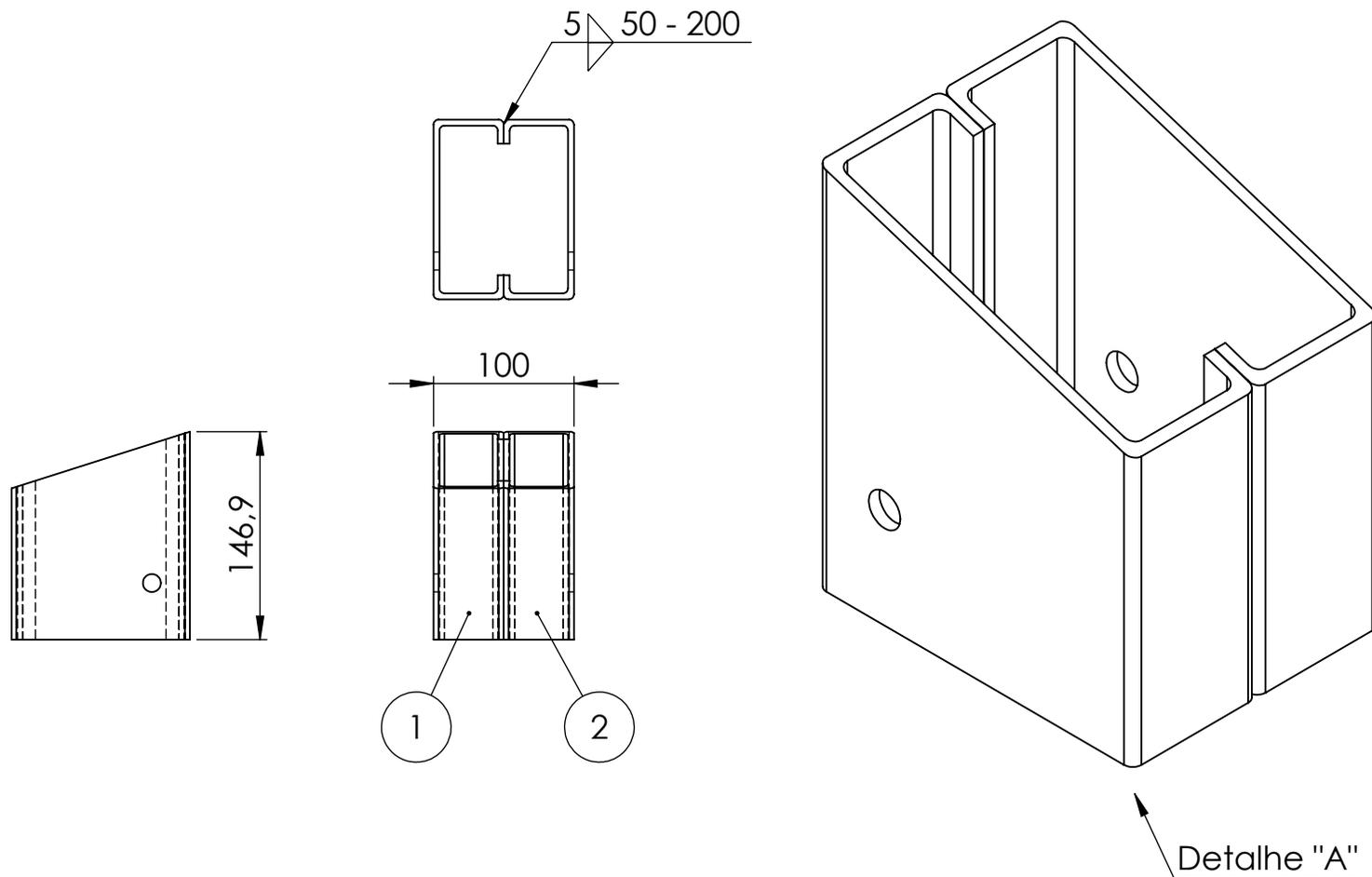
PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.01 - Pórtico Extremidade

UNIDADE	mm	ESCALA	1:20
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	01/08/2020
SOLDA	ER70S-6	QTD	10

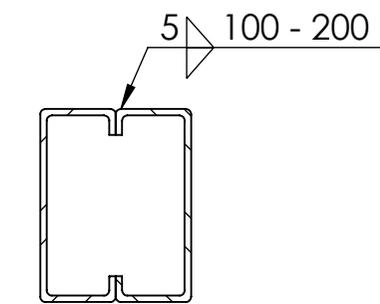
OBSERVAÇÕES:

Detalhe "A", "B", "C" e "D" em escala 1:5.  
O Item "3" deverá ser soldado e cortado no local, pois pode sofrer alteração no comprimento devido os diferentes vãos entre as sapatas (pode variar +- 36mm).

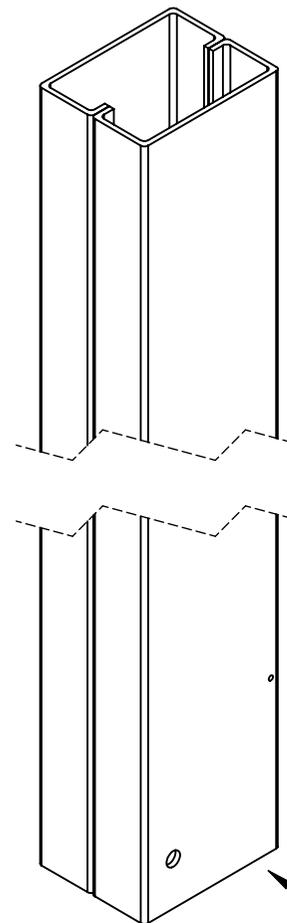
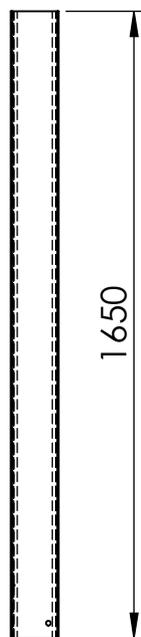
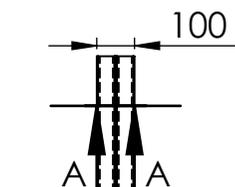


Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.01.01.01	Perfil Apoio Inclinado Direito	1
2	01.01.01.02	Perfil Apoio Inclinado Esquerdo	1

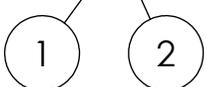
	<b>01.01.01 - Apoio Inclinado</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Detalhe "A" em escala 1:2	
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>		01/08/2020
<b>SOLDA</b>	ER70S-6	<b>QTD</b>		130
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				



SEÇÃO A-A  
ESCALA 1 : 5

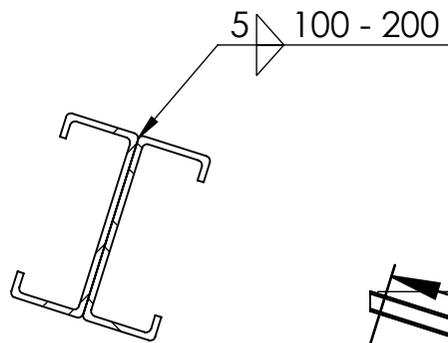


Detalhe "B"

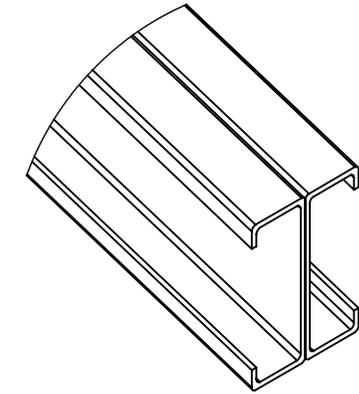
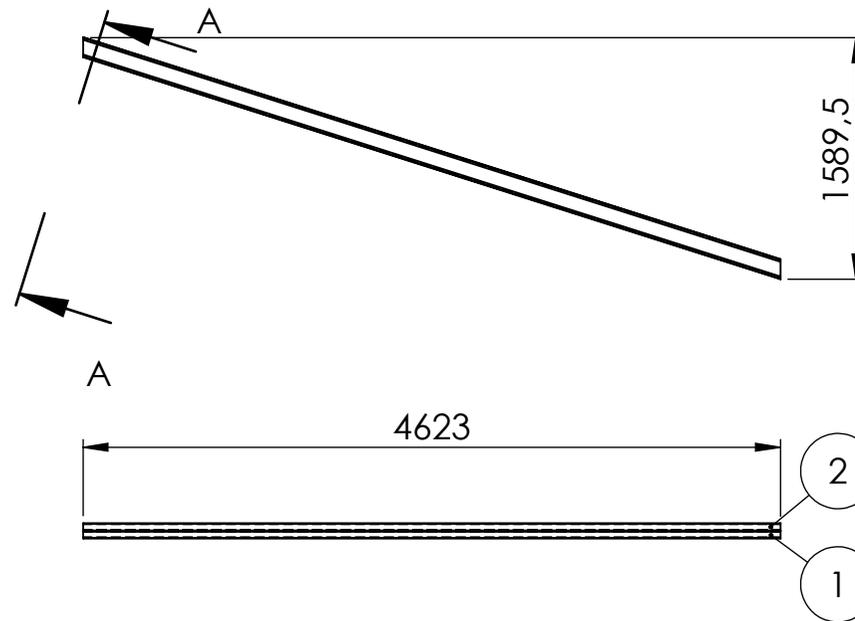


Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.01.02.01	Perfil Pilarete Direito	1
2	01.01.02.02	Perfil Pilarete Esquerdo	1

	<b>01.01.02 - Pilarete</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Seção "A-A" em escala 1:5 e Detalhe "B" em escala 1:2		
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>	1:20
	<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann		<b>DATA</b>	01/08/2020
	<b>SOLDA</b>	ER70S-6		<b>QTD</b>	130
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA					



SEÇÃO A-A  
ESCALA 1 : 5

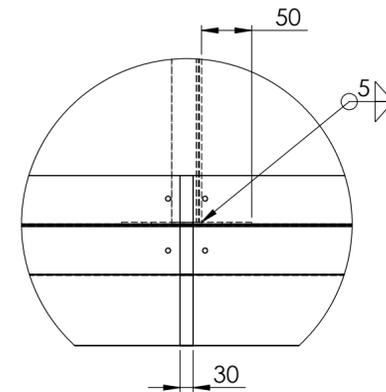
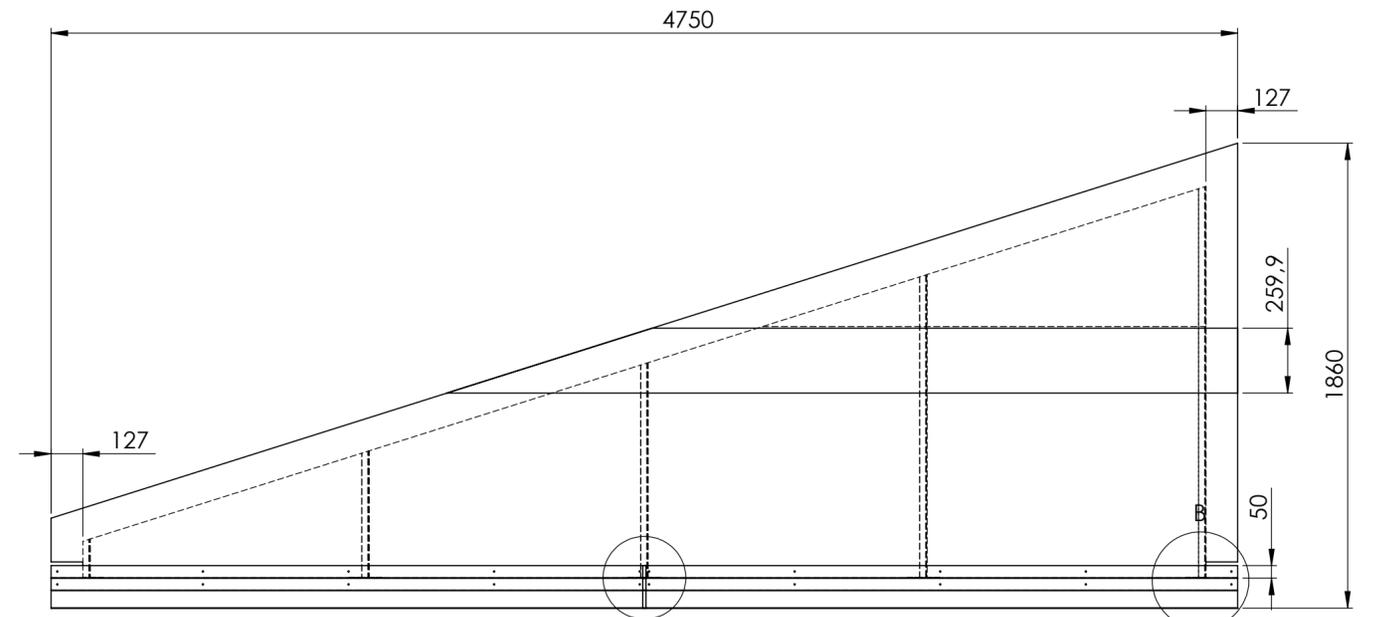
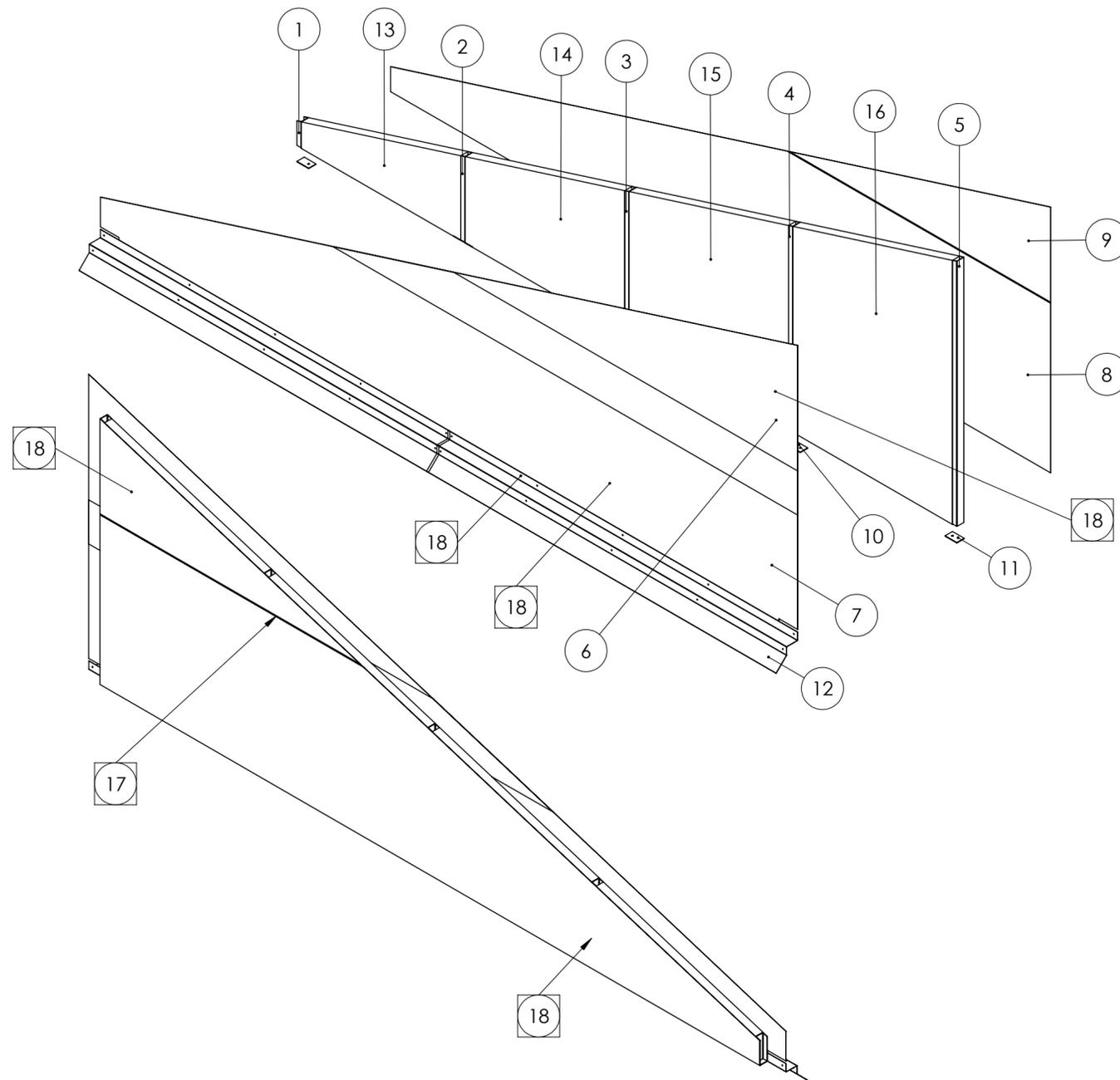


DETALHE B  
ESCALA 1 : 5

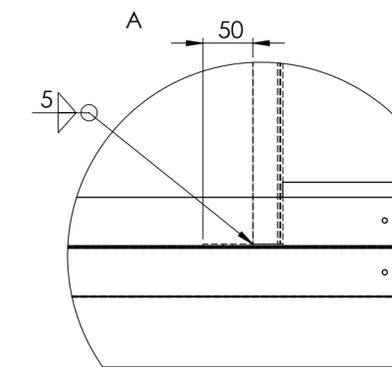


Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.01.03.01	Perfil Viga Trave Direito	1
2	01.01.03.02	Perfil Viga Trave Esquerdo	1

	<b>01.01.03 - Viga Trave</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Seção "A-A" e Detalhe "B" em escala 1:5.	
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>		01/08/2020
<b>SOLDA</b>	ER70S-6	<b>QTD</b>		130
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				



DETALHE A  
ESCALA 1 : 5



DETALHE B  
ESCALA 1 : 5

Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.01.06.01	Perfil Fechamento Extremidade 1	1	-
2	01.01.06.02	Perfil Fechamento Extremidade 2	1	-
3	01.01.06.03	Perfil Fechamento Extremidade 3	1	-
4	01.01.06.04	Perfil Fechamento Extremidade 4	1	-
5	01.01.06.05	Perfil Fechamento Extremidade 5	1	-
6	01.01.06.06	Chapa Fechamento Extremidade 1	1	-
7	01.01.06.07	Chapa Fechamento Extremidade 2	1	-
8	01.01.06.08	Chapa Fechamento Extremidade 3	1	-
9	01.01.06.09	Chapa Fechamento Extremidade 4	1	-
10	01.01.06.10	Chapa Maior Fixacao Perfil Extremidade	3	-
11	01.01.06.11	Chapa Menor Fixacao Perfil Extremidade	2	-
12	01.01.06.12	Rufo Lateral Viga	2	-
13	-	EPS (496,4 mm x 1094 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e "8" e "9".
14	-	EPS (849 mm x 1091,5 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e "8" e "9".
15	-	EPS (1201,6 mm x 1091,5 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e "8" e "9".
16	-	EPS (1554,2 mm x 1094 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e "8" e "9".
17	-	Perfil H Interno 1 mm de 15 mm x 20 mm em PVC Branco (1775,25 mm)	1	Fixado entre os itens "8" e "9"
18	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3 mm (14) X 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	60	Utilizado para fixar os itens "6", "7", "8" e "9" nos itens "1", "2", "3" e "4" (Fixar as extremidades e no centro a cada 250 mm). Além disso, utilizado para fixar o item "12" no item "7". Fixar as extremidades e no centro a cada 250 mm).



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.01.06 - Fechamento Lateral Extremidade

UNIDADE mm ESCALA 1:20

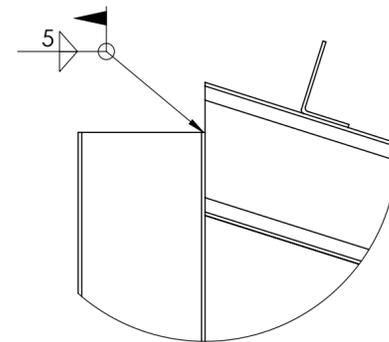
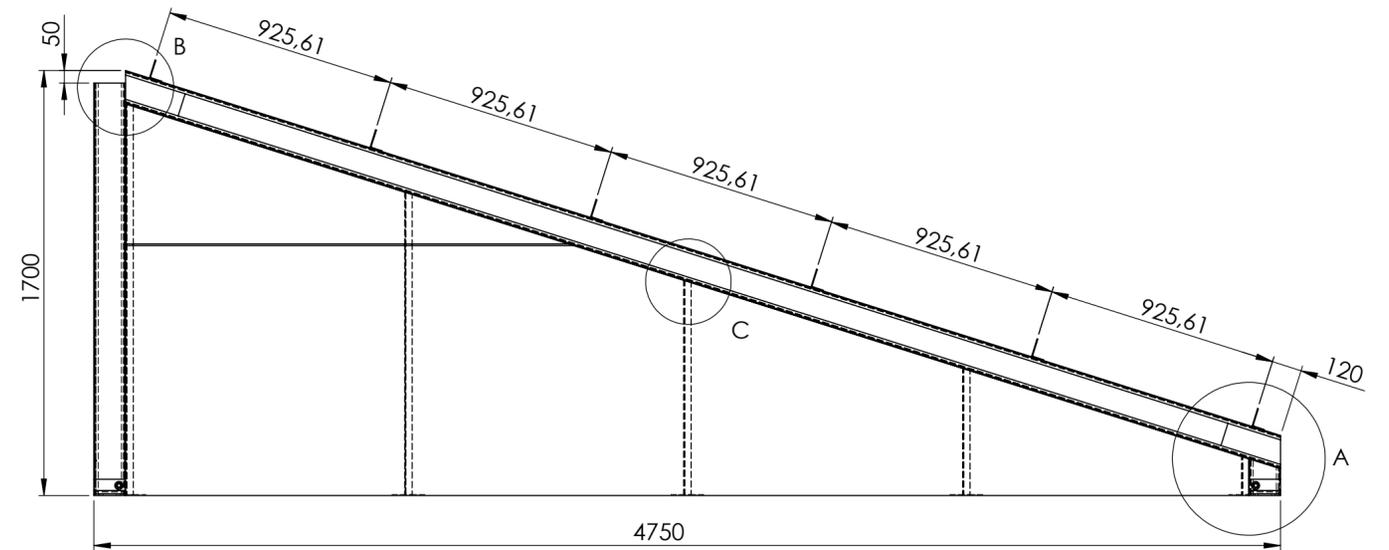
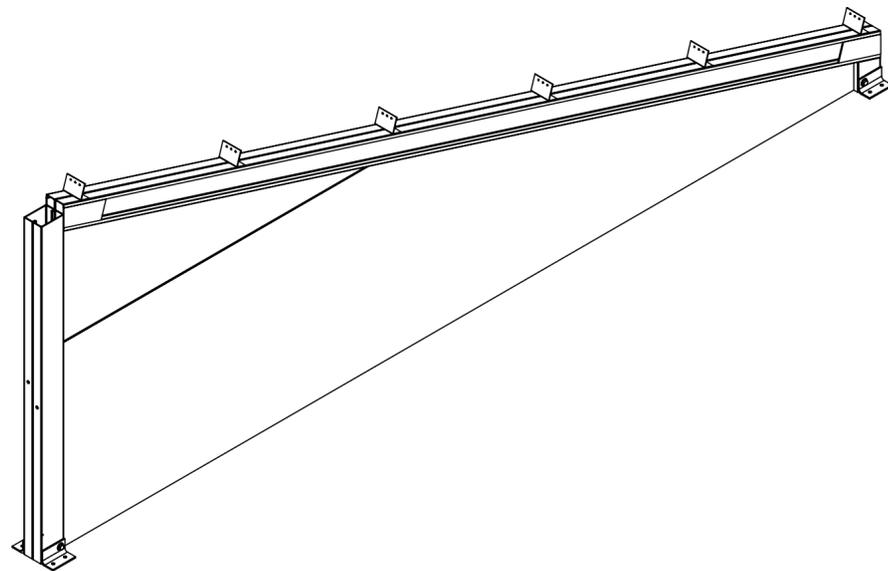
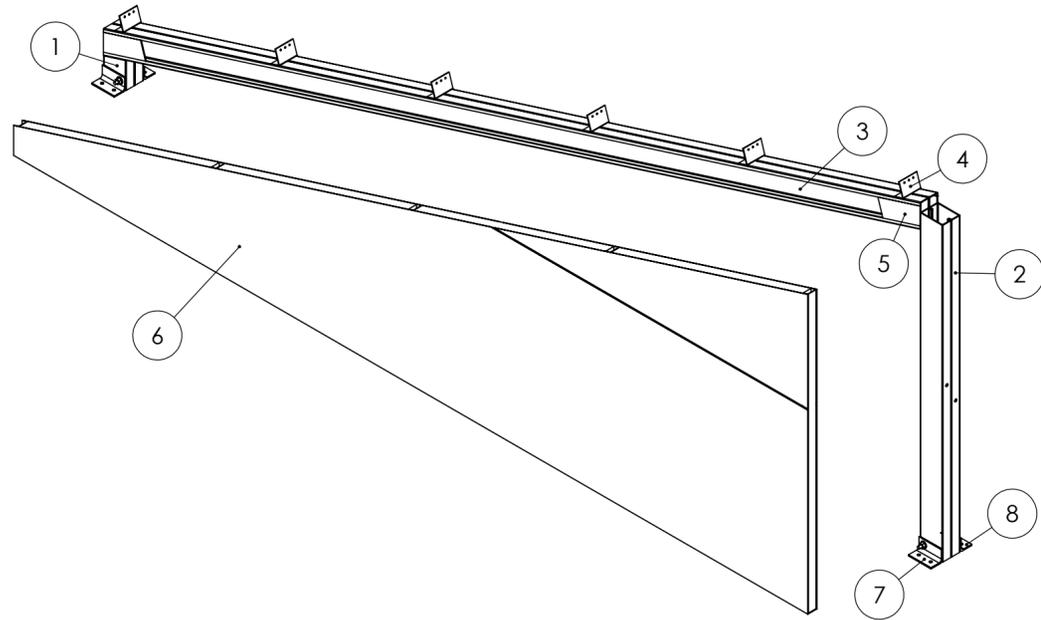
PROJETISTA Felipe Mallmann DATA 01/08/2020

SOLDA ER70S-6 QTD 10

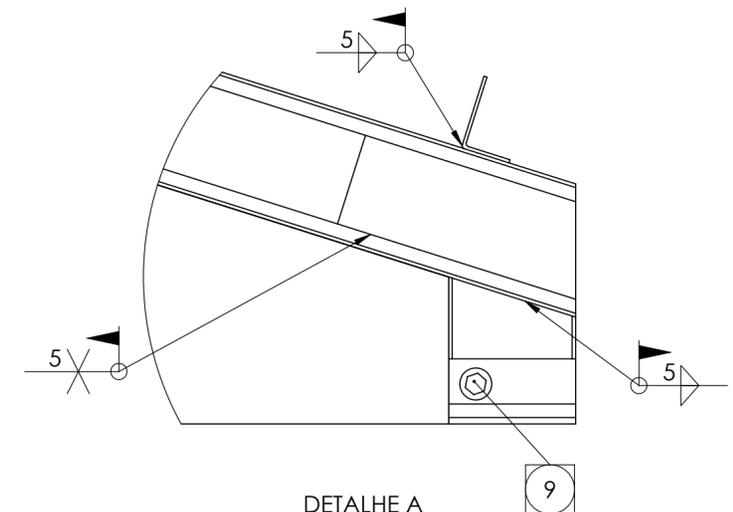
OBSERVAÇÕES:

Detalhe "A" e "B" em escala 1:5.

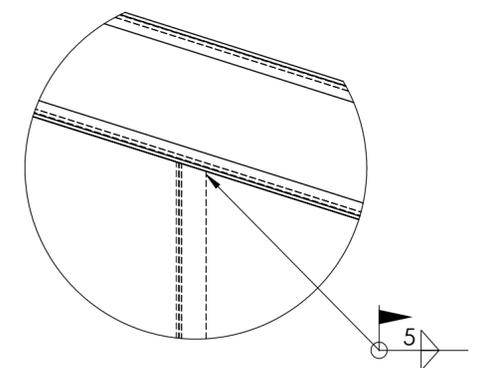
A solda do Detalhe "A" é igualmente aplicada na união dos perfis com as chapas furadas.



DETALHE B  
ESCALA 1 : 5



DETALHE A  
ESCALA 1 : 5



DETALHE C  
ESCALA 1 : 5

Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.01.01	Apoio Inclinado	1	-
2	01.01.02	Pilarete	1	-
3	01.01.03	Viga Trave	1	-
4	01.01.04	Chapa Dobrada Suporte Terças	6	-
5	01.01.05	Chapa Reforço Viga Trave	4	-
6	01.02.01	Fechamento Central	1	-
7	01.01.07	Chapa Dobrada Suporte Pilarete Esquerdo	2	-
8	01.01.08	Chapa Dobrada Suporte Pilarete Direito	2	-
9	-	Parafuso Sextavado 1/2" UNC x 150 mm	2	Utilizado para fixar 01.01.07 e 01.01.08 em 01.01.01 e 01.01.02
10	-	Porca UNC 1/2" UNC	2	Utilizado com o parafuso (item "9")
11	-	Arruela Lisa 1/2"	4	Utilizado com o parafuso (item "9") em ambos os lados



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

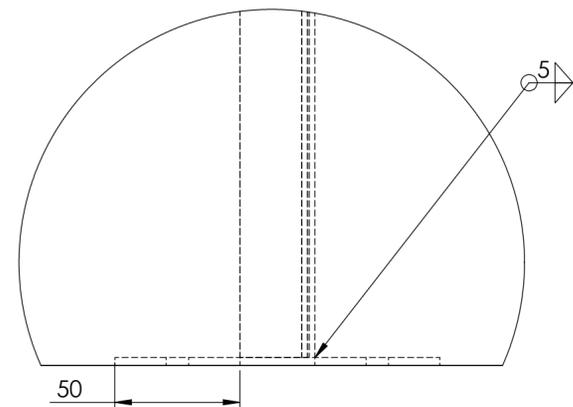
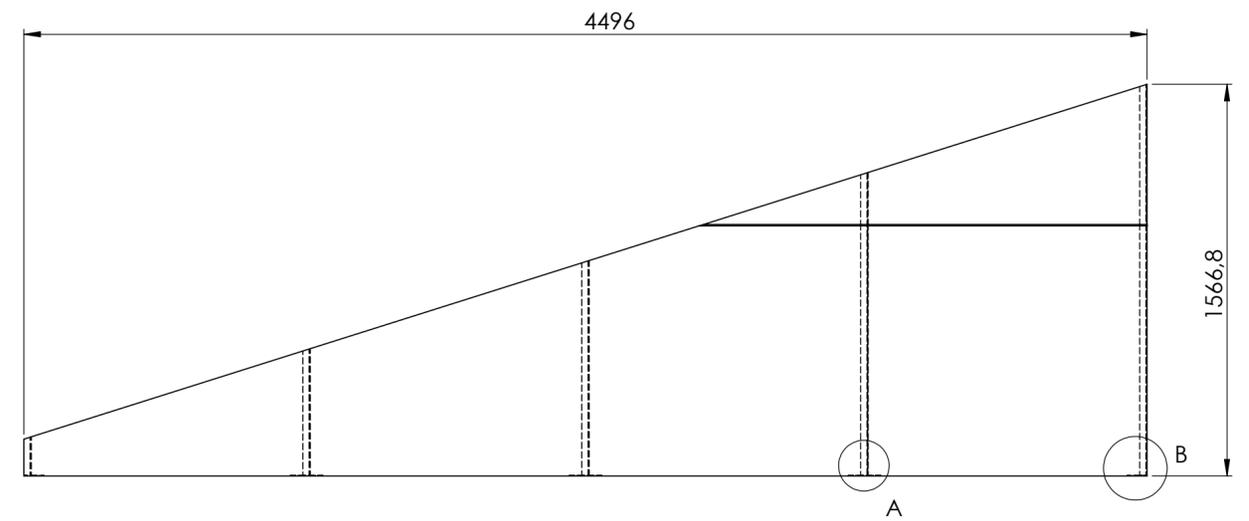
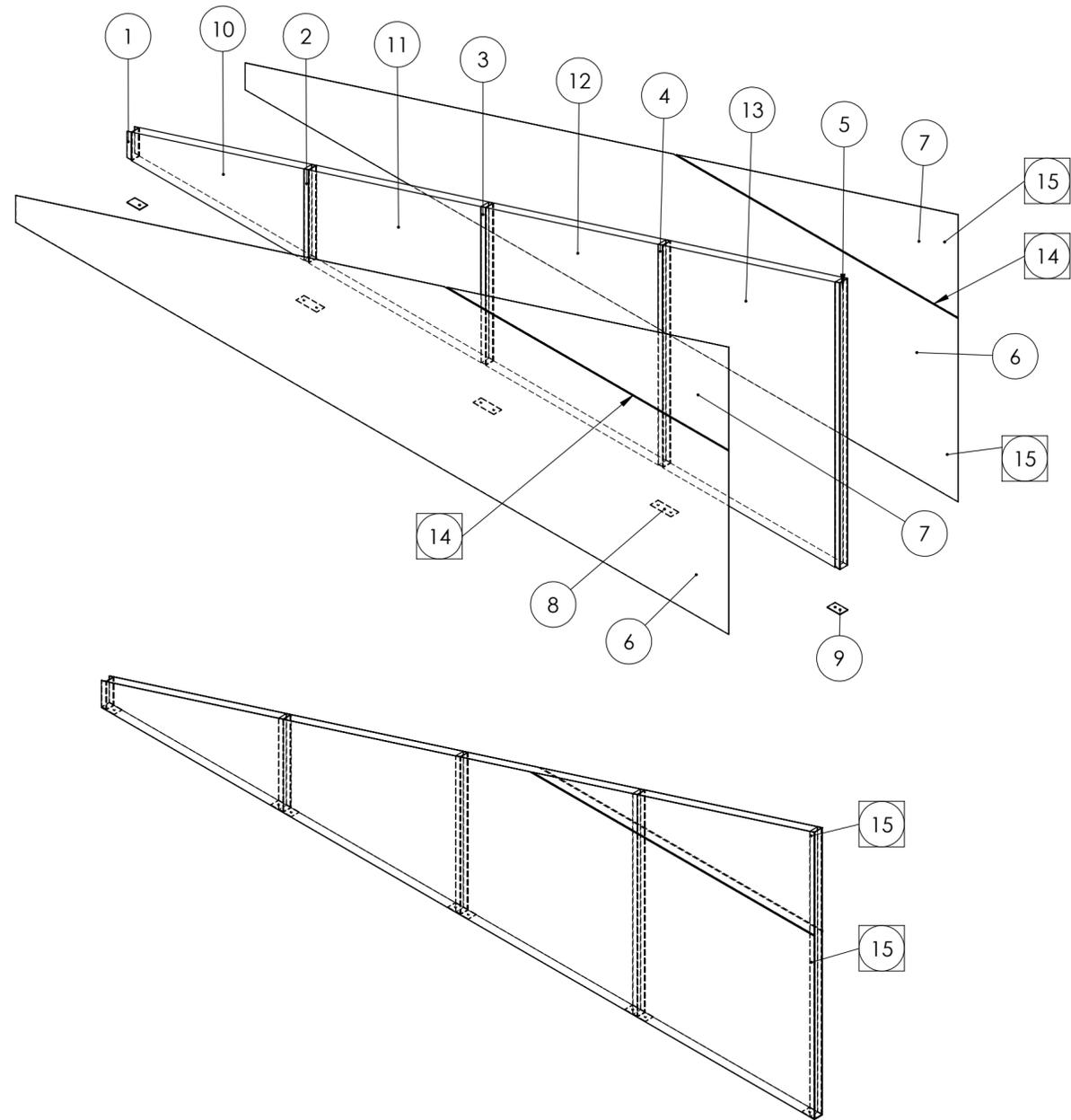
01.02 - Pórtico Central Vigas

UNIDADE	mm	ESCALA	1:20
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	01/08/2020
SOLDA	ER70S-6	QTD	20

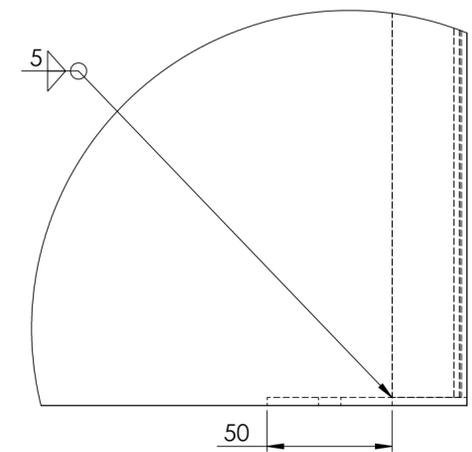
OBSERVAÇÕES:

Detalhe "A", "B" e "C" em escala 1:5.

O item 01.01.03 deverá ser soldado e cortado no local, pois pode sofrer alteração no comprimento devido os diferentes vãos entre as sapatas (pode variar +/- 36mm).



DETALHE A  
ESCALA 1 : 2



DETALHE B  
ESCALA 1 : 2

Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.01.06.01	Perfil Fechamento Extremidade 1	1	-
2	01.01.06.02	Perfil Fechamento Extremidade 2	1	-
3	01.01.06.03	Perfil Fechamento Extremidade 3	1	-
4	01.01.06.04	Perfil Fechamento Extremidade 4	1	-
5	01.01.06.05	Perfil Fechamento Extremidade 5	1	-
6	01.01.06.08	Chapa Fechamento Extremidade 3	2	-
7	01.01.06.09	Chapa Fechamento Extremidade 4	2	-
8	01.01.06.10	Chapa Maior Fixacao Perfil Extremidade	3	-
9	01.01.06.11	Chapa Menor Fixacao Perfil Extremidade	2	-
10	-	EPS (496,4 mm x 1094 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e "6" e "7".
11	-	EPS (849 mm x 1091,5 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e "6" e "7".
12	-	EPS (1201,6 mm x 1091,5 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e "6" e "7".
13	-	EPS (1554,2 mm x 1094 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e "6" e "7".
14	-	Perfil H Interno 1 mm de 15 mm x 20 mm em PVC Branco (1775,25 mm)	2	Fixado entre a chapa "6" e "7"
15	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3 mm (14) X 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	50	Utilizado para fixar os itens "6" e "7" nos itens "1", "2", "3" e "4" (Fixar as extremidades e no centro a cada 250 mm).



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

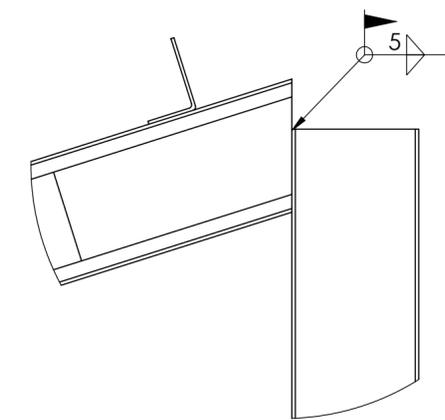
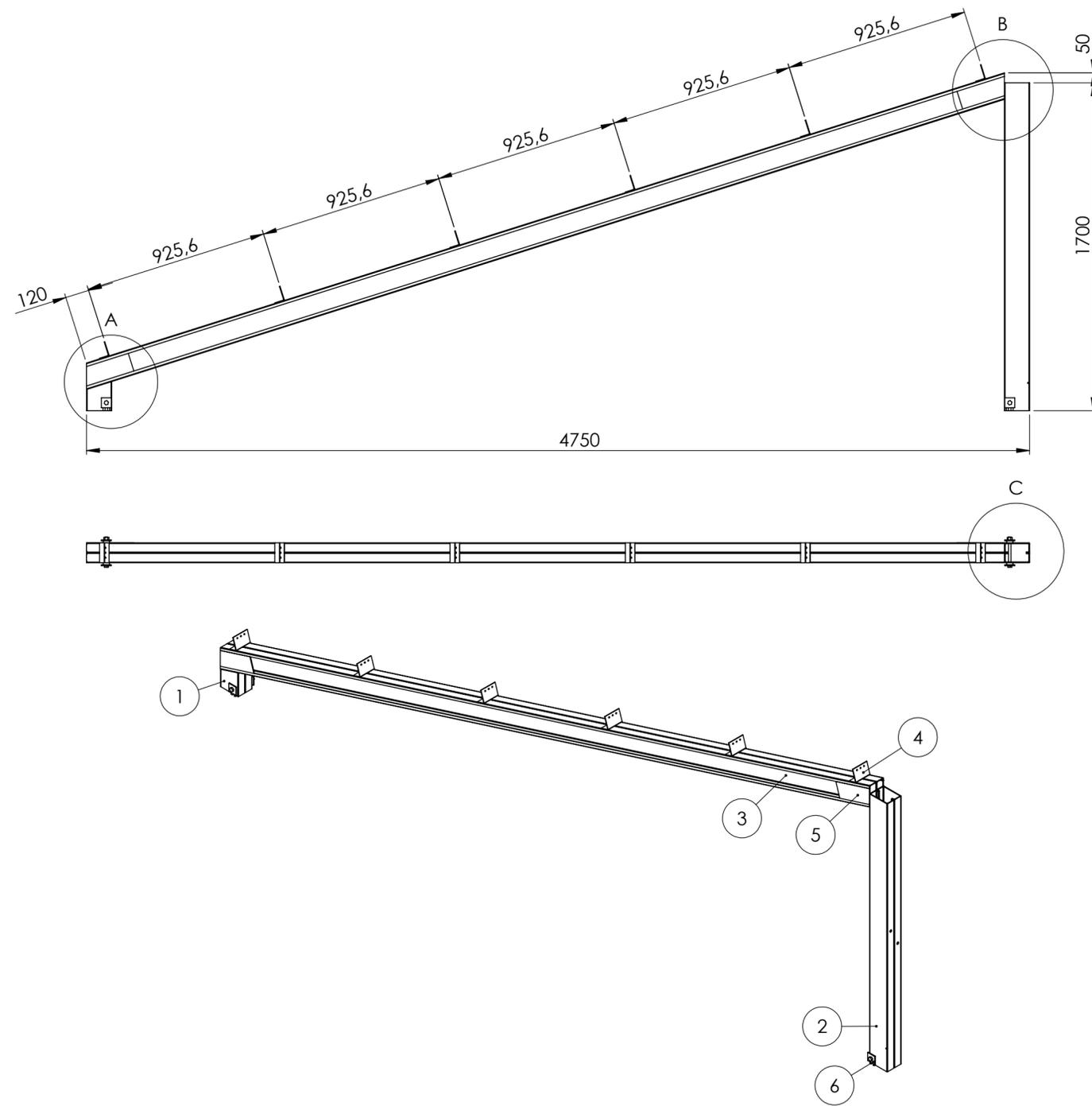
01.02.01 - Fechamento Central

UNIDADE	mm	ESCALA	1:20
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	03/08/2020
SOLDA	ER70S-6	QTD	20

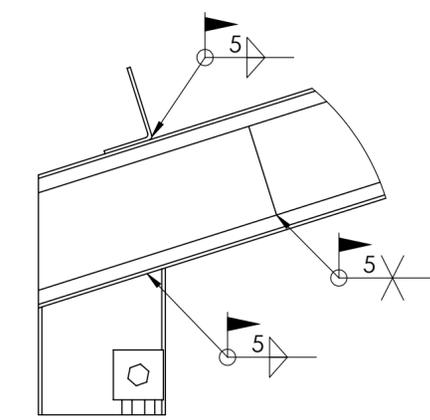
OBSERVAÇÕES:

Detalhe "A" e "B" em escala 1:2.

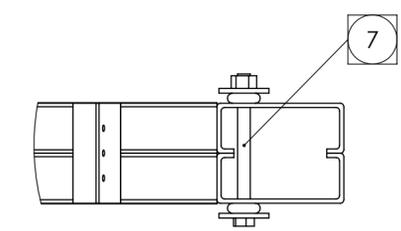
A solda do Detalhe "A" é igualmente aplicada na união dos perfis com as chapas furadas.



DETALHE B  
ESCALA 1 : 5



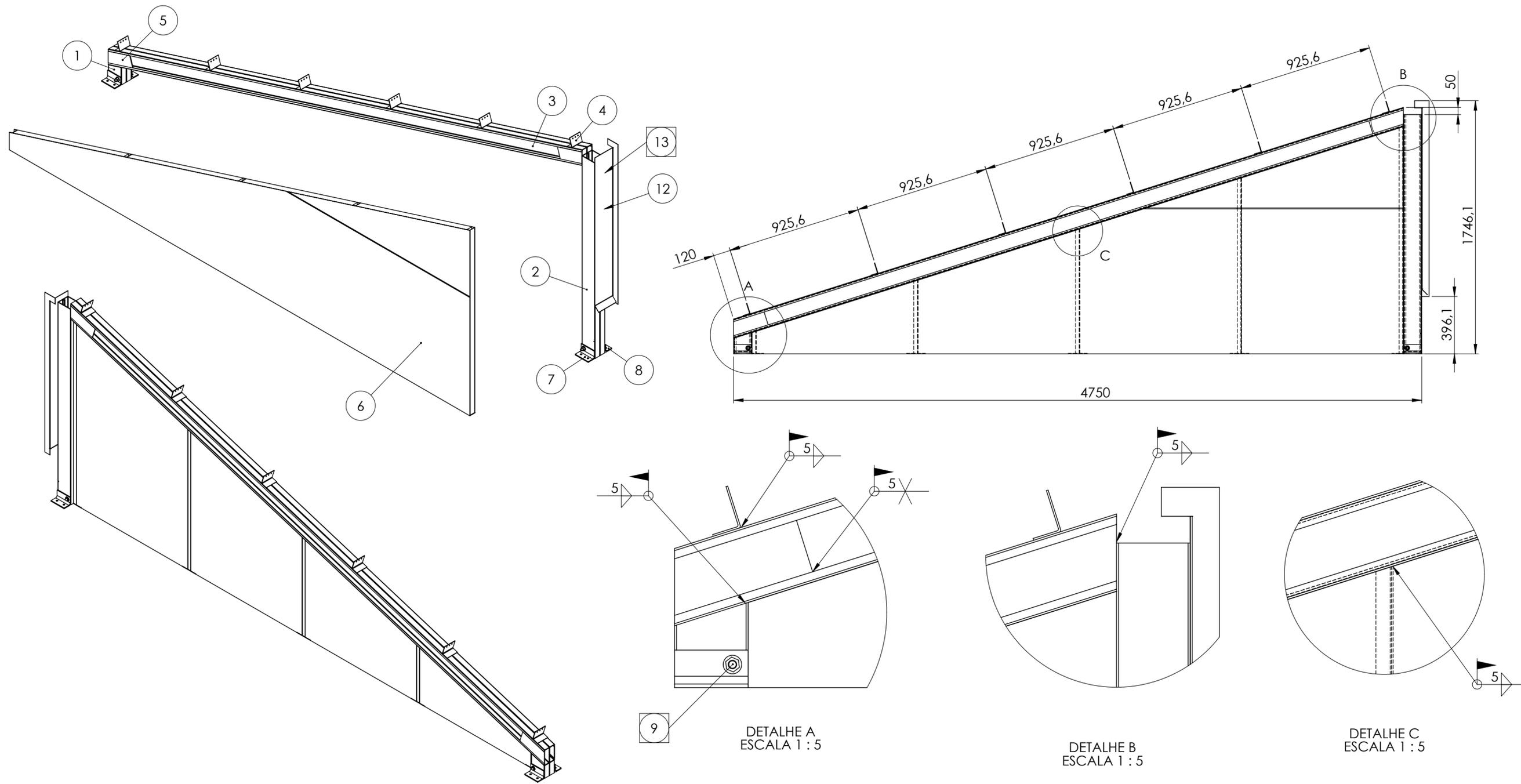
DETALHE A  
ESCALA 1 : 5



DETALHE C  
ESCALA 1 : 5

Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.01.01	Apoio Inclinado	1	-
2	01.01.02	Pilarete	1	-
3	01.01.03	Viga Trave	1	-
4	01.01.04	Chapa Dobrada Suporte Terças	6	-
5	01.01.05	Chapa Reforço Viga Trave	4	-
6	01.03.01	Chapa Arruela Chumbadores	2	-
7	-	Paraf. Sextav. Aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" x 6" - UNC	2	Utilizado para fixar o item "6" (Chumbador) nos itens "1" e "2".
8	-	Porca. Sextav. Aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" - UNC	2	Utilizado com o parafuso do Item "7".

	<b>01.03 - Pórtico Comum</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Detalhe "A", "B" e "C" em escala 1:5.  O item "3" deverá ser soldado e cortado no local, pois pode sofrer alteração no comprimento devido os diferentes vãos entre as sapatas (pode variar +/- 36mm).		
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>	1:20
	<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann		<b>DATA</b>	02/08/2020
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>SOLDA</b>	ER70S-6	<b>QTD</b>	90	



Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.01.01	Apoio Inclinado	1	-
2	01.01.02	Pilarete	1	-
3	01.01.03	Viga Trave	1	-
4	01.01.04	Chapa Dobrada Suporte Terças	6	-
5	01.01.05	Chapa Reforço Viga Trave	4	-
6	01.04.02	Fechamento Parede	1	-
7	01.01.07	Chapa Dobrada Suporte Pilarete Esquerdo	2	-
8	01.01.08	Chapa Dobrada Suporte Pilarete Direito	2	-
9	-	Paraf. Sextav. Aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" x 6" - UNC	2	Utilizado para fixar os itens "7" e "8" nos itens "1" e "2".
10	-	Porca. Sextav. Aço 8.8 (GRAU 5) 1/2" - UNC	2	Utilizado com o parafuso do item "9".
11	-	Arruela Lisa 1/2"	4	Utilizado com o parafuso do item "9" em ambos os lados
12	01.04.01	Chapa Fechamento Pilarete Parede	1	Sua fixação pode variar conforme o vão entre pilarete e parede.
13	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3 mm (14) X 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	25	Utilizado para fixar o item "12" no item "2" (Fixar as extremidades e no centro a cada 250 mm).



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.04 - Pórtico Parede

UNIDADE mm ESCALA 1:20

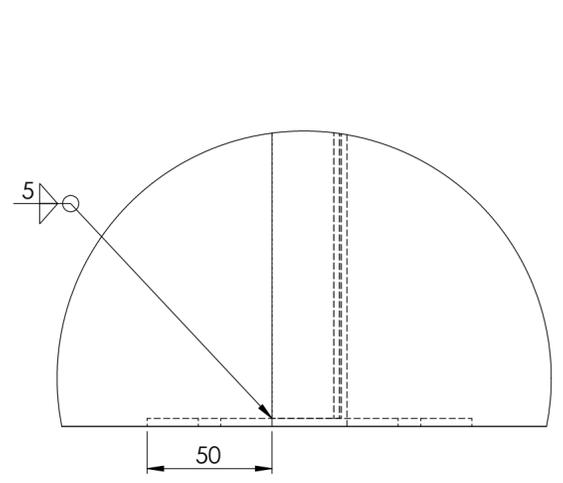
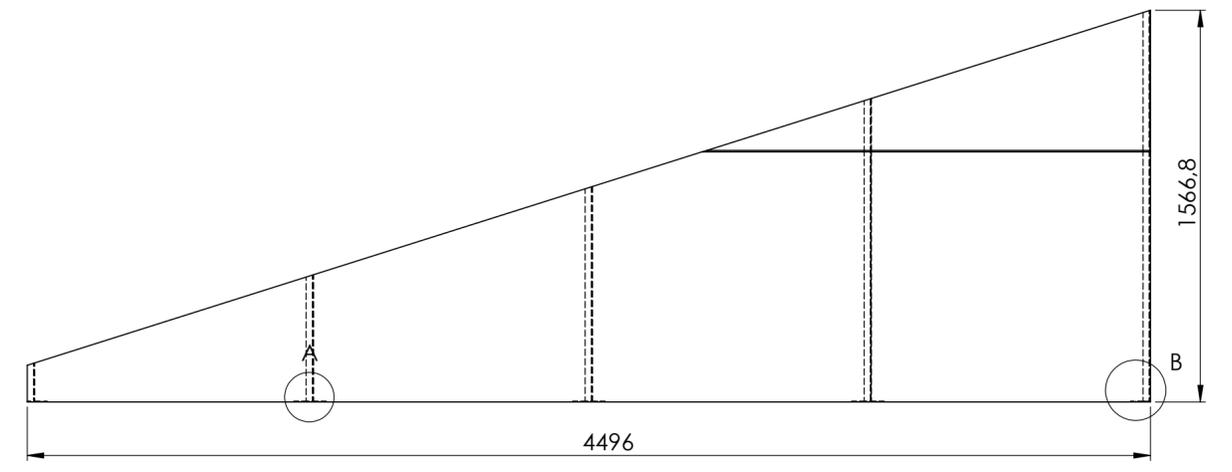
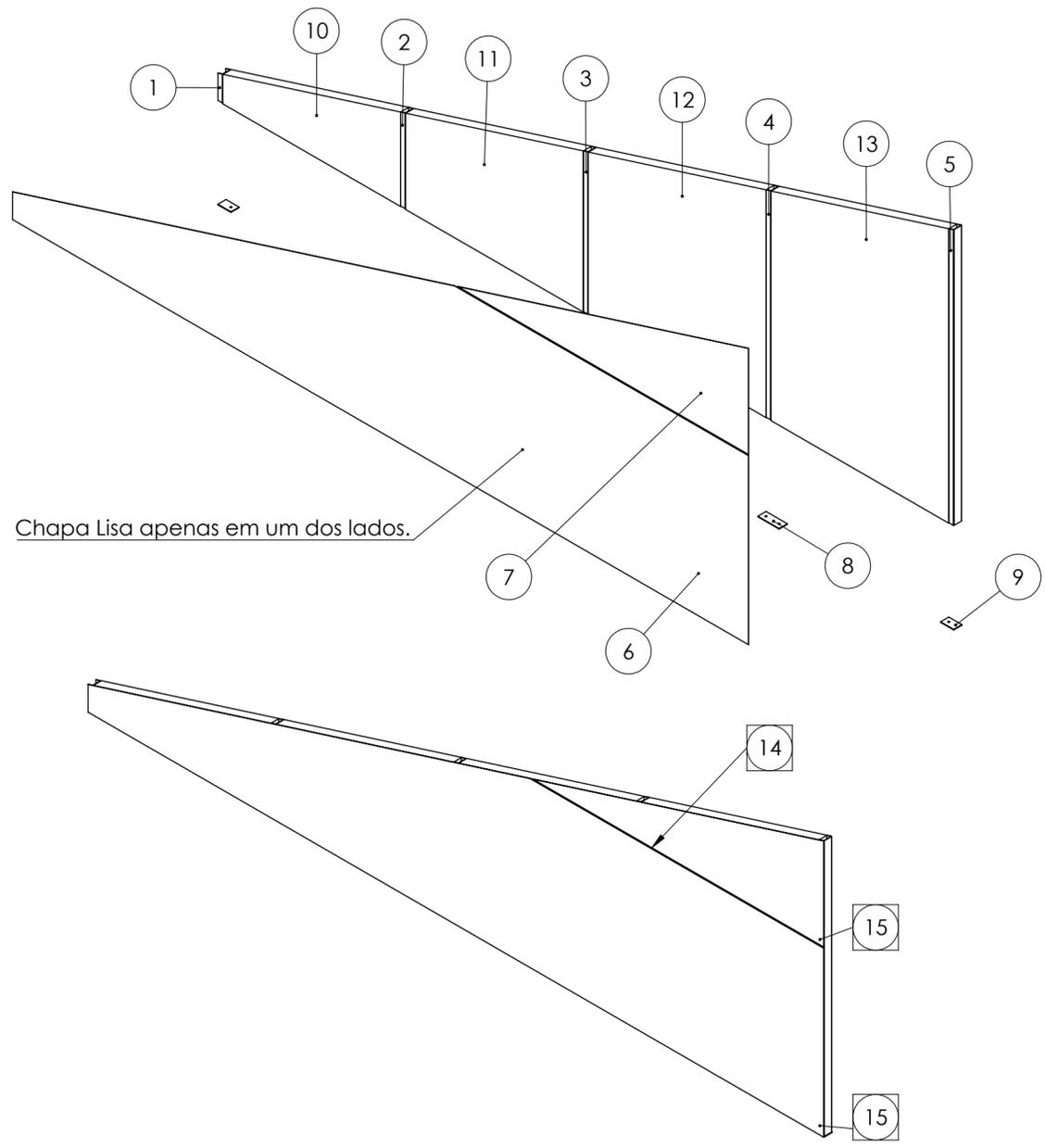
PROJETISTA Felipe Mallmann DATA 01/08/2020

SOLDA ER70S-6 QTD 10

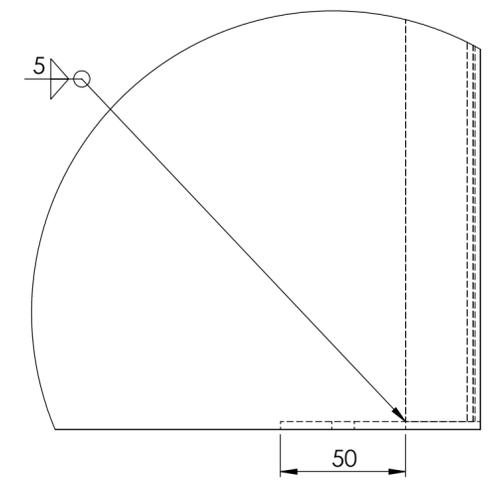
OBSERVAÇÕES:

Detalhe "A", "B" e "C" em escala 1:5.

O item 01.01.03 deverá ser soldado e cortado no local, pois pode sofrer alteração no comprimento devido os diferentes vãos entre as sapatas (pode variar +/- 36mm).



DETALHE A  
ESCALA 1 : 2



DETALHE B  
ESCALA 1 : 2

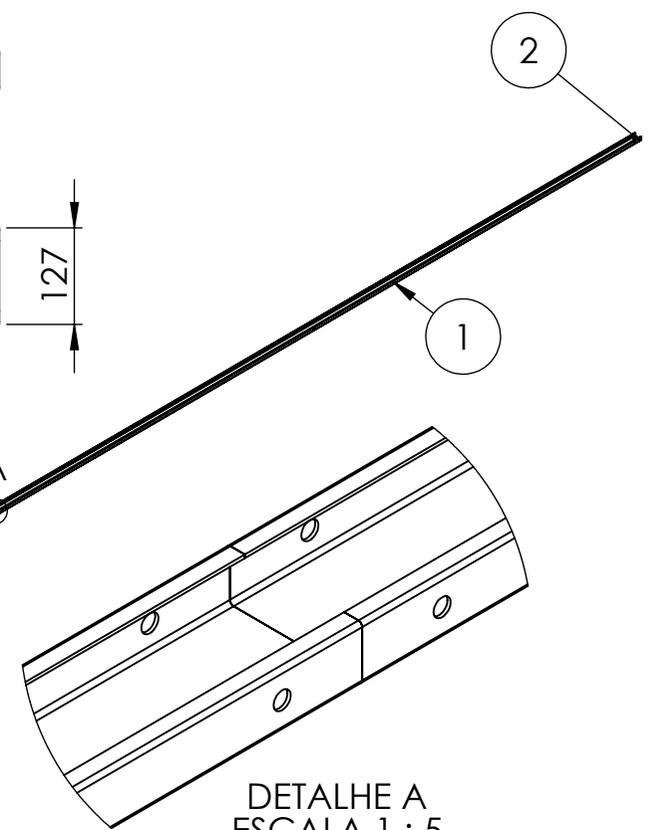
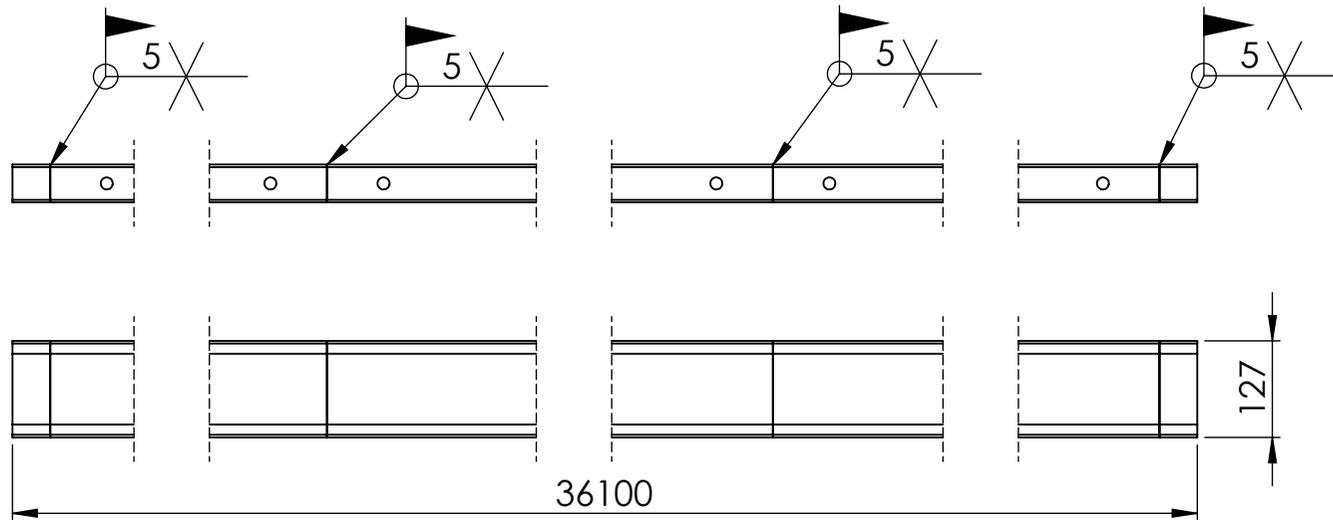
Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.01.06.01	Perfil Fechamento Extremidade 1	1	-
2	01.01.06.02	Perfil Fechamento Extremidade 2	1	-
3	01.01.06.03	Perfil Fechamento Extremidade 3	1	-
4	01.01.06.04	Perfil Fechamento Extremidade 4	1	-
5	01.01.06.05	Perfil Fechamento Extremidade 5	1	-
6	01.01.06.08	Chapa Fechamento Extremidade 3	1	-
7	01.01.06.09	Chapa Fechamento Extremidade 4	1	-
8	01.01.06.10	Chapa Maior Fixacao Perfil Extremidade	3	-
9	01.01.06.11	Chapa Menor Fixacao Perfil Extremidade	2	-
10	-	EPS (496,4 mm x 1094 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e a parede na montagem no local.
11	-	EPS (849 mm x 1091,5 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e a parede na montagem no local.
12	-	EPS (1201,6 mm x 1091,5 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e a parede na montagem no local.
13	-	EPS (1554,2 mm x 1094 mm x 50 mm)	1	Posicionado entre os itens "6" e "7", e a parede na montagem no local.
14	-	Perfil H Interno 1 mm de 15 mm x 20 mm em PVC Branco (1775,25 mm)	1	Fixado entre os itens "6" e "7"
15	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3 mm (14) X 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	50	Utilizado para fixar os itens "6" e "7" nos itens "1", "2", "3" e "4" (Fixar as extremidades e no centro a cada 250 mm).



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.04.02 - Fechamento Parede		
UNIDADE	mm	ESCALA 1:20
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA 03/08/2020
SOLDA	ER70S-6	QTD 10

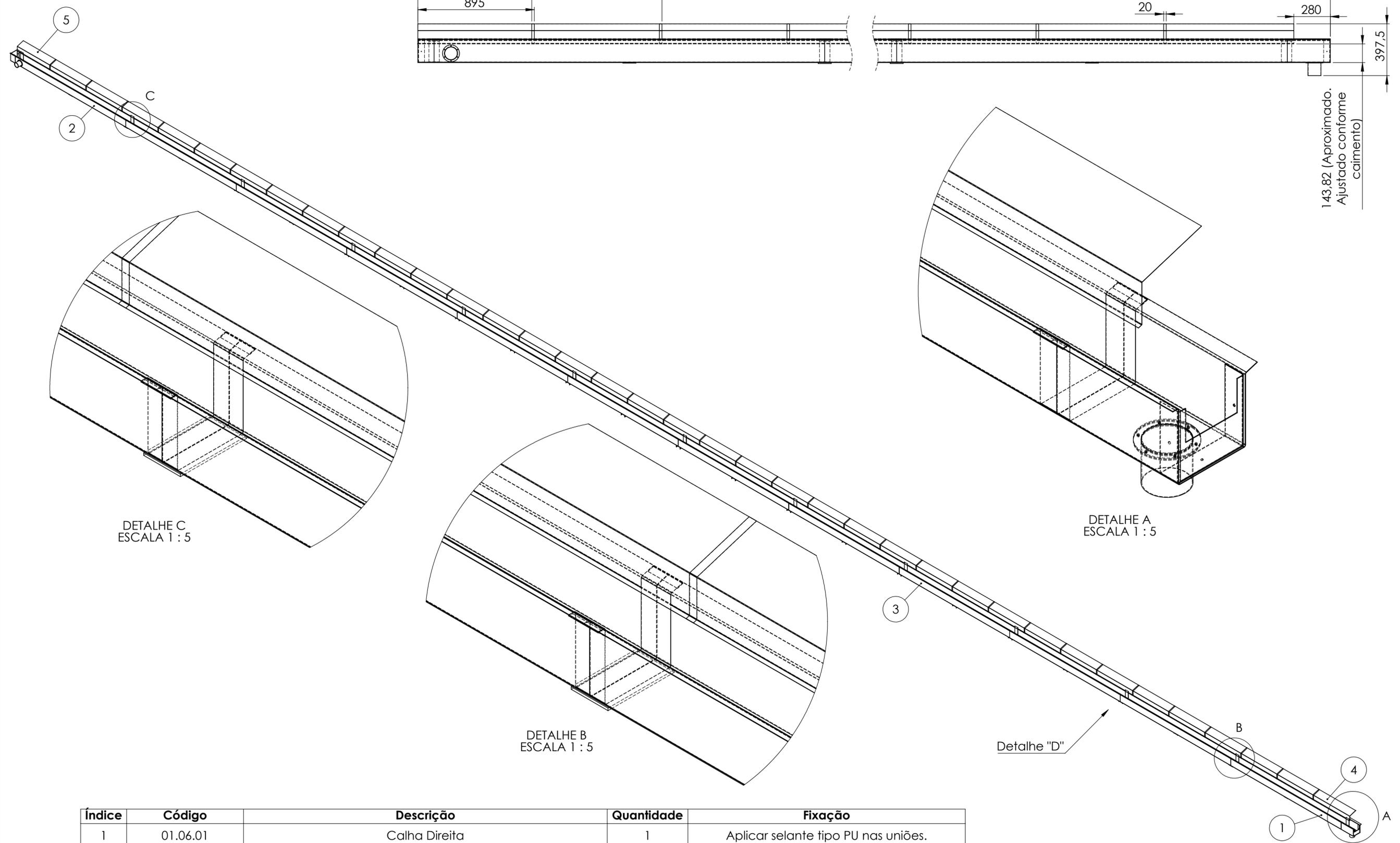
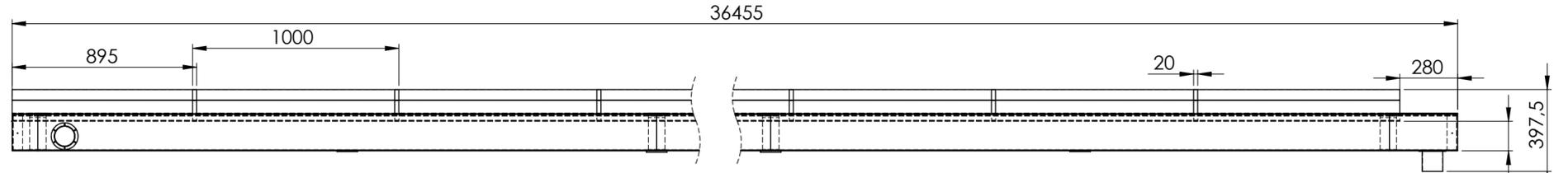
**OBSERVAÇÕES:**  
 Detalhe "A" e "B" em escala 1:2.  
 A solda do Detalhe "A" é igualmente aplicada na união dos perfis com as chapas furadas.



DETALHE A  
ESCALA 1 : 5

Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.05.01	Perfil Viga Frontal Superior	3
2	01.05.02	Perfil Viga Frontal Superior Menor	2

	<b>01.05 - Viga Superior Frontal</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Detalhe "A" em escala 1:5.		
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>	1:10
	<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann		<b>DATA</b>	02/08/2020
	<b>SOLDA</b>	ER70S-6		<b>QTD</b>	10
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA					



DETALHE C  
ESCALA 1 : 5

DETALHE A  
ESCALA 1 : 5

DETALHE B  
ESCALA 1 : 5

Detalhe "D"

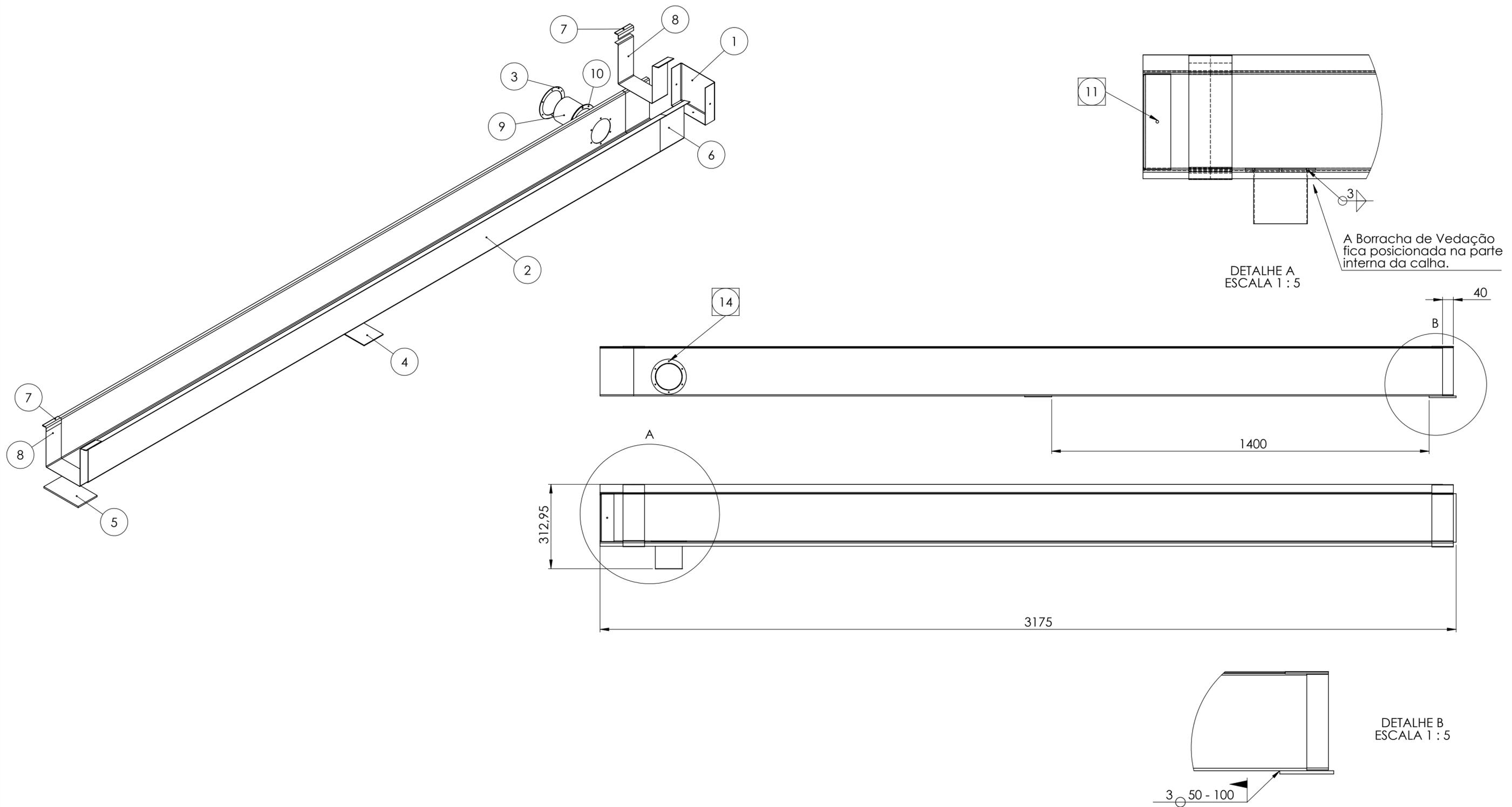
Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.06.01	Calha Direita	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
2	01.06.02	Calha Esquerda	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
3	01.06.03	Calha Central	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
4	01.06.04	Rufo Pingadeira Calha	36	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
5	01.06.05	Rufo Pingadeira Calha Menor	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.06 - Calha		
UNIDADE	mm	ESCALA 1:20
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA 07/08/2020
QUANTIDADE	10	

**OBSERVAÇÕES:**  
A fixação do rufo da calha será ajustada na montagem conforme o caimento da calha. Deve ser fixada entre as telhas e as terças.  
Detalhe "A", "B" e "C" em escala 1:5. Detalhe "D" em escala 1:50.



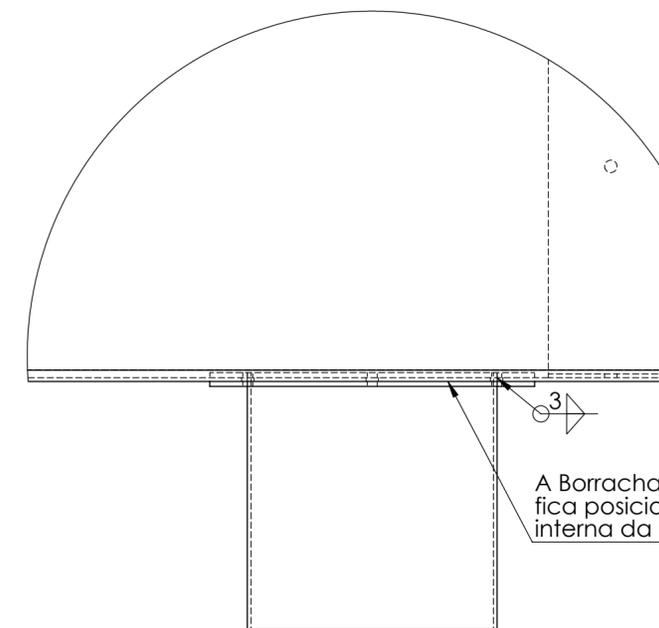
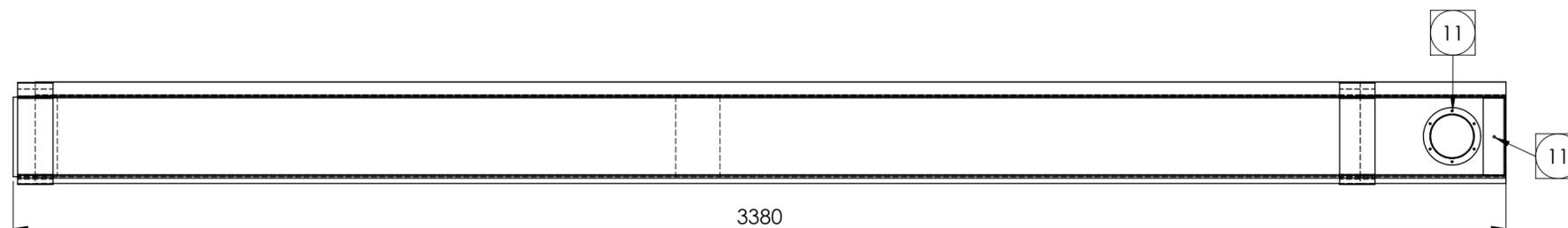
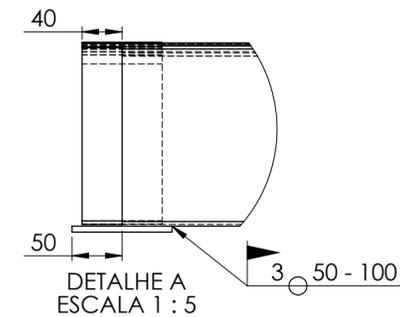
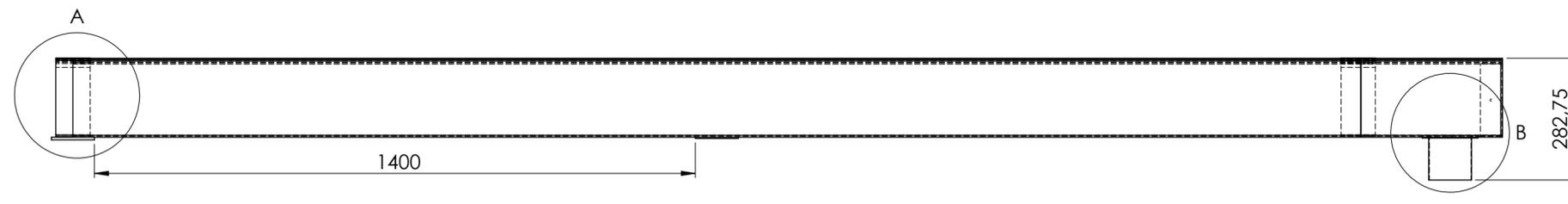
Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.06.01.01	Chapa Tampa Calha Direita	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
2	01.06.01.02	Chapa Calha Direita	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
3	01.06.01.04	Borracha Vedação Calha	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
4	01.06.01.05	Chapa Suporte Calha 3	1	-
5	01.06.01.06	Chapa Suporte Calha 6	1	-
6	01.06.01.07	Chapa Calha Menor Direita	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
7	01.06.01.08	Clip Juncao	2	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
8	01.06.03.02	Chapa Junção Calha	2	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
9	01.06.01.03	Tubo Calha	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
10	01.06.01.09	Chapa Vedação Calha	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
11	-	Paraf. Sextav. 3/16" x 1/2" - Zinado Branco	9	Utilizado para fixar os itens "1", "10" e "3" no item "2".
12	-	Porca Sextav. 3/16" - Zinado Branco	9	Utilizado com o parafuso do Item "11"
13	-	Arruela Lisa 3/16" - Zinado Branco	18	Utilizado com o parafuso do Item "11"
14	-	Arruela de Vedação 3/16" - Elastômero	9	Utilizado com o parafuso do Item "11"



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

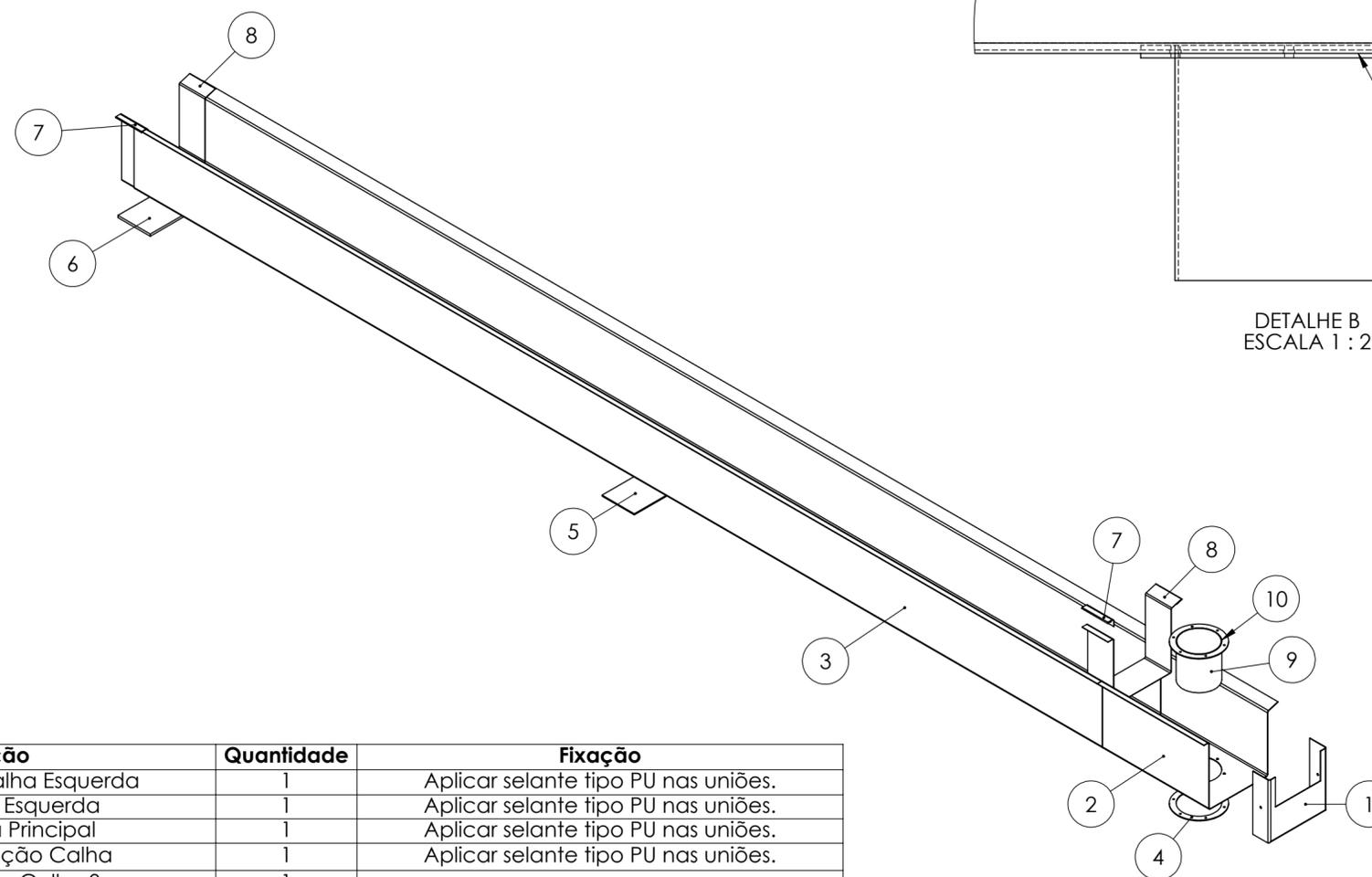
01.06.01 - Calha Direita		
UNIDADE	mm	ESCALA 1:10
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA 02/08/2020
SOLDA	ER70S-6	QTD 10

**OBSERVAÇÕES:**  
 Detalhe "A" e "B" em escala 1:5  
 A especificação de solda do Detalhe "B" se aplica a todos apoios da calha.  
 No Detalhe "A" a especificação de solda corresponde a união dos itens "9" e "10".



A Borracha de Vedação  
fica posicionada na parte  
interna da calha.

DETALHE B  
ESCALA 1 : 2



Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.06.02.01	Chapa Tampa Calha Esquerda	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
2	01.06.02.02	Chapa Calha Esquerda	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
3	01.06.03.01	Chapa Calha Principal	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
4	01.06.01.04	Borracha Vedação Calha	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
5	01.06.01.05	Chapa Suporte Calha 3	1	-
6	01.06.01.06	Chapa Suporte Calha 6	1	-
7	01.06.01.08	Clip Juncao	2	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
8	01.06.03.02	Chapa Junção Calha	2	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
9	01.06.01.03	Tubo Calha	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
10	01.06.01.09	Chapa Vedação Calha	1	Aplicar selante tipo PU nas uniões.
11	-	Paraf. sextav. 3/16" x 1/2" - zincado branco	9	Utilizado para fixar os itens "1", "10" e "4" no item "2".
12	-	Porca. sextav. 3/16" - zincado branco	9	Utilizado com o parafuso (Item "11").
13	-	Arruela lisa 3/16" - zincado branco	18	Utilizado com o parafuso (Item "11").
14	-	Arruela de vedação 3/16" - elastômero	18	Utilizado com o parafuso (Item "11").



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.06.02 - Calha Esquerda

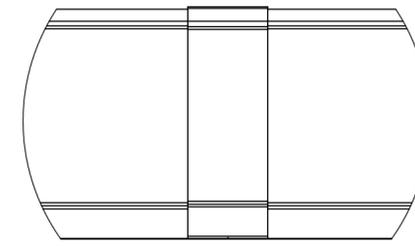
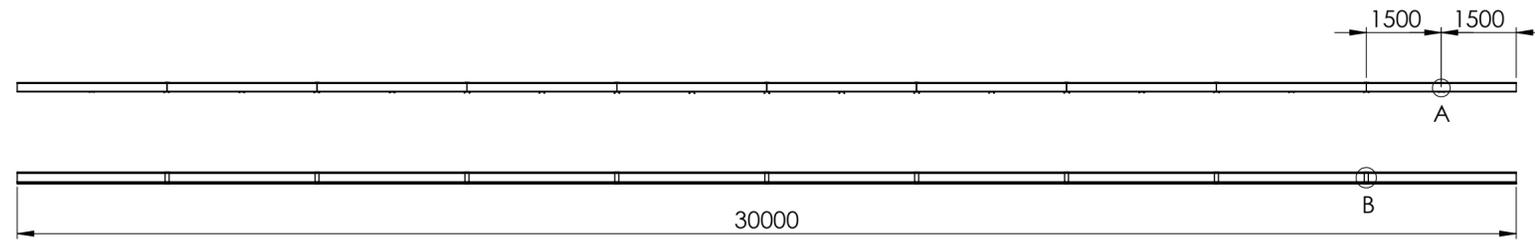
UNIDADE	mm	ESCALA	1:10
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	06/08/2020
SOLDA	ER70S-6	QTD	10

OBSERVAÇÕES:

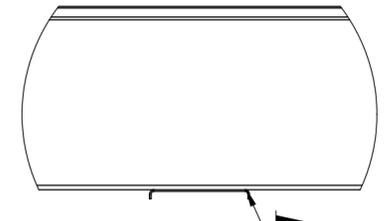
Detalhe "A" em escala 1:5 e Detalhe "B" em escala 1:2.

A especificação de solda do Detalhe "A" se aplica a todos apoios da calha.

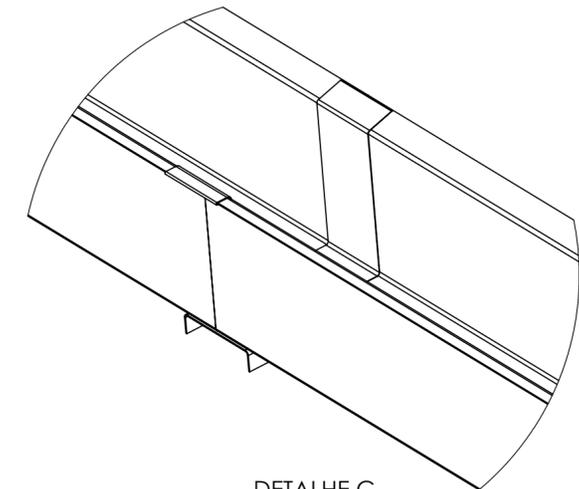
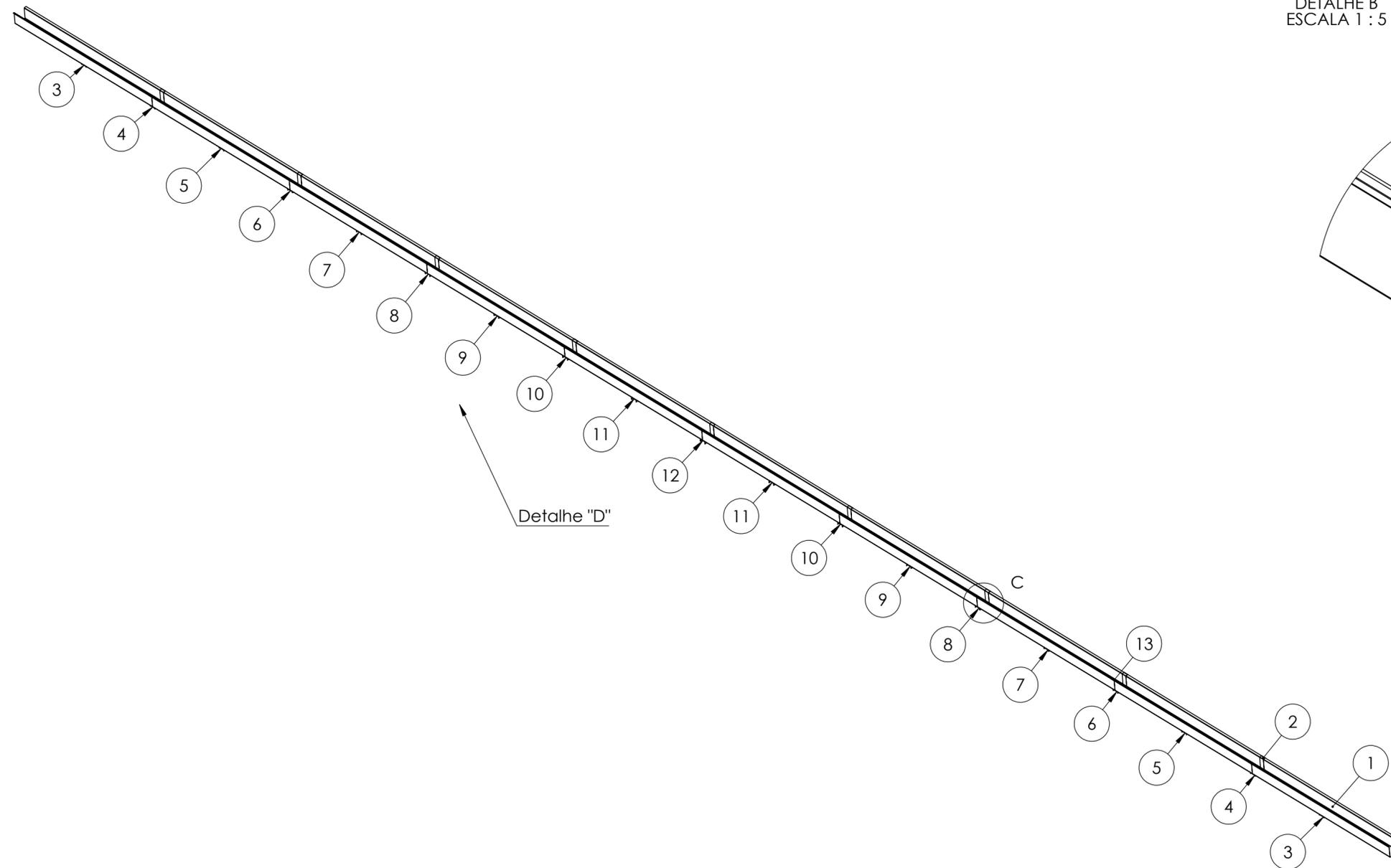
No Detalhe "B" a especificação de solda corresponde a união dos itens "10" e "9".



DETALHE B  
ESCALA 1 : 5



DETALHE A  
ESCALA 1 : 5



DETALHE C  
ESCALA 1 : 5

Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.06.03.01	Chapa Calha Principal	10	-
2	01.06.03.02	Chapa Junção Calha	9	Fixado com Selante de Calhas do tipo PU
3	01.06.03.03	Chapa Suporte Calha 9	2	-
4	01.06.03.04	Chapa Suporte Calha 12	2	-
5	01.06.03.05	Chapa Suporte Calha 15	2	-
6	01.06.03.06	Chapa Suporte Calha 18	2	-
7	01.06.03.07	Chapa Suporte Calha 21	2	-
8	01.06.03.08	Chapa Suporte Calha 24	2	-
9	01.06.03.09	Chapa Suporte Calha 27	2	-
10	01.06.03.10	Chapa Suporte Calha 30	2	-
11	01.06.03.11	Chapa Suporte Calha 33	2	-
12	01.06.03.12	Chapa Suporte Calha 36	1	-
13	01.06.01.08	Clip Junção	9	Fixado com Selante de Calhas do tipo PU



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.06.03 - Calha Central

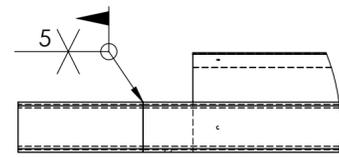
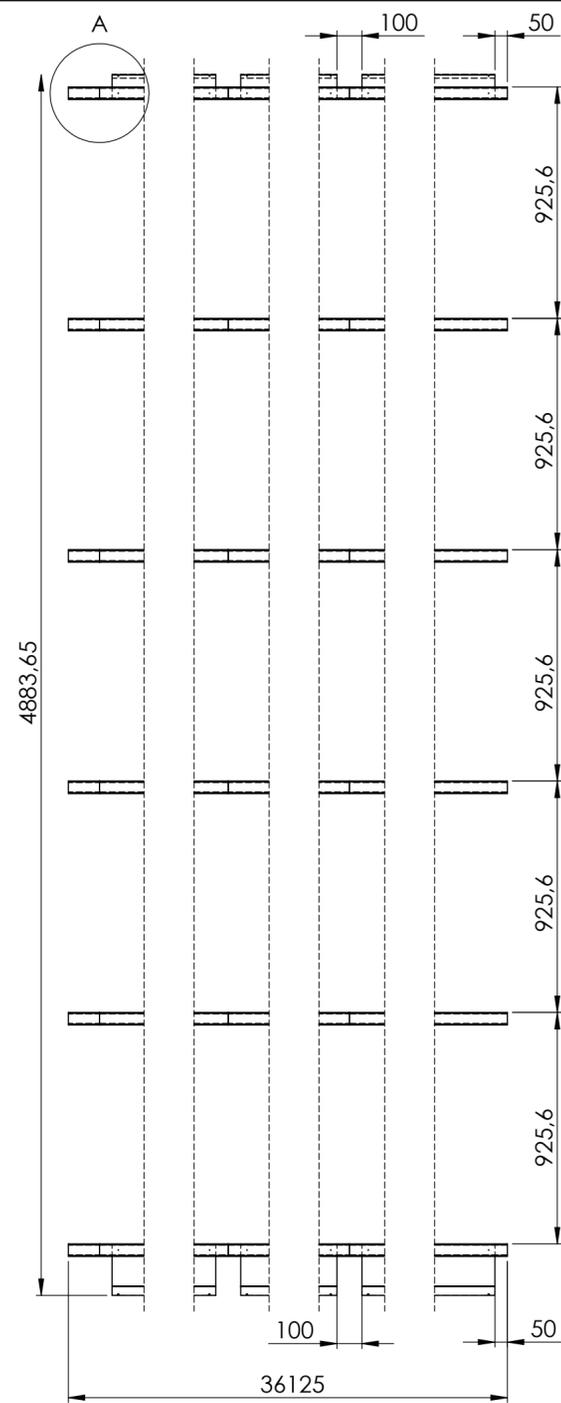
UNIDADE	mm	ESCALA	1:100
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	02/08/2020
SOLDA	ER70S-6	QTD	10

OBSERVAÇÕES:

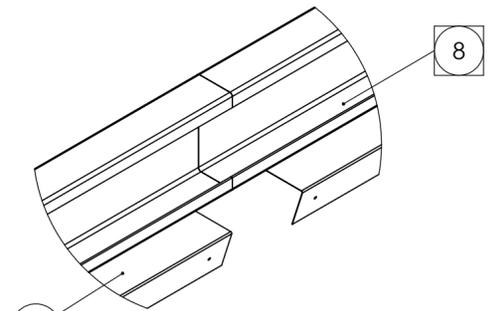
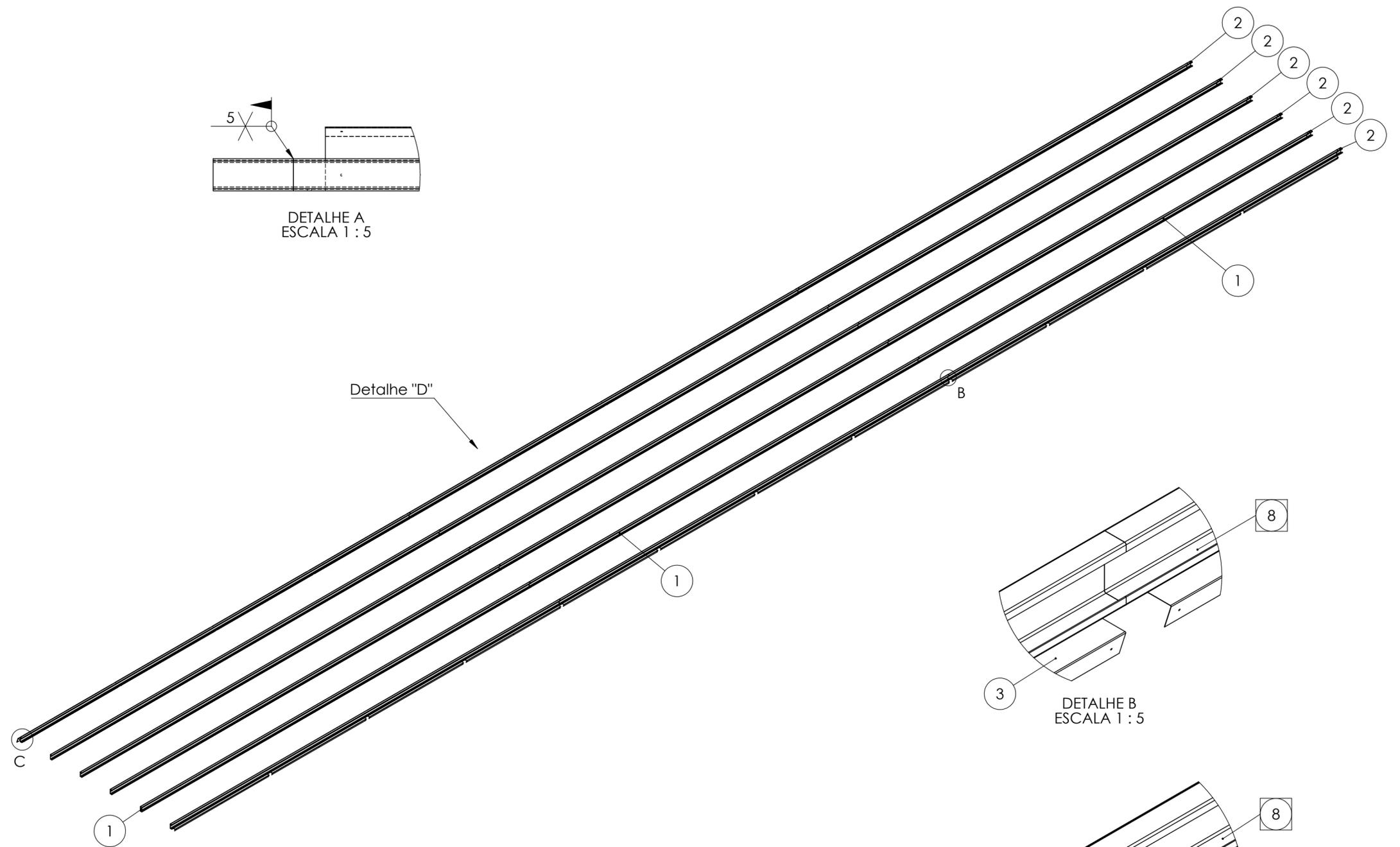
Detalhe "A", "B" e "C" em escala 1:5 e Detalhe "D" em escala 1:50.

A especificação de solda do Detalhe "A" se aplica a todos apoios da calha.

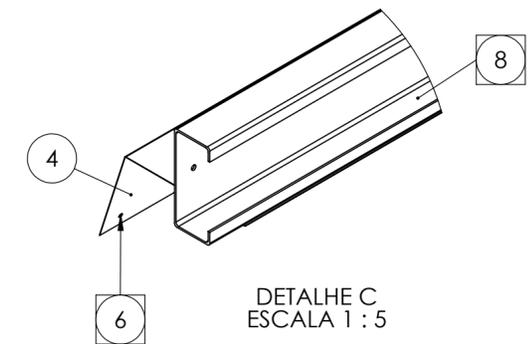
O vão entre as junções e apoios são simétricos.



DETALHE A  
ESCALA 1 : 5



DETALHE B  
ESCALA 1 : 5



DETALHE C  
ESCALA 1 : 5

Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.07.01	Perfil Terças	18	-
2	01.07.02	Perfil Terças Menor	6	-
3	01.07.03	Chapa Interna Cumeeira	12	-
4	01.07.04	Chapa Interna Apoio	12	-
5	-	Manta asfáltica adesiva aluminizada com espessura 3mm x 150mm x 2900mm	12	Colada no item "4"
6	-	Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	36	Utilizado para fixar o item "4" na estrutura de concreto.
7	-	Bucha S8	36	Utilizado com o item "7"
8	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 4,2mm (8) x 13 s/ arruela de vedação e zincado branco	108	Utilizado para fixar os itens "3" e "4" nos itens "1" e "2"
9	-	Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	144	Utilizado com os itens "6" e "8"



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

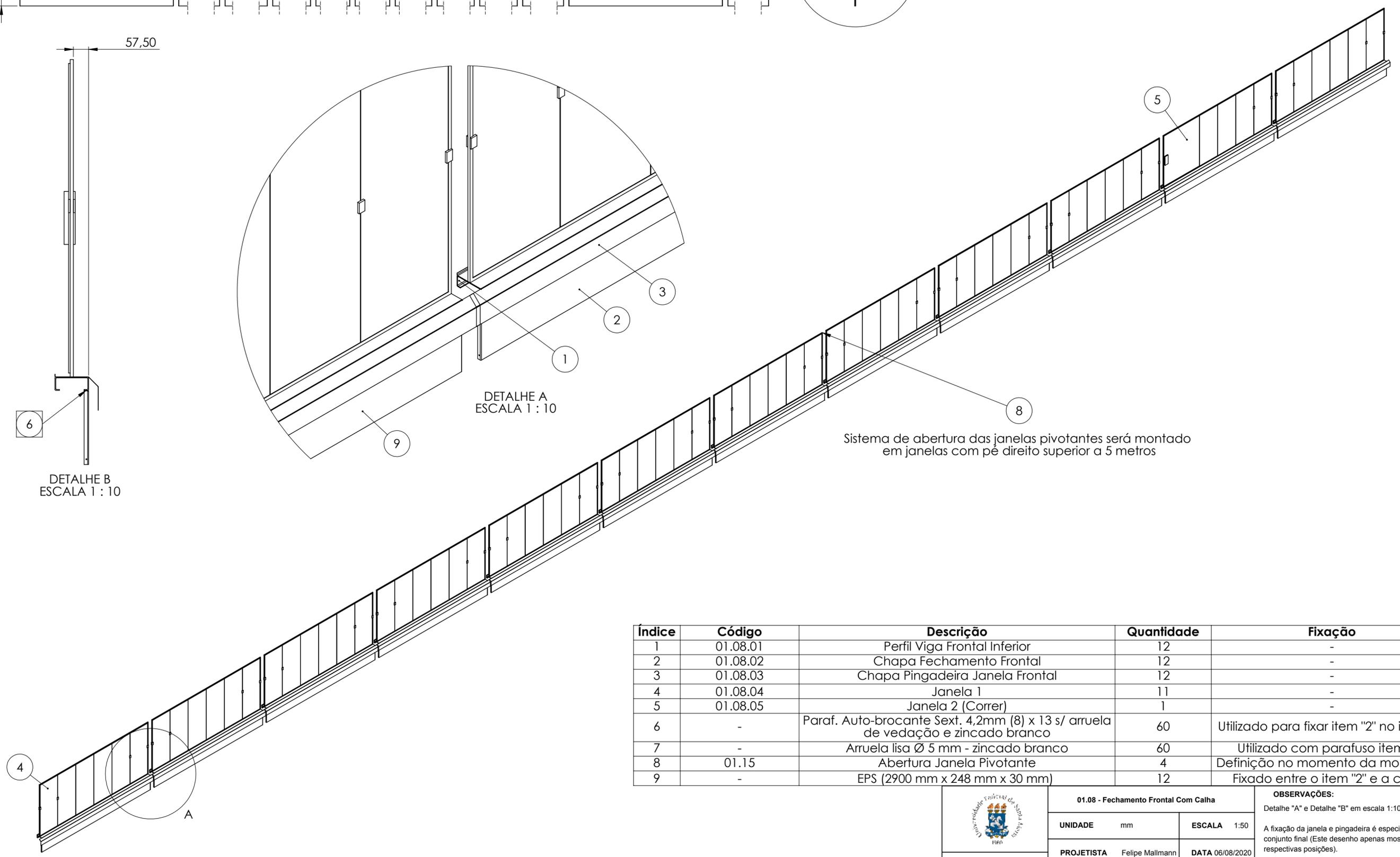
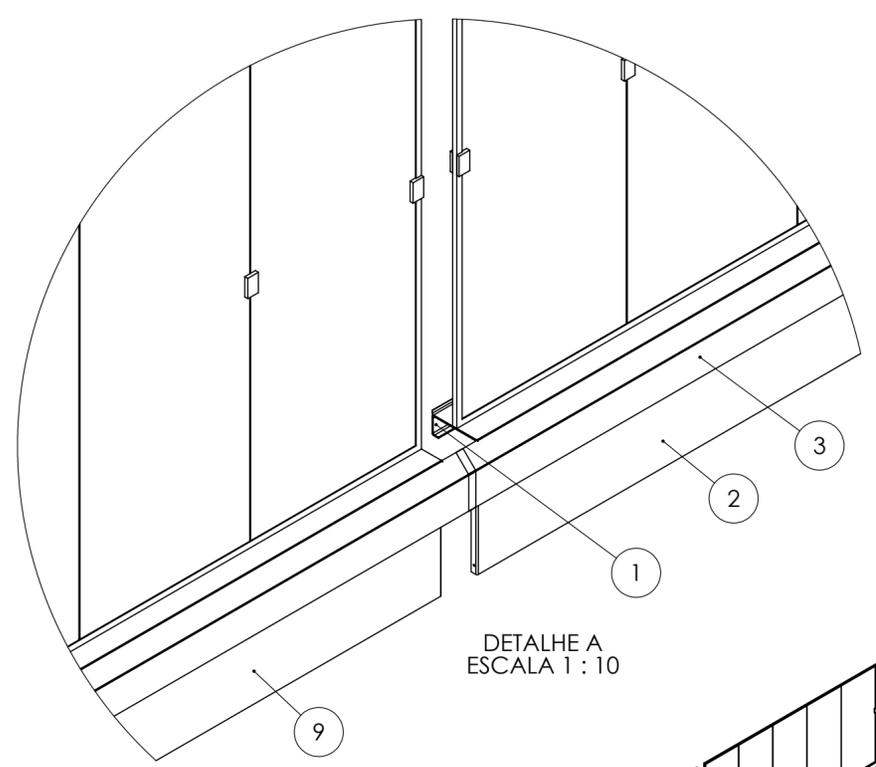
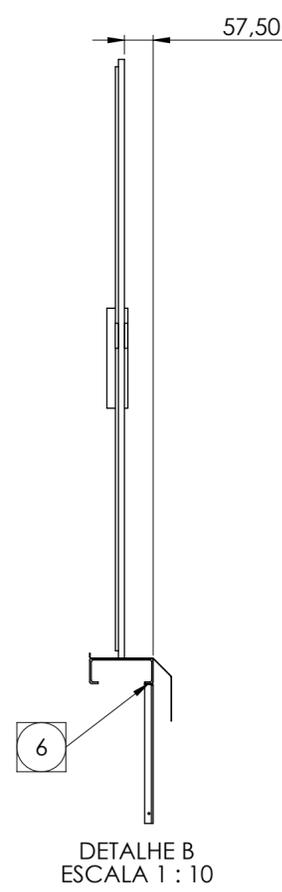
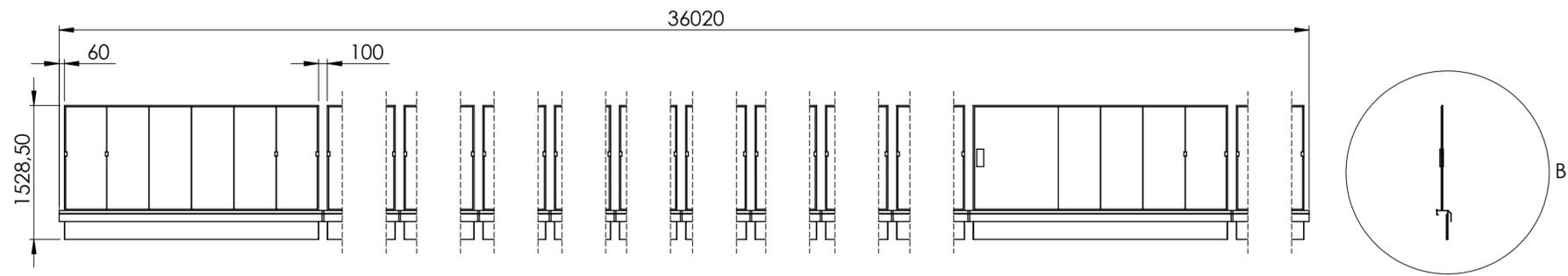
01.07 - Terças

UNIDADE mm ESCALA 1:20

PROJETISTA Felipe Mallmann DATA 26/08/2020

SOLDA ER70S-6 QUANTIDADE 10

**OBSERVAÇÕES:**  
 Detalhe "A", Detalhe "B", Detalhe "C" em escala 1:10.  
 Detalhe "D" em escala 1:70.  
 A solda especificada se aplica as outras uniões de perfis menores.  
 Os conjuntos são parafusados nos apoios da estrutura final.



Sistema de abertura das janelas pivotantes será montado em janelas com pé direito superior a 5 metros

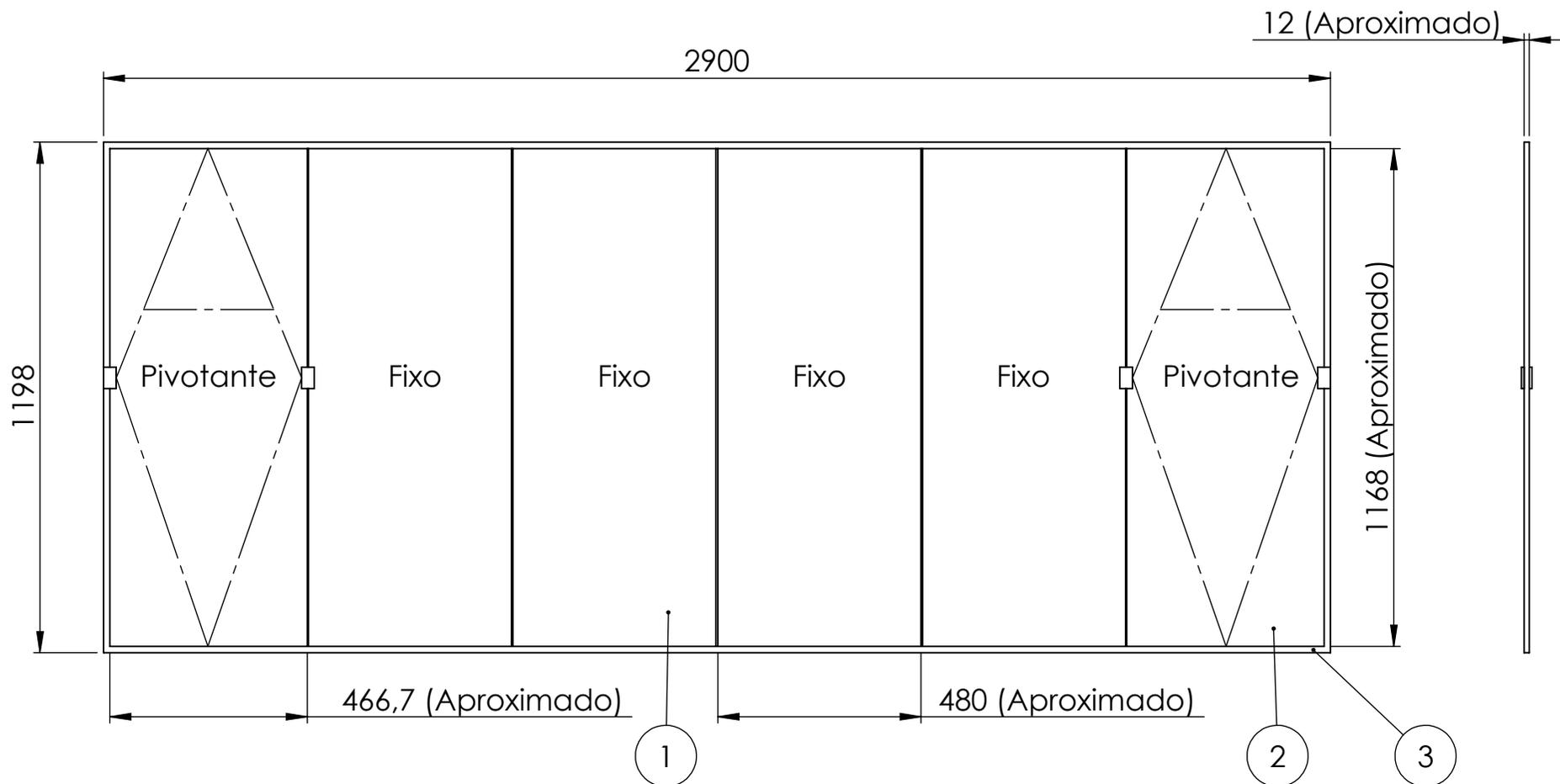
Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.08.01	Perfil Viga Frontal Interior	12	-
2	01.08.02	Chapa Fechamento Frontal	12	-
3	01.08.03	Chapa Pingadeira Janela Frontal	12	-
4	01.08.04	Janela 1	11	-
5	01.08.05	Janela 2 (Correr)	1	-
6	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 4,2mm (8) x 13 s/ arruela de vedação e zincado branco	60	Utilizado para fixar item "2" no item "1".
7	-	Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	60	Utilizado com parafuso item "6".
8	01.15	Abertura Janela Pivotante	4	Definição no momento da montagem
9	-	EPS (2900 mm x 248 mm x 30 mm)	12	Fixado entre o item "2" e a calha.



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

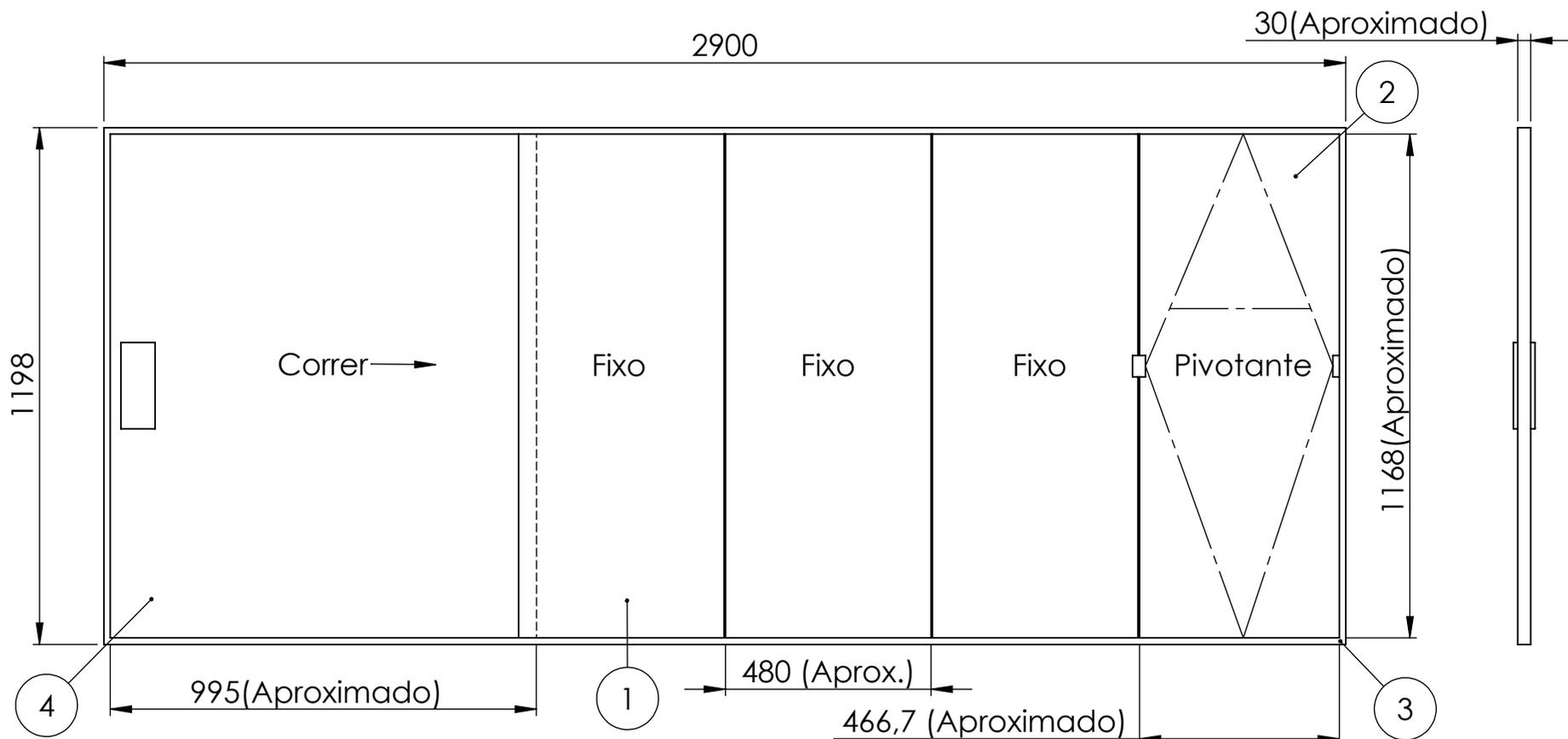
01.08 - Fechamento Frontal Com Calha	
UNIDADE	mm
ESCALA	1:50
PROJETISTA	Felipe Mallmann
DATA	06/08/2020
QUANTIDADE	9

**OBSERVAÇÕES:**  
 Detalhe "A" e Detalhe "B" em escala 1:10.  
 A fixação da janela e pingadeira é especificado no conjunto final (Este desenho apenas mostra suas respectivas posições).



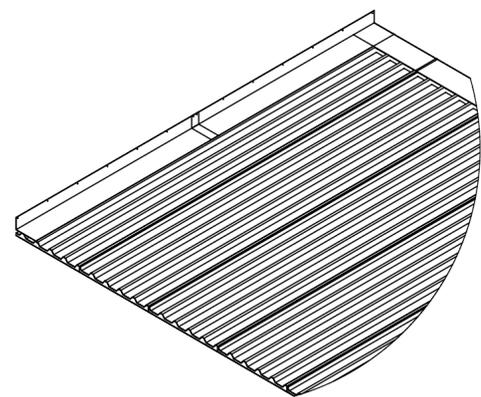
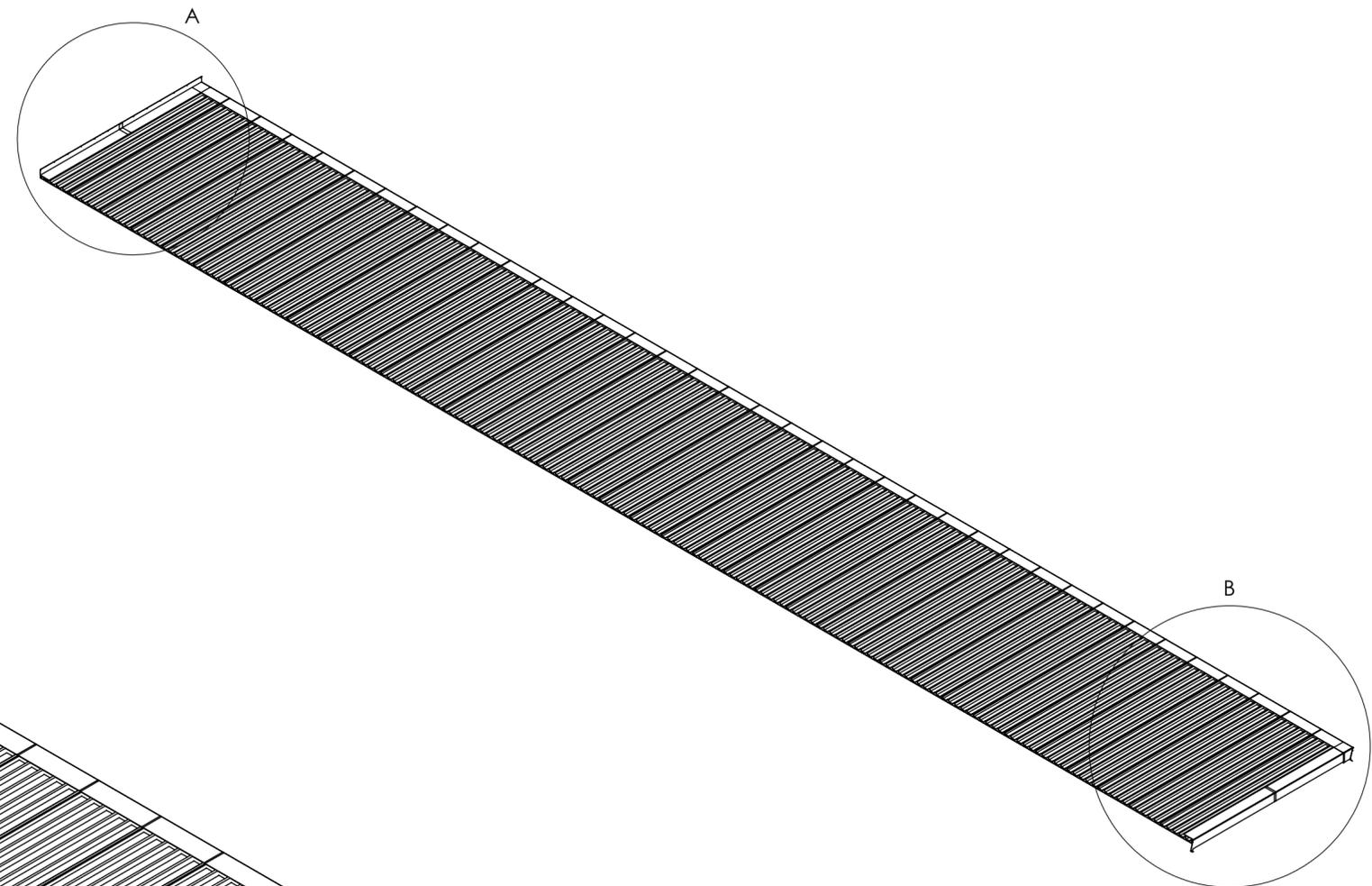
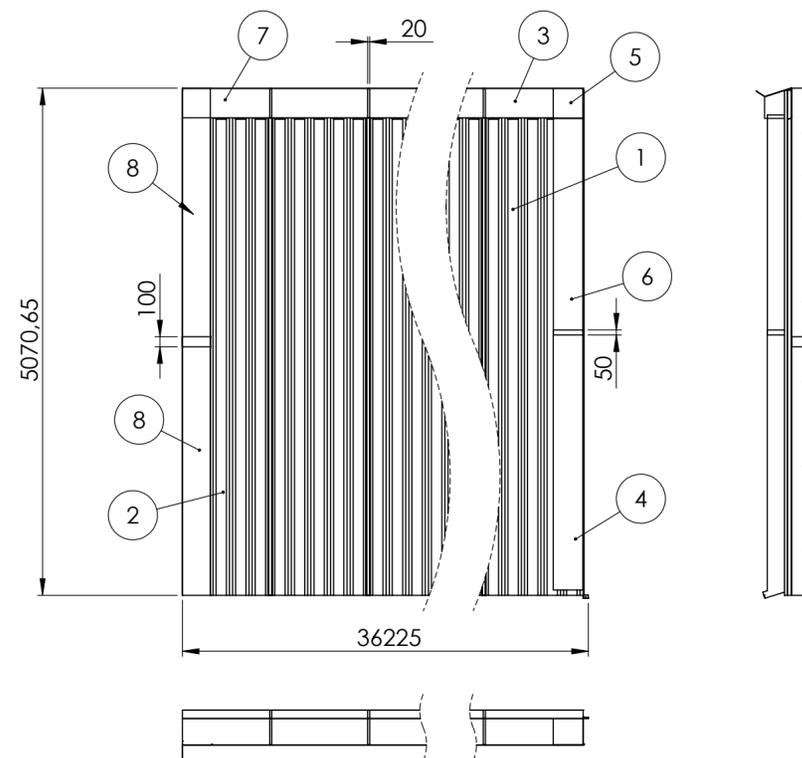
Índice	Descrição	Quantidade
1	Vidro Incolor Temperado 8 mm FIXO	4
2	Vidro Incolor Temperado 8 mm PIVOTANTE com FECHO e corrente 3,5 m	2
3	Perfis de Alumínio tipo VT COR BRANCA	1

	<b>01.08.04 - Janela 1</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Dimensões Externas:</b> <b>1200 mm X 2900 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:15	
	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 06/08/2020	
	<b>QUANTIDADE</b> 110		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			

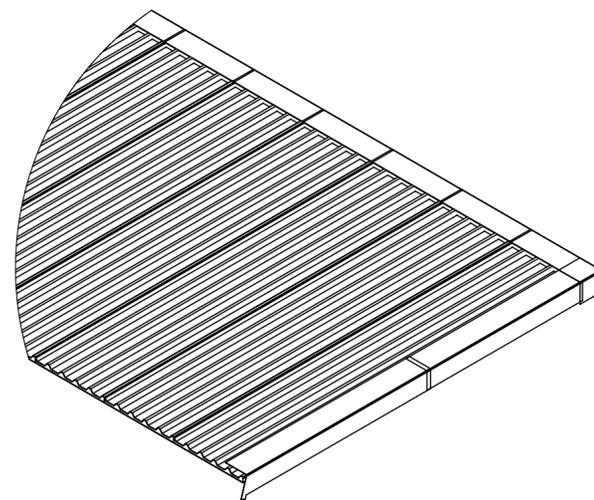


Índice	Descrição	Quantidade
1	Vidro Incolor Temperado 8 mm FIXO	3
2	Vidro Incolor Temperado 8 mm PIVOTANTE com FECHO e corrente 3,5 m	2
3	Perfis de Alumínio tipo VT COR BRANCA	1
4	Vidro Incolor Temperado 8 mm de CORRER com fechadura e chave	1

	<b>01.08.05 - Janela 2 (Correr)</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Dimensões Externas:</b> <b>1200 mm X 2900 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:15	
	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 06/08/2020	
	<b>QUANTIDADE</b> 10		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



DETALHE A  
ESCALA 1 : 50



DETALHE B  
ESCALA 1 : 50

Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.09.01	Telha	36	Parafuso (Item 9) nos locais indicados pelo fabricante
2	01.09.03	Telha Menor	1	Parafuso (Item 9) nos locais indicados pelo fabricante
3	01.09.02	Chapa Cumeeira Ponta Shed	36	Parafuso (Item 9) a cada 200 mm no centro, nas extremidades e sobreposições
4	01.09.04	Chapa Cumeeira Lateral Viga	1	Parafuso (Item 9) a cada 350 mm no centro, nas extremidades e sobreposições
5	01.09.05	Chapa Cumeeira Canto	1	Parafuso (Item 9) a cada 200 mm no centro, nas extremidades e sobreposições
6	01.09.06	Chapa Cumeeira Lateral Centro	1	Parafuso (Item 9) a cada 350 mm no centro, nas extremidades e sobreposições
7	01.09.07	Chapa Cumeeira Ponta Shed Menor	1	Parafuso (Item 9) a cada 200 mm no centro, nas extremidades e sobreposições
8	01.09.08	Chapa Fechamento Telhado Parede	2	Parafuso (Item 9) a cada 350 mm no centro, nas extremidades e sobreposições
9	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3 mm (14) X 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	368	Usado para fixar 01.09.01 e 01.09.03, além de todos acabamentos
10	-	Manta asfáltica adesiva aluminizada com espessura 3mm x 500mm x 1000mm	37	Colada na parte interna dos itens "3", "4", "5", "6" e "7".



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.09 - Cobertura e Acabamentos

UNIDADE mm

ESCALA 1:50

PROJETISTA Felipe Mallmann

DATA 01/08/2020

QUANTIDADE 10

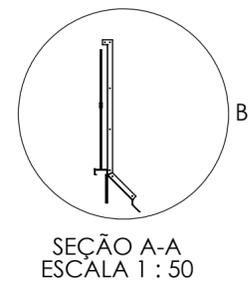
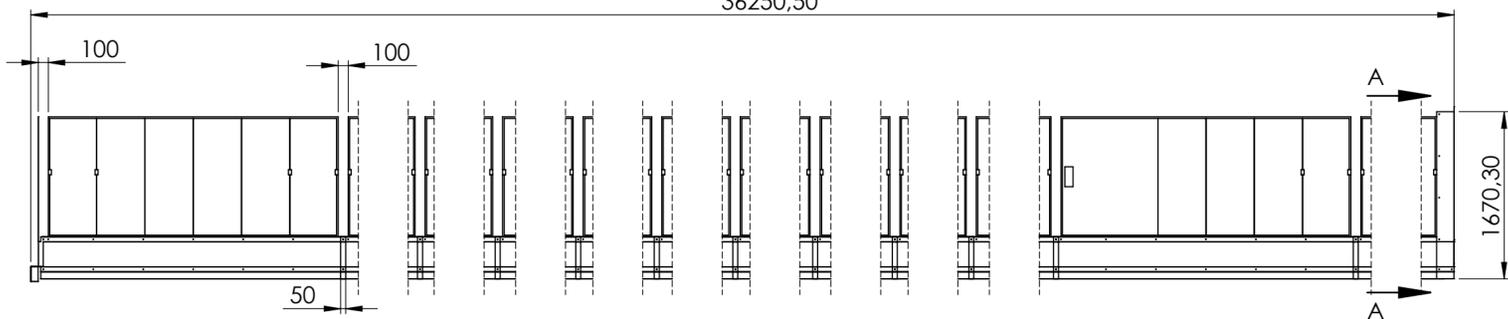
**OBSERVAÇÕES:**

Aplicar vedação com selante do tipo PU na montagem dos itens 3 a 8.

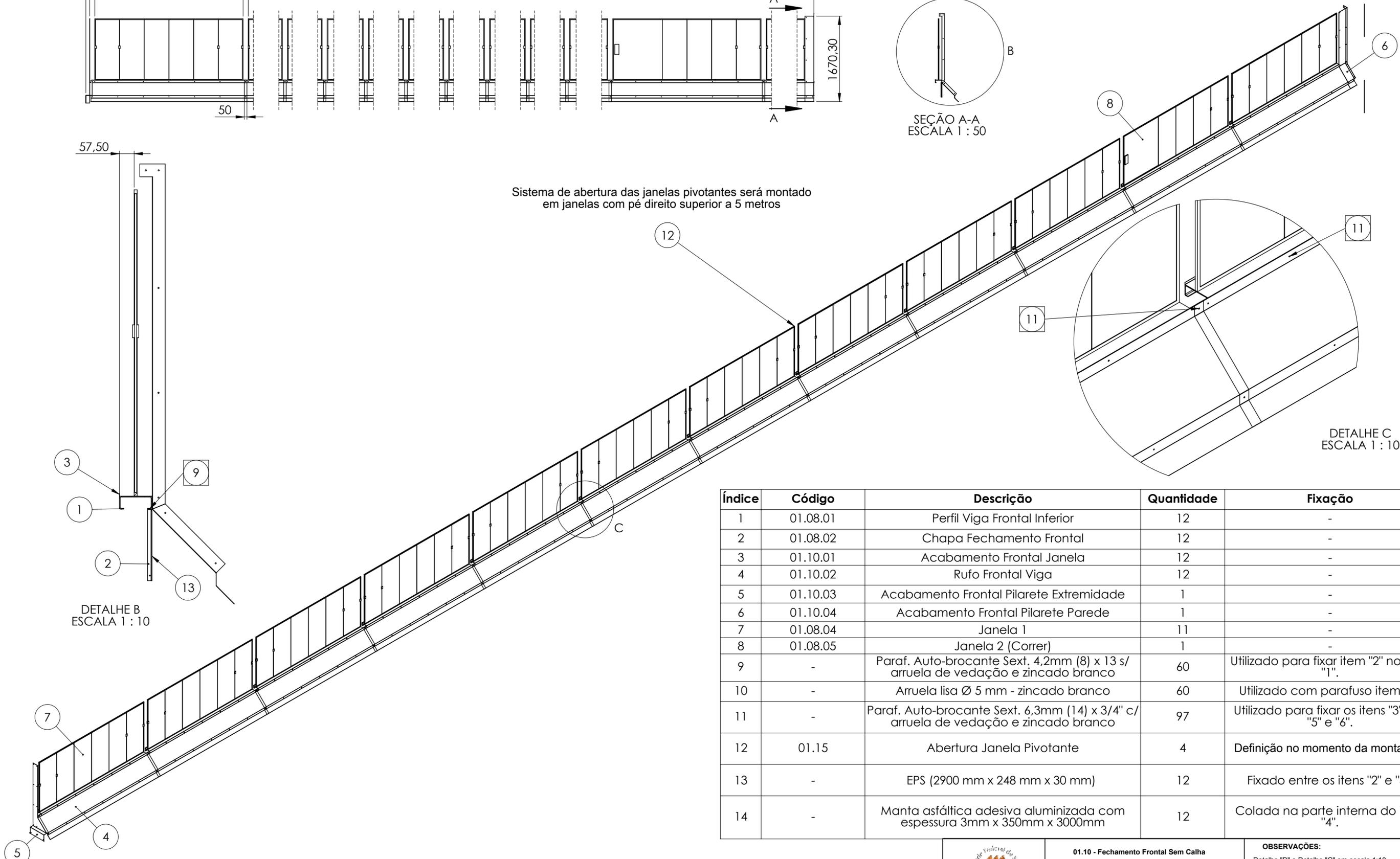
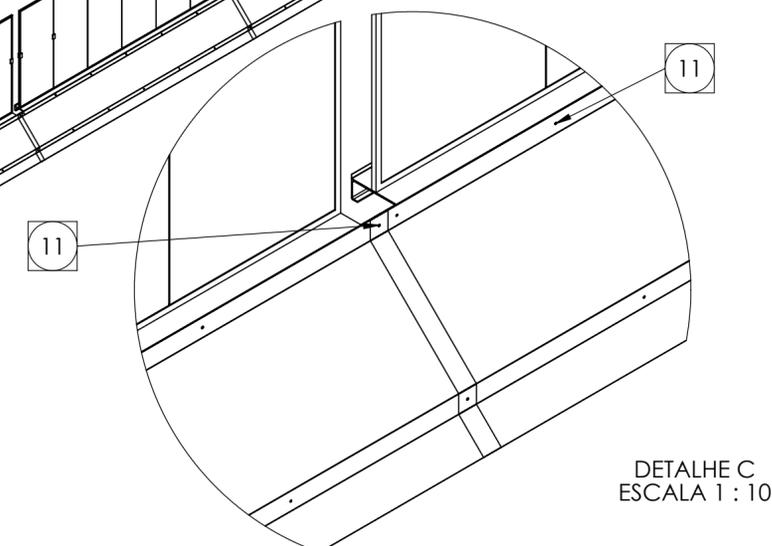
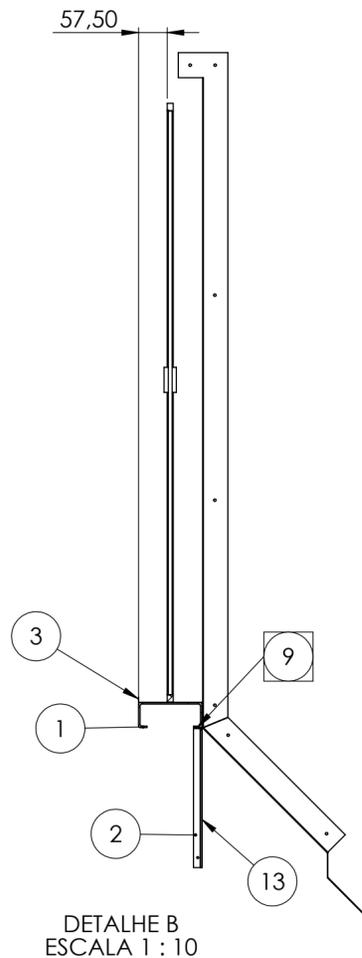
Detalhe "A" e "B" em escala 1:50.

Os parafusos que vão fixar as telhas e os acabamentos deverão ser colocados na montagem final do módulo. As telhas são encaixadas conforme recomendações do fabricante.

36250,50



Sistema de abertura das janelas pivotantes será montado em janelas com pé direito superior a 5 metros



Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.08.01	Perfil Viga Frontal Inferior	12	-
2	01.08.02	Chapa Fechamento Frontal	12	-
3	01.10.01	Acabamento Frontal Janela	12	-
4	01.10.02	Rufo Frontal Viga	12	-
5	01.10.03	Acabamento Frontal Pilarete Extremidade	1	-
6	01.10.04	Acabamento Frontal Pilarete Parede	1	-
7	01.08.04	Janela 1	11	-
8	01.08.05	Janela 2 (Correr)	1	-
9	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 4,2mm (8) x 13 s/ arruela de vedação e zincado branco	60	Utilizado para fixar item "2" no item "1".
10	-	Arruela lisa Ø 5 mm - zincado branco	60	Utilizado com parafuso item "9".
11	-	Paraf. Auto-brocante Sext. 6,3mm (14) x 3/4" c/ arruela de vedação e zincado branco	97	Utilizado para fixar os itens "3", "4", "5" e "6".
12	01.15	Abertura Janela Pivotante	4	Definição no momento da montagem
13	-	EPS (2900 mm x 248 mm x 30 mm)	12	Fixado entre os itens "2" e "4".
14	-	Manta asfáltica adesiva aluminizada com espessura 3mm x 350mm x 3000mm	12	Colada na parte interna do item "4".



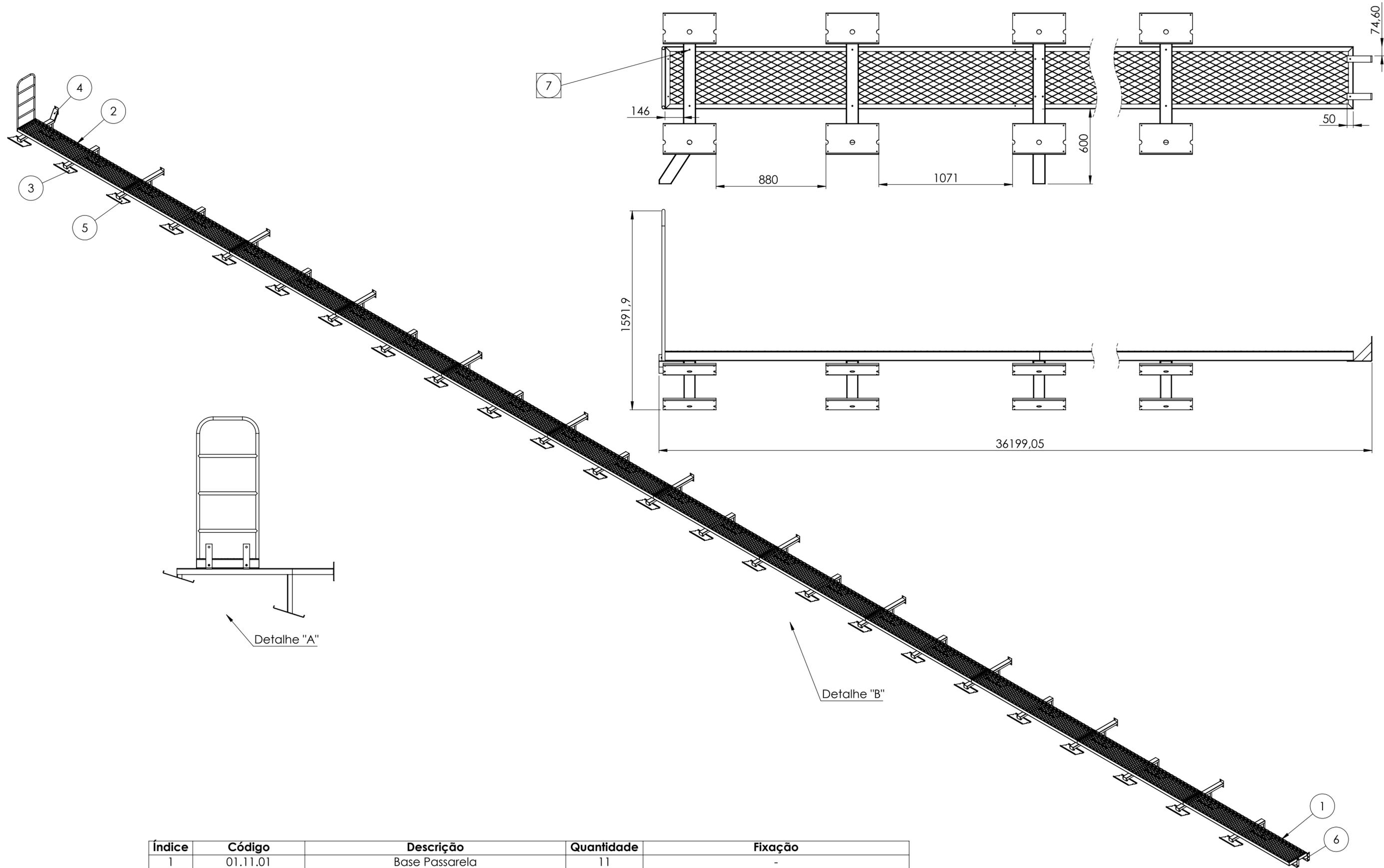
PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.10 - Fechamento Frontal Sem Calha

UNIDADE	mm	ESCALA	1:50
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	07/08/2020
QUANTIDADE	1		

**OBSERVAÇÕES:**

Detalhe "B" e Detalhe "C" em escala 1:10.  
As fixações da janela e pingadeira são especificadas no conjunto final (Este desenho apenas mostra suas respectivas posições).  
As fixações dos acabamentos nos pilaretes e estrutura de concreto são especificadas no conjunto final.



Índice	Código	Descrição	Quantidade	Fixação
1	01.11.01	Base Passarela	11	-
2	01.11.02	Base Passarela Extremidade	1	-
3	01.11.03	Apoio Menor Passarela	12	-
4	01.11.04	Apoio Passarela Extremidade	1	-
5	01.11.05	Apoio Maior Passarela	11	-
6	01.11.06	Suporte Mão Francesa	2	-
7	-	Paraf. sext. zincado aço 1/4" X 3/4" - UNC	72	Utilizado para fixar a passarela nos suportes.
8	-	Porca sext. zincada aço 1/4" - UNC)	72	Utilizado com o parafuso (Item "7")
9	-	Arruela lisa zincada aço 1/4"	144	Utilizado com o parafuso (Item "7")



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.11 - Passarela

UNIDADE mm

ESCALA 1:20

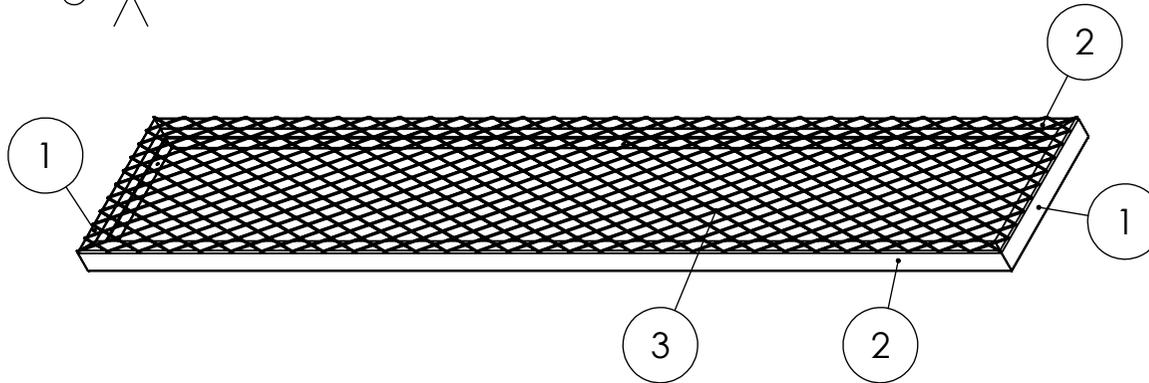
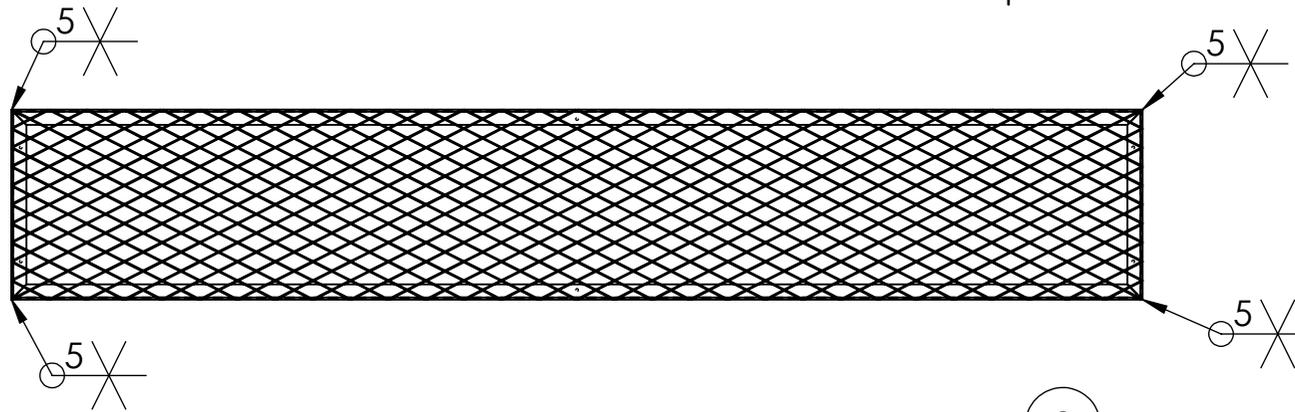
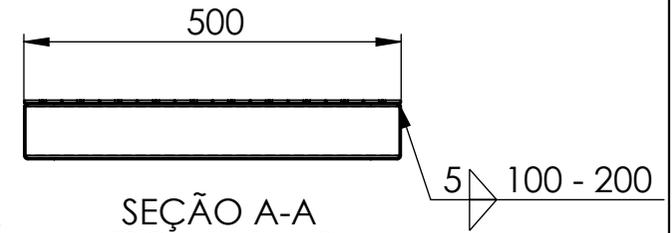
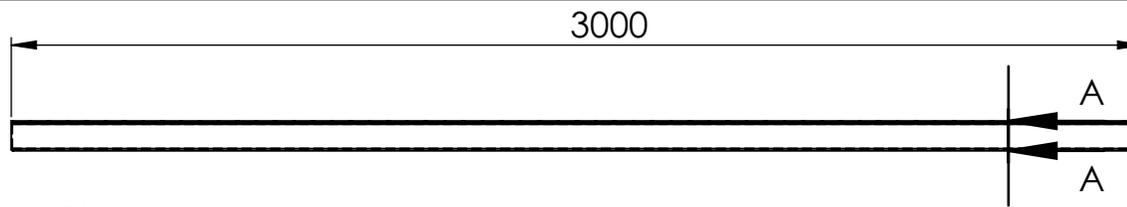
PROJETISTA Felipe Mallmann

DATA 02/08/2020

QUANTIDADE 10

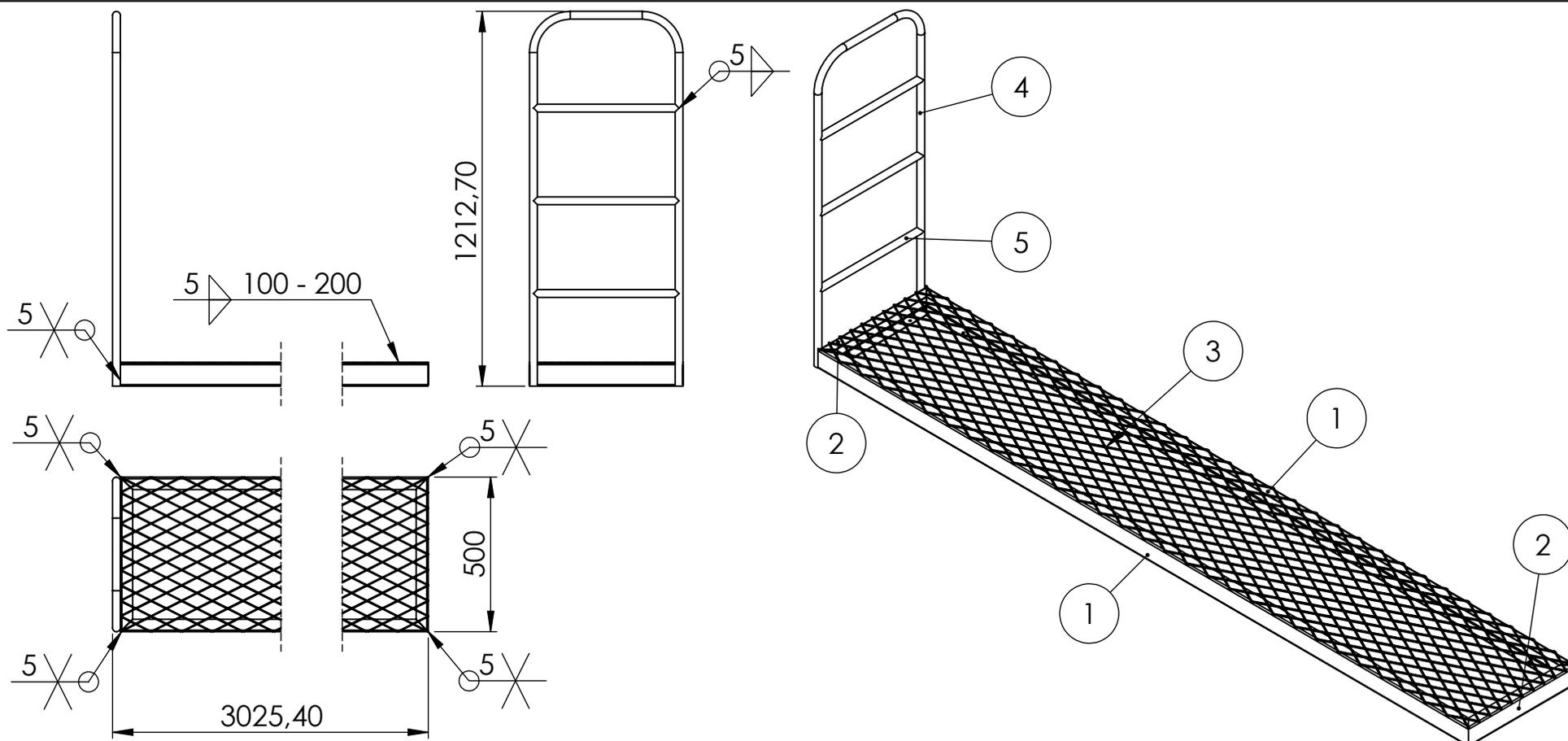
OBSERVAÇÕES:

Detalhe "A" em escala 1:20 e Detalhe "B" em escala 1:50.



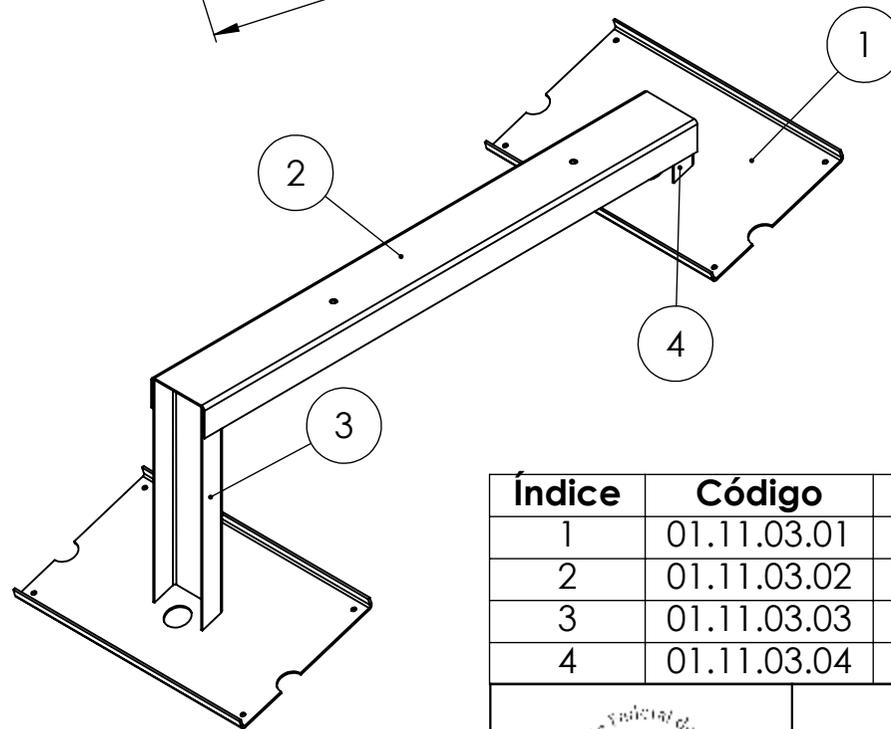
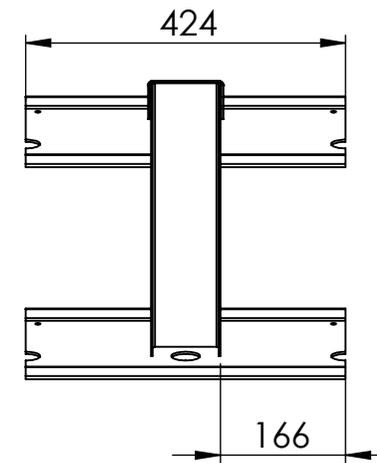
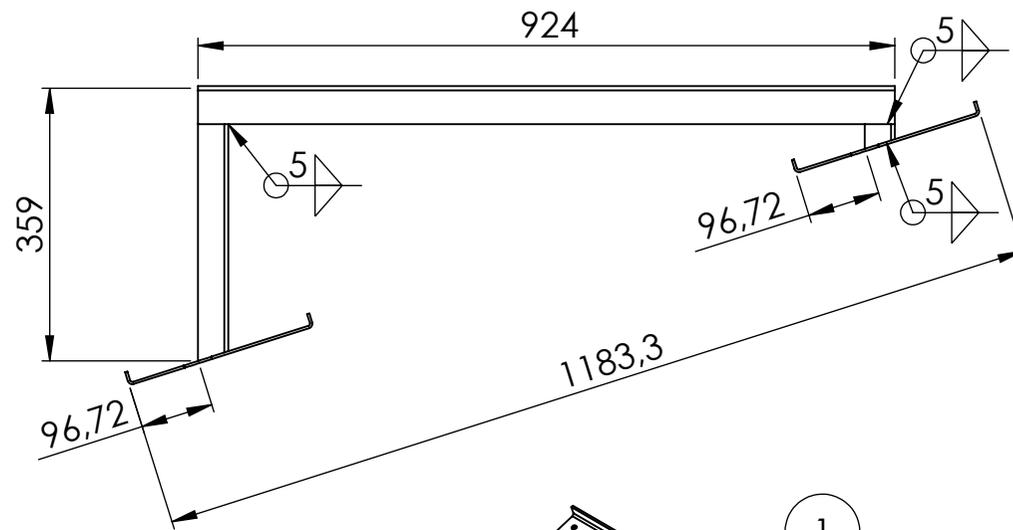
Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.11.01.01	Perfil Menor Passarela	2
2	01.11.01.02	Perfil Maior Passarela	2
3	-	Ch expandida aço carbono (malha 50 x 100) 3,175 mm (1/8") X 500 mm X 3000 mm	1

	<b>01.11.01 - Base Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Seção "A-A" em escala 1:10.		
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>	1:20
	<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann		<b>DATA</b>	02/08/2020
	<b>SOLDA</b>	ER70S-6		<b>QTD</b>	110
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA					



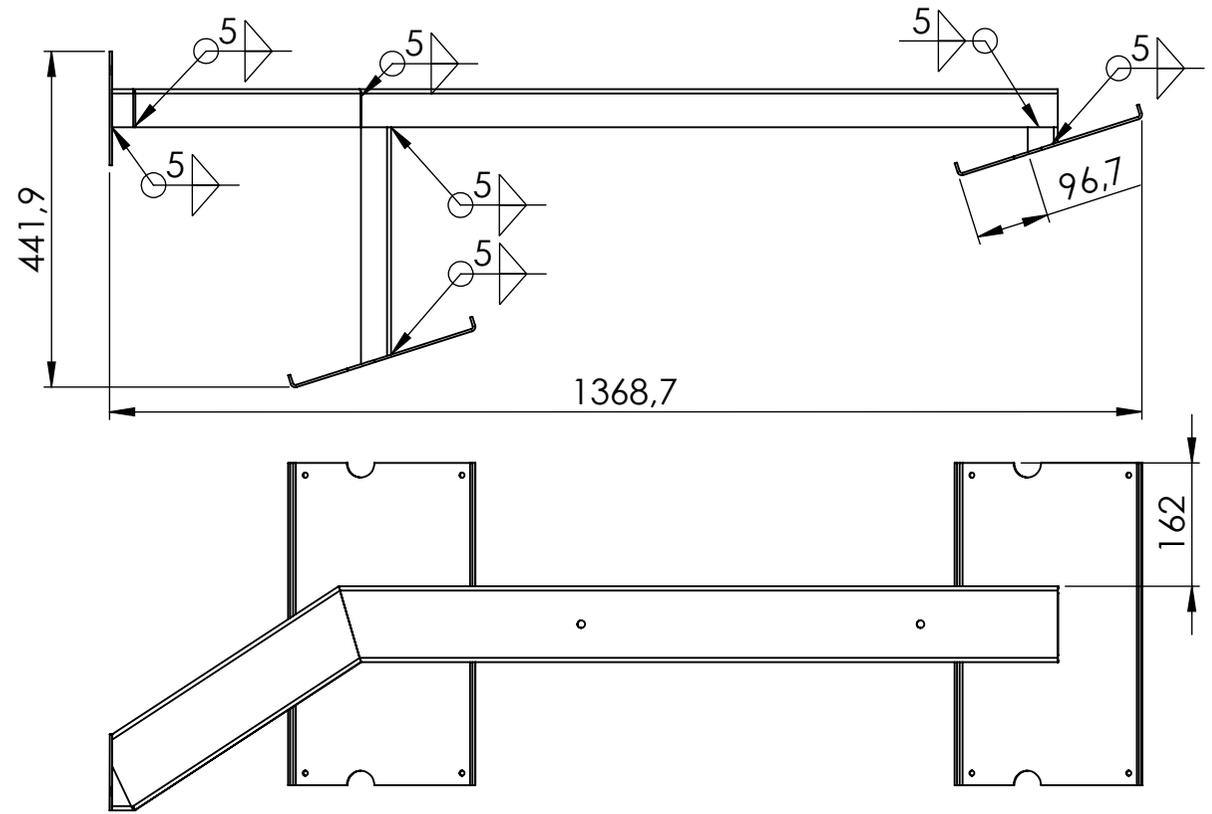
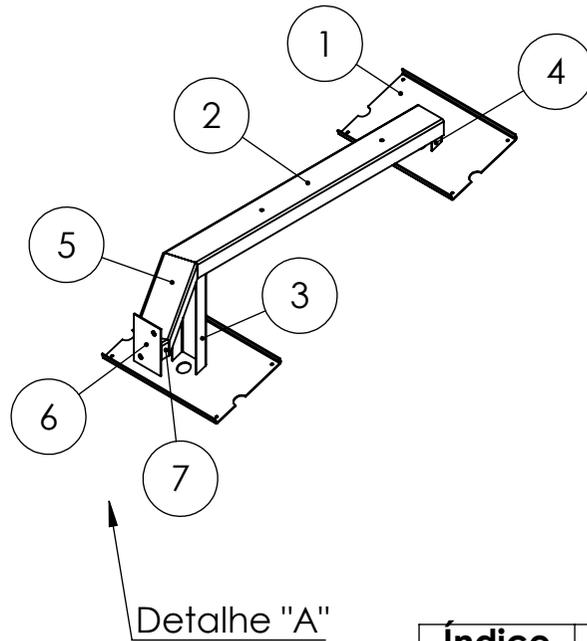
Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.11.02.01	Perfil Maior Passarela Extremidade	2
2	01.11.01.02	Perfil Maior Passarela	2
3	-	Ch expandida aço carbono (malha 50 x 100) 3,175 mm (1/8") X 500 mm X 3000 mm	1
4	01.11.02.02	Tubo Maior Contenção Passarela	1
5	01.11.02.03	Tubo Menor Contenção Passarela	3

	<b>01.11.01 - Base Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Seção "A-A" em escala 1:10.		
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>	1:20
	<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann		<b>DATA</b>	02/08/2020
	<b>SOLDA</b>	ER70S-6		<b>QTD</b>	110
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA					



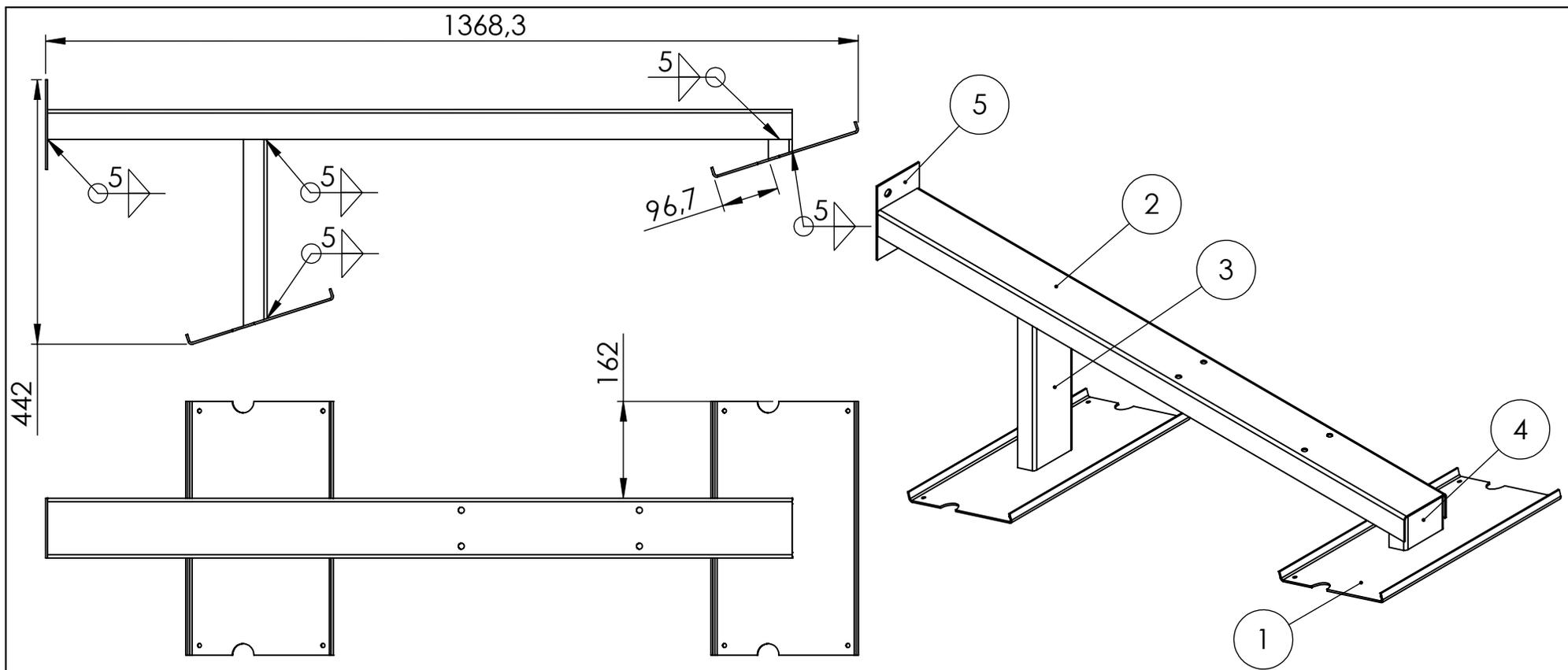
Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.11.03.01	Chapa Apoio Suporte Passarela	2
2	01.11.03.02	Perfil 1 Suporte Passarela	1
3	01.11.03.03	Perfil 2 Suporte Passarela	1
4	01.11.03.04	Perfil 3 Suporte Passarela	1

	<b>01.11.03 - Apoio Menor Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:10	
	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 02/08/2020	
	<b>SOLDA</b> ER70S-6	<b>QTD</b> 120	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



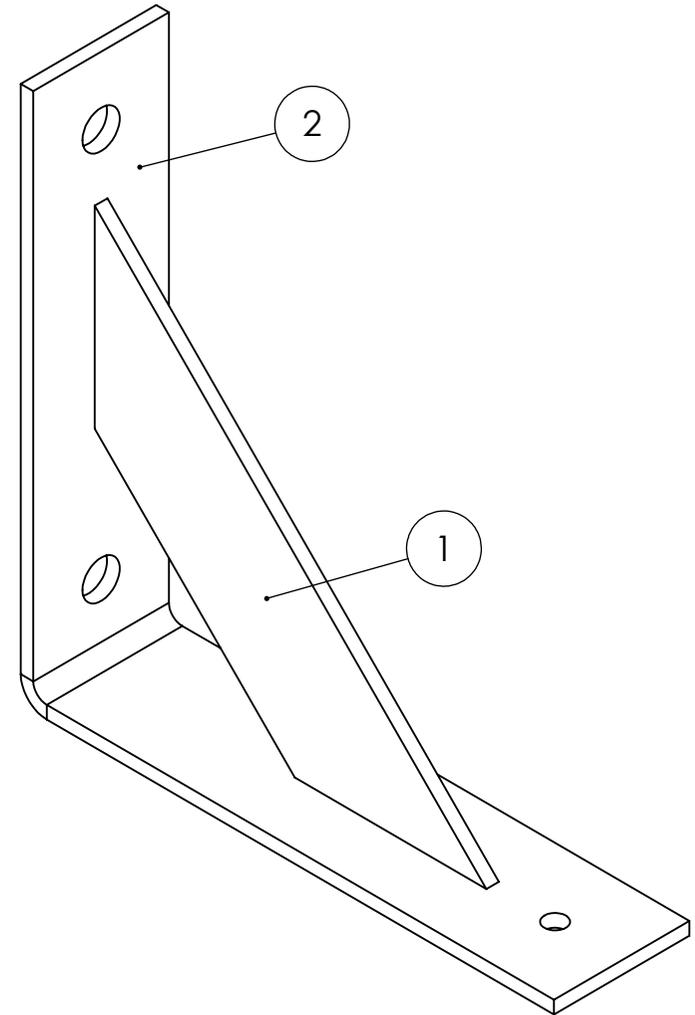
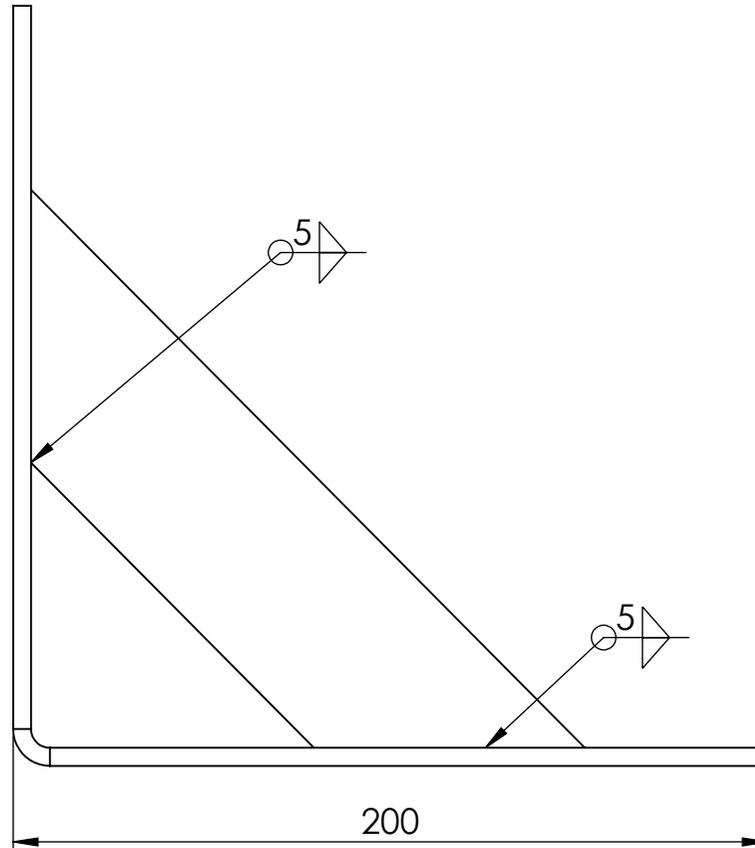
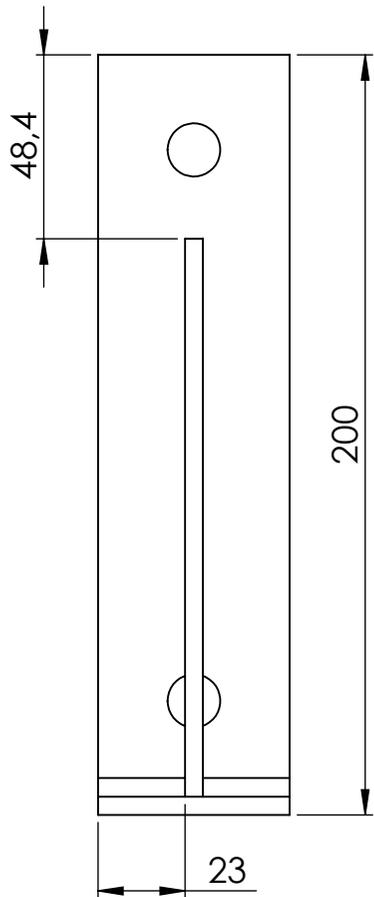
Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.11.03.01	Chapa Apoio Suporte Passarela	2
2	01.11.04.01	Perfil Suporte Extremidade Passarela	1
3	01.11.03.03	Perfil 2 Suporte Passarela	1
4	01.11.03.04	Perfil 3 Suporte Passarela	1
5	01.11.04.02	Perfil Menor Suporte Extremidade Passarela	1
6	01.11.04.03	Chapa Suporte Passarela	1
7	01.11.04.04	Canto Perfil Menor Spte. Extremidade Passarela	1

	<b>01.11.04 - Apoio Passarela Extremidade</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Detalhe "A" em escala 1:20.		
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>	1:10
	<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann		<b>DATA</b>	02/08/2020
	<b>SOLDA</b>	ER70S-6		<b>QTD</b>	10
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA					



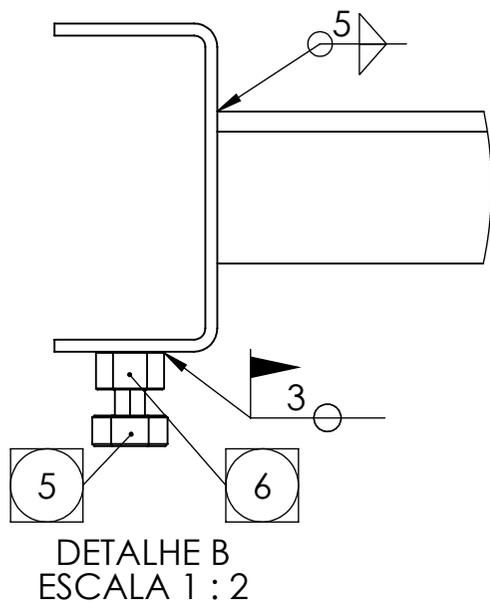
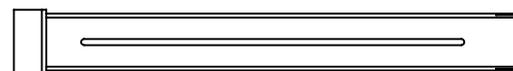
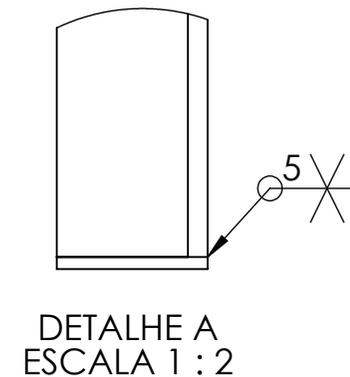
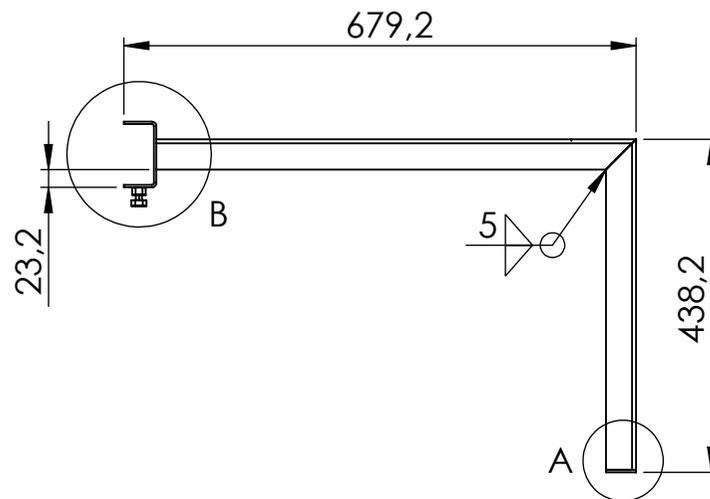
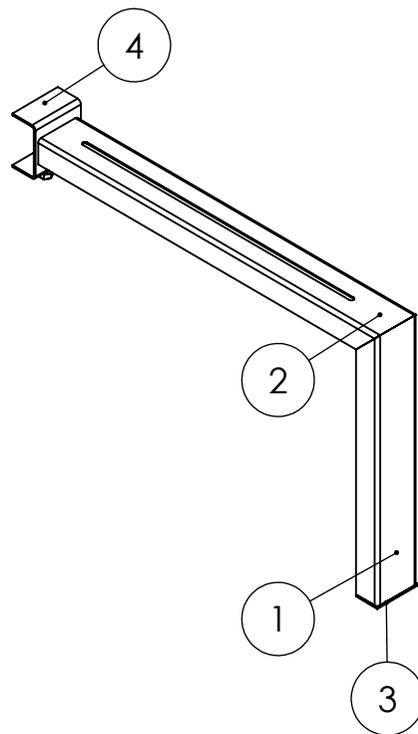
Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.11.03.01	Chapa Apoio Suporte Passarela	2
2	01.11.05.01	Perfil Maior Suporte Passarela	1
3	01.11.03.03	Perfil 2 Suporte Passarela	1
4	01.11.03.04	Perfil 3 Suporte Passarela	1
5	01.11.04.05	Chapa Suporte Passarela	1

	<b>01.11.05 - Apoio Maior Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:10	
	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 02/08/2020	
	<b>SOLDA</b> ER70S-6	<b>QTD</b> 110	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



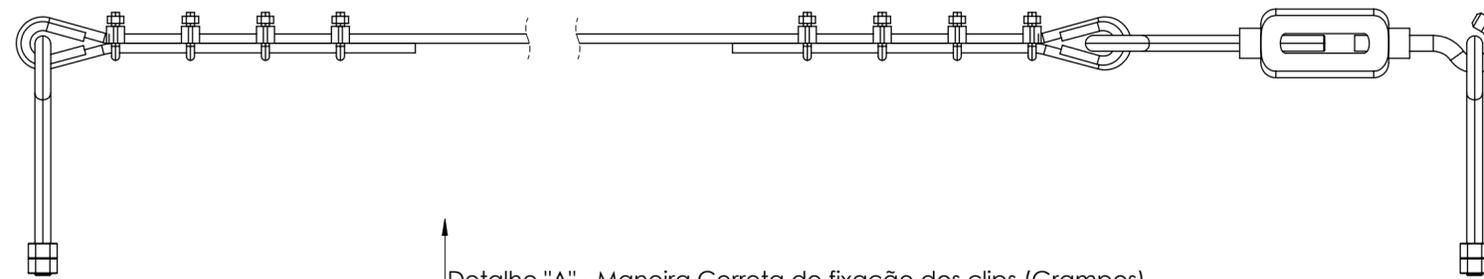
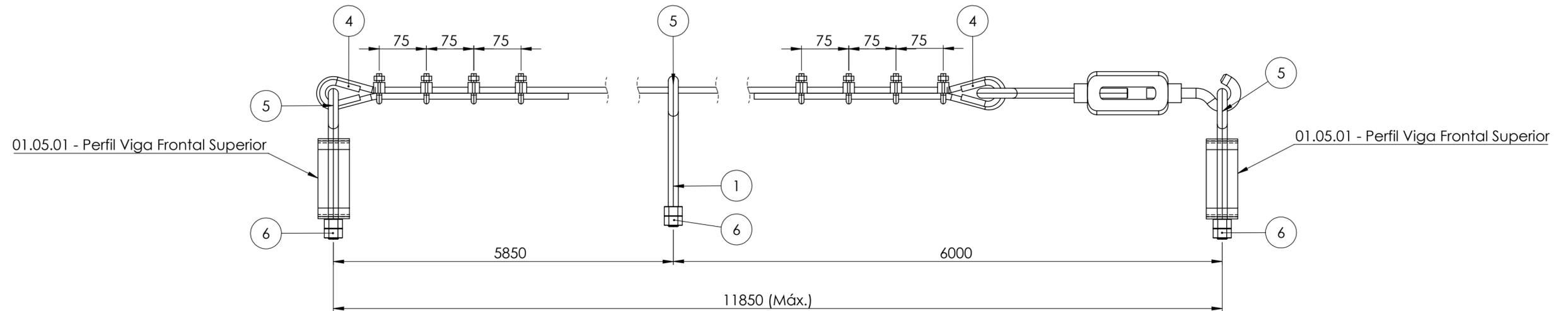
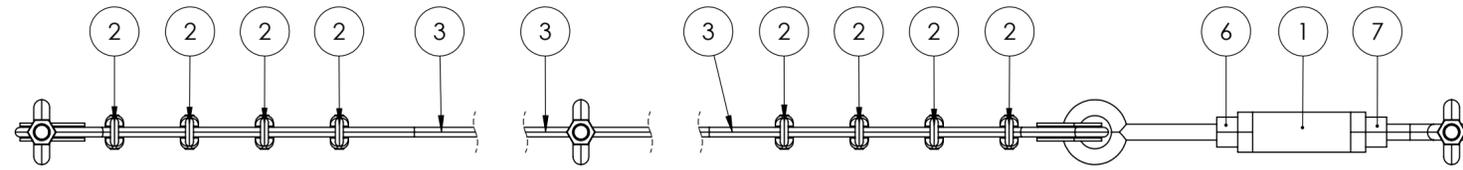
Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.11.06.01	Chapa Mão Francesa Suporte	1
2	01.11.06.02	Chapa Furos Suporte	1

	<b>01.11.06 - Suporte Mão Francesa</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 02/08/2020		
<b>SOLDA</b> ER70S-6	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.01.12.01	Perfil Inferior Suporte Condensadora	1
2	01.01.12.02	Perfil Superior Suporte	1
3	01.01.12.03	Chapa Fixadora Inferior Condensadora	1
4	01.01.12.04	Chapa Fixadora Superior Condensadora	1
5	-	Paraf. Sextav. 5/16" x 1" - UNC - Zincado Branco	1
6	-	Porca Sextav. 5/16" - UNC - Zincado Branco	1

 <b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>01.12 - Suporte Condensadora</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Os conjuntos são parafusados na passarela da estrutura final.  Detalhe "A" e "B" em escala 1:2		
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>	1:20
	<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann		<b>DATA</b>	03/08/2020
	<b>QUANTIDADE</b>	140			



Detalhe "A" - Maneira Correta de fixação dos clips (Grampos)

Índice	Descrição	Quantidade
1	Esticador Galvanizado 5/8" (Modelo Gancho x Olhal)	1
2	Clips Galvanizado para Cabo de Aço 3/8"	8
3	Cabo de Aço Classe 6x19, Diâmetro 3/8" - Alma de Aço AA	-
4	Sapatilha Galvanizada Standard 3/8"	2
5	Olhal Galvanizado Roscado 5/8" - NC	3
6	Porca Sext. Galvanizada 5/8" - NC (Rosca Direita)	7
7	Porca Sext. Galvanizada 5/8" - NC (Rosca Esquerda)	1



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

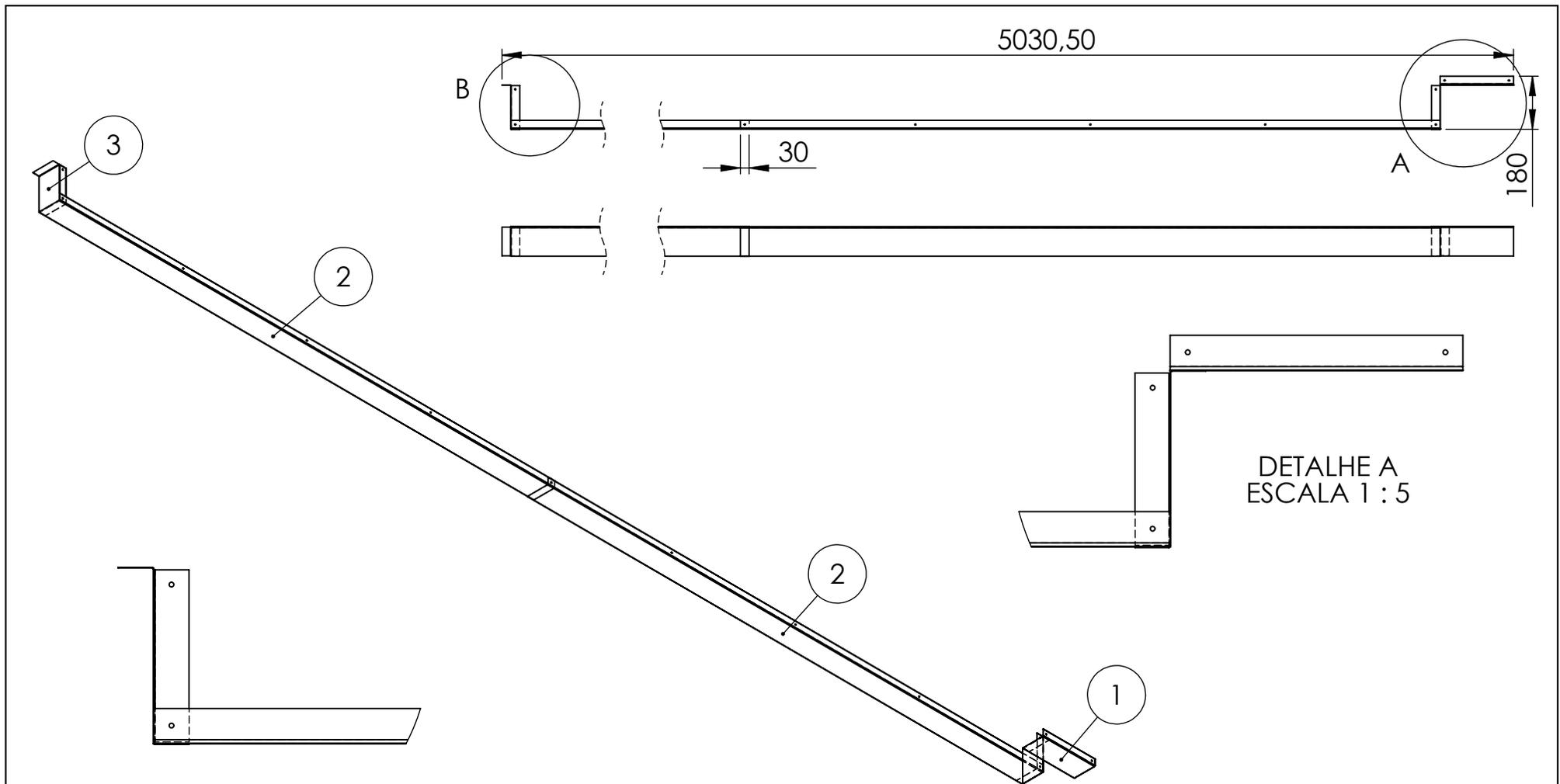
01.13 - Linha de Vida

UNIDADE	mm	ESCALA	1:5
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	02/08/2020
QUANTIDADE	30		

OBSERVAÇÕES:

Detalhe "A" em escala 1:5.

A estrutura de fixação/sustentação bem como os cabos de aço e acessórios estão dimensionados para uma carga máxima de 110,00kg. Considera-se uma pessoa de 100kg + trole e trava quedas retrátil.

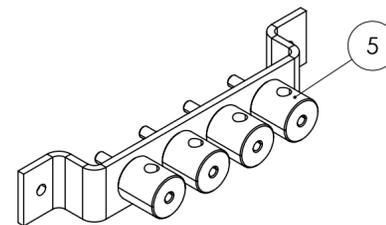
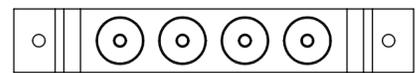
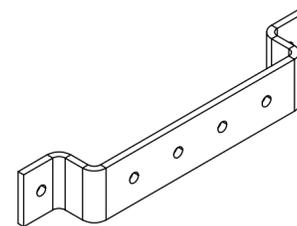
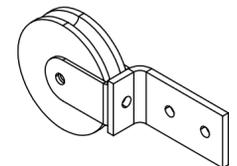
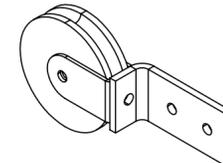
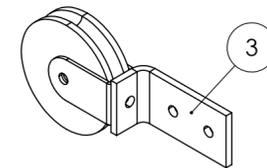
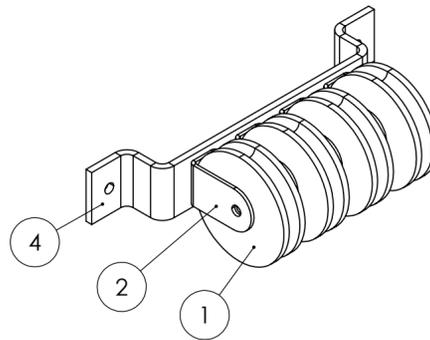
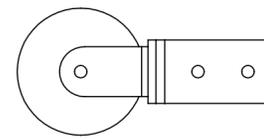
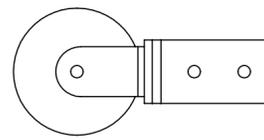
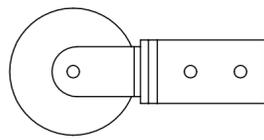
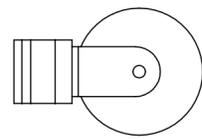
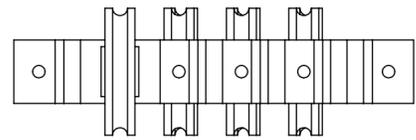


DETALHE B  
ESCALA 1 : 5

DETALHE A  
ESCALA 1 : 5

Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.01.14.01	Chapa 1 Junta Lateral Parede	1
2	01.01.14.02	Chapa 2 Junta Lateral Parede	2
3	01.01.14.03	Chapa 3 Junta Lateral Parede	1

	<b>01.14 - Acabamento Junta de Dilatação Parede</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Os conjuntos são parafusados na parede da estrutura final. Detalhe "A" e "B" em escala 1:5		
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>	1:20
	<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann		<b>DATA</b>	03/08/2020
	<b>QUANTIDADE</b>	10			
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA					



Índice	Código	Descrição	Quantidade
1	01.15.01	Roldana	7
2	01.15.02	Suporte roldana	7
3	01.15.03	Suporte pilarete roldana	3
4	01.15.04	Suporte roldanas geral	3
5	01.15.05	Pino fixação espia de aço	4
6	-	Cabo de aço encapado Ø4 mm x 40 metros	1
7	-	Clips Galvanizado para Cabo de Aço 3/16"	4
8	-	Parafuso máquina M5x0,8 X 20mm cabeça cônica philips – zincado branco	11
9	-	Parafuso sextav. M5x0,8 X 25mm – zincado branco	13
10	-	Porca sextav. M5 – zincado branco	14
11	-	Arruela lisa M5	32
12	-	Paraf. atarrach. 4,8 x 38 mm cab. panela philips - zincado branco	12
13	-	Bucha S8	12



PROJETO  
Cobertura Shed NAFA

01.15 - Abertura Janela Pivotante

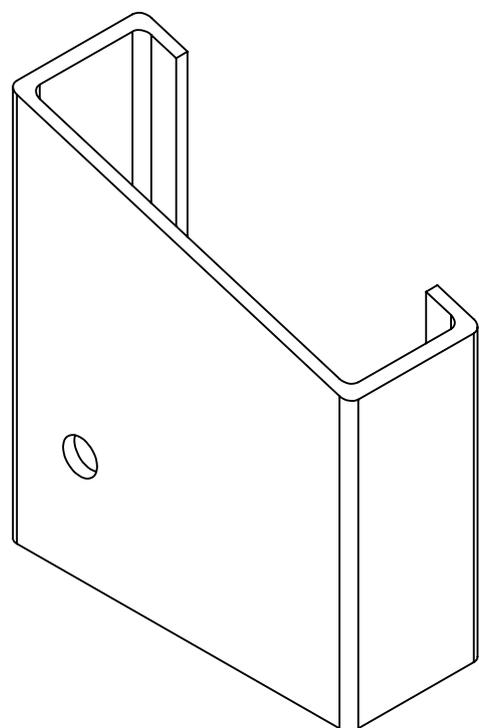
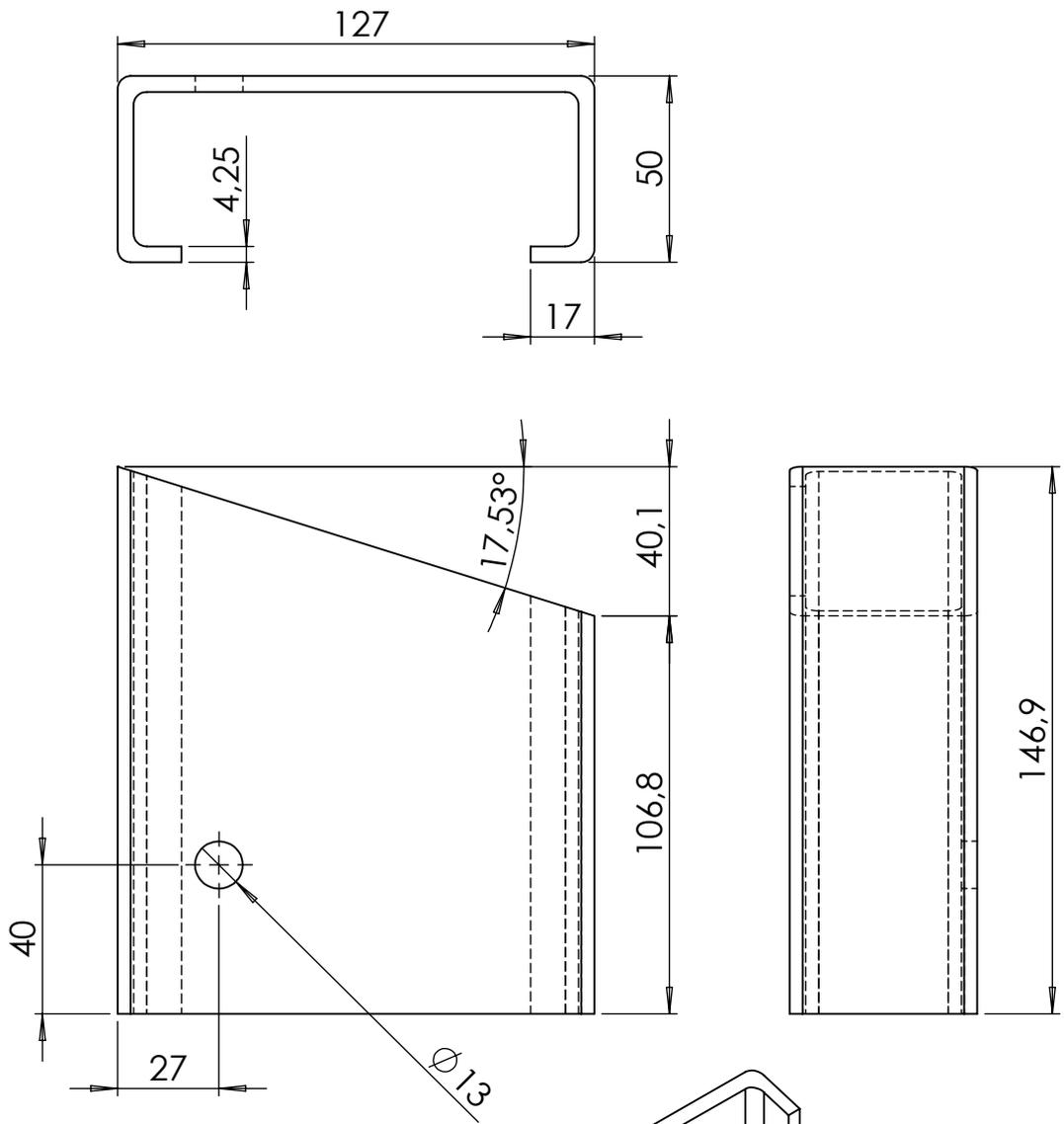
UNIDADE mm ESCALA 1:2

PROJETISTA Felipe Mallmann DATA 10/08/2020

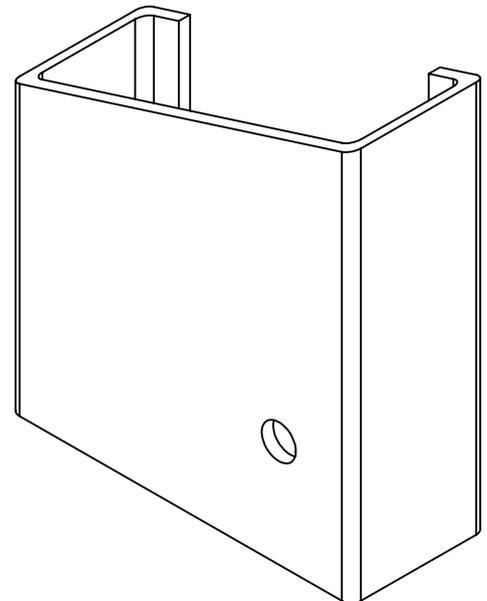
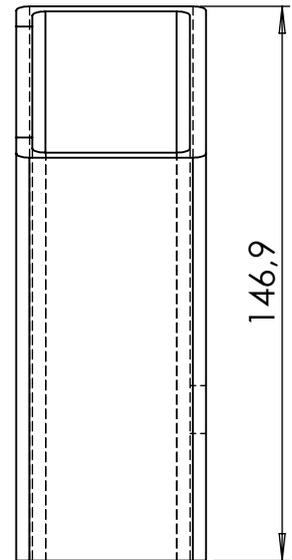
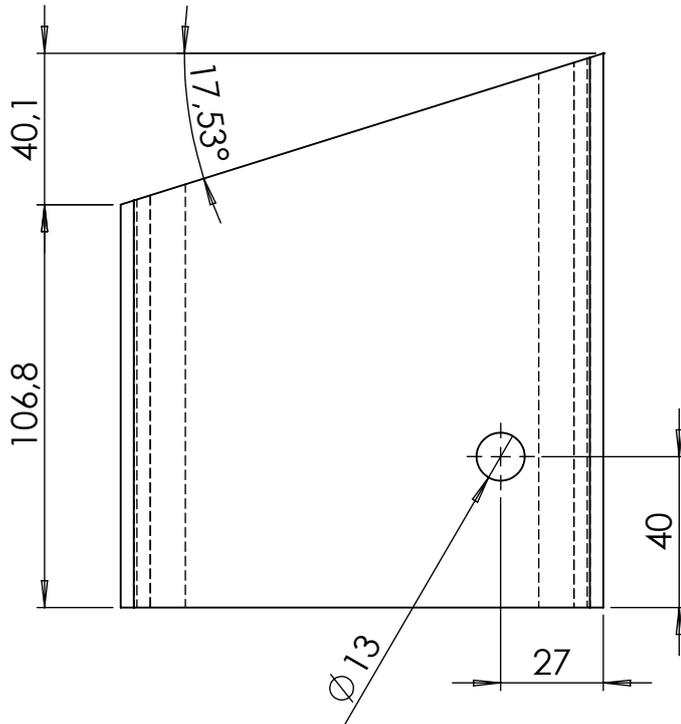
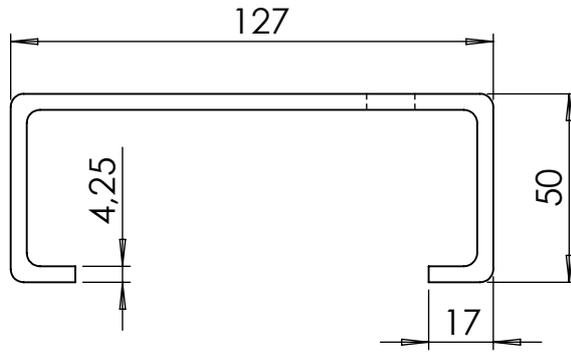
QUANTIDADE 40

OBSERVAÇÕES:

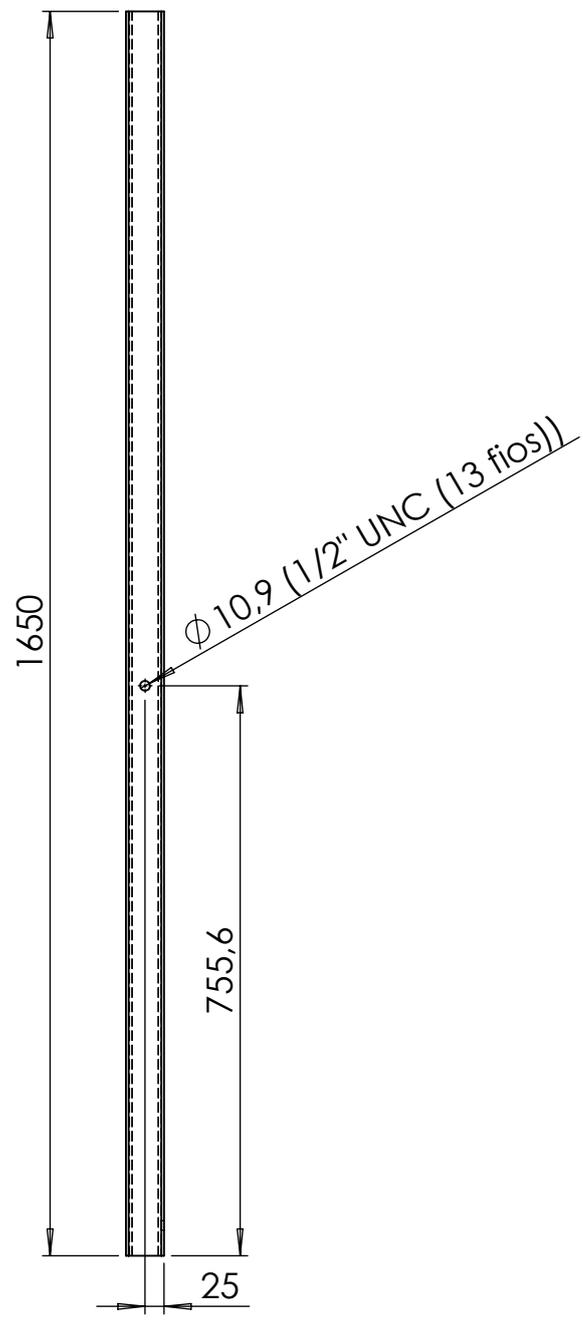
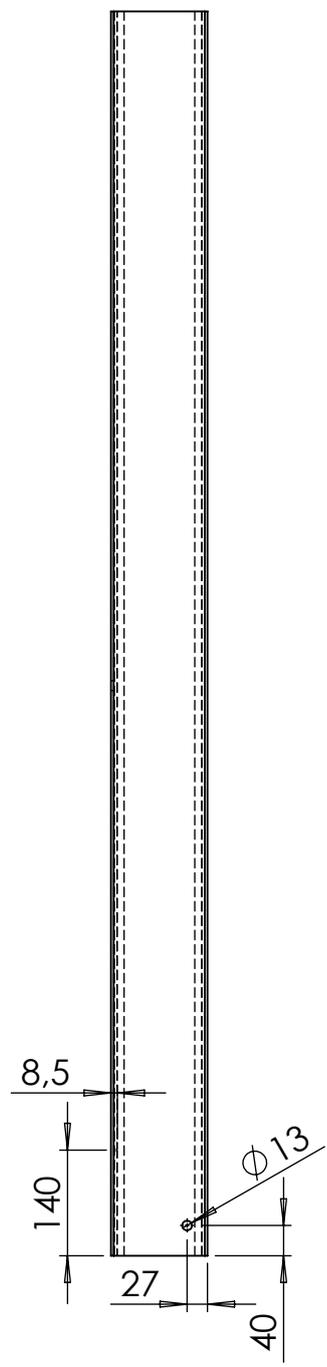
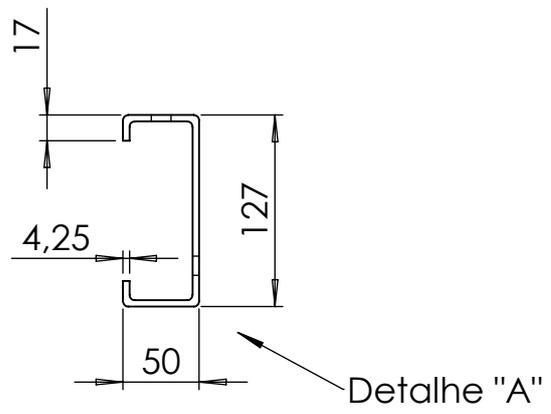
As fixações serão definidas no local de montagem.



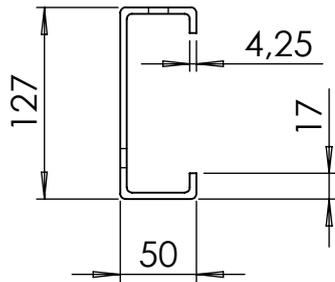
	<b>01.01.01.01 - Perfil Apoio Inclinado Direito</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil U Enrijecido:</b> <b>Espessura - 4,25 mm</b> <b>Dimensões - 127 mm x 50 mm x 17 mm</b> <b>x 146,9 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 130	



	<b>01.01.01.02 - Perfil Apoio Inclinado Esquerdo</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil U Enrijecido:</b> <b>Espessura - 4,25 mm</b> <b>Dimensões - 127 mm x 50 mm x 17 mm</b> <b>x 146,9 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 130	

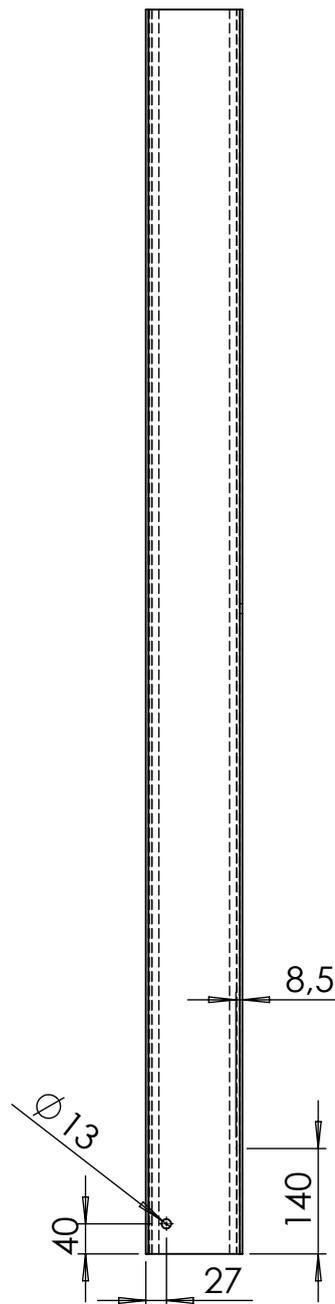
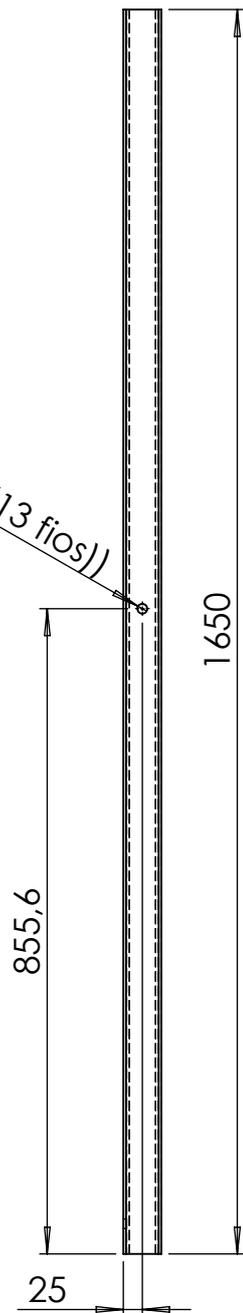


	<b>01.01.02.01 - Perfil Pilarete Direito</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil U Enrijecido:</b> <b>Espessura - 4,25 mm</b> <b>Dimensões - 127 mm x 50 mm x 17 mm</b> <b>x 1650 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°. Detalhe "A" em escala 1:5.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:10	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 130	



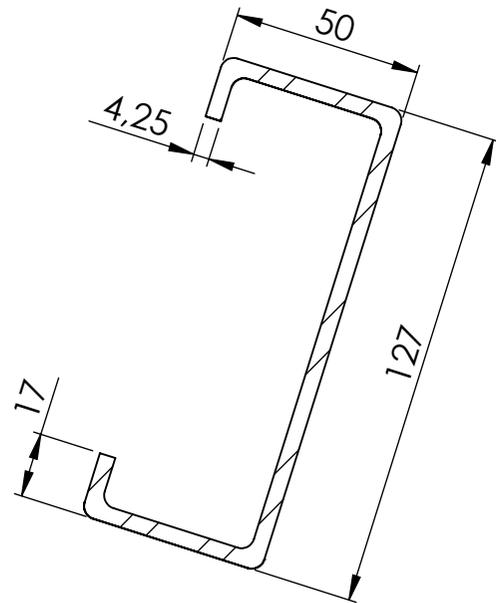
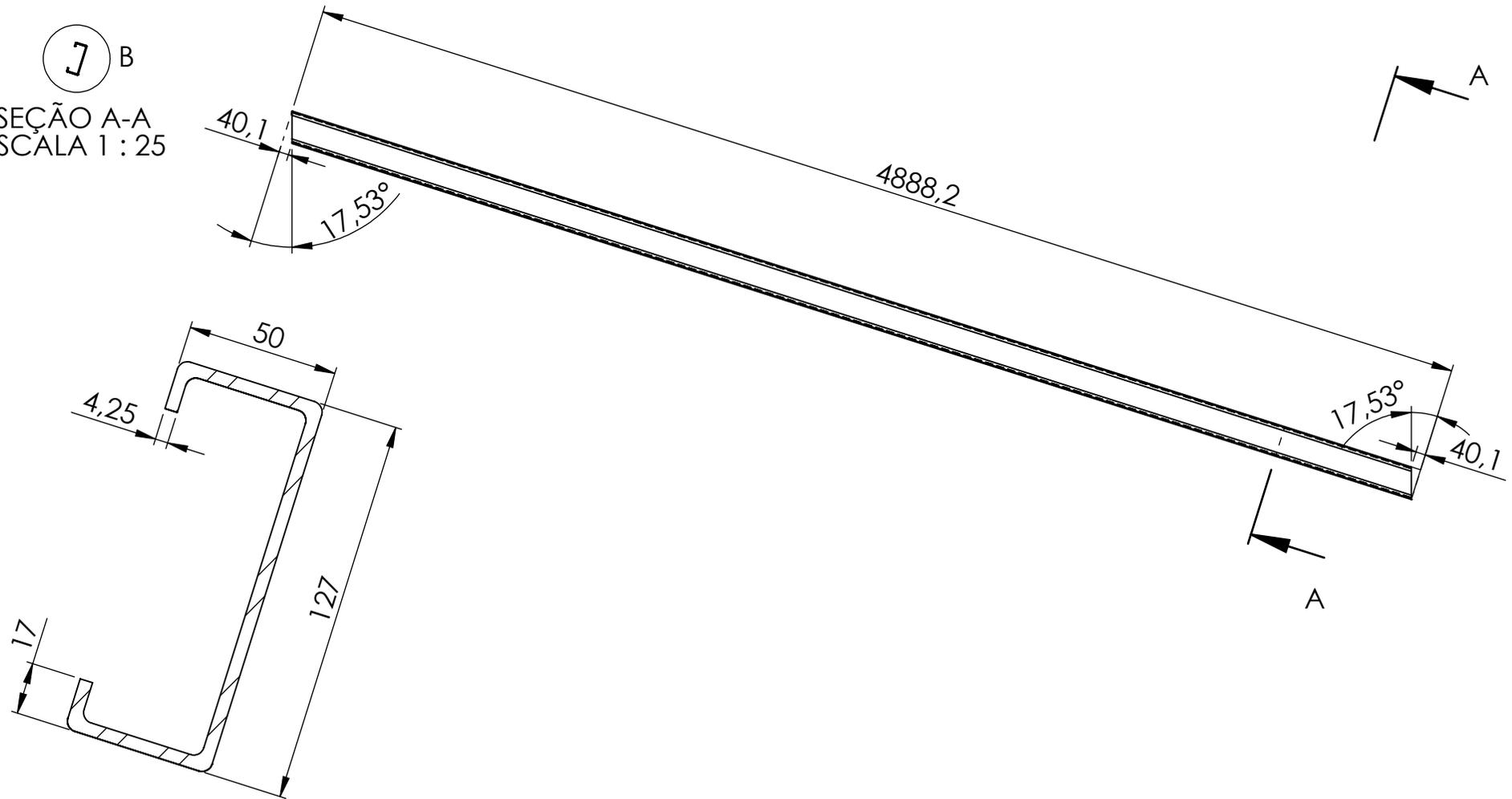
Detalhe "A"

$\varnothing 10.9$  (1/2" UNC (13 fios))



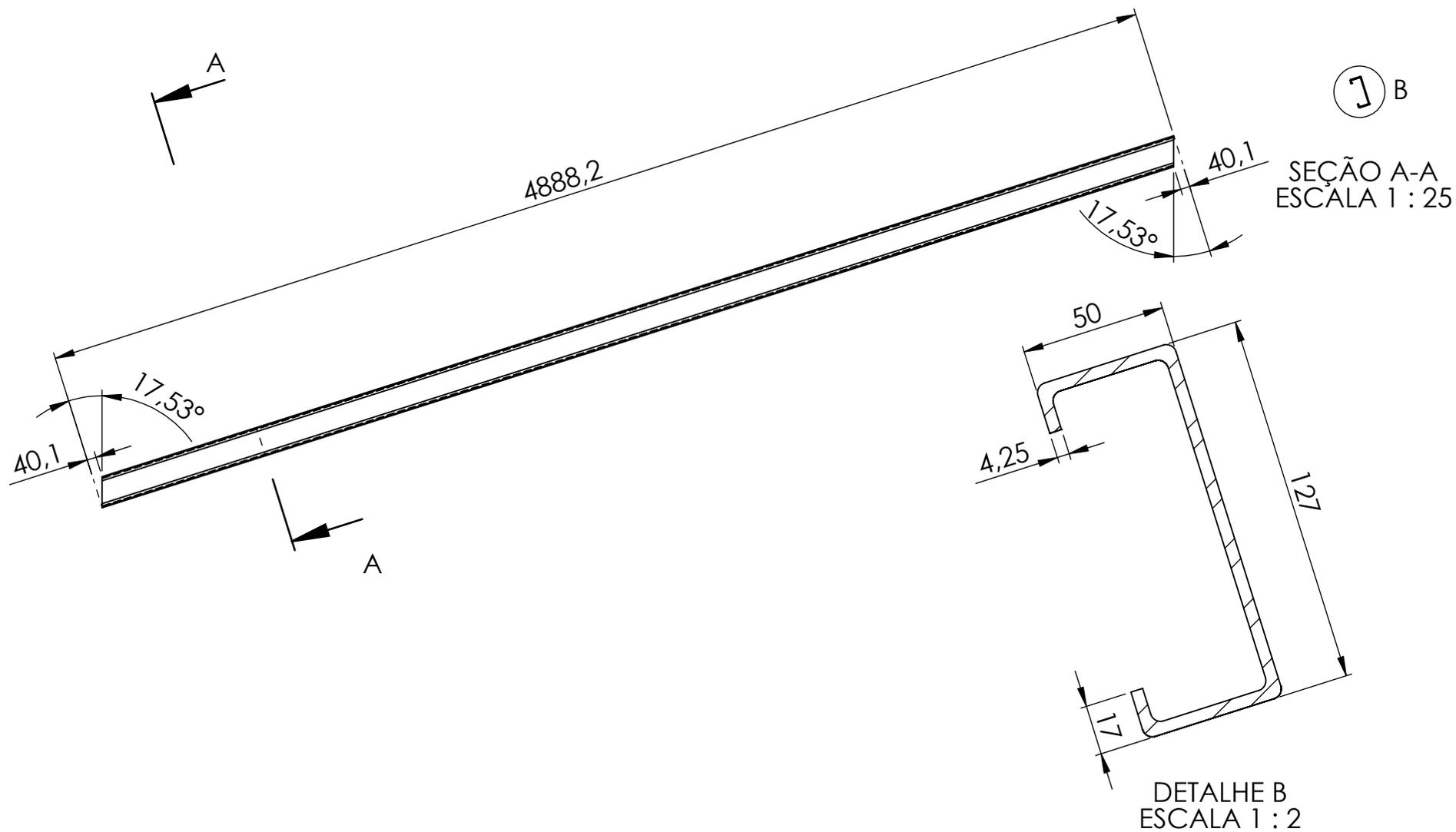
	<b>01.01.02.02 - Perfil Pilarete Esquerdo</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil U Enrijecido:</b> <b>Espessura - 4,25 mm</b> <b>Dimensões - 127 mm x 50 mm x 17 mm</b> <b>x 1650 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:10	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	Detalhe "A" em escala 1:5.
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 130	


  
 SEÇÃO A-A
   
 ESCALA 1 : 25

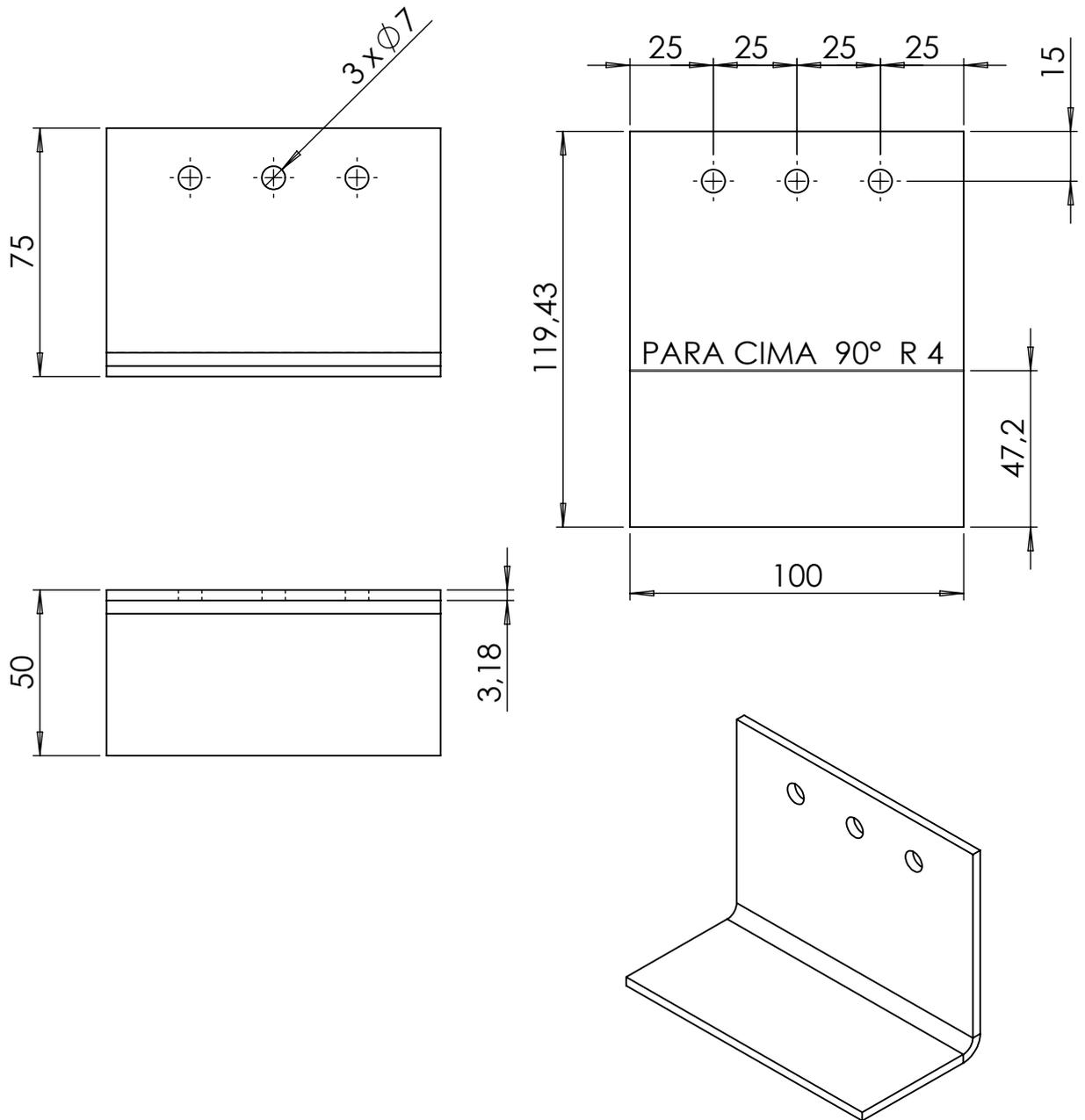


DETALHE B
   
 ESCALA 1 : 2

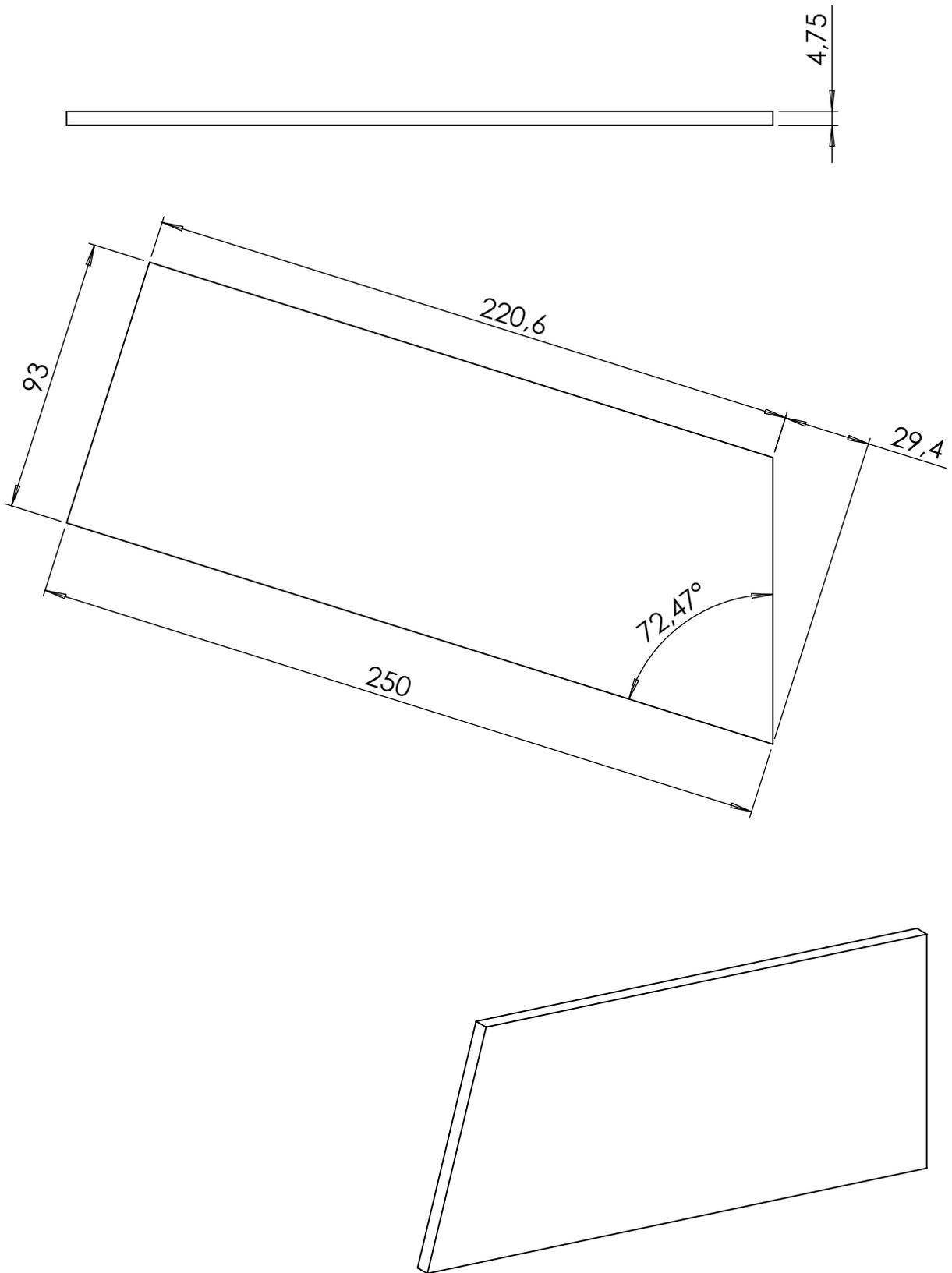
	<b>01.01.03.01 - Perfil Viga Trave Direito</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil U Enrijecido:</b> <b>Espessura - 4,25 mm</b> <b>Dimensões - 127 mm x 50 mm x 17 mm x 4888,2 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:25	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	Seção "A-A" em escala 1:25 e Detalhe "B" em escala 1:2.
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 130	As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.



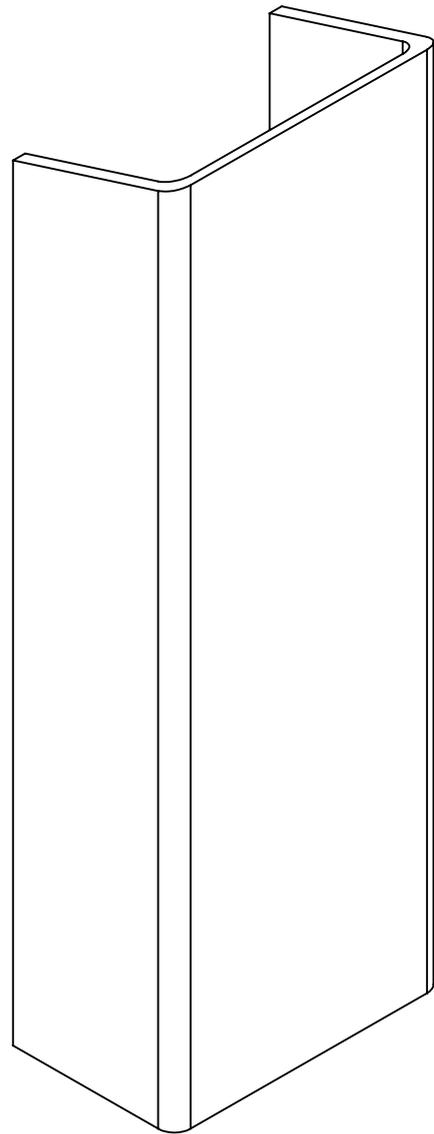
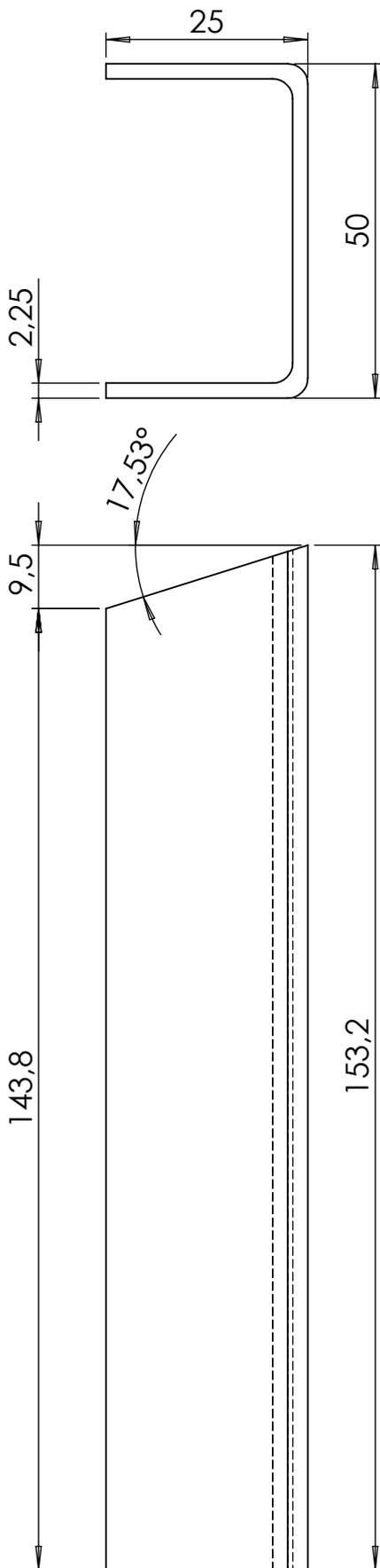
	<b>01.01.03.02 - Perfil Viga Trave Esquerdo</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil U Enrijecido:</b> <b>Espessura - 4,25 mm</b> <b>Dimensões - 127 mm x 50 mm x 17 mm x 4888,2 mm</b>  Seção "A-A" em escala 1:25 e Detalhe "B" em escala 1:2  As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:25	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 130	



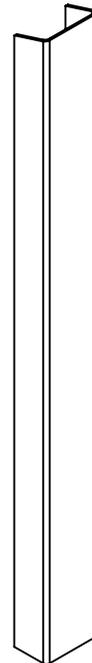
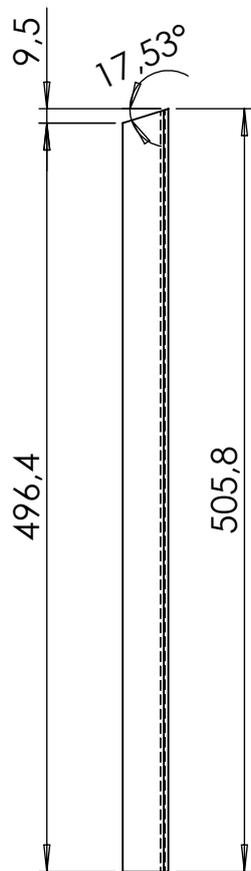
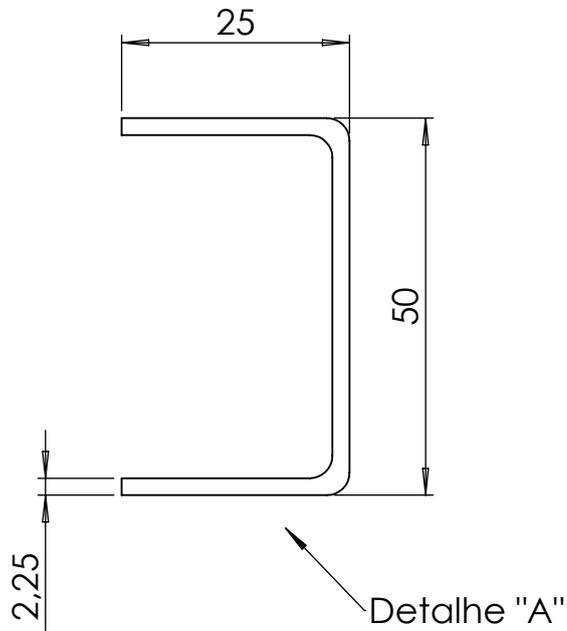
	<b>01.01.04 - Chapa Dobrada Suporte Terça</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 3,18 mm (1/8")</b> <b>Dimensões - 119,43 mm x 100 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 25/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 780		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



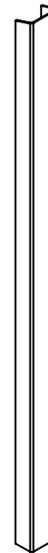
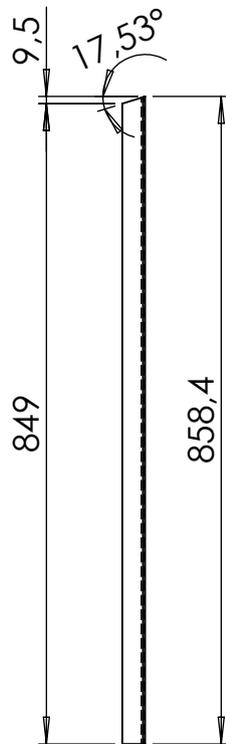
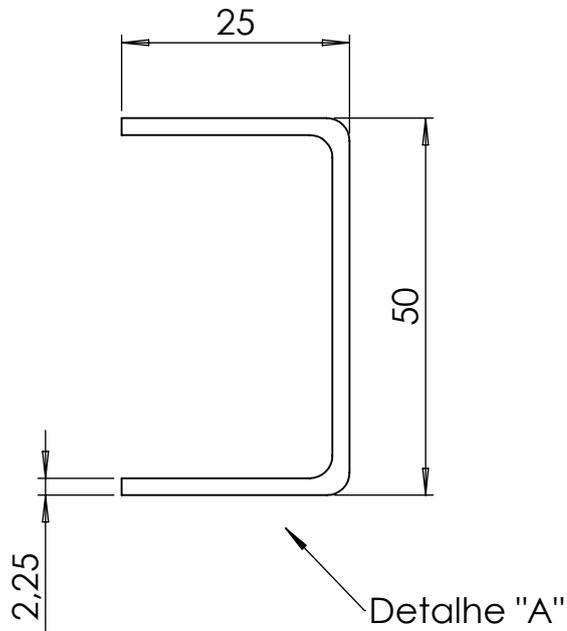
	<b>01.01.05 - Chapa Reforço Viga Trave</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 4,75 mm (3/16")</b> <b>Dimensões - 250 mm x 93 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 25/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 520		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



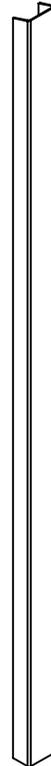
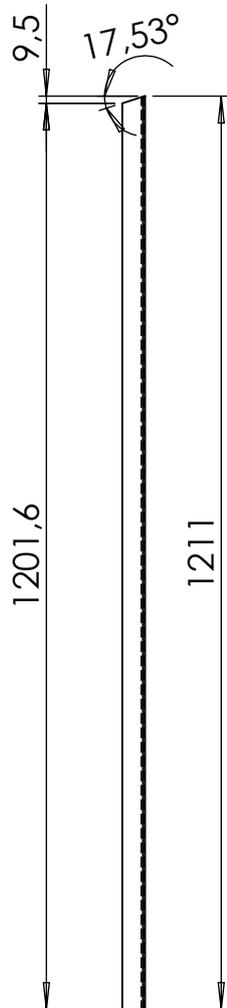
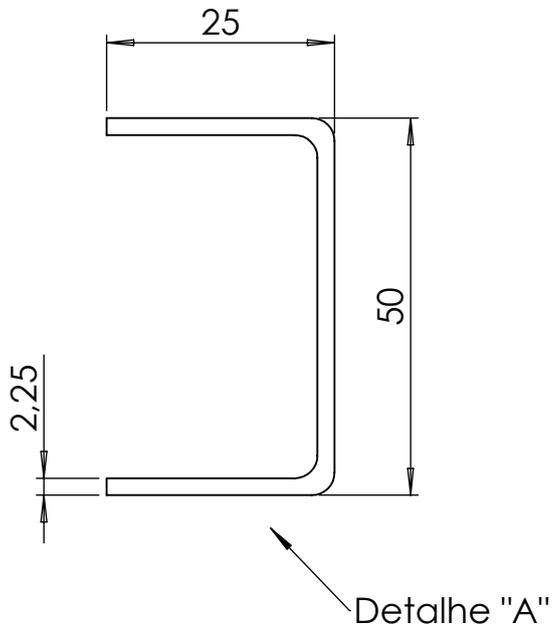
	<b>01.01.06.01 - Perfil Fechamento Extremidade 1</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 50 mm x 25 mm x 153,2 mm</b> As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:1	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 40	



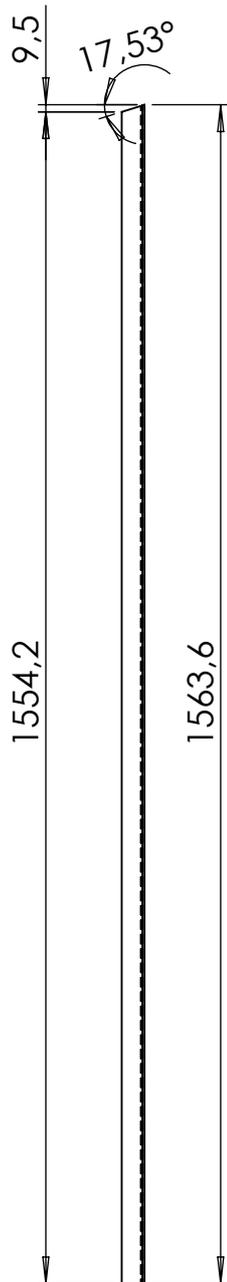
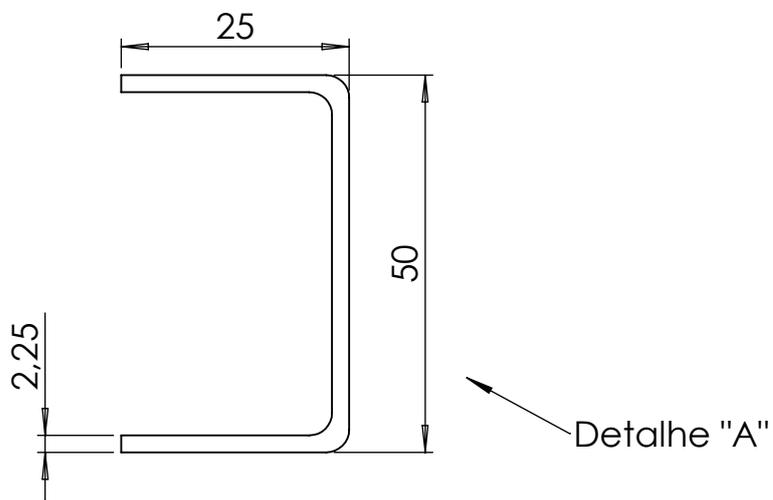
	<b>01.01.06.02 - Perfil Fechamento Extremidade 2</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 50 mm x 25 mm x 505,8 mm</b>  As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.  Detalhe "A" em escala 1:1
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:5	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 40	



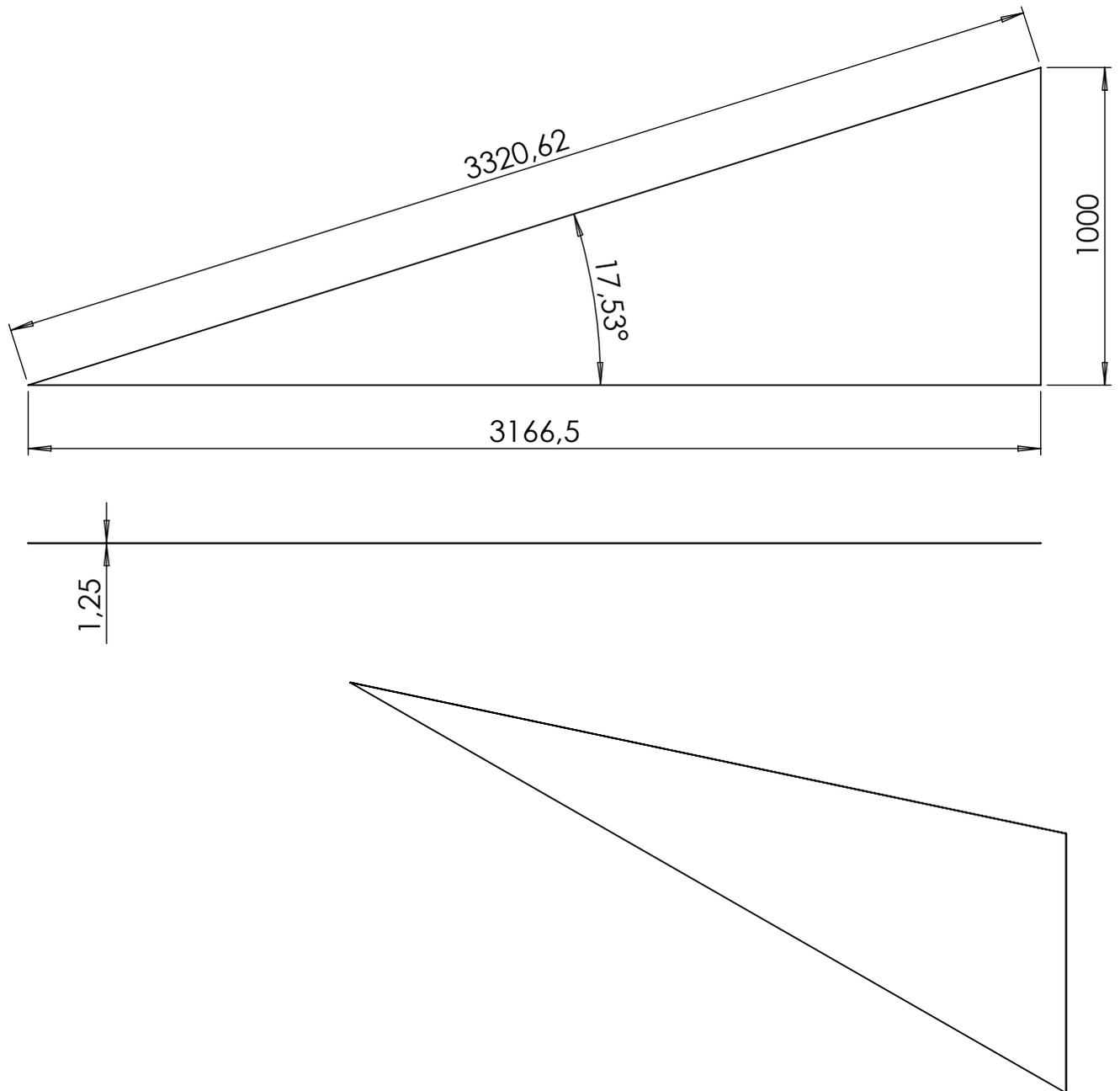
	<b>01.01.06.03 - Perfil Fechamento Extremidade 3</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 50 mm x 25 mm x 858,4 mm</b>  As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.  Detalhe "A" em escala 1:1
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:10	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 40		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



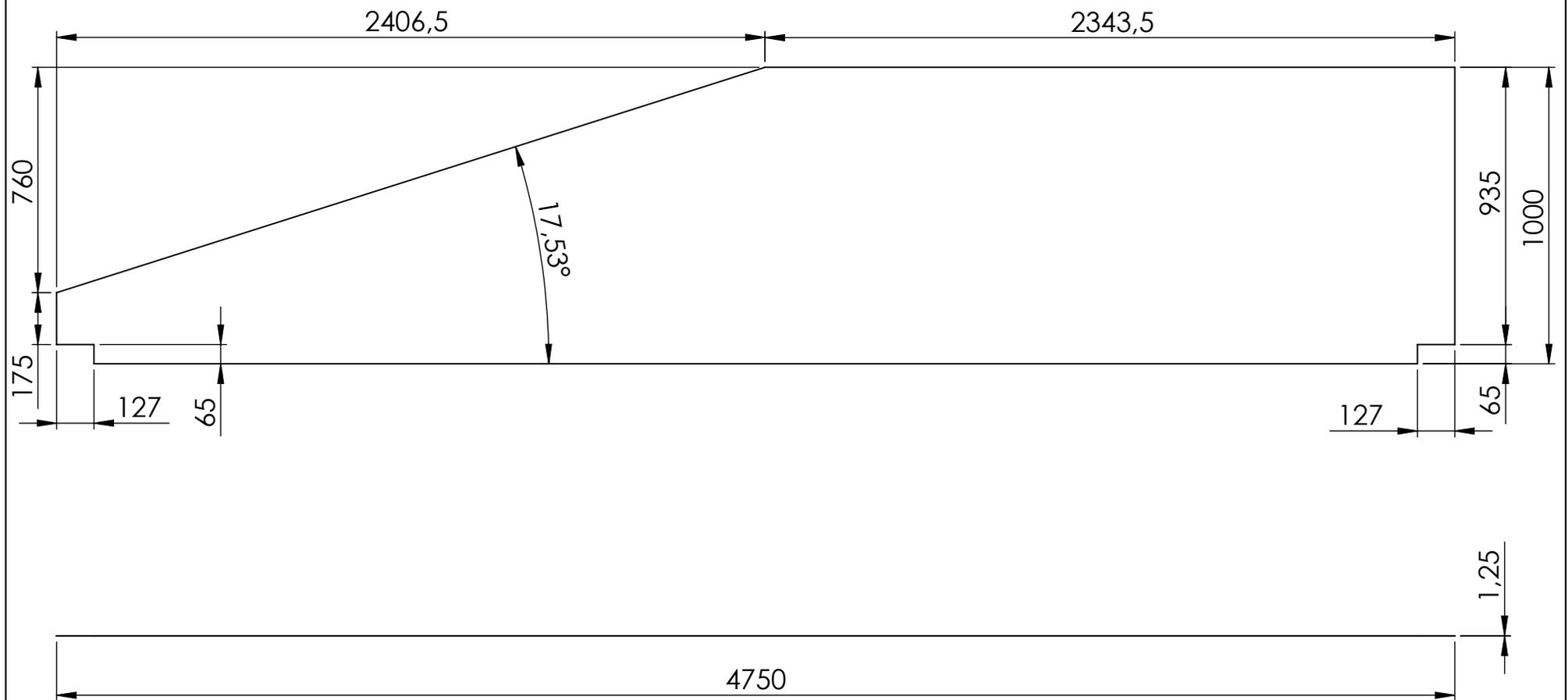
	<b>01.01.06.04 - Perfil Fechamento Extremidade 4</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 50 mm x 25 mm x 1211 mm</b>  As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.  Detalhe "A" em escala 1:1
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:10	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 40	



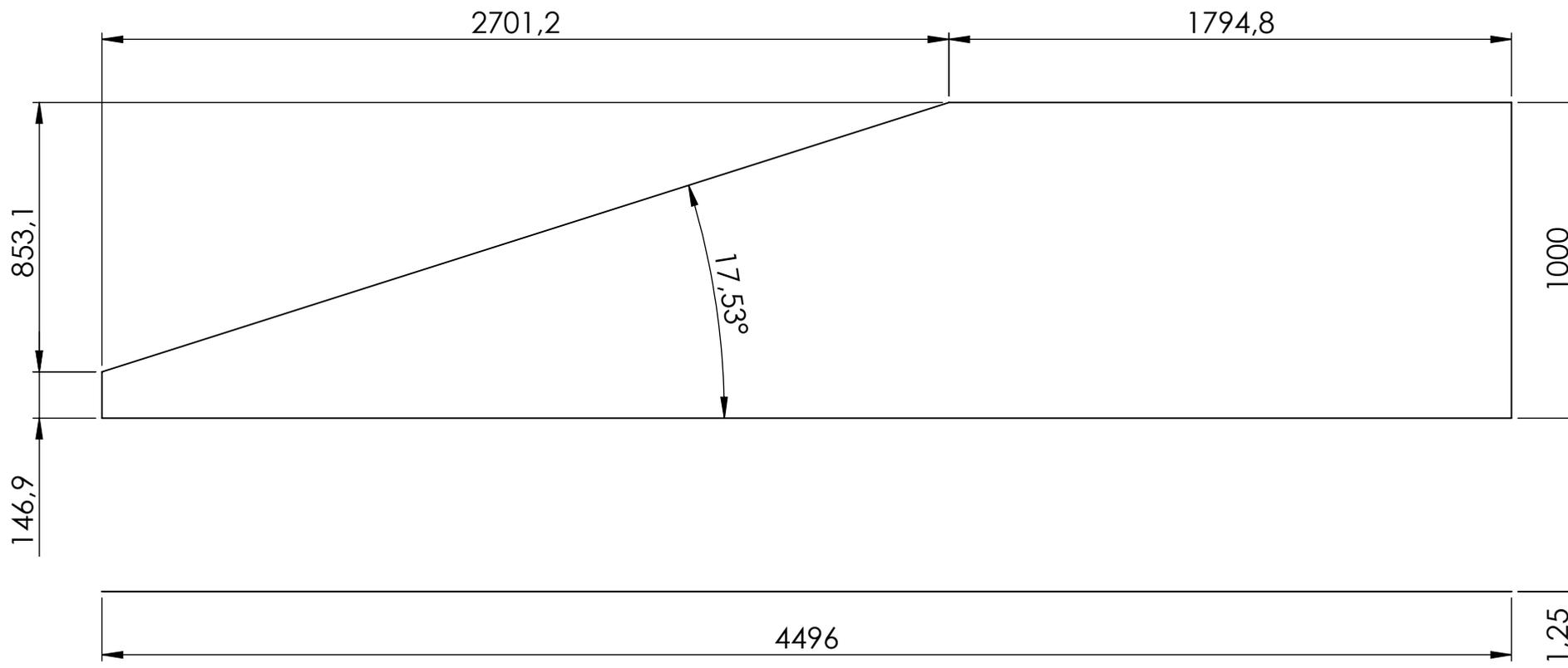
	<b>01.01.06.05 - Perfil Fechamento Extremidade 5</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 50 mm x 25 mm x 1563,6 mm</b>  As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.  Detalhe "A" em escala 1:1
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:10	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 40	



	<b>01.01.06.06 - Chapa Fechamento Extremidade 1</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,25 mm (18)</b> <b>Dimensões - 3166,5 mm x 1000 mm</b>  As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 10		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



	<b>01.01.06.07 - Chapa Fechamento Extremidade 2</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,25 mm (18)</b> <b>Dimensões - 4750 mm x 1000 mm</b>  As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 10	



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

01.01.06.08 - Chapa Fechamento Extremidade 3

**UNIDADE** mm

**ESCALA** 1:20

**PROJETISTA** Felipe Mallmann

**DATA** 27/07/2020

**MATERIAL** AÇO GALVANIZADO

**QTD** 60

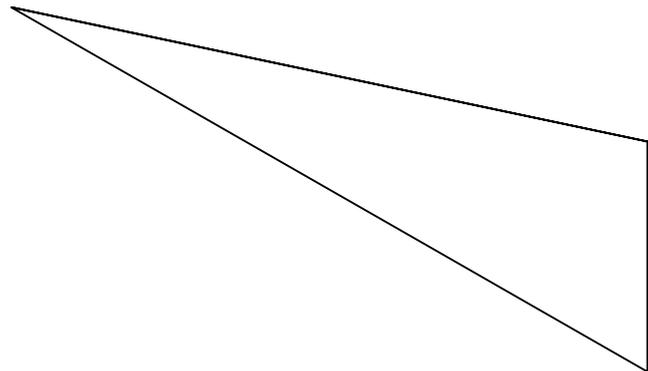
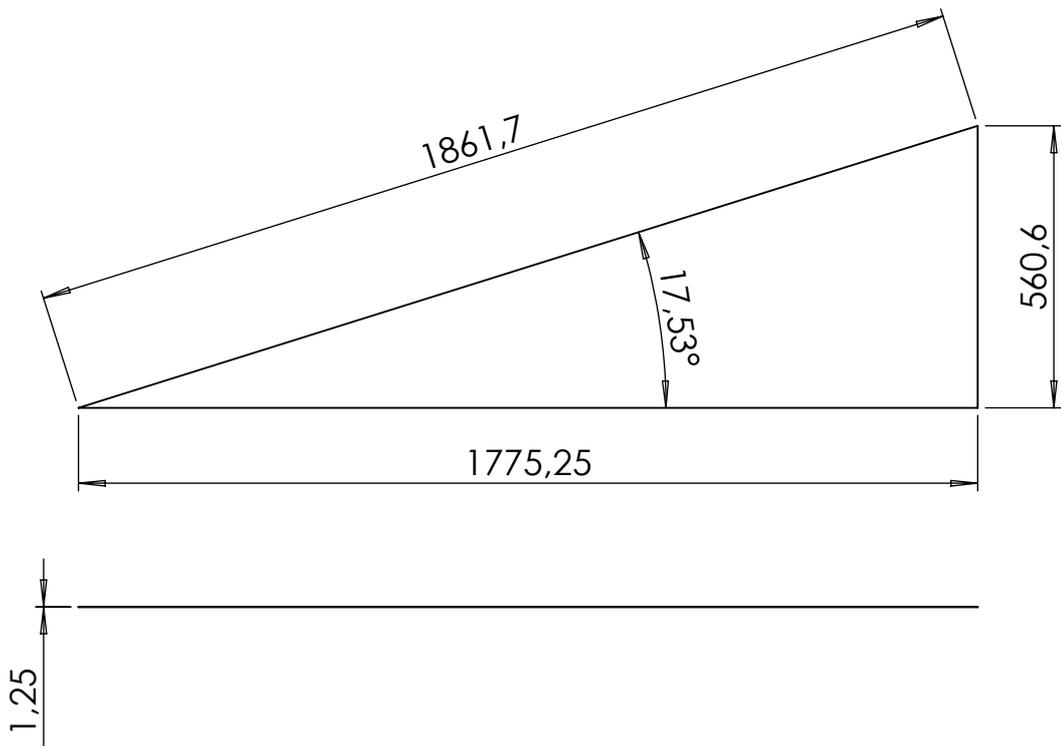
**OBSERVAÇÕES:**

Chapa Lisa:

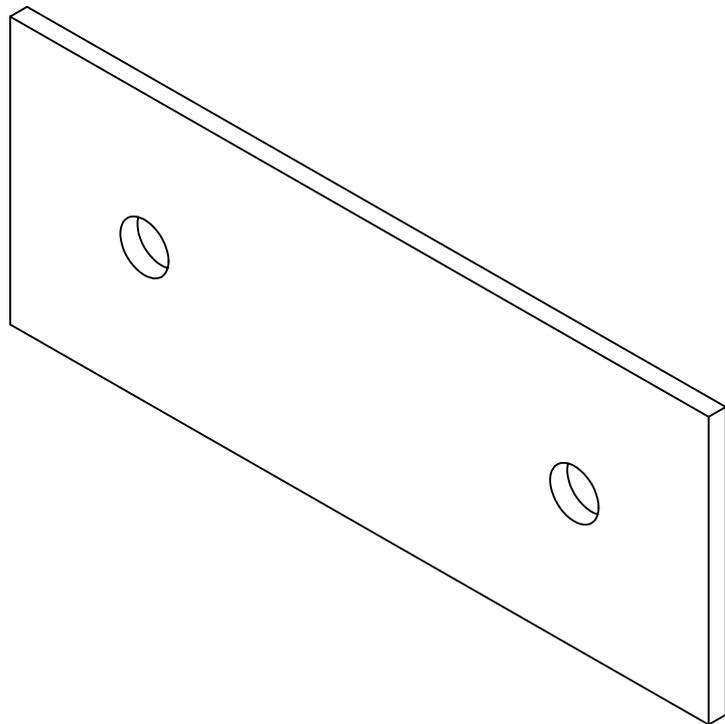
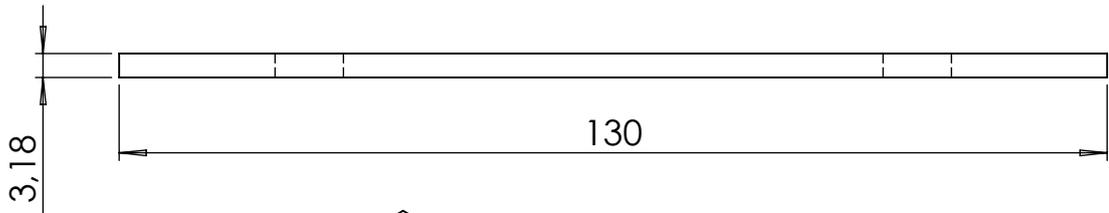
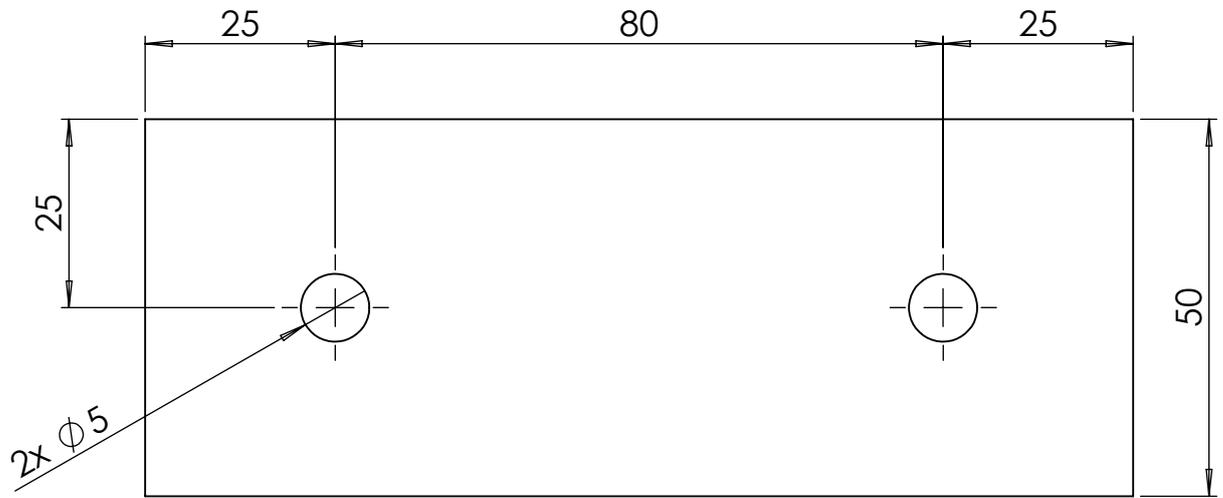
**Espessura - 1,25 mm (18)**

**Dimensões - 4496 mm x 1000 mm**

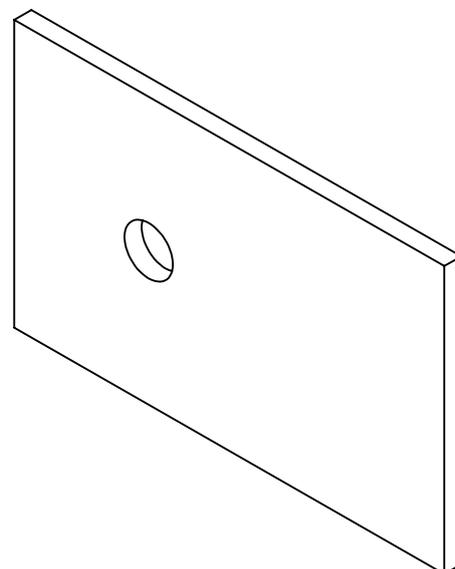
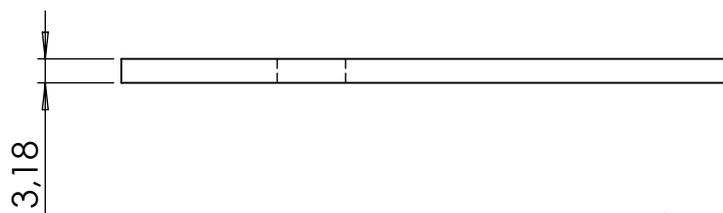
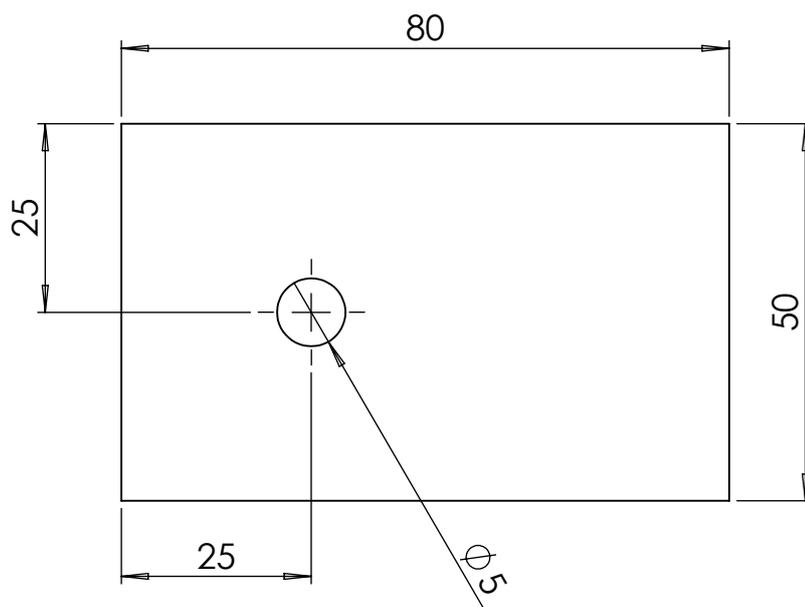
As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.



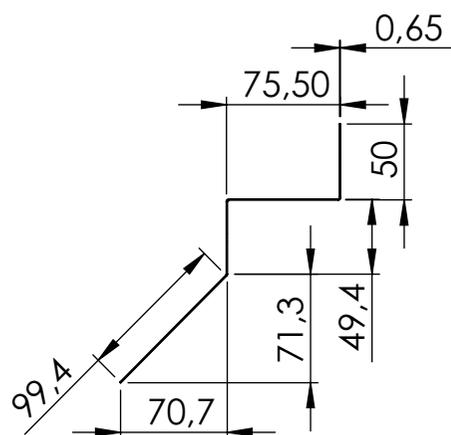
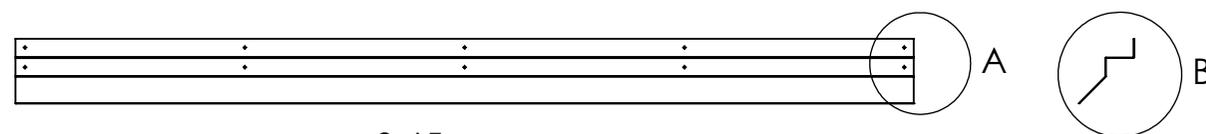
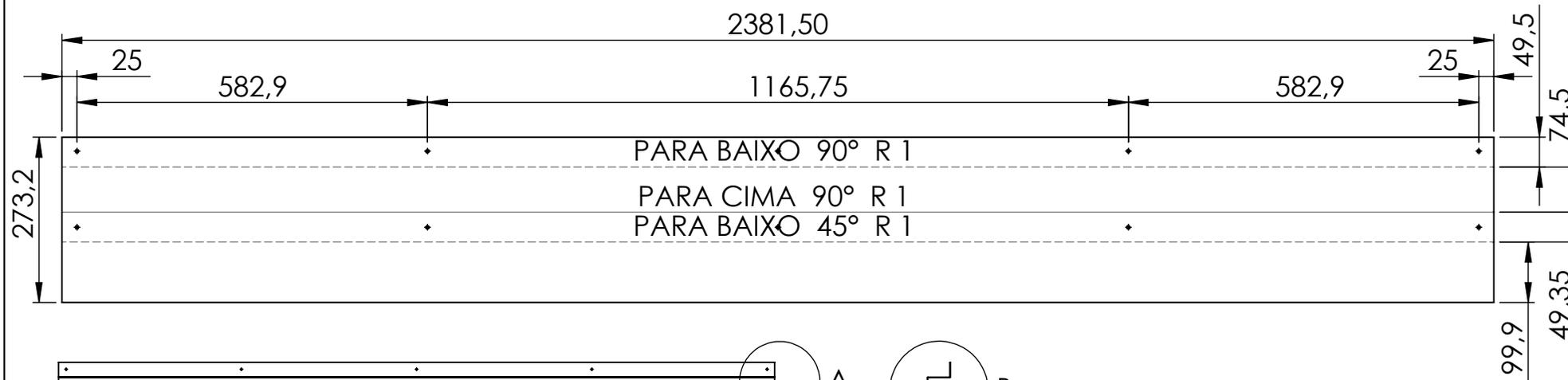
	<b>01.01.06.09 - Chapa Fechamento Extremidade 4</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,25 mm (18)</b> <b>Dimensões - 1775,25 mm x 560,6 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:15	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	As medidas influenciadas pelo ângulo poderão sofrer alterações conforme a medida do vão entre as sapatas em questão.
	<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 60	



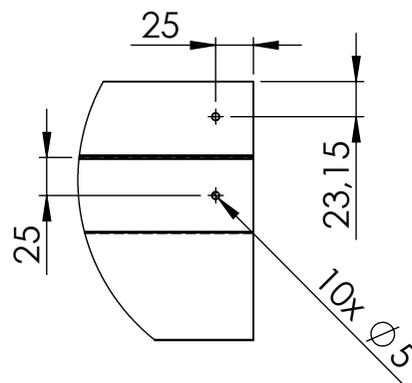
	01.01.06.10 - Chapa Maior Fixação Perfil Extremidade		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Chapa Lisa: Espessura - 3,18 mm (1/8") Dimensões - 130 mm x 50 mm Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.	
	UNIDADE	mm		ESCALA
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	27/07/2020
	MATERIAL	AÇO ASTM A36	QTD	120



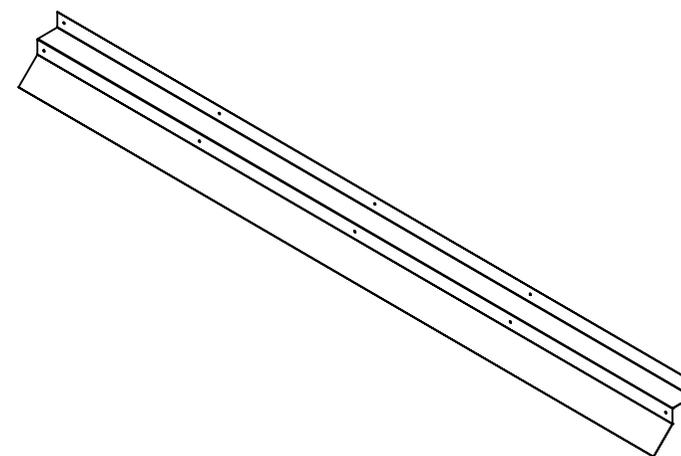
	<b>01.01.06.11 - Chapa Menor Fixação Perfil Extremidade</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 3,18 mm (1/8")</b> <b>Dimensões - 80 mm x 50 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:1	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 80	



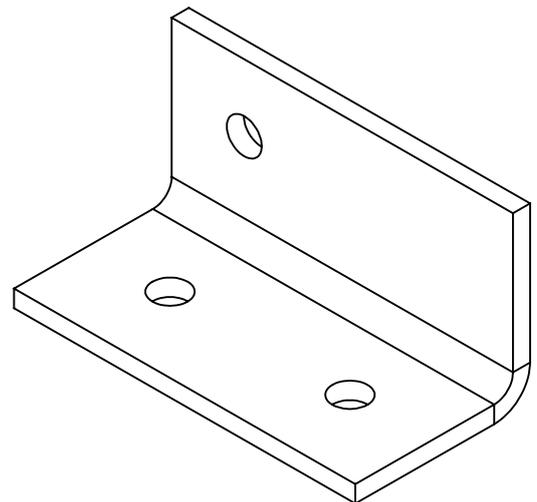
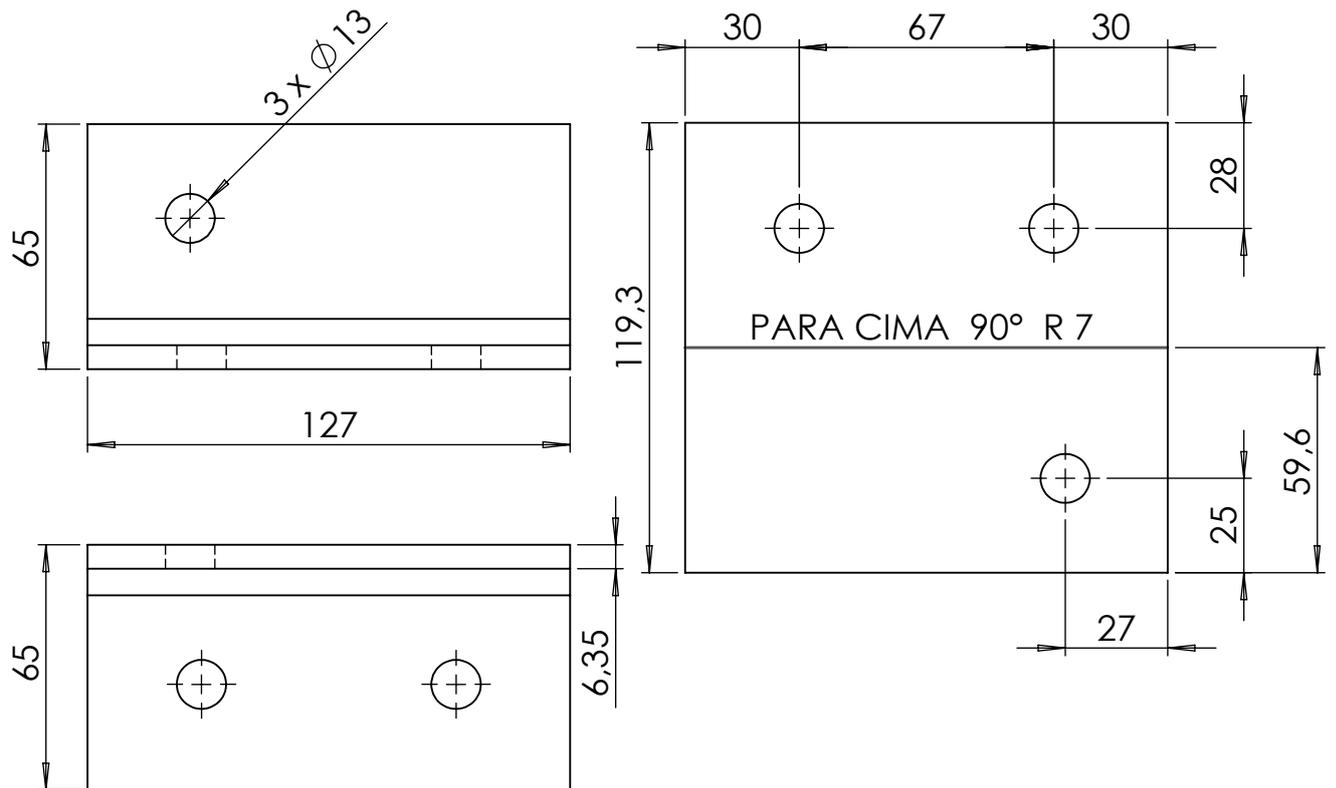
DETALHE B  
ESCALA 1 : 5



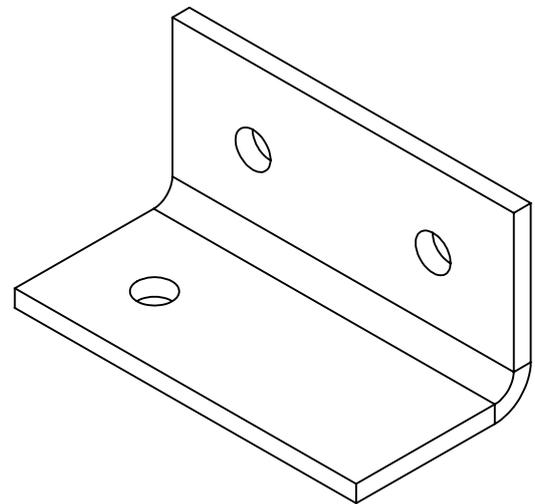
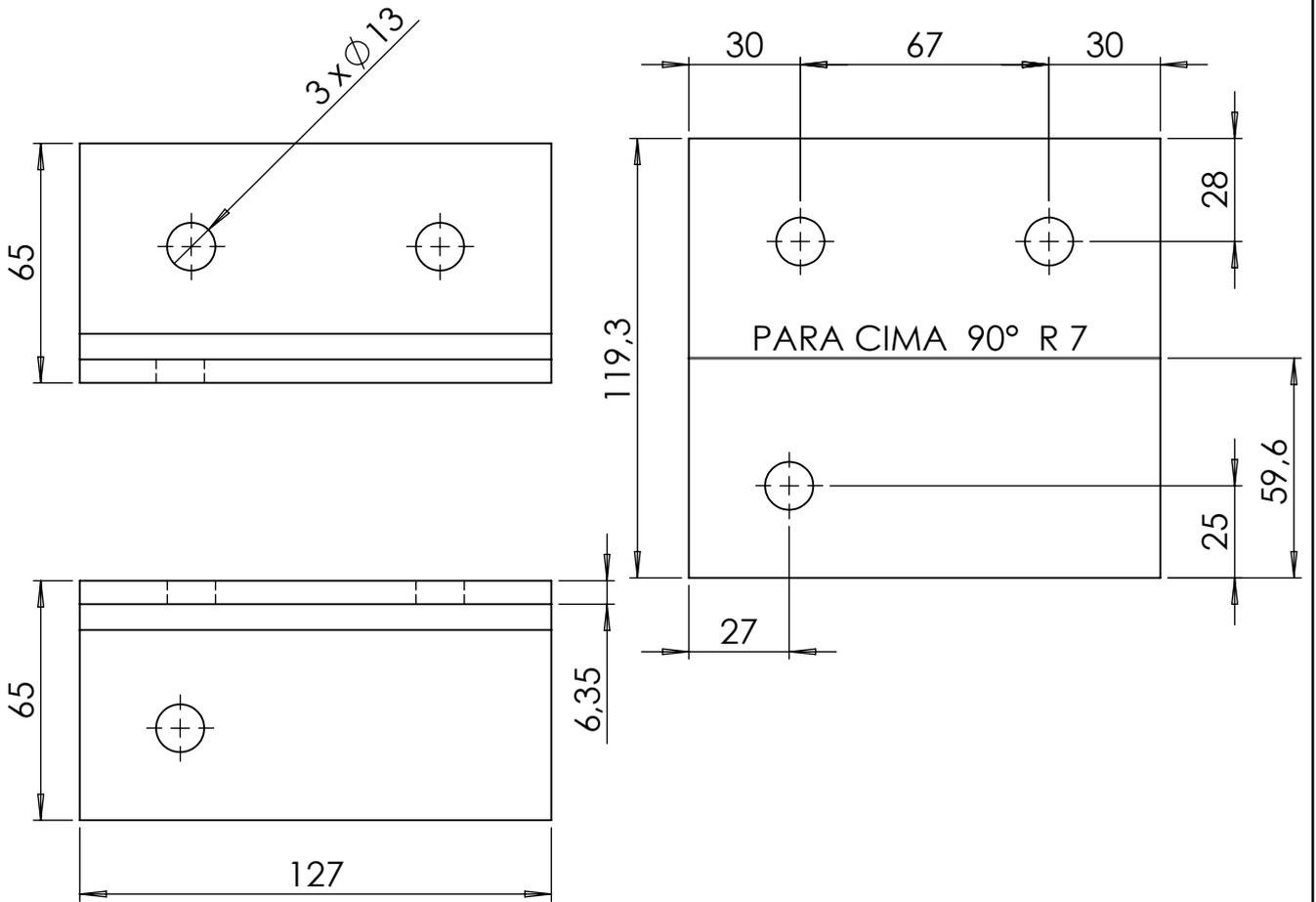
DETALHE A  
ESCALA 1 : 5



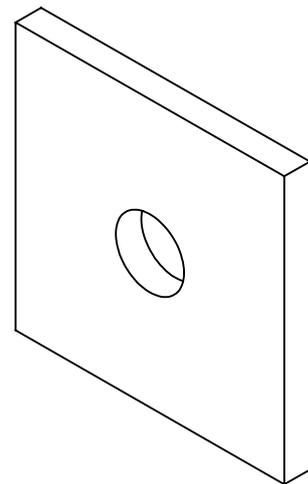
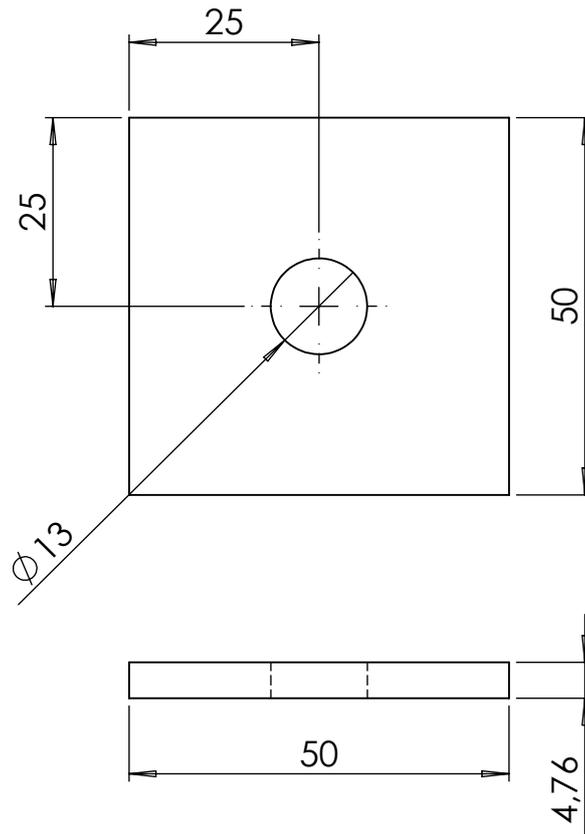
	<b>01.01.06.12 - Rufo Lateral Viga</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 0,65 mm (24)</b> <b>Dimensões - 2381,5 mm x 273,2 mm</b>  <b>Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°</b>  <b>Detalhe "A" e "B" em escala 1:5.</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 05/08/2020	
	<b>MATERIA</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20	



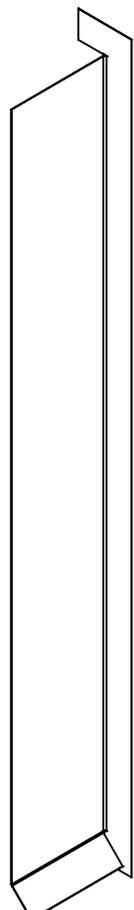
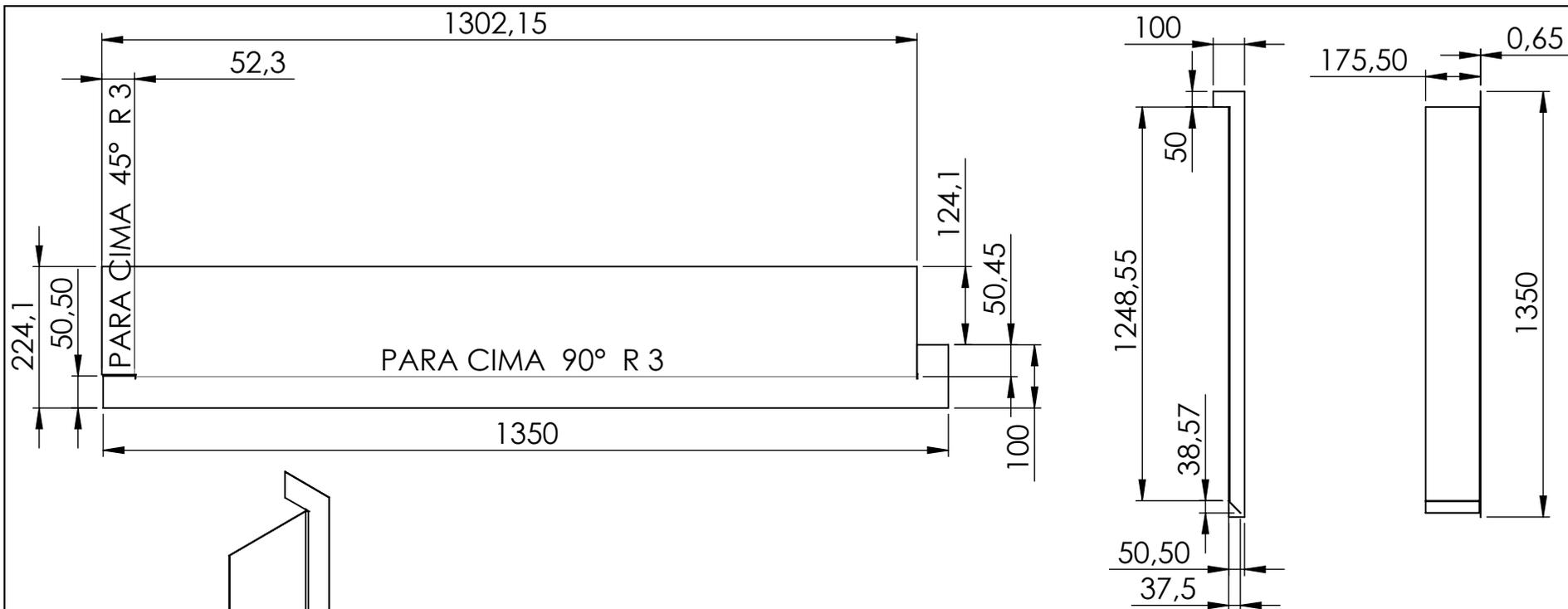
	<b>01.01.07 - Chapa Dobrada Suporte Pilarete Esquerdo</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 6,35 mm (1/4")</b> <b>Dimensões - 119,3 mm x 127 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 25/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 80		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



	<b>01.01.08 - Chapa Dobrada Suporte Pilarete Direito</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 6,35 mm (1/4")</b> <b>Dimensões - 119,3 mm x 127 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 25/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 80		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



	<b>01.03.01 - Chapa Arruela Chumbadores</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 4,76 mm (3/16")</b> <b>Dimensões - 50 mm x 50 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:1	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO ASTM A36	<b>QTD</b> 360	



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

**01.04.01 - Chapa Fechamento Pilarete Parede**

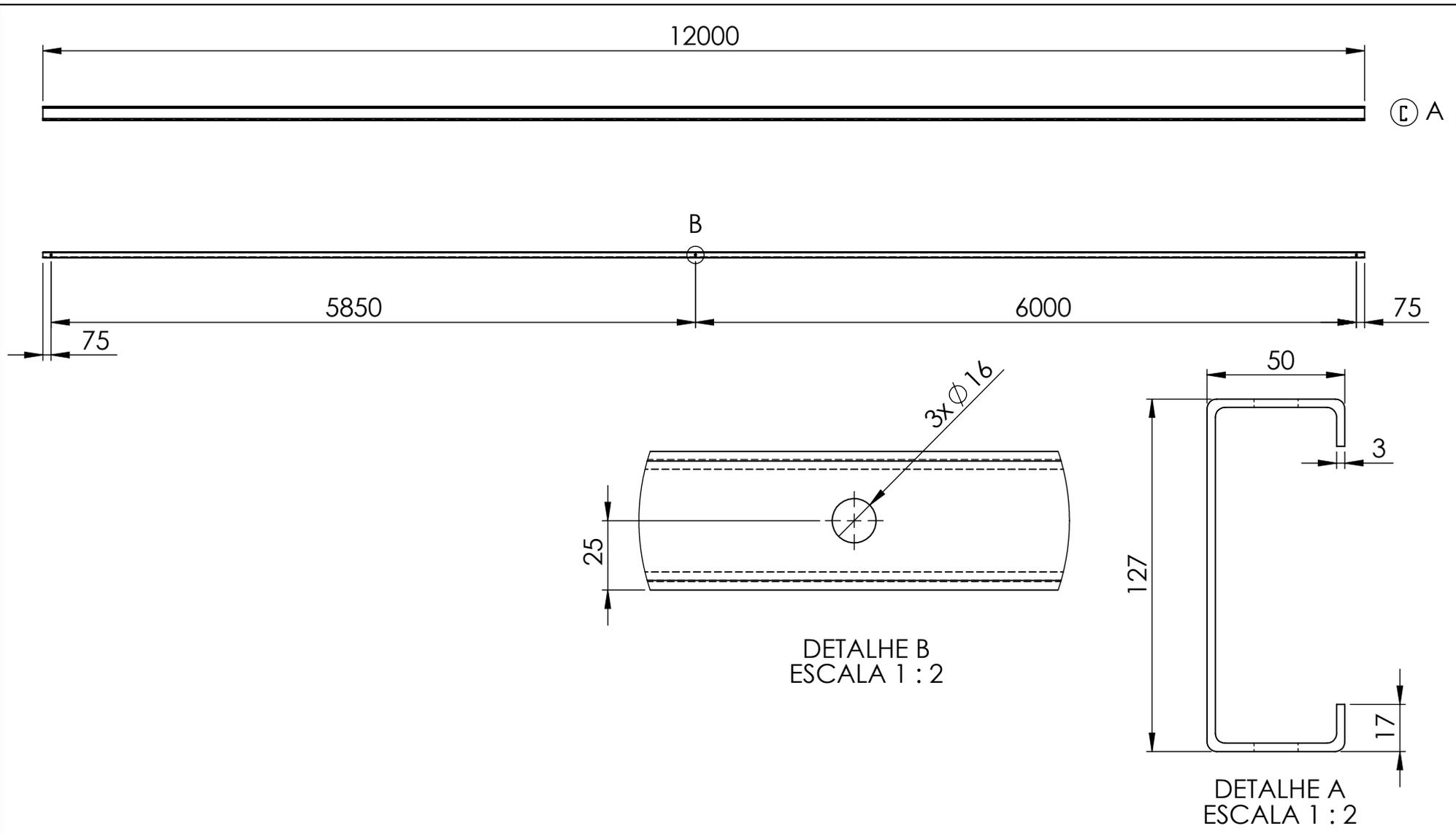
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b>	1:10
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>	05/08/2020
<b>MATERIA</b>	AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b>	10

**OBSERVAÇÕES:**

**Chapa Lisa:**

**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 1350 mm x 224,1 mm**

**Os furos serão realizados na montagem.**



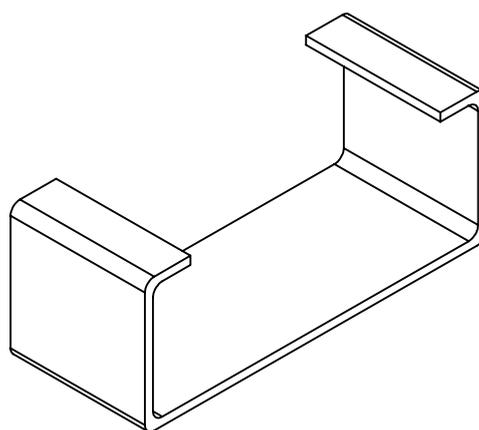
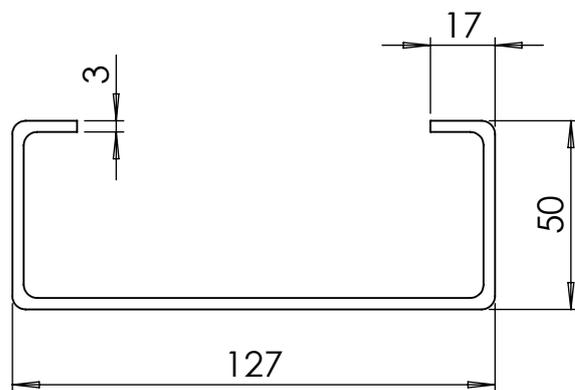
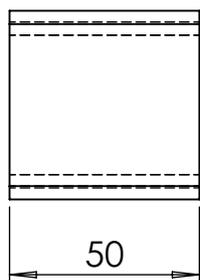
**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

<b>01.05.01 - Perfil Viga Frontal Superior</b>		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 1:50
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 31/07/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço ASTM A36	<b>QTD</b> 30

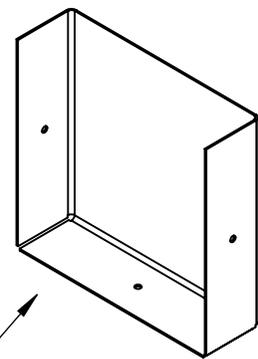
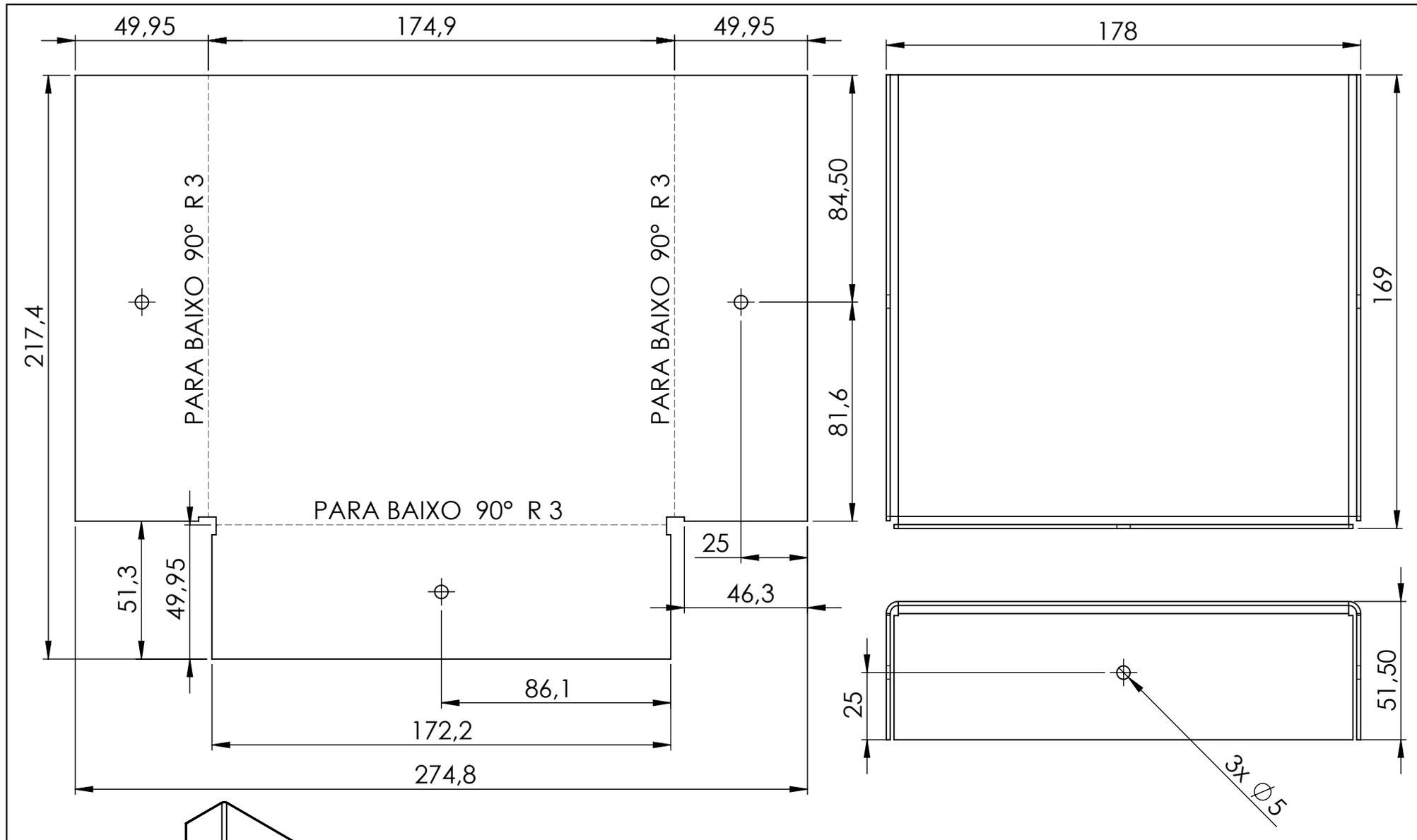
**OBSERVAÇÕES:**

**Perfil U Enrijecido:**  
**Espessura - 3 mm**  
**Dimensões - 127 mm x 50 mm x 17 mm x 12000 mm**

Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.  
 Detalhe "A" e Detalhe "B" em escala 1:2.  
 Os furos são passantes nas duas abas do perfil.

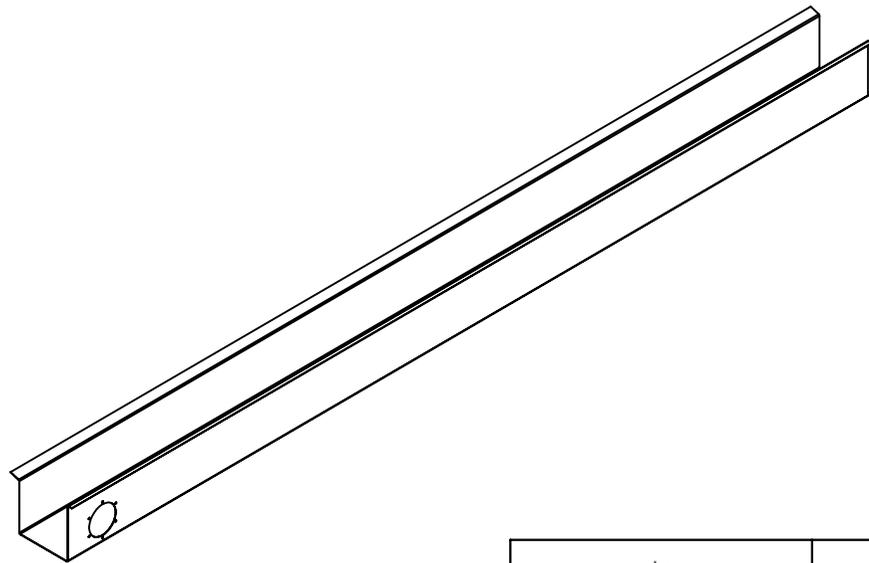
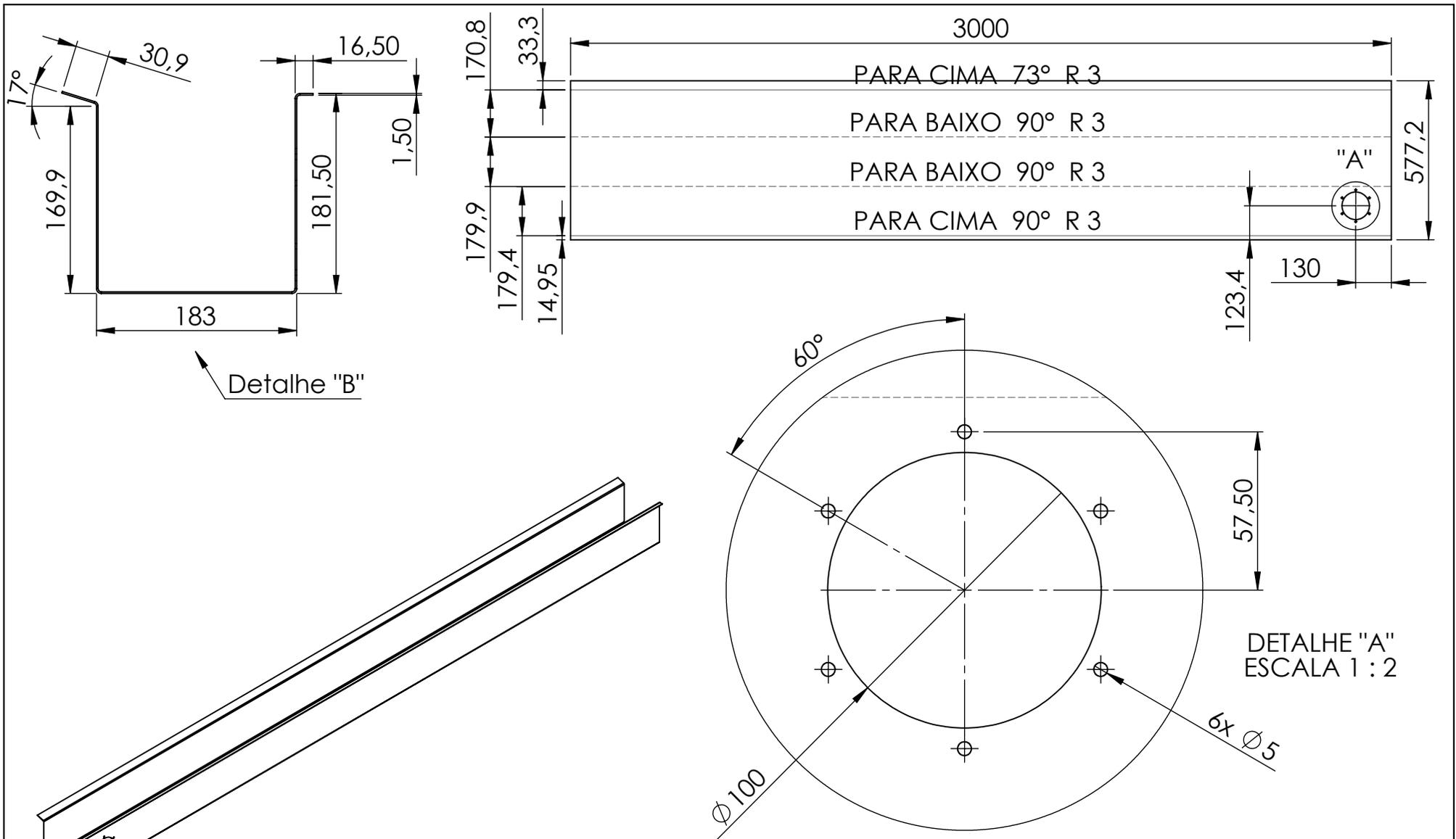


	<b>01.05.02 - Perfil Viga Frontal Superior Menor</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil U Enrijecido:</b> <b>Espessura - 3 mm</b> <b>Dimensões - 127 mm x 50 mm x 17 mm</b> <b>x 50 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 31/07/2020		
<b>MATERIAL</b> Aço ASTM A36	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			

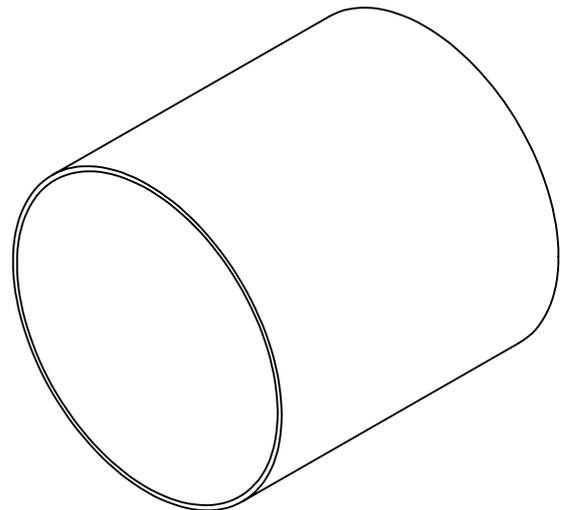
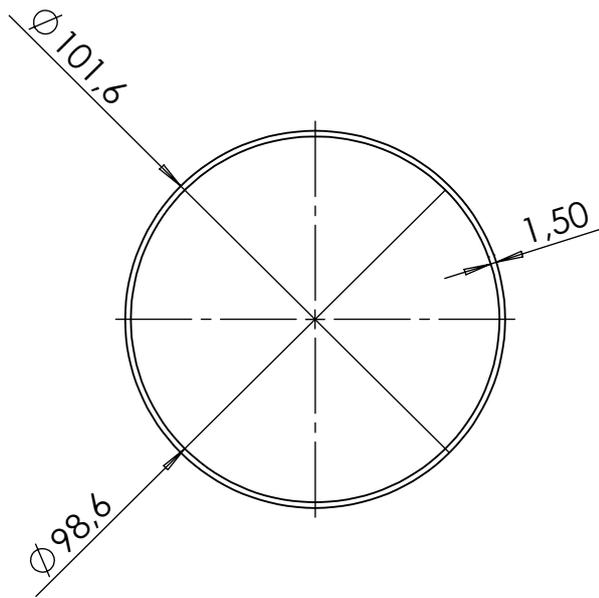


Detalhe "A"

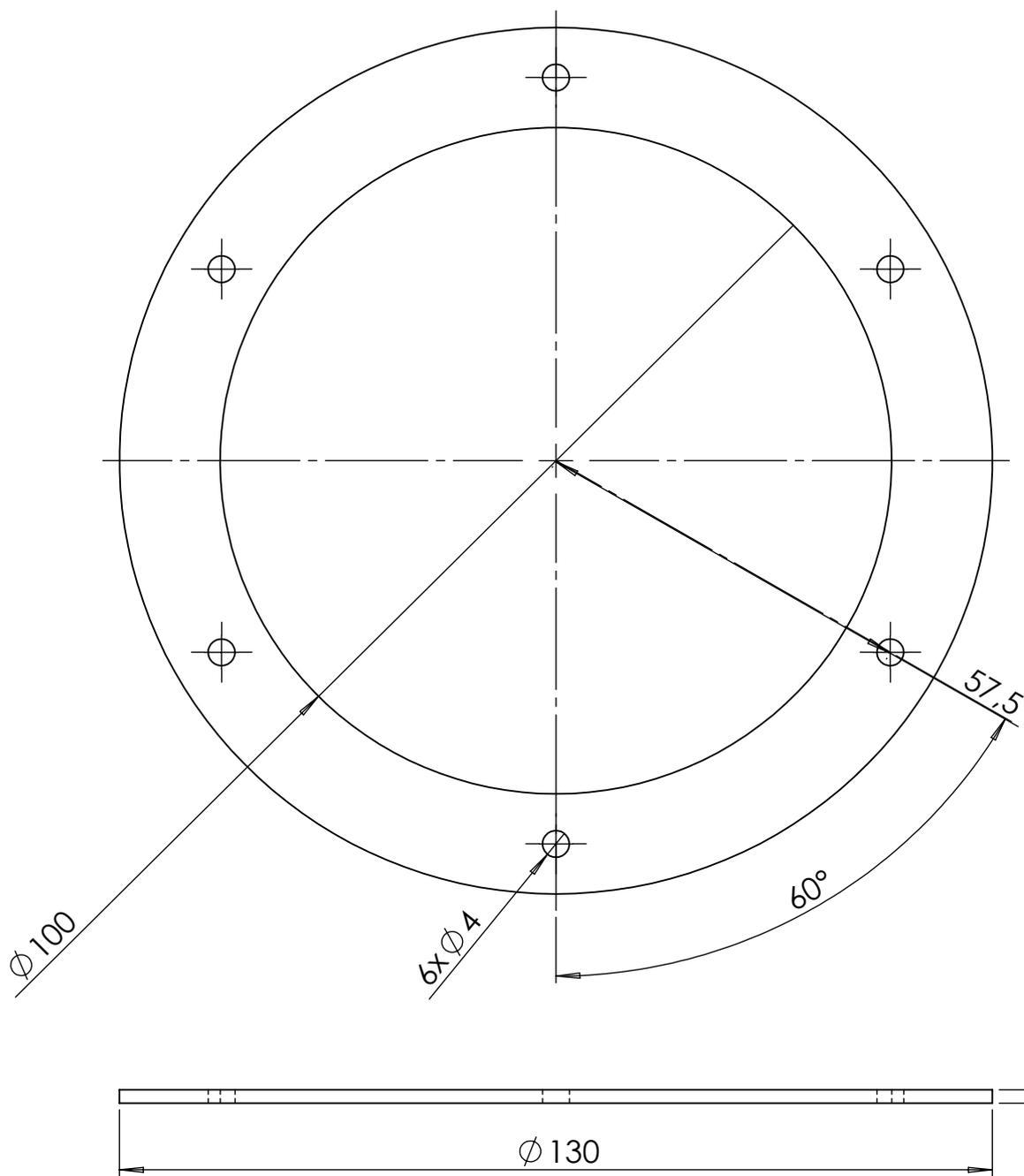
 <b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>01.06.01.01 - Chapa Tampa Calha Direita</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 217,4 mm x 274,8 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.  Detalhe "A" em escala 1:5
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 10	



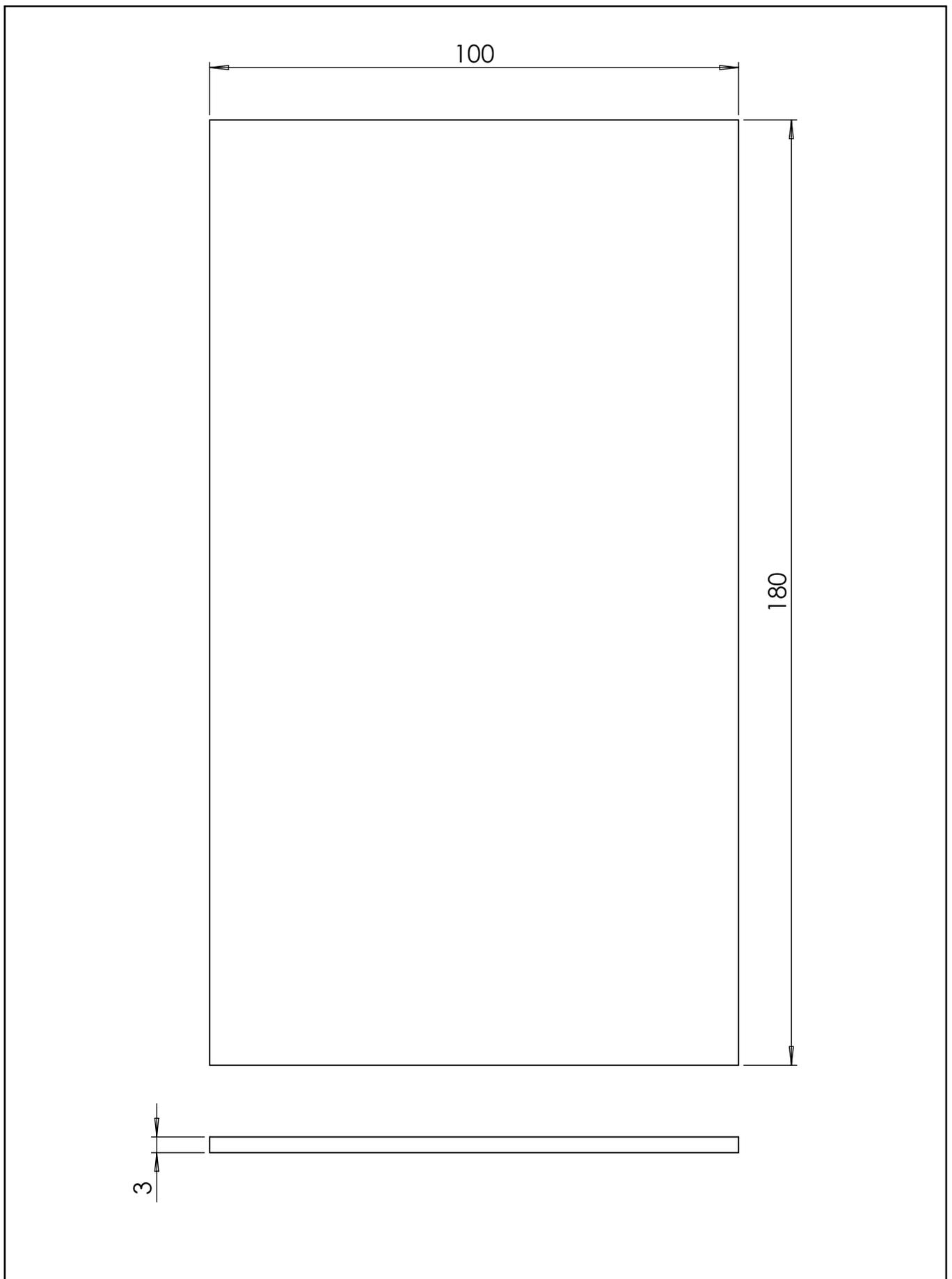
	<b>01.06.01.02 - Chapa Calha Direita</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 3000 mm x 577,2 mm</b>  Detalhe "B" em escala 1:5
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 10		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



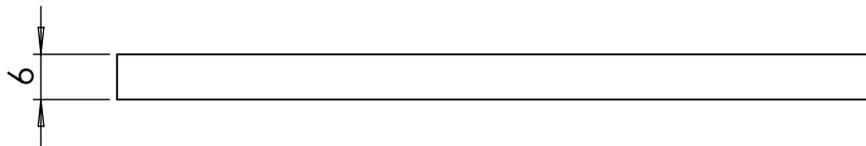
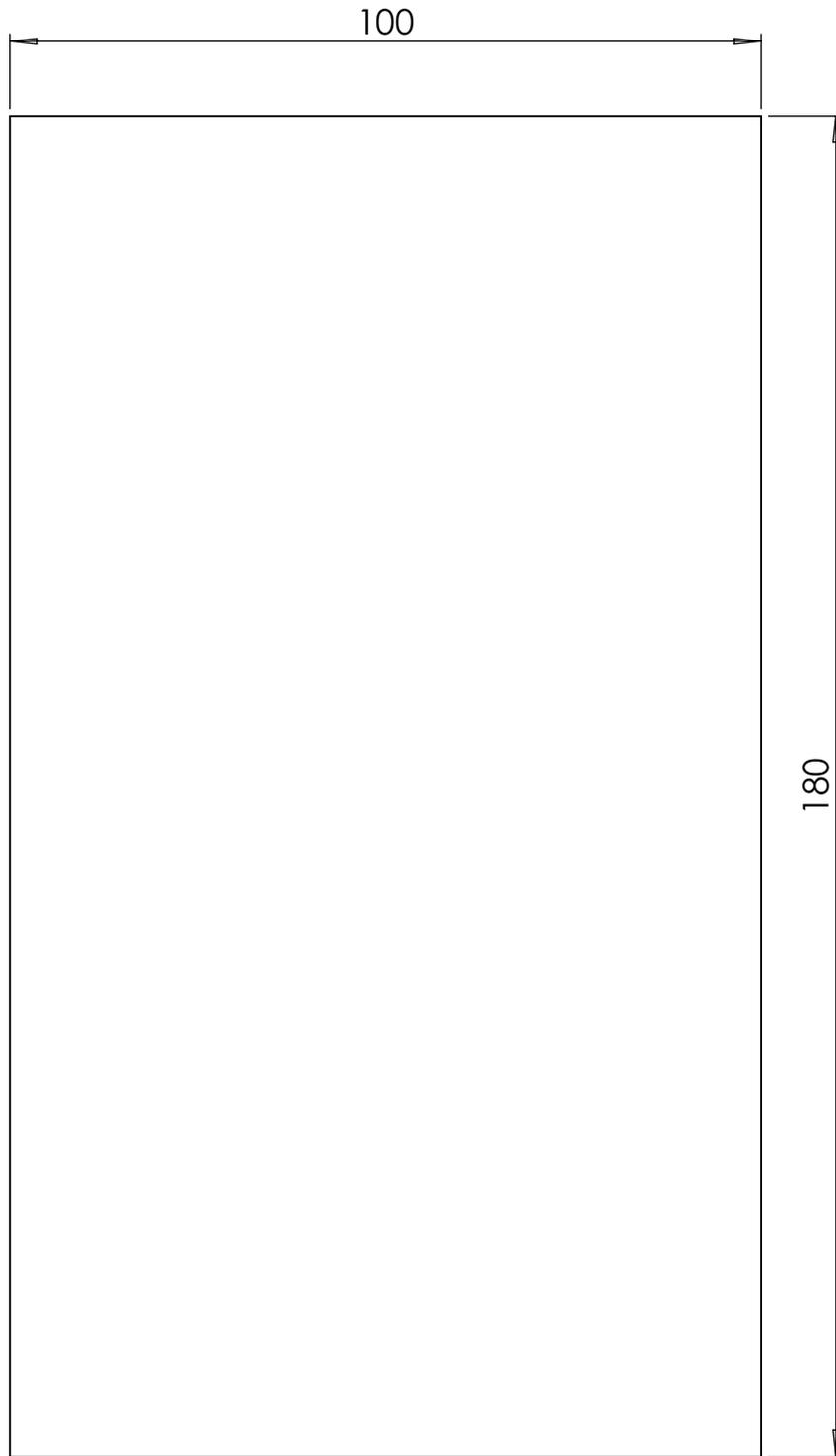
	<b>01.11.01.03 - Tubo Calha</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Tubo:</b>  <b>Dimensões -</b>  <b>Tubo redondo Ø 101,6 mm (4") x</b> <b>parede 1,5 mm x 103 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 05/08/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



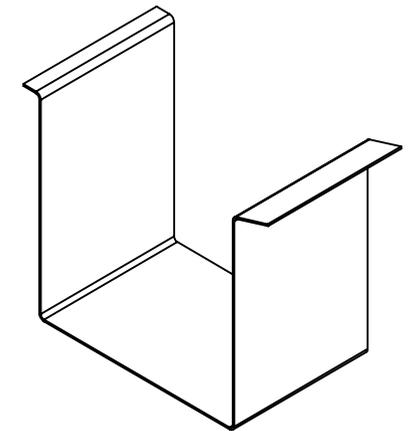
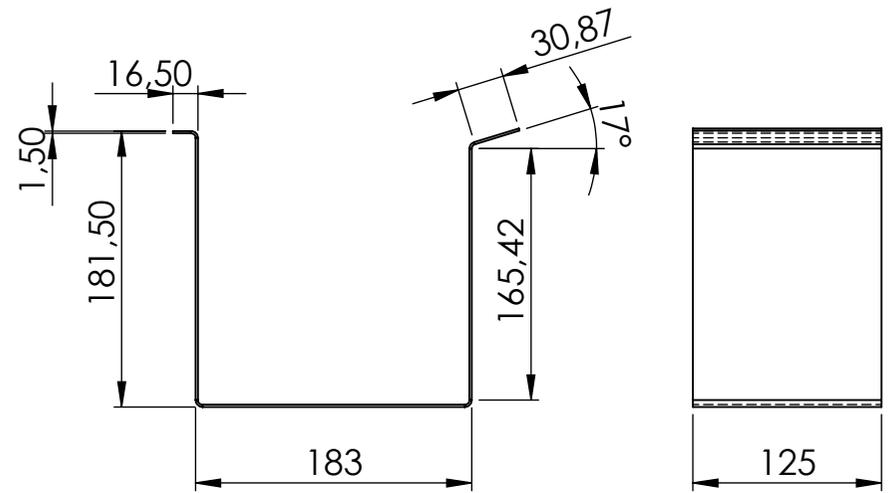
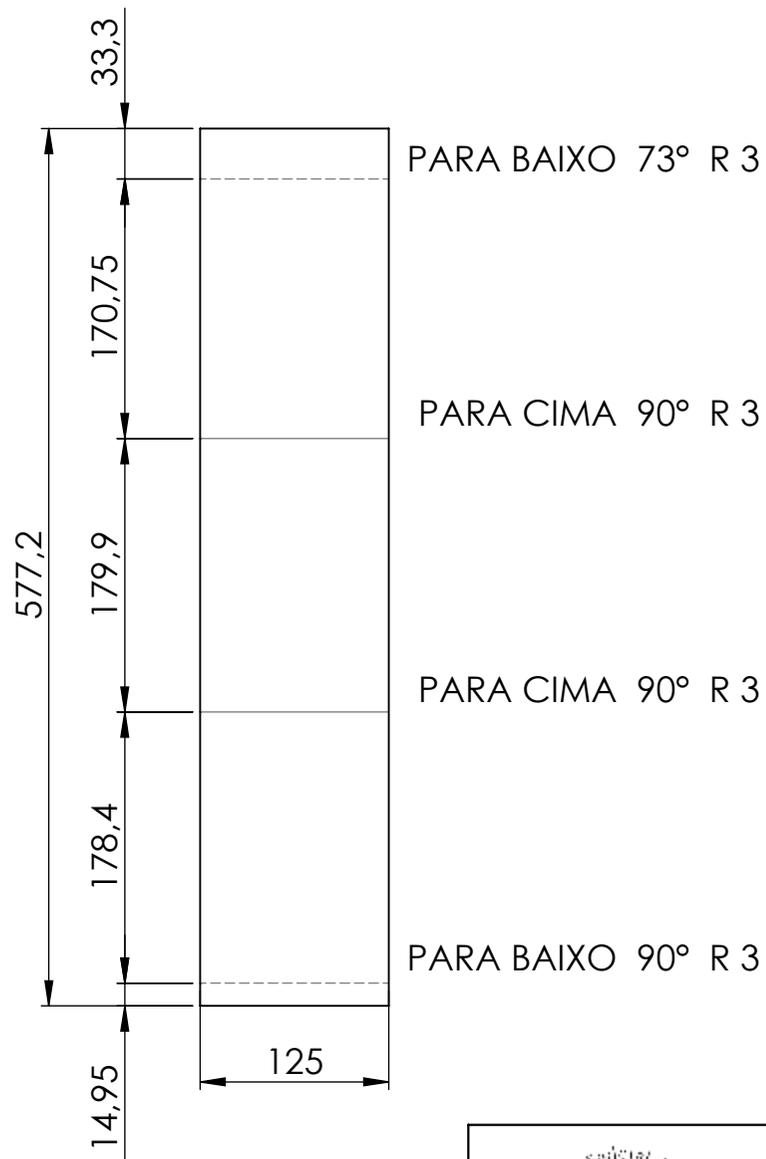
	<b>01.06.01.04 - Chapa Vedação Calha</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 2 mm</b> <b>Dimensões - 130 mm x 130 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:1	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> BORRACHA	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



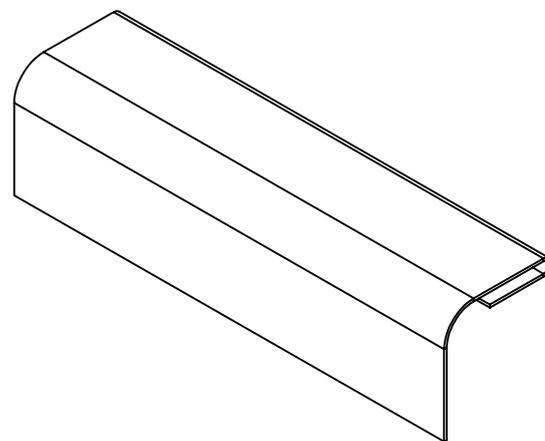
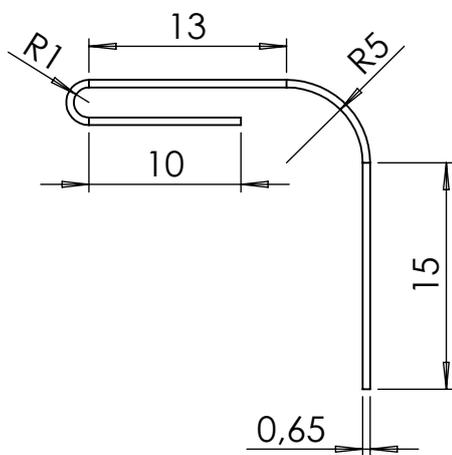
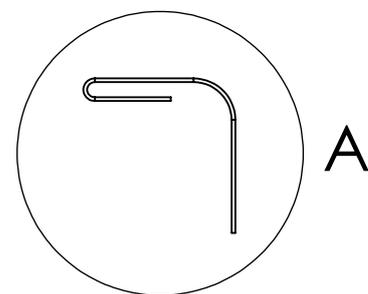
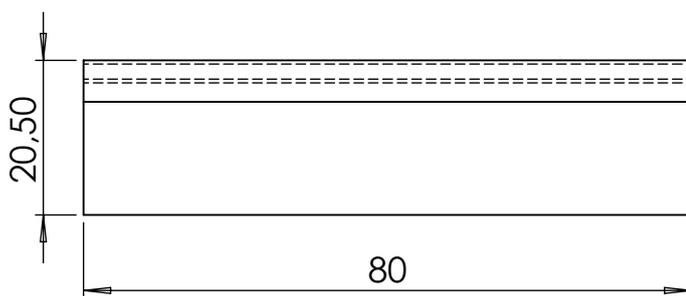
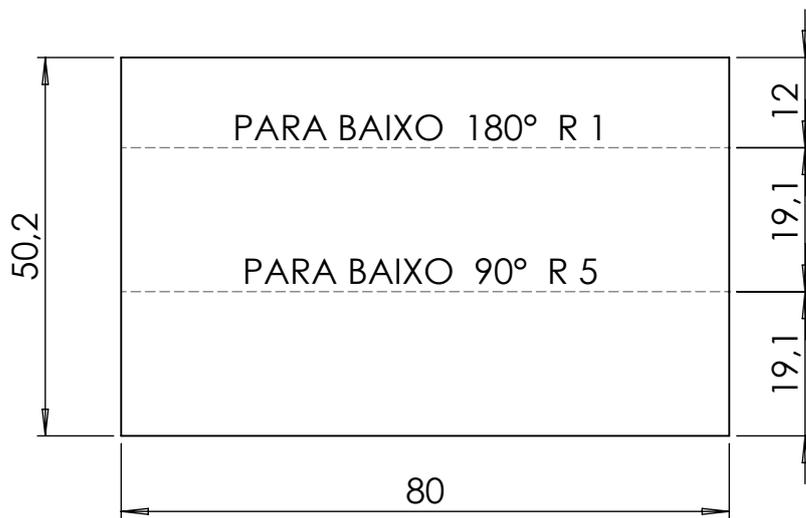
	<b>01.06.01.05 - Chapa Suporte Calha 3</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 3 mm</b> <b>Dimensões - 180 mm x 100 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:1	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 28/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



	<b>01.06.01.06 - Chapa Suporte Calha 6</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 6 mm</b> <b>Dimensões - 180 mm x 100 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:1	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 28/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



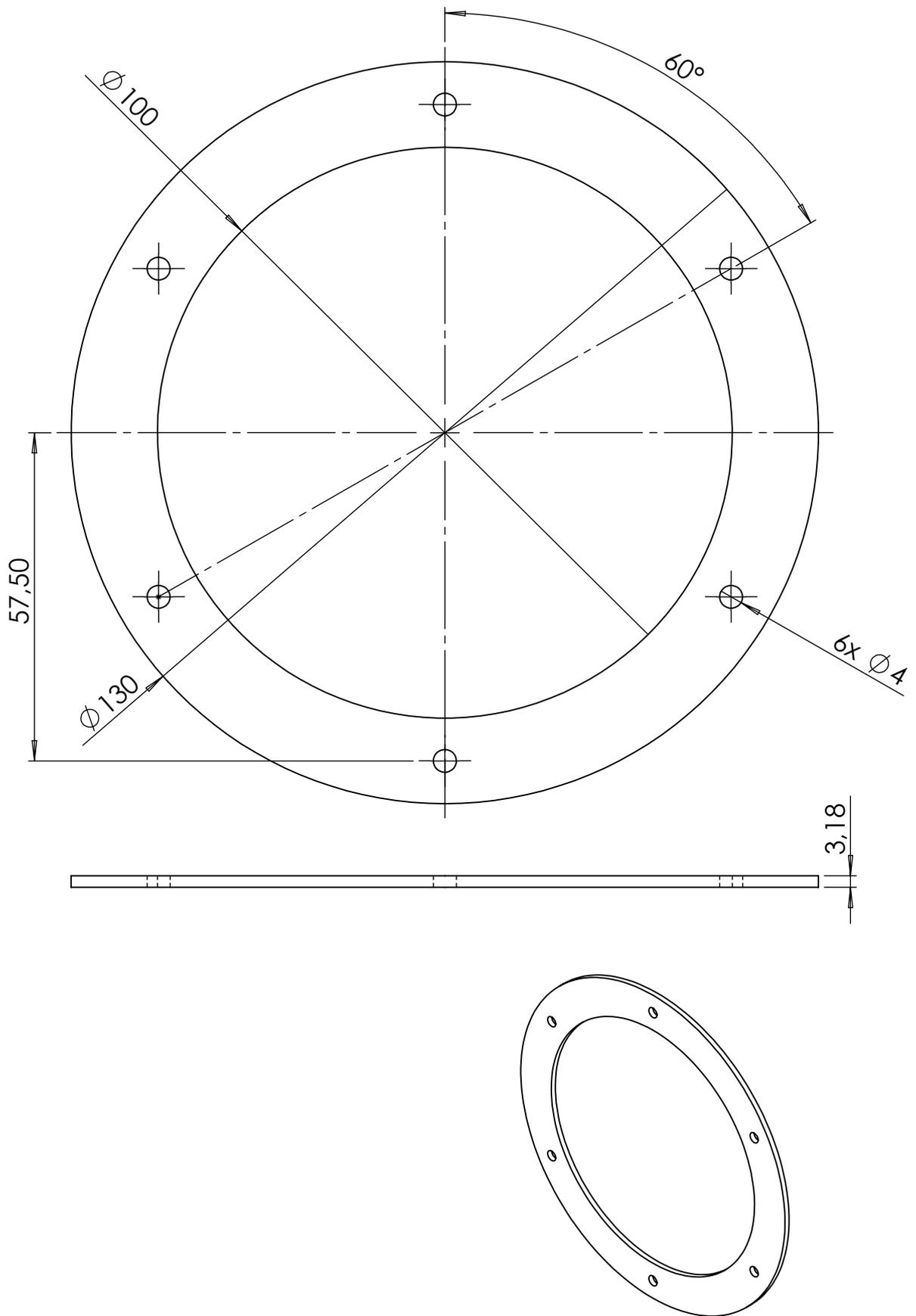
	01.06.01.07 - Chapa Calha Menor Direita		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 577,2 mm x 125 mm</b>	
	UNIDADE	mm		ESCALA
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA		28/07/2020
MATERIAL	AÇO GALVANIZADO	QTD		10
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				



## DETALHE A

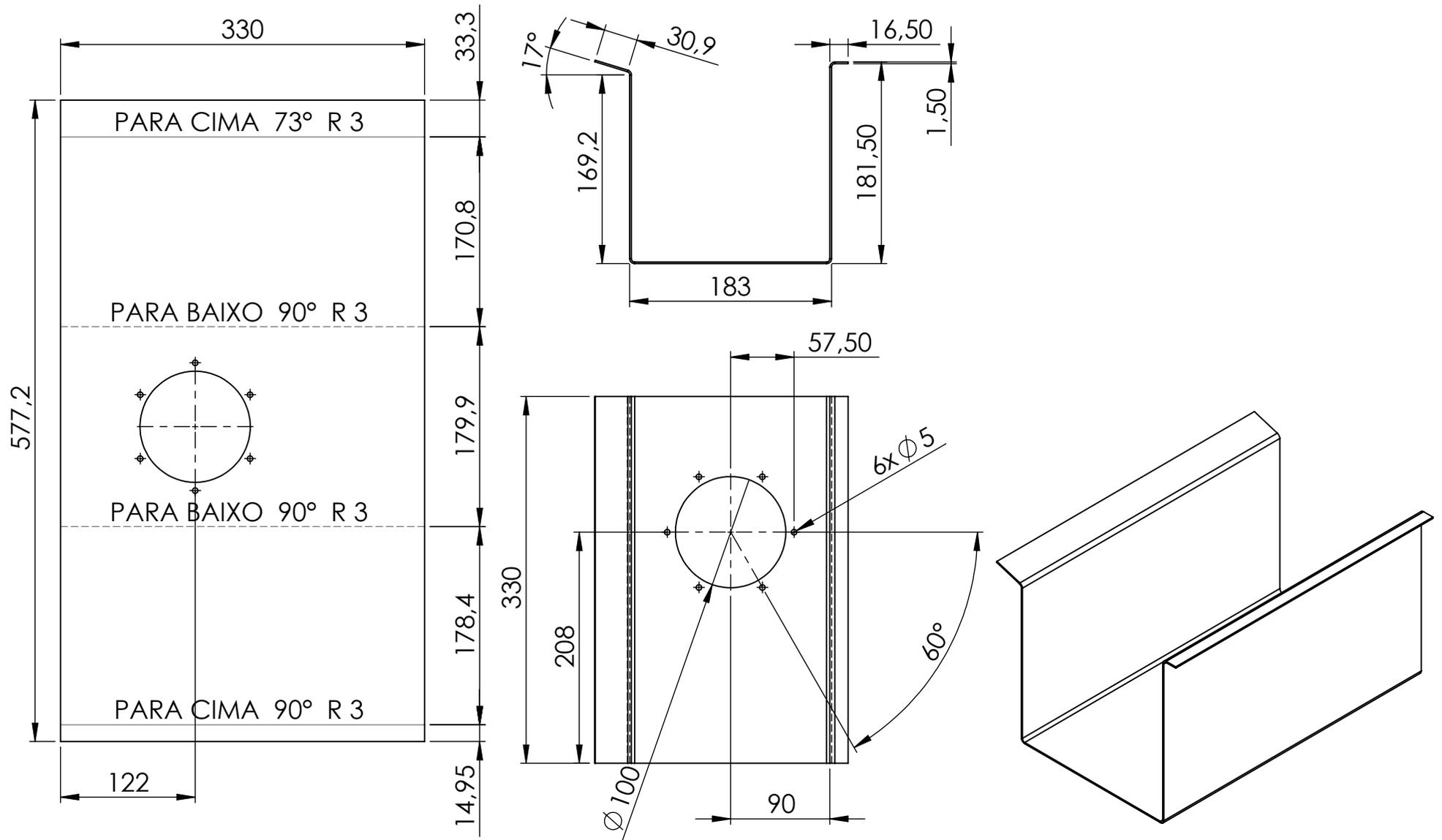
ESCALA 2 : 1

	<b>01.06.01.08 - Clip Junção</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 0,65 mm (24)</b> <b>Dimensões - 80 mm x 50,2 mm</b> Detalhe "A" em escala 2:1.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:1	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 06/08/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 130		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			

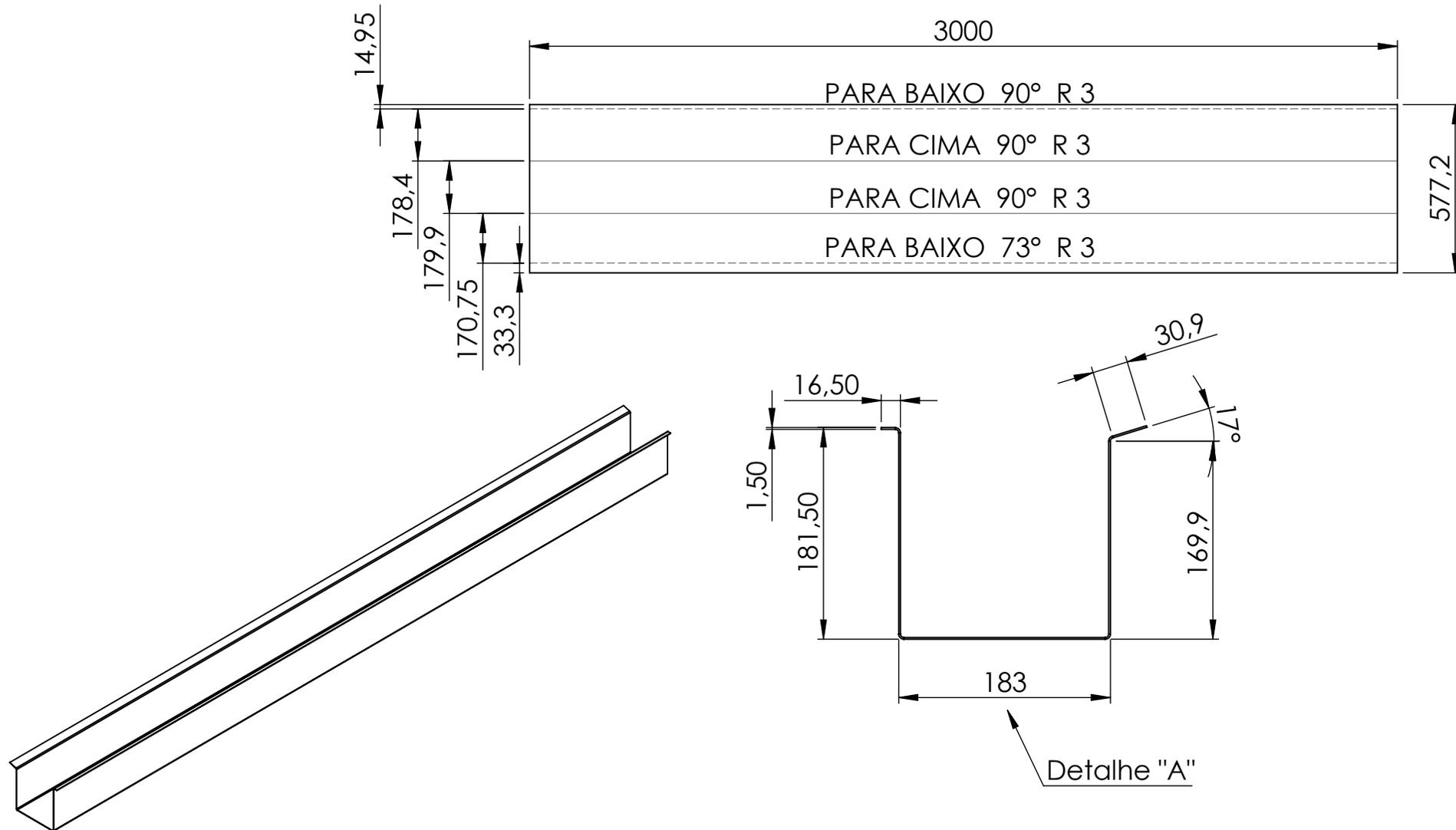


	<b>01.06.01.09 - Chapa Vedação Calha</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 3,18 mm (1/8")</b> <b>Dimensões - 130 mm x 130 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°. Detalhe "A" em escala 1:2.	
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>		05/08/2020
<b>MATERIAL</b>	AÇO SAE 1020	<b>QTD</b>		20
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				





	<b>01.06.02.02 - Chapa Calha Esquerda</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 330 mm x 577,2 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:5	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 27/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 10		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

**01.06.03.01 - Chapa Calha Principal**

**UNIDADE** mm

**ESCALA** 1:20

**PROJETISTA** Felipe Mallmann

**DATA** 27/07/2020

**MATERIAL** AÇO GALVANIZADO

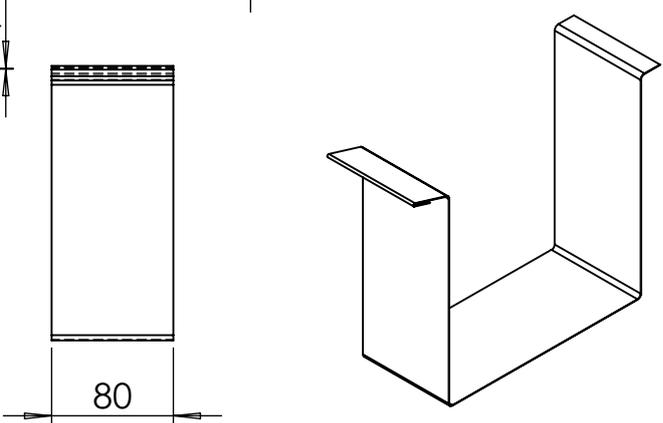
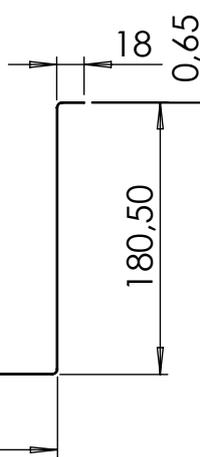
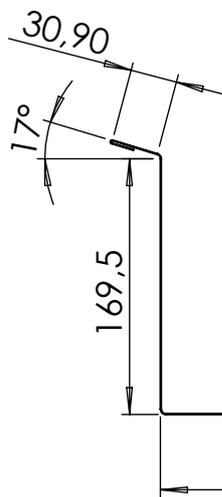
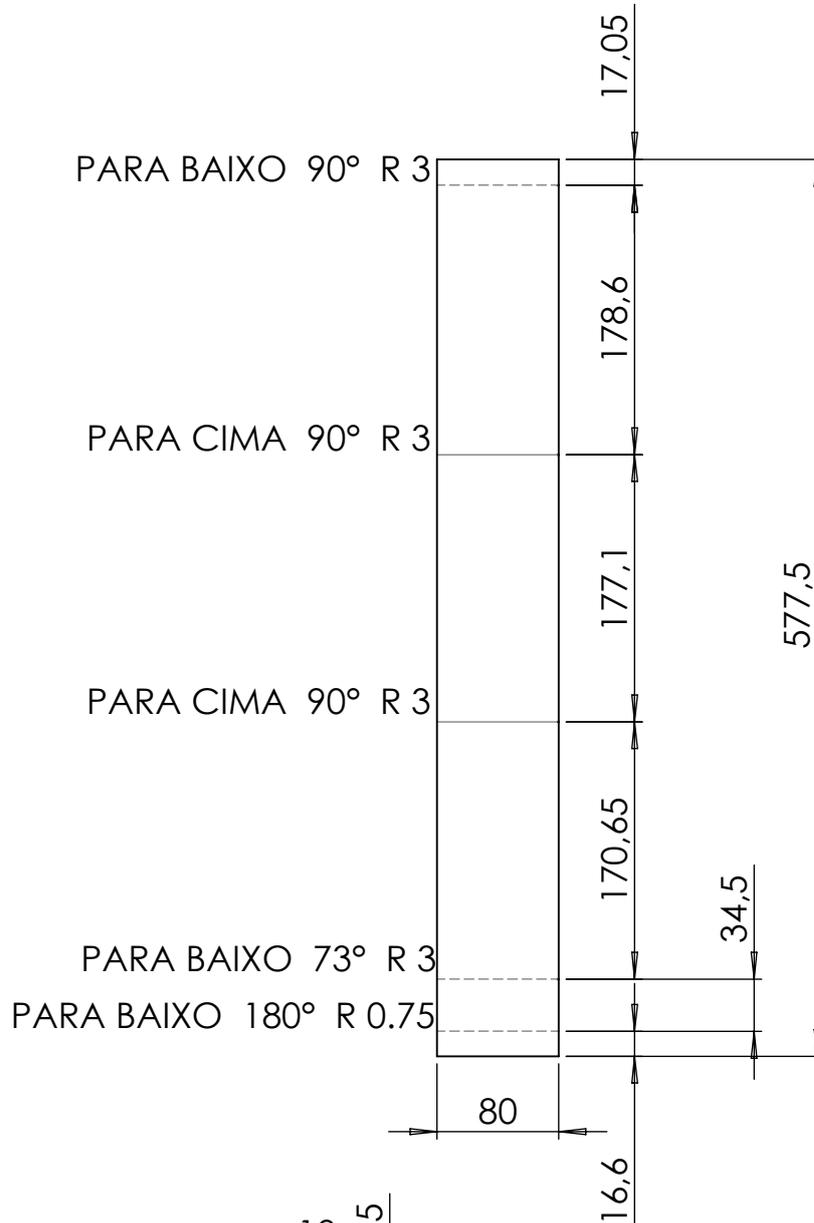
**QTD** 110

**OBSERVAÇÕES:**

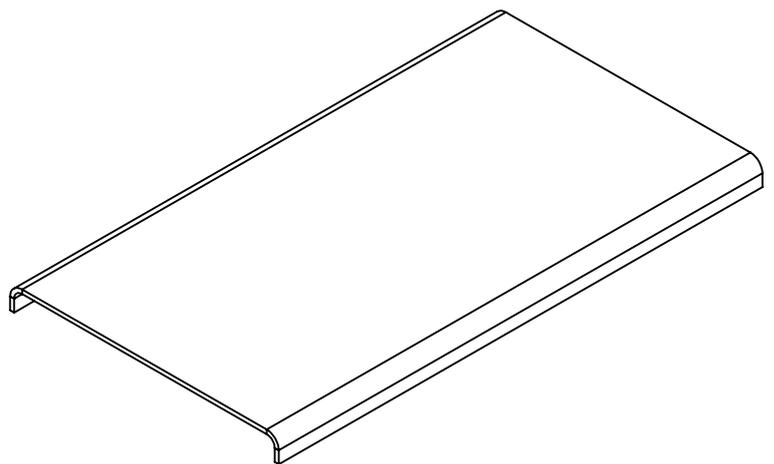
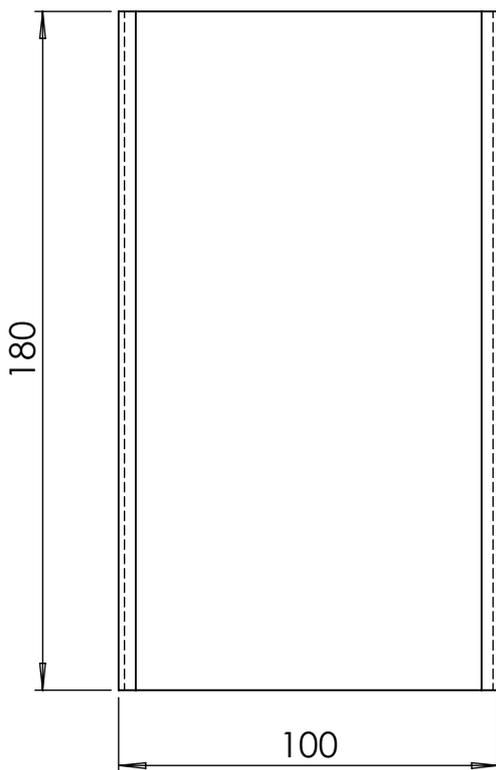
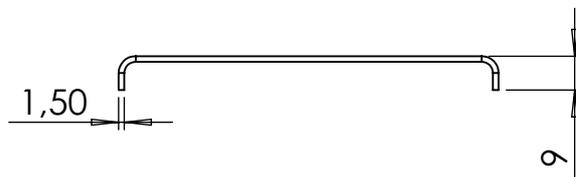
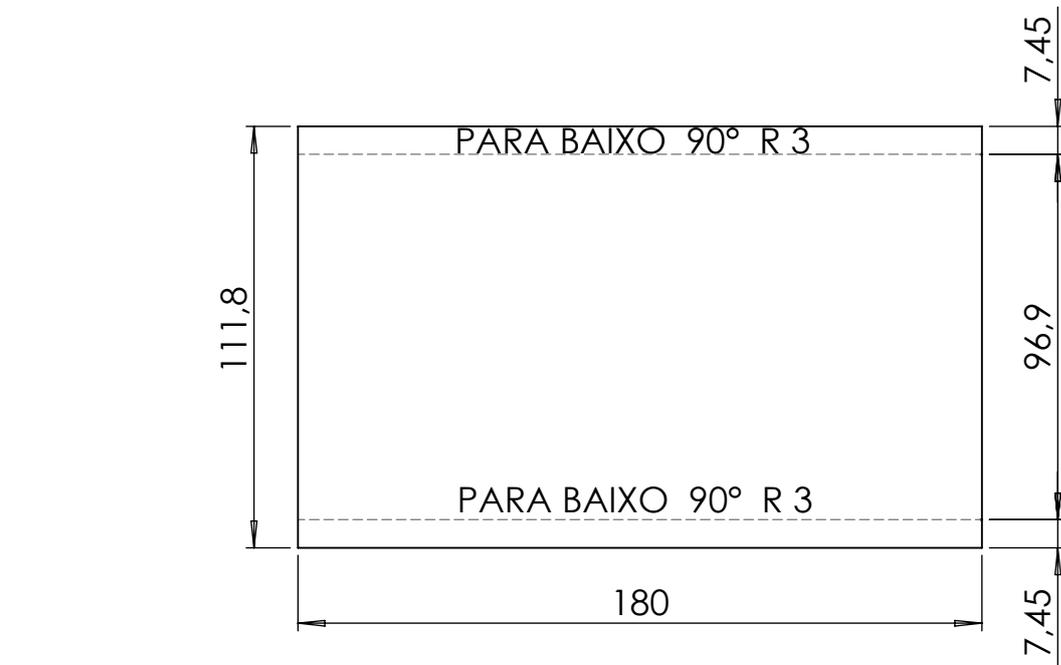
**Chapa Lisa:**

**Espessura - 1,5 mm**  
**Dimensões - 3000 mm x 577,2 mm**

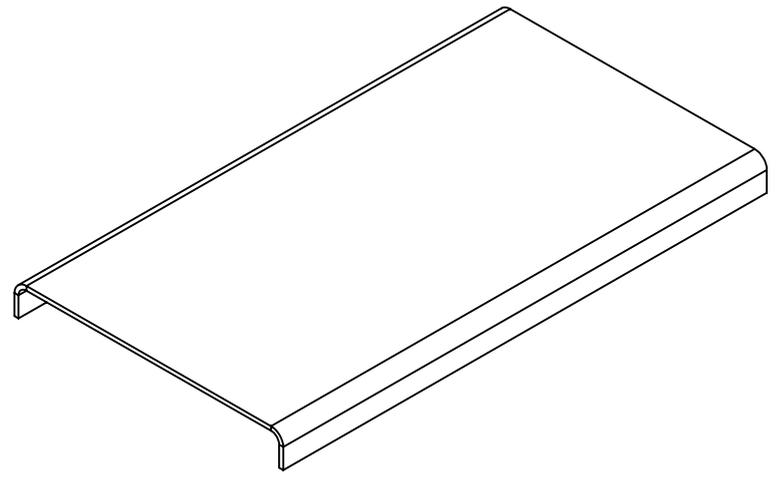
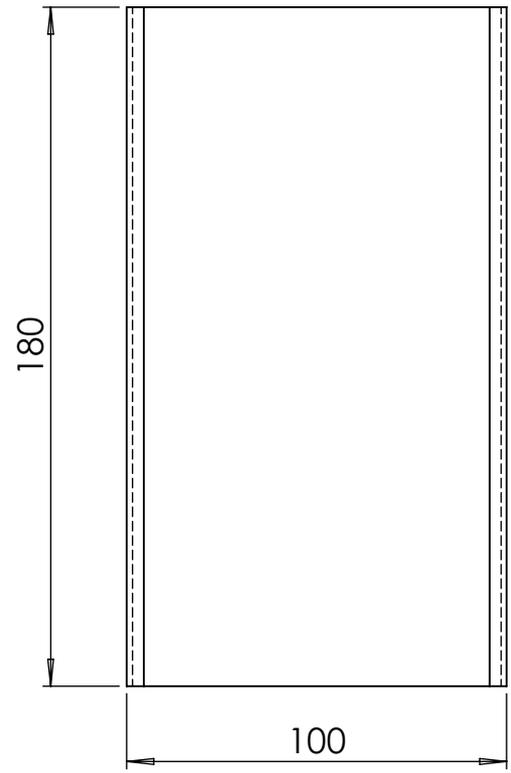
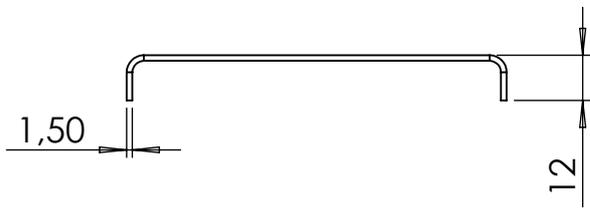
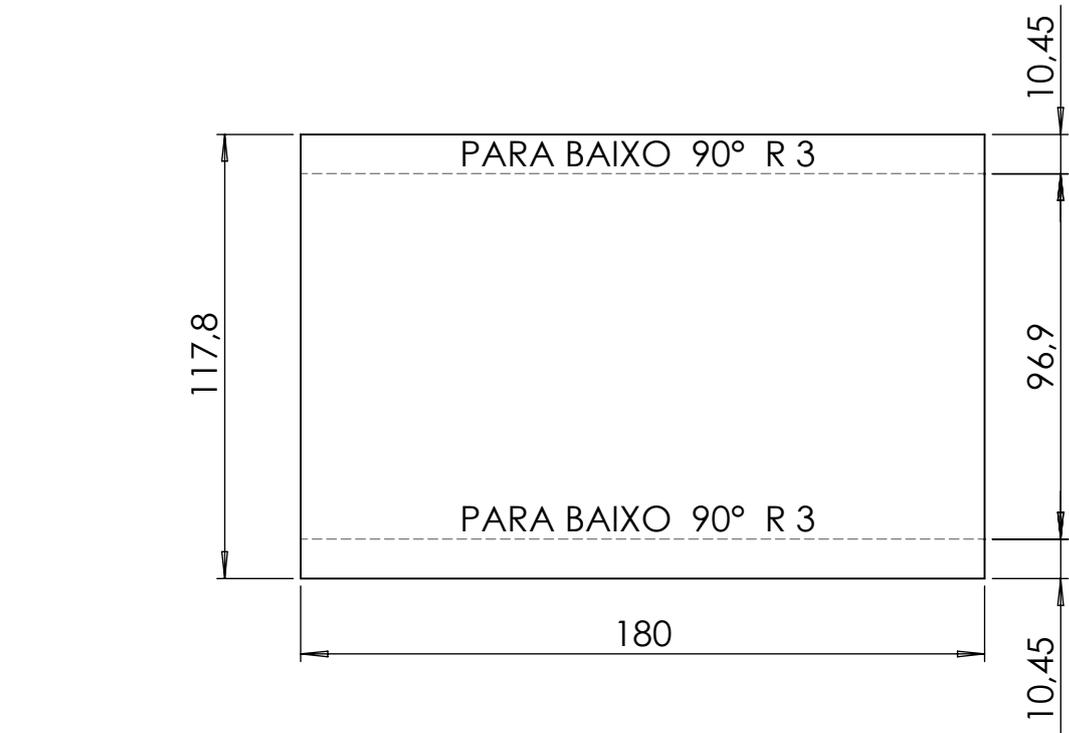
**Detalhe "A" em escala 1:5**



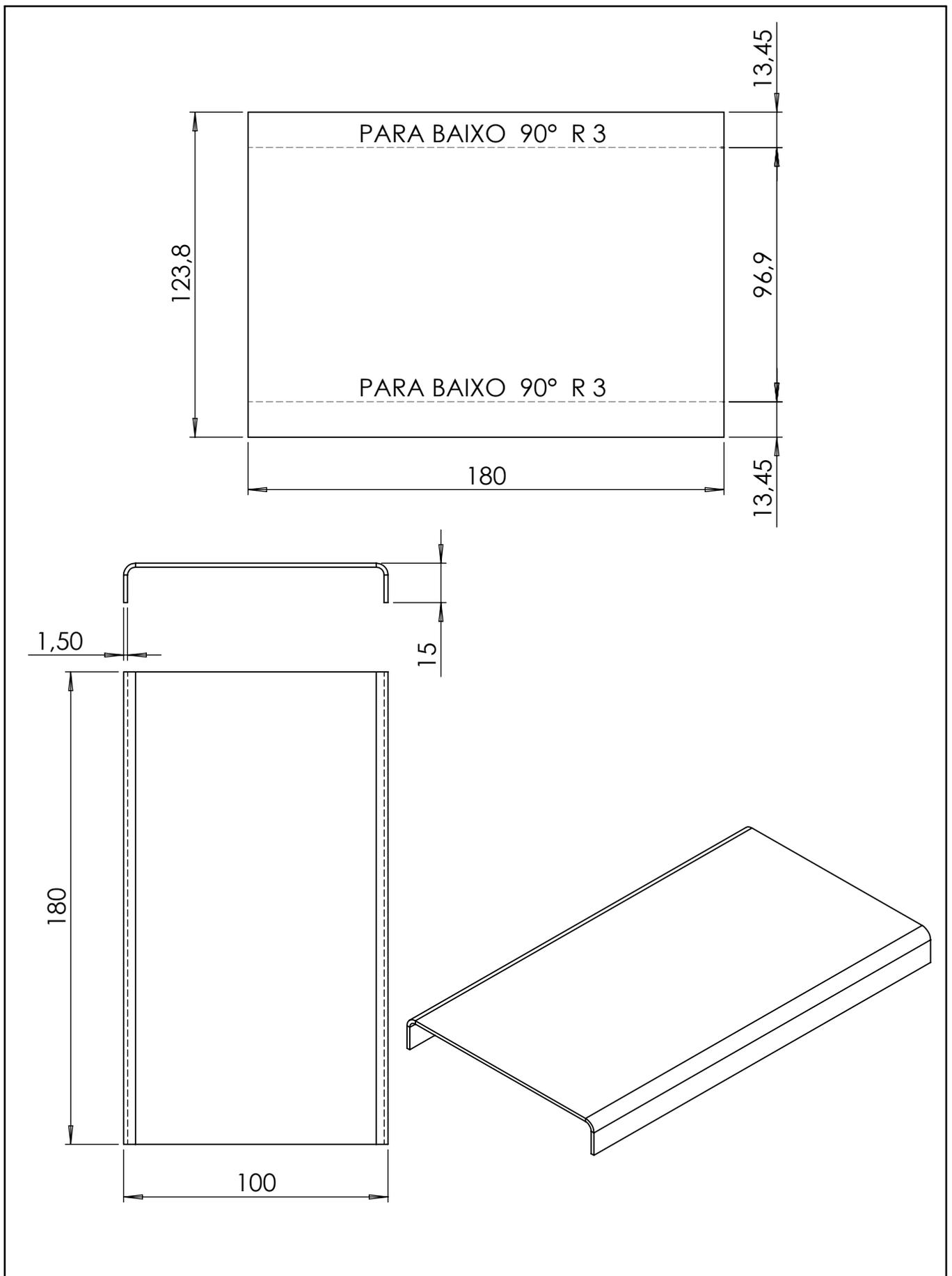
	<b>01.06.03.02 - Chapa Junção Calha</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 0,65 mm (24)</b> <b>Dimensões - 577,5 mm x 80 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:5	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 130		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



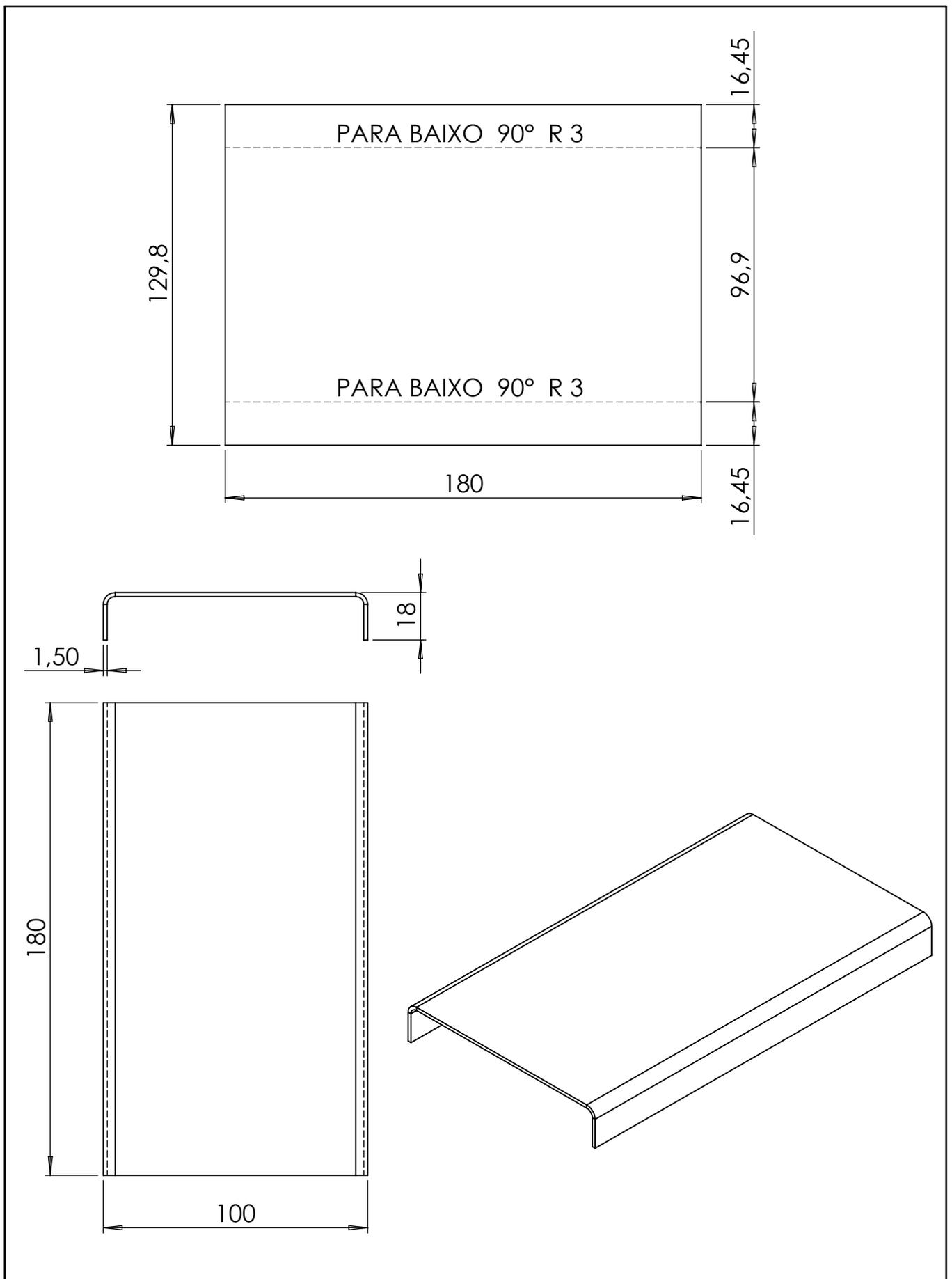
	<b>01.06.03.03 - Chapa Suporte Calha 9</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 111,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



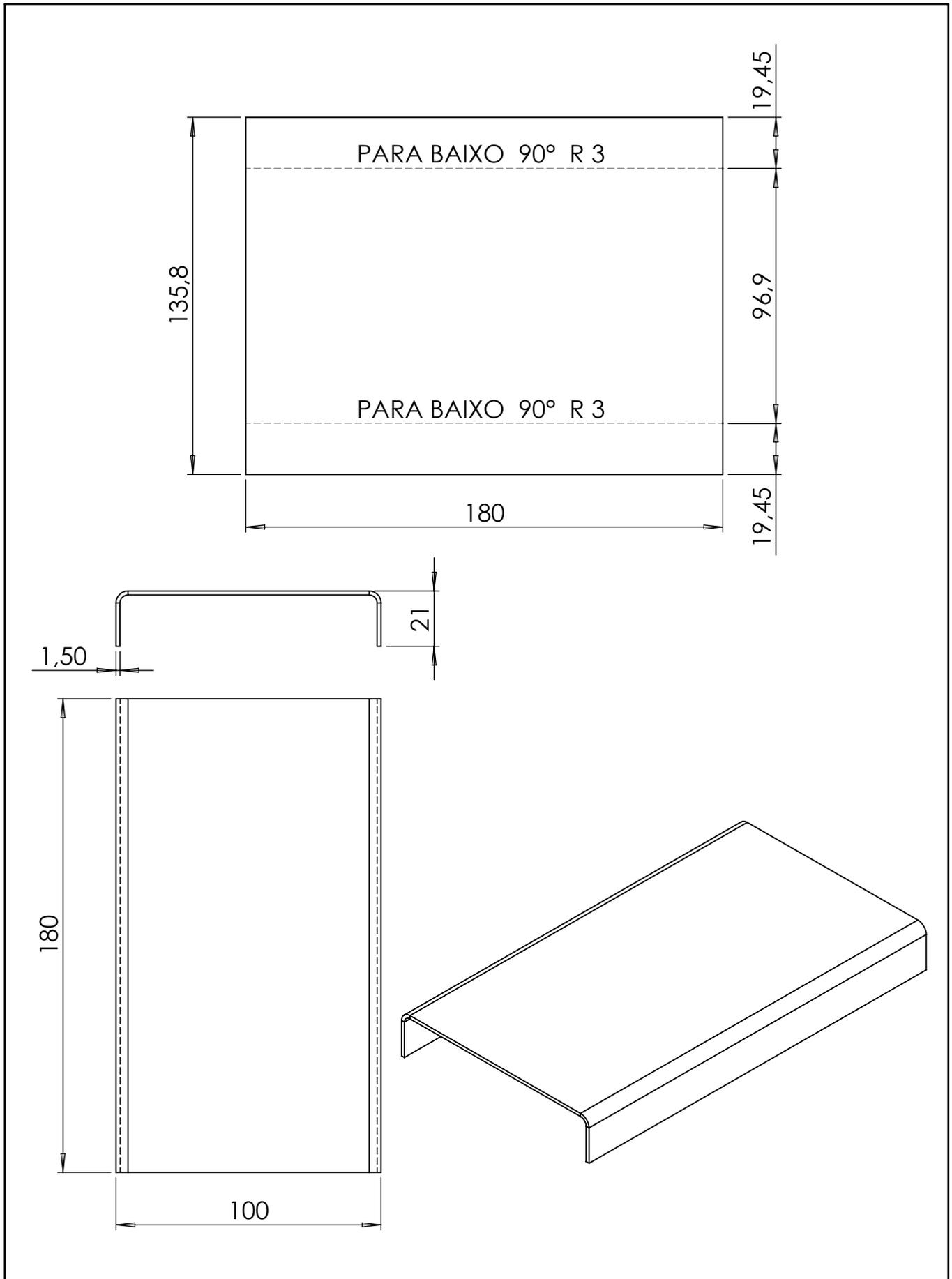
	<b>01.06.03.04 - Chapa Suporte Calha 12</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 117,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



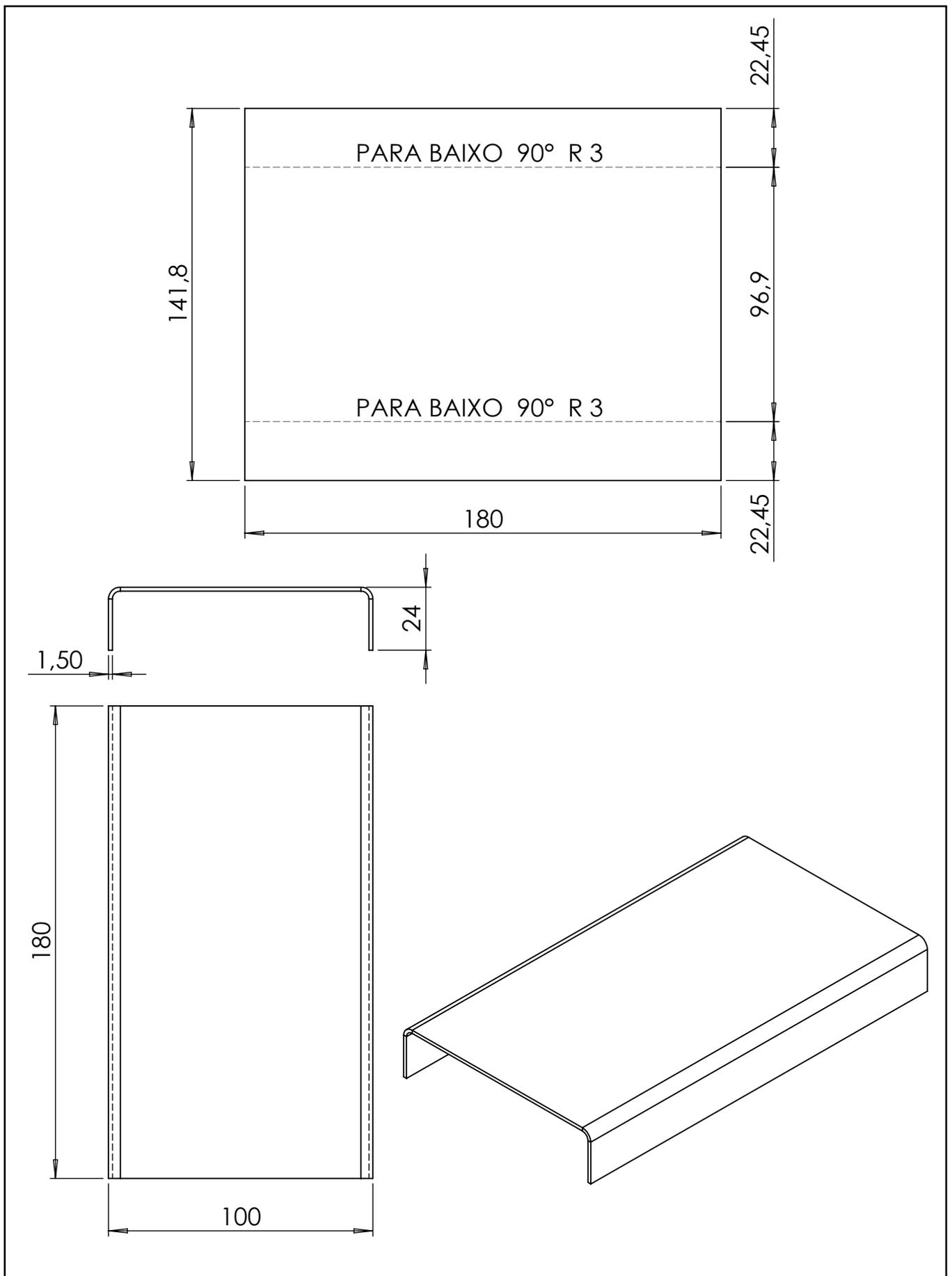
	<b>01.06.03.05 - Chapa Suporte Calha 15</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 123,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



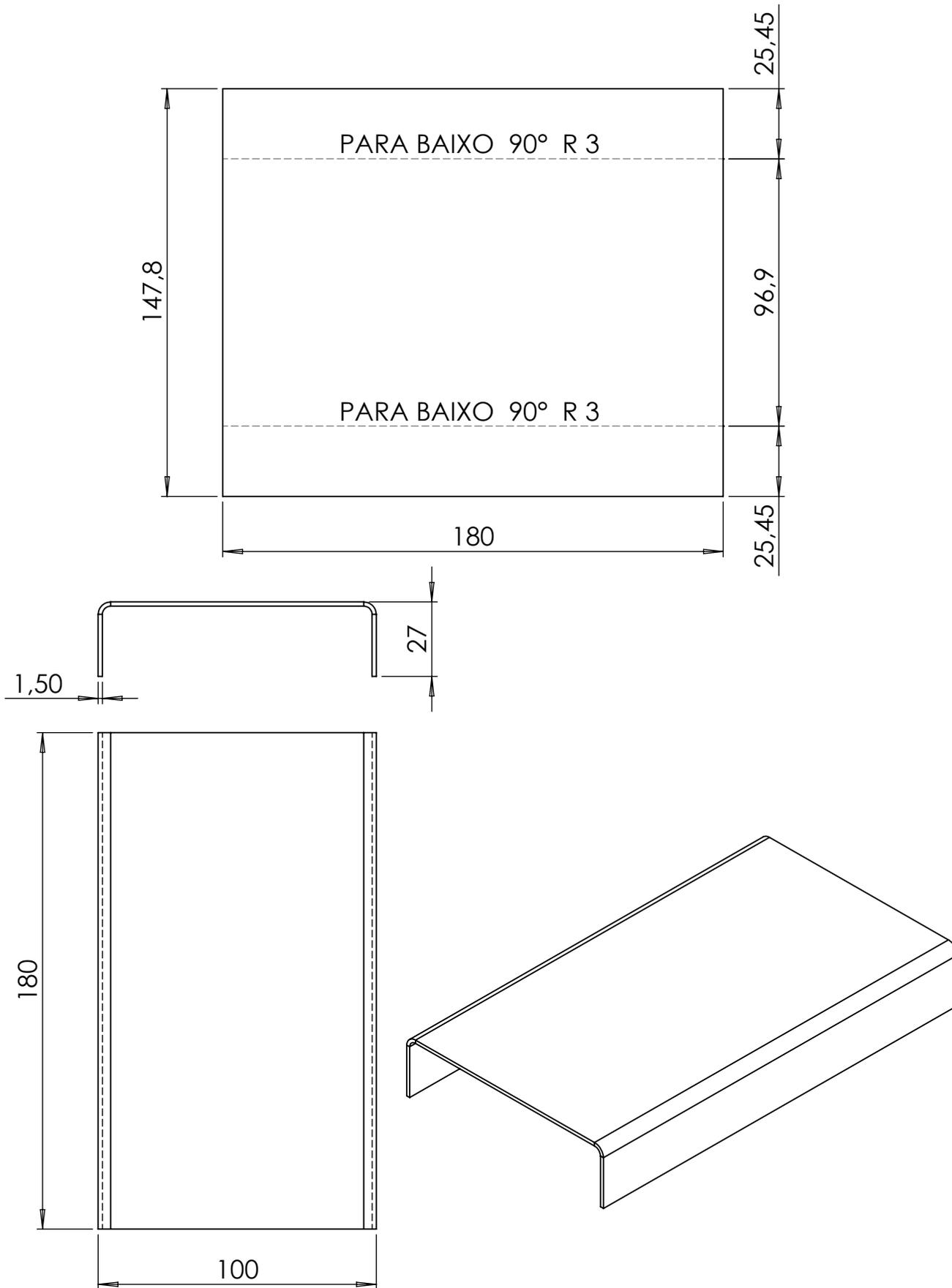
	<b>01.06.03.06 - Chapa Suporte Calha 18</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 129,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



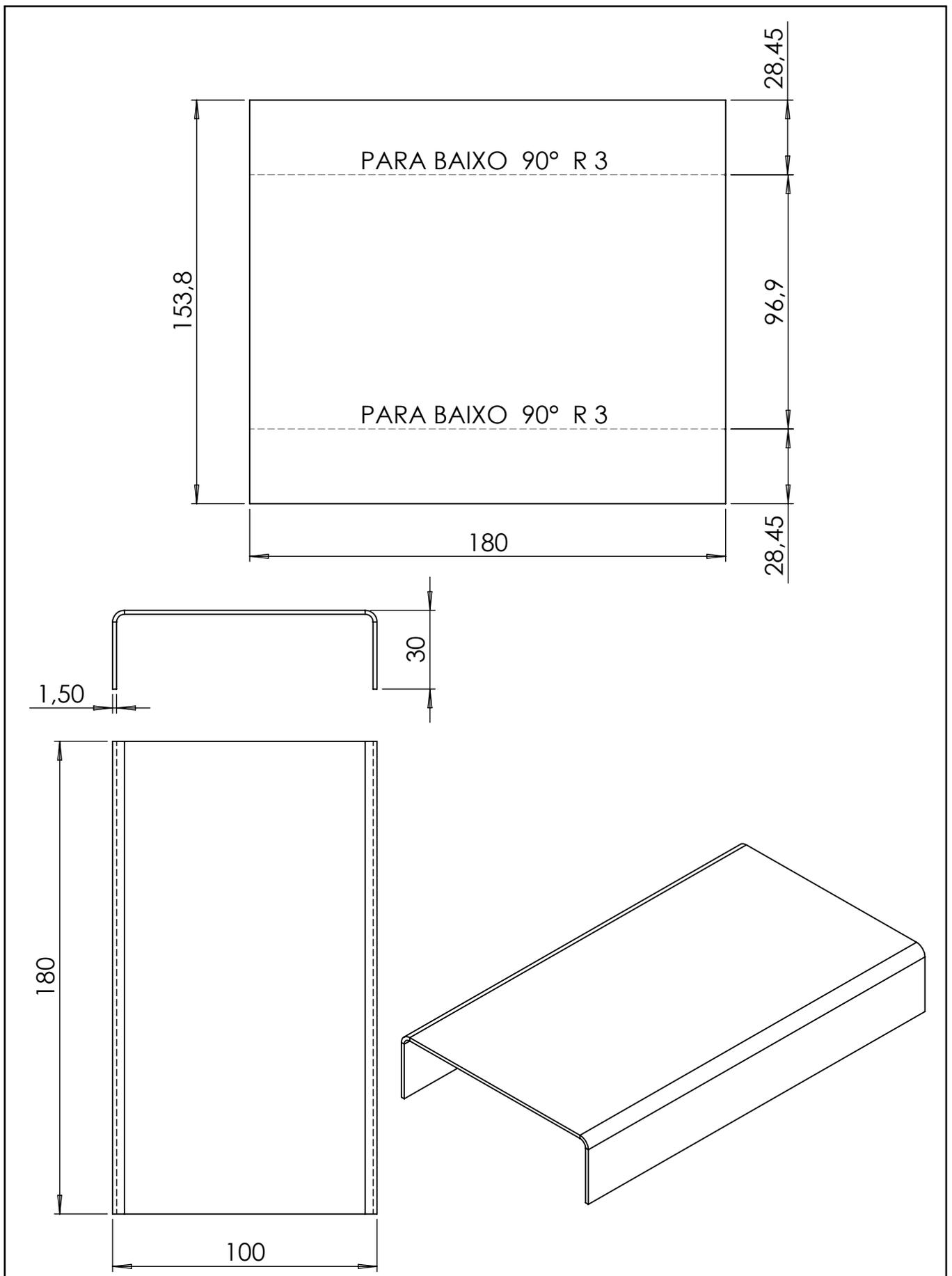
	<b>01.06.03.07 - Chapa Suporte Calha 21</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 135,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



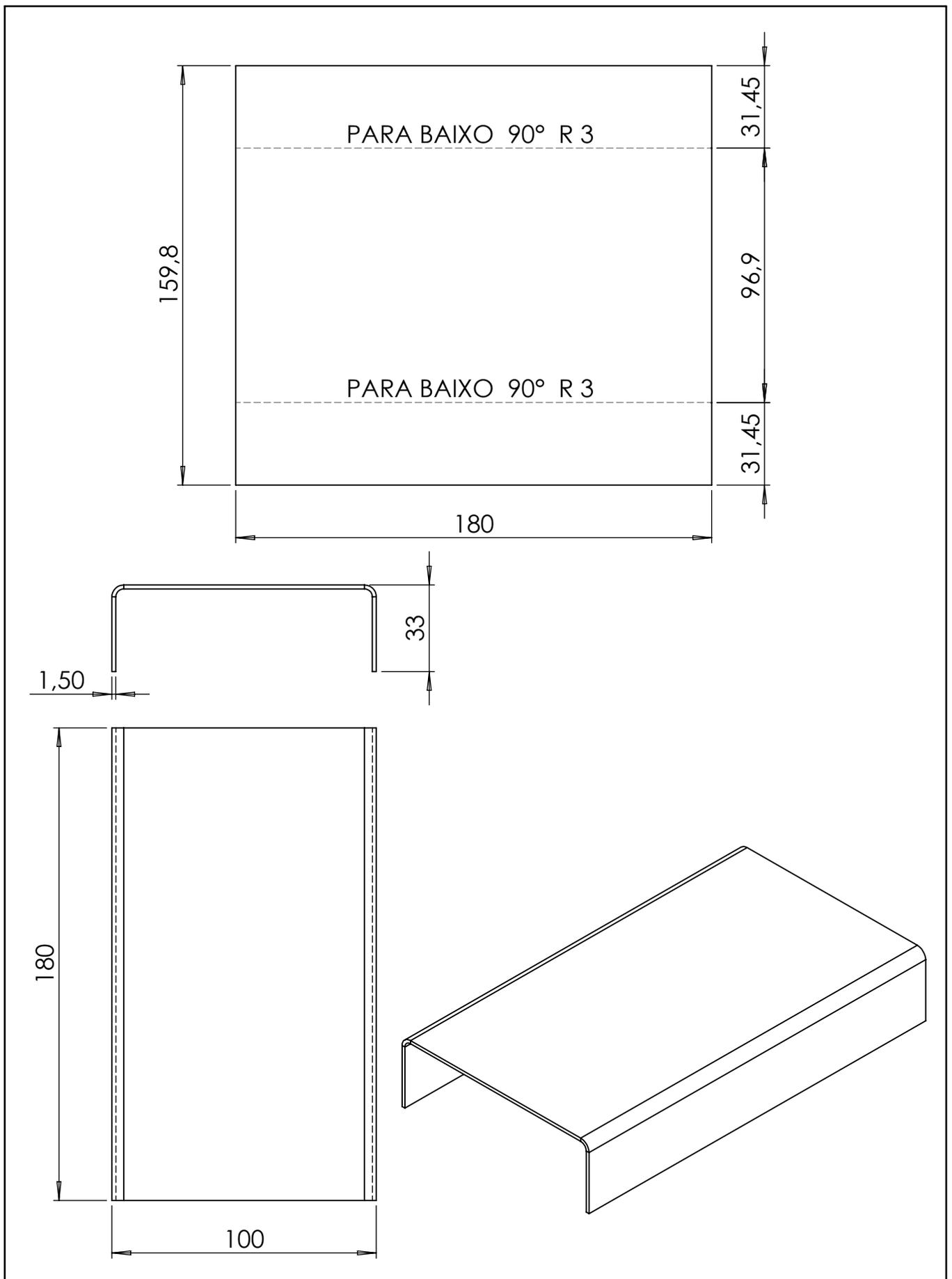
	<b>01.06.03.08 - Chapa Suporte Calha 24</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 141,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



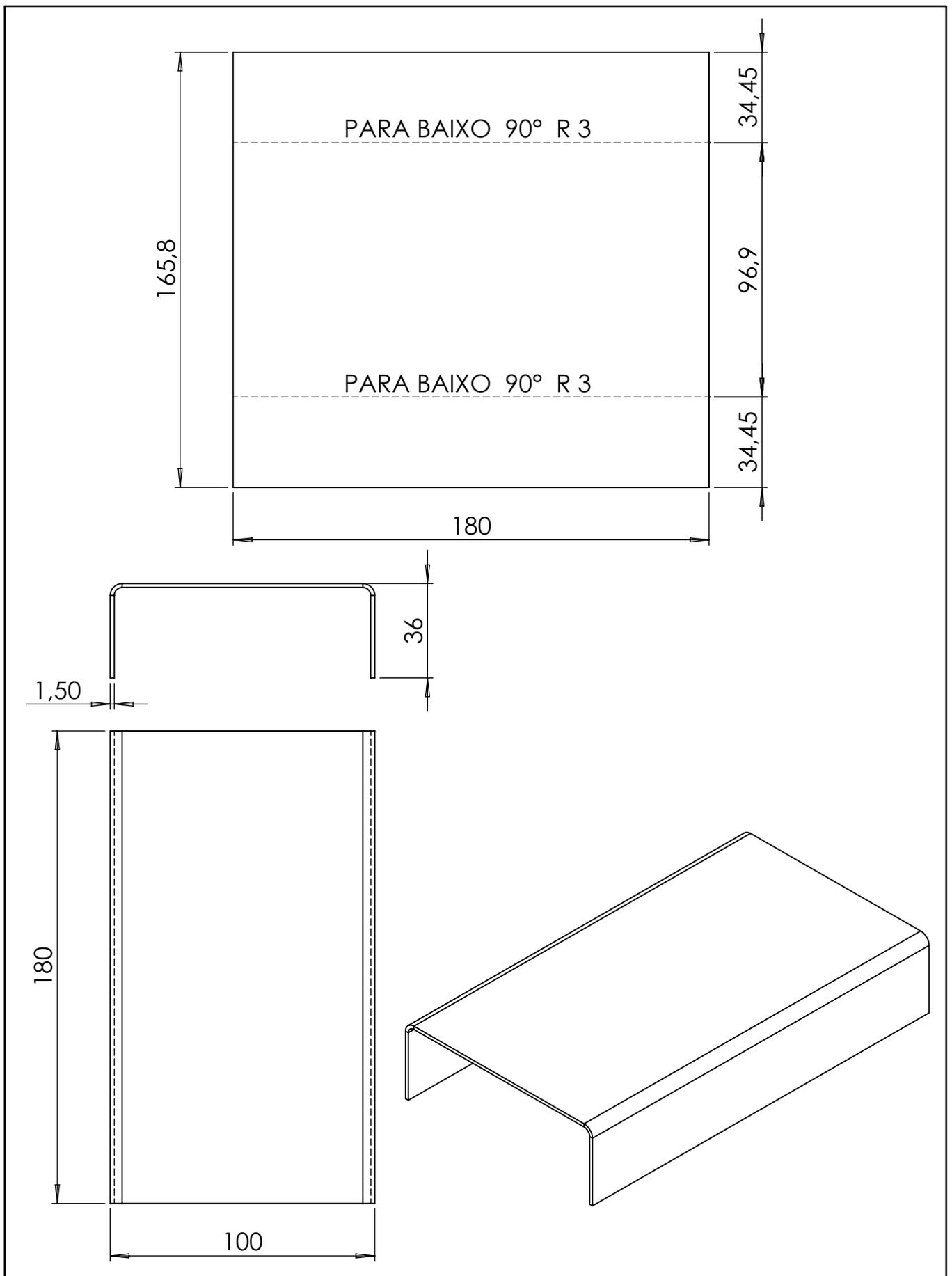
	<b>01.06.03.09 - Chapa Suporte Calha 27</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 147,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



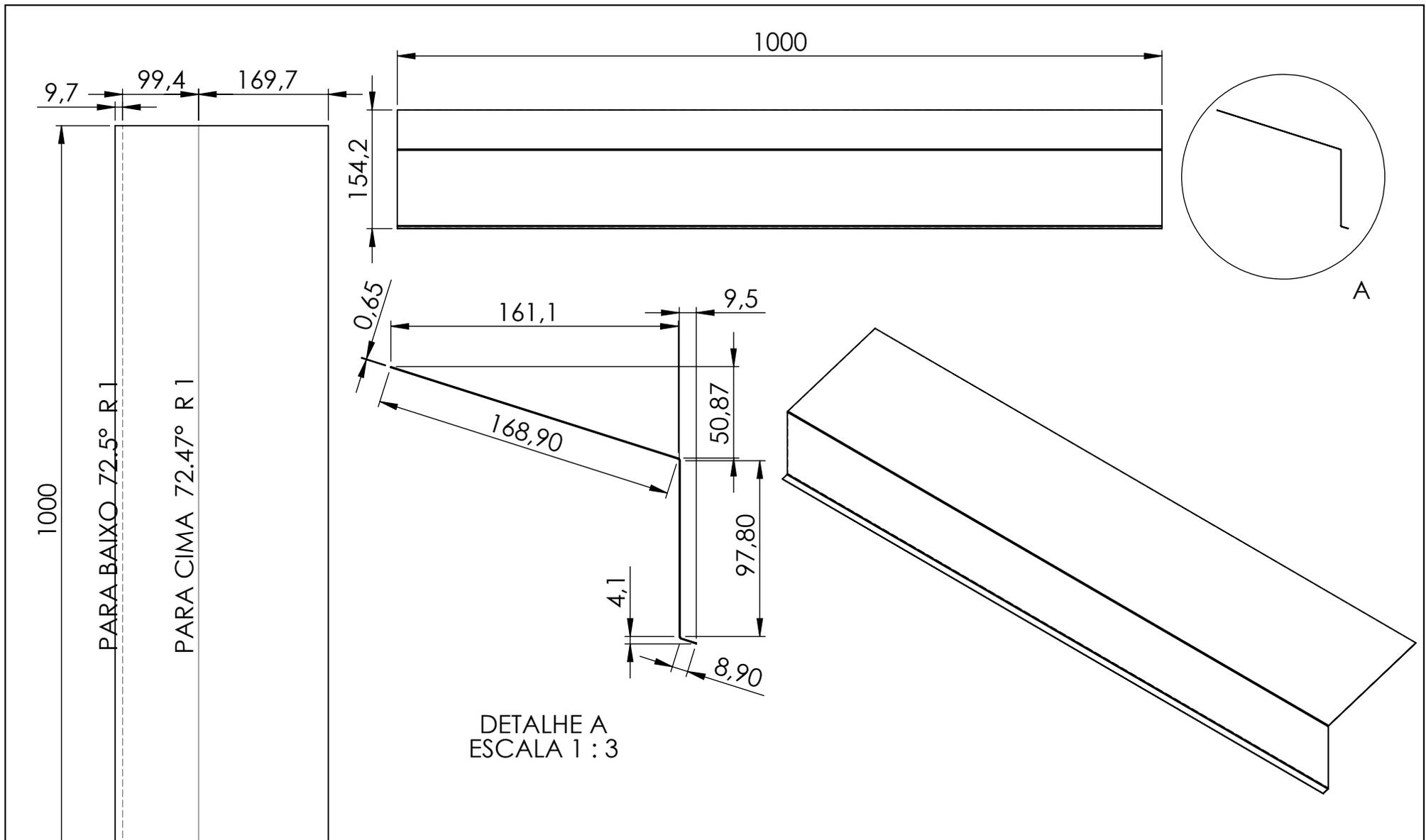
	<b>01.06.03.10 - Chapa Suporte Calha 30</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 153,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



	<b>01.06.03.11 - Chapa Suporte Calha 33</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 159,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



	<b>01.06.03.12 - Chapa Suporte Calha 36</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 1,5 mm</b> <b>Dimensões - 165,8 mm x 180 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/07/2020		
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 10		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



DETALHE A  
ESCALA 1 : 3



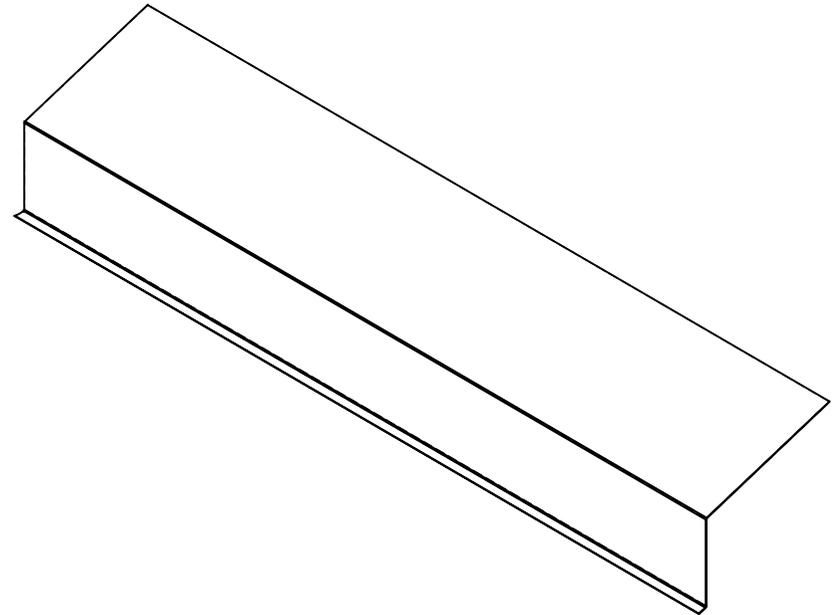
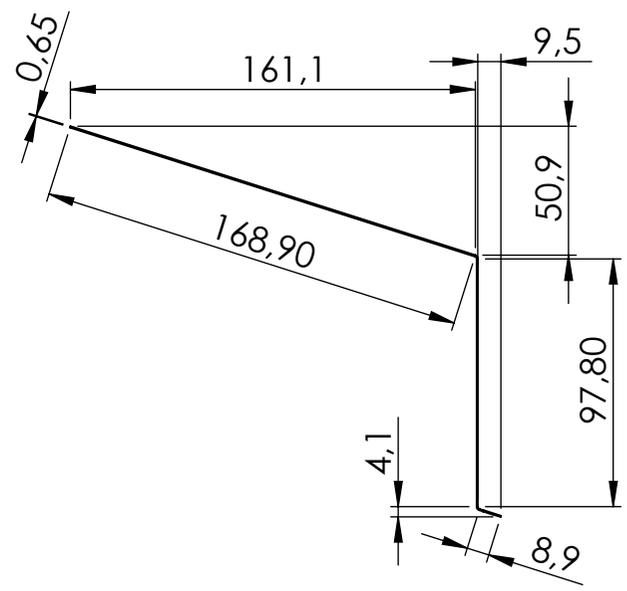
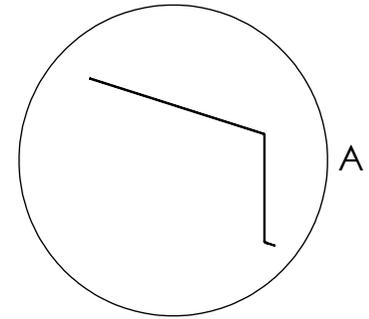
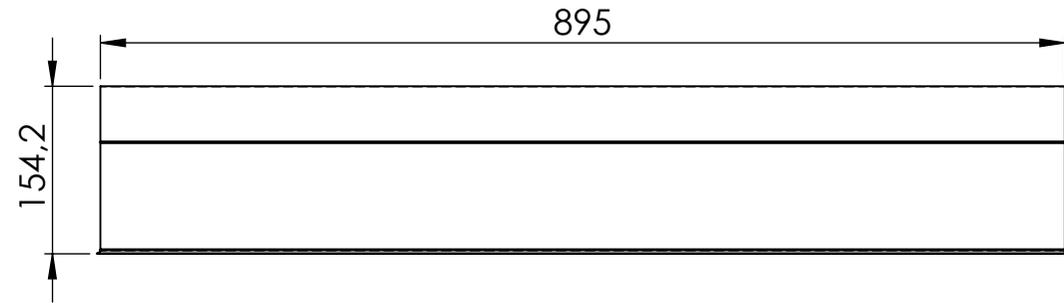
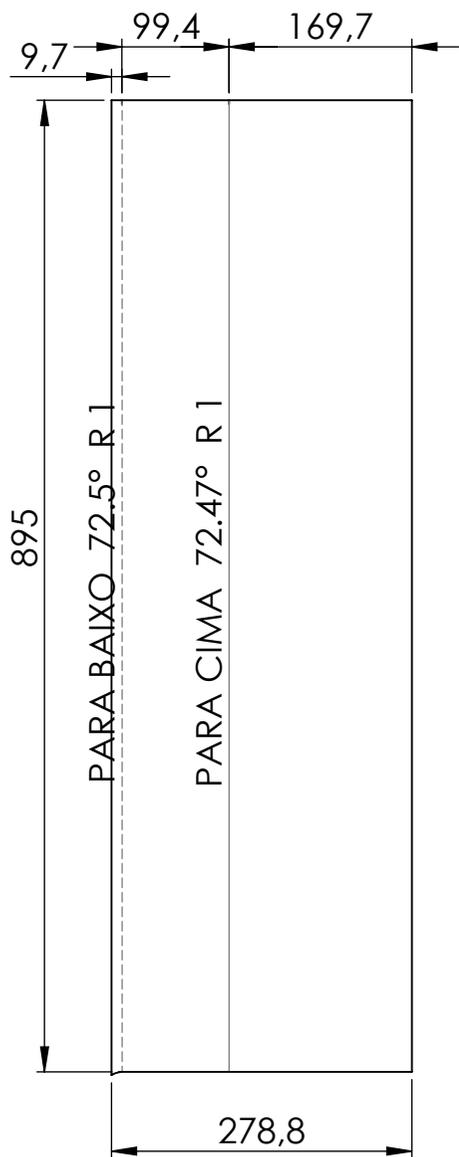
**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

<b>01.06.04 - Rufo Pingadeira Calha</b>		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 1:7
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 06/08/2020
<b>MATERIAL</b>	AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 360

**OBSERVAÇÕES:**

**Chapa Lisa:**  
**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 1000 mm x 278,8 mm**

Detalhe "A" em escala 1:2.



DETALHE A  
ESCALA 1 : 3



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

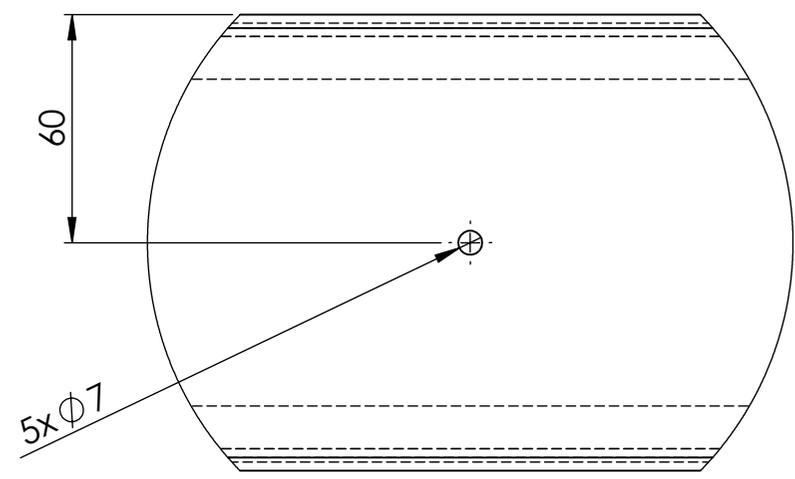
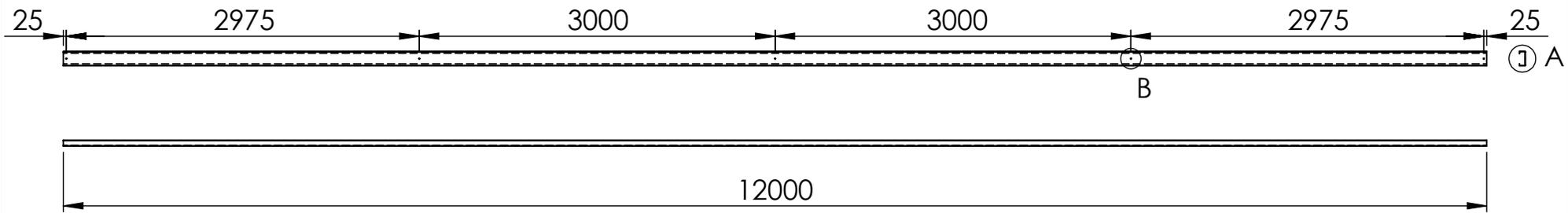
<b>01.06.05 - Rufo Pingadeira Calha Menor</b>		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 1:7
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 06/08/2020
<b>MATERIA</b>	AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 10

**OBSERVAÇÕES:**

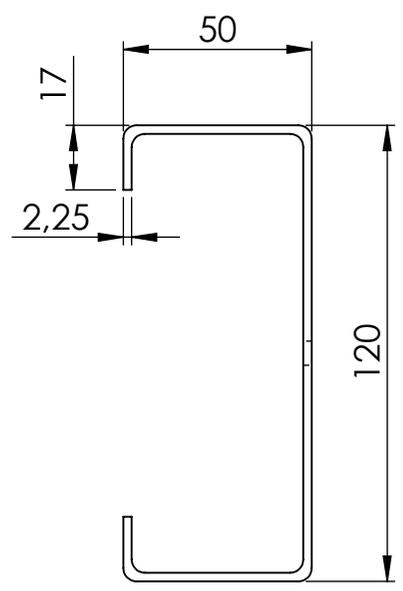
**Chapa Lisa:**

**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 895 mm x 278,8 mm**

Detalhe "A" em escala 1:3.



DETALHE B  
ESCALA 1 : 2



DETALHE A  
ESCALA 1 : 2

**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

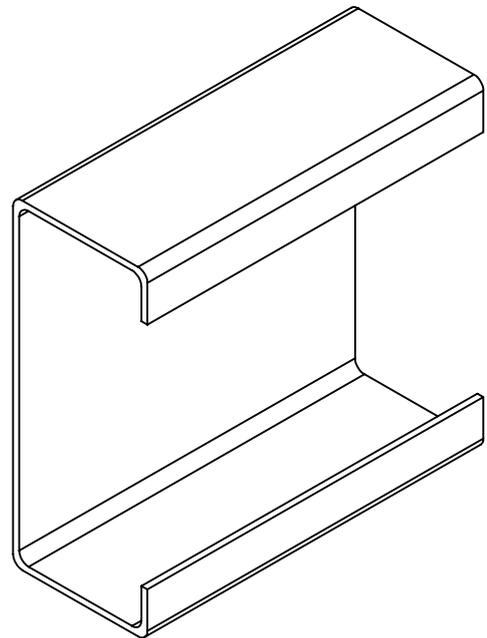
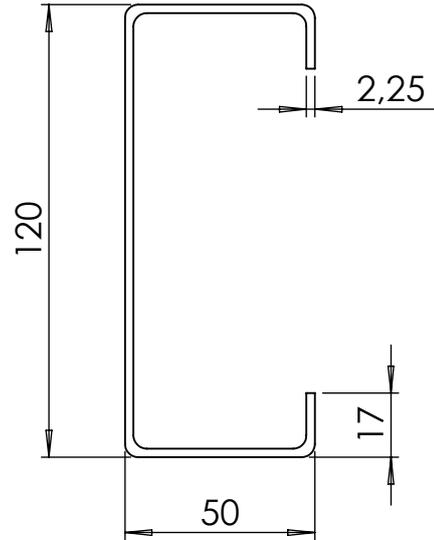
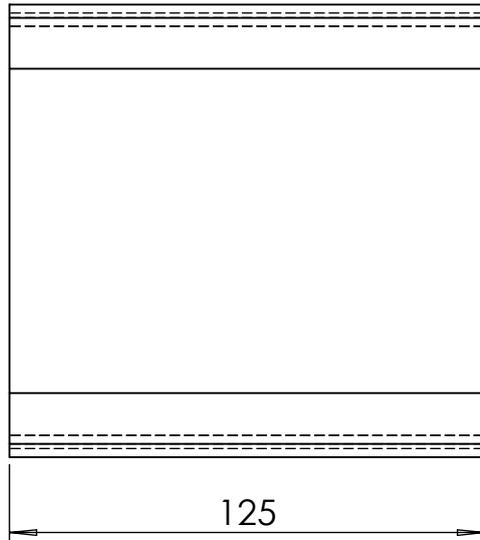
01.07.01 - Perfil Terças		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 1:50
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 31/07/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço ASTM A36	<b>QTD</b> 180

**OBSERVAÇÕES:**

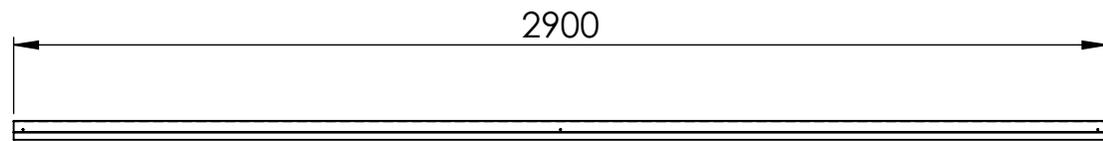
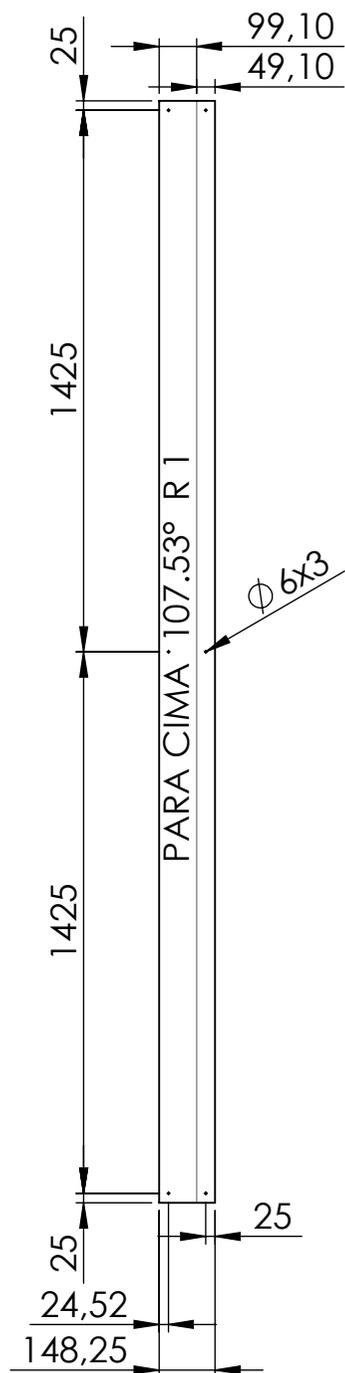
**Chapa Lisa:**  
**Espessura - 2,25 mm**  
**Dimensões - 120 mm x 50 mm x 17 mm x 12000 mm**

Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.

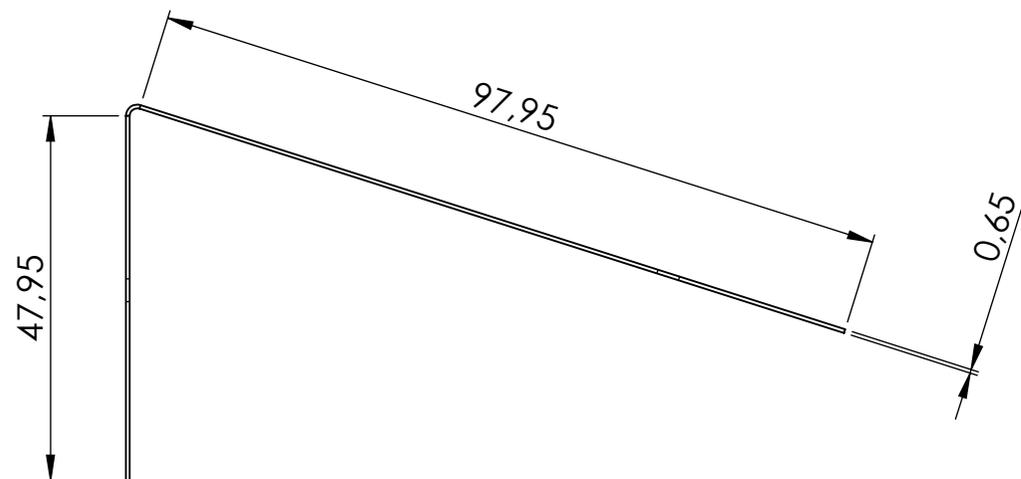
Detalhe "A" e Detalhe "B" em escala 1:2.



	<b>01.07.02 - Perfil Terças Menor</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil U Enrijecido:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 120 mm x 50 mm x 17 mm</b> <b>x 125 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 31/07/2020		
<b>MATERIAL</b> Aço ASTM A36	<b>QTD</b> 60		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			

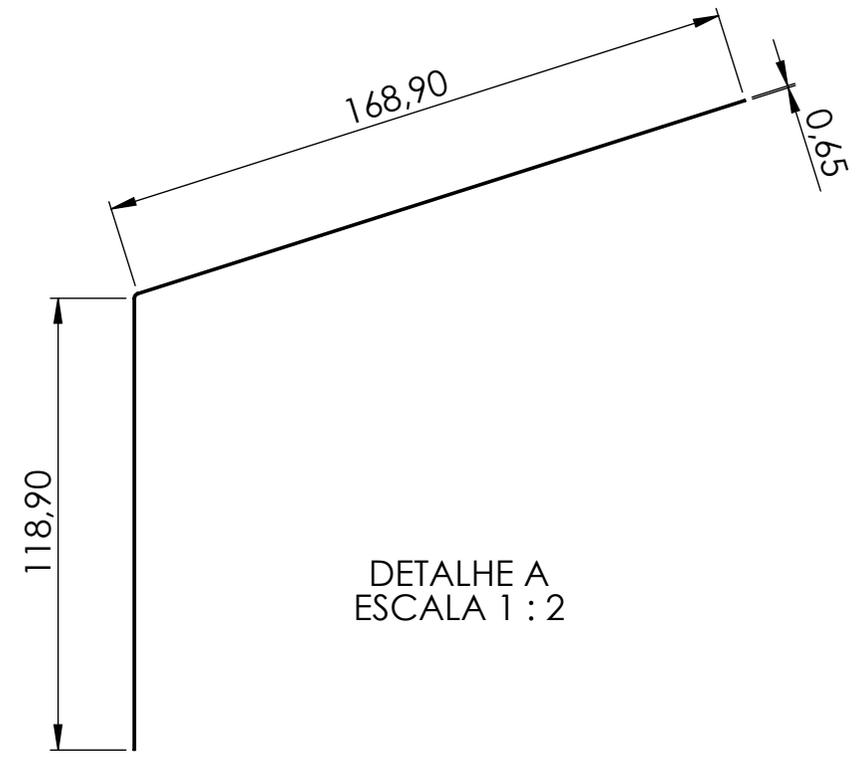
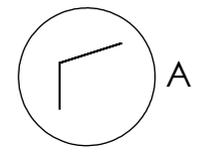
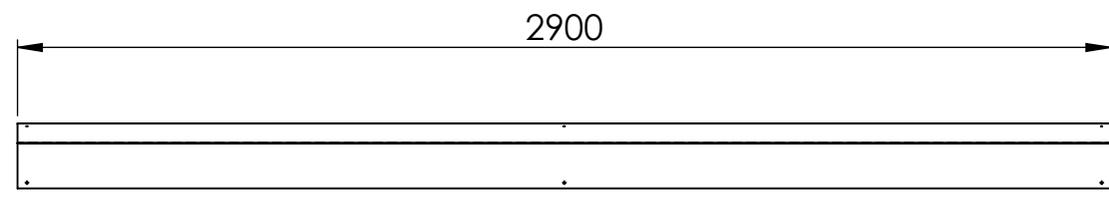
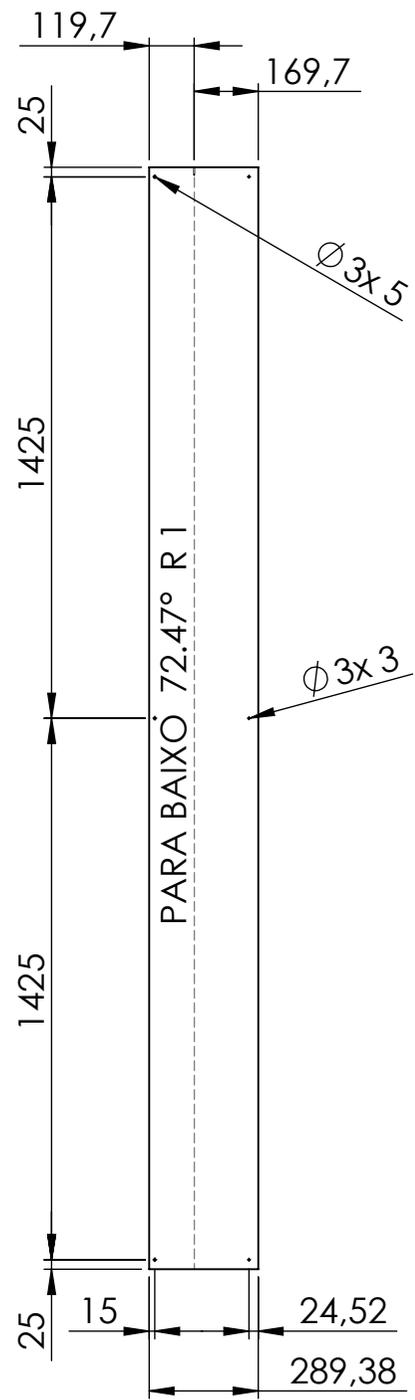


7 A



DETALHE A  
ESCALA 1 : 1

 Prefeitura Municipal de São Paulo 1911	<b>01.07.03 - Chapa Interna Cumeeira</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 0,65 mm (24)</b> <b>Dimensões - 148,25 mm x 2900 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.  Detalhe "A" em escala 1:1.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/08/2020	
	<b>MATERIAL</b> Aço Galvanizado	<b>QTD</b> 120	



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

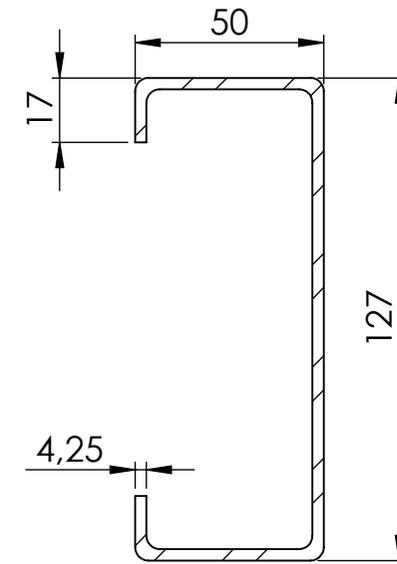
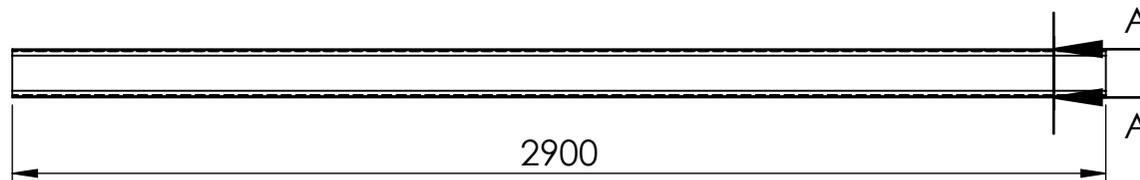
<b>01.07.04 - Chapa Interna Apoio</b>		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 1:20
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 26/08/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço Galvanizado	<b>QTD</b> 120

**OBSERVAÇÕES:**

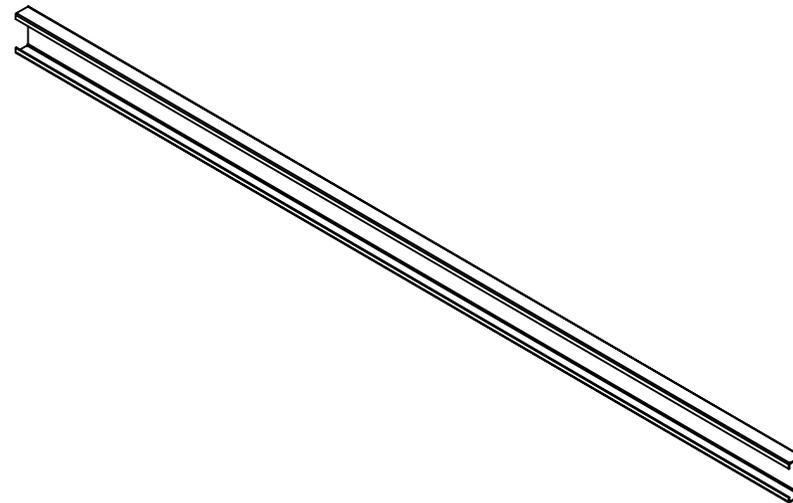
**Chapa Lisa:**  
**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 289,38 mm x 2900 mm**

Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.

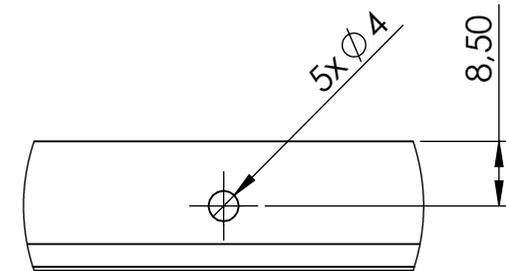
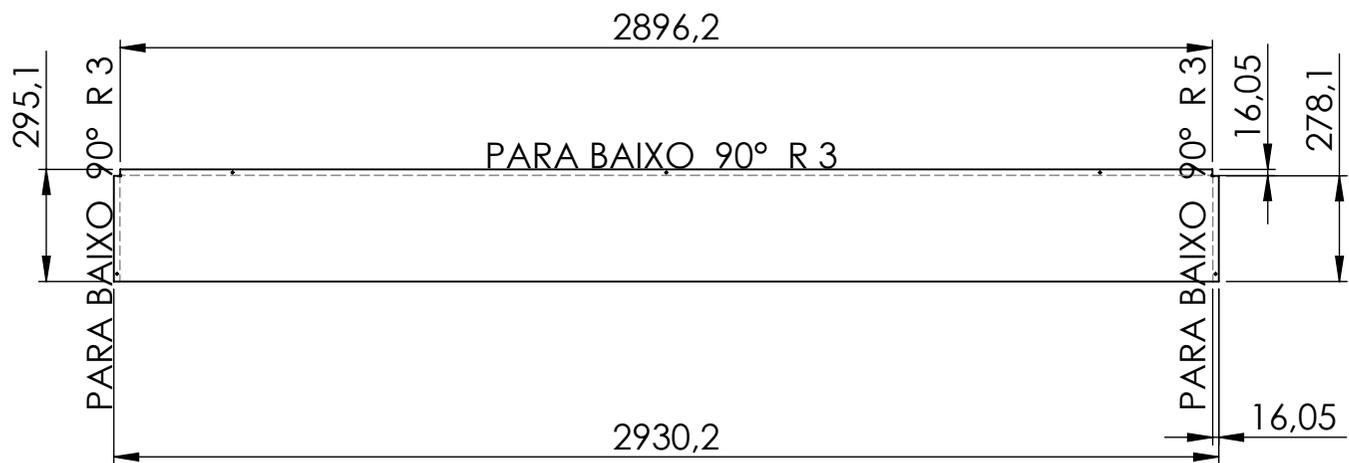
Detalhe "A" em escala 1:2.



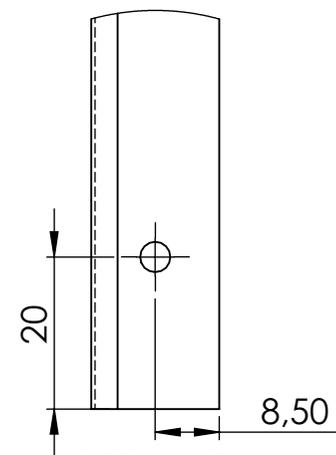
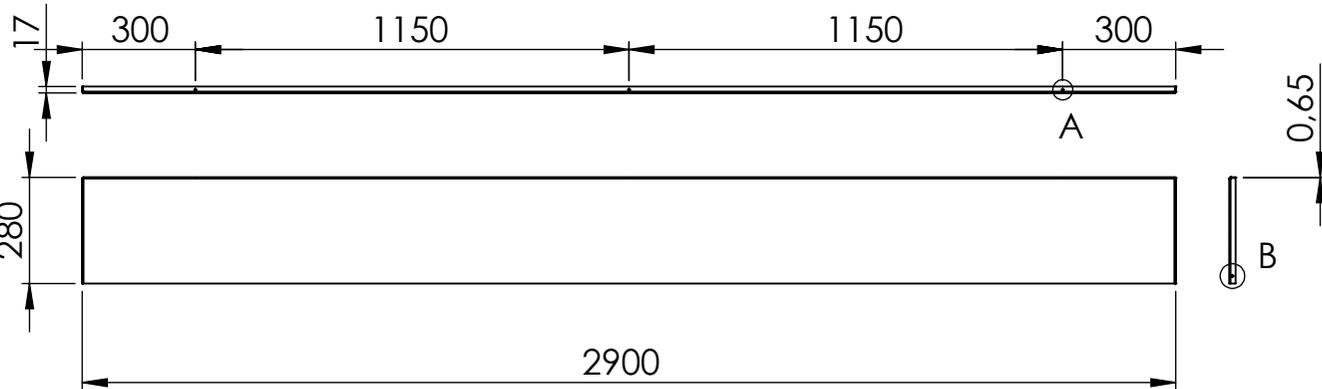
SEÇÃO A-A  
ESCALA 1 : 2



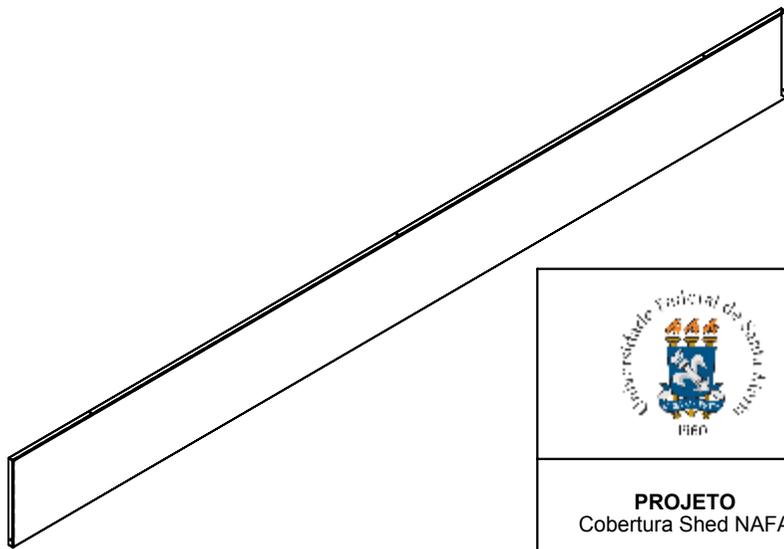
	<b>01.08.01 - Perfil Viga Frontal Inferior</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Perfil U Enrijecido:</b> <b>Espessura - 4,25 mm</b> <b>Dimensões - 127 mm x 50 mm x 17 mm x 2900 mm</b>  Seção "A-A" em escala 1:2.	
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>		31/07/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço ASTM A36	<b>QTD</b>		120
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				



DETALHE A  
ESCALA 1 : 1



DETALHE B  
ESCALA 1 : 1

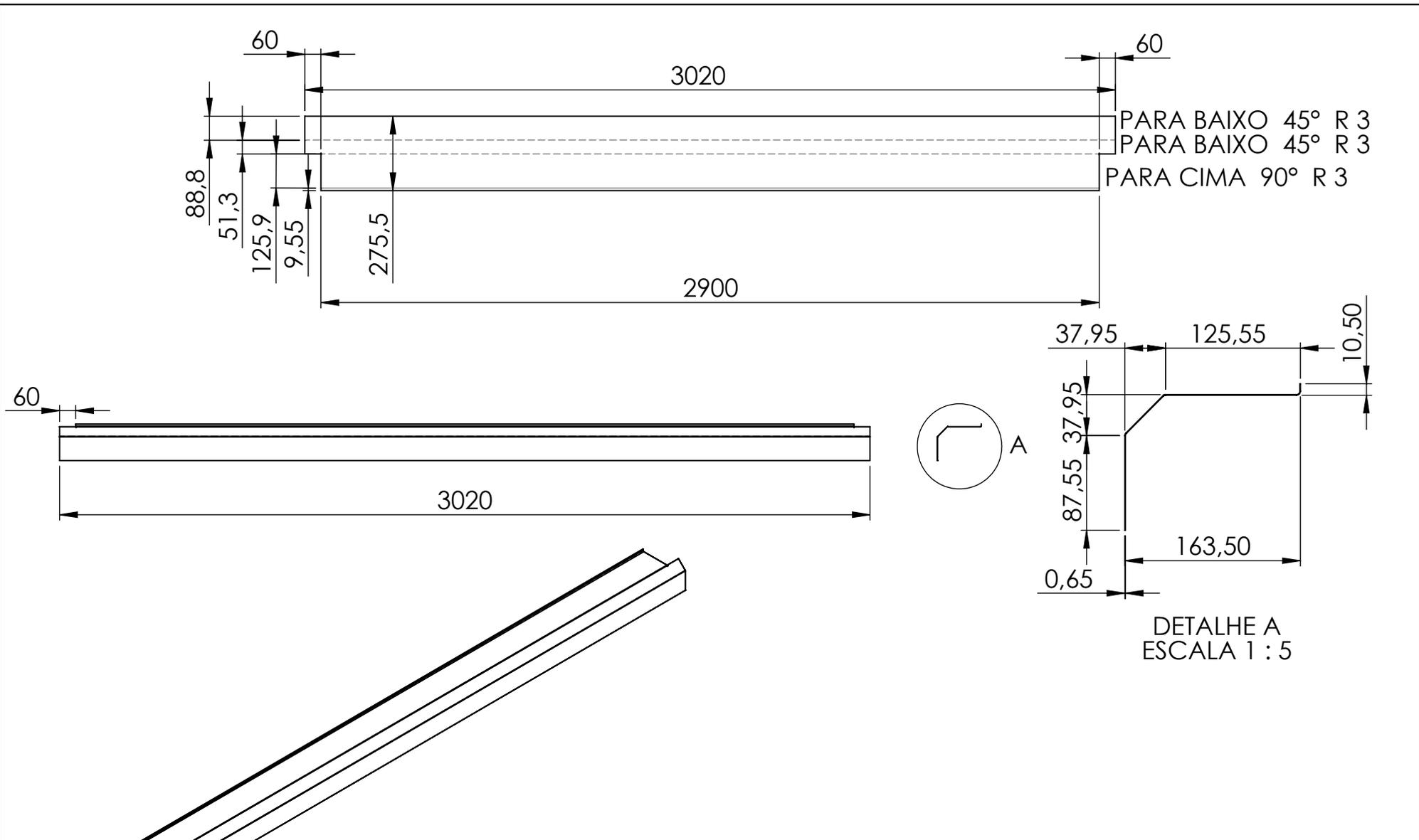


**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

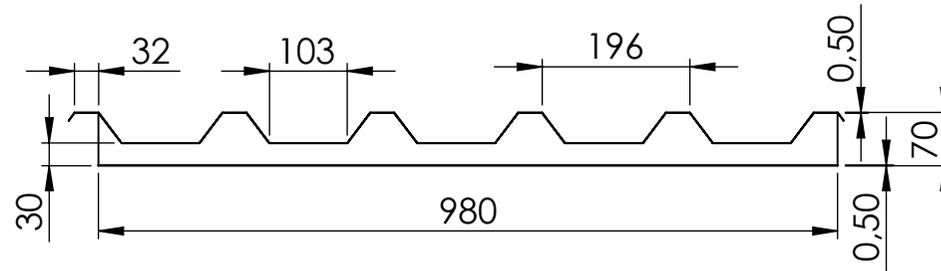
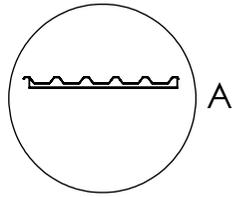
<b>01.08.02 - Chapa Fechamento Frontal</b>		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 1:20
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 31/07/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço Galvanizado	<b>QTD</b> 120

**OBSERVAÇÕES:**

**Chapa Lisa:**  
**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 2930,2 mm x 295,1 mm**  
 Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.  
 Detalhe "A" e Detalhe "B" em escala 1:1.

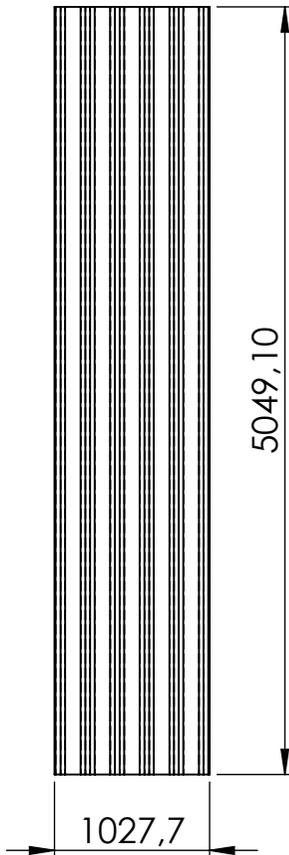


	<b>01.08.03 - Chapa Pingadeira Janela Frontal</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 0,65 mm (24)</b> <b>Dimensões - 275,5 mm x 3020 mm</b>  Detalhe "A" em escala 1:5.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 31/07/2020		
<b>MATERIAL</b> Aço Galvanizado	<b>QTD</b> 108		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			

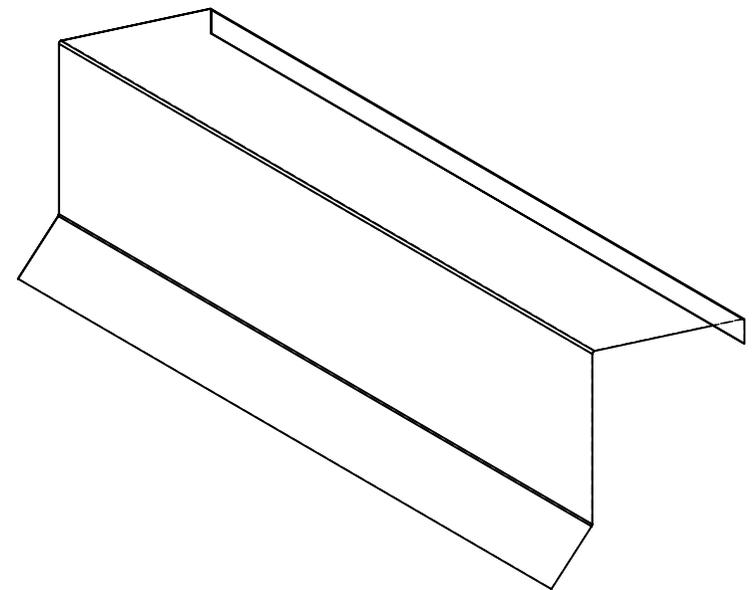
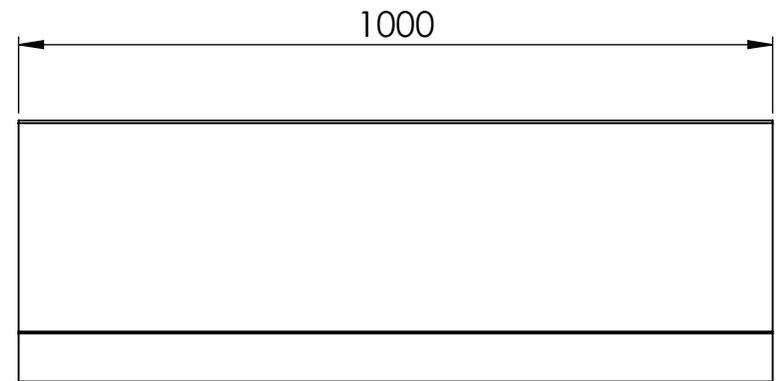
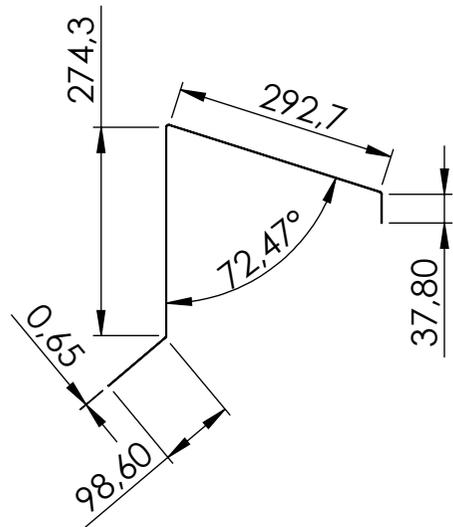
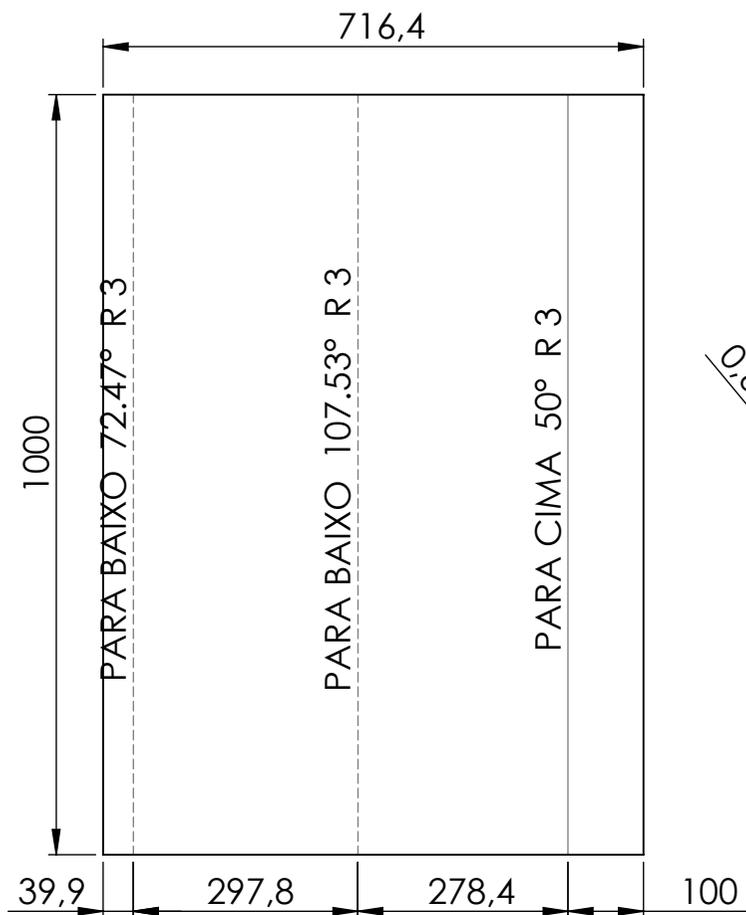


DETALHE A  
ESCALA 1 : 10

**OBSERVAÇÃO** - Telha Termoacústica aço galvanizado ou galvalume (trapezoidal + EPS ou PU com resistência a compressão  $\geq 1,0 \text{ kgf/cm}^2$  + liso interno), modelo 40/980, espessura da chapa  $\geq 0,5 \text{ mm}$ , altura total da telha 70 mm, pintura externa in natura e pintura interna branca.



	<b>01.09.01 - Telha</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  Detalhe "A" em escala 1:10	
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>		06/08/2020
<b>MATERIAL</b>	Especificado na observação.	<b>QTD</b>		360
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

**01.09.02 - Chapa Cumeeira Ponta Shed**

**UNIDADE** mm

**ESCALA** 1:10

**PROJETISTA** Felipe Mallmann

**DATA** 31/07/2020

**MATERIAL** Aço Galvanizado

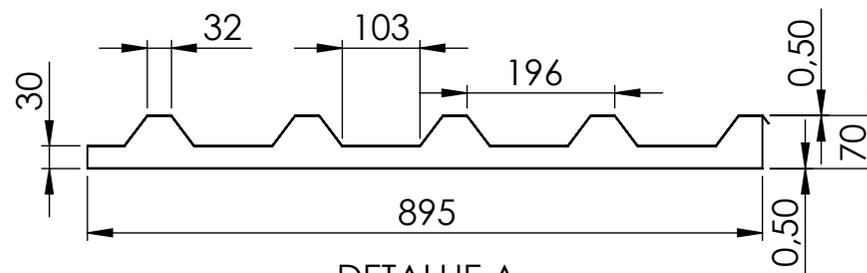
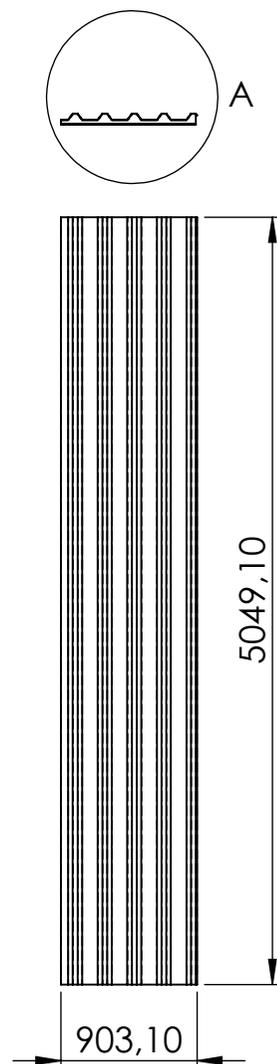
**QTD** 360

**OBSERVAÇÕES:**

**Chapa Lisa:**

**Espessura - 0,65 mm (24)**

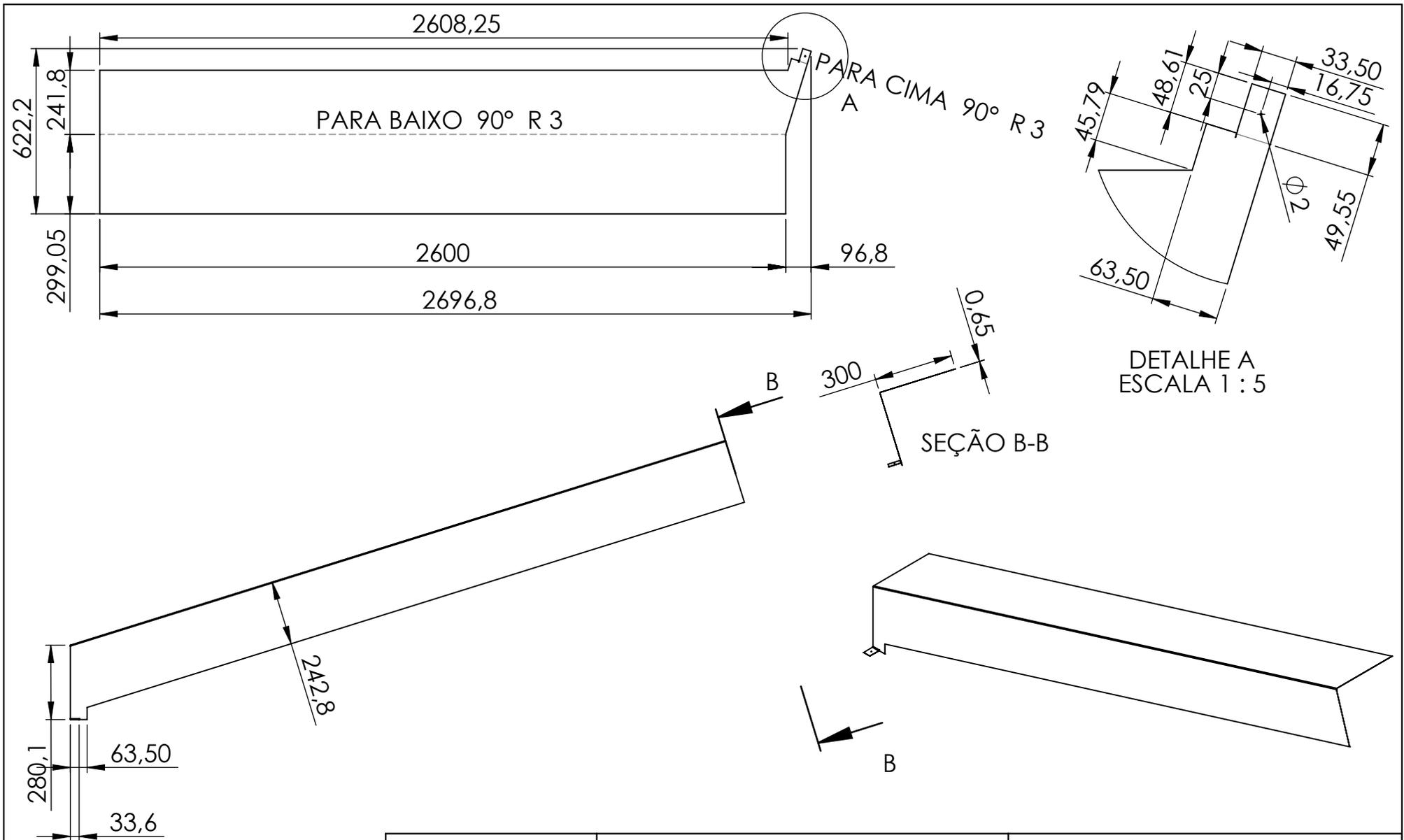
**Dimensões - 1000 mm x 716,4 mm**



DETALHE A  
ESCALA 1 : 10

**OBSERVAÇÃO** - Telha Termoacústica aço galvanizado ou galvalume (trapezoidal + EPS ou PU com resistência a compressão  $\geq 1,0 \text{ kgf/cm}^2$  + liso interno), modelo 40/980, espessura da chapa  $\geq 0,5 \text{ mm}$ , altura total da telha 70 mm, pintura externa in natura e pintura interna branca.

	<b>01.09.03 - Telha Menor</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  Detalhe "A" em escala 1:10	
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>		06/08/2020
<b>MATERIAL</b>	Especificado na observação.	<b>QTD</b>		10
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				



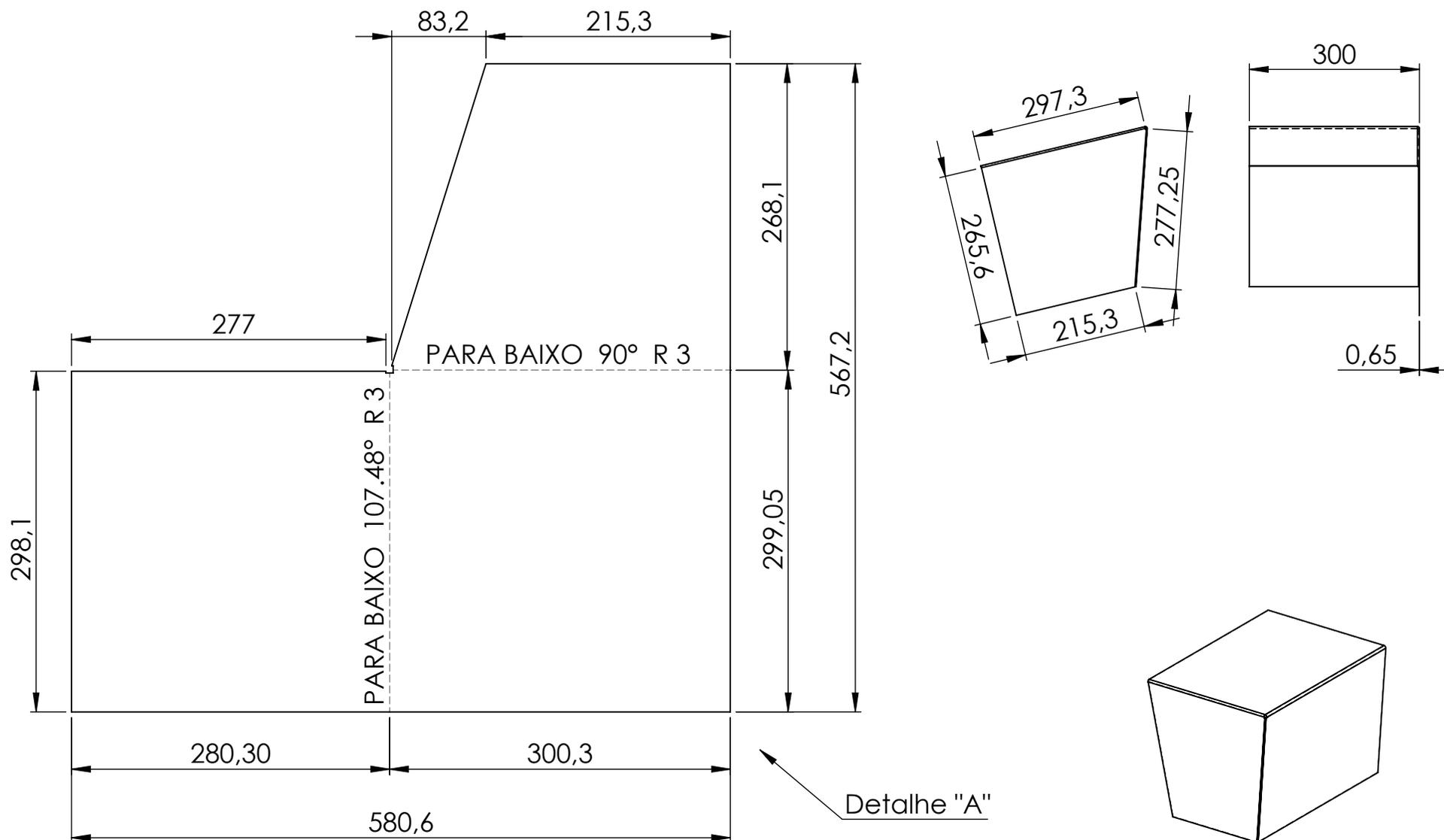
**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

<b>01.09.04 - Chapa Cumeeira Lateral Viga</b>		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 1:20
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 31/07/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço Galvanizado	<b>QTD</b> 10

**OBSERVAÇÕES:**

**Chapa Lisa:**  
**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 2696,8 mm x 622,2 mm**

Detalhe "A" em escala 1:5.



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

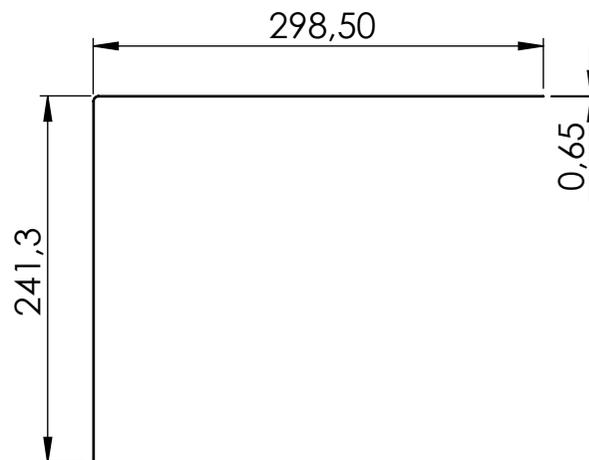
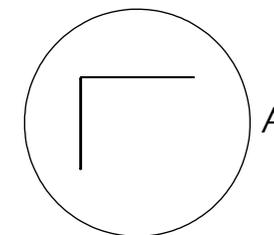
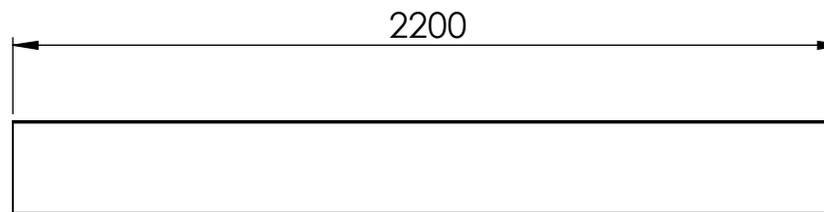
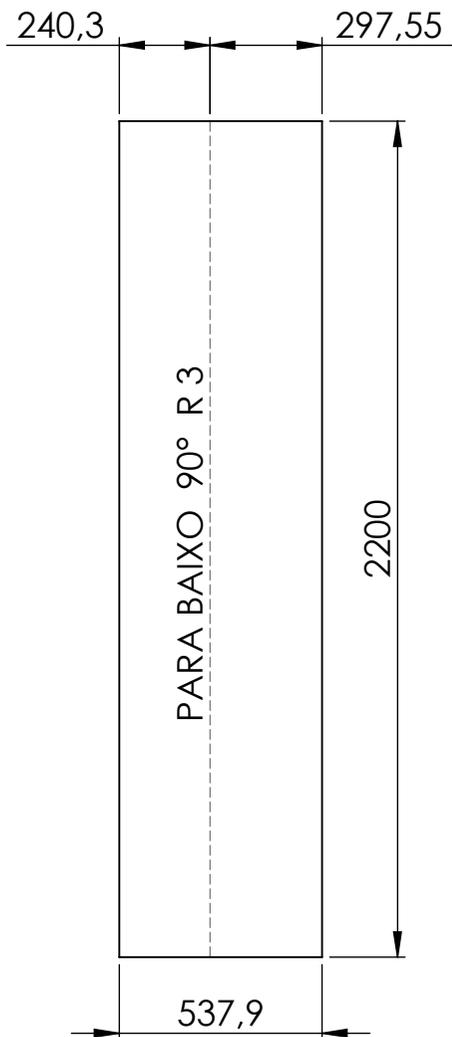
<b>01.09.05 - Chapa Cumeeira Canto</b>		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 1:10
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 31/07/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço Galvanizado	<b>QTD</b> 10

**OBSERVAÇÕES:**

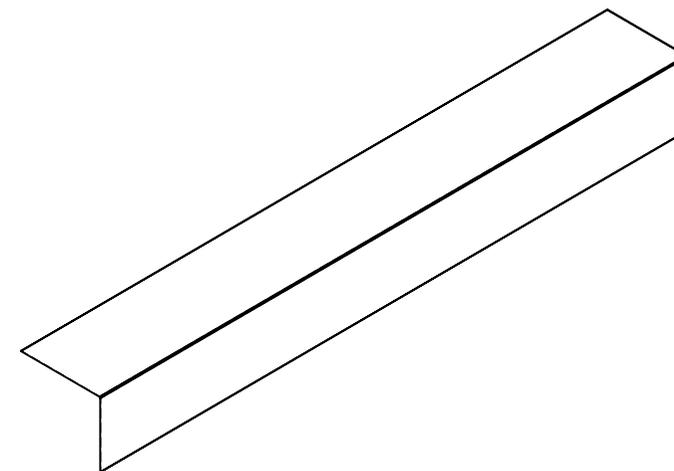
**Chapa Lisa:**

**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 580,6 mm x 567,2 mm**

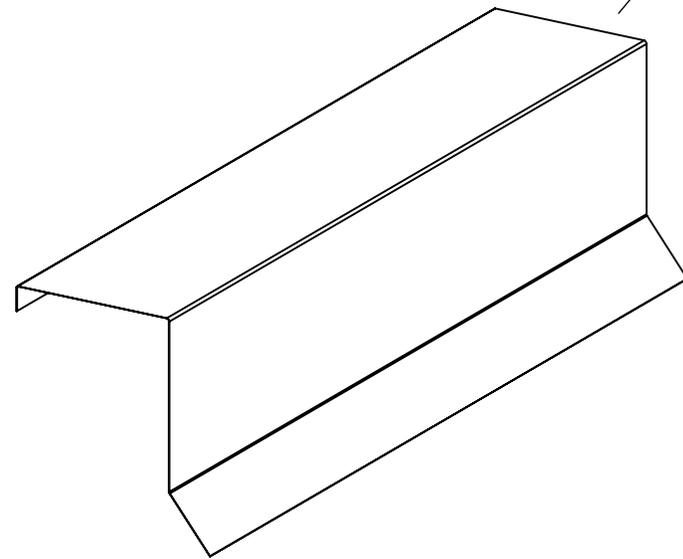
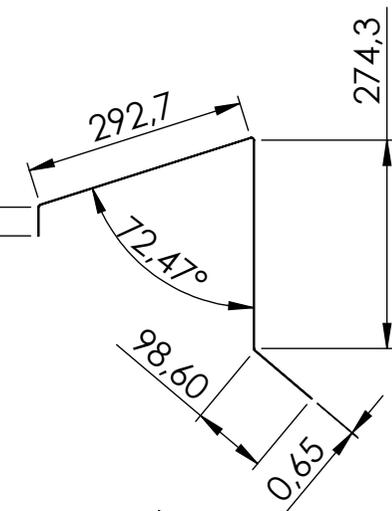
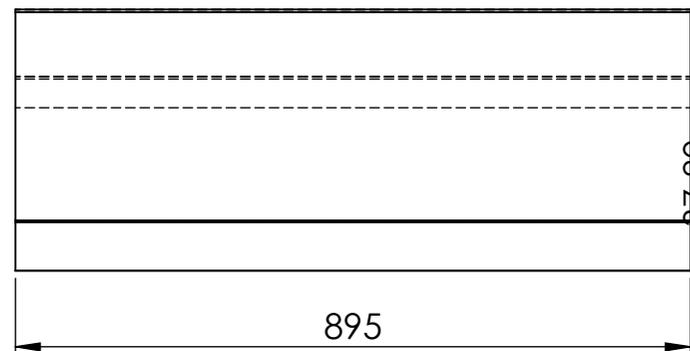
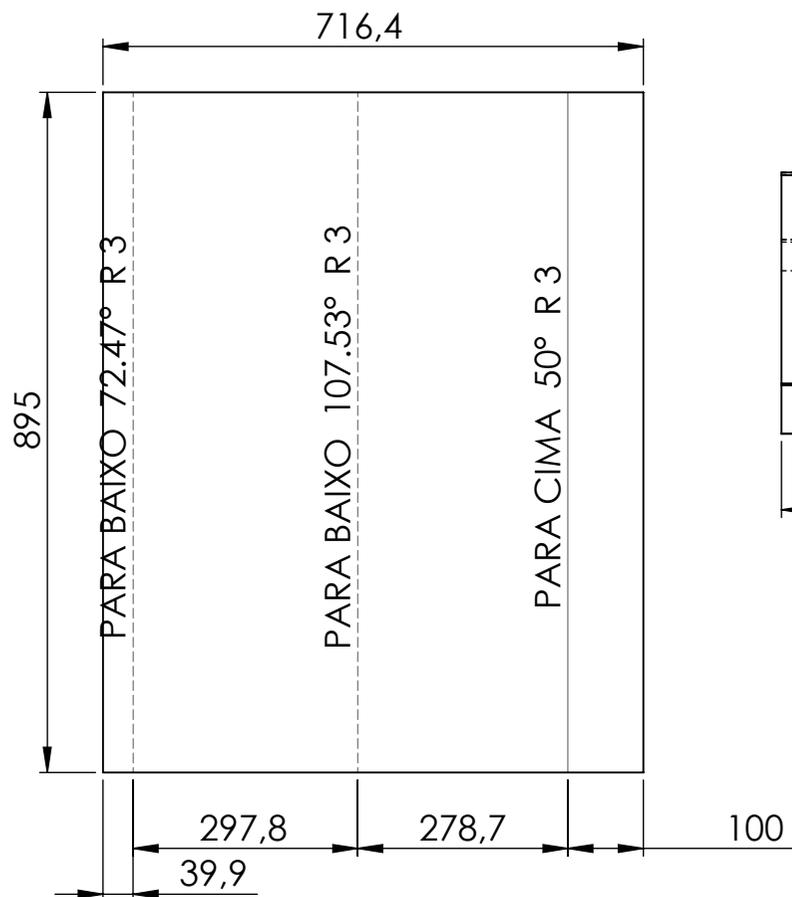
Detalhe "A" em escala 1:5.



DETALHE A  
ESCALA 1 : 5



	<b>01.09.06 - Chapa Cumeeira Lateral Centro</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 0,65 mm (24)</b> <b>Dimensões - 537,9 mm x 2200 mm</b>  Detalhe "A" em escala 1:5.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 31/07/2020		
<b>MATERIAL</b> Aço Galvanizado	<b>QTD</b> 10		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

**01.09.07 - Chapa Cumeeira Ponta Shed Menor**

**UNIDADE** mm

**ESCALA** 1:10

**PROJETISTA** Felipe Mallmann

**DATA** 31/07/2020

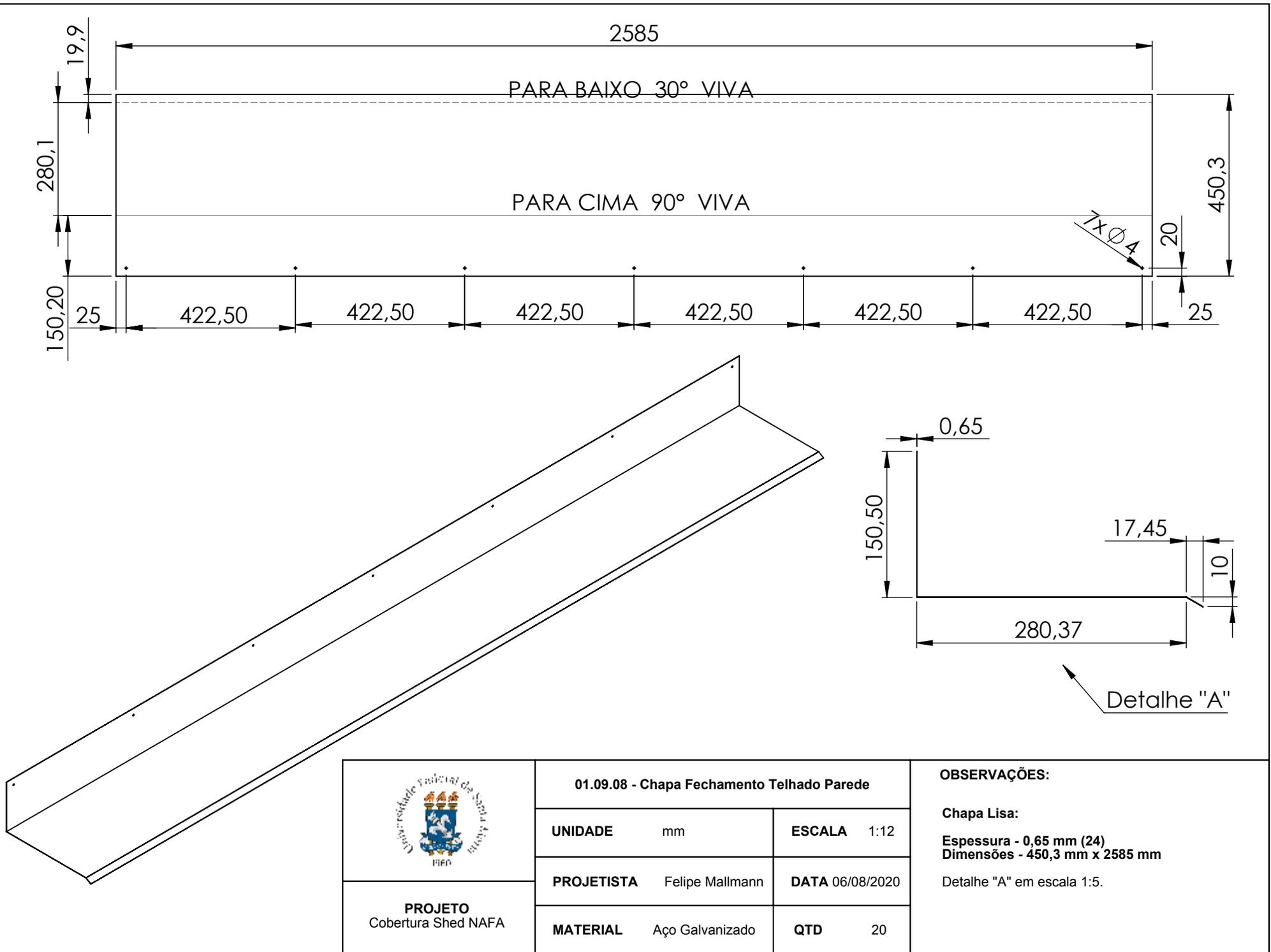
**MATERIAL** Aço Galvanizado

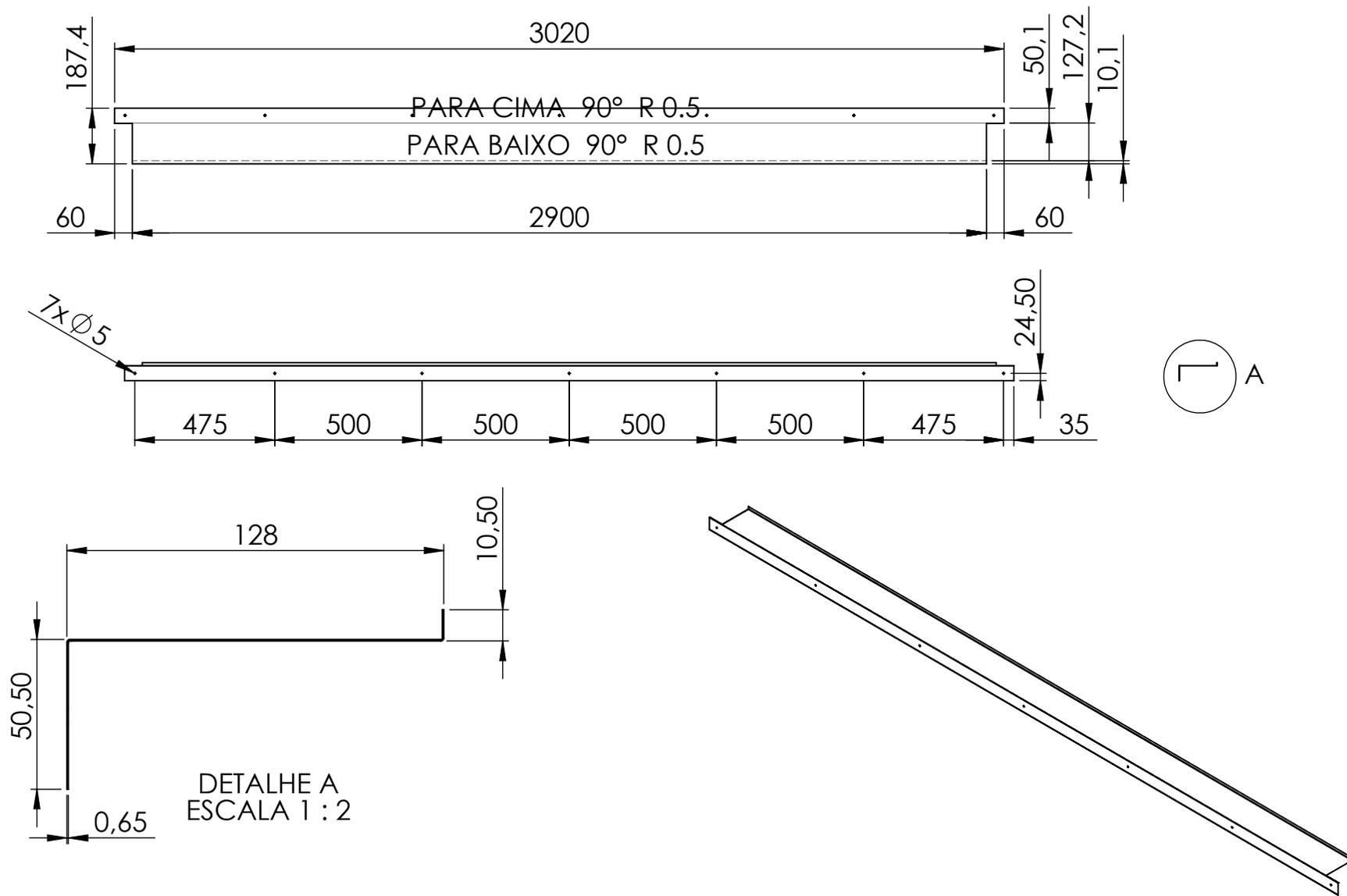
**QTD** 10

**OBSERVAÇÕES:**

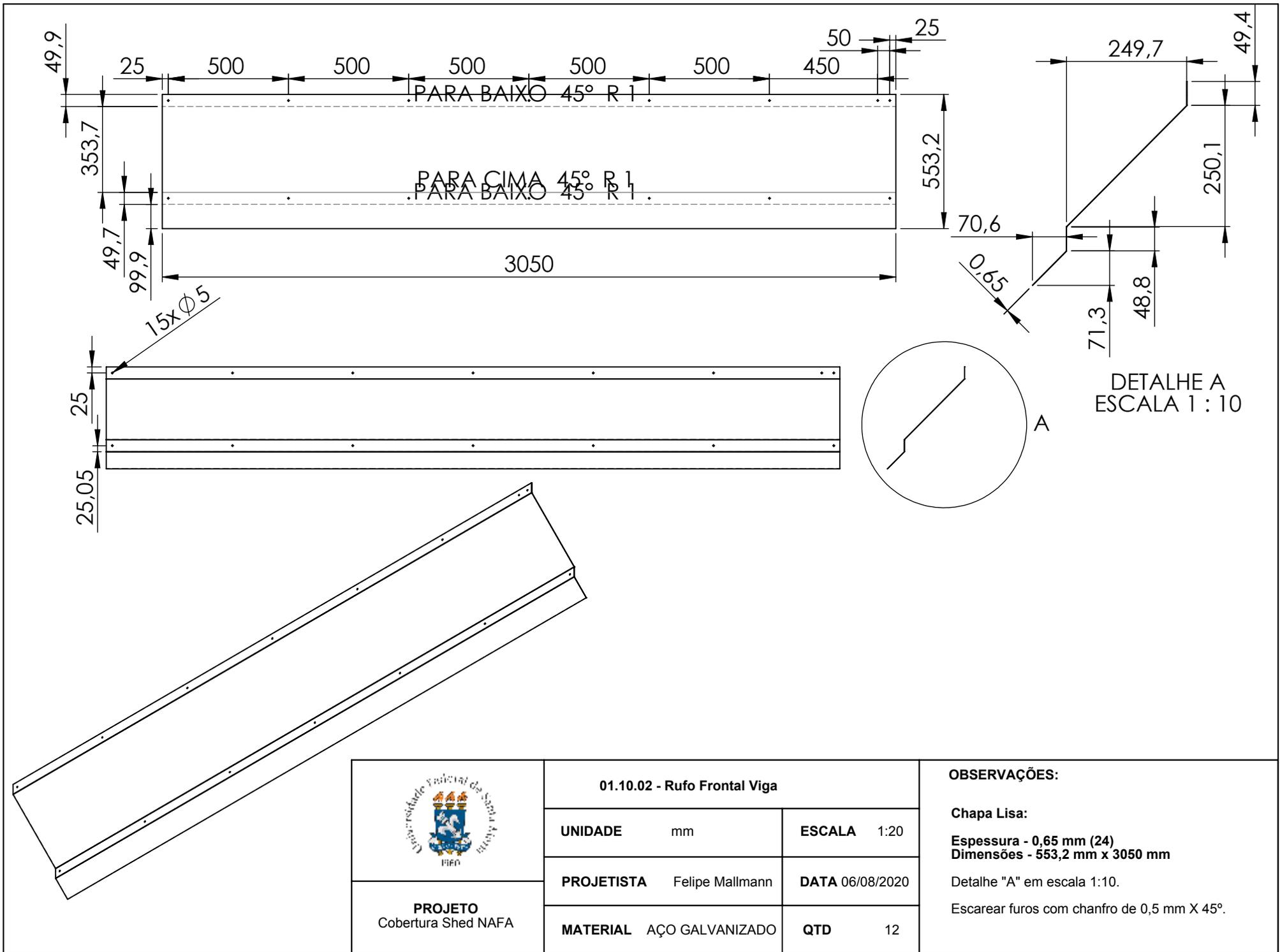
**Chapa Lisa:**

**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 820 mm x 716,4 mm**





	<b>01.10.01 - Acabamento Frontal Janela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 0,65 mm (24)</b> <b>Dimensões - 187,4 mm x 3020 mm</b>  Detalhe "A" em escala 1:2.  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 06/08/2020	
	<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 12	



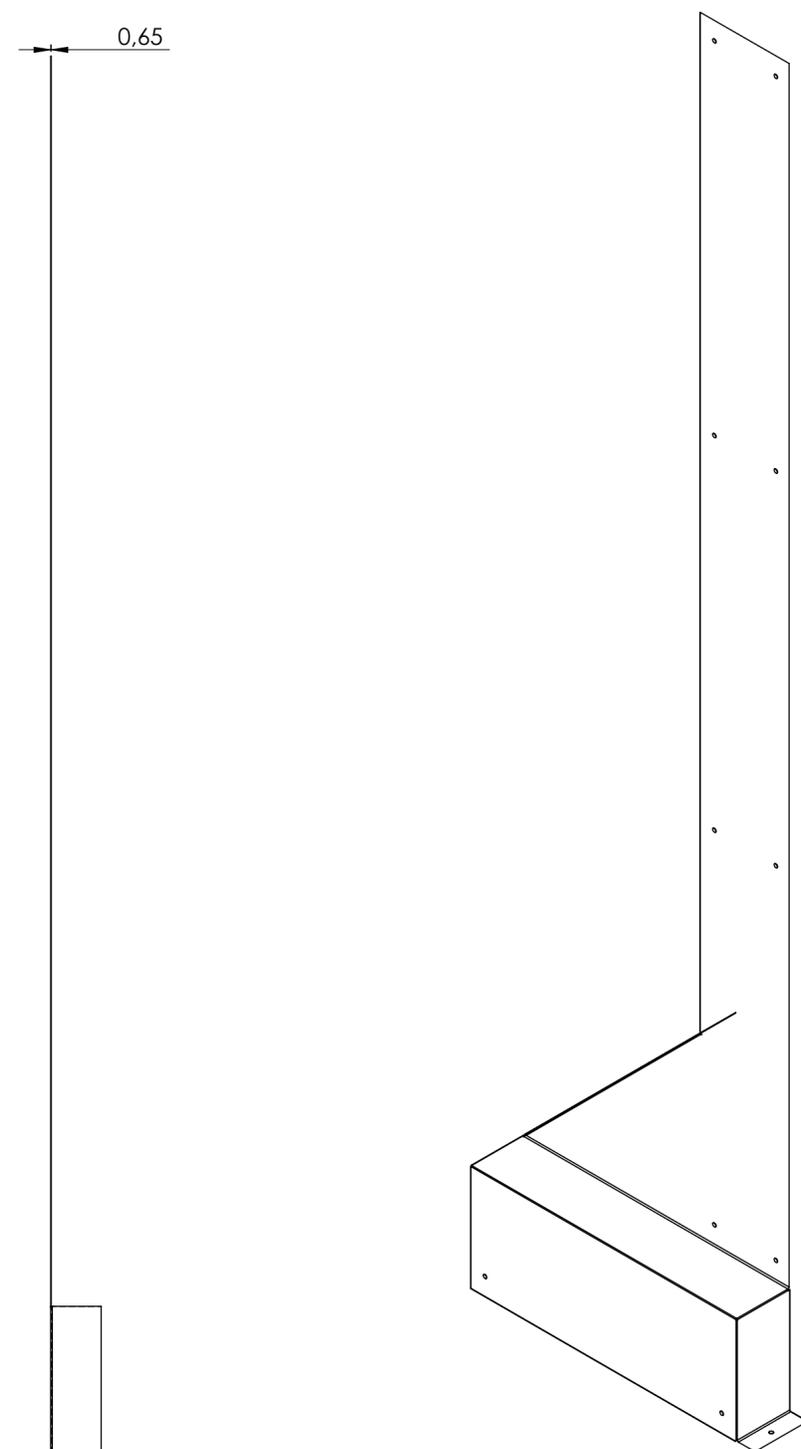
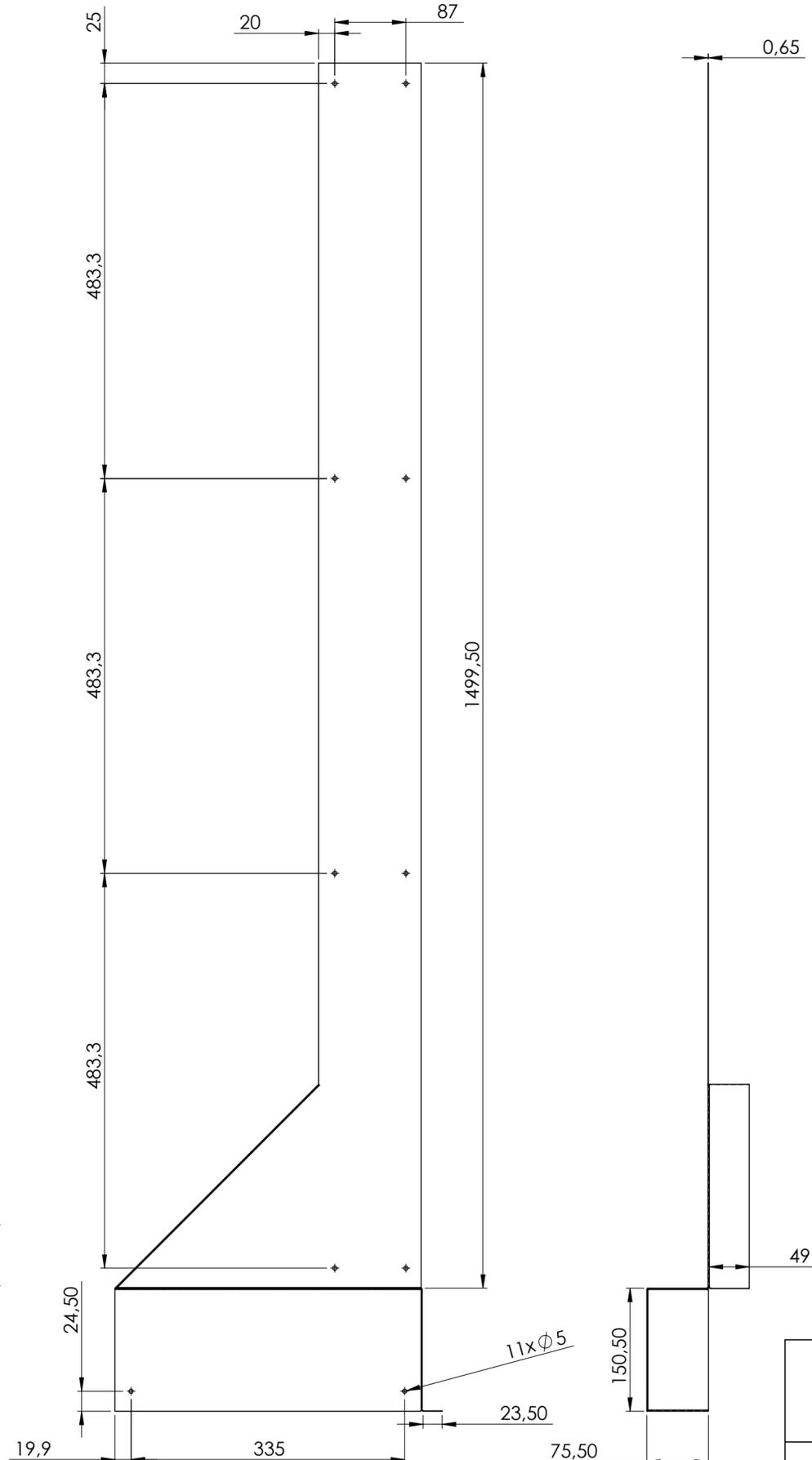
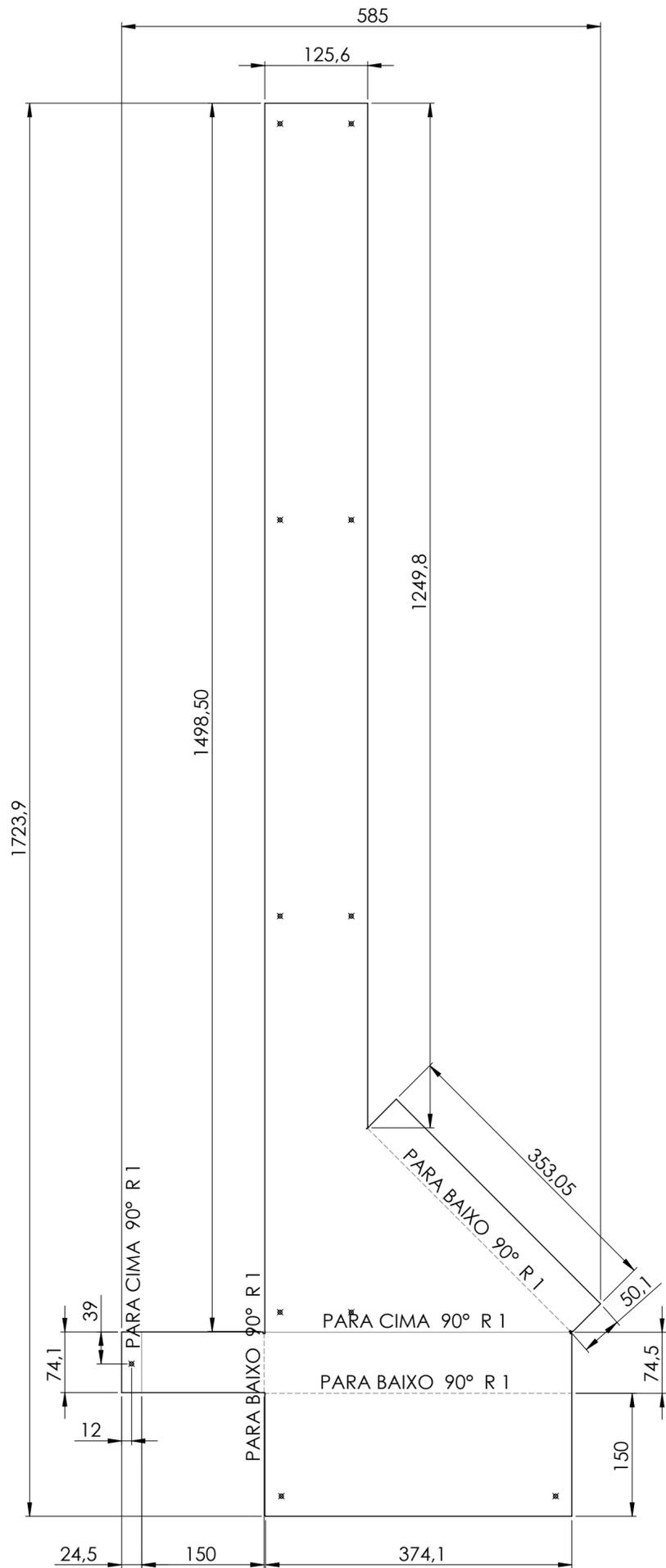
**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

<b>01.10.02 - Rufo Frontal Viga</b>	
<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 06/08/2020
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 12

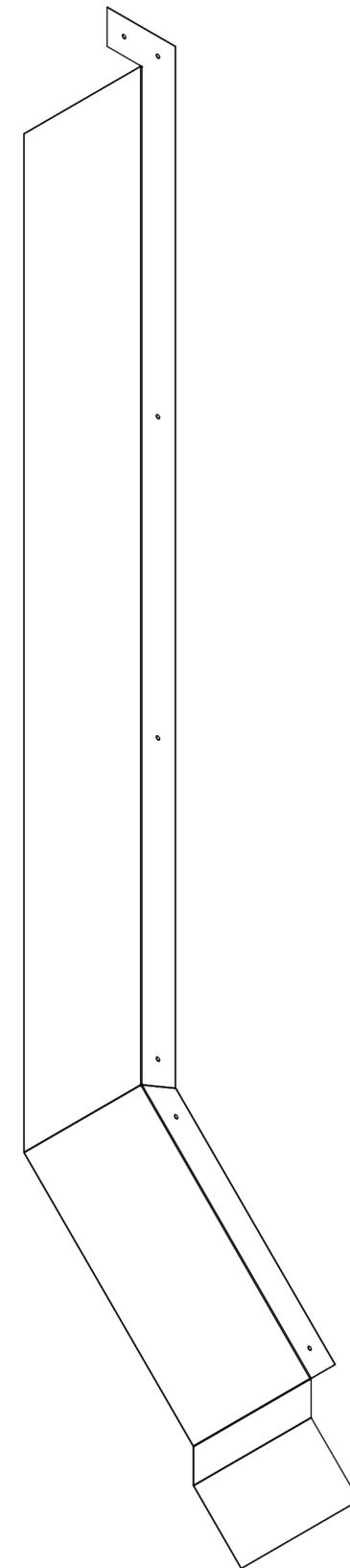
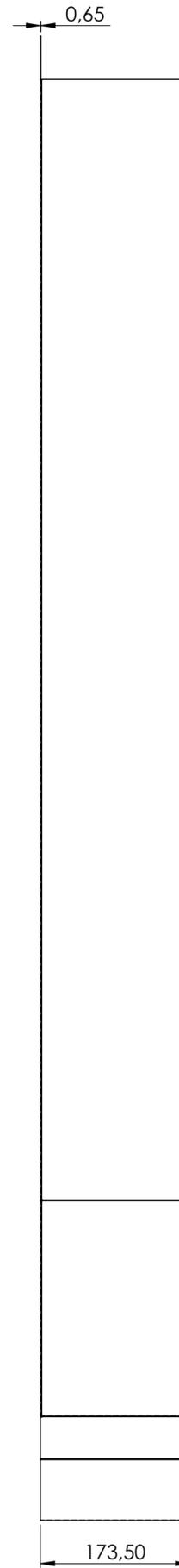
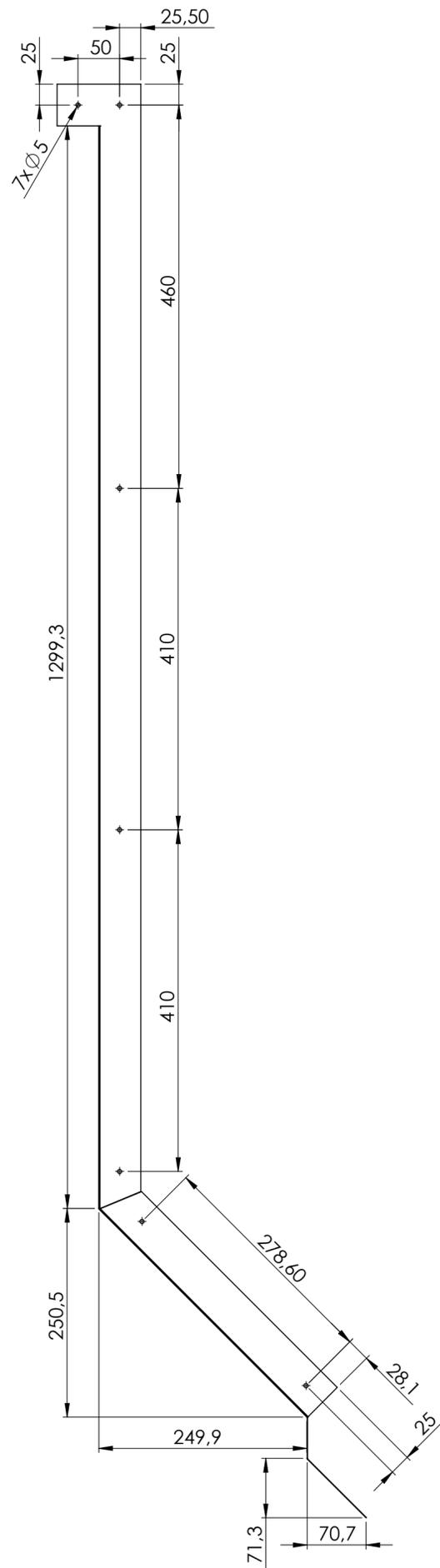
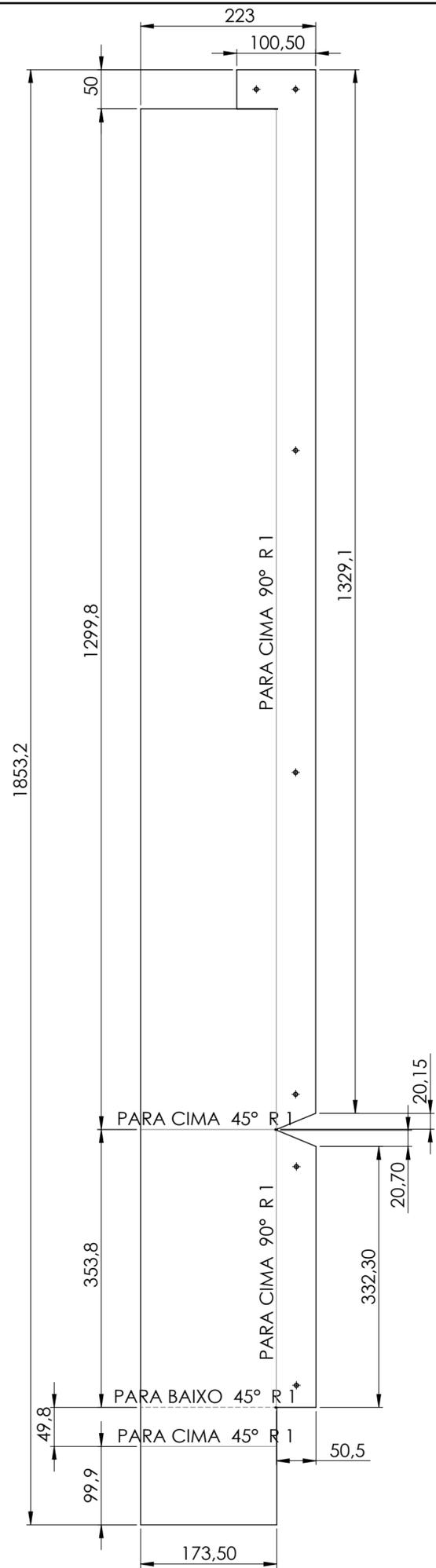
**OBSERVAÇÕES:**

**Chapa Lisa:**  
**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 553,2 mm x 3050 mm**

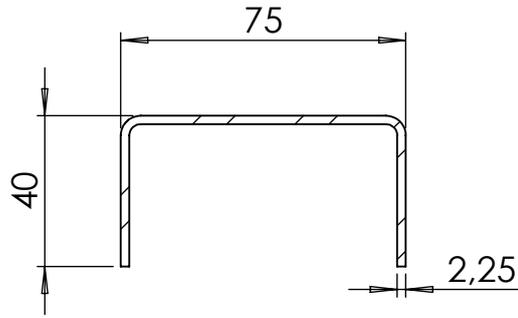
Detalhe "A" em escala 1:10.  
 Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.



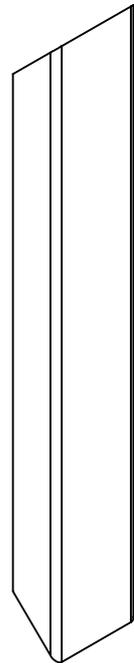
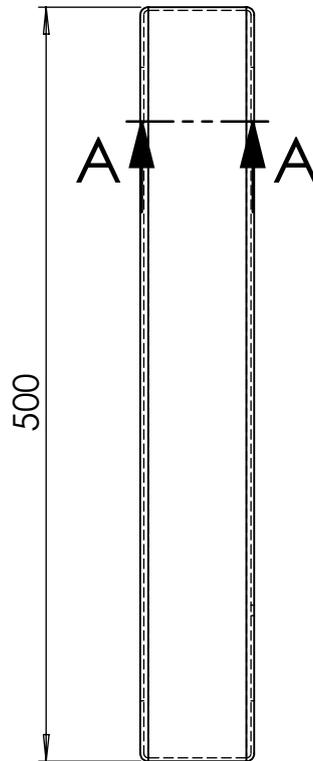
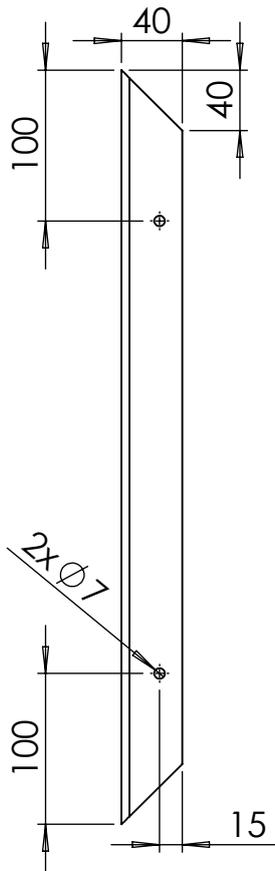
	01.10.03 - Acabamento Frontal Pilarete Extremidade		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Chapa Lisa: Espessura - 0,65 mm (24) Dimensões - 1723,9 mm x 585 mm Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.	
	UNIDADE	mm		ESCALA
PROJETO	Cobertura Shed NAFA		PROJETISTA	Felipe Mallmann
	MATERIAL	AÇO GALVANIZADO	DATA	06/08/2020
			QUANTIDADE	1



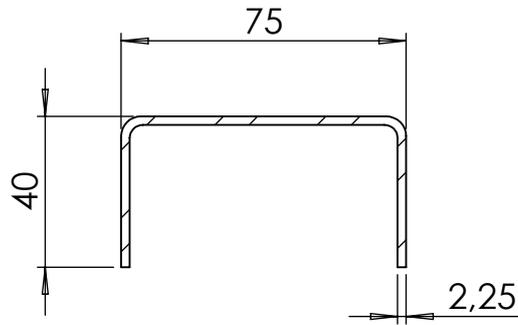
	01.10.04 - Acabamento Frontal Pilarete Parede		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Chapa Lisa: Espessura - 0,65 mm (24) Dimensões - 1853,2 mm x 223 mm Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.	
	UNIDADE	mm		ESCALA
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	06/08/2020
	MATERIAL	AÇO GALVANIZADO	QUANTIDADE	1



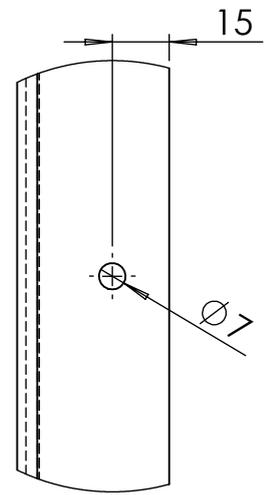
**SEÇÃO A-A**  
ESCALA 1 : 2



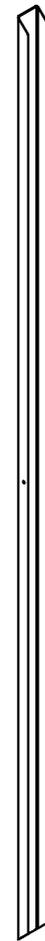
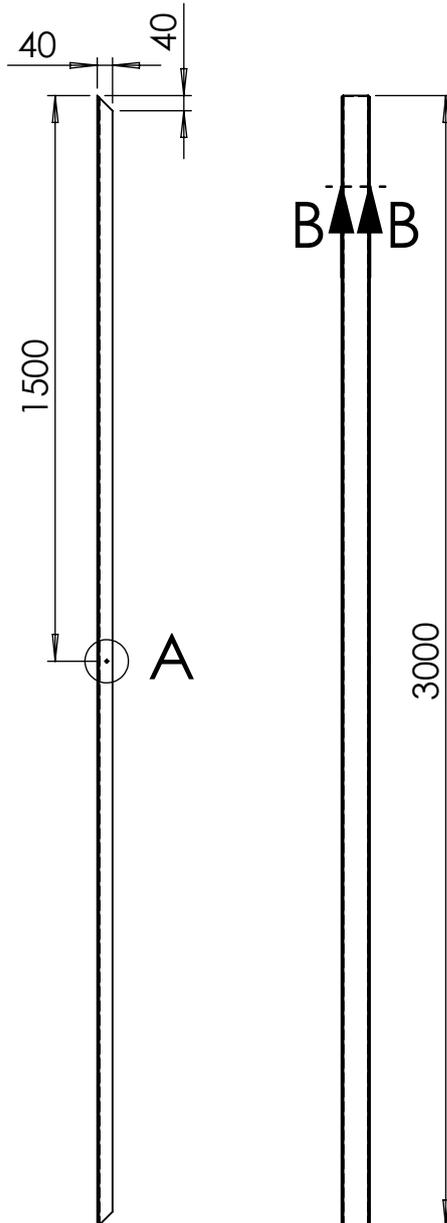
	<b>01.11.01.01 - Perfil Menor Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:5	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 29/07/2020	<b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 75 mm x 40 mm x 500 mm</b>
	<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 240	Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°. SEÇÃO "A-A" em escala 1:2.



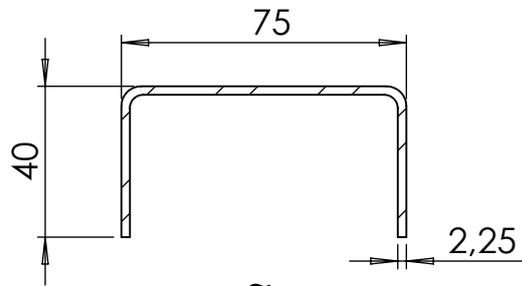
**SEÇÃO B-B**  
ESCALA 1 : 2



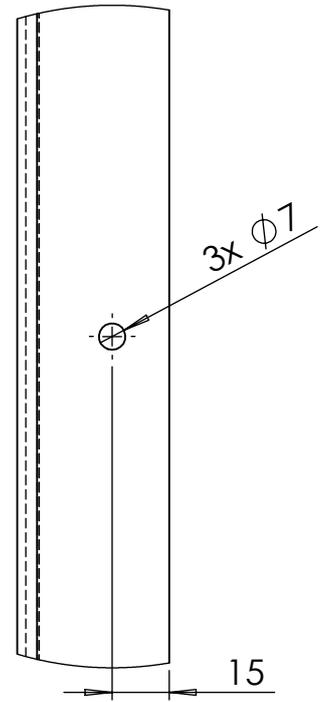
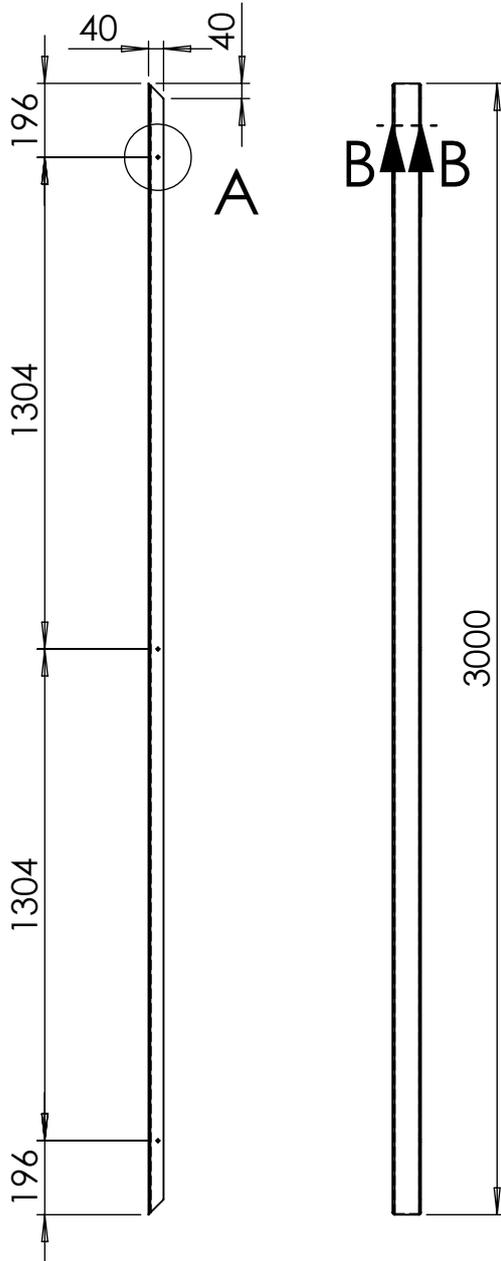
**DETALHE A**  
ESCALA 1 : 2



	<b>01.11.01.02 - Perfil Maior Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 75 mm x 40 mm x 3000 mm</b> Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°. SEÇÃO B-B e Detalhe "A" em escala 1:2. Furo apenas em uma aba do perfil.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:20	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 29/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 220	



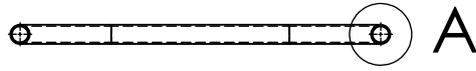
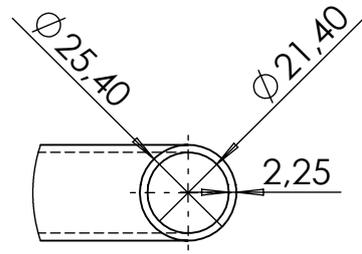
**SEÇÃO B-B**  
ESCALA 1 : 2



**DETALHE A**  
ESCALA 1 : 2

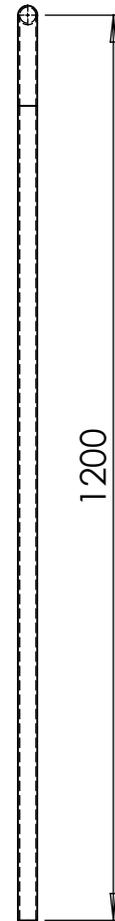
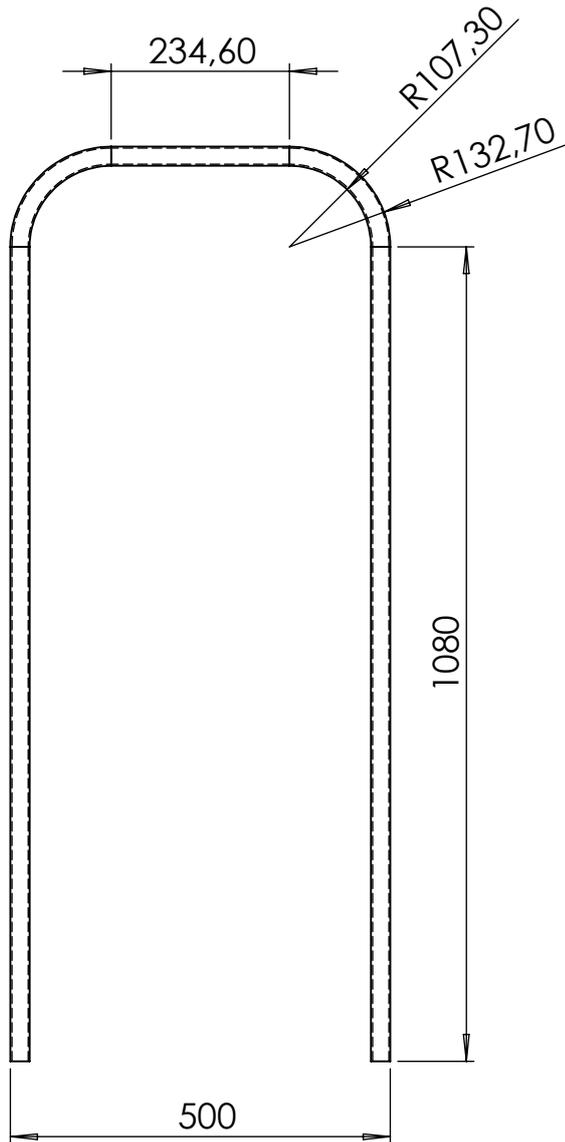


	01.11.02.01 - Perfil Maior Passarela Extremidade		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Perfil C:</b> Espessura - 2,25 mm Dimensões - 75 mm x 40 mm x 3000 mm Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°. SEÇÃO "B-B" e Detalhe "A" em escala 1:2. Furos apenas em uma aba do perfil.	
	UNIDADE	mm		ESCALA
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	29/07/2020
	MATERIAL	Aço SAE 1020	QTD	20

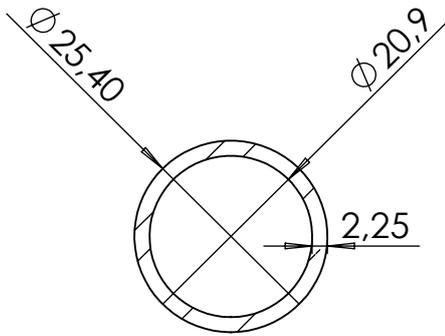


# DETALHE A

ESCALA 1 : 2

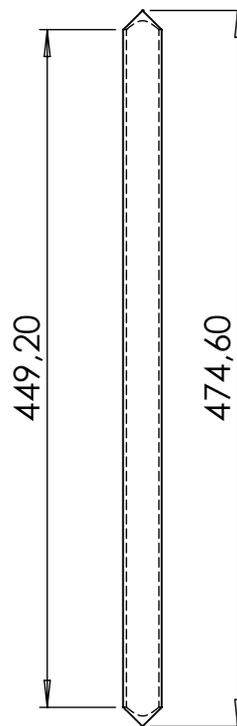
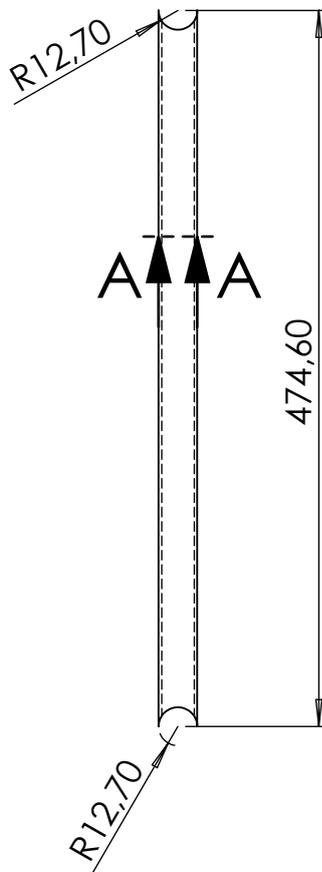


	01.11.02.02 - Tubo Maior Contenção Passarela		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Tubo:</b> Espessura - 2,25 mm Dimensões - Comprimento 2851,4 mm Diâmetro Externo 25,40 mm Diâmetro Interno 21,40 mm	
	UNIDADE	mm		ESCALA 1:10
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA		30/07/2020
MATERIAL	Aço SAE 1020	QTD		10
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				Detalhe "A" em escala 1:2.



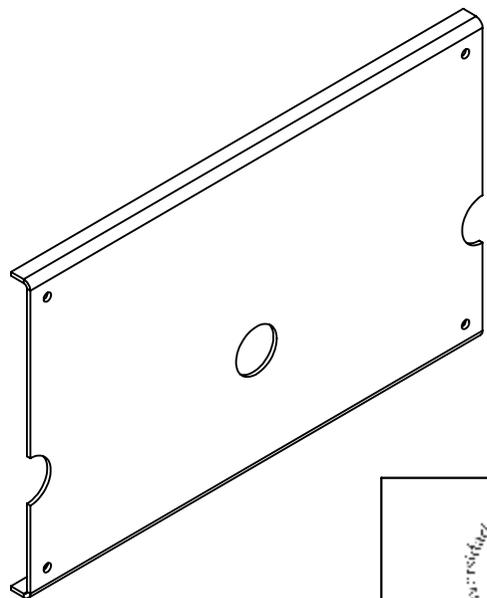
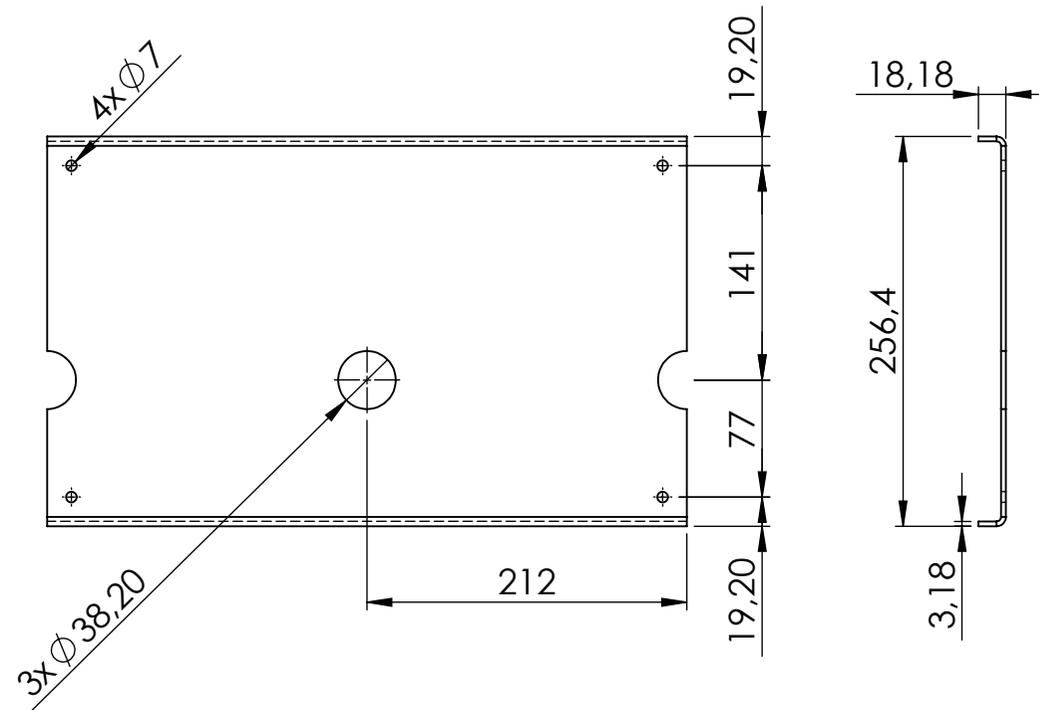
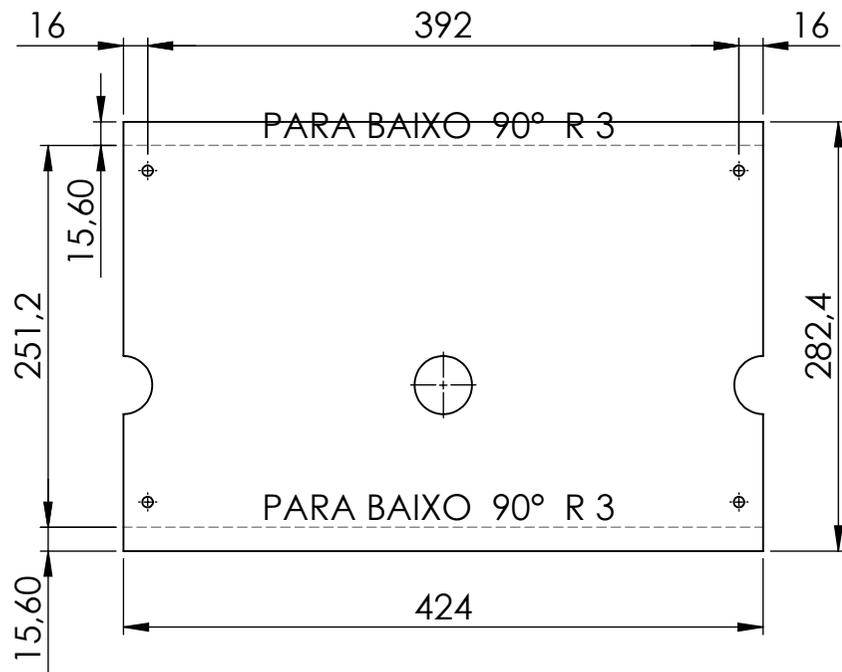
# SEÇÃO A-A

ESCALA 1:1



	<b>01.11.02.03 - Tubo Menor Contenção Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Tubo:</b> Espessura - 2,25 mm Dimensões - Comprimento 474,6 mm Diâmetro Externo 25,40 mm Diâmetro Interno 20,9 mm	
	UNIDADE	mm		ESCALA
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	30/07/2020
	MATERIAL	Aço SAE 1020	QTD	30

SEÇÃO "A-A" em escala 1:1.



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

01.11.03.01 - Chapa Apoio Suporte Passarela

**UNIDADE** mm

**ESCALA** 1:5

**PROJETISTA** Felipe Mallmann

**DATA** 30/07/2020

**MATERIAL** Aço SAE 1020

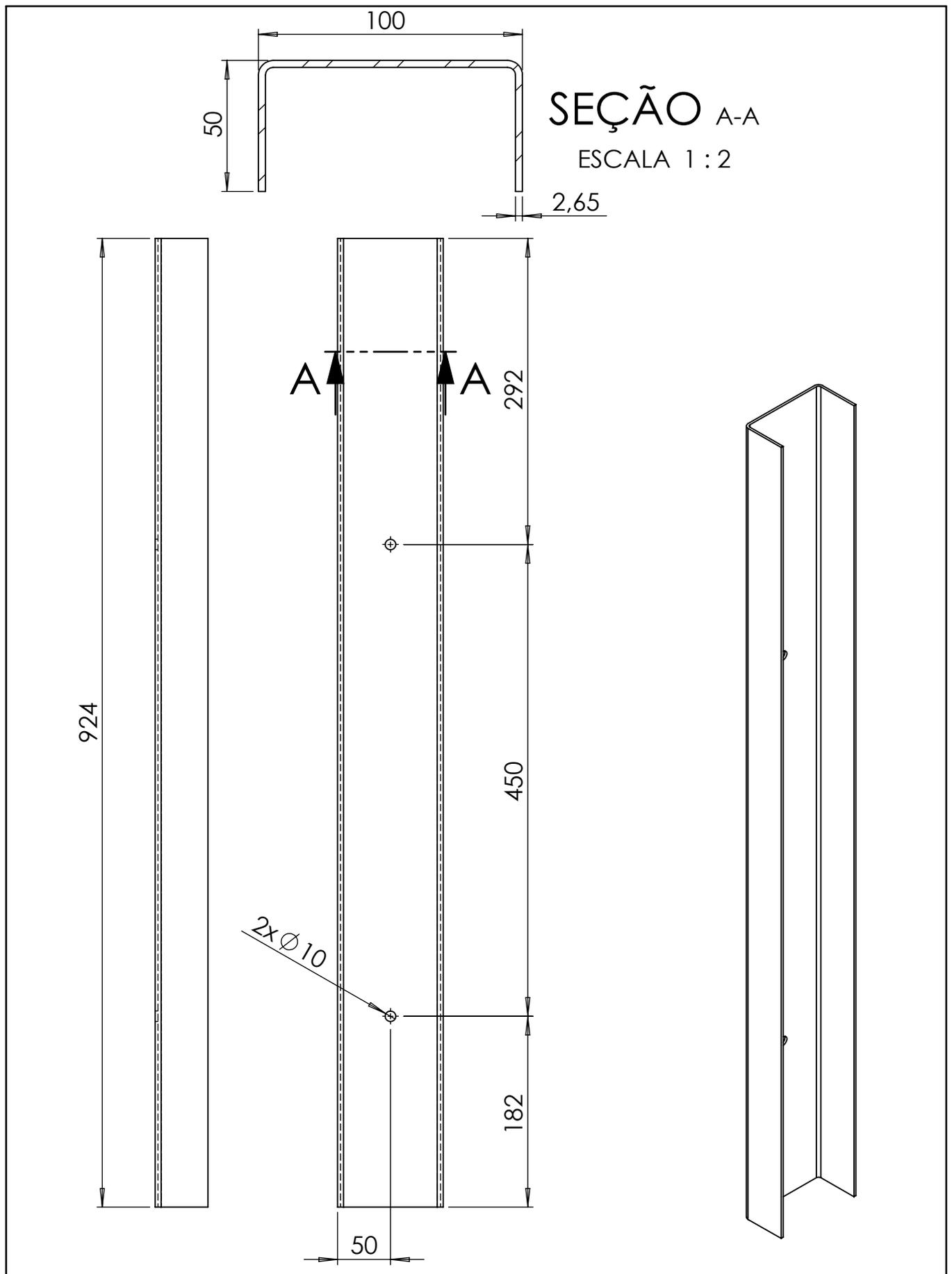
**QTD** 480

**OBSERVAÇÕES:**

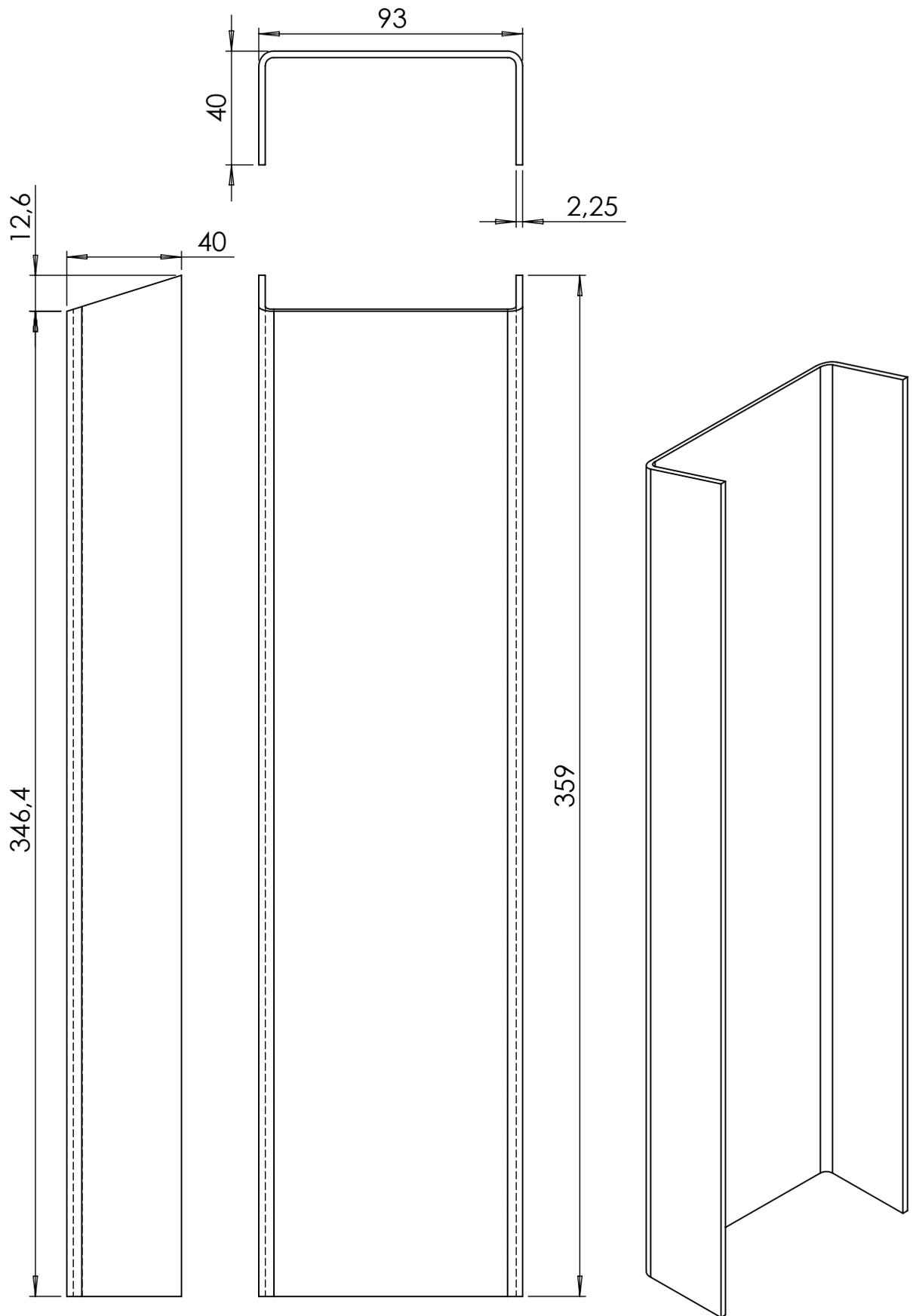
**Chapa Lisa:**

**Espessura - 3,18 mm (1/8")**  
**Dimensões - 424 mm x 282,4 mm**

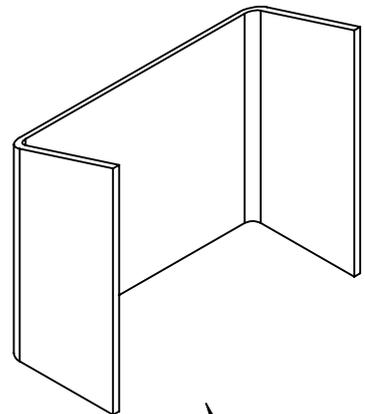
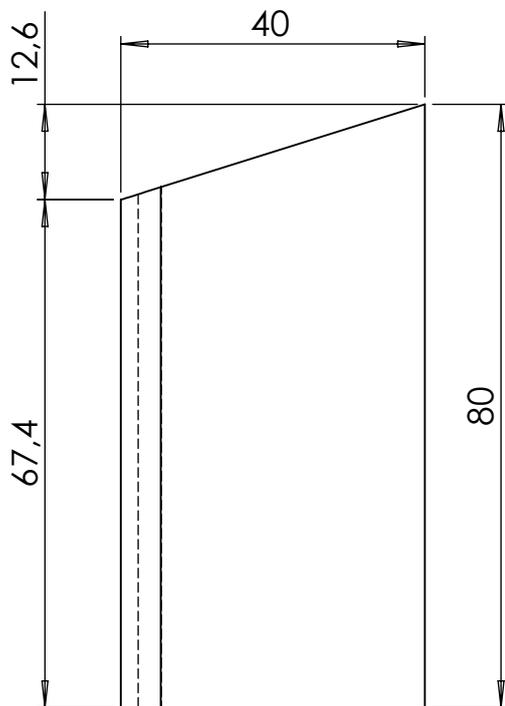
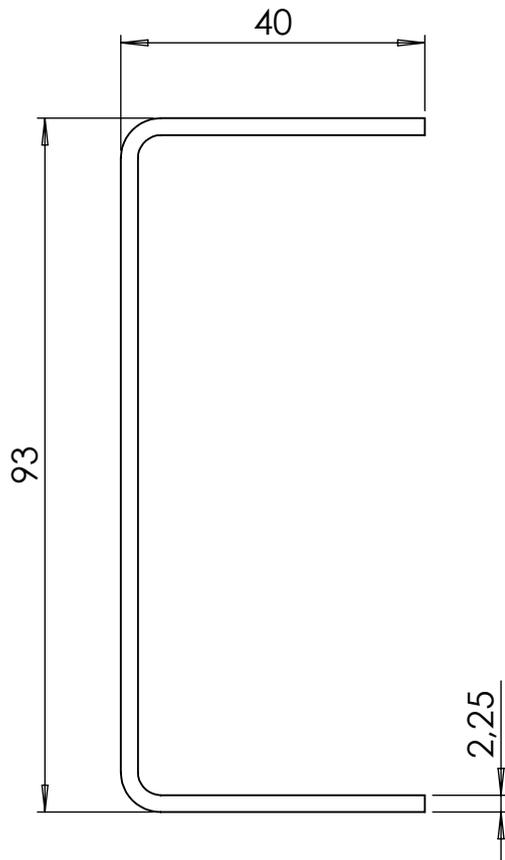
Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.



	<b>01.11.03.02 - Perfil 1 Suporte Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,65 mm</b> <b>Dimensões - 100 mm x 50 mm x 924 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°. SEÇÃO "B-B" e Detalhe "A" em escala 1:2.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:5	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 30/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 120	

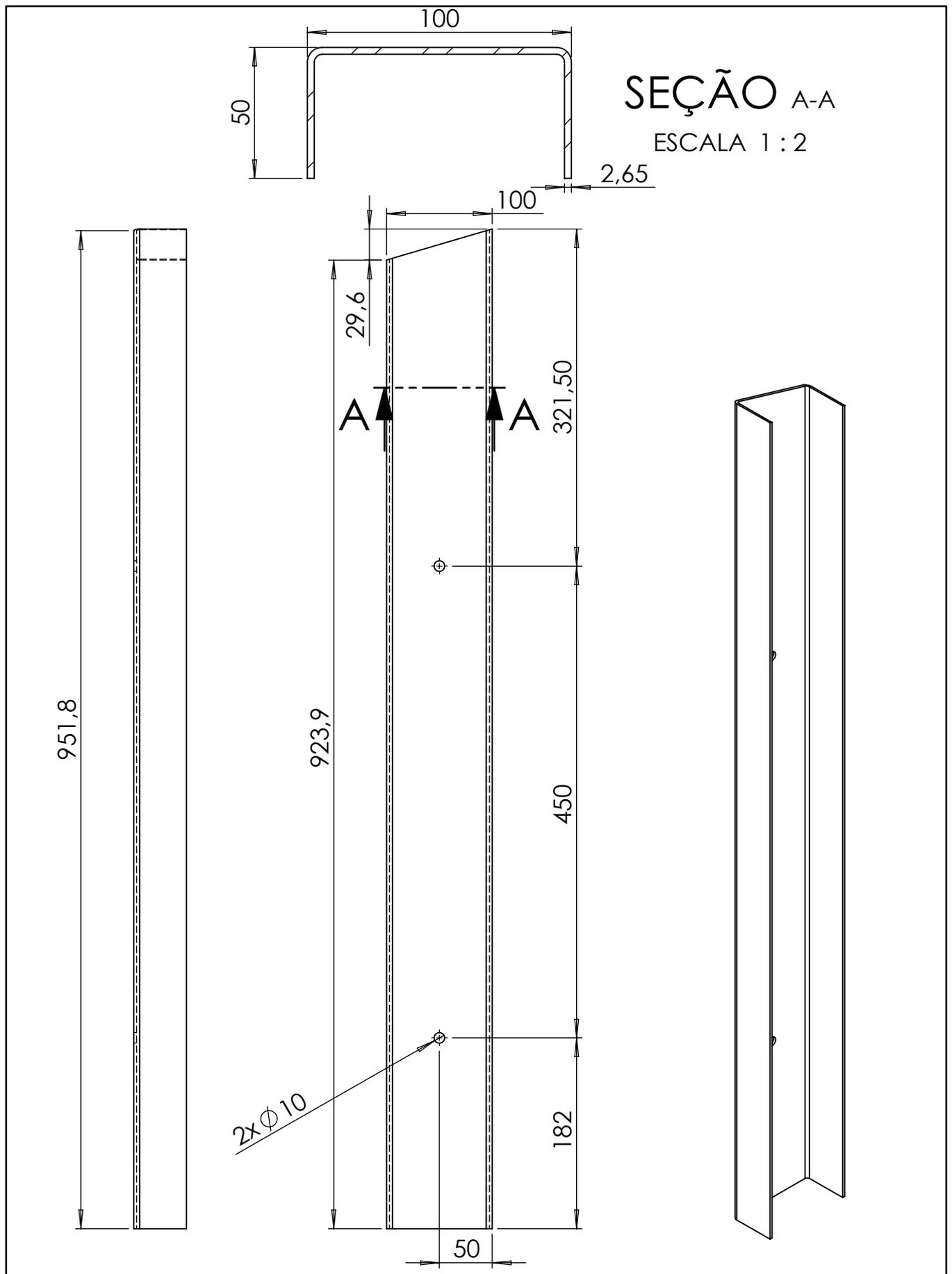


	<b>01.11.03.03 - Perfil 2 Suporte Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 93 mm x 40 mm x 359 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 30/07/2020		
<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 240		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



Detalhe "A"

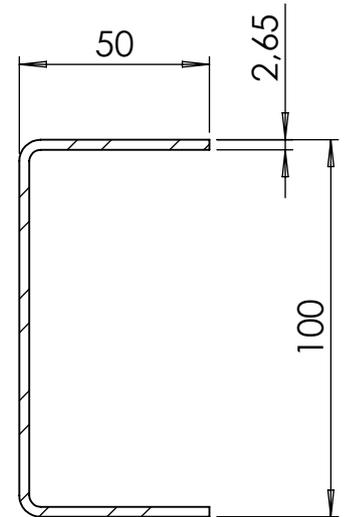
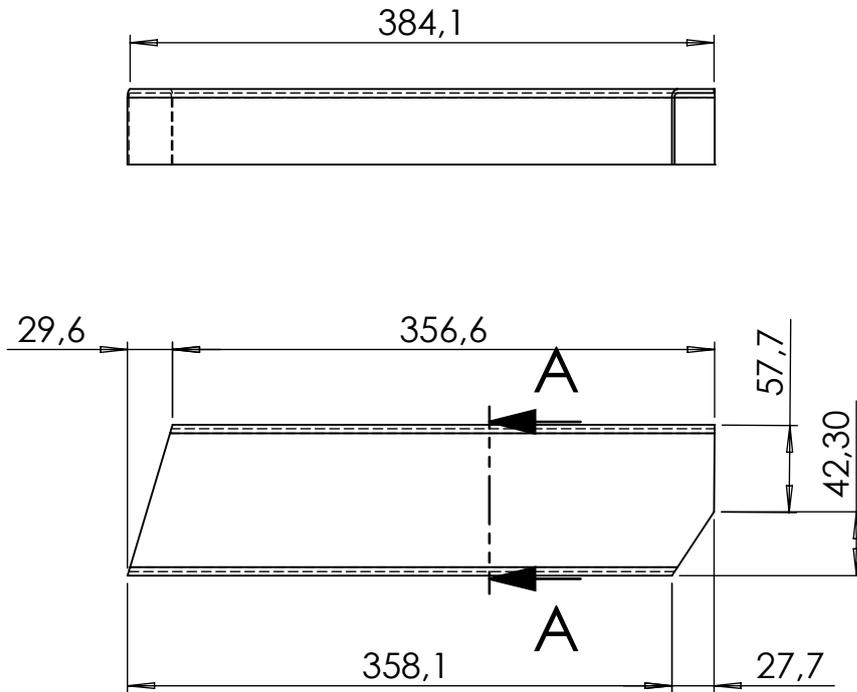
	<b>01.11.03.04 - Perfil 3 Suporte Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 93 mm x 40 mm x 80 mm</b> Detalhe "A" em escala 1:2.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:1	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 30/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 240	



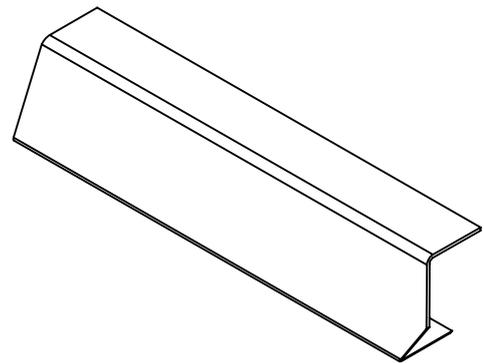
# SEÇÃO A-A

ESCALA 1 : 2

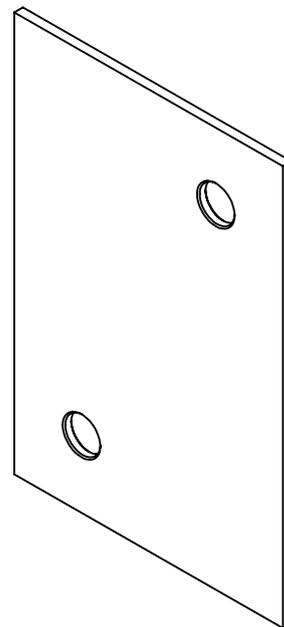
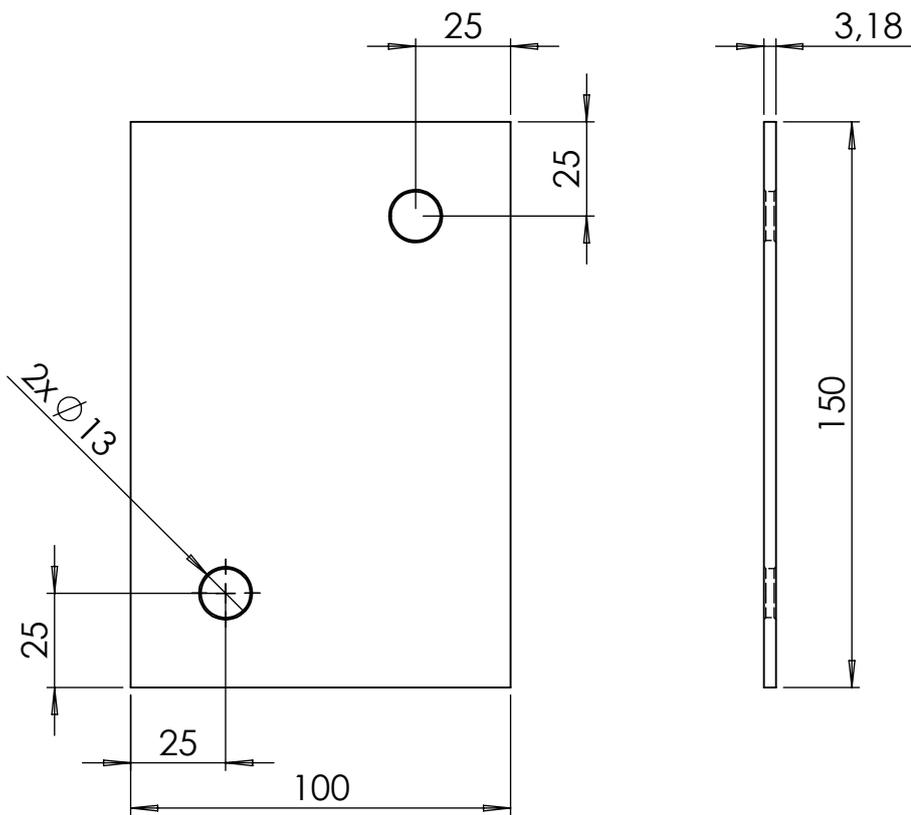
	01.11.04.01 - Perfil Suporte Extremidade Passarela		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil C:</b> Espessura - 2,65 mm Dimensões - 100 mm x 50 mm x 951,8 mm Escarear furos com chanfro de 0,5 mm X 45°.	
	UNIDADE	mm		ESCALA
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA	30/07/2020
	MATERIAL	Aço SAE 1020	QTD	10



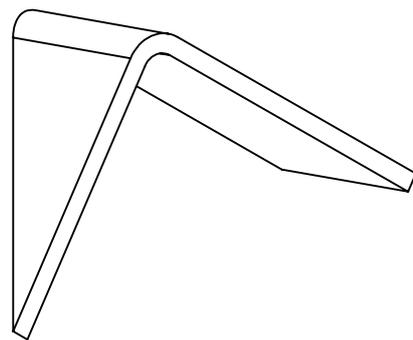
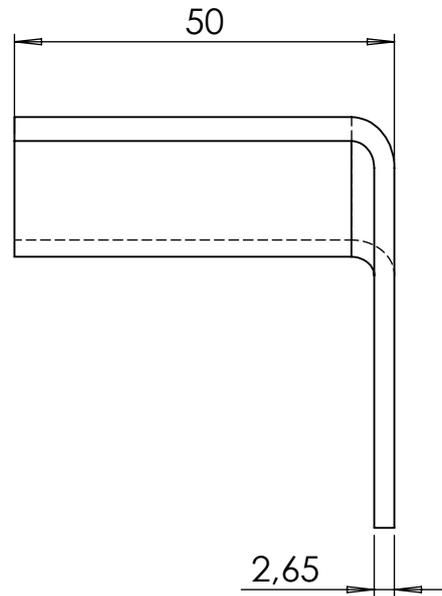
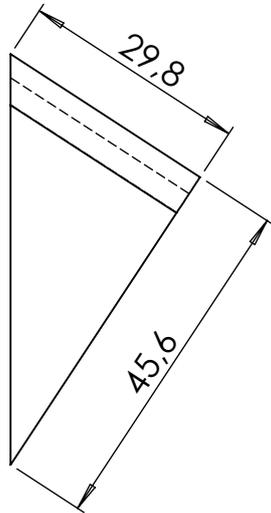
**SEÇÃO A-A**  
ESCALA 1 : 2



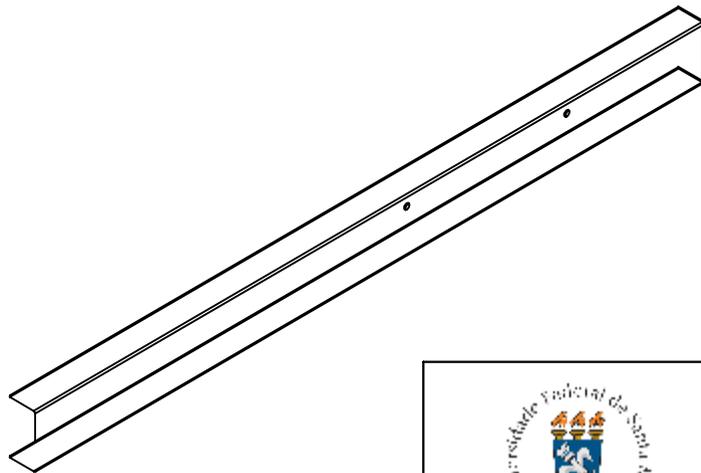
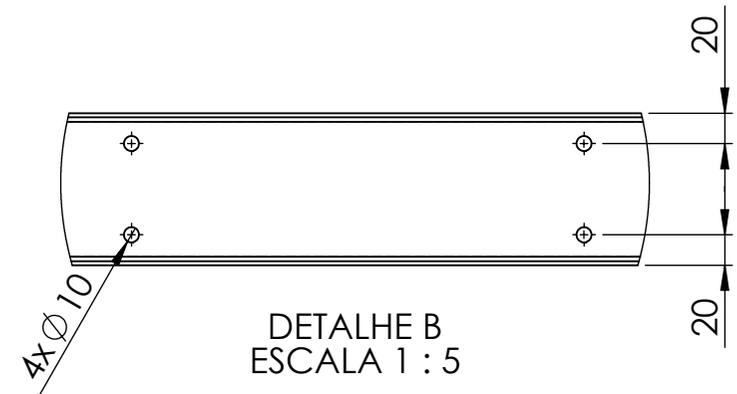
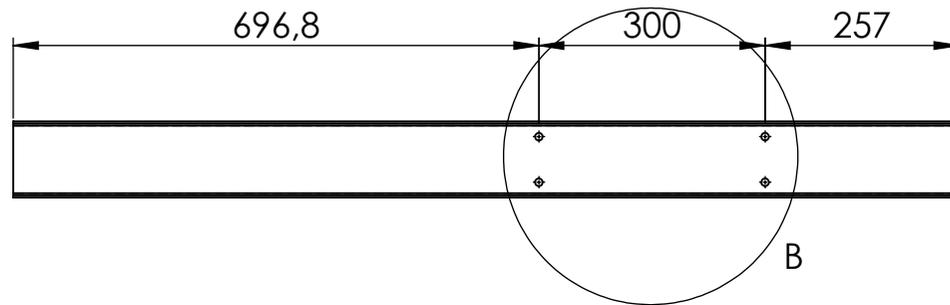
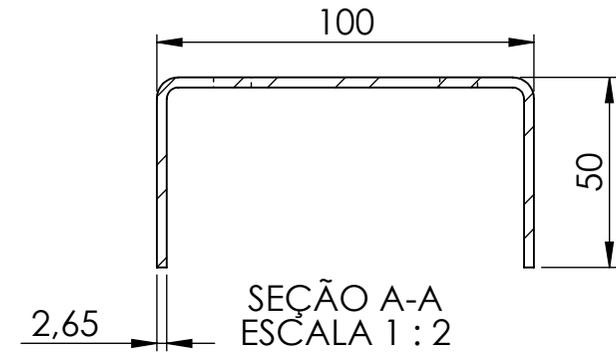
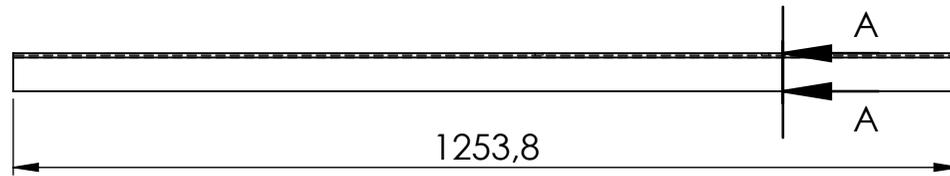
	01.11.04.02 - Perfil Menor Suporte Extremidade Passarela		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,65 mm</b> <b>Dimensões - 100 mm x 50 mm x 384,1 mm</b>  SEÇÃO "A-A" em escala 1:2.	
	UNIDADE	mm		ESCALA
PROJETISTA	Felipe Mallmann	DATA		30/07/2020
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	MATERIAL	Aço SAE 1020		QTD



	<b>01.11.04.03 - Chapa Suporte Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 3,18 mm (1/8")</b> <b>Dimensões - 150 mm x 100 mm</b> Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 30/07/2020		
<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 120		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



	<b>01.11.04.04 - Canto Perfil Menor Suporte Extremidade Passarela</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,65 mm</b> <b>Dimensões - 100 mm x 50 mm x 29,8 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:1	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 30/07/2020		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 10	



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

01.11.05.01 - Perfil Maior Suporte Passarela

**UNIDADE** mm      **ESCALA** 1:10

**PROJETISTA** Felipe Mallmann      **DATA** 27/07/2020

**MATERIAL** AÇO SAE 1020      **QTD** 100

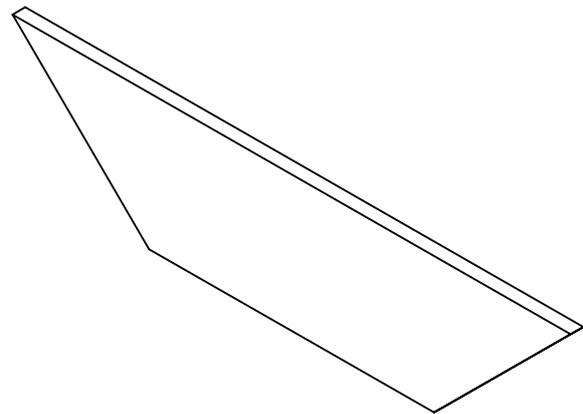
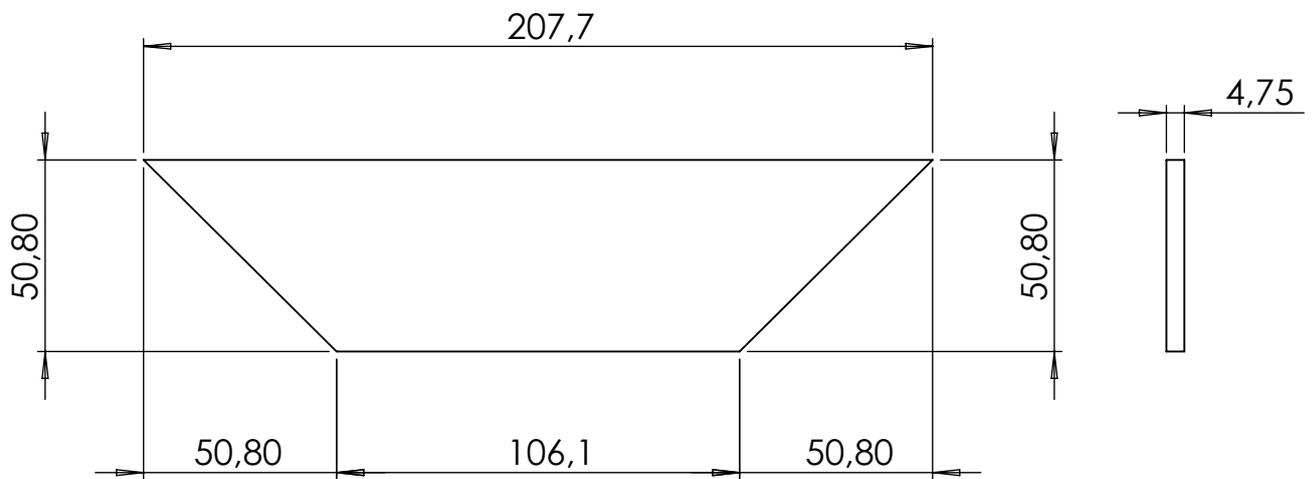
**OBSERVAÇÕES:**

**Perfil C:**

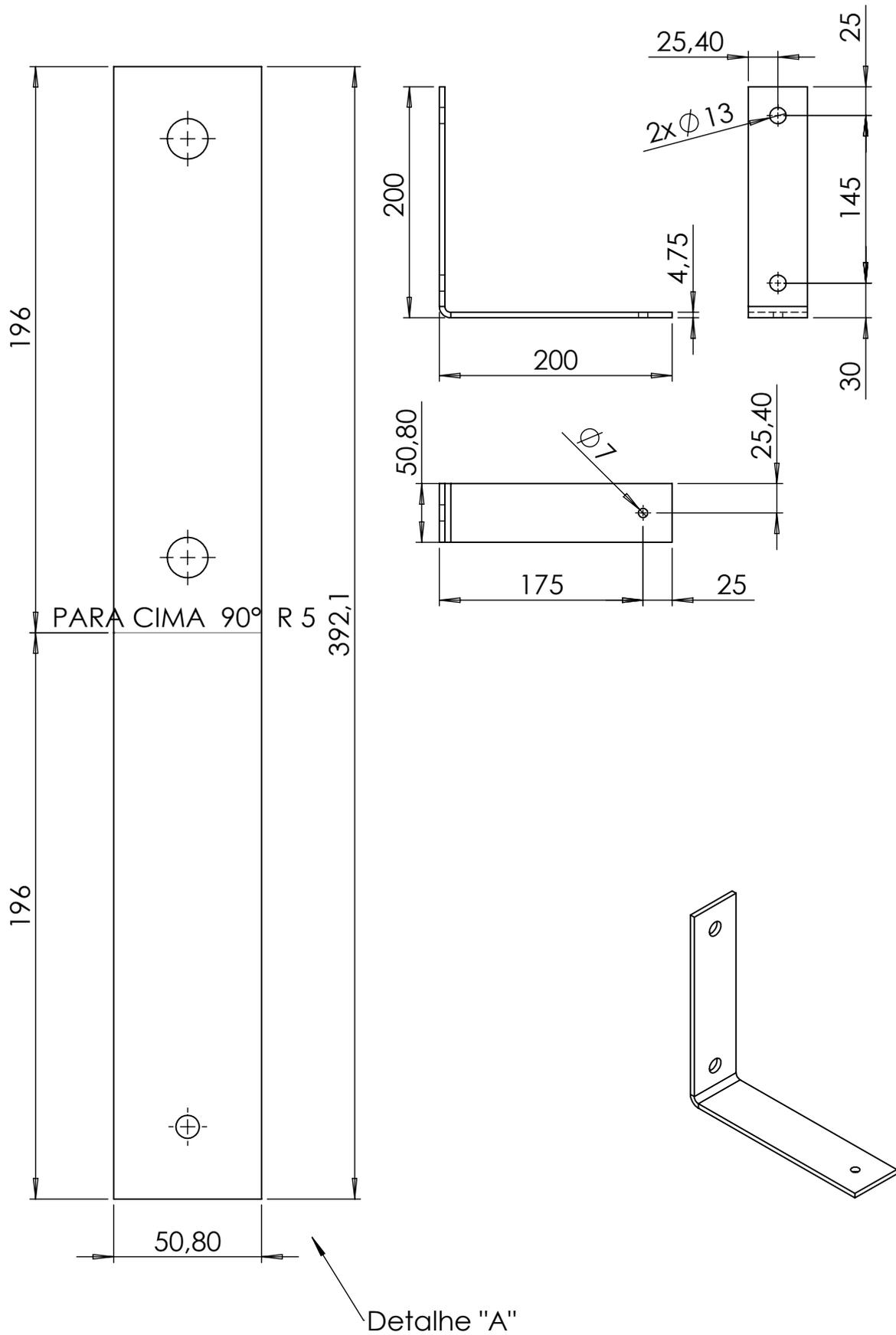
**Espessura - 2,65 mm**  
**Dimensões - 100 mm x 50 mm x 1253,8 mm**

Seção "A-A" em escala 1:2 e Detalhe "B" em escala 1:5.

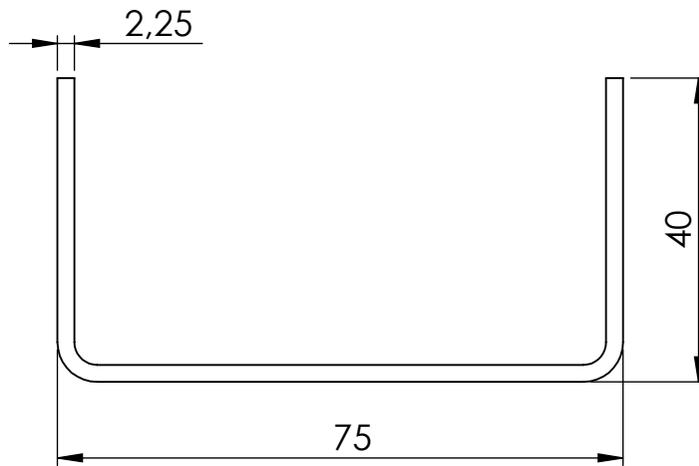
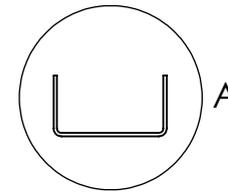
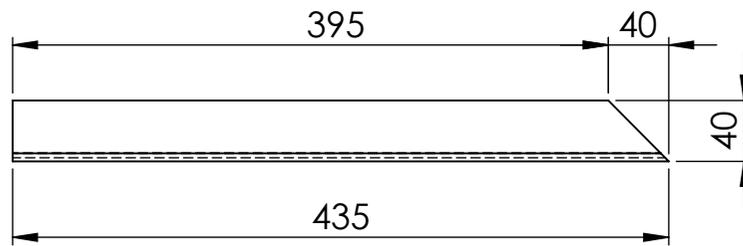
Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.



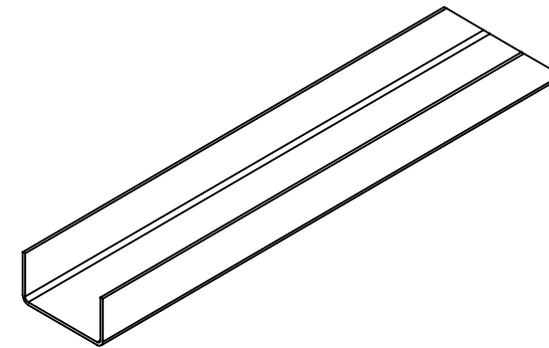
	<b>01.11.06.01 - Chapa Mão Francesa Suporte</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 4,75 mm (3/16")</b> <b>Dimensões - 207,7 mm x 50,8,8 mm</b>
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 30/07/2020		
<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 20		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



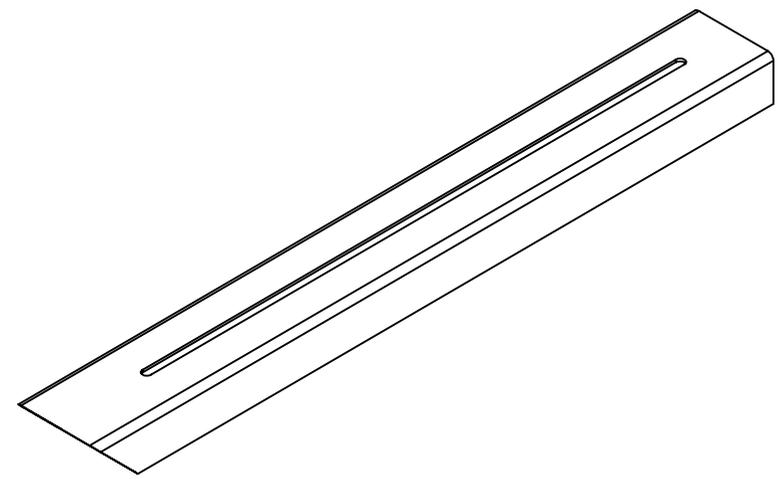
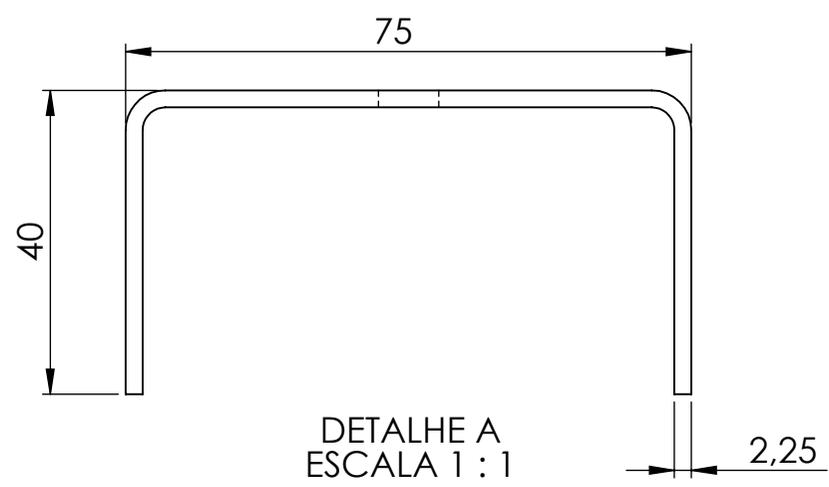
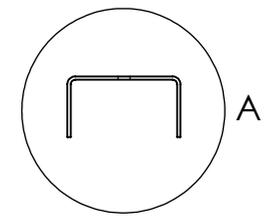
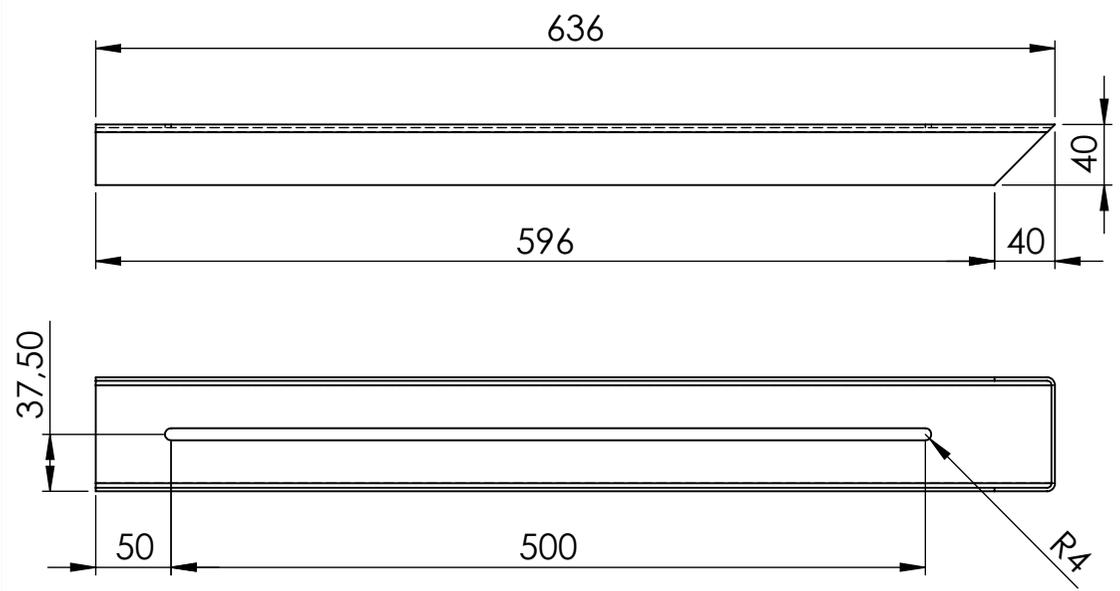
	<b>01.11.06.02 - Chapa Furos Suporte</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b> Chapa Lisa: Espessura - 4,75 mm (3/16") Dimensões - 392,1 mm x 50,8 mm Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°. Detalhe "A" em escala 1:2.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:5	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 30/07/2020	
	<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 20	



DETALHE A  
ESCALA 1 : 1



	<b>01.12.01 - Perfil Inferior Suporte Condensadora</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Perfil C:</b> <b>Espessura - 2,25 mm</b> <b>Dimensões - 75 mm x 40 mm x 435 mm</b>  Detalhe "A" em escala 1:1.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:5	
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 05/08/2020		
<b>MATERIAL</b> Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 140		
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA			



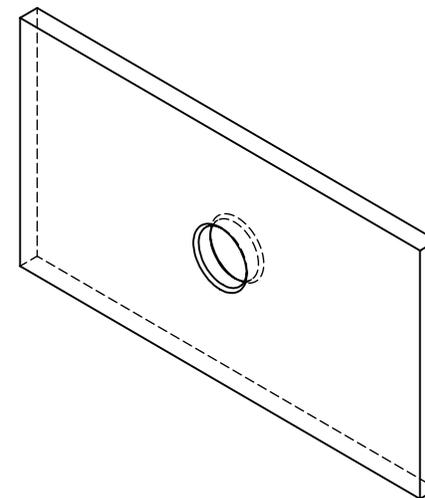
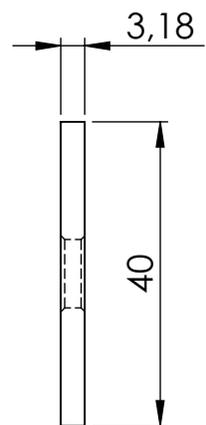
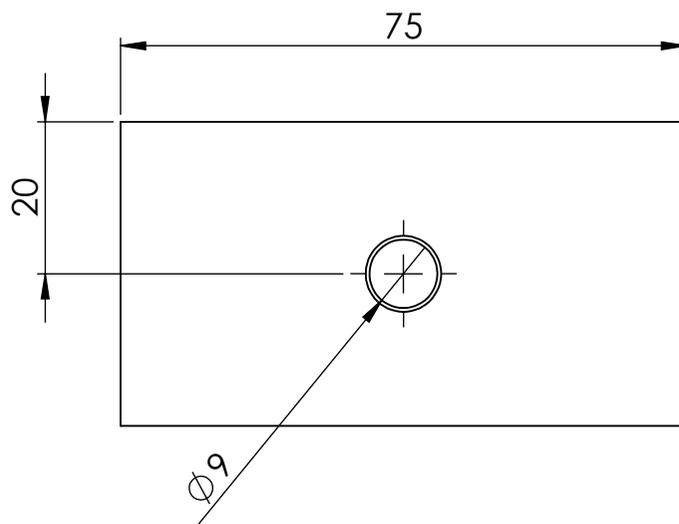
**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

<b>01.12.02 - Perfil Superior Suporte Condensadora</b>		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 1:5
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 05/08/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 140

**OBSERVAÇÕES:**

**Perfil C:**  
**Espessura - 2,25 mm**  
**Dimensões - 75 mm x 40 mm x 636 mm**

Detalhe "A" em escala 1:1.



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

**01.12.03 - Chapa Fixadora Inferior Condensadora**

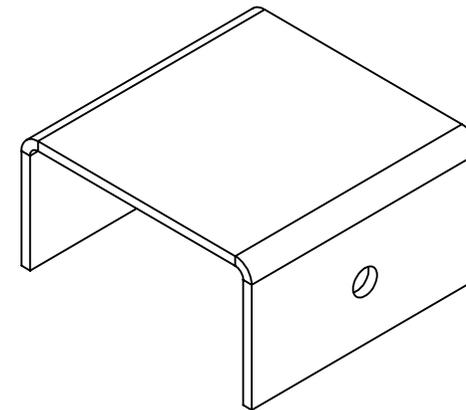
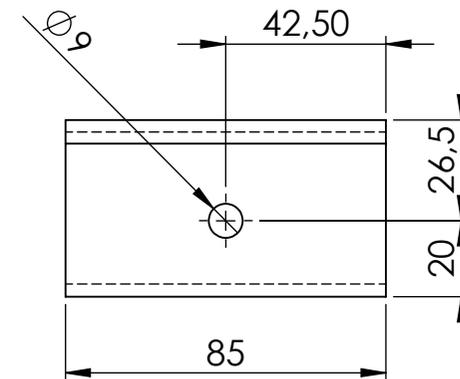
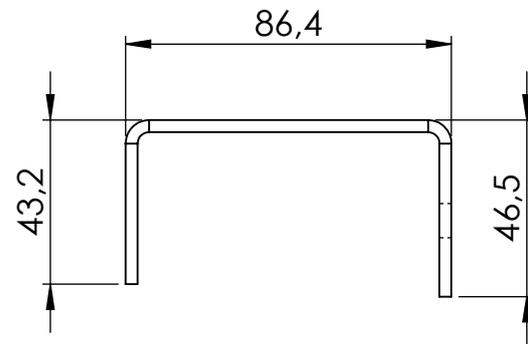
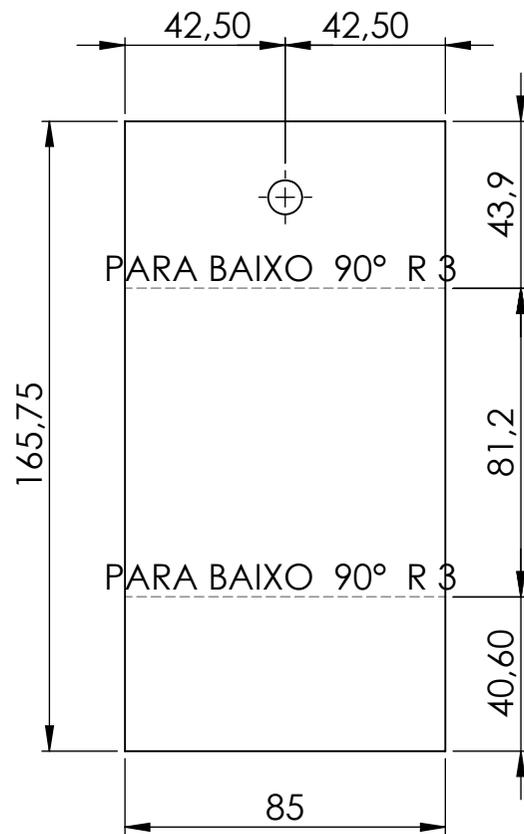
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b>	1:1
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>	05/08/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço SAE 1020	<b>QTD</b>	140

**OBSERVAÇÕES:**

**Chapa Lisa:**

**Espessura - 3,18 mm (1/8")**  
**Dimensões - 75 mm x 40 mm**

**Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°**



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

**01.12.04 - Chapa Fixadora Superior Condensadora**

**UNIDADE** mm

**ESCALA** 1:2

**PROJETISTA** Felipe Mallmann

**DATA** 05/08/2020

**MATERIAL** Aço SAE 1020

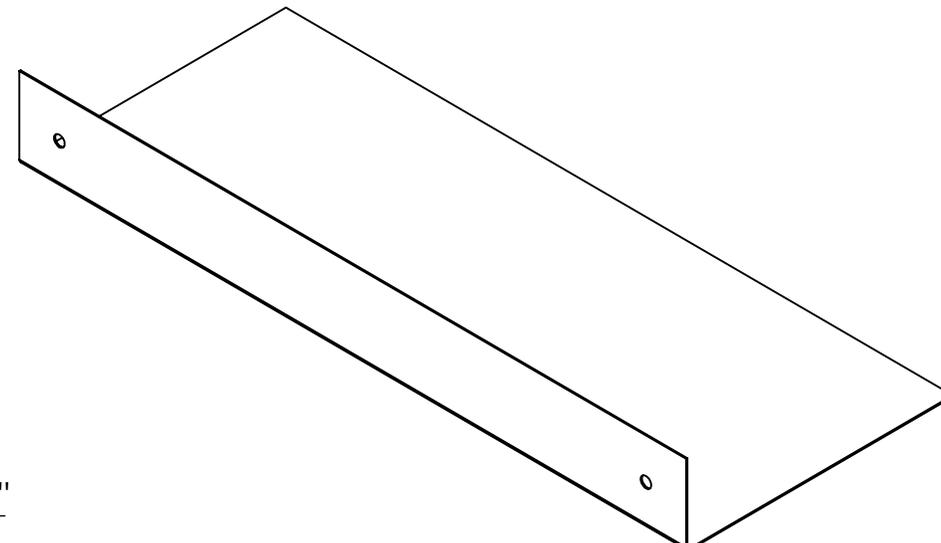
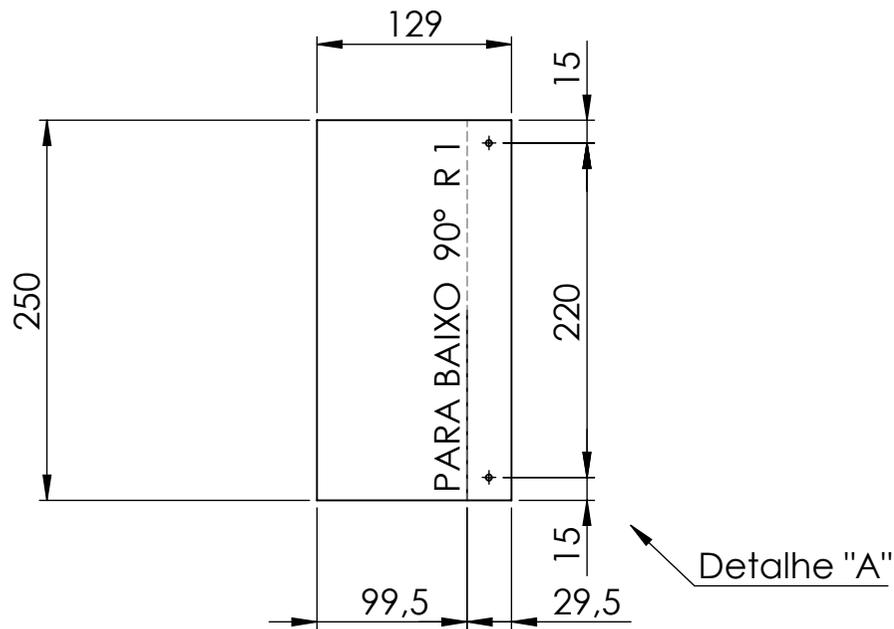
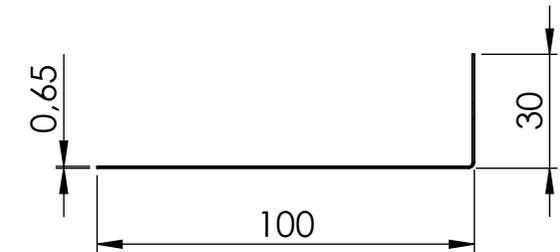
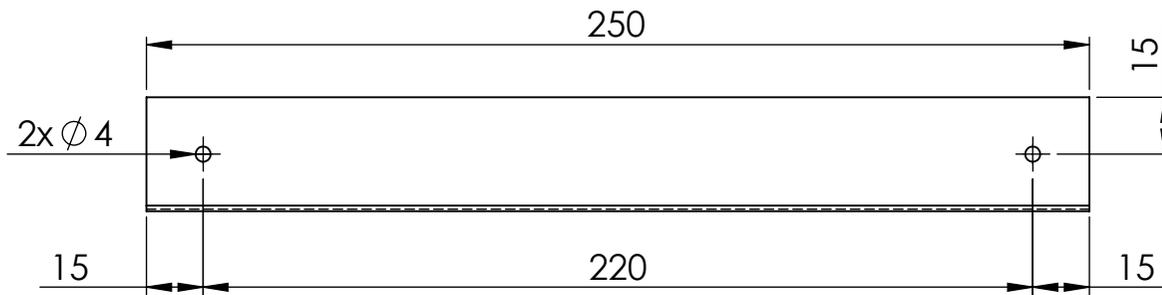
**QTD** 140

**OBSERVAÇÕES:**

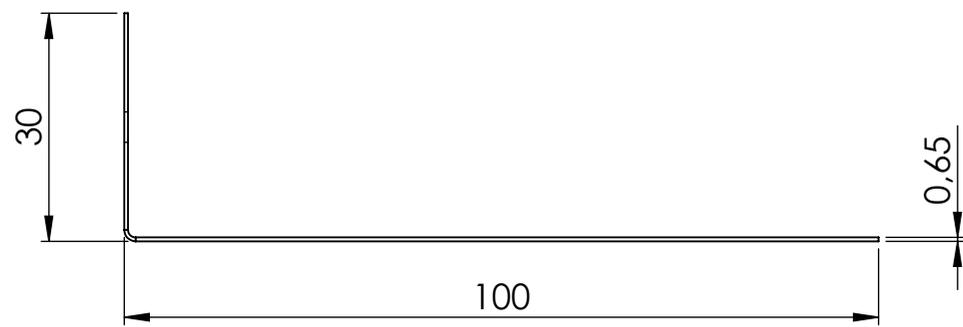
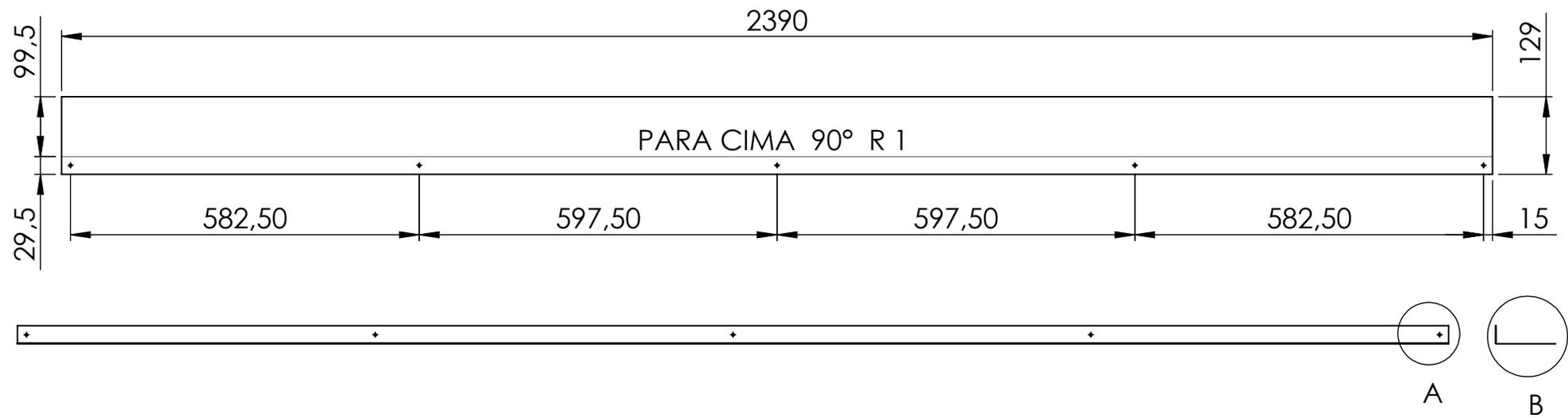
**Chapa Lisa:**

**Espessura - 3,18 mm (1/8")**  
**Dimensões - 165,75 mm x 85 mm**

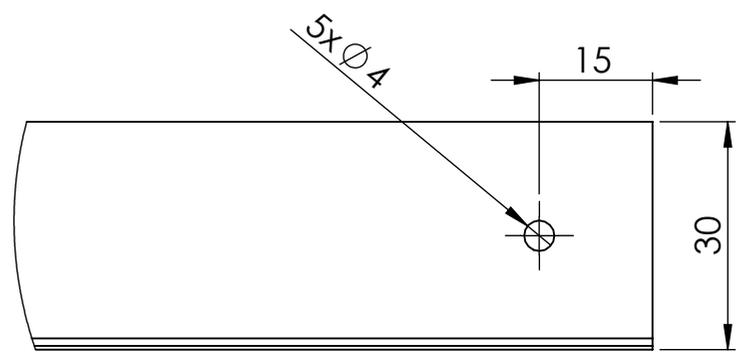
**Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°**



	<b>01.14.01.01 - Chapa 1 Junta Lateral Parede</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 0,65 mm (24)</b> <b>Dimensões - 250 mm x 129 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.
	<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2	
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA	<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 05/08/2020	Detalhe "A" em escala 1:5
	<b>MATERIAL</b> Aço Galvanizado	<b>QTD</b> 10	

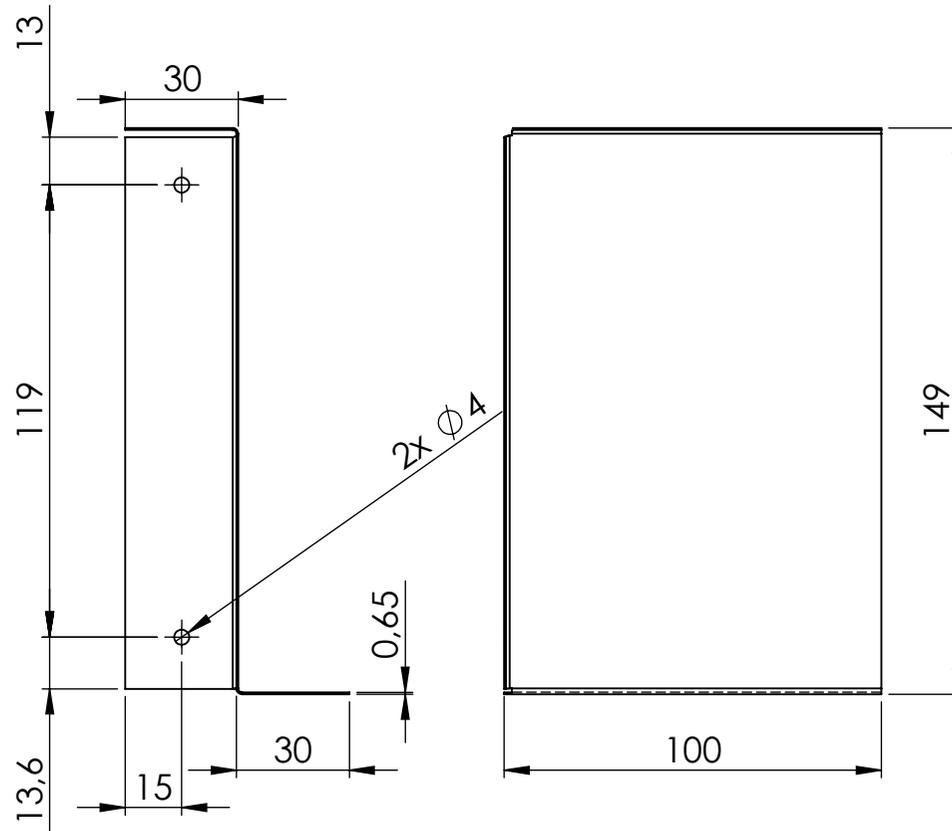
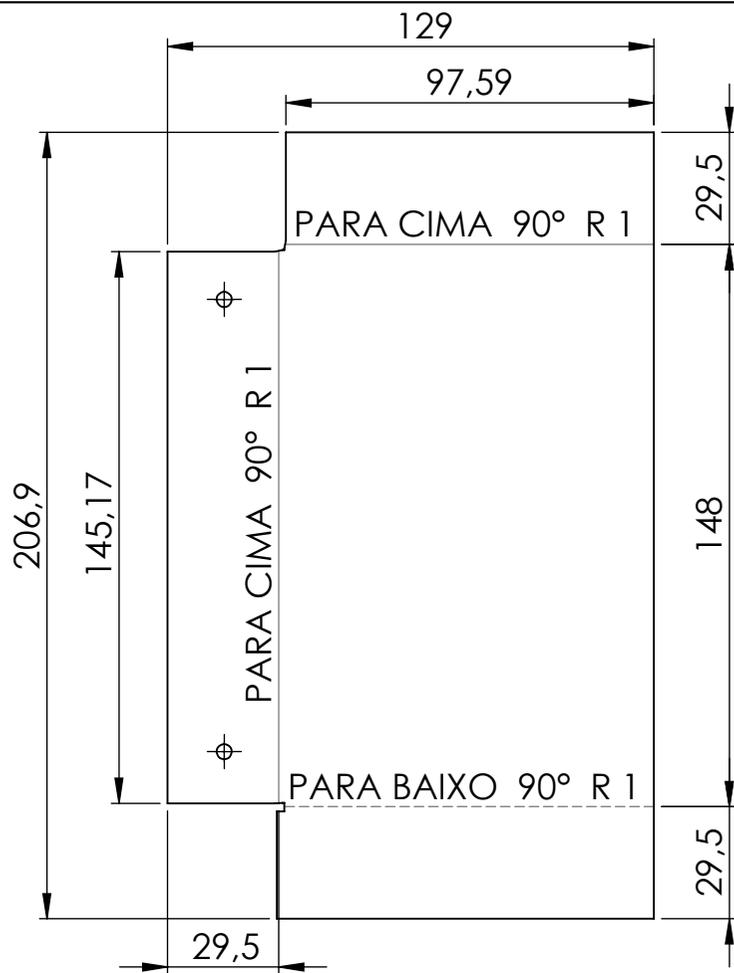


DETALHE B  
ESCALA 1 : 1

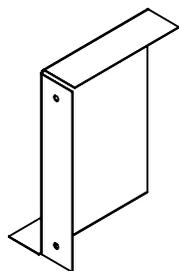


DETALHE A  
ESCALA 1 : 1

	<b>01.14.01.02 - Chapa 2 Junta Lateral Parede</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Chapa Lisa:</b> <b>Espessura - 0,65 mm (24)</b> <b>Dimensões - 2390 mm x 129 mm</b>  Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.  Detalhe "A" e "B" em escala 1:1		
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>	1:10
	<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann		<b>DATA</b>	05/08/2020
	<b>MATERIAL</b>	Aço Galvanizado		<b>QTD</b>	20
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA					



Detalhe "A"



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

**01.14.01.03 - Chapa 3 Junta Lateral Parede**

**UNIDADE** mm

**ESCALA** 1:2

**PROJETISTA** Felipe Mallmann

**DATA** 05/08/2020

**MATERIAL** AÇO GALVANIZADO

**QTD** 10

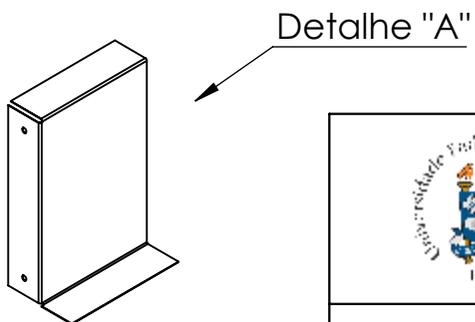
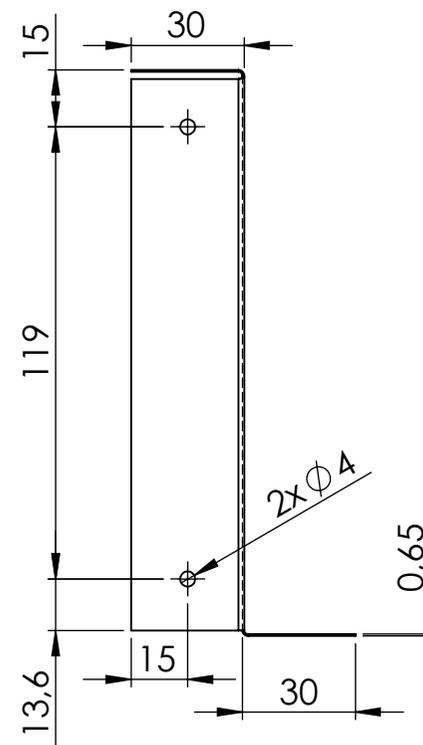
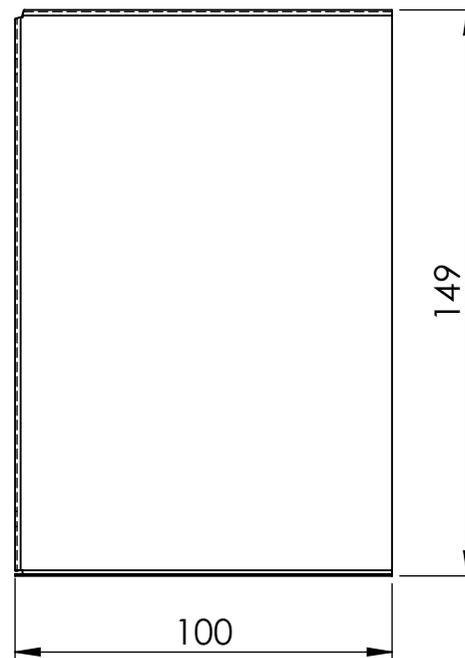
**OBSERVAÇÕES:**

**Chapa Lisa:**

**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 206,9 mm x 129 mm**

Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.

Detalhe "A" em escala 1:5



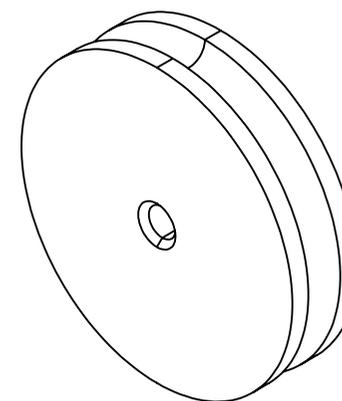
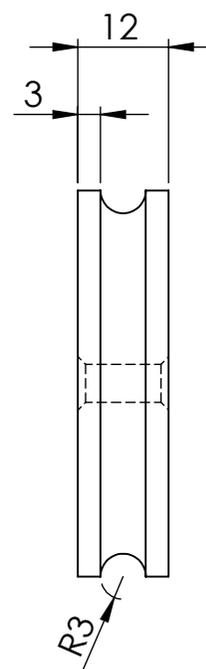
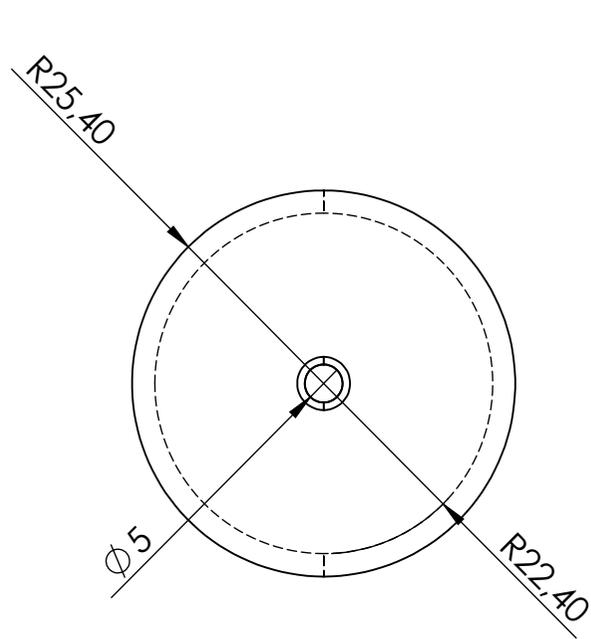
<b>01.14.01.04 - Chapa 4 Junta Lateral Parede</b>	
<b>UNIDADE</b> mm	<b>ESCALA</b> 1:2
<b>PROJETISTA</b> Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 05/08/2020
<b>MATERIAL</b> AÇO GALVANIZADO	<b>QTD</b> 10

**OBSERVAÇÕES:**

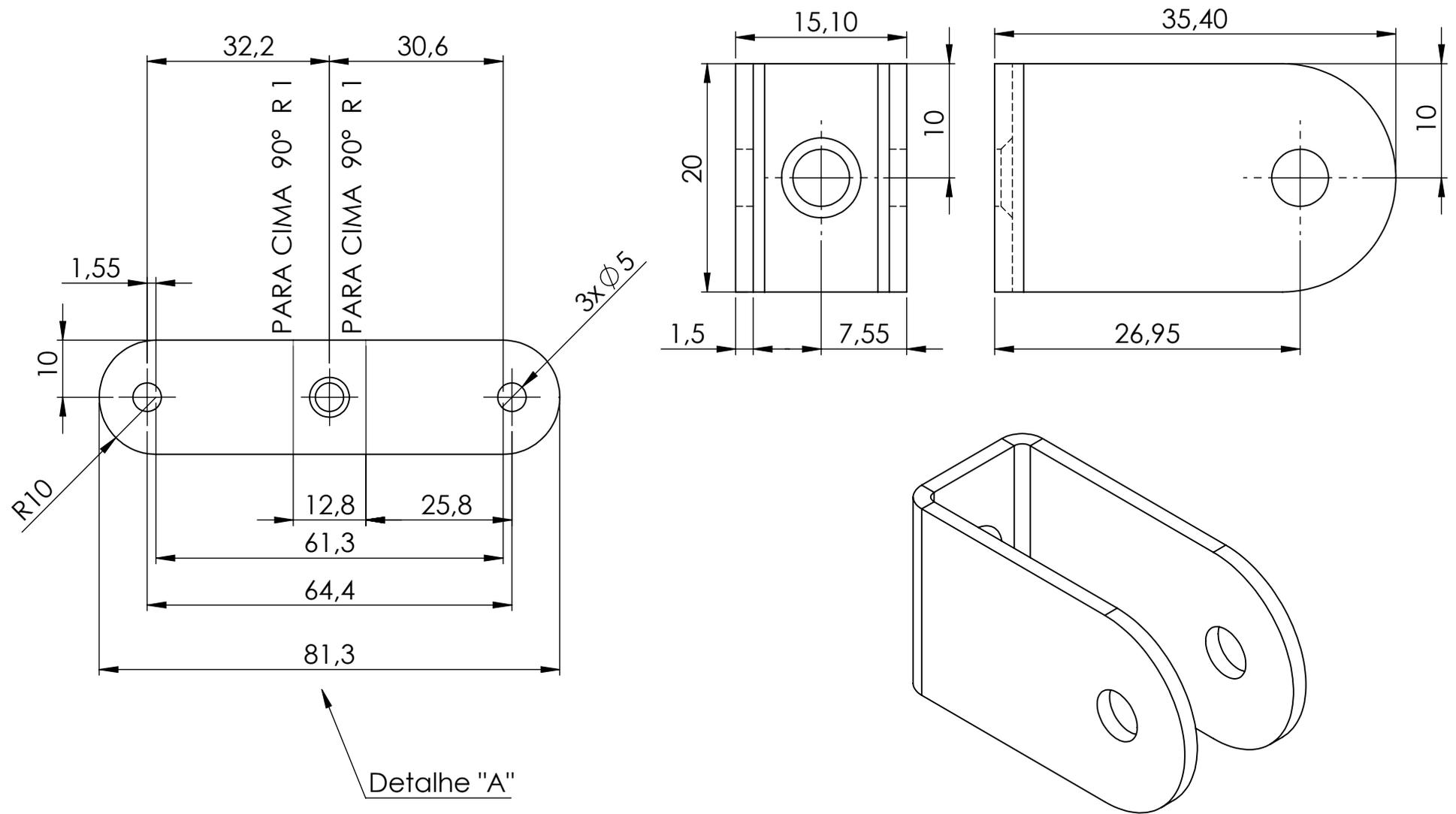
**Chapa Lisa:**  
**Espessura - 0,65 mm (24)**  
**Dimensões - 206,9 mm x 129 mm**

Escarear furos com chanfro de 0,5 mm x 45°.

Detalhe "A" em escala 1:5



	<b>01.15.01 - Roldana</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  <b>Barra redonda Nylon 2" x 12 mm</b>  Escarear furo com chanfro de 1 mm X 45°.	
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>		10/08/2020
<b>MATERIAL</b>	NYLON	<b>QTD</b>		7
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

**01.15.02 - Suporte roldana**

**UNIDADE** mm

**ESCALA** 2:1

**PROJETISTA** Felipe Mallmann

**DATA** 10/08/2020

**MATERIA** Zincada (Galvanizada)

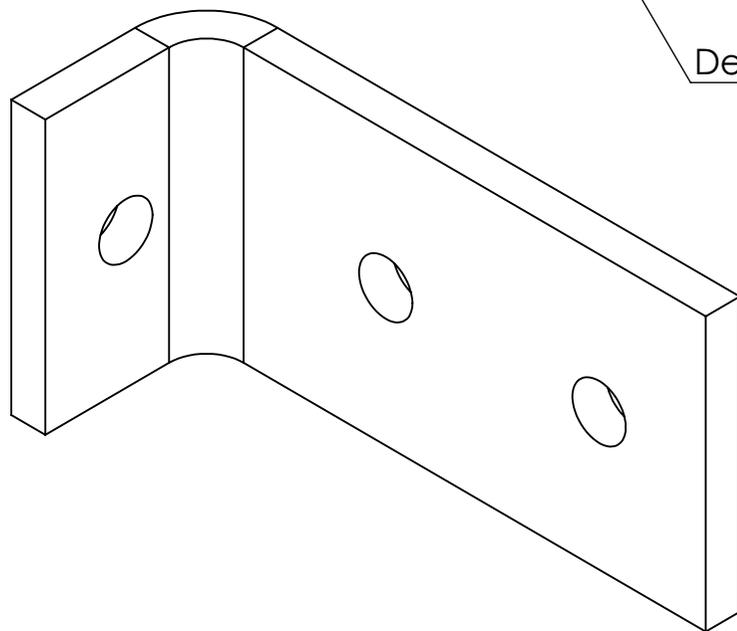
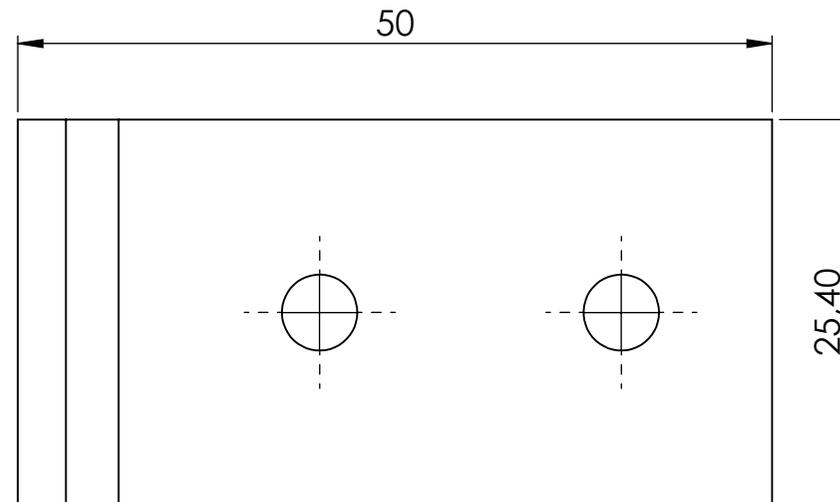
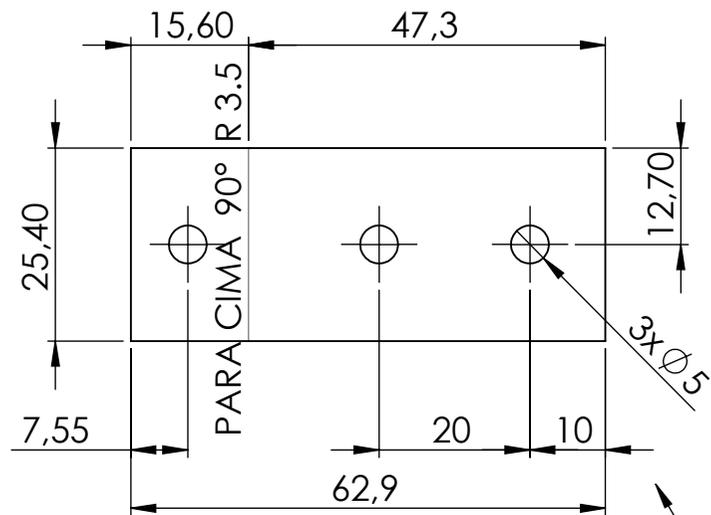
**QTD** 7

**OBSERVAÇÕES:**

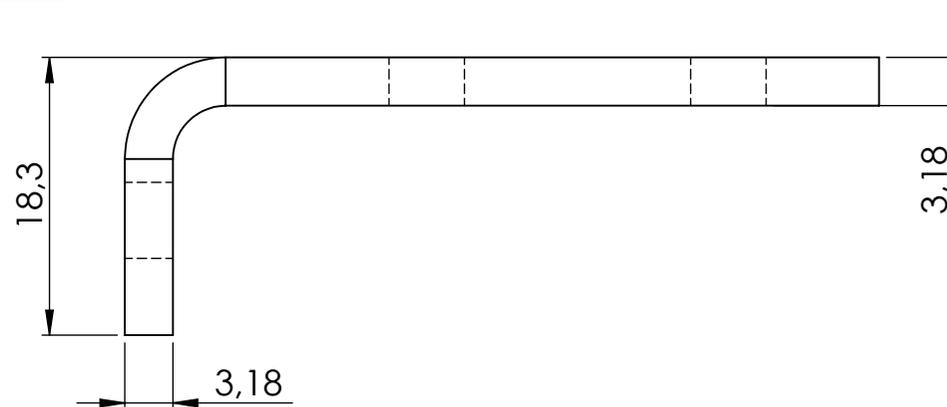
Chapa zincada (galvanizada) 1,5 mm (16) x 20 mm x 81,3 mm

Detalhe "A" em escala 1:1

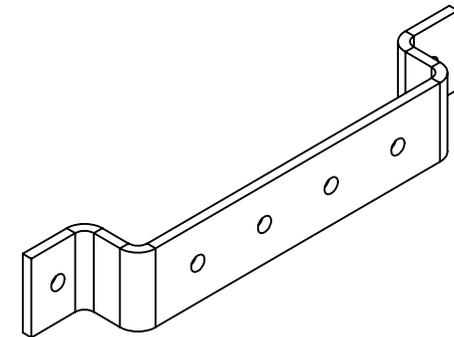
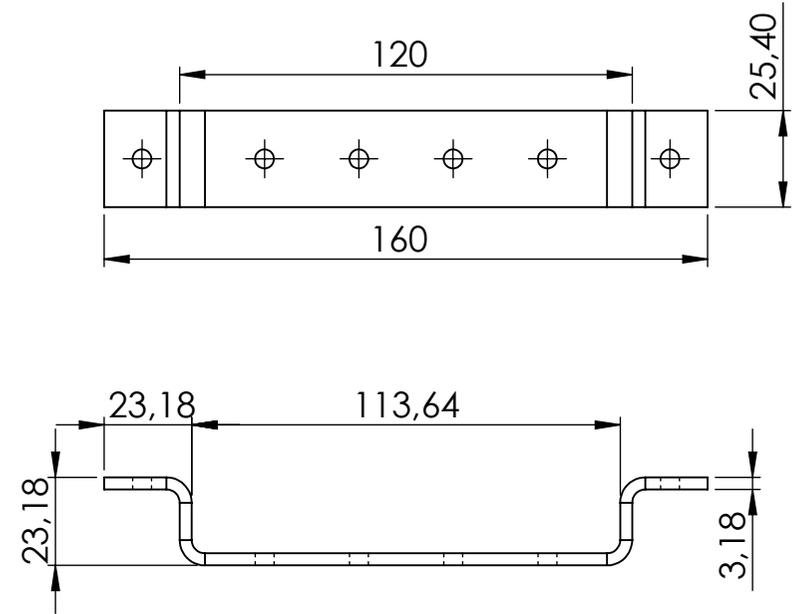
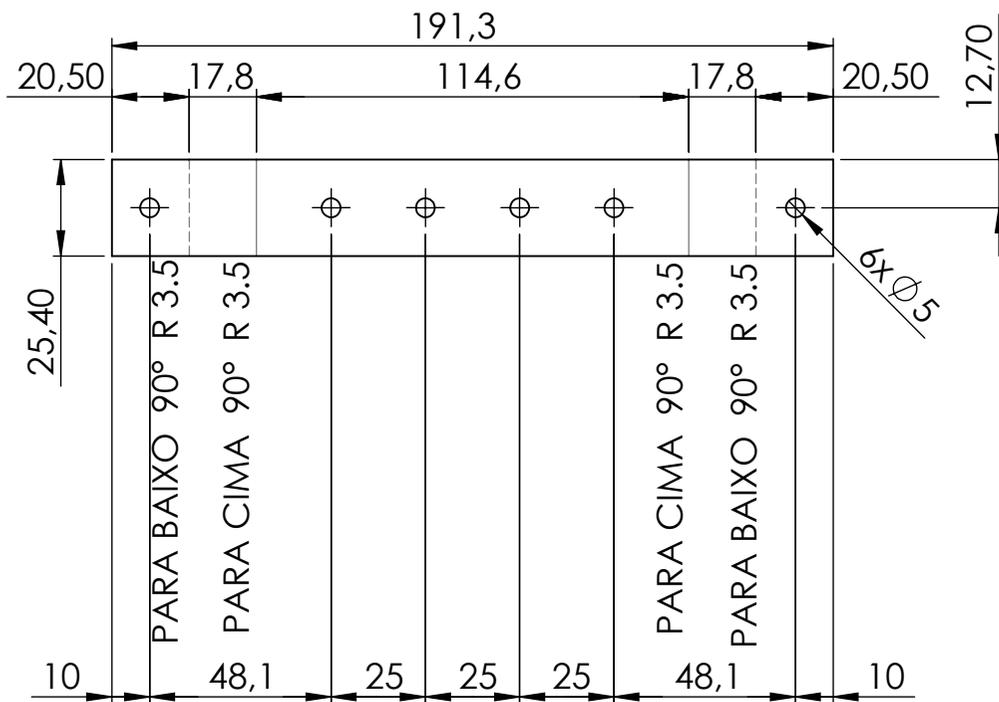
Escarear furos com chanfro de 1 mm X 45°.



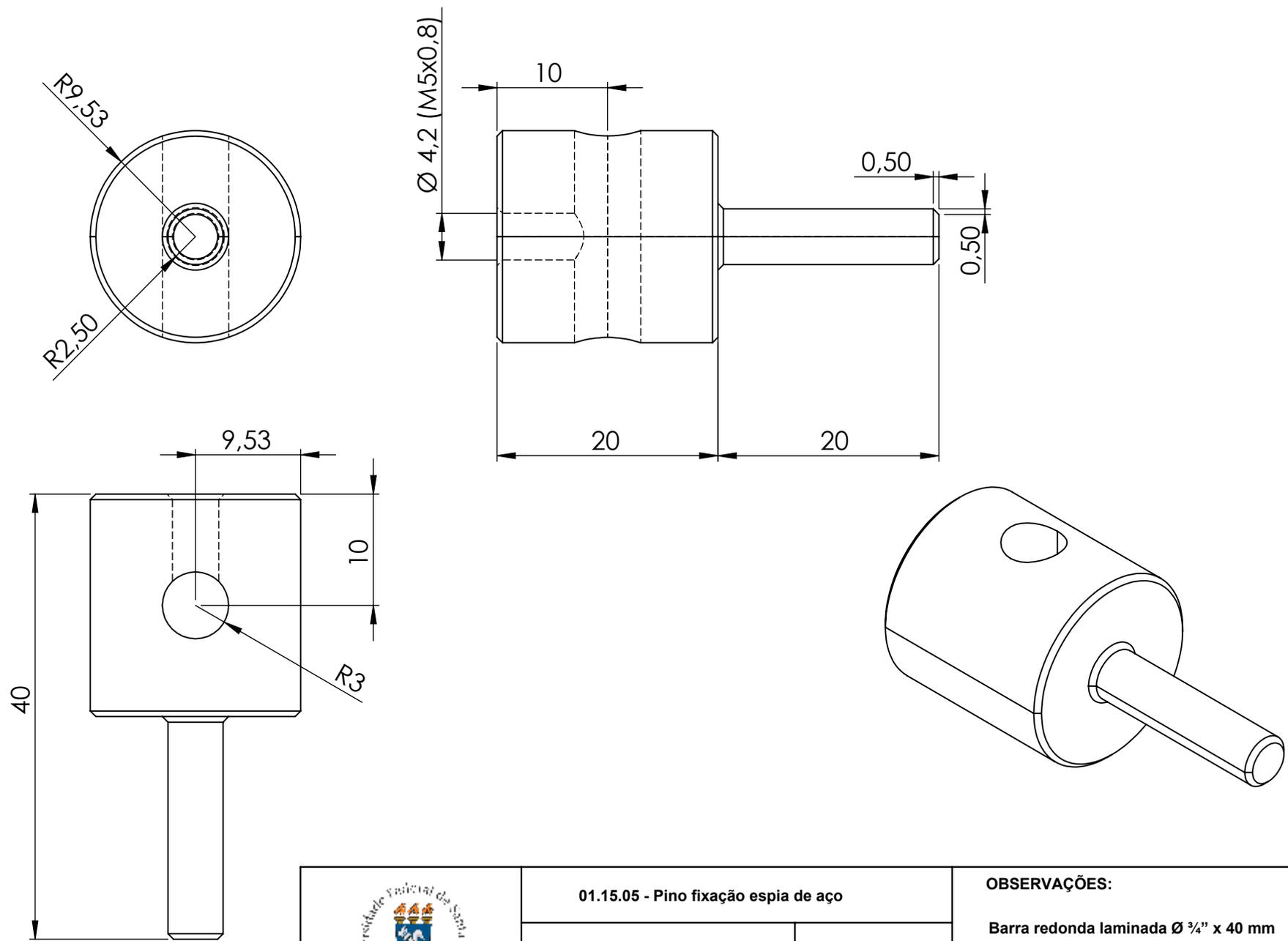
Detalhe "A"



	<b>01.15.03 - Suporte pilarete roldana</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  Barra chata 1/8" x 1" x 62,9 mm  Detalhe "A" em escala 1:1  Escarear furos com chanfro de 1 mm X 45°.	
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>		10/08/2020
<b>MATERIA</b>	Aço SAE 1020	<b>QTD</b>		3
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				



	<b>01.15.04 - Suporte roldanas geral</b>		<b>OBSERVAÇÕES:</b>  Barra chata 1/8" x 1" x 191,3 mm  Escarear furos com chanfro de 1 mm X 45°.	
	<b>UNIDADE</b>	mm		<b>ESCALA</b>
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b>		10/08/2020
<b>MATERIA</b>	Aço SAE 1020	<b>QTD</b>		3
<b>PROJETO</b> Cobertura Shed NAFA				



**PROJETO**  
Cobertura Shed NAFA

<b>01.15.05 - Pino fixação espia de aço</b>		
<b>UNIDADE</b>	mm	<b>ESCALA</b> 2:1
<b>PROJETISTA</b>	Felipe Mallmann	<b>DATA</b> 10/08/2020
<b>MATERIAL</b>	Aço SAE 1020	<b>QTD</b> 4

**OBSERVAÇÕES:**

Barra redonda laminada Ø 3/4" x 40 mm

Escarear furos com chanfro de 1 mm X 45°.