

MEMORIAL DE CÁLCULO  
GUARDA CORPO PARA SACADAS  
CÓDIGO: 1049

**CONTRATANTE:** IBIZA EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO SPE LTDA

**OBRA:** RESIDENCIAL IBIZA

**SUMÁRIO**

<b>1.APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>3</b>
1.1 DADOS DO CONTRATANTE .....	3
1.2 METODOLOGIA .....	3
1.3 BIBLIOGRAFIA .....	4
<b>2.MATERIAIS .....</b>	<b>5</b>
<b>3.VERIFICAÇÃO: QUADROS METALICO .....</b>	<b>6</b>
3.1 SOLICITAÇÕES.....	6
3.2 FORÇAS APLICADAS .....	6
3.3 MATERIAIS UTILIZADOS .....	7
3.4 TRAVESSÕES.....	7
<b>3.4.1 Flexão Simples .....</b>	<b>7</b>
<b>3.4.2 Deformação da Travessão Superior .....</b>	<b>8</b>
<b>3.4.3 Resultados .....</b>	<b>9</b>
3.5 MONTANTE.....	9
<b>3.5.1 Flexão Simples .....</b>	<b>9</b>
<b>3.5.2 Resultados .....</b>	<b>10</b>
<b>4.VERIFICAÇÃO: POSTE METALICO .....</b>	<b>11</b>
4.1 SOLICITAÇÕES.....	11
4.2 FORÇAS APLICADAS .....	11
4.3 MATERIAL UTILIZADO .....	11
4.4 POSTE METALICO .....	12
<b>4.4.1 Flexão Simples .....</b>	<b>12</b>
<b>4.4.2 Resultados .....</b>	<b>13</b>
4.5 CHUMBADOR PARA FIXAÇÃO DO POSTE.....	13
<b>4.5.1 Força de Arranque .....</b>	<b>13</b>
<b>4.5.1 Chumbador Utilizado .....</b>	<b>14</b>
<b>5.CONCLUSÃO.....</b>	<b>16</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

Este documento é referente ao projeto de um sistema de Guarda Corpo, solicitado pelo contratante a ser empregado em uma obra descrita a seguir.

### 1.1 DADOS DO CONTRATANTE

**Razão Social:** Ibiza Empreendimento Imobiliário Spe Ltda  
**CNPJ:** 28.517.135/0001-48  
**Obra:** Residencial Ibiza  
**Endereço da obra:** Rua Henri Dunant, 801, Operário - Novo Hamburgo / RS

### 1.2 METODOLOGIA

Os elementos apresentados neste documento foram baseados em métodos e teorias, preconizados por normas vigentes no Brasil e bibliografia específica. Para o desenvolvimento do serviço, foram solicitadas informações ao contratante, que se pressupõe que estejam corretas.

O documento é constituído de UMA (01) via original, acompanhada de anotação de responsabilidade técnica - ART. Qualquer dificuldade, dúvida ou erro de interpretação deste documento, deve ser comunicada o mais breve possível ao contratado, para que o mesmo possa esclarecer ou corrigir o documento.

### 1.3 BIBLIOGRAFIA

NR 18 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Ministério do Trabalho e Emprego.

RTP 01 - Recomendação Técnica de Procedimento para medidas de proteção contra quedas de altura. Ministério do Trabalho e Emprego.

NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira.

Proteções coletivas: Modelo de dimensionamento de um sistema de Guarda-Corpo. Funda Centro. 2002.

## 2. MATERIAIS

Será utilizado o aço ASTM A36 com tensão de escoamento de 2.550 kgf/cm<sup>2</sup> e limite de resistência mecânica de 4.080 kgf/cm<sup>2</sup>.

### 3. VERIFICAÇÃO: QUADROS METALICO

#### 3.1 SOLICITAÇÕES

**OBSERVAÇÃO:** Para a verificação dos quadros metálicos foi considerado o vão aplicado aos postes metálicos.

Conforme a NR 18 os elementos verificados devem ter resistência as seguintes cargas horizontais e deflexões máximas.

$$R_{T,Sup} = 90kgf / m$$

$$\eta_{T,Sup} = 0,076m$$

$$R_{T,Int} = 66kgf / m$$

$R_{T,Sup}$  : Carga horizontal de solicitação do travessão superior.

$R_{T,Int}$  : Carga horizontal de solicitação do travessão intermediário.

$\eta_{T,Sup}$  : Deformação horizontal máxima do travessão superior.

#### 3.2 FORÇAS APLICADAS

A força aplicada a cada a cada travessão é determinada pelo comprimento livre de montagem do elemento:

$$F_{T,Sup} = R_{T,Sup} \cdot L \qquad F_{T,Int} = R_{T,Int} \cdot L$$

$F_{T,Sup}$  : Força horizontal aplicada ao travessão superior.

$F_{T,Int}$  : Força horizontal aplicada ao travessão intermediário.

$L$  : Comprimento do vão livre de montagem dos travessões.

Observação: Para a verificação foi considerado como comprimento do vão livre o vão máximo de montagem entre os postes metálicos.

### 3.3 MATERIAIS UTILIZADOS

$$W_h = \frac{(L \cdot B^3) - (l \cdot b^3)}{B \cdot 6} \quad I_h = \frac{(L \cdot B^3) - (l \cdot b^3)}{12}$$

$W_h$ : Módulo de resistência a flexão no sentido horizontal.

$I_h$ : Momento de inércia no sentido horizontal.

$B$ : Dimensão do tubo no sentido de aplicação da carga.

$b$ : Dimensão interna do tubo no sentido de aplicação da carga.

$L$ : Dimensão do tubo.

$l$ : Dimensão interna do tubo.

Tabela 3.1 – Materiais utilizados.

Elemento	Dimensão	Resultados	
		$W_h$	$I_h$
Travessão superior	Tubo 30x30x2mm	1,96 cm <sup>3</sup>	2,94 cm <sup>4</sup>
Travessão intermediário	Tubo 30x30x2mm	1,96 cm <sup>3</sup>	-
Montante	Tubo 30x30x2mm	1,96 cm <sup>3</sup>	-

### 3.4 TRAVESSÕES

#### 3.4.1 Flexão Simples

Os travessões estão submetidos a esforços de flexão, determinados por:

$$M = \frac{F_x \cdot L}{8}$$

$M$ : Momento fletor atuante nos travessões.

$F_x$ : Força horizontal aplicada aos travessões ( $F_{T,Sup}$  e  $F_{T,Int}$ ).

$L$ : Comprimento do vão livre de montagem dos travessões.

A tensão de flexão é determinada por:

$$\sigma_f = \frac{M}{W_h}$$

$\sigma_f$ : Tensão de flexão atuante nos travessões.

$W_h$ : Módulo de resistência a flexão no sentido horizontal.

### 3.4.2 Deformação da Travessão Superior

A deformação máxima do travessão superior é determinada por:

$$\eta_{T,Sup} = \frac{F_{T,Sup} \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_h}$$

$\eta_{T,Sup}$ : Deformação horizontal do travessão superior.

$F_{T,Sup}$ : Força horizontal aplicada ao travessão superior.

$L$ : Comprimento do vão livre de montagem dos travessões.

$I_h$ : Momento de inércia no sentido horizontal.

$E$ : Módulo de elasticidade do material.

### 3.4.3 Resultados

Tabela 3.2 – Resultados das verificações.

Elemento	Solicitação	Vão	Força	Momento	Tensão	Deformação
	$R_x$	$L$	$F_x$	$M$	$\sigma_f$	$\eta_{T,sup}$
Travessão superior	90,0 kgf/m	1,50 m	135,0 kgf	2.531,3 kgf.cm	1290,6 kgf/cm <sup>2</sup>	0,016 m
Travessão intermediário	66,0 kgf/m		99,0 kgf	1.856,3 kgf.cm	946,5 kgf/cm <sup>2</sup>	-

$R_x$ : Carga horizontal de solicitação dos travessões ( $R_{T,Sup}$  e  $R_{T,Int}$ ).

$F_x$ : Força horizontal aplicada aos travessões ( $F_{T,Sup}$  e  $F_{T,Int}$ ).

#### Requisitos de resistência:

$$\Rightarrow \sigma_f < \sigma_e \Rightarrow \sigma_f < 2.550,0 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$$\Rightarrow \eta_{T,Sup} < \eta_{T,Sup} \Rightarrow \eta_{T,Sup} < 0,076 \text{ m}$$

$\sigma_e$ : Tensão de escoamento do aço.

$\eta_{T,Sup}$ : Deformação horizontal máxima do travessão superior.

**Resultado: O TRAVESSÃO UTILIZADOS TEM SEGURANÇA EM RELAÇÃO AOS REQUISITOS DE RESISTÊNCIA INDICADOS PELA NR 18.**

## 3.5 MONTANTE

### 3.5.1 Flexão Simples

O montante está submetido a esforços de flexão, determinados por:

$$M = \frac{F_{T,Sup}}{2} \cdot \frac{h}{4}$$

- $M$  : Momento fletor atuante no montante.
- $F_{T,Sup}$  : Força horizontal aplicada ao travessão superior.
- $h$  : Altura da travessa superior até a fixação do montante.

A tensão de flexão é determinada por:

$$\sigma_f = \frac{M}{W_h}$$

- $\sigma_f$  : Tensão de flexão atuante no montante.
- $W_h$  : Módulo de resistência a flexão no sentido horizontal.

### 3.5.2 Resultados

Tabela 3.3 – Resultados das verificações.

Elemento	Força	Altura	Momento	Tensão
	$F_{T,Sup}$	$H$	$M$	$\sigma_f$
Montante	135,0 kgf	1,25 m	2.109,4 kgf.cm	1075,5 kgf/cm <sup>2</sup>

- $F_{T,Sup}$  : Força horizontal aplicada ao travessão superior.

#### Requisitos de resistência:

$$\Rightarrow \sigma_f < \sigma_e \Rightarrow \sigma_f < 2.550,0 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

- $\sigma_e$  : Tensão de escoamento do aço.

Resultado: **O MONTANTE UTILIZADO TEM SEGURANÇA EM RELAÇÃO AOS REQUISITOS DE RESISTÊNCIA INDICADOS PELA NR 18.**

#### 4. VERIFICAÇÃO: POSTE METALICO

##### 4.1 SOLICITAÇÕES

Conforme a NR 18 os elementos verificados devem ter resistência a seguinte carga horizontal:

$$R_{T,Sup} = 90kgf / m$$

$R_{T,Sup}$  : Carga horizontal de solicitação do travessão superior.

##### 4.2 FORÇAS APLICADAS

O poste está submetido a esforços de flexão. Sabendo que no momento do impacto com a travessa superior a força se divide por dois postes, o momento fletor atuante em cada poste é determinado por:

A força aplicada a cada poste metálico é determinada pelo vão entre os elementos:

$$F_p = \frac{R_{T,Sup} \cdot L}{2}$$

$F_p$  : Força horizontal aplicada a cada poste metálico.

$L$  : Vão livre de montagem máximo entre os postes metálicos.

##### 4.3 MATERIAL UTILIZADO

$$W_h = \frac{(L \cdot B^3) - (l \cdot b^3)}{B \cdot 6} \quad I_h = \frac{(L \cdot B^3) - (l \cdot b^3)}{12}$$

$W_h$  : Módulo de resistência a flexão no sentido horizontal.

$I_h$  : Momento de inércia no sentido horizontal.

- B*: Dimensão do tubo no sentido de aplicação da carga.
- b*: Dimensão interna do tubo no sentido de aplicação da carga.
- L*: Dimensão do tubo.
- l*: Dimensão interna do tubo.

Tabela 4.1 – Material utilizado.

Elemento	Dimensão	Resultados	
		<i>W<sub>h</sub></i>	<i>I<sub>h</sub></i>
Poste Metálico	Tubo 50x50x2mm	5,91 cm <sup>3</sup>	14,77 cm <sup>4</sup>

#### 4.4 POSTE METALICO

##### 4.4.1 Flexão Simples

O montante esta submetidos a esforços de flexão, determinados por:

$$M = F_p \cdot h$$

*M* : Momento fletor atuante no poste.

*F<sub>p</sub>* : Força horizontal aplicada a cada poste metálico.

*h* : Altura da travessa superior até a fixação do montante.

A tensão de flexão é determinada por:

$$\sigma_f = \frac{M}{W_h}$$

$\sigma_f$  : Tensão de flexão atuante no montante.

*W<sub>h</sub>* : Módulo de resistência a flexão no sentido horizontal.

#### 4.4.2 Resultados

Tabela 4.2 – Resultados da verificação.

Elemento	Solicitação	Vão	Altura	Força	Momento	Tensão
	$R_x$	$L$	$h$	$F_p$	$M$	$\sigma_f$
Poste Metálico	90,0 kgf/m	1,50 m	1,30 m	67,5 kgf	8.775,0 kgf.cm	1485,2 kgf/cm <sup>2</sup>

$F_p$ : Força horizontal aplicada a cada poste metálico.

#### Requisitos de resistência:

$$\Rightarrow \sigma_f < \sigma_l \Rightarrow \sigma_f < 4.080,0 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$\sigma_l$ : Tensão limite de resistência mecânica do aço.

Resultado: **O POSTE UTILIZADO TEM SEGURANÇA EM RELAÇÃO AOS REQUISITOS DE RESISTÊNCIA INDICADOS PELA NR 18.**

#### 4.5 CHUMBADOR PARA FIXAÇÃO DO POSTE

##### 4.5.1 Força de Arranque

A força de tração atuante em cada chumbador utilizado é determinada por:

$$F_{chumb} = \frac{M}{b \cdot n} \cdot S$$

$F_{chumb}$ : Força de tração atuante no chumbador.

$M$ : Momento fletor atuante no poste.

$b$ : Distância entre a face do montante e o primeiro chumbador.

$n$ : Número de chumbadores considerados na verificação.

$S$  : Coeficiente de segurança adotado.

Tabela 4.3 – Resultados.

Elemento	Momento	Dados			Força de arranque
	$M$	$b$	$n$	$S$	$F_{chumb}$
Tirante	8775,0 kgf.cm	40,50 cm	2	5	541,67 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 4.5.1 Chumbador Utilizado

Será utilizado o chumbador com as características discriminadas abaixo:

Tipo: Mecânico.  
Diâmetro: Ø 3/8".  
Rosca: 3/8".  
Comprimento: 80,0 mm.  
Resistência a tração: 714,0 kgf.  
Comprimento do parafuso: 3 1/2" (88,9 mm).  
Fabricante: ANCORA.  
Modelo: CBN  
Código: 38312

$\Rightarrow F_{chumb} < R_{chumb} \Rightarrow 541,67kgf < 714,00kgf$  **O REFERIDO CHUMBADOR ESTÁ SEGURO.**

$R_{chumb}$  : Resistência a tração do chumbador (ver Figura abaixo).

## CBN COM PARAFUSO

PRODUTO EXCLUSIVO

Ancoragem mecânica

### DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Chumbador de acomodação. Composto por parafuso, arruela, jaqueta de poliamida (nylon) e cone.

### CARACTERÍSTICAS E VANTAGENS

- Produto inovador para ancoragem em todo o tipo de material base.
- Fixações em materiais ocios, maciços e maciços porosos.
- Melhor ancoragem mecânica para bases ocas.
- Possui aletas que impedem giro em falso.
- Cone com desenho exclusivo para maior segurança durante a instalação.
- Facilidade no posicionamento e manuseio da peça.



### PRINCIPAIS APLICAÇÕES

- Equipamentos (ar condicionado, antenas, tvs, suportes).
- Peças metálicas leves (corrimão, apoios).
- Móveis (estantes, prateleiras, gabinetes).

DISPONÍVEL TAMBÉM EM AÇO INOXIDÁVEL

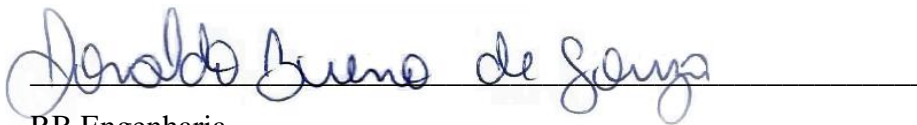
Código	Diâmetro da rosca (pol)	Comprimentos		Furo		Distâncias <sup>(1)</sup> (mm)		Espessura máxima à fixar (mm)	Chave (pol)	Cargas últimas de tração <sup>(2)</sup> (kgf)	
		Parafuso (pol)	Jaqueta (mm)	Diâm. (pol - mm)	Profund. min. (mm)	Fixador Fixador	Fixador Borda			Concreto	Alvenaria
CBN14200	1/4"	2"	45	3/8" - 10	55	90	45	8	7/16"	398	214
CBN14300		3"	70		80	140	70				
CBN56214	5/16"	2.1/4"	50	1/2" - 13	65	100	50	7	1/2"	510	255
CBN56314		3.1/4"	75		90	150	75				
CBN38212	3/8"	2.1/2"	54	9/16" - 14	70	108	54	14	9/16"	612	268
CBN38312		3.1/2"	80		95	160	80				
CBN12300	1/2"	3"	64	3/4" - 19	80	128	64	18	3/4"	785	367
CBN12412		4.1/2"	102		120	204	102			20	

Figura 4.1 – Informações técnicas do chumbador recomendado.

## 5. CONCLUSÃO

Conforme demonstrado neste documento, o Projeto de Guarda Corpo apresenta do ponto de vista do dimensionamento de seus componentes, plenas condições de operação e uso com segurança.

Esteio, 14 de dezembro de 2021.



RB Engenharia  
Ronaldo Bueno de Souza  
Engº. Mecânico  
CREA/RS 185259

**PROCEDIMENTO DE MONTAGEM E DESMONTAGEM**

**GUARDA CORPO PARA SACADAS**

**CÓDIGO: 1049**

**CONTRATANTE:** IBIZA EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO SPE LTDA

**OBRA:** RESIDENCIAL IBIZA

## SUMÁRIO

<b>1.APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPIS .....</b>	<b>4</b>
<b>3.FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS.....</b>	<b>6</b>
<b>4.PROCEDIMENTO DE MONTAGEM .....</b>	<b>7</b>
<b>5.PROCEDIMENTO DE DESMONTAGEM .....</b>	<b>10</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

Este procedimento é referente ao projeto de um sistema de Guarda Corpo, solicitado pelo contratante a ser empregado em uma obra descrita a seguir.

A seguir são apresentados os principais dados do contratante.

**Razão Social:** Ibiza Empreendimento Imobiliário Spe Ltda

**CNPJ:** 28.517.135/0001-48






**Obra:** Residencial Ibiza

**Endereço da obra:** Rua Henri Dunant, 801, Operário - Novo Hamburgo / RS

## 2. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPIs

Os equipamentos de proteção individual que o trabalhador deve utilizar para a montagem e/ou desmontagem do sistema proposto são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 2.1 – Lista de EPIs.

EPI	IMAGENS ILUSTRATIVAS
Capacete de Segurança 1/2 Aba Com Jugular	
Sapato de Segurança	
Óculos de Proteção Contra Impacto	
Protetor Auricular Tipo Concha	
Cinturão de Segurança Tipo Paraquedista	

Talabarte com absorvedor de energia.



Capa Impermeável de Chuva



Protetor Solar



Outros a critério da Segurança no Trabalho

### 3. FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

As ferramentas e equipamentos necessárias para a montagem e/ou desmontagem do sistema proposto são apresentados na tabela abaixo:

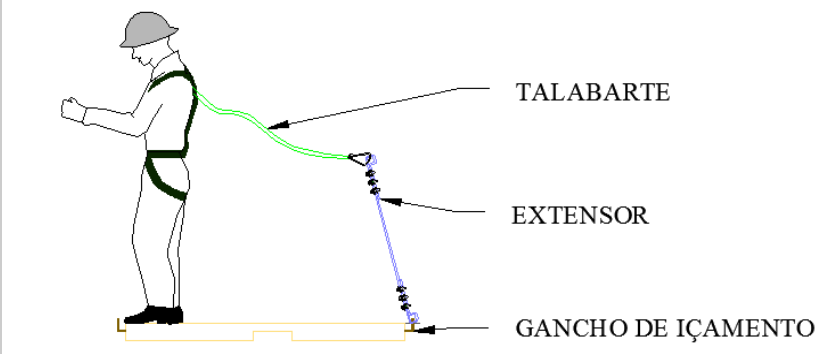

Tabela 3.1 – Lista de ferramentas e equipamentos.

FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS	IMAGENS ILUSTRATIVAS
Furadeira de Impacto	
Esmerilhadeira Manual	

#### 4. PROCEDIMENTO DE MONTAGEM

As etapas de montagem do sistema proposto são apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 4.1 – Procedimento de Montagem.

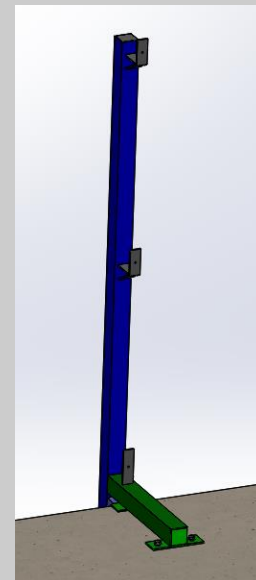
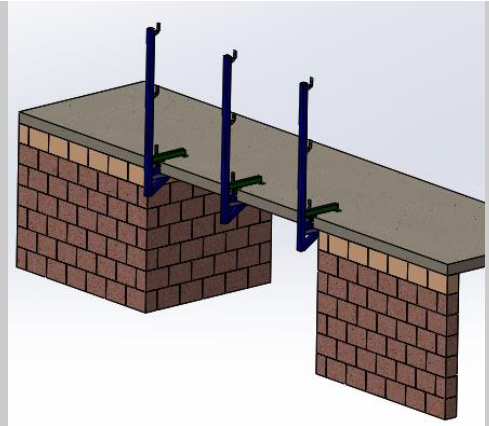
N°	ETAPAS	IMAGENS ILUSTRATIVAS
01	<p><b>Executar os furos para montagem dos postes.</b></p> <p>A distância de montagem dos postes é apresentada nas pranchas “A” do projeto, e deve ser seguida para uma montagem adequada.</p> <p>O furo deve ter Ø14 mm e profundidade de 9,5 mm, para uma perfeita montagem do chumbador mecânico.</p> <p><b>Ancoragem</b></p> <p>Para executar os furos e fixar o poste deve-se utilizar a ancoragem inferior conforme apresentado na prancha “D” do projeto.</p> <p>Deve-se montar o extensor no ponto de ancoragem da laje. Após a montagem do extensor deve-se ancorar o talabarte a ele.</p>	
02	<p><b>Instalar os chumbadores mecânicos.</b></p> <p>Instalar os chumbadores indicados no projeto.</p> <p>O procedimento de instalação é indicado na tabela a seguir.</p>	

03

**Montar os postes.**

Os postes são montados nos chumbadores já instalados na laje, conforme no projeto.

A distância máxima de montagem dos postes metálicos é de 1,5 m.



04

**Montar os quadros metálicos.**

Os quadros metálicos devem ser encaixados no primeiro encaixe do poste, conforme indicado no projeto.

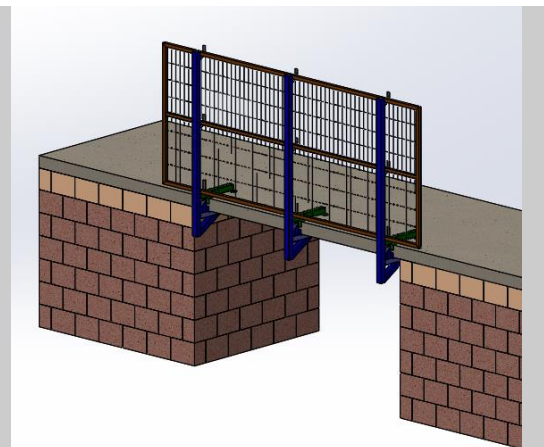
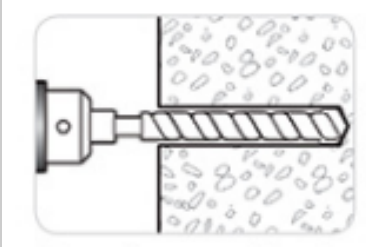
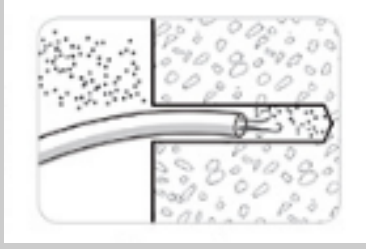
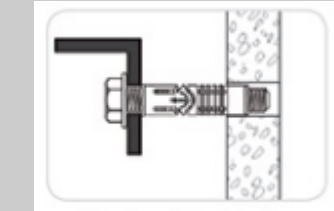
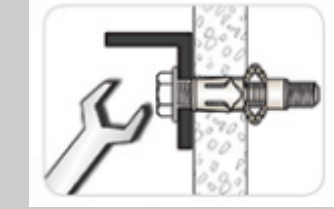


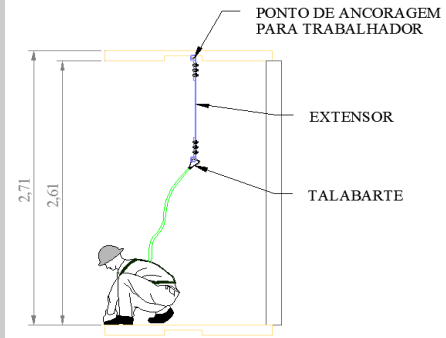
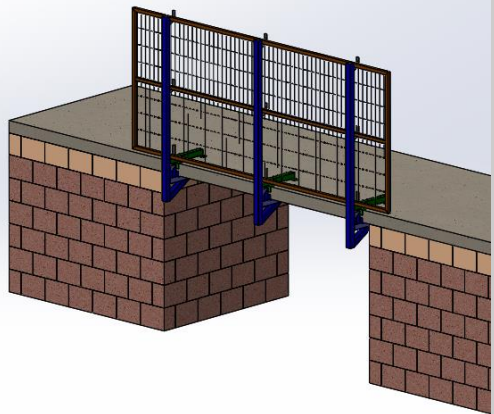
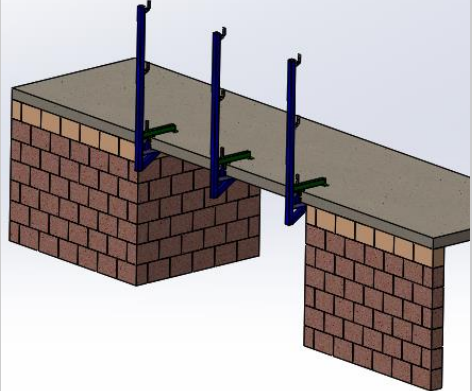
Tabela 4.2 – Procedimento de instalação do chumbador mecânico.

N°	ETAPAS	IMAGENS ILUSTRATIVAS
01	<b>Execução do Furo.</b>  Executar o furo com diâmetro e profundidade indicados.	
02	<b>Limpar o furo.</b>  Retirar qualquer material que ainda tenha ficado dentro do furo.	
03	<b>Instalar o chumbador</b>  Ajuste o chumbador, coloque na peça a fixar e introduza no furo.	
04	<b>Montagem.</b>  Aperte o parafuso para provocar a expansão do chumbador.	

**5. PROCEDIMENTO DE DESMONTAGEM**

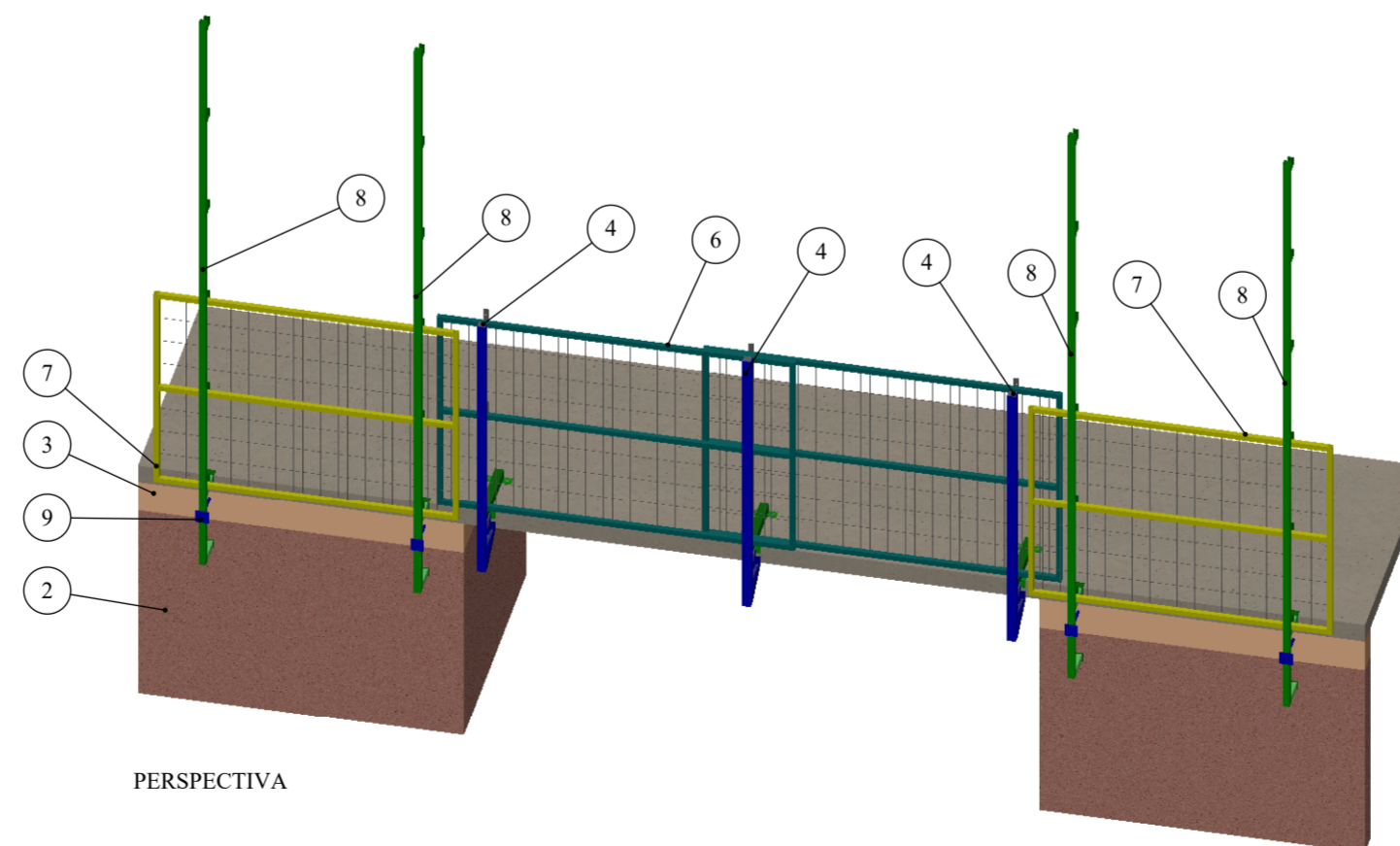
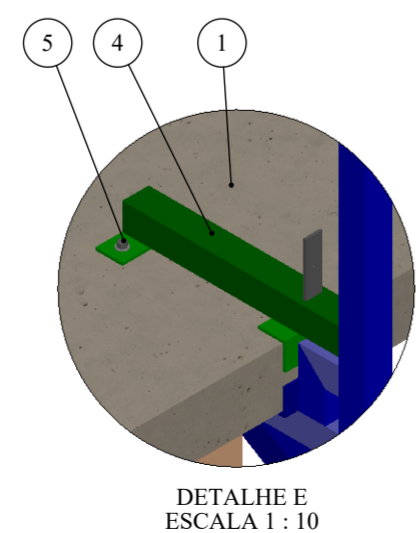
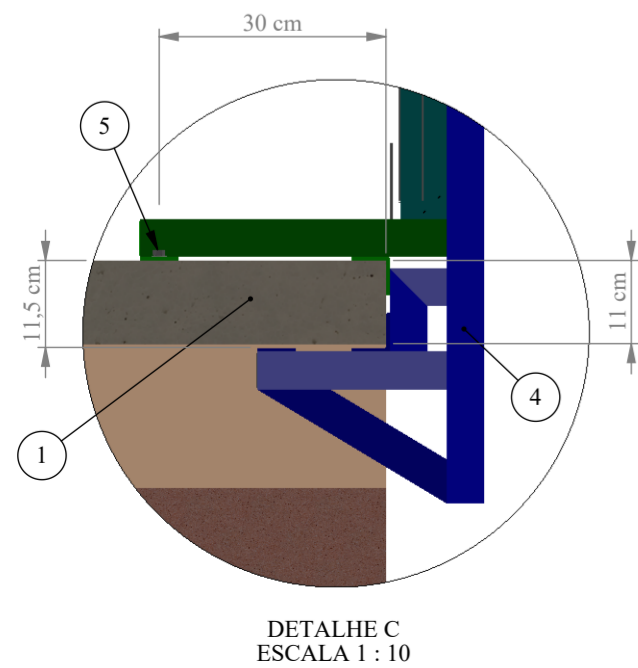
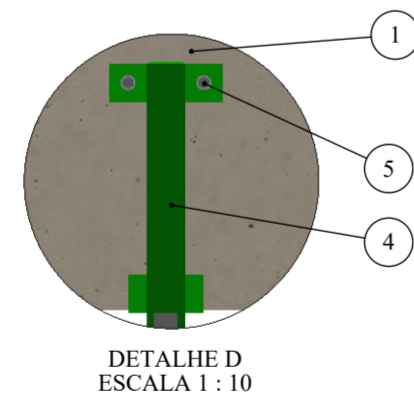
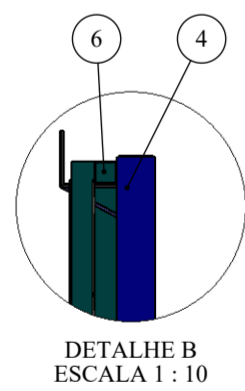
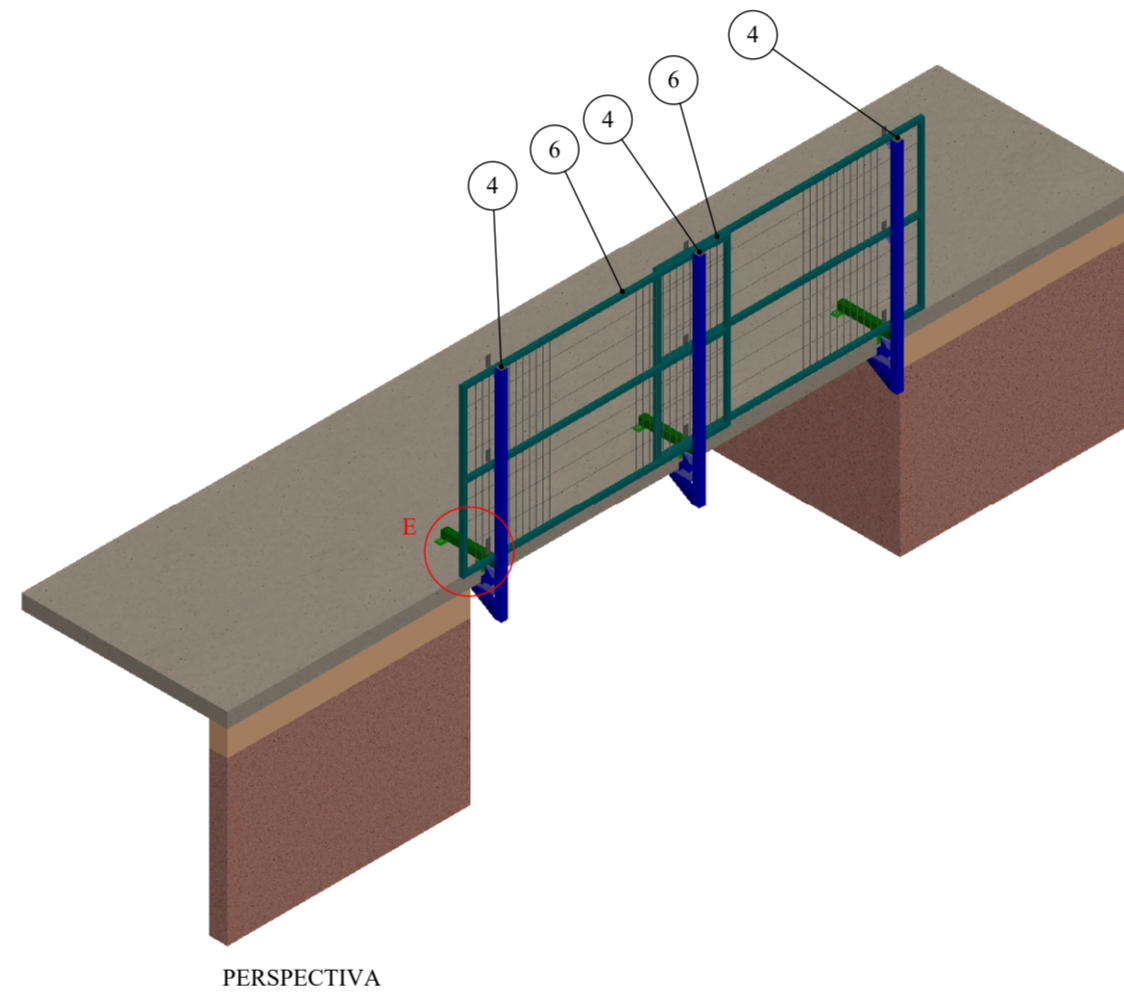
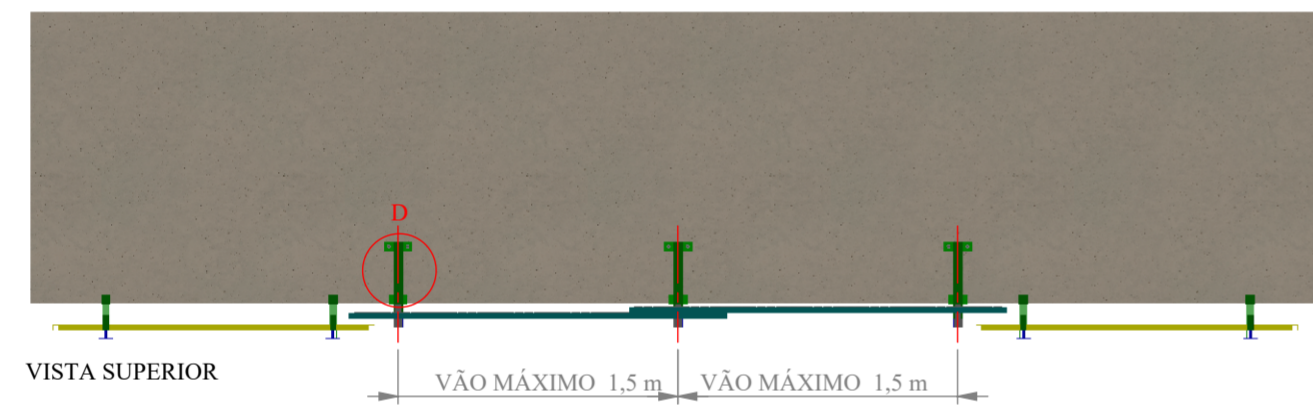
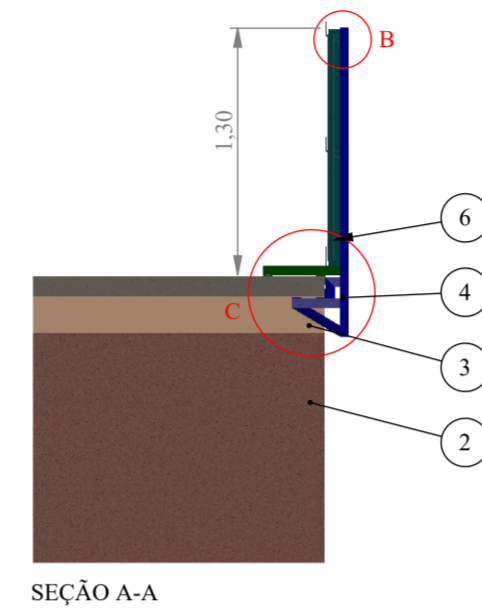
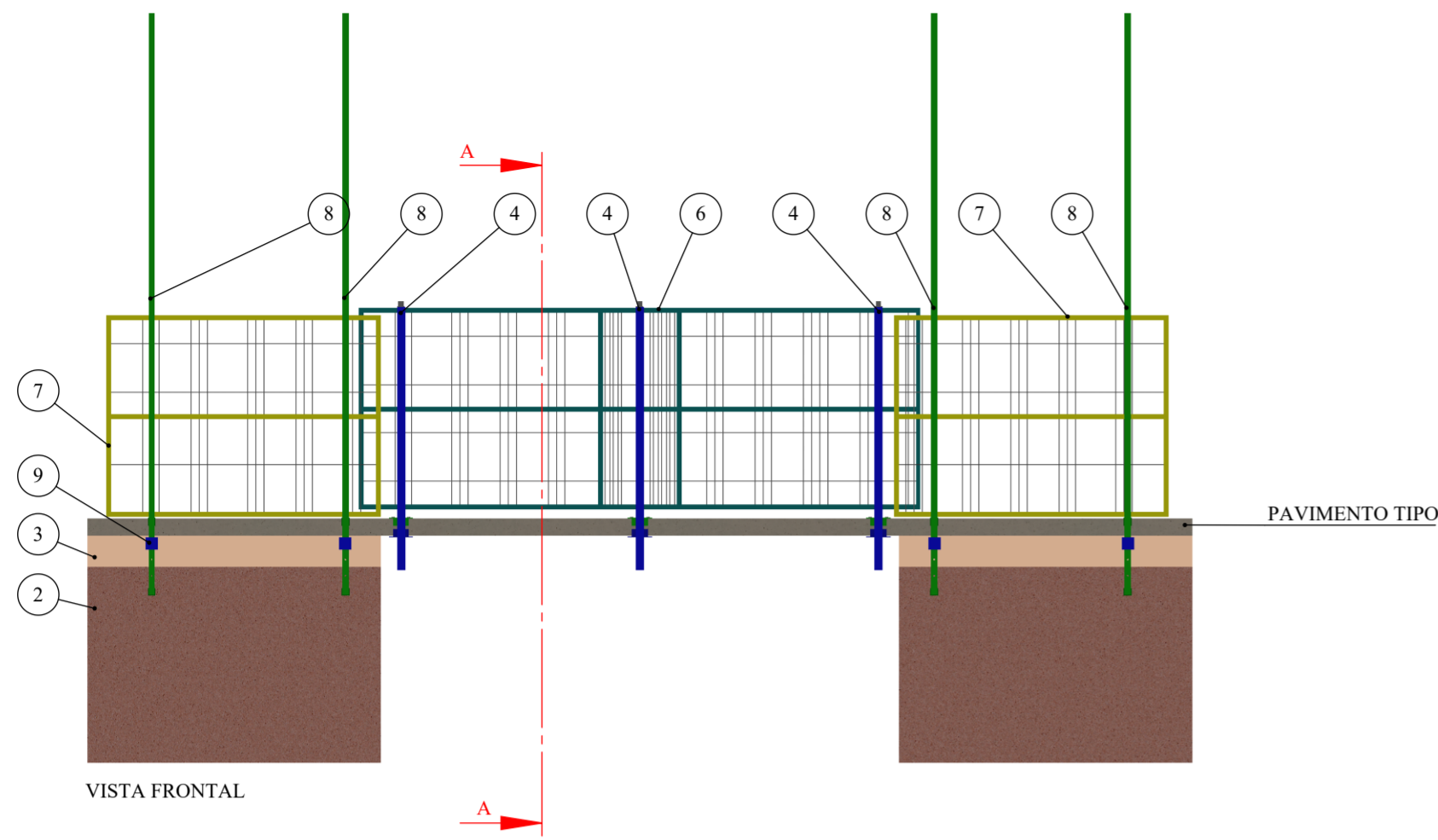
As etapas de desmontagem do sistema proposto são apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 5.1 – Procedimento de Desmontagem.

N°	ETAPAS	IMAGENS ILUSTRATIVAS
	<p><b>Ancoragem</b></p> <p>Para a desmontagem do sistema de guarda corpo deve-se utilizar a ancoragem superior conforme apresentado na prancha “F” do projeto.</p>	
01	<p><b>Desmontar os quadros metálicos.</b></p> <p>Os quadros metálicos devem ser desmontados.</p>	
02	<p><b>Retirar os postes.</b></p> <p>Os postes devem ser desmontados dos chumbadores.</p>	
	<p><b>Remover a sobra dos chumbadores.</b></p>	

03 Se necessário executar o corte dos chumbadores junto a laje com o uso da esmerilhadeira manual. Utilizar óculos de proteção contra impacto e luvas de raspa.

Executar os procedimentos pós corte dos chumbadores indicados pela construtora.



Nº DO ITEM	COMPONENTE	DESCRIÇÃO	QTD.
1	LAJE	REPRESENTAÇÃO	1
2	PAREDE	REPRESENTAÇÃO	2
3	BLOCO CALHA	REPRESENTAÇÃO	2
4	POSTE SACADA	VER PRANCHA B	3
5	CHUMBADOR MECÂNICO	ROSCA 3/8" - MODELO: CBN C\ PARAFUSO - FABRICANTE: ÂNCORA - CÓDIGO C38312 - RESISTÊNCIA TRAÇÃO 714 kgf - FURO Ø14 mm COM PROFUNDIDADE 9,5 cm.	6
6	QUADRO METALICO (SACADA)	VER PRANCHA C	2
7	QUADRO METALICO	VER PROJETO COD. 1071 - PRANCHA C	2
8	POSTE	VER PROJETO COD. 1071 - PRANCHA B	4
9	TIRANTE	VER PROJETO COD. 1071 - PRANCHA B	4
10	PORCA TIRANTE	VER PROJETO COD. 1071 - PRANCHA A	4

OBSERVAÇÃO: QUANTIDADES RELATIVAS A MONTAGEM REPRESENTADA.

**Cópia Controlada**

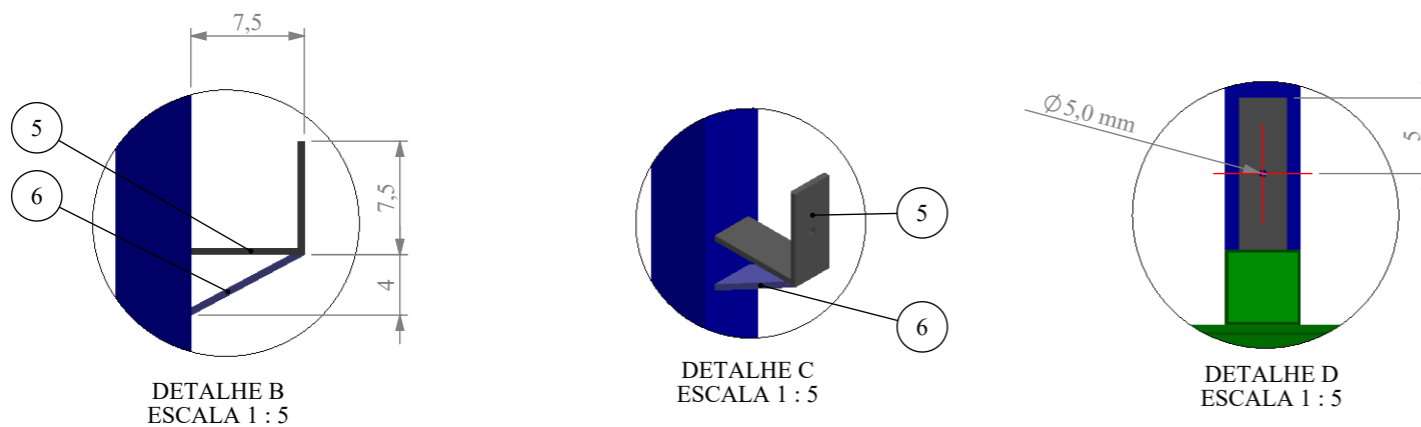
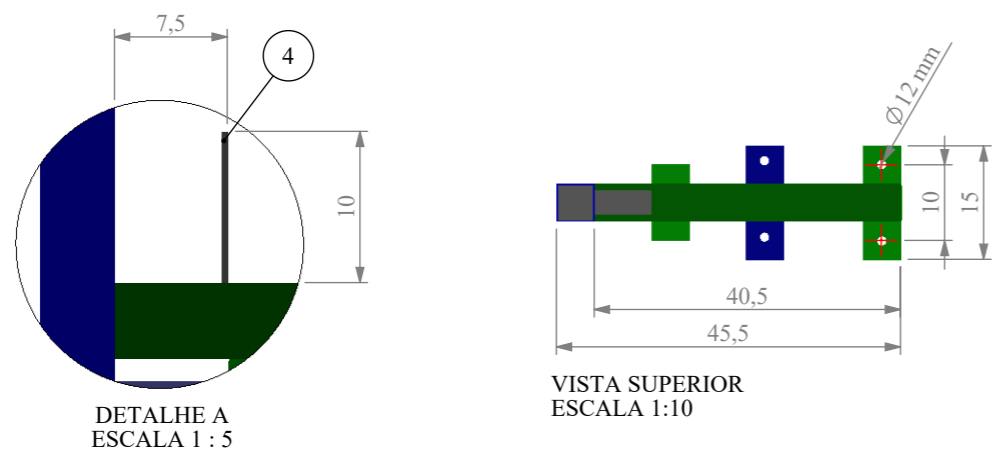
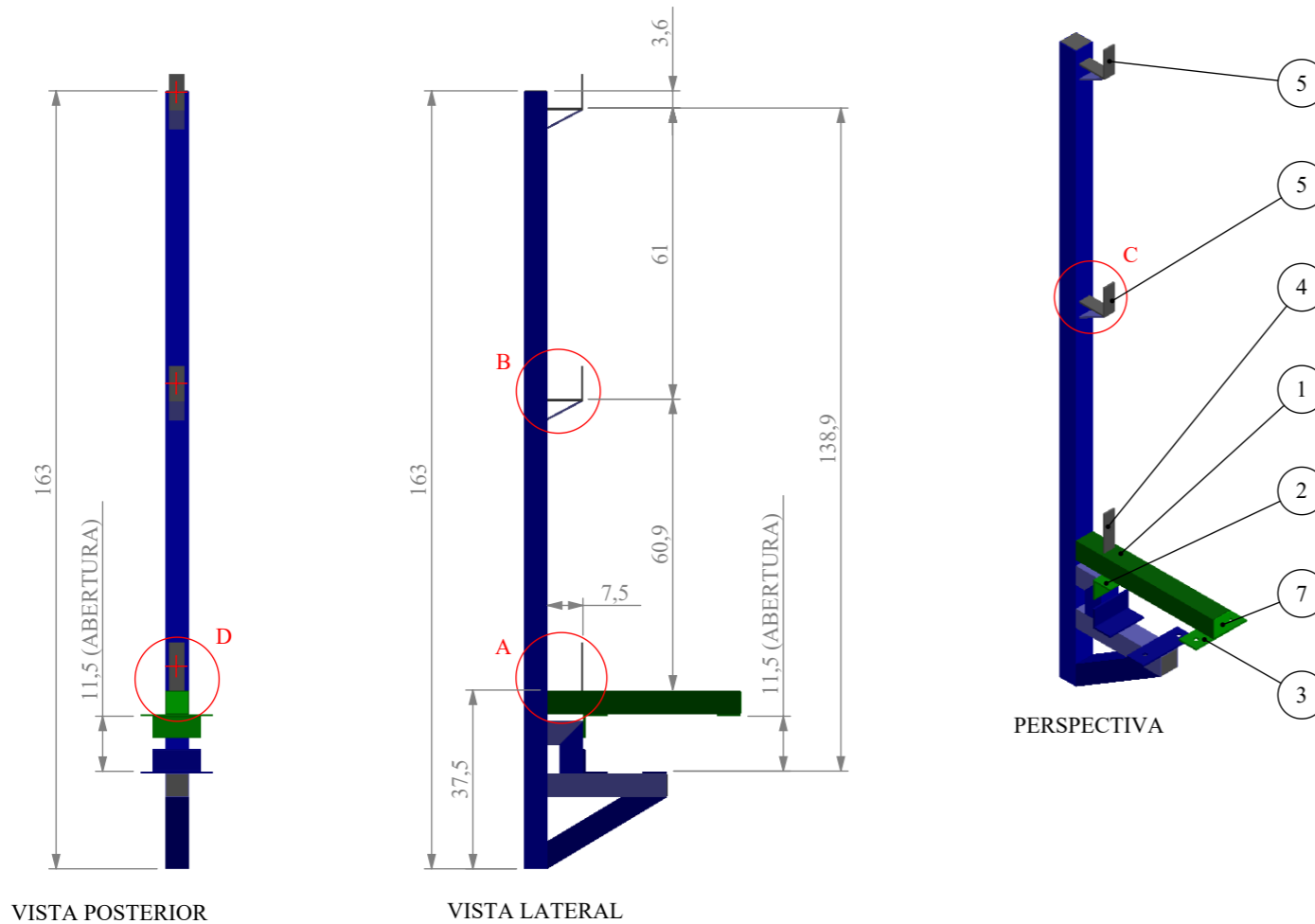
**NOTAS:**

- 01) UNIDADES EM "m".
- 02) A MONTAGEM DO POSTE, DO TIRANTE E DA PORCA TIRANTE É APRESENTADA NO PROJETO DE GUARDA CORPO PARA PERIFERIA.
- 03) OS DADOS RELATIVOS A RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS SÃO APRESENTADOS NO MEMORIAL DE CÁLCULO.

00	EMISSÃO INICIAL	09/11/2021
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
www.rbeng.com.br - contato@rbeng.com.br (51) 3783-5942 CNPJ: 17.217.562/0001-94 CREA: RS 221231		RESPONSÁVEL TÉCNICO RONALDO BUENO DE SOUZA ENG. MECÂNICO: CREA: RS 185259
CLIENTE:	IBIZA EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO SPE LTDA	
OBRA:	RESIDENCIAL IBIZA	
ENDEREÇO:	RUA HENRI DUNANT, 801, OPERÁRIO - NOVO HAMBURGO \ RS	
TÍTULOS:	GUARDA CORPO PARA SACADAS	DESENHISTA: GUILHERME
	DETALHAMENTO DA MONTAGEM	DATA: 09/11/2021 CÓDIGO: 1049
	BLOCO PADRÃO THETA	ESCALA: 1:40 PRANCHA: A

N° DO ITEM	NOME	MATERIAL
4	POSTE SACADA	ASTM A36

N° DO ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	COMPRIMENTO
1	1	TUBO 50x50x2 mm	40.5
2	1	CANTONEIRA 2"x2"x3/16"	10.01
3	1	BARRA CHATA 2"x3/16"	15
4	1	BARRA CHATA 1 1/4"x3/16"	10
5	2	BARRA CHATA 1 1/4"x3/16"	15
6	2	BARRA CHATA 1 1/4"x3/16"	8.5
7	1	TAMPA PARA TUBO - CHAPA ESP. 1,5 mm	-



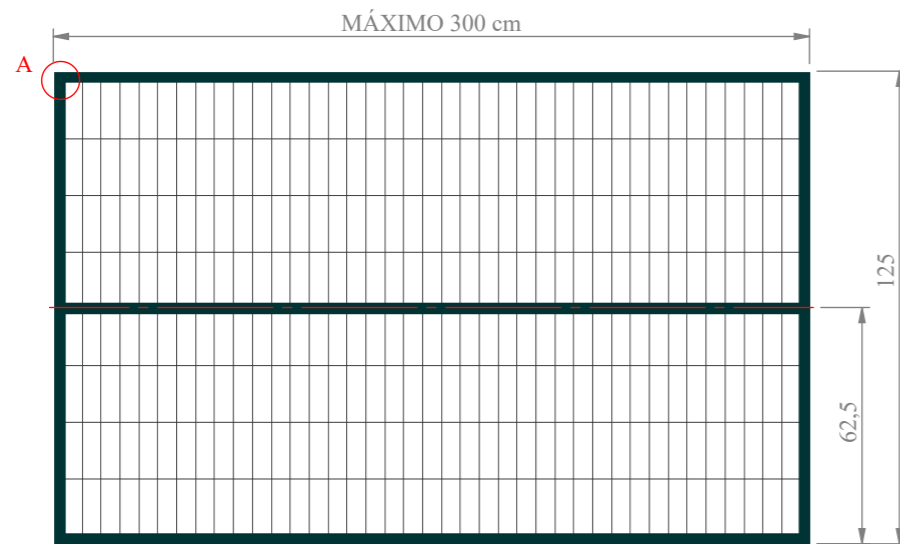
Cópia Controlada

**NOTAS:**

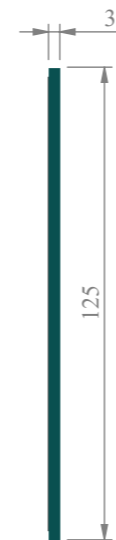
- 01) UNIDADES EM "cm".
- 02) OS DADOS RELATIVOS A RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS SÃO APRESENTADOS NO MEMORIAL DE CÁLCULO.

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
00	EMISSÃO INICIAL	09/11/2021
<div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> <p>www.rbeng.com.br - contato@rbeng.com.br (51) 3783-5942 CNPJ: 17.217.562/0001-94 CREA: RS 221231</p> </div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px; text-align: right;"> <p><i>Ronaldo Bueno de Souza</i> RESPONSÁVEL TÉCNICO RONALDO BUENO DE SOUZA ENG. MECÂNICO: CREA: RS 185259</p> </div>		
CLIENTE: IBIZA EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO SPE LTDA		
OBRA: RESIDENCIAL IBIZA		
ENDEREÇO: RUA HENRI DUNANT, 801, OPERÁRIO - NOVO HAMBURGO \ RS		
TÍTULOS: GUARDA CORPO PARA SACADAS		DESENHISTA: GUILHERME
DETALHAMENTO DO POSTE SACADA		DATA: 09/11/2021 CÓDIGO: 1049
BLOCO PADRÃO THETA		ESCALA: 1:15 PRANCHA: B

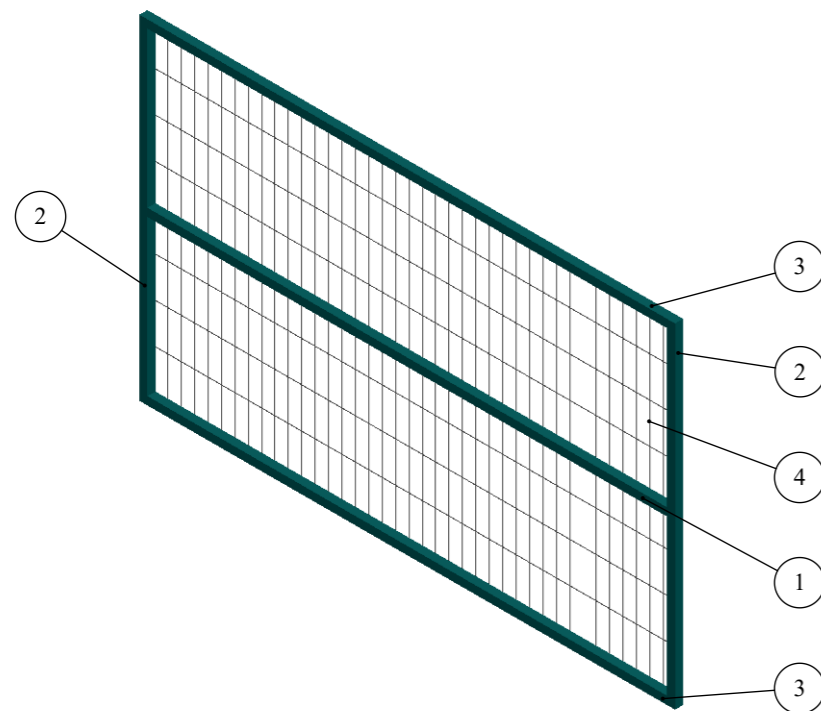
Nº DO ITEM	NOME	MATERIAL
6	QUADRO METÁLICO	ASTM A36



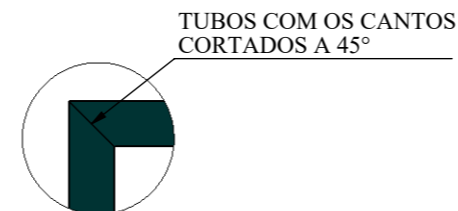
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PERSPECTIVA



DETALHE A  
ESCALA 1 : 5

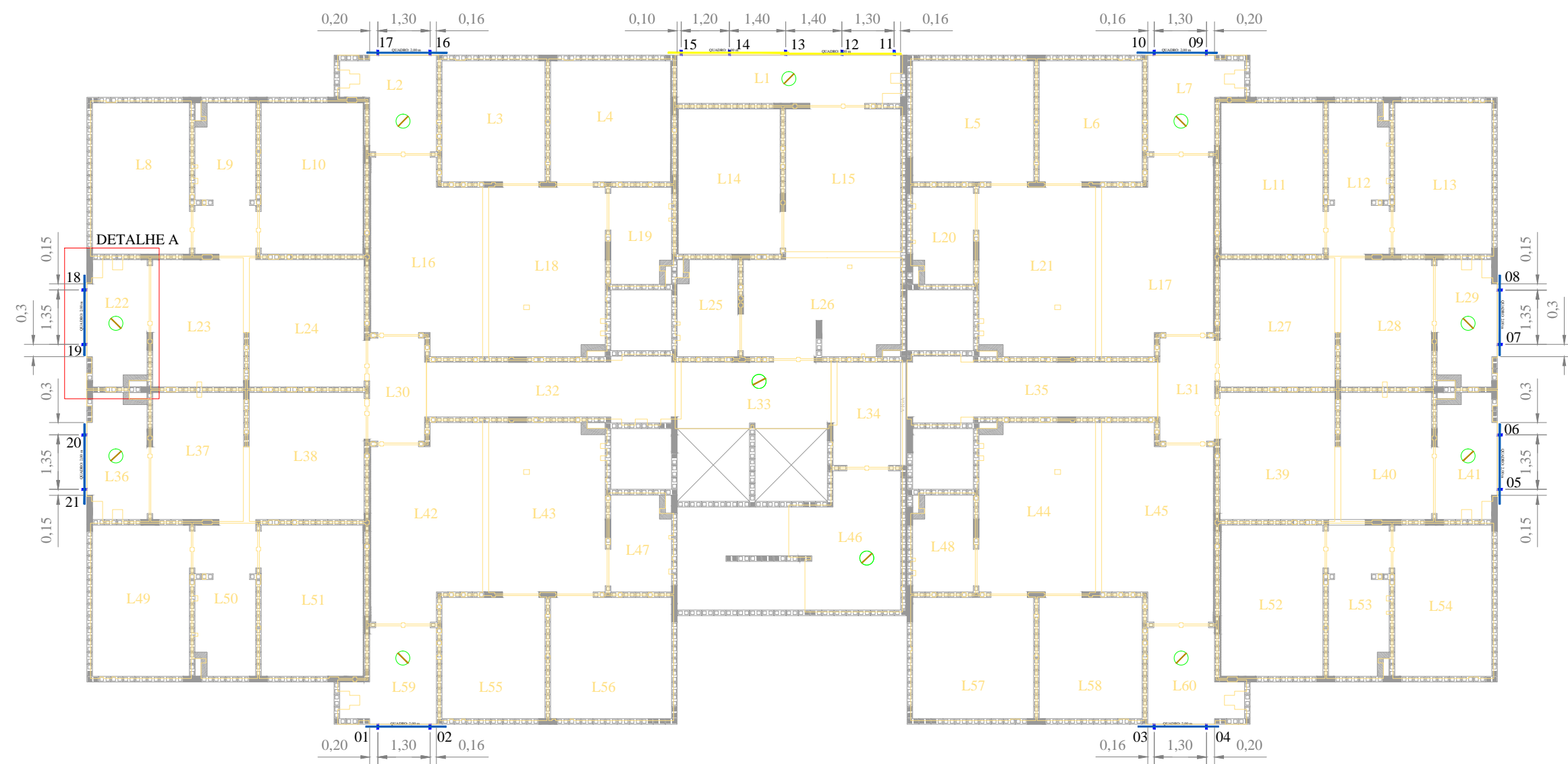
Cópia Controlada

**NOTAS:**

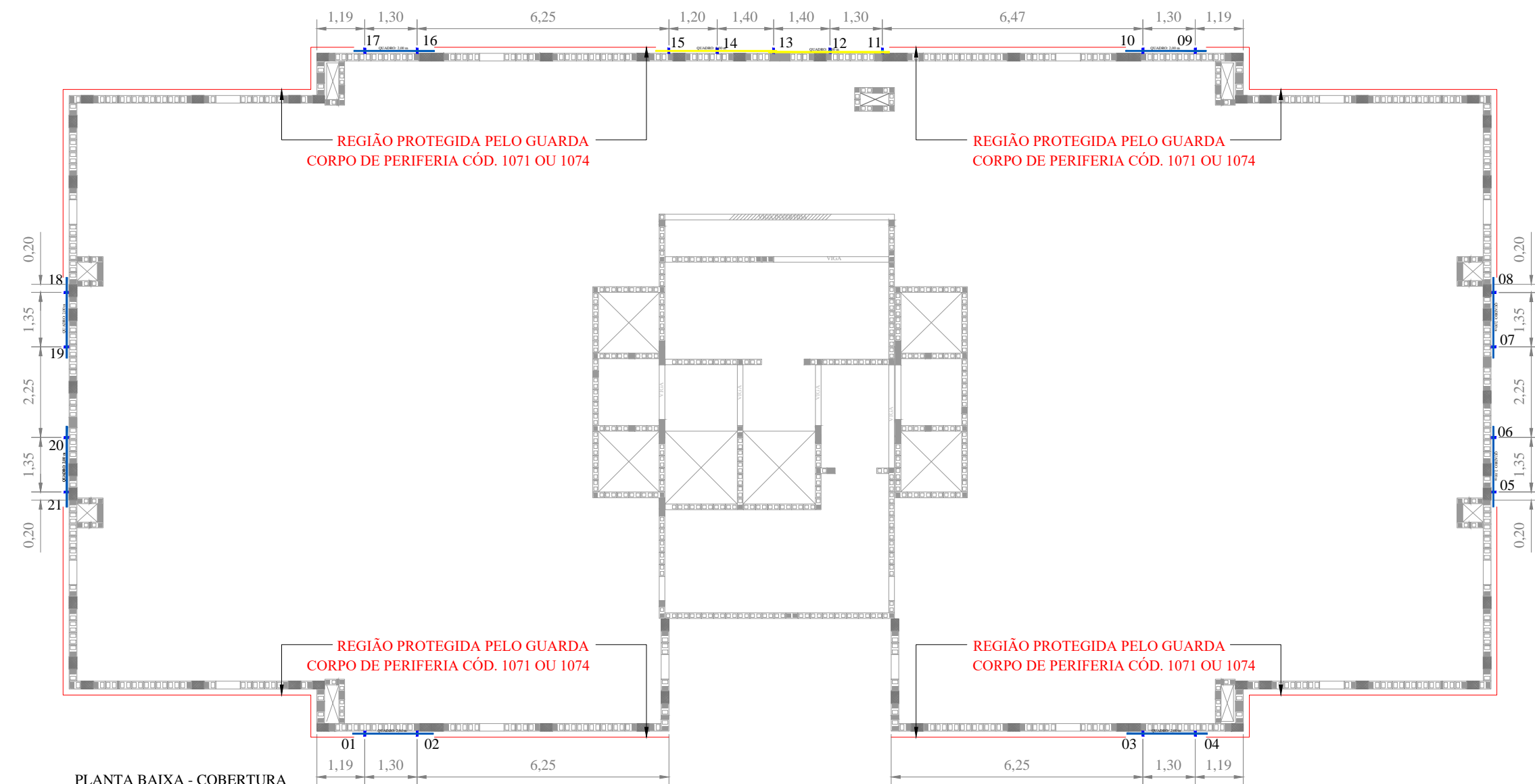
- 01) UNIDADES EM "cm";
- 02) OS DADOS RELATIVOS A RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS SÃO APRESENTADOS NO MEMORIAL DE CÁLCULO.

00	EMISSÃO INICIAL	09/11/2021
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
www.rbeng.com.br - contato@rbeng.com.br (51) 3783-5942 CNPJ: 17.217.562/0001-94 CREA: RS 221231		 RESPONSÁVEL TÉCNICO RONALDO BUENO DE SOUZA ENG. MECÂNICO: CREA: RS 185259
CLIENTE:	IBIZA EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO SPE LTDA	
OBRA:	RESIDENCIAL IBIZA	
ENDEREÇO:	RUA HENRI DUNANT, 801, OPERÁRIO - NOVO HAMBURGO \ RS	
TÍTULOS:	GUARDA CORPO PARA SACADAS DETALHAMENTO DO QUADRO METÁLICO BLOCO PADRÃO THETA	DESENHISTA: GUILHERME DATA: 09/11/2021 ESCALA: 1:20
		CÓDIGO: 1049 PRANCHA: C

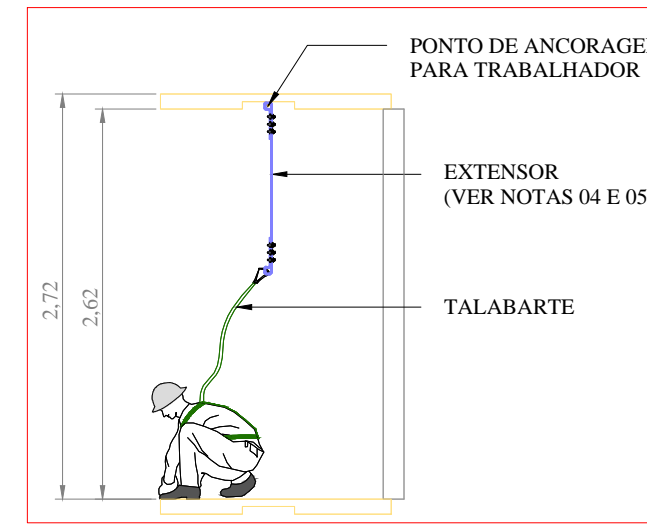
Nº DO ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	COMPRIMENTO
1	1	TUBO 30x30x2 mm	194
2	2	TUBO 30x30x2 mm	125
3	2	TUBO 30x30x2 mm	200
4	1	TELA MALHA 5x15cm COM FIO Ø2,5mm	750.5



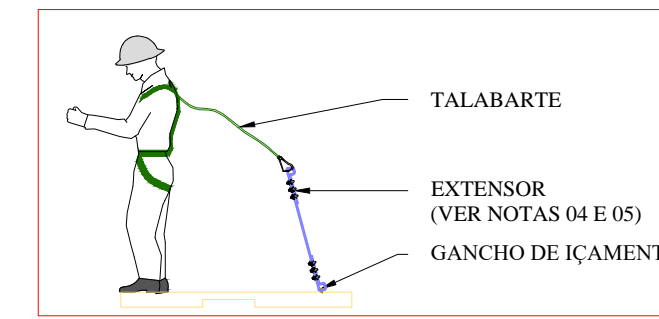
PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TIPO  
ESCALA: 1:125



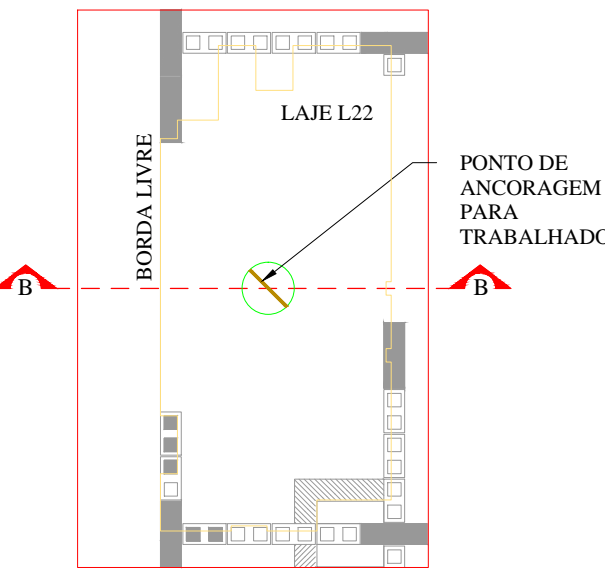
PLANTA BAIXA - COBERTURA  
ESCALA: 1:125



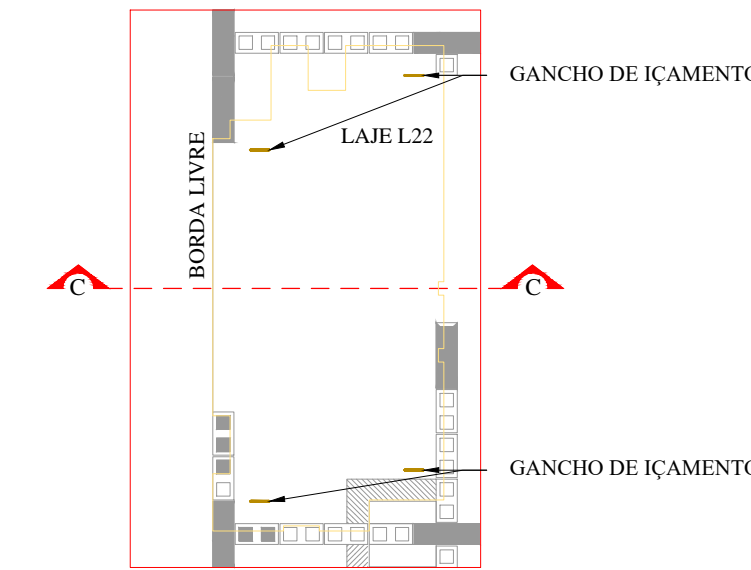
CORTE BB  
ESCALA: 1:50



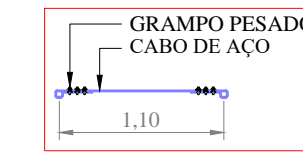
CORTE CC  
ESCALA: 1:50



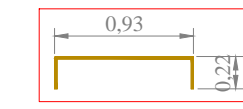
DETALHE A (VISTA LAJE SUPERIOR)  
PONTO DE ANCORAGEM SUPERIOR  
ESCALA: 1:50



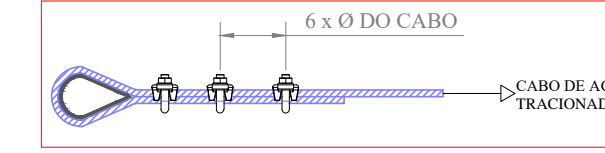
DETALHE A' (PUNTO DE ANCORAGEM INFERIOR)  
ESCALA: 1:50



DETALHE D  
ESCALA: 1:50

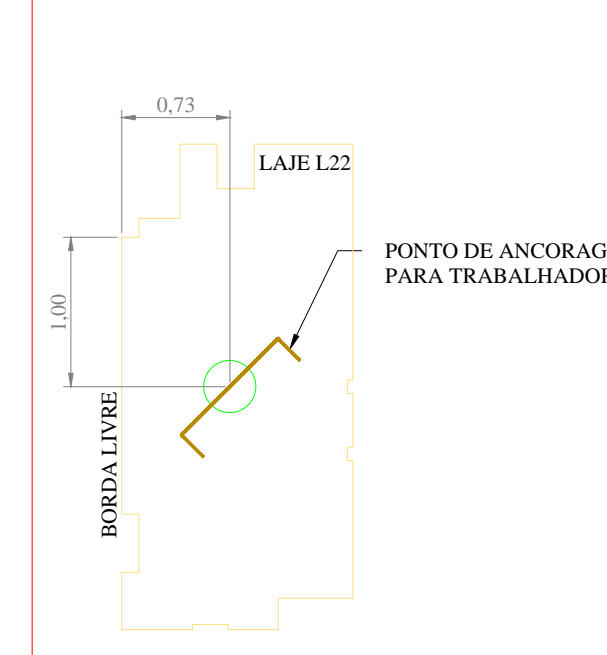


DETALHE E  
BARRA DO PONTO DE ANCORAGEM  
ESCALA: 1:50



DETALHE F  
MONTAGEM DOS GRAMPOS PESADOS  
ESCALA: 1:10

OBSERVAÇÃO: AS POSIÇÕES DAS BARRAS DOS PONTOS DE ANCORAGEM NAS LAJES SÃO APRESENTADAS NO PROJETO ESTRUTURAL DAS LAJES. PONTOS DE ANCORAGEM INSTALADOS NAS LAJES L1, L2, L7, L22, L29, L33, L36, L41, L46, L59 E L60.



DETALHE G  
POSICÃO DOS PONTOS DE ANCORAGEM SUPERIORES  
ESCALA: 1:50

ILUSTRAÇÕES DO TALABARTE C/ ABSORVEDOR DE ENERGIA



ILUSTRAÇÕES DO TALABARTE RETRÁTIL



LEGENDA	
	POSTE DO GUARDA-CORPO
	QUADRO METÁLICO DO GUARDA-CORPO - 2,0 m
	QUADRO METÁLICO DO GUARDA-CORPO - 3,0 m
	PONTO DE ANCORAGEM SUPERIOR

LISTA DE MATERIAIS REFERENTE AO GUARDA-CORPO	
QUADRO METÁLICO - 2,0 m	08 un
QUADRO METÁLICO - 3,0 m	02 un
POSTE SACADA (VER PRANCHA B)	21 un
CHUMBADOR MECÂNICO: CHUMBADOR MECÂNICO ROSCA 3/8" - MODELO: CBN C/ PARAFUSO - FABRICANTE: ÂNCORA - CÓDIGO 38312 - RESISTÊNCIA TRACÇÃO 714,0 kgf - FURO Ø14mm COM PROFUNDIDADE 9,5 cm.	42 un
REFERENTE AO PONTO DE ANCORAGEM	
PONTO DE ANCORAGEM: VERGALHÃO Ø 5/16" (7,9mm) CA 50	15,5 m
CABO DE AÇO: Ø 5/16" (7,9 mm) 6x19 AF - IPS	22 m
GRAMPO PESADO (CLIPS): PARA CABO DE AÇO DE Ø 5/16"	66 un
GANCHO DE IÇAMENTO: Ø 8,0 mm - SAE 1020 OU OUTRO AÇO COM TENSÃO LIMITE DE ESCOAMENTO SUPERIOR A 210MPa. CEFORME INDICADO NO PROJETO ESTRUTURAL	-
TALABARTE: COMPRIMENTO DE 1,5 m COM ABSORVEDOR DE ENERGIA	-
TALABARTE RETRÁTIL COM COMPRIMENTO MÍNIMO DE 2,5 m (VER NOTA 05)	-
OBSERVAÇÃO: QUANTIDADES RELATIVAS A CADA PAVIMENTO.	

Cópia Controlada

NOTAS:

- UNIDADES NÃO INDICADAS EM "m".
- DETALHAMENTO DAS MONTAGENS VER PRANCHA "A".
- ATÉ A MONTAGEM DA LAJE SUPERIOR DEVE-SE UTILIZAR O PONTO DE ANCORAGEM INFERIOR.
- O EXTENSOR DEVE PERMANECER MONTADO JUNTO AO PONTO DE ANCORAGEM SUPERIOR ATÉ O FINAL DA OBRA.
- PARA OS TRABALHOS REALIZADOS NA SACADA LOCALIZADA NA LAJE L1 E JUNTO A ESCADA NA LAJE L46 UTILIZAR O TALABARTE RETRÁTIL.
- OS DADOS RELATIVOS A RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS SÃO APRESENTADOS NO MEMORIAL DE CÁLCULO.

REVISÃO	EMISSÃO INICIAL	DESCRIÇÃO	DATA
00	EMISSÃO INICIAL		05/11/2021
<p>CLIENTE: IBIZA EMPREENDIMENTO IMOBILIÁRIO SPE LTDA</p> <p>OBRA: RESIDENCIAL IBIZA</p> <p>ENDEREÇO: RUA HENRI DUNANT, 801, OPERÁRIO - NOVO HAMBURGO - RS</p> <p>TÍTULOS: GUARDA-CORPO PARA SACADAS DIMENSIONAMENTO BLOCO PADRÃO THETA</p>			
		<p>DESENHISTA: GABRIELLE</p> <p>DATA: 20/11/2021</p> <p>ESCALA: 1:125</p>	<p>CÓDIGO: 1049</p> <p>PRANCHA: D</p>

MEMORIAL DE CÁLCULO  
GUARDA CORPO DEFINITIVO  
CÓDIGO: 1174

**CONTRATANTE:** BALIZA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA

**SUMÁRIO**

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>2</b>
<b>1.APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>4</b>
1.1 DADOS DO CONTRATANTE.....	4
1.2 METODOLOGIA .....	4
1.3 BIBLIOGRAFIA.....	4
<b>2.VERIFICAÇÃO GUARDA CORPO 01</b> .....	<b>5</b>
2.1 DIMENSÕES .....	5
2.2 SOLICITAÇÕES .....	6
2.3 MATERIAIS UTILIZADOS .....	7
<b>2.3.1 SAE 1010</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3.2 SAE 1020</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3.3 Tubos Horizontais</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3.4 Tubos Verticais</b> .....	<b>8</b>
2.4 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO HORIZONTAL .....	8
<b>2.4.1 Tubo Superior Horizontal</b> .....	<b>8</b>
2.5 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO VERTICAL .....	13
<b>2.5.1 Tubo Superior Horizontal</b> .....	<b>13</b>
2.6 VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO .....	17
<b>2.6.1 Solicitações</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6.2 Tubos Verticais</b> .....	<b>17</b>
<b>3.VERIFICAÇÃO GUARDA CORPO 02</b> .....	<b>20</b>
3.1 DIMENSÕES .....	20
3.2 SOLICITAÇÕES .....	21
3.3 MATERIAIS UTILIZADOS .....	22
<b>3.3.1 SAE 1010</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3.2 SAE 1020</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3.3 Tubos Horizontais</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3.4 Tubos Verticais</b> .....	<b>23</b>
3.4 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO HORIZONTAL .....	23
<b>3.4.1 Tubo Superior Horizontal</b> .....	<b>23</b>

3.5 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO VERTICAL .....	28
<b>3.5.1 Tubo Superior Horizontal .....</b>	<b>28</b>
3.6 VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO .....	32
<b>3.6.1 Solicitações .....</b>	<b>32</b>
<b>3.6.2 Tubos Verticais .....</b>	<b>32</b>
<b>4. VERIFICAÇÃO GUARDA CORPO 03 .....</b>	<b>35</b>
4.1 DIMENSÕES .....	35
4.1 SOLICITAÇÕES .....	36
4.2 MATERIAIS UTILIZADOS .....	37
<b>4.2.1 SAE 1010 .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.2 SAE 1020 .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.3 Tubos Horizontais e Montantes .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.4 Tubos Verticais .....</b>	<b>38</b>
4.3 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO HORIZONTAL .....	39
<b>4.3.1 Tubo Superior Horizontal .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3.2 Tubo Montante .....</b>	<b>43</b>
4.4 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO VERTICAL .....	44
<b>4.4.1 Tubo Superior Horizontal .....</b>	<b>44</b>
4.5 VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO .....	48
<b>4.5.1 Solicitações .....</b>	<b>48</b>
<b>4.5.2 Tubos Verticais .....</b>	<b>48</b>
4.6 SOLICITAÇÃO DOS CHUMBADORES .....	51
<b>4.6.1 Solicitações .....</b>	<b>51</b>
<b>4.6.2 Chumbador mecânico .....</b>	<b>51</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

Este documento é referente ao projeto de um sistema de Guarda Corpo Definitivo, solicitado pelo contratante a ser empregado em uma obra descrita a seguir.

### 1.1 DADOS DO CONTRATANTE

A seguir são apresentados os principais dados do contratante.

**Razão Social:** Baliza Empreendimentos Imobiliários Ltda  
**CNPJ:** 88.175.997/0001-61  
**Endereço:** Av. São Borja, 1500, Rio Branco – São Leopoldo / RS.

### 1.2 METODOLOGIA

Os elementos apresentados neste documento foram baseados em métodos e teorias, preconizados por normas vigentes no Brasil e bibliografia específica. Para o desenvolvimento do serviço, foram solicitadas informações ao contratante, que se pressupõe que estejam corretas.

O documento é constituído de UMA (01) via original, acompanhada de anotação de responsabilidade técnica - ART. Qualquer dificuldade, dúvida ou erro de interpretação deste documento, deve ser comunicada o mais breve possível ao contratado, para que o mesmo possa esclarecer ou corrigir o documento.

### 1.3 BIBLIOGRAFIA

NBR 14718: 2019 – Esquadrias - Guarda-corpos para edificação.

## 2. VERIFICAÇÃO GUARDA CORPO 01

O sistema de guarda corpo verificado neste capítulo é apresentado na prancha “A” do projeto.

### 2.1 DIMENSÕES

As dimensões mínimas e máximas indicadas pela NBR 14718 são determinadas de acordo com o tipo de guarda corpo utilizado.

O guarda corpo em questão segue as orientações de dimensões adotadas para sistemas em que a zona de recepção (ZR) tenha somente zona de estacionamento normal (ZEN).

A baixo é apresentada uma tabela com as principais dimensões indicadas pela norma e as dimensões utilizadas.

Tabela 2.1 – Dimensões do guarda corpo.

<b>DIMENSÃO</b>	<b>NBR 14718</b>	<b>UTILIZADO</b>
$L_{Total}$	-	1,81 m
$H$	$\geq 1,10$ m	1,20 m
$V_{Verticais}$	$\leq 0,11$ m	0,11 m
$V_{Lateral}$	$\leq 0,11$ m	0,095 m
$V_{Inferior}$	$\leq 0,11$ m	0,05 m

$H$ : Altura total do guarda corpo.

$L_{Total}$ : Largura total do guarda corpo.

$V_{Verticais}$ : Vão livre entre perfis verticais.

$V_{Lateral}$ : Vão livre lateral.

$V_{inferior}$ : Vão livre inferior.

## 2.2 SOLICITAÇÕES

O sistema de guarda corpo verificado atende as seguintes características:

- a) **Classificação:** guarda corpo de uso privado.
- b) **Quantidade de Pavimentos:** 10.
- c) **Altura máxima:** 30 m.
- d) **Região do País:** V.

As solicitações aplicadas ao guarda corpo são:

$$F_1 = 800N / m \cong 80kgf / m$$

$$F_2 = 1150N / m \cong 115kgf / m$$

$$\eta_{1,máx} = 25mm$$

$$\eta_{2,máx} = 150mm$$

$$\eta_{3,máx} = 20mm$$

$F_1$ : Carga de uso.

$F_2$ : Carga de segurança.

$\eta_{1,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_1$ .

$\eta_{2,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

$\eta_{3,máx}$ : Deformação vertical máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

## 2.3 MATERIAIS UTILIZADOS

### 2.3.1 SAE 1010

Será utilizado o aço SAE 1010 com tensão de escoamento de 1.800 kgf/cm<sup>2</sup> e limite de resistência mecânica de 3.250 kgf/cm<sup>2</sup>.

### 2.3.2 SAE 1020

Será utilizado o aço SAE 1020 com tensão de escoamento de 2.100 kgf/cm<sup>2</sup> e limite de resistência mecânica de 3.800 kgf/cm<sup>2</sup>.

### 2.3.3 Tubos Horizontais

**Dimensões:** Ø50,0 mm com espessura de 1,5 mm.

O módulo de resistência a flexão do tubo é determinado por:

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{D \cdot 32} \Rightarrow W = 2,69 \text{ cm}^3$$

*W*: Módulo de resistência a flexão do tubo.

*D*: Diâmetro externo do tubo.

*d*: Diâmetro interno do tubo.

O momento de inercia do tubo é determinado por:

$$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} \Rightarrow I = 6,73 \text{ cm}^4$$

$I$  : Módulo de inercia do tubo.

### 2.3.4 Tubos Verticais

**Dimensões:** Ø30,0 mm com espessura de 1,5 mm.

O módulo de resistência a flexão do tubo é determinado por:

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{D \cdot 32} \Rightarrow W = 0,91 \text{ cm}^3$$

$W$  : Módulo de resistência a flexão do tubo.

$D$  : Diâmetro externo do tubo.

$d$  : Diâmetro interno do tubo.

O momento de inercia do tubo é determinado por:

$$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} \Rightarrow I = 1,37 \text{ cm}^4$$

$I$  : Módulo de inercia do tubo.

## 2.4 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO HORIZONTAL

### 2.4.1 Tubo Superior Horizontal

O momento máximo aplicado ao tubo superior é determinado considerando o momento aplicado a cada seção do tubo.

**Reações:**

$$\sum F_x = 0$$

$$Rx_A + Rx_b - \frac{F}{2} - \frac{F}{2} = 0 \Rightarrow Rx_A + Rx_b = F$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-\left(\frac{F}{2} \cdot \frac{L_{Total}}{4}\right) - \left(\frac{F}{2} \cdot \frac{3 \cdot L_{Total}}{4}\right) + (Rx_B \cdot L_{Total}) = 0$$

$$\frac{F \cdot L_{Total}}{2} = Rx_B \cdot L_{Total}$$

$$\Rightarrow Rx_B = \frac{F}{2}$$

$$\text{Assim: } \Rightarrow Rx_A = \frac{F}{2}$$

$F$ : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.

$Rx_A$ : Reação horizontal extremidade esquerda do tubo.

$Rx_B$ : Reação horizontal extremidade direita do tubo.

$L_{Total}$ : Largura total do guarda corpo.

**Momento seção - S1:**

$$M_{S1} = Rx_A \cdot d$$

Sendo:  $d = \frac{L_{Total}}{4}$  e  $Rx_A = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S1} = \frac{F}{2} \cdot \frac{L_{Total}}{4} \Rightarrow M_{S1} = \frac{F \cdot L_{Total}}{8}$$

$d$ : Posição de atuação do momento fletor.

$M_{S1}$ : Momento fletor máximo na seção S1.

**Momento seção – S2:**

$$M_{S2} = (R_{x_A} \cdot d) - \left[ \frac{F}{2} \cdot \left( d - \frac{L_{Total}}{4} \right) \right]$$

Sendo:  $d = \frac{3 \cdot L_{Total}}{4}$  e  $R_{x_A} = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S2} = \left( \frac{F}{2} \cdot \frac{3 \cdot L_{Total}}{4} \right) - \left[ \frac{F}{2} \cdot \left( \frac{3 \cdot L_{Total}}{4} - \frac{L_{Total}}{4} \right) \right] = \left( \frac{3 \cdot F \cdot L_{Total}}{8} \right) - \left( \frac{2 \cdot F \cdot L_{Total}}{4} \right)$$
$$\Rightarrow \Rightarrow M_{S2} = \frac{F \cdot L_{Total}}{8}$$

$M_{S2}$ : Momento fletor máximo na seção S2.

**Momento seção – S3:**

$$M_{S3} = R_{x_B} \cdot d$$

Sendo:  $d = \frac{L_{Total}}{4}$  e  $R_{x_B} = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S3} = \frac{L}{2} \cdot \frac{L_{Total}}{4} \Rightarrow \Rightarrow M_{S3} = \frac{F \cdot L_{Total}}{8}$$

$M_{S3}$ : Momento fletor máximo na seção S3.

**Momento máximo:**

$$M_{máximo} = \frac{F \cdot L_{Total}}{8}$$

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

**Tensão de flexão:**

$$\sigma = \frac{M_{máximo}}{W}$$

- $\sigma$  : Tensão de flexão atuante.
- $W$  : Módulo de resistência a flexão do tubo.

**Deformação do tubo:**

$$\eta = \frac{F \cdot (L_{total})^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

- $\eta$  : Deformação calculada.
- $F$  : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.
- $E$  : Módulo de elasticidade do material = 2068500,00 kgf/cm<sup>2</sup>.
- $I$  : Módulo de inercia do tubo.

**Resultados:**

Como a verificação deve ser realizada considerando as cargas  $F_1$  e  $F_2$ , os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 2.2 – Resultados: Tubo Superior Horizontal.

DADOS	
$L_{Prot.}$	1,81 m
$F_1$	80 kgf/m
$F_2$	115 kgf/m
LIMITES	
$\eta_{1,máx}$	25,00 mm
$\eta_{2,máx}$	150,00 mm
SAE 1010	$\sigma_{e\_SAE1010} = 1.800,00 \text{ kgf/cm}^2$ ---- $\sigma_{r\_SAE1010} = 3.250,00 \text{ kgf/cm}^2$
SAE 1020	$\sigma_{e\_SAE1020} = 2.100,00 \text{ kgf/cm}^2$ ---- $\sigma_{r\_SAE1020} = 3.800,00 \text{ kgf/cm}^2$

<b>RESULTADOS</b>		
	<b>CARGA DE USO - <math>F_1</math></b>	<b>CARGA DE SEGURANÇA - <math>F_2</math></b>
$F$	144,80 kgf	208,15 kgf
$M_{máximo}$	3.276,1 kgf.cm	4.709,4 kgf.cm
$\sigma$	1.217,6 kgf/cm <sup>2</sup>	1.750,3 kgf/cm <sup>2</sup>
$\eta$	12,86 mm	18,48 mm
<b>CONDIÇÕES</b>		
	$\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1010}$	$\sigma \leq \sigma_{r\_SAE1010}$
	$\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1020}$	$\sigma \leq \sigma_{r\_SAE1020}$
	$\eta \leq \eta_{1,máx}$	$\eta \leq \eta_{2,máx}$
<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>		

$\sigma_{e\_SAE1010}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1010.

$\sigma_{e\_SAE1020}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1020.

$\sigma_{r\_SAE1010}$ : Tensão limite de resistência mecânica do aço SAE 1010.

$\sigma_{r\_SAE1020}$ : Tensão limite de resistência mecânica do aço SAE 1020.

$F_1$ : Carga de uso.

$F_2$ : Carga de segurança.

$\eta_{1,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_1$ .

$\eta_{2,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

## 2.5 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO VERTICAL

### 2.5.1 Tubo Superior Horizontal

O momento máximo aplicado ao tubo superior é determinado considerando o momento aplicado a cada seção do tubo.

**Reações:**

$$\sum F_Y = 0$$

$$Ry_A + Ry_b - \frac{F}{2} - \frac{F}{2} = 0 \Rightarrow Ry_A + Ry_b = F$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-\left(\frac{F}{2} \cdot a\right) - \left[\frac{F}{2} \cdot (a + 0,3m)\right] + (Ry_B \cdot L_{Total}) = 0$$

Sendo:  $a = \left(\frac{L_{Total} - 0,3m}{2}\right)$ , temos:

$$-\left[\frac{F}{2} \cdot \left(\frac{L_{Total} - 0,3m}{2}\right)\right] - \left[\frac{F}{2} \cdot \left(\left(\frac{L_{Total} - 0,3m}{2}\right) + 0,3m\right)\right] + (Ry_B \cdot L_{Total}) = 0$$

$$\Rightarrow Ry_B = \frac{F}{2}$$

Assim:  $\Rightarrow Ry_A = \frac{F}{2}$

$F$  : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.

$Ry_A$  : Reação vertical extremidade esquerda do tubo.

$Ry_B$  : Reação vertical extremidade direita do tubo.

$a$  : Distância entre a esquerda do tubo e a carga aplicada.

$L_{Total}$  : Largura total do guarda corpo.

**Momento seção - S1:**

$$M_{S1} = Ry_A \cdot d$$

Sendo:  $d = a$  e  $Ry_A = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S1} = \frac{F}{2} \cdot a$$

Sendo:  $a = \left( \frac{L_{Total} - 0,3m}{2} \right)$  temos:

$$M_{S1} = \frac{F}{2} \cdot \left( \frac{L_{Total} - 0,3m}{2} \right) \Rightarrow \Rightarrow M_{S1} = \frac{F}{4} \cdot (L_{Total} - 0,3m)$$

$d$ : Posição de atuação do momento fletor.

$M_{S1}$ : Momento fletor máximo na seção S1.

**Momento seção – S2:**

$$M_{S2} = (Ry_A \cdot d) - [Ry_A \cdot (d - a)]$$

$$M_{S2} = Ry_A \cdot d - Ry_A \cdot d + Ry_A \cdot a \Rightarrow \Rightarrow M_{S2} = Ry_A \cdot a$$

Sendo:  $a = \left( \frac{L_{Total} - 0,3m}{2} \right)$  e  $Ry_A = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S2} = \frac{F}{2} \cdot \left( \frac{L_{Total} - 0,3m}{2} \right)$$

$$\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow M_{S2} = \frac{F}{4} \cdot (L_{Total} - 0,3m)$$

$M_{S2}$ : Momento fletor máximo na seção S2.

**Momento máximo:**

$$M_{máximo} = \frac{F}{4} \cdot (L_{Total} - 0,3m)$$

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

**Tensão de flexão:**

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot \frac{M_{\text{máximo}}}{W}$$

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$W$ : Módulo de resistência a flexão do tubo.

**OBSERVAÇÃO:** O carregamento aplicado ao tubo horizontal superior será distribuído também ao tubo horizontal inferior, uma vez que os dois são interligados por diversos tubos verticais.

**Deformação do tubo:**

$$\eta = \frac{1}{2} \cdot \frac{F \cdot (L_{\text{Total}})^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$\eta$ : Deformação calculada.

$E$ : Módulo de elasticidade do material = 2068500,00 kgf/cm<sup>2</sup>.

$I$ : Módulo de inercia do tubo.

**OBSERVAÇÃO:** O carregamento aplicado ao tubo horizontal superior será distribuído também ao tubo horizontal inferior, uma vez que os dois são interligados por diversos tubos verticais.

**Resultados:**

Os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 2.3 – Resultados: Tubo Superior Horizontal.

DADOS	
$L_{\text{Prot.}}$	1,81 m
$F_2$	115 kgf/m

<b>LIMITES</b>	
$\eta_{3,máx}$	20,00 mm
SAE 1010	$\sigma_{e\_SAE1010} = 1.800,00 \text{ kgf} / \text{cm}^2$
SAE 1020	$\sigma_{e\_SAE1020} = 2.100,00 \text{ kgf} / \text{cm}^2$
<b>RESULTADOS</b>	
	<b>CARGA DE SEGURANÇA - <math>F_2</math></b>
$F$	208,15 kgf
$M_{máximo}$	7.857,7 kgf.cm
$\sigma$	1.460,2 kgf/cm <sup>2</sup>
$\eta$	9,24 mm
<b>CONDIÇÕES</b>	
	$\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1010}$ $\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1020}$
	$\eta \leq \eta_{2,máx}$
<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>	

$\sigma_{e\_SAE1020}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1020.

$\sigma_{e\_SAE1010}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1010.

$F_1$ : Carga de uso.

$F_2$ : Carga de segurança.

$\eta_{3,máx}$ : Deformação vertical máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

## 2.6 VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO

### 2.6.1 Solicitações

O guarda corpo deve resistir a um esforço de impacto (dinâmico) no seu centro geométrico, assim temos:

$$E = 600 J$$

$E$ : Energia aplicada ao centro geométrico do guarda corpo.

O esforço de impacto é aplicado no mesmo sentido do esforço estático horizontal, assim conhecendo o limite máximo de deformação para esta condição podemos determinar a carga aplicada ao guarda corpo.

$$E = \frac{F_{imp.}}{\eta_{2,máx}} \Rightarrow F_{imp.} = E \cdot \eta_{2,máx}$$

$$\eta_{2,máx} = 150 mm$$

$F_{imp.}$ : Força aplicada ao guarda corpo pelo impacto.

$\eta_{2,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

### 2.6.2 Tubos Verticais

O momento máximo aplicado a cada tubo vertical é determinado a seguir.

**Momento máximo:**

$$M_{máximo} = \frac{F_{imp.} \cdot h}{8}$$

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

$h$ : Altura livre do tubo vertical.

**Tensão de flexão:**

$$\sigma = \frac{M_{\text{máximo}}}{W \cdot N_{\text{tubos}}}$$

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$W$ : Módulo de resistência a flexão do tubo.

$N_{\text{tubos}}$ : Número de tubos solicitados = 4.

**OBSERVAÇÃO:** O número de tubos solicitados foi determinado em razão do espaçamento entre eles e do diâmetro da massa utilizada para o teste de resistência ao impacto.

**Resultados:**

Os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 2.4 – Resultados: Resistência ao Impacto.

$E$	600 J	
$F_{\text{imp.}}$	400,0 kgf	
$h$	105 cm	
	<b>CÁLCULO</b>	<b>LÍMITE</b>
$M_{\text{máximo}}$	5.250,00 kgf.cm	-
$\sigma$	1.439,8 kgf/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{e\_SAE1010} = 1.800 \text{ kgf/cm}^2$ $\sigma_{e\_SAE1020} = 2.100 \text{ kgf/cm}^2$
	<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>	

$E$ : Energia aplicada ao centro geométrico do guarda corpo.

$F_{imp.}$ : Força aplicada ao guarda corpo pelo impacto.

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$\sigma_{e\_SAE1020}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1020.

$\sigma_{e\_SAE1010}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1010.

### 3. VERIFICAÇÃO GUARDA CORPO 02

O sistema de guarda corpo verificado neste capítulo é apresentado na prancha “B” do projeto.

#### 3.1 DIMENSÕES

As dimensões mínimas e máximas indicadas pela NBR 14718 são determinadas de acordo com o tipo de guarda corpo utilizado.

O guarda corpo em questão segue as orientações de dimensões adotadas para sistemas em que a zona de recepção (ZR) tenha somente zona de estacionamento normal (ZEN).

A baixo é apresentada uma tabela com as principais dimensões indicadas pela norma e as dimensões utilizadas.

Tabela 3.1 – Dimensões do guarda corpo.

<b>DIMENSÃO</b>	<b>NBR 14718</b>	<b>UTILIZADO</b>
$L_{Total}$	-	1,66 m
$H$	$\geq 1,10$ m	1,20 m
$V_{Verticais}$	$\leq 0,11$ m	0,11 m
$V_{Lateral}$	$\leq 0,11$ m	0,09 m
$V_{Inferior}$	$\leq 0,11$ m	0,05 m

$H$ : Altura total do guarda corpo.

$L_{Total}$ : Largura total do guarda corpo.

$V_{Verticais}$ : Vão livre entre perfis verticais.

$V_{Lateral}$ : Vão livre lateral.

$V_{inferior}$ : Vão livre inferior.

### 3.2 SOLICITAÇÕES

O sistema de guarda corpo verificado atende as seguintes características:

- e) **Classificação:** guarda corpo de uso privado.
- f) **Quantidade de Pavimentos:** 10.
- g) **Altura máxima:** 30 m.
- h) **Região do País:** V.

As solicitações aplicadas ao guarda corpo são:

$$F_1 = 800N / m \cong 80kgf / m$$

$$F_2 = 1150N / m \cong 115kgf / m$$

$$\eta_{1,máx} = 25mm$$

$$\eta_{2,máx} = 150mm$$

$$\eta_{3,máx} = 20mm$$

$F_1$ : Carga de uso.

$F_2$ : Carga de segurança.

$\eta_{1,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_1$ .

$\eta_{2,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

$\eta_{3,máx}$ : Deformação vertical máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

### 3.3 MATERIAIS UTILIZADOS

#### 3.3.1 SAE 1010

Será utilizado o aço SAE 1010 com tensão de escoamento de 1.800 kgf/cm<sup>2</sup> e limite de resistência mecânica de 3.250 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### 3.3.2 SAE 1020

Será utilizado o aço SAE 1020 com tensão de escoamento de 2.100 kgf/cm<sup>2</sup> e limite de resistência mecânica de 3.800 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### 3.3.3 Tubos Horizontais

**Dimensões:** Ø50,0 mm com espessura de 1,5 mm.

O módulo de resistência a flexão do tubo é determinado por:

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{D \cdot 32} \Rightarrow W = 2,69 \text{ cm}^3$$

*W*: Módulo de resistência a flexão do tubo.

*D*: Diâmetro externo do tubo.

*d*: Diâmetro interno do tubo.

O momento de inercia do tubo é determinado por:

$$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} \Rightarrow I = 6,73 \text{ cm}^4$$

$I$  : Módulo de inercia do tubo.

### 3.3.4 Tubos Verticais

**Dimensões:** Ø30,0 mm com espessura de 1,5 mm.

O módulo de resistência a flexão do tubo é determinado por:

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{D \cdot 32} \Rightarrow W = 0,91 \text{ cm}^3$$

$W$  : Módulo de resistência a flexão do tubo.

$D$  : Diâmetro externo do tubo.

$d$  : Diâmetro interno do tubo.

O momento de inercia do tubo é determinado por:

$$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} \Rightarrow I = 1,37 \text{ cm}^4$$

$I$  : Módulo de inercia do tubo.

## 3.4 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO HORIZONTAL

### 3.4.1 Tubo Superior Horizontal

O momento máximo aplicado ao tubo superior é determinado considerando o momento aplicado a cada seção do tubo.

**Reações:**

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x_A} + R_{x_b} - \frac{F}{2} - \frac{F}{2} = 0 \Rightarrow R_{x_A} + R_{x_b} = F$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-\left(\frac{F}{2} \cdot \frac{L_{Total}}{4}\right) - \left(\frac{F}{2} \cdot \frac{3 \cdot L_{Total}}{4}\right) + (R_{x_B} \cdot L_{Total}) = 0$$

$$\frac{F \cdot L_{Total}}{2} = R_{x_B} \cdot L_{Total}$$

$$\Rightarrow R_{x_B} = \frac{F}{2}$$

$$\text{Assim: } \Rightarrow R_{x_A} = \frac{F}{2}$$

$F$ : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.

$R_{x_A}$ : Reação horizontal extremidade esquerda do tubo.

$R_{x_B}$ : Reação horizontal extremidade direita do tubo.

$L_{Total}$ : Largura total do guarda corpo.

**Momento seção - S1:**

$$M_{S1} = R_{x_A} \cdot d$$

Sendo:  $d = \frac{L_{Total}}{4}$  e  $R_{x_A} = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S1} = \frac{F}{2} \cdot \frac{L_{Total}}{4} \Rightarrow M_{S1} = \frac{F \cdot L_{Total}}{8}$$

$d$ : Posição de atuação do momento fletor.

$M_{S1}$ : Momento fletor máximo na seção S1.

**Momento seção – S2:**

$$M_{S2} = (R_{x_A} \cdot d) - \left[ \frac{F}{2} \cdot \left( d - \frac{L_{Total}}{4} \right) \right]$$

Sendo:  $d = \frac{3 \cdot L_{Total}}{4}$  e  $R_{x_A} = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S2} = \left( \frac{F}{2} \cdot \frac{3 \cdot L_{Total}}{4} \right) - \left[ \frac{F}{2} \cdot \left( \frac{3 \cdot L_{Total}}{4} - \frac{L_{Total}}{4} \right) \right] = \left( \frac{3 \cdot F \cdot L_{Total}}{8} \right) - \left( \frac{2 \cdot F \cdot L_{Total}}{4} \right)$$
$$\Rightarrow \Rightarrow M_{S2} = \frac{F \cdot L_{Total}}{8}$$

$M_{S2}$ : Momento fletor máximo na seção S2.

**Momento seção – S3:**

$$M_{S3} = R_{x_B} \cdot d$$

Sendo:  $d = \frac{L_{Total}}{4}$  e  $R_{x_B} = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S3} = \frac{L}{2} \cdot \frac{L_{Total}}{4} \Rightarrow \Rightarrow M_{S3} = \frac{F \cdot L_{Total}}{8}$$

$M_{S3}$ : Momento fletor máximo na seção S3.

**Momento máximo:**

$$M_{máximo} = \frac{F \cdot L_{Total}}{8}$$

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

**Tensão de flexão:**

$$\sigma = \frac{M_{máximo}}{W}$$

- $\sigma$  : Tensão de flexão atuante.
- $W$  : Módulo de resistência a flexão do tubo.

**Deformação do tubo:**

$$\eta = \frac{F \cdot (L_{total})^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

- $\eta$  : Deformação calculada.
- $F$  : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.
- $E$  : Módulo de elasticidade do material = 2068500,00 kgf/cm<sup>2</sup>.
- $I$  : Módulo de inercia do tubo.

**Resultados:**

Como a verificação deve ser realizada considerando as cargas  $F_1$  e  $F_2$ , os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 3.2 – Resultados: Tubo Superior Horizontal.

DADOS	
$L_{Prot.}$	1,66 m
$F_1$	80 kgf/m
$F_2$	115 kgf/m
LIMITES	
$\eta_{1,máx}$	25,00 mm
$\eta_{2,máx}$	150,00 mm
SAE 1010	$\sigma_{e\_SAE1010} = 1.800,00 \text{ kgf/cm}^2$ ---- $\sigma_{r\_SAE1010} = 3.250,00 \text{ kgf/cm}^2$
SAE 1020	$\sigma_{e\_SAE1020} = 2.100,00 \text{ kgf/cm}^2$ ---- $\sigma_{r\_SAE1020} = 3.800,00 \text{ kgf/cm}^2$

<b>RESULTADOS</b>		
	<b>CARGA DE USO - <math>F_1</math></b>	<b>CARGA DE SEGURANÇA - <math>F_2</math></b>
$F$	132,80 kgf	190,9 kgf
$M_{máximo}$	2.755,6 kgf.cm	3.961,2 kgf.cm
$\sigma$	1.024,2 kgf/cm <sup>2</sup>	1.472,2 kgf/cm <sup>2</sup>
$\eta$	9,10 mm	13,08 mm
<b>CONDIÇÕES</b>		
	$\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1010}$	$\sigma \leq \sigma_{r\_SAE1010}$
	$\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1020}$	$\sigma \leq \sigma_{r\_SAE1020}$
	$\eta \leq \eta_{1,máx}$	$\eta \leq \eta_{2,máx}$
<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>		

$\sigma_{e\_SAE1010}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1010.

$\sigma_{e\_SAE1020}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1020.

$\sigma_{r\_SAE1010}$ : Tensão limite de resistência mecânica do aço SAE 1010.

$\sigma_{r\_SAE1020}$ : Tensão limite de resistência mecânica do aço SAE 1020.

$F_1$ : Carga de uso.

$F_2$ : Carga de segurança.

$\eta_{1,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_1$ .

$\eta_{2,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

### 3.5 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO VERTICAL

#### 3.5.1 Tubo Superior Horizontal

O momento máximo aplicado ao tubo superior é determinado considerando o momento aplicado a cada seção do tubo.

**Reações:**

$$\sum F_Y = 0$$

$$Ry_A + Ry_b - \frac{F}{2} - \frac{F}{2} = 0 \Rightarrow Ry_A + Ry_b = F$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-\left(\frac{F}{2} \cdot a\right) - \left[\frac{F}{2} \cdot (a + 0,3m)\right] + (Ry_B \cdot L_{Total}) = 0$$

Sendo:  $a = \left(\frac{L_{Total} - 0,3m}{2}\right)$ , temos:

$$-\left[\frac{F}{2} \cdot \left(\frac{L_{Total} - 0,3m}{2}\right)\right] - \left[\frac{F}{2} \cdot \left(\left(\frac{L_{Total} - 0,3m}{2}\right) + 0,3m\right)\right] + (Ry_B \cdot L_{Total}) = 0$$

$$\Rightarrow Ry_B = \frac{F}{2}$$

Assim:  $\Rightarrow Ry_A = \frac{F}{2}$

$F$ : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.

$Ry_A$ : Reação vertical extremidade esquerda do tubo.

$Ry_B$ : Reação vertical extremidade direita do tubo.

$a$ : Distância entre a esquerda do tubo e a carga aplicada.

$L_{Total}$ : Largura total do guarda corpo.

**Momento seção - S1:**

$$M_{S1} = Ry_A \cdot d$$

Sendo:  $d = a$  e  $Ry_A = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S1} = \frac{F}{2} \cdot a$$

Sendo:  $a = \left( \frac{L_{Total} - 0,3m}{2} \right)$  temos:

$$M_{S1} = \frac{F}{2} \cdot \left( \frac{L_{Total} - 0,3m}{2} \right) \Rightarrow \Rightarrow M_{S1} = \frac{F}{4} \cdot (L_{Total} - 0,3m)$$

$d$ : Posição de atuação do momento fletor.

$M_{S1}$ : Momento fletor máximo na seção S1.

**Momento seção – S2:**

$$M_{S2} = (Ry_A \cdot d) - [Ry_A \cdot (d - a)]$$

$$M_{S2} = Ry_A \cdot d - Ry_A \cdot d + Ry_A \cdot a \Rightarrow \Rightarrow M_{S2} = Ry_A \cdot a$$

Sendo:  $a = \left( \frac{L_{Total} - 0,3m}{2} \right)$  e  $Ry_A = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S2} = \frac{F}{2} \cdot \left( \frac{L_{Total} - 0,3m}{2} \right)$$

$$\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow M_{S2} = \frac{F}{4} \cdot (L_{Total} - 0,3m)$$

$M_{S2}$ : Momento fletor máximo na seção S2.

**Momento máximo:**

$$M_{máximo} = \frac{F}{4} \cdot (L_{Total} - 0,3m)$$

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

**Tensão de flexão:**

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot \frac{M_{\text{máximo}}}{W}$$

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$W$ : Módulo de resistência a flexão do tubo.

**OBSERVAÇÃO:** O carregamento aplicado ao tubo horizontal superior será distribuído também ao tubo horizontal inferior, uma vez que os dois são interligados por diversos tubos verticais.

**Deformação do tubo:**

$$\eta = \frac{1}{2} \cdot \frac{F \cdot (L_{\text{Total}})^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$\eta$ : Deformação calculada.

$E$ : Módulo de elasticidade do material = 2068500,00 kgf/cm<sup>2</sup>.

$I$ : Módulo de inercia do tubo.

**OBSERVAÇÃO:** O carregamento aplicado ao tubo horizontal superior será distribuído também ao tubo horizontal inferior, uma vez que os dois são interligados por diversos tubos verticais.

**Resultados:**

Os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 3.3 – Resultados: Tubo Superior Horizontal.

DADOS	
$L_{\text{Prot.}}$	1,66 m
$F_2$	115 kgf/m

<b>LIMITES</b>	
$\eta_{3,máx}$	20,00 mm
SAE 1010	$\sigma_{e\_SAE1010} = 1.800,00 \text{ kgf} / \text{cm}^2$
SAE 1020	$\sigma_{e\_SAE1020} = 2.100,00 \text{ kgf} / \text{cm}^2$
<b>RESULTADOS</b>	
	<b>CARGA DE SEGURANÇA - <math>F_2</math></b>
$F$	190,90 kgf
$M_{máximo}$	6.490,6 kgf.cm
$\sigma$	1.206,2 kgf/cm <sup>2</sup>
$\eta$	6,54 mm
<b>CONDIÇÕES</b>	
	$\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1010}$ $\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1020}$
	$\eta \leq \eta_{2,máx}$
<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>	

$\sigma_{e\_SAE1020}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1020.

$\sigma_{e\_SAE1010}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1010.

$F_1$ : Carga de uso.

$F_2$ : Carga de segurança.

$\eta_{3,máx}$ : Deformação vertical máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

### 3.6 VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO

#### 3.6.1 Solicitações

O guarda corpo deve resistir a um esforço de impacto (dinâmico) no seu centro geométrico, assim temos:

$$E = 600 J$$

$E$ : Energia aplicada ao centro geométrico do guarda corpo.

O esforço de impacto é aplicado no mesmo sentido do esforço estático horizontal, assim conhecendo o limite máximo de deformação para esta condição podemos determinar a carga aplicada ao guarda corpo.

$$E = \frac{F_{imp.}}{\eta_{2,máx}} \Rightarrow F_{imp.} = E \cdot \eta_{2,máx}$$

$$\eta_{2,máx} = 150 mm$$

$F_{imp.}$ : Força aplicada ao guarda corpo pelo impacto.

$\eta_{2,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

#### 3.6.2 Tubos Verticais

O momento máximo aplicado a cada tubo vertical é determinado a seguir.

**Momento máximo:**

$$M_{máximo} = \frac{F_{imp.} \cdot h}{8}$$

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

$h$ : Altura livre do tubo vertical.

**Tensão de flexão:**

$$\sigma = \frac{M_{\text{máximo}}}{W \cdot N_{\text{tubos}}}$$

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$W$ : Módulo de resistência a flexão do tubo.

$N_{\text{tubos}}$ : Número de tubos solicitados = 4.

**OBSERVAÇÃO:** O número de tubos solicitados foi determinado em razão do espaçamento entre eles e do diâmetro da massa utilizada para o teste de resistência ao impacto.

**Resultados:**

Os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 3.4 – Resultados: Resistência ao Impacto.

$E$	600 J	
$F_{\text{imp.}}$	400,0 kgf	
$h$	105 cm	
	<b>CÁLCULO</b>	<b>LÍMITE</b>
$M_{\text{máximo}}$	5.250,00 kgf.cm	-
$\sigma$	1.439,8 kgf/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{e\_SAE1010} = 1.800 \text{ kgf/cm}^2$ $\sigma_{e\_SAE1020} = 2.100 \text{ kgf/cm}^2$
	<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>	

$E$ : Energia aplicada ao centro geométrico do guarda corpo.

$F_{imp.}$ : Força aplicada ao guarda corpo pelo impacto.

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$\sigma_{e\_SAE1020}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1020.

$\sigma_{e\_SAE1010}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1010.

#### 4. VERIFICAÇÃO GUARDA CORPO 03

O sistema de guarda corpo verificado neste capítulo é apresentado na prancha “C” do projeto.

##### 4.1 DIMENSÕES

As dimensões mínimas e máximas indicadas pela NBR 14718 são determinadas de acordo com o tipo de guarda corpo utilizado.

O guarda corpo em questão segue as orientações de dimensões adotadas para sistemas em que a zona de recepção (ZR) tenha somente zona de estacionamento normal (ZEN).

A baixo é apresentada uma tabela com as principais dimensões indicadas pela norma e as dimensões utilizadas.

Tabela 4.1 – Dimensões do guarda corpo.

<b>DIMENSÃO</b>	<b>NBR 14718</b>	<b>UTILIZADO</b>
$L_{Total}$	-	5,56 m
$L_{Int.}$	-	0,92 m
$L_{Prot.}$	-	1,84 m
$H$	$\geq 1,00$ m	1,20 m
$V_{Verticais}$	$\leq 0,11$ m	0,10 m
$V_{Lateral}$	$\leq 0,11$ m	0,11 m
$V_{Inferior}$	$\leq 0,11$ m	0,05 m

$H$  : Altura total do guarda corpo.

$L_{Total}$  : Largura total do guarda corpo.

$L_{Int.}$  : Largura intermediária do guarda corpo (entre montantes).

$L_{Prot.}$  : Largura do protótipo de ensaio ( $L_{Prot.} = 2 \cdot L_{Int.}$ ).

$V_{Verticais}$  : Vão livre entre perfis verticais.

$V_{Lateral}$  : Vão livre lateral.

$V_{Inferior}$  : Vão livre inferior.

#### 4.1 SOLICITAÇÕES

O sistema de guarda corpo verificado atende as seguintes características:

- a) **Classificação:** guarda corpo de uso privado.
- b) **Quantidade de Pavimentos:** 10.
- c) **Altura máxima:** 30 m.
- d) **Região do País:** V.

As solicitações aplicadas ao guarda corpo são:

$$F_1 = 800N / m \cong 80kgf / m$$

$$F_2 = 1150N / m \cong 115kgf / m$$

$$\eta_{1,máx} = 25mm$$

$$\eta_{2,máx} = 150mm$$

$$\eta_{3,máx} = 20mm$$

$F_1$  : Carga de uso.

$F_2$  : Carga de segurança.

- $\eta_{1,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_1$ .
- $\eta_{2,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .
- $\eta_{3,máx}$ : Deformação vertical máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

## 4.2 MATERIAIS UTILIZADOS

### 4.2.1 SAE 1010

Será utilizado o aço SAE 1010 com tensão de escoamento de 1.800 kgf/cm<sup>2</sup> e limite de resistência mecânica de 3.250 kgf/cm<sup>2</sup>.

### 4.2.2 SAE 1020

Será utilizado o aço SAE 1020 com tensão de escoamento de 2.100 kgf/cm<sup>2</sup> e limite de resistência mecânica de 3.800 kgf/cm<sup>2</sup>.

### 4.2.3 Tubos Horizontais e Montantes

**Dimensões:** Ø50,0 mm com espessura de 2,00 mm.

O módulo de resistência a flexão do tubo é determinado por:

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{D \cdot 32} \Rightarrow W = 3,48 \text{ cm}^3$$

$W$ : Módulo de resistência a flexão do tubo.

$D$ : Diâmetro externo do tubo.

$d$ : Diâmetro interno do tubo.

O momento de inercia do tubo é determinado por:

$$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} \Rightarrow I = 8,70 \text{ cm}^4$$

$I$ : Módulo de inercia do tubo.

#### 4.2.4 Tubos Verticais

**Dimensões:** Ø30,0 mm com espessura de 1,5 mm.

O módulo de resistência a flexão do tubo é determinado por:

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{D \cdot 32} \Rightarrow W = 0,91 \text{ cm}^3$$

$W$ : Módulo de resistência a flexão do tubo.

$D$ : Diâmetro externo do tubo.

$d$ : Diâmetro interno do tubo.

O momento de inercia do tubo é determinado por:

$$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} \Rightarrow I = 1,37 \text{ cm}^4$$

$I$ : Módulo de inercia do tubo.

### 4.3 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO HORIZONTAL

#### 4.3.1 Tubo Superior Horizontal

O momento máximo aplicado ao tubo superior é determinado considerando o momento aplicado a cada seção do tubo.

**Reações:**

$$\sum F_x = 0$$

$$Rx_A + Rx_B - \frac{F}{4} - \frac{F}{2} - \frac{F}{4} = 0 \Rightarrow Rx_A + Rx_B = F$$

$$\sum M_A = 0$$

$$\left(\frac{F}{4} \cdot 0,4 \cdot L_{int.}\right) + \left(\frac{F}{2} \cdot 1,0 \cdot L_{int.}\right) + \left(\frac{F}{4} \cdot 1,6 \cdot L_{int.}\right) - (Rx_B \cdot 2 \cdot L_{int.}) = 0$$

$$\left(\frac{F \cdot 2 \cdot L_{int.}}{2}\right) - (Rx_B \cdot 2 \cdot L_{int.}) = 0$$

$$\left(\frac{F}{2}\right) - (Rx_B) = 0 \Rightarrow Rx_B = \frac{F}{2}$$

$$\text{Assim: } \Rightarrow Rx_A = \frac{F}{2}$$

$F$  : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.

$Rx_A$  : Reação horizontal extremidade esquerda do tubo.

$Rx_B$  : Reação horizontal extremidade direita do tubo.

$L_{int.}$  : Largura intermediária do guarda corpo (entre montantes).

**Momento seção - S1:**

$$M_{S1} = Rx_A \cdot d$$

Sendo:  $d = (0,4 \cdot L_{int.})$  e  $Rx_A = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S1} = \frac{F}{2} \cdot (0,4 \cdot L_{int.}) \Rightarrow M_{S1} = 0,2 \cdot F \cdot L_{int.}$$

$d$ : Posição de atuação do momento fletor.

$M_{S1}$ : Momento fletor máximo na seção S1.

**Momento seção – S2:**

$$M_{S2} = (R_{x_A} \cdot d) - \left[ \frac{F}{4} \cdot (d - 0,4 \cdot L_{int.}) \right]$$

Sendo:  $d = L_{int.}$  e  $R_{x_A} = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S2} = \left( \frac{F \cdot L_{int.}}{2} \right) - \left[ \frac{F}{4} (L_{int.} - 0,4 \cdot L_{int.}) \right]$$

$$M_{S2} = [F \cdot 0,5 \cdot L_{int.}] - \{F \cdot 0,15 \cdot L_{int.}\}$$

$$\Rightarrow M_{S2} = 0,35 \cdot F \cdot L_{int.}$$

$M_{S2}$ : Momento fletor máximo na seção S2.

**Momento seção – S3:**

$$M_{S3} = (R_{x_A} \cdot d) - \left[ \frac{F}{4} \cdot (d - 0,4 \cdot L_{int.}) \right] - \left[ \frac{F}{2} \cdot (d - L_{int.}) \right]$$

Sendo:  $d = (1,6 \cdot L_{int.})$  e  $R_{x_B} = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S3} = \left[ \frac{F}{2} \cdot (1,6 \cdot L_{int.}) \right] - \left\{ \frac{F}{4} \cdot [(1,6 \cdot L_{int.}) - 0,4 \cdot L_{int.}] \right\} - \left\{ \frac{F}{2} \cdot [(1,6 \cdot L_{int.}) - L_{int.}] \right\}$$

$$M_{S3} = [0,8 \cdot F \cdot L_{int.}] - (0,3 \cdot F \cdot L_{int.}) - (0,30 \cdot F \cdot L_{int.})$$

$$\Rightarrow M_{S3} = 0,2 \cdot F \cdot L_{int.}$$

$M_{S3}$ : Momento fletor máximo na seção S3.

**Momento máximo:**

$$M_{máximo} = 0,35 \cdot F \cdot L_{mt.}$$

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

**Tensão de flexão:**

$$\sigma = \frac{M_{máximo}}{W}$$

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$W$ : Módulo de resistência a flexão do tubo.

**Deformação do tubo:**

$$\eta = \frac{F \cdot (L_{total})^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$\eta$ : Deformação calculada.

$F$ : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.

$E$ : Módulo de elasticidade do material = 2068500,00 kgf/cm<sup>2</sup>.

$I$ : Módulo de inercia do tubo.

**Resultados:**

Como a verificação deve ser realizada considerando as cargas  $F_1$  e  $F_2$ , os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.2 – Resultados: Tubo Superior Horizontal.

DADOS		
$L_{Prot.}$	1,84 m	
$F_1$	80 kgf/m	
$F_2$	115 kgf/m	
LIMITES		
$\eta_{1,máx}$	25,00 mm	
$\eta_{2,máx}$	150,00 mm	
SAE 1010	$\sigma_{e\_SAE1010} = 1.800,00\text{kgf/cm}^2$ ---- $\sigma_{r\_SAE1010} = 3.250,00\text{kgf/cm}^2$	
SAE 1020	$\sigma_{e\_SAE1020} = 2.100,00\text{kgf/cm}^2$ ---- $\sigma_{r\_SAE1020} = 3.800,00\text{kgf/cm}^2$	
RESULTADOS		
	CARGA DE USO - $F_1$	CARGA DE SEGURANÇA - $F_2$
$F$	147,20 kgf	211,60 kgf
$M_{máximo}$	4.739,8 kgf.cm	6.813,5 kgf.cm
$\sigma$	1.361,9 kgf/cm <sup>2</sup>	1.957,7 kgf/cm <sup>2</sup>
$\eta$	10,61 mm	15,26 mm
VERIFICAÇÃO		
	$\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1010}$ $\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1020}$	$\sigma \leq \sigma_{r\_SAE1010}$ $\sigma \leq \sigma_{r\_SAE1020}$
	$\eta \leq \eta_{1,máx}$	$\eta \leq \eta_{2,máx}$
<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>		

$\sigma_{e\_SAE1010}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1010.

$\sigma_{e\_SAE1020}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1020.

$\sigma_{r\_SAE1010}$ : Tensão limite de resistência mecânica do aço SAE 1010.

$\sigma_{r\_SAE1020}$ : Tensão limite de resistência mecânica do aço SAE 1020.

**4.3.2 Tubo Montante****Deformação do tubo:**

$$\eta = \frac{F \cdot (H)^3}{6 \cdot E \cdot I}$$

$\eta$ : Deformação calculada.

$F$ : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.

$E$ : Módulo de elasticidade do material = 2068500,00 kgf/cm<sup>2</sup>.

$I$ : Módulo de inercia do tubo.

$H$ : Altura de solicitação do montante.

**Resultados:**

Como a verificação deve ser realizada considerando as cargas  $F_1$  e  $F_2$ , os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.3 – Resultados: Tubo Montante.

<b>DADOS</b>	
$L_{Prot.}$	1,84 m
$H$	99,4 cm
$F_1$	80,0 kgf/m
$F_2$	115,0 kgf/m
<b>LIMITES</b>	
$\eta_{1,máx}$	25,00 mm
$\eta_{2,máx}$	150,00 mm

RESULTADOS		
	CARGA DE USO - $F_1$	CARGA DE SEGURANÇA - $F_2$
$F$	147,20 kgf	211,60 kgf
$\eta$	13,39 mm	19,24 mm
VERIFICAÇÃO		
$\eta \leq \eta_{1,máx}$	$\eta \leq \eta_{1,máx}$	$\eta \leq \eta_{2,máx}$
<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>		

#### 4.4 VERIFICAÇÃO DO ESFORÇO ESTÁTICO VERTICAL

##### 4.4.1 Tubo Superior Horizontal

O momento máximo aplicado ao tubo superior é determinado considerando o momento aplicado a cada seção do tubo.

**Reações:**

$$\sum F_Y = 0$$

$$Ry_A + Ry_b - \frac{F}{2} - \frac{F}{2} = 0 \Rightarrow Ry_A + Ry_b = F$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-\left(\frac{F}{2} \cdot a\right) - \left[\frac{F}{2} \cdot (a + 0,3m)\right] + (Ry_B \cdot L_{int.}) = 0$$

Sendo:  $a = \left(\frac{L_{int.} - 0,3m}{2}\right)$ , temos:

$$-\left[\frac{F}{2} \cdot \left(\frac{L_{int.} - 0,3m}{2}\right)\right] - \left\{\frac{F}{2} \cdot \left[\left(\frac{L_{int.} - 0,3m}{2}\right) + 0,3m\right]\right\} + (Ry_B \cdot L_{int.}) = 0$$

$$\Rightarrow Ry_B = \frac{F}{2}$$

$$\text{Assim: } \Rightarrow \Rightarrow R_{y_A} = \frac{F}{2}$$

$F$  : Carga aplicada ao tubo superior horizontal.

$R_{y_A}$  : Reação vertical extremidade esquerda do tubo.

$R_{y_B}$  : Reação vertical extremidade direita do tubo.

$a$  : Distância entre a esquerda do tubo e a carga aplicada.

$L_{Total}$  : Largura total do guarda corpo.

### Momento seção - S1:

$$M_{S1} = R_{y_A} \cdot d$$

Sendo:  $d = a$  e  $R_{y_A} = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S1} = \frac{F}{2} \cdot a$$

Sendo:  $a = \left( \frac{L_{Int.} - 0,3m}{2} \right)$  temos:

$$M_{S1} = \frac{F}{2} \cdot \left( \frac{L_{Int.} - 0,3m}{2} \right) \Rightarrow \Rightarrow M_{S1} = \frac{F}{4} \cdot (L_{Int.} - 0,3m)$$

$d$  : Posição de atuação do momento fletor.

$M_{S1}$  : Momento fletor máximo na seção S1.

### Momento seção – S2:

$$M_{S2} = (R_{y_A} \cdot d) - \left[ \frac{F}{2} \cdot (d - a) \right]$$

Sendo:  $d = (L_{int.} - a)$  e  $Ry_A = \frac{F}{2}$ , temos:

$$M_{S2} = \left( \frac{F}{2} \cdot (L_{int.} - a) \right) - \left\{ \left[ \frac{F}{2} \cdot [(L_{int.} - a) - a] \right] \right\}$$

$$M_{S2} = \frac{F \cdot L_{int.}}{2} - \frac{F \cdot a}{2} - \left[ \frac{F}{2} \cdot (L_{int.} - a - a) \right]$$

$$M_{S2} = \frac{F \cdot L_{int.}}{2} - \frac{F \cdot a}{2} - \frac{F \cdot L_{int.}}{2} + \frac{F \cdot 2a}{2} \Rightarrow \Rightarrow M_{S2} = + \frac{F \cdot a}{2}$$

Sendo:  $a = \left( \frac{L_{int.} - 0,3m}{2} \right)$  temos:

$$M_{S2} = + \frac{F}{4} \cdot (L_{int.} - 0,3m)$$

$M_{S2}$ : Momento fletor máximo na seção S2.

#### Momento máximo:

$$M_{máximo} = \frac{F}{4} \cdot (L_{int.} - 0,3m)$$

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

#### Tensão de flexão:

$$\sigma = \frac{M_{máximo}}{W}$$

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$W$ : Módulo de resistência a flexão do tubo.

#### Deformação do tubo:

$$\eta = \frac{F \cdot (L_{int.})^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$\eta$ : Deformação calculada.

$E$ : Módulo de elasticidade do material = 2068500,00 kgf/cm<sup>2</sup>.

$I$ : Módulo de inercia do tubo.

**Resultados:**

Os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.4 – Resultados: Tubo Superior Horizontal.

<b>DADOS</b>	
$L_{Prot.}$	1,84 m
$L_{Int.}$	0,92 m
$F_2$	115 kgf/m
<b>LIMITES</b>	
$\eta_{3,máx}$	20,00 mm
SAE 1010	$\sigma_{e\_SAE1010} = 1.800,00 \text{ kgf} / \text{cm}^2$
SAE 1020	$\sigma_{e\_SAE1020} = 2.100,00 \text{ kgf} / \text{cm}^2$
<b>RESULTADOS</b>	
	<b>CARGA DE SEGURANÇA - <math>F_2</math></b>
$F$	211,60 kgf
$M_{máximo}$	3.279,8 kgf.cm
$\sigma$	942,4 kgf/cm <sup>2</sup>
$\eta$	1,91 mm
	$\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1010}$
	$\sigma \leq \sigma_{e\_SAE1020}$
	$\eta \leq \eta_{2,máx}$
<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>	

$\sigma_{e\_SAE1020}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1020.

$\sigma_{e\_SAE1010}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1010.

#### 4.5 VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO IMPACTO

##### 4.5.1 Solicitações

O guarda corpo deve resistir a um esforço de impacto (dinâmico) no seu centro geométrico, assim temos:

$$E = 600 J$$

$E$ : Energia aplicada ao centro geométrico do guarda corpo.

O esforço de impacto é aplicado no mesmo sentido do esforço estático horizontal, assim conhecendo o limite máximo de deformação para esta condição podemos determinar a carga aplicada ao guarda corpo.

$$E = \frac{F_{imp.}}{\eta_{2,máx}} \Rightarrow F_{imp.} = E \cdot \eta_{2,máx}$$

$$\eta_{2,máx} = 150 mm$$

$F_{imp.}$ : Força aplicada ao guarda corpo pelo impacto.

$\eta_{2,máx}$ : Deformação horizontal máxima admitida com a aplicação da carga  $F_2$ .

##### 4.5.2 Tubos Verticais

O momento máximo aplicado a cada tubo vertical é determinado a seguir.

**Momento máximo:**

$$M_{máximo} = \frac{F_{imp.} \cdot h}{8}$$

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

$h$ : Altura livre do tubo vertical.

**Tensão de flexão:**

$$\sigma = \frac{M_{\text{máximo}}}{W \cdot N_{\text{tubos}}}$$

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$W$ : Módulo de resistência a flexão do tubo.

$N_{\text{tubos}}$ : Número de tubos solicitados = 4.

**OBSERVAÇÃO:** O número de tubos solicitados foi determinado em razão do espaçamento entre eles e do diâmetro da massa utilizada para o teste de resistência ao impacto.

**Resultados:**

Os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.5 – Resultados: Resistência ao Impacto.

$E$	600 J	
$F_{\text{imp.}}$	400,0 kgf	
$h$	105 cm	
	<b>CÁLCULO</b>	<b>LÍMITE</b>
$M_{\text{máximo}}$	5.250,00 kgf.cm	-
$\sigma$	1.439,8 kgf/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{e\_SAE1010} = 1.800 \text{ kgf/cm}^2$ $\sigma_{e\_SAE1020} = 2.100 \text{ kgf/cm}^2$
	<b>O REFERIDO TUBO ESTÁ SEGURO.</b>	

$E$ : Energia aplicada ao centro geométrico do guarda corpo.

$F_{imp.}$ : Força aplicada ao guarda corpo pelo impacto.

$M_{máximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

$\sigma$ : Tensão de flexão atuante.

$\sigma_{e\_SAE1020}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1020.

$\sigma_{e\_SAE1010}$ : Tensão de escoamento do aço SAE 1010.

## 4.6 SOLICITAÇÃO DOS CHUMBADORES

### 4.6.1 Solicitações

A força aplicada a cada elemento de fixação (chumbador mecânico) é determinada pelo máximo momento fletor aplicado a cada montante.

$$M_{m\acute{a}ximo} = 15.774,8kgf.cm \Rightarrow \Rightarrow \text{gerado pela força } F_2.$$

$M_{m\acute{a}ximo}$ : Momento fletor máximo atuante.

$F_2$ : Carga de segurança.

A força de tração aplicada a cada elemento de fixação da região interna do guarda corpo é determinada por:

$$F_{Tra\c{c}ao} = \frac{M_{m\acute{a}ximo}}{l \cdot n} \Rightarrow \Rightarrow F_{Tra\c{c}ao} = 985,93kgf$$

$F_{Tra\c{c}ao}$ : Força de tração atuante.

$l$ : Distância entre o centro do montante e a posição dos fixadores = 8,0 cm

$n$ : Número de elementos de fixação = 2 un.

### 4.6.2 Chumbador mecânico

Deverá ser utilizado um chumbador com as seguintes características:

Tipo:	Mecânico.
Diâmetro:	Ø 3/8"
Rosca:	3/8".
Comprimento:	2" 1/4".

Diâmetro do furo: Ø 3/8"  
Profundidade do furo: 5,5 cm  
Resistência a tração: 2.210,0 kgf.  
Resistência ao corte: 1.703,0 kgf.  
Fabricante: ANCORA.  
Modelo: PBA.  
Código: X38214C

$\Rightarrow F_{Tração} < R_{chumb} \Rightarrow 985,93kgf < 2.210,0kgf$  **O REFERIDO CHUMBADOR ESTÁ SEGURO.**

$R_{chumb}$ : Resistência a tração do chumbador (ver Figura abaixo).

Código	Diâmetro da rosca (pol)	Comprimentos		Furo		Embut. hef	Distâncias <sup>(1)</sup> (mm)		Espessura máxima à fixar (mm)	Chave (pol)	Torque de aperto (kgf.m)	Cargas últimas <sup>(2)</sup> (kgf)		
		Chumbador (pol)	Rosca min. (mm)	Diâm. (pol - mm)	Prof. <sup>(1)</sup> (mm)		Fixador Fixador	Fixador Borda				Tração	Corte	
X14134C	1/4"	1.3/4"	19	1/4" - 6,5	40	35	105	52	3	7/16"	0,7	920	707	
X14214C		2.1/4"	26											
X14314C		3.1/4"	48											
X56200C	5/16"	2"	19	5/16" - 8	50	40	120	60	3	1/2"	1,7	1.610	1.162	
X56314C		3.1/4"	43											
X56414C		4.1/4"	66											
X38214C	3/8"	2.1/4"	21	3/8" - 9,5	55	45	135	67	3	9/16"	3	2.210	1.703	
X38234C		2.3/4"	27											
X38300C		3"	28											
X38312C		3.1/2"	41		75	65	195	97	14			21		2.730
X38334C		3.3/4"	48											
X38500C		5"	75											

Figura 4.1 – Informações técnicas do chumbador utilizado.

## 5. CONCLUSÃO

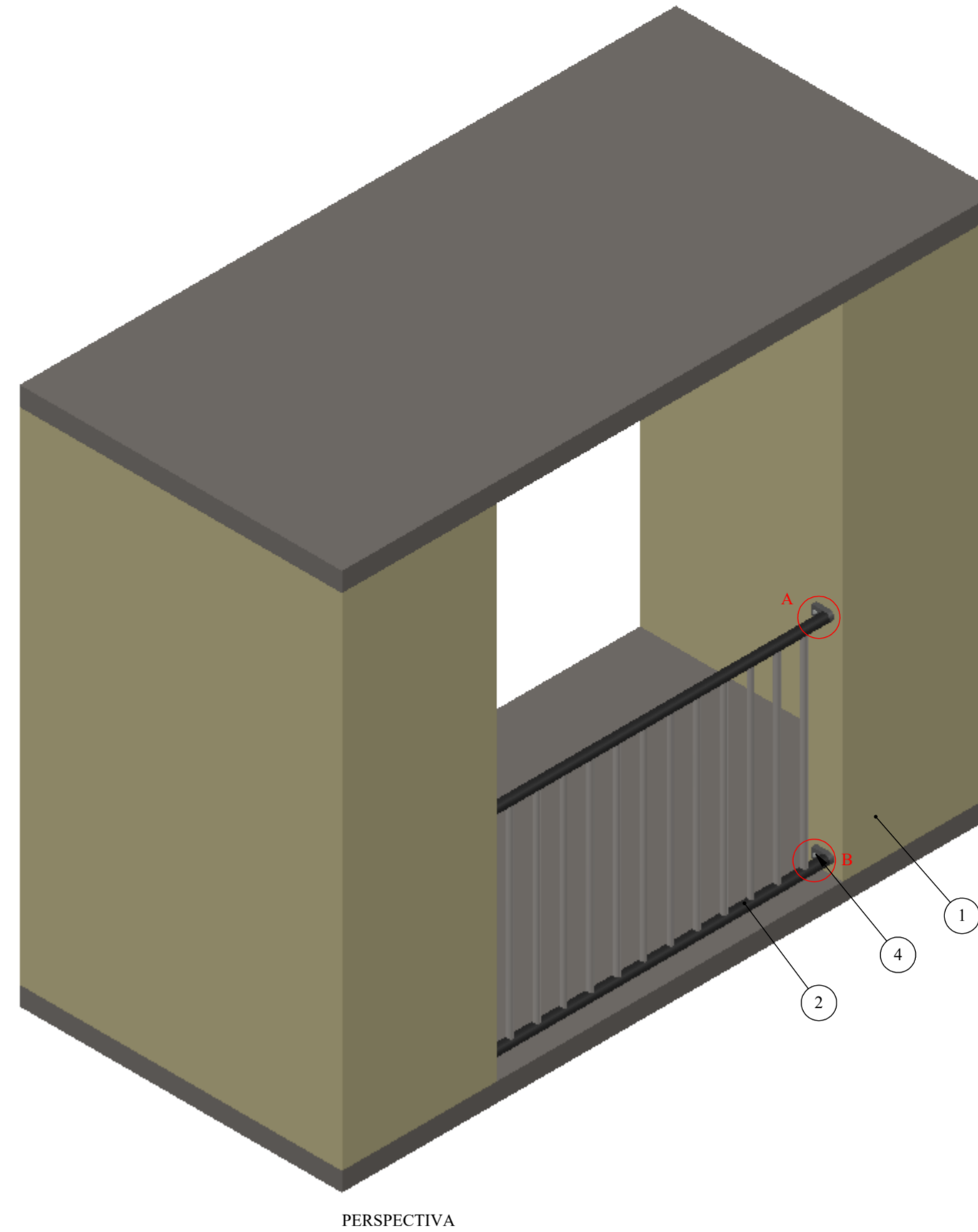
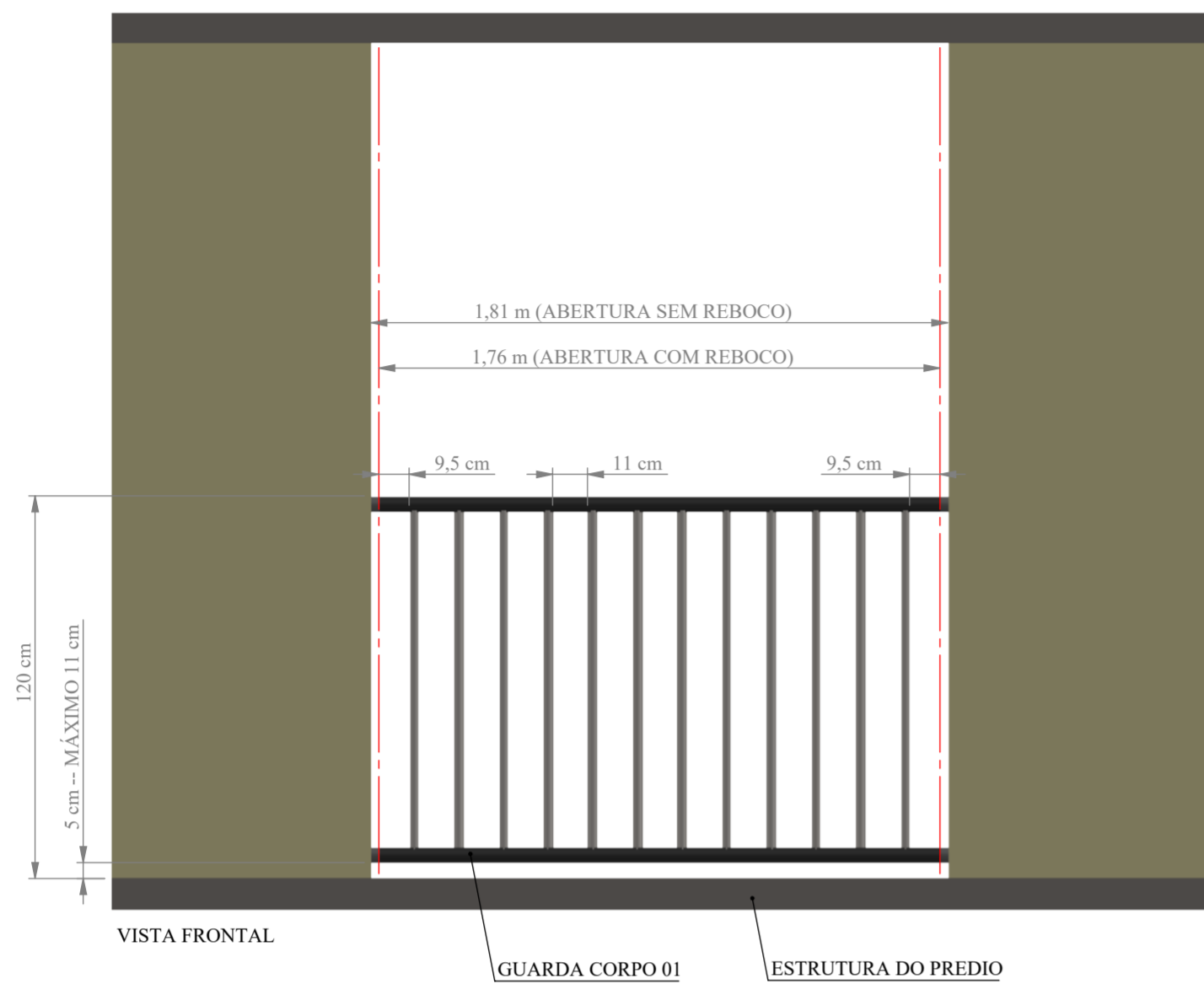
Conforme demonstrado neste documento, o Projeto de Guarda Corpo Definitivo apresenta do ponto de vista do dimensionamento de seus componentes, plenas condições de operação e uso com segurança.

Esteio, 19 de Julho de 2022.

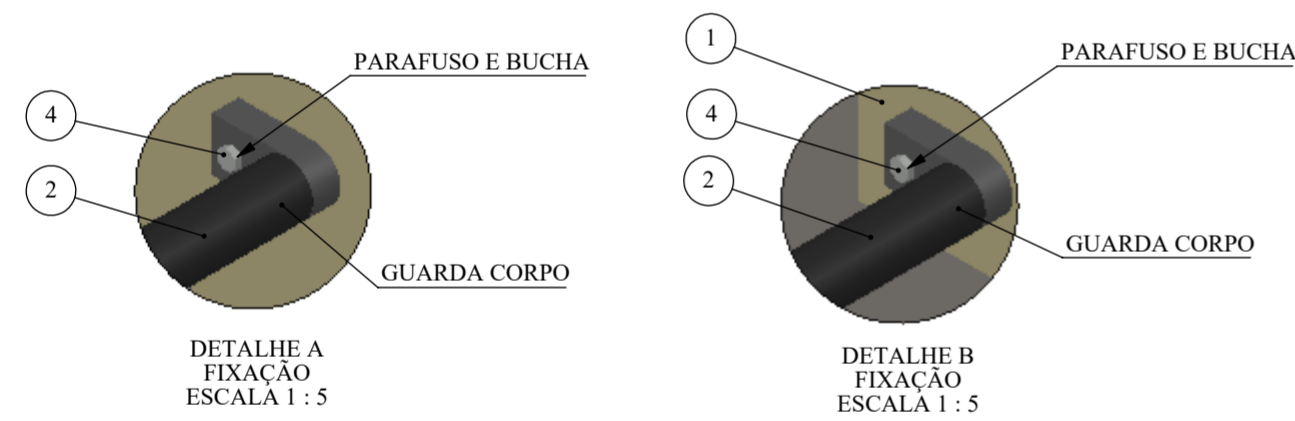


RB Engenharia  
Ronaldo Bueno de Souza  
Engº. Mecânico  
CREA/RS 185259

MONTAGEM

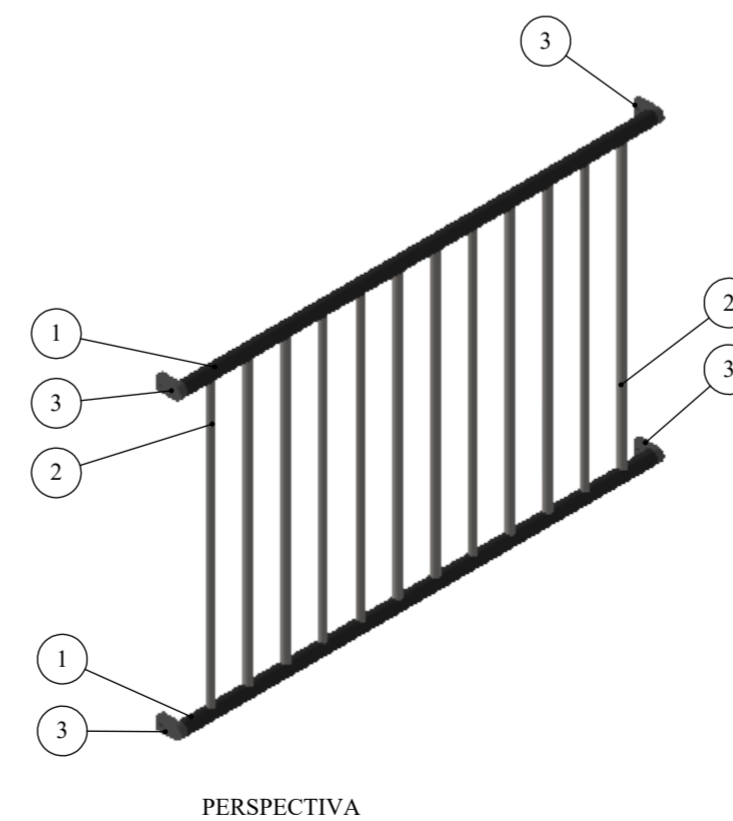
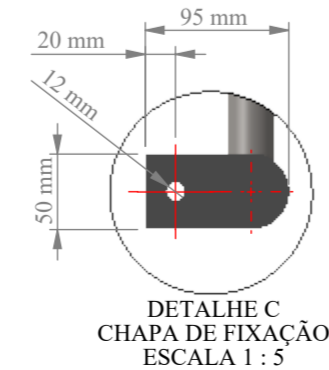
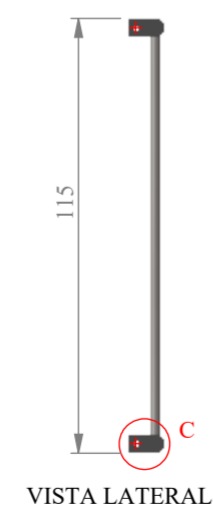
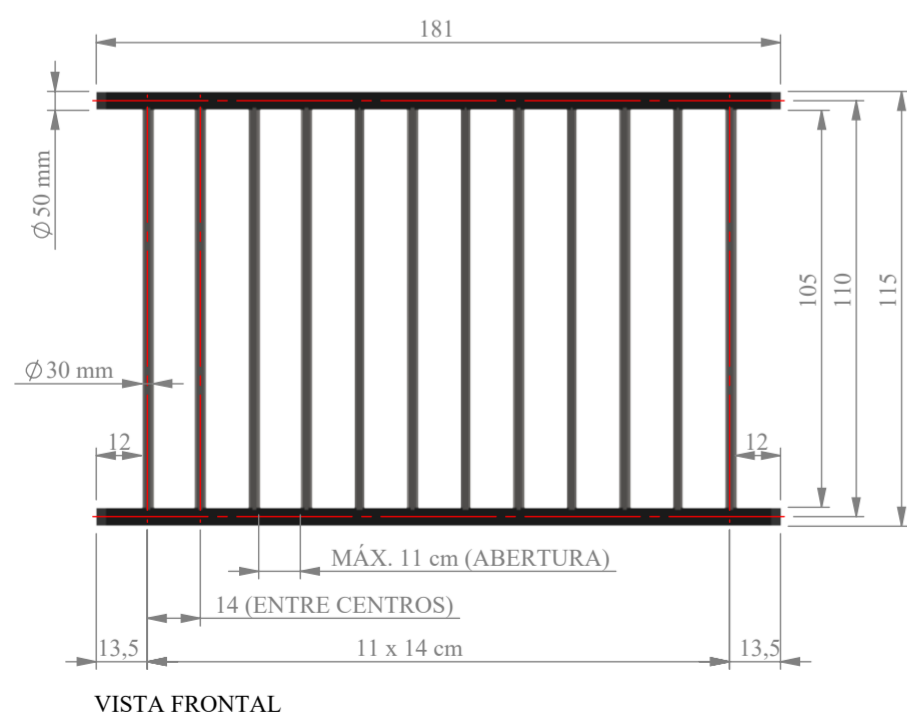


Nº DO ITEM	COMPONENTE	DESCRIÇÃO	QTD.
1	ESTRUTURA	REPRESENTAÇÃO	1
2	GUARDA CORPO 01	VER DETALHAMENTO	1
3	BUCHA	Ø12mm PARA BLOCOS ESTRUTURAIS	4
4	PARAFUSO	Ø10x70mm - DIN 571 - INOX OU GALVANIZADO	4



Cópia Controlada

Nº DO ITEM	NOME	MATERIAL	PESO
2	GUARDA CORPO 01	SAE 1010 OU SAE 1020	24 kg



NOTAS:

- 01) UNIDADES NÃO INDICADAS EM "cm".
- 02) SISTEMA DE GUARDA CORPO DEFINITIVO CONFORME NORMA NBR 14718:2019.
- 03) O GUARDA CORPO DEVE RECEBER PINTURA PROTETIVA ANTES DA INSTALAÇÃO.
- 04) A VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL DOS PONTOS DE INSTALAÇÃO DO GUARDA CORPO DEVERÁ SER REALIZADA PELO CLIENTE.
- 05) OS DADOS RELATIVOS A RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS SÃO APRESENTADOS NO MEMORIAL DE CÁLCULO.

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
00	EMISSÃO INICIAL	11/07/2022

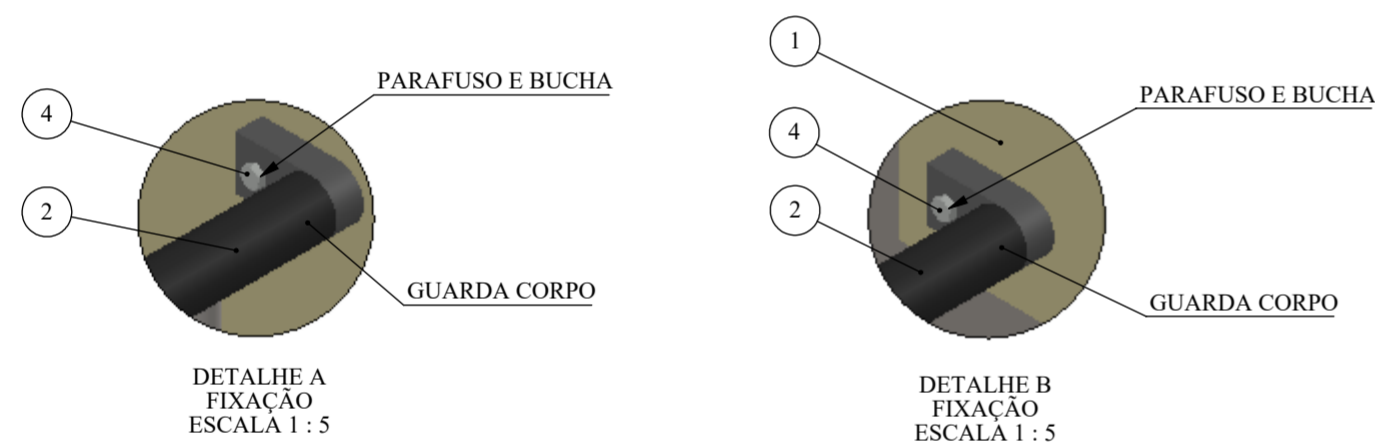
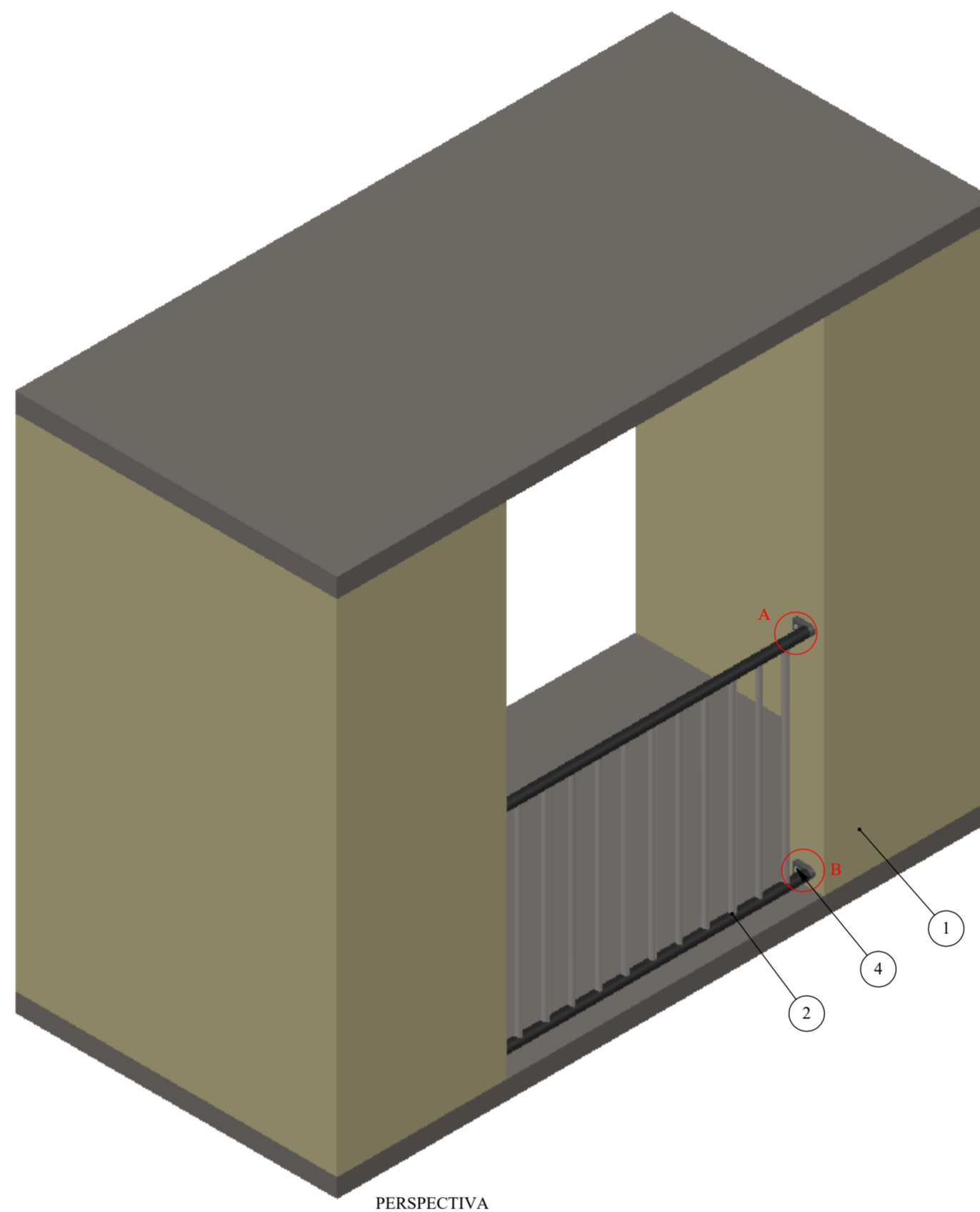
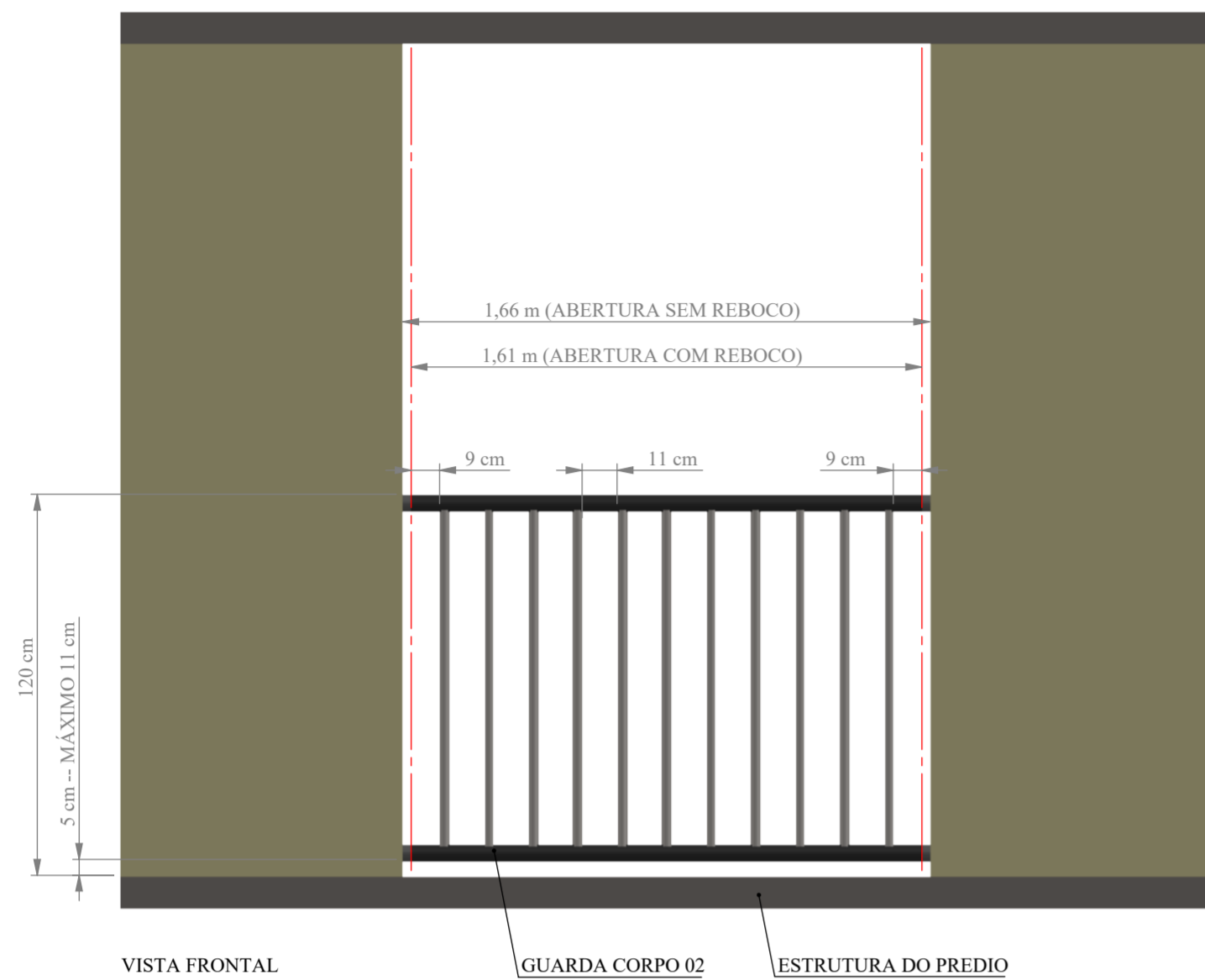
**RB Engenharia**  
 www.rbeng.com.br - contato@rbeng.com.br  
 (51) 3783-5942  
 CNPJ: 17.217.562/0001-94  
 CREA: RS 221231

RESPONSÁVEL TÉCNICO  
 RONALDO BUENO DE SOUZA  
 ENG. MECÂNICO: CREA: RS 185259

CLIENTE:	BALIZA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA	
OBRA:	BALIZA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA	
ENDEREÇO:	AV. SÃO BORJA, 1500, RIO BRANCO - SÃO LEOPOLDO / RS	
TÍTULOS:	GUARDA CORPO DEFINITIVO PARA SACADAS	DESENHISTA: RONALDO
	GUARDA CORPO 01	DATA: 11/07/2022
	BLOCO PADRÃO THETA	CÓDIGO: 1174
		ESCALA: 1:20
		PRANCHA: A

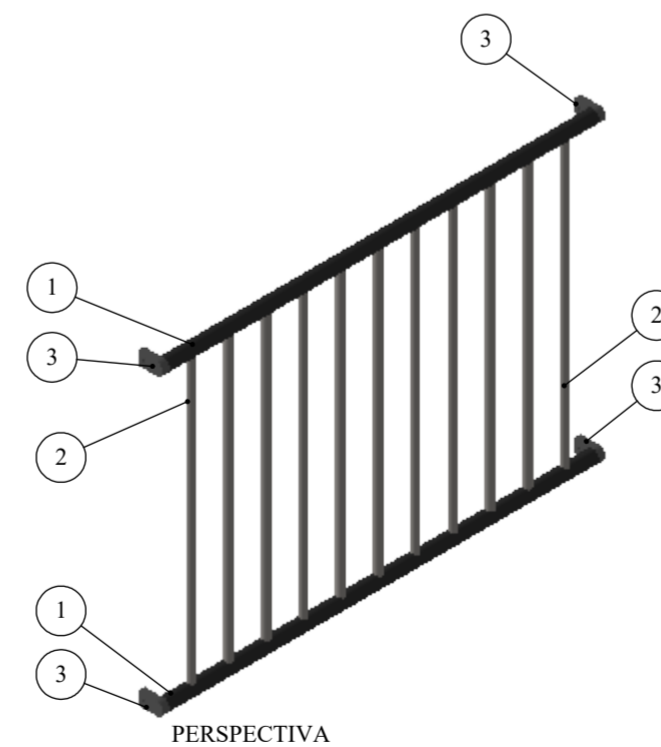
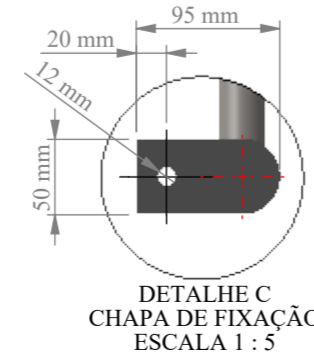
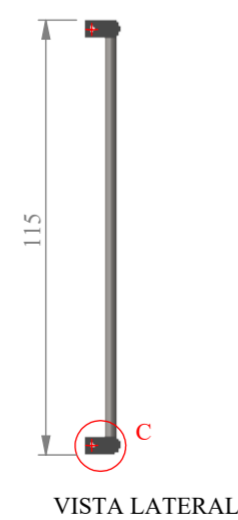
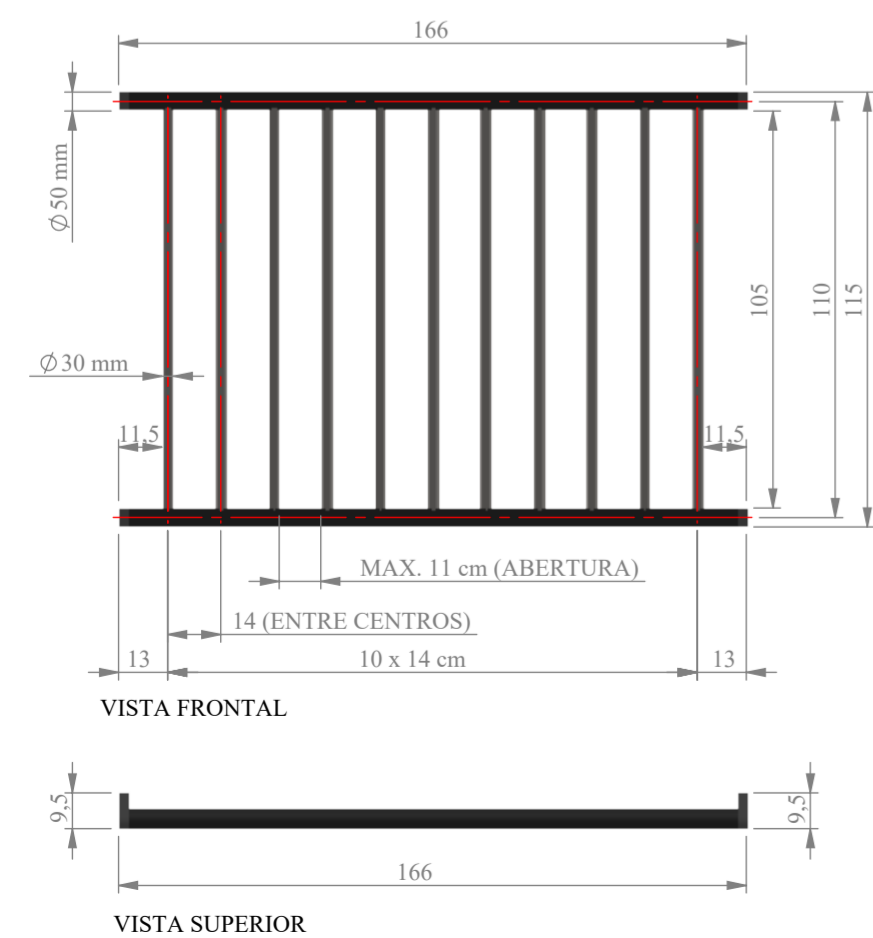
Nº DO ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	COMPRIMENTO
1	2	TUBO Ø50,0 mm ESPESSURA 1,5 mm	175,92
2	12	TUBO Ø30,0 mm ESPESSURA 1,5 mm	106
3	4	BARRA CHATA 2"x1"	9,5

MONTAGEM



Cópia Controlada

Nº DO ITEM	NOME	MATERIAL	PESO
2	GUARDA CORPO 02	SAE 1010 OU SAE 1020	22 kg



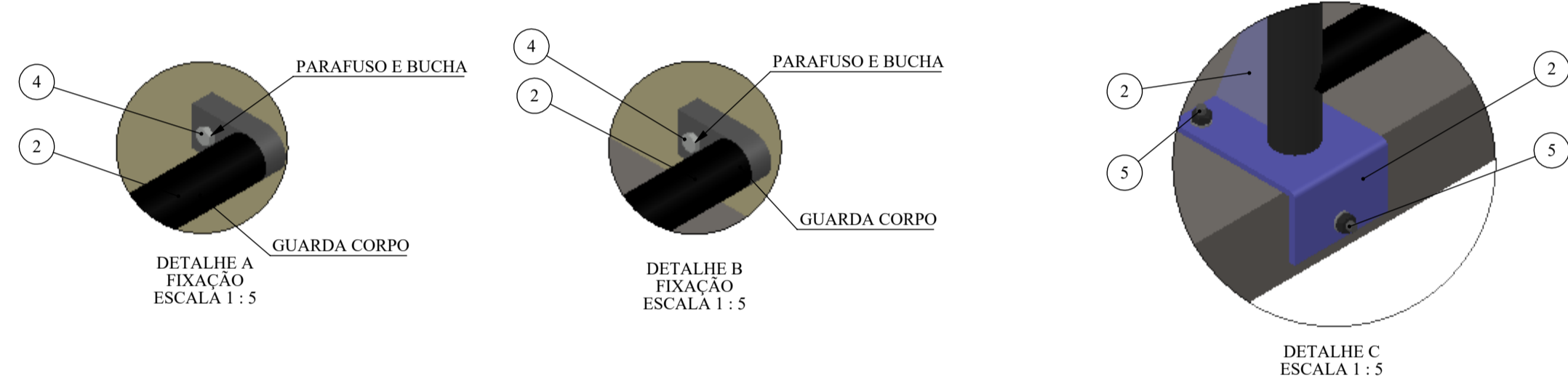
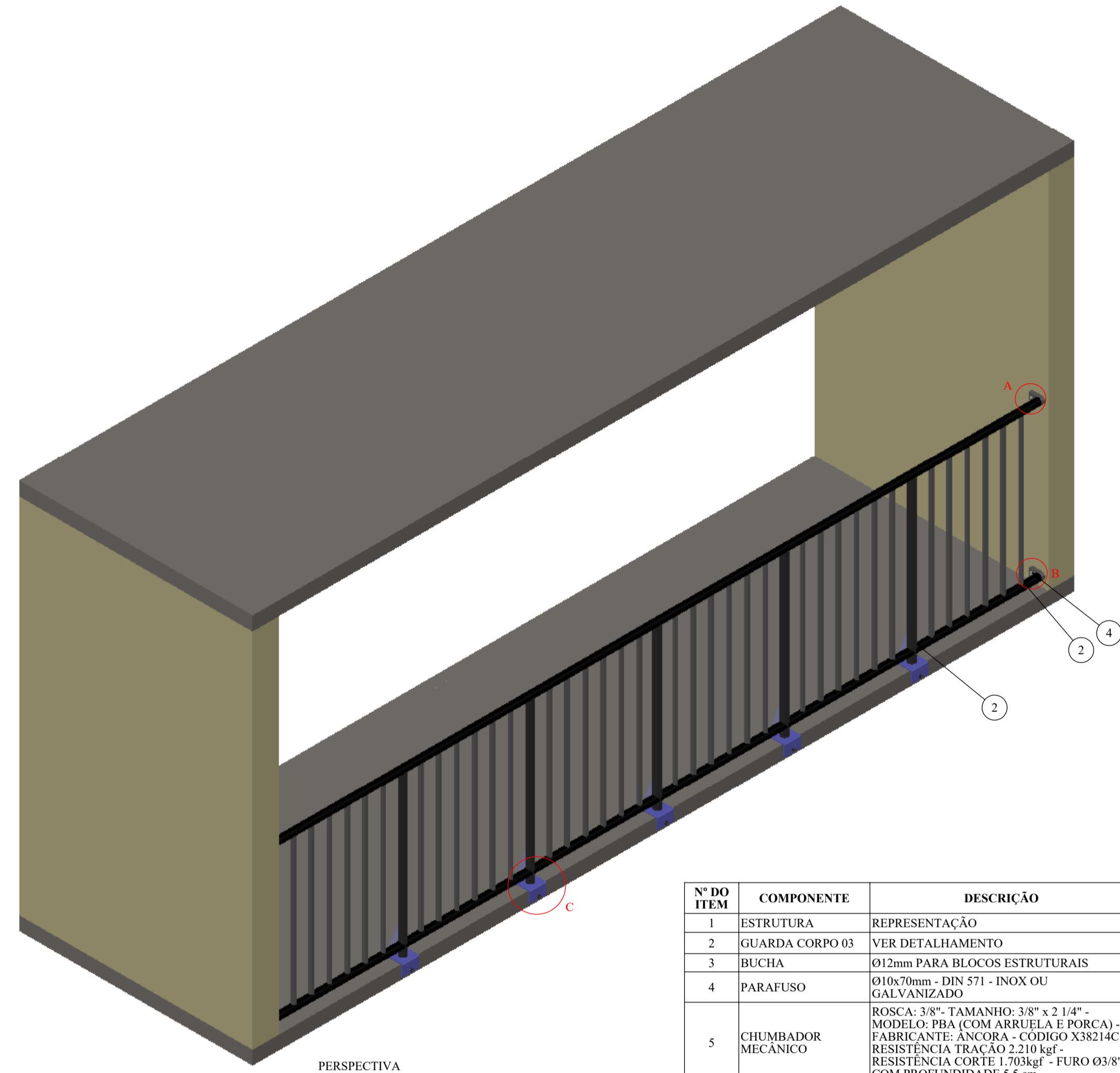
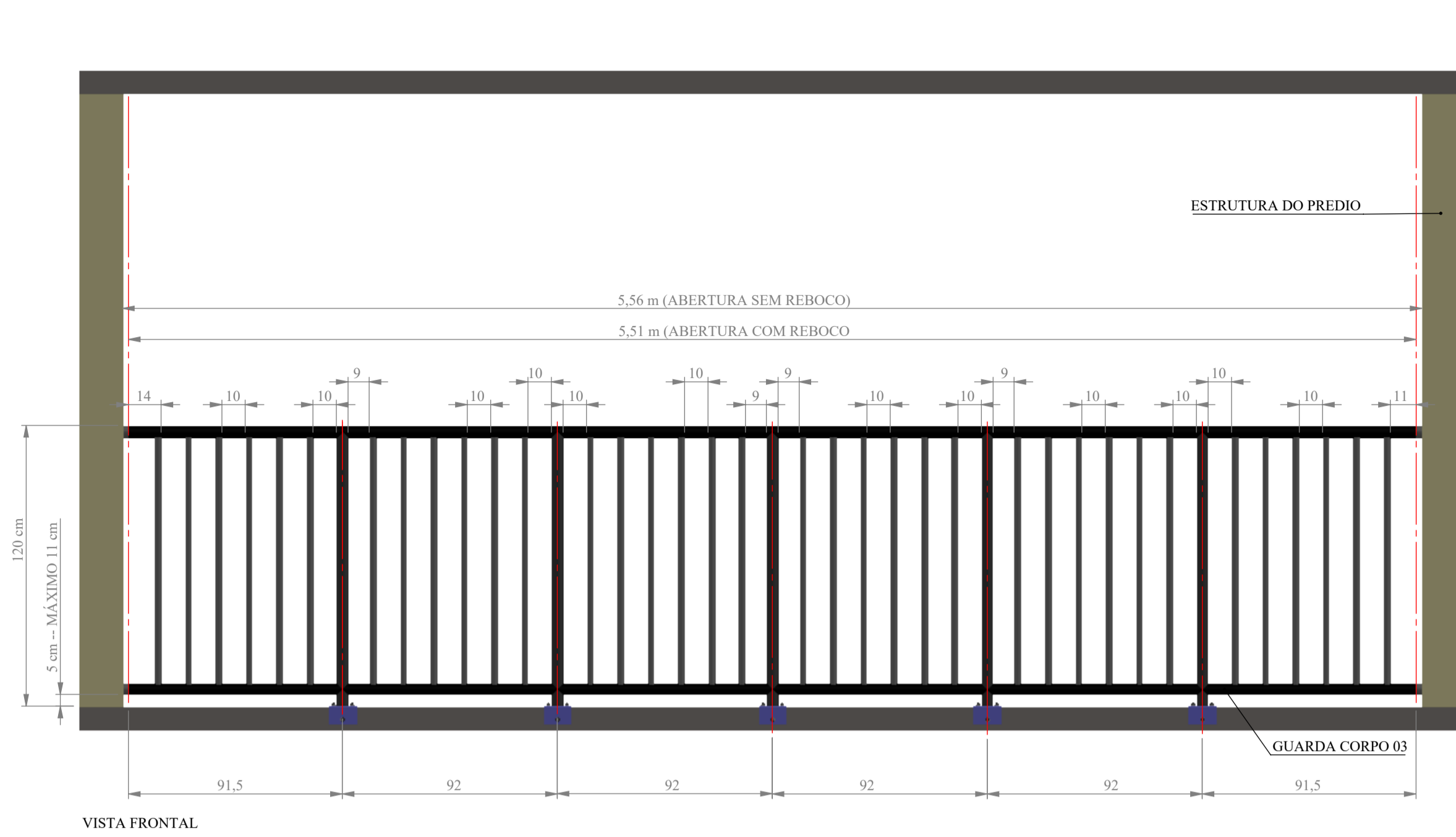
Nº DO ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	COMPRIMENTO
1	2	TUBO Ø50,0 mm ESPESSURA 1,5 mm	160,92
2	11	TUBO Ø30,0 mm ESPESSURA 1,5 mm	106
3	4	BARRA CHATA 2"x1"	9,5

NOTAS:

- 01) UNIDADES NÃO INDICADAS EM "cm".
- 02) SISTEMA DE GUARDA CORPO DEFINITIVO CONFORME NORMA NBR 14718:2019.
- 03) O GUARDA CORPO DEVE RECEBER PINTURA PROTETIVA ANTES DA INSTALAÇÃO.
- 04) A VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL DOS PONTOS DE INSTALAÇÃO DO GUARDA CORPO DEVERÁ SER REALIZADA PELO CLIENTE.
- 05) OS DADOS RELATIVOS A RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS SÃO APRESENTADOS NO MEMORIAL DE CÁLCULO.

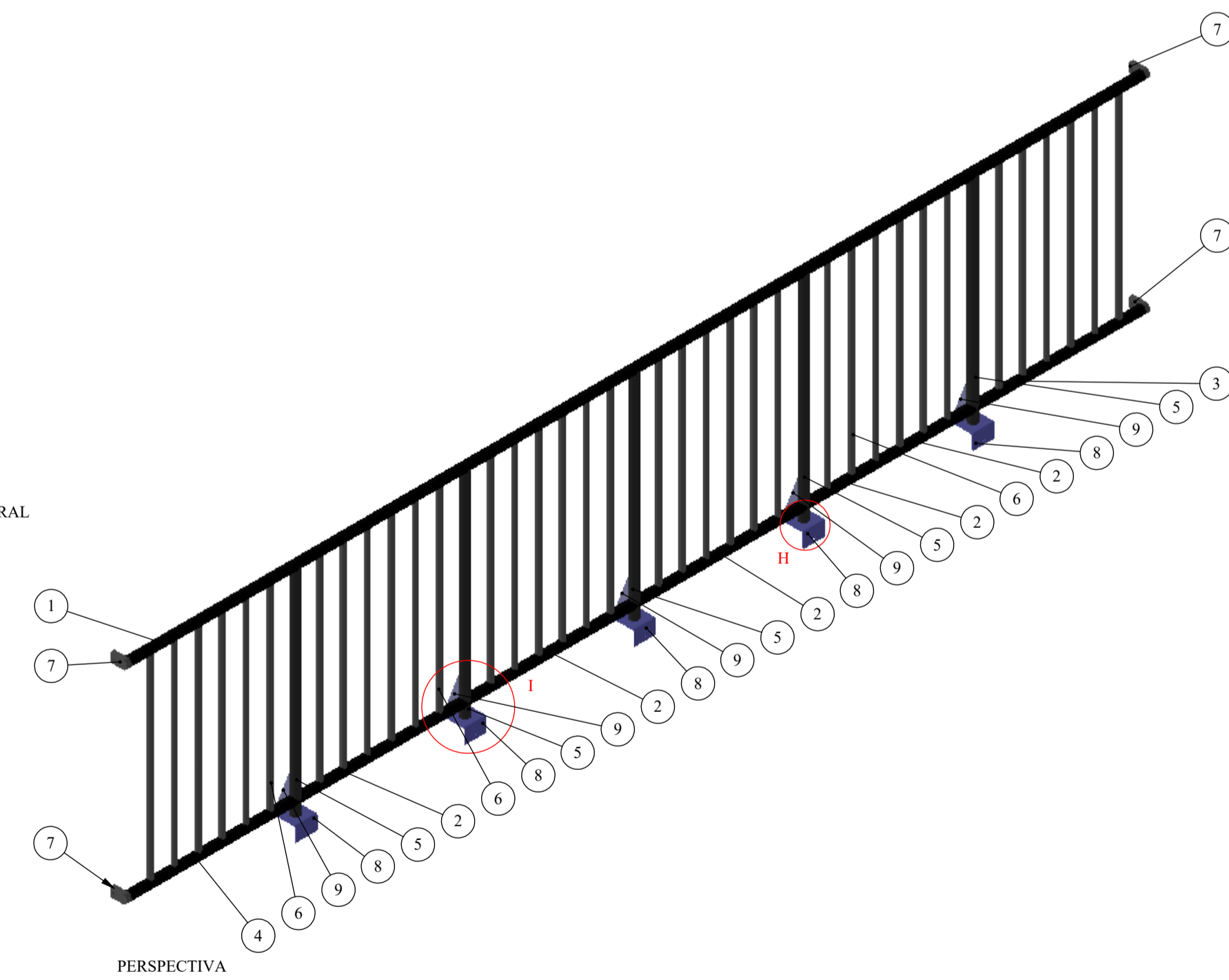
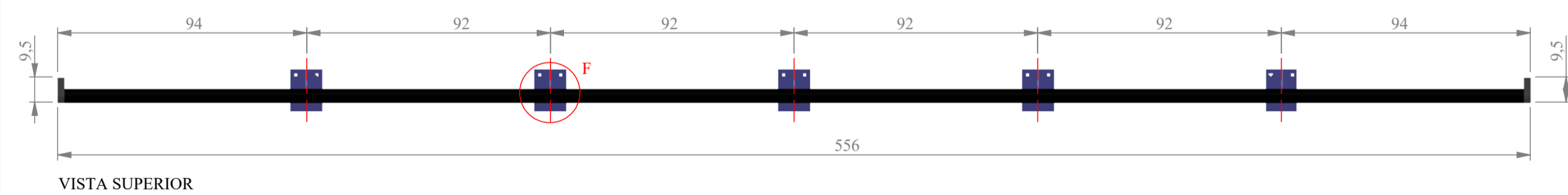
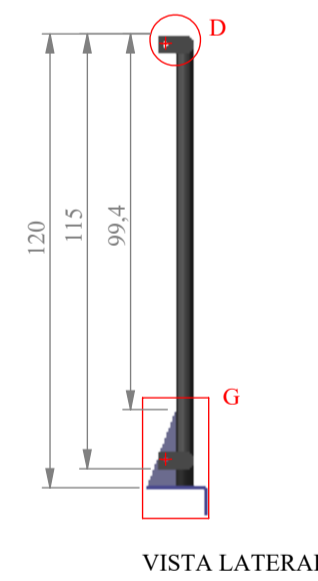
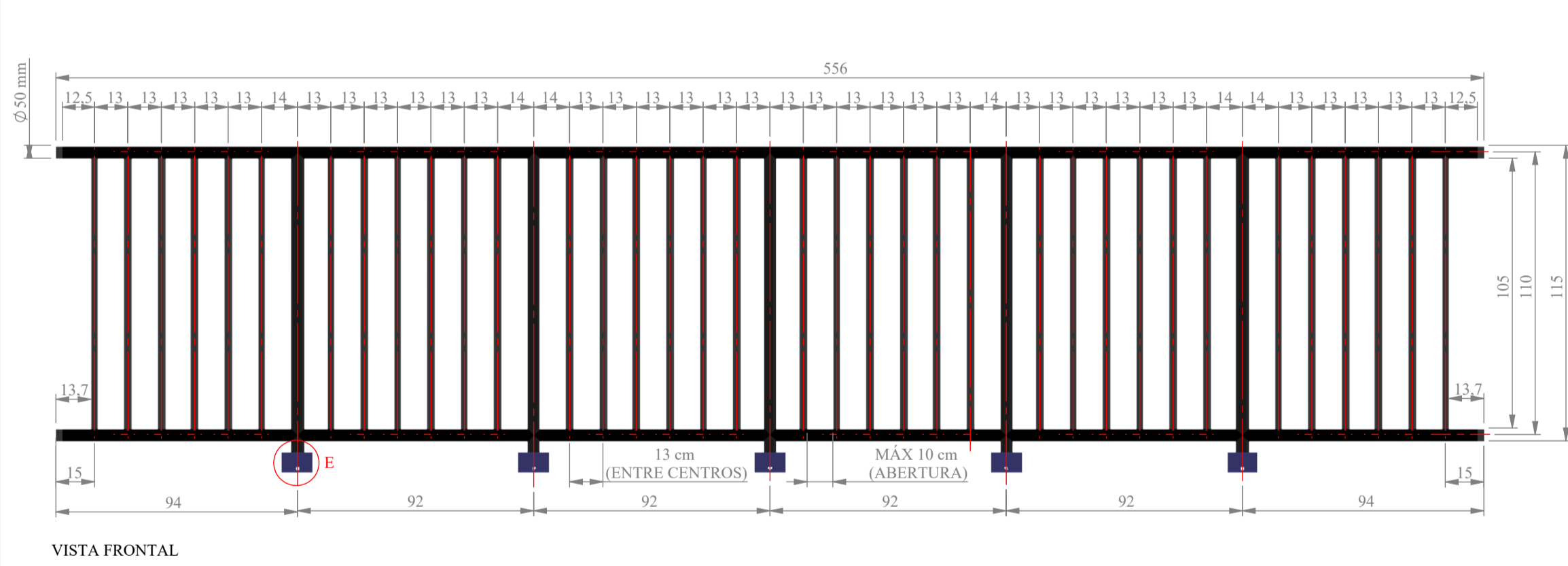
00	EMISSÃO INICIAL	11/07/2022
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
<b>RB Engenharia</b> www.rbeng.com.br - contato@rbeng.com.br (51) 3783-5942 CNPJ: 17.217.562/0001-94 CREA: RS 221231		Responsável Técnico RONALDO BUENO DE SOUZA ENG. MECÂNICO: CREA: RS 185259
CLIENTE:	BALIZA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA	
OBRA:	BALIZA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA	
ENDEREÇO:	AV. SÃO BORJA, 1500, RIO BRANCO - SÃO LEOPOLDO / RS	
TÍTULOS:	GUARDA CORPO DEFINITIVO PARA SACADAS	DESENHISTA: RONALDO
	GUARDA CORPO 02	DATA: 11/07/2022 CÓDIGO: 1174
	BLOCO PADRÃO THETA	ESCALA: 1:20 PRANCHA: B

MONTAGEM



Nº DO ITEM	COMPONENTE	DESCRIÇÃO	QTD.
1	ESTRUTURA	REPRESENTAÇÃO	1
2	GUARDA CORPO 03	VER DETALHAMENTO	1
3	BUCHA	Ø12mm PARA BLOCOS ESTRUTURAIIS	4
4	PARAFUSO	Ø10x70mm - DIN 571 - INOX OU GALVANIZADO	4
5	CHUMBADOR MECANICO	ROSCA: 3/8" - TAMANHO: 3/8" x 2 1/4" - MODELO: PBA (COM ARRUELA E PORÇA) - FABRICANTE: ANCOR - CODIGO X38214C - RESISTENCIA TRACAO 2.210 kgf - RESISTENCIA CORTE 1.703kgf - FURO Ø3/8" COM PROFUNDIDADE 5,5 cm.	15

Nº DO ITEM	NOME	MATERIAL	PESO
2	GUARDA CORPO 03	SAE 1010 OU SAE 1020	92 kg



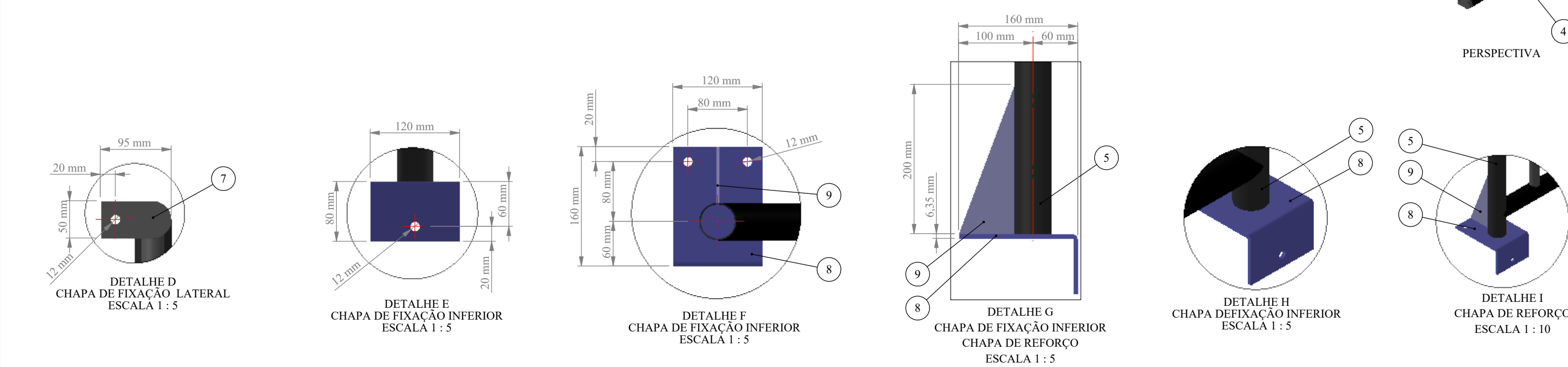
Cópia Controlada

- NOTAS:**
- 01) UNIDADES NÃO INDICADAS EM "cm".
  - 02) SISTEMA DE GUARDA CORPO DEFINITIVO CONFORME NORMA NBR 14718:2019.
  - 03) O GUARDA CORPO DEVE RECEBER PINTURA PROTETIVA ANTES DA INSTALAÇÃO.
  - 04) A VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL DOS PONTOS DE INSTALAÇÃO DO GUARDA CORPO DEVERÁ SER REALIZADA PELO CLIENTE.
  - 05) OS DADOS RELATIVOS A RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS SÃO APRESENTADOS NO MEMORIAL DE CÁLCULO.

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
00	EMISSÃO INICIAL	11/07/2022

**RB Engenharia**  
 www.rheng.com.br - contato@rheng.com.br  
 (51) 3783-5942  
 CNPJ: 17.217.562/0001-94  
 CREA: RS 221231

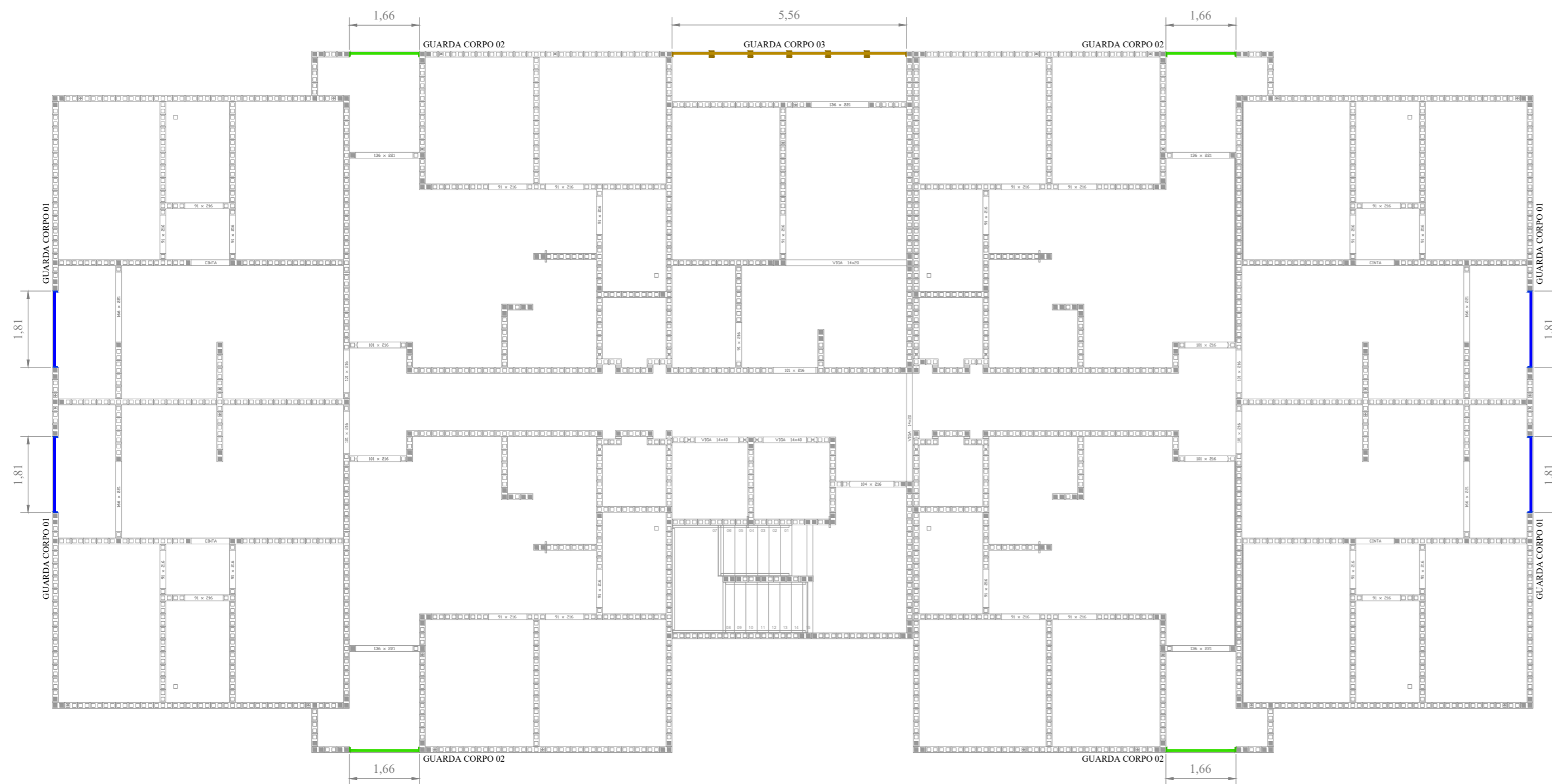
*Ronaldo Bueno de Souza*  
 RESPONSÁVEL TÉCNICO  
 RONALDO BUENO DE SOUZA  
 ENG. MECÂNICO - CREA: RS 185259



Nº DO ITEM	QTD.	DESCRIÇÃO	COMPRIMENTO
1	1	TUBO Ø50.0 mm ESPESSURA 2 mm	550.92
2	4	TUBO Ø50.0 mm ESPESSURA 2 mm	92
3	1	TUBO Ø50.0 mm ESPESSURA 2 mm	91.46
4	1	TUBO Ø50.0 mm ESPESSURA 2 mm	91.46
5	5	TUBO Ø50.0 mm ESPESSURA 2 mm	116.87
6	36	TUBO Ø30.0 mm ESPESSURA 1.5 mm	106
7	4	BARRA CHATA 2"x1"	9.5
8	5	CHAPA ESPESSURA 1/4" (6.35 mm)	-
9	5	CHAPA ESPESSURA 3/16" (4.75 mm)	-

TÍTULOS:	DESENHISTA:	DATA:	CÓDIGO:
GUARDA CORPO DEFINITIVO PARA SACADAS	RONALDO	11/07/2022	1174
GUARDA CORPO 03			
BLOCO PADRÃO THETA			

CLIENTE: BALIZA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA  
 OBRA: BALIZA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA  
 ENDEREÇO: AV. SÃO BORJA, 1500, RIO BRANCO - SÃO LEOPOLDO / RS  
 ESCALA: 1:20 PRANCHA: C



PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TIPO  
ESCALA: 1:100

**Cópia Controlada**

NOTAS:

- 01) UNIDADES NÃO INDICADAS EM "m".
- 02) DETALHAMENTO DAS MONTAGENS VER PRANCHAS "A", "B" E "C".
- 03) OS DADOS RELATIVOS A RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS SÃO APRESENTADOS NO MEMORIAL DE CÁLCULO.

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
01	AJUSTE NA LEGENDA DA LISTA DE MATERIAIS.	20/07/2022
00	EMISSÃO INICIAL	11/07/2022

**RB Engenharia**      www.rbeng.com.br - contato@rbeng.com.br      *Ronaldo Bueno de Souza*  
 (51) 3783-5942      RESPONSÁVEL TÉCNICO  
 CNPJ: 17.217.562/0001-94      RONALDO BUENO DE SOUZA  
 CREA: RS 221231      ENG. MECÂNICO: CREA: RS 185259

CLIENTE:	BALIZA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA	
OBRA:	BALIZA EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA	
ENDEREÇO:	AV. SÃO BORJA, 1500, RIO BRANCO - SÃO LEOPOLDO / RS	
TÍTULOS:	GUARDA CORPO DEFINITIVO PARA SACADAS	DESENHISTA: RONALDO
	DIMENSIONAMENTO	DATA: 11/07/2022      CÓDIGO: 1174
	BLOCO PADRÃO THETA	ESCALA: 1:100      PRANCHA: D

LISTA DE MATERIAIS			
LEGENDA	COMPONENTE	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
	GUARDA CORPO 01	VER PRANCHA A	04 un
	GUARDA CORPO 02	VER PRANCHA B	04 un
	GUARDA CORPO 03	VER PRANCHA C	01 un
-	BUCHA	Ø 12 mm PARA BLOCOS ESTRUTURAIS	36 un
-	PARAFUSO	Ø10x70mm - DIN 571 - INOX OU GALVANIZADO	36 un
-	CHUMBADOR MECÂNICO	ROSCA: 3/8" - TAMANHO: 3/8" x 2 1/4" - MODELO: PBA (COM ARRUELA E PORCA) - FABRICANTE: ÂNCORA - CÓDIGO X38214C - RESISTÊNCIA TRAÇÃO 2.210 kgf - RESISTÊNCIA CORTE 1.703kgf - FURO Ø3/8" COM PROFUNDIDADE 5,5 cm.	15 un

**OBSERVAÇÃO:** QUANTIDADES RELATIVAS A CADA PAVIMENTO.