



# SIAOTECH

## LAUDO DE CONFORMIDADE MECÂNICA

Cliente: **UNYLASER**

Caxias do Sul/RS | Abril/2026

# 2026



# SIAOTECH

## Laudo de Conformidade Mecânica

### UNYLASER IND. METALÚRGICA LTDA

*Caxias do Sul/RS*

*Retrofit Ponte Rolante 4 TON*

|            | REV. 00                 | REV. 01 | REV. 02 | REV. 03 | REV. 04 | REV. 05 |
|------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DATA       | 29/05/2026              |         |         |         |         |         |
| ELABORADOR | Luís Eduardo Wiechoreck |         |         |         |         |         |

## **SUMÁRIO**

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE .....      | 3  |
| IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DO SERVIÇO ..... | 3  |
| RESPONSÁVEL TÉCNICO .....               | 3  |
| OBJETIVO .....                          | 4  |
| ESCOPO .....                            | 4  |
| REFERÊNCIA NORMATIVA.....               | 5  |
| DIMENSIONAMENTO.....                    | 6  |
| Verificação da Viga Principal.....      | 7  |
| CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....        | 19 |



**SIAOTECH**

## **Laudo de Conformidade Mecânica**

RETROFIT PONTE ROLANTE 4 TON

### **IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE**

**UNYLASER INDUSTRIA METALURGICA LTDA.**

**CNPJ:** 05.897.063/0001-06

### **IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DO SERVIÇO**

**UNYLASER INDUSTRIA METALURGICA LTDA.**

**CNPJ:** 05.897.063/0001-06

**ENDEREÇO DA OBRA:**

Rua Dalton Lahn dos Reis, 269 – Pavilhão C – Distrito Industrial

**Cidade:** Caxias do Sul - RS

CEP 95112-090

### **RESPONSÁVEL TÉCNICO**

Luís Eduardo Wiechoreck

*Engenheiro Mecânico*

*Engenheiro de Segurança do Trabalho*

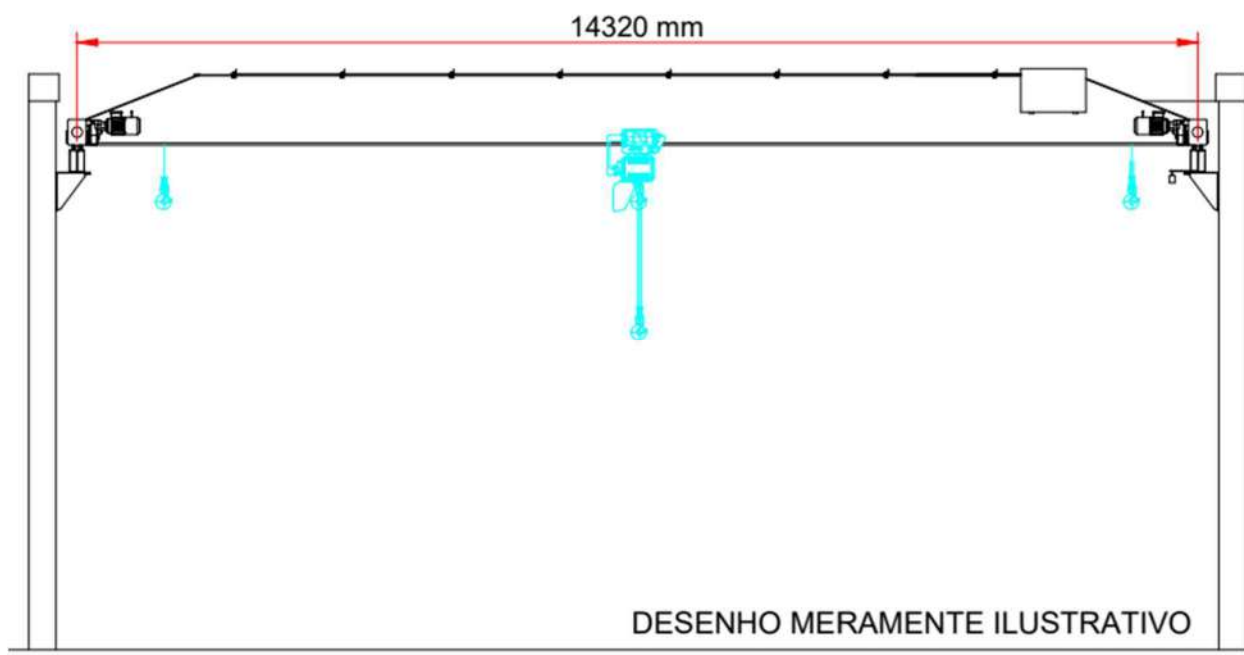
CREA RS2211066380

**SISTEMA:** PR 26 04 040 - UNYLASER - Retrofit Ponte Rolante 4 ton

**ART Nr.:** 14393309

## OBJETIVO

Este laudo foi desenvolvido com o objetivo de evidenciar a conformidade mecânica em uma Ponte Rolante de 4 toneladas fabricada pela ABUS em 2007 que sofreu um retrofit, passando de um vão de 16,6 metros para 14,32 metros instalado na empresa UNYLASER em Caxias do Sul.



***Destaca-se que a ponte rolante foi montada com uma talha de capacidade de içamento de 5 toneladas, sendo que a capacidade estrutural da ponte é de 4 toneladas. A Siaotech não se responsabiliza pelo içamento e/ou deformação da viga por excesso de carga, (acima de 4 toneladas), recomenda que algum sistema de limitação seja instalado afim de impedir o içamento acima desta capacidade.***

## ESCOPO

Faz parte deste relatório uma Ponte Rolante Monoviga com capacidade de 4 toneladas fabricado em 2007 pela ABUS.

## REFERÊNCIA NORMATIVA

---

**NBR 8400:2019** - Equipamentos de elevação e movimentação de carga — Regras para projeto

**NBR 8800:2024** – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios

**NBR 14762:2010** – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio

**ASTM A36** - Standard specification for carbon structural steel

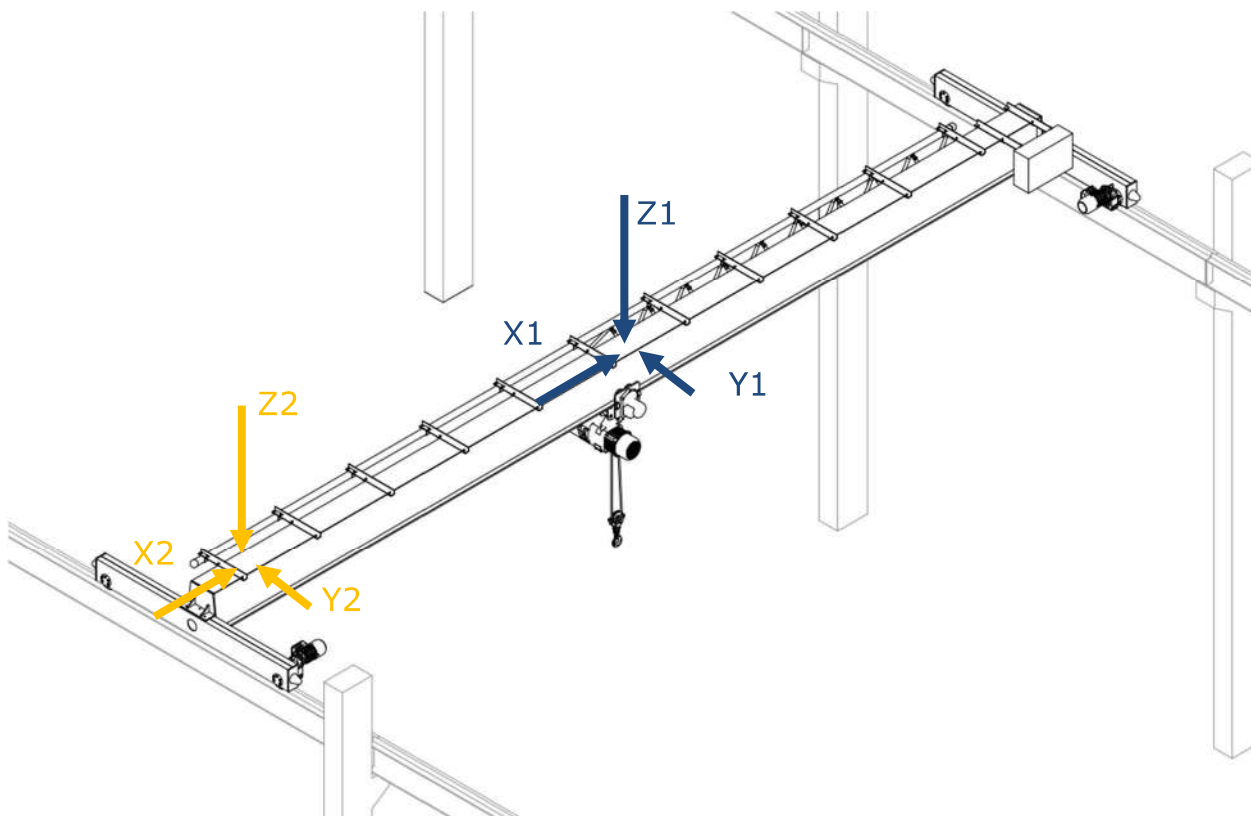
**ASTM A572** - Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel

**ISO 2553** - Welding and allied processes – Symbolic representation on drawings – Welded joints

**ISO 22986** - Cranes – Stiffness – Bridge and gantry cranes

## DIMENSIONAMENTO

*Desenho esquemático de elementos estruturais:*



Classificação do equipamento:

Grupo do equipamento: A4

Classe de elevação: HC3

Valor de carga principal considerando coeficiente dinâmico e de amplificação = 55,1 kN

Valores de carga horizontais em função de aceleração ao longo da viga e rotação da mesma (estimado em considerando velocidade baixa/moderada menor que 0,25 m/s e aceleração em  $0,078 \text{ m/s}^2$ ) = 4 kN

Tensão admissível de projeto = 166,7 Mpa (escolhido menor valor entre tensão admissível com relação ao limite elástico e tensão admissível de projeto em relação a fadiga – conforme NBR 8400)

Para verificação, as cargas serão inseridas ao longo do trilho e a condição mais desfavorável para cada elemento será considerada.



## Verificação da Viga Principal

**Perfil: 500X300X15,9X9.5X6.4 mm (Enrijecedores: 1000 mm. Espessura: 4,8 mm)**  
**Material: Aço A36 (Tensão de Projeto - 166,7 MPa)**

| Nós                                                          |           | Comprimento<br>(m) | Características mecânicas  |                                                     |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Inicial                                                      | Final     |                    | Área<br>(cm <sup>2</sup> ) | I <sub>x</sub> <sup>(1)</sup><br>(cm <sup>4</sup> ) | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup><br>(cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup><br>(cm <sup>4</sup> ) |  |  |  |  |  |  |
| N1                                                           | N2        | 14.300             | 118.57                     | 46158.76                                            | 17545.15                                            | 38586.94                                            |  |  |  |  |  |  |
| Notas:                                                       |           |                    |                            |                                                     |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |
| <sup>(1)</sup> Inércia em relação ao eixo indicado           |           |                    |                            |                                                     |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |
| <sup>(2)</sup> Momento de inércia à torção uniforme          |           |                    |                            |                                                     |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |
|                                                              | Flambagem |                    |                            | Flambagem lateral                                   |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |
|                                                              | Plano ZX  |                    | Plano ZY                   | Aba sup.                                            |                                                     | Aba inf.                                            |  |  |  |  |  |  |
| β                                                            | 1.00      |                    | 1.00                       | 1.00                                                |                                                     | 1.00                                                |  |  |  |  |  |  |
| L <sub>K</sub>                                               | 14.300    |                    | 14.300                     | 14.300                                              |                                                     | 14.300                                              |  |  |  |  |  |  |
| C <sub>b</sub>                                               | -         |                    |                            | 1.000                                               |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |
| Notação:                                                     |           |                    |                            |                                                     |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |
| β: Coeficiente de flambagem                                  |           |                    |                            |                                                     |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |
| L <sub>K</sub> : Comprimento de flambagem (m)                |           |                    |                            |                                                     |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |
| C <sub>b</sub> : Fator de modificação para o momento crítico |           |                    |                            |                                                     |                                                     |                                                     |  |  |  |  |  |  |

| Barra | VERIFICAÇÕES                     |                   |                       |                       |                      |                |                    |                                |                     |                     |                     | Estado                   |
|-------|----------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------|--------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
|       | λ                                | N <sub>t</sub>    | N <sub>c</sub>        | M <sub>x</sub>        | M <sub>y</sub>       | V <sub>x</sub> | V <sub>y</sub>     | NM <sub>x</sub> M <sub>y</sub> | T                   | NMVT                | σ τ f               |                          |
| N1/N2 | x: 7.151 m<br>λ ≤ 200.0<br>Passa | x: 0 m<br>η = 0.1 | x: 7.151 m<br>η = 0.2 | x: 7.15 m<br>η = 70.2 | x: 7.15 m<br>η = 9.7 | η = 0.4        | x: 0 m<br>η = 11.3 | x: 7.151 m<br>η = 80.0         | N.A. <sup>(1)</sup> | N.A. <sup>(2)</sup> | N.A. <sup>(3)</sup> | <b>PASSA</b><br>η = 80.0 |

Notação:

λ: Limitação do índice de esbeltez

N<sub>t</sub>: Resistência à tração

N<sub>c</sub>: Resistência à compressão

M<sub>x</sub>: Resistência à flexão eixo X

M<sub>y</sub>: Resistência à flexão eixo Y

V<sub>x</sub>: Resistência ao esforço cortante X

V<sub>y</sub>: Resistência ao esforço cortante Y

NM<sub>x</sub>M<sub>y</sub>: Resistência ao esforço axial e flexão combinados

T: Resistência à torção

NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante

σ τ f: Resistência a interações de esforços e momento de torção

x: Distância à origem da barra

η: Coeficiente de aproveitamento (%)

N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):

<sup>(1)</sup> A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

<sup>(2)</sup> Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.

<sup>(3)</sup> Não há interação entre o momento torsor, os dois momentos fletores e os dois esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.

## Limitação do índice de esbeltez

O índice de esbeltez das barras comprimidas, tomado como o maior relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, não deve ser superior a 200.

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : 117.6 \checkmark$$

Onde:

λ: Índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{L}{r}$$

$$\lambda_x : 72.5$$

$$\lambda_y : 117.6$$

Sendo:

**L<sub>x</sub>**: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.**L<sub>x</sub>** : 14.300 m**L<sub>y</sub>**: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.**L<sub>y</sub>** : 14.300 m**r<sub>x</sub>, r<sub>y</sub>**: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.**r<sub>x</sub>** : 19.73 cm**r<sub>y</sub>** : 12.16 cm**Resistência à tração**

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

**η** : 0.001 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações PP+Y1.

**N<sub>t,Sd</sub>**: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.**N<sub>t,Sd</sub>** : 2.00 kNA força axial de tração resistente de cálculo, N<sub>t,Rd</sub>, deve ser determinada pela expressão:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

**N<sub>t,Rd</sub>** : 1796.84 kN

Onde:

**A<sub>g</sub>**: Área bruta da seção transversal da barra.**A<sub>g</sub>** : 118.57 cm<sup>2</sup>**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.**γ<sub>a1</sub>** : 1.10**Resistência à compressão**

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

**η** : 0.002 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 7.151 m do nó N1, para a combinação de ações PP+Y1.

**N<sub>c,Sd</sub>**: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.**N<sub>c,Sd</sub>** : 2.00 kNA força axial de compressão resistente de cálculo, N<sub>c,Rd</sub>, deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi A_{ef} f_y}{\gamma_{a1}}$$

**N<sub>c,Rd</sub>** : 1049.77 kN

Onde:

**χ**: Fator de redução total associado à resistência à compressão.**χ** : 0.614

**A<sub>ef</sub>**: Área efetiva da seção transversal da barra.

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

**A<sub>ef</sub>** : 112.90 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa

**γ<sub>a1</sub>** : 1.10

### Fator de redução χ:

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

**χ** : 0.614

Onde:

**λ<sub>0</sub>**: Índice de esbeltez reduzido.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{A_g \cdot f_y}{N_e}}$$

**λ<sub>0</sub>** : 1.080

Sendo:

**A<sub>g</sub>**: Área bruta da seção transversal da barra.

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

**N<sub>e</sub>**: Força axial de flambagem elástica.

**A<sub>g</sub>** : 118.57 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa

**N<sub>e</sub>** : 1693.62 kN

### Área efetiva da seção transversal.

$$A_{ef} = A_g - \sum ((b - b_{ef}) t)$$

**A<sub>ef</sub>** : 112.90 cm<sup>2</sup>

Mesa: Elemento do Grupo 2 da Tabela 4.

$$\frac{b}{t} > \frac{(b/t)_{lim}}{\sqrt{\chi}}$$

**76.13** > **65.89**

**b<sub>ef</sub>**: Largura efetiva do elemento.

**b<sub>ef</sub>** : 442.91 mm

$$b_{ef} = b \left( 1 - c_1 \sqrt{\frac{\sigma_{el}}{\chi f_y}} \right) \sqrt{\frac{\sigma_{el}}{\chi f_y}}$$

Onde:

**(b/t)**: Relação entre largura e espessura.

**b**: Largura.

**t**: Espessura.

**(b/t)<sub>lim</sub>**: Relação limite entre largura e espessura.

**(b/t)** : 76.13

**b** : 487.20 mm

**t** : 6.40 mm

$$(b/t)_{lim} = 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

**(b/t)<sub>lim</sub>** : 65.89

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

**σ<sub>el</sub>**: Tensão de flambagem local.

**E** : 200000 MPa

**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa

**σ<sub>el</sub>** : 145.92 MPa

$$\sigma_{el} = \left( c_2 \frac{(b/t)_{lim}}{b/t} \right)^2 f_y$$

**C<sub>1</sub>**: Factor para cálculo de flambagem local.

**C<sub>2</sub>**: Factor para cálculo de flambagem local.

**C<sub>1</sub>** : 0.20

**C<sub>2</sub>** : 1.38

**29.58** ≤ **65.89**

$$\frac{b}{t} \leq \frac{(b/t)_{lim}}{\sqrt{\chi}}$$

**b<sub>ef</sub>**: Largura efetiva do elemento.

**b<sub>ef</sub>** : 281.00 mm

$$b_{ef} = b$$

Onde:

**(b/t)**: Relação entre largura e espessura.

**(b/t)** : 29.58

**b**: Largura.

**b** : 281.00 mm

**t**: Espessura.

**t** : 9.50 mm

**(b/t)<sub>lim</sub>**: Relação limite entre largura e espessura.

$$(b/t)_{lim} = 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

**(b/t)<sub>lim</sub>** : 65.89

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

**E** : 200000 MPa

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa

### Força axial de flambagem elástica:

A força axial de flambagem elástica, **N<sub>e</sub>**, de uma barra com seção transversal duplamente simétrica ou simétrica em relação a um ponto, é dada pelo menor valor entre os obtidos por (a), (b) e (c):

**N<sub>e</sub>** : 1693.62 kN

(a) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia X da seção transversal:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(L_x)^2}$$

**N<sub>ex</sub>** : 4455.66 kN

Onde:

**L<sub>x</sub>**: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo X.

**L<sub>x</sub>** : 14.300 m

**I<sub>x</sub>**: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

**I<sub>x</sub>** : 46158.76 cm<sup>4</sup>

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

**E** : 200000 MPa

(b) Para flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia Y da seção transversal:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(L_y)^2}$$

**N<sub>ey</sub>** : 1693.62 kN

Onde:

**L<sub>y</sub>**: Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo Y.

**L<sub>y</sub>** : 14.300 m

**I<sub>y</sub>**: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

**I<sub>y</sub>** : 17545.15 cm<sup>4</sup>

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

**E** : 200000 MPa

(c) Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal Z:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[ \frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{L_z^2} + G \cdot J \right]$$

**N<sub>ez</sub>** : 553009.38 kN

Onde:

**L<sub>z</sub>**: Comprimento de flambagem por torção.

**L<sub>z</sub>** : 14.300 m

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

**E** : 200000 MPa

**C<sub>w</sub>**: Constante de empenamento da seção transversal.

**C<sub>w</sub>** : 0.00 cm6

**G**: Módulo de elasticidade transversal do aço.

**G** : 77000 MPa

**J**: Constante de torção da seção transversal.

**J** : 38586.94 cm4

**r<sub>0</sub>**: Raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento.

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)}$$

**r<sub>0</sub>** : 23.18 cm

Onde:

**r<sub>x</sub>, r<sub>y</sub>**: Raios de giração em relação aos eixos principais X, Y, respectivamente.

**r<sub>x</sub>** : 19.73 cm

**r<sub>y</sub>** : 12.16 cm

**X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>**: Coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos principais X, Y, respectivamente.

**X<sub>0</sub>** : 0.00 mm

**Y<sub>0</sub>** : 0.00 mm

### Resistência à flexão eixo X

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

**η** : 0.702 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 7.150 m do nó N1, para a combinação de ações 1.3·PP+Z1.

**M<sub>Sd</sub><sup>+</sup>**: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

**M<sub>Sd</sub><sup>+</sup>** : 227.32 kN·m

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta.

**75.16** ≤ **197.43**

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

**λ** : 75.16

Sendo:

**h**: Altura da parte plana das almas.

**h** : 481.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

**t<sub>w</sub>** : 6.40 mm

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

**λ<sub>r</sub>** : 197.43

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

**E** : 200000 MPa

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M<sub>Rd</sub> de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

**M<sub>Rd</sub>** : 324.05 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{419.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

**W<sub>x</sub>**: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{1846.35} \text{ cm}^3$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$117.56 \leq 156.02$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{324.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y}$$

$$\lambda : \underline{117.56}$$

Sendo:

**L<sub>b,sup</sub>**: Distância entre pontos travados à flambagem lateral.

$$L_{b,sup} : \underline{14.300} \text{ m}$$

**r<sub>y</sub>**: Raio de giração da seção em relação ao eixo principal de inércia perpendicular ao eixo de flexão.

$$r_y : \underline{12.16} \text{ cm}$$

$$\lambda_p = \frac{0.13 \cdot E}{M_{pl}} \cdot \sqrt{J \cdot A}$$

$$\lambda_p : \underline{156.02}$$

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

**J**: Constante de torção da seção transversal.

$$J : \underline{38586.94} \text{ cm}^4$$

**A**: Área bruta da seção transversal da barra.

$$A : \underline{118.57} \text{ cm}^2$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{356.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

**Z<sub>x</sub>**: Módulo de resistência plástico.

$$Z_x : \underline{2138.28} \text{ cm}^3$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$30.23 \leq 38.79$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{324.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{30.23}$$

Sendo:

**b<sub>f</sub>**: Largura da parte plana das mesas.**b<sub>f</sub>** : 287.20 mm**t<sub>f</sub>**: Espessura da mesa comprimida.**t<sub>f</sub>** : 9.50 mm

$$\lambda_p = 1.12 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

**λ<sub>p</sub>** : 38.79

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.**E** : 200000 MPa**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

**M<sub>pl</sub>** : 356.45 kN·m

Onde:

**Z<sub>x</sub>**: Módulo de resistência plástico.**Z<sub>x</sub>** : 2138.28 cm<sup>3</sup>**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.**γ<sub>a1</sub>** : 1.10

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA:

$$\lambda > \lambda_p$$

**75.16 > 83.82**

$$\lambda \leq \lambda_r$$

**75.16 ≤ 197.43**

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

**M<sub>Rd</sub>** : 324.05 kN·m

Onde:

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

**M<sub>pl</sub>** : 356.45 kN·m

Onde:

**Z<sub>x</sub>**: Módulo de resistência plástico.**Z<sub>x</sub>** : 2138.28 cm<sup>3</sup>**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.**γ<sub>a1</sub>** : 1.10

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

**λ** : 75.16

Sendo:

**h**: Altura da parte plana das almas.**h** : 481.00 mm**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.**t<sub>w</sub>** : 6.40 mm

$$\lambda_p = 2.42 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

**λ<sub>p</sub>** : 83.82

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.**E** : 200000 MPa**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.**f<sub>y</sub>** : 166.70 MPa

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

**λ<sub>r</sub>** : 197.43

Sendo:

**E:** Módulo de elasticidade do aço.**E :** 200000 MPa**f<sub>y</sub>:** Resistência ao escoamento do aço.**f<sub>y</sub> :** 166.70 MPa**Resistência à flexão eixo Y**

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

**η :** 0.097 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 7.150 m do nó N1, para a combinação de ações PP+X1.

**M<sub>sd</sub><sup>+</sup>:** Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.**M<sub>sd</sub><sup>+</sup> :** 14.30 kN·mJá que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta**30.23 ≤ 197.43**

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

**λ :** 30.23

Sendo:

**h:** Altura da parte plana das almas.**h :** 287.20 mm**t<sub>w</sub>:** Espessura da alma.**t<sub>w</sub> :** 9.50 mm

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

**λ<sub>r</sub> :** 197.43

Sendo:

**E:** Módulo de elasticidade do aço.**E :** 200000 MPa**f<sub>y</sub>:** Resistência ao escoamento do aço.**f<sub>y</sub> :** 166.70 MPa

O momento fletor resistente de cálculo  $M_{Rd}$  de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

**M<sub>Rd</sub> :** 146.94 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo:

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

**M<sub>Rd</sub> :** 265.89 kN·m

Onde:

**W<sub>y</sub>:** Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.**W<sub>y</sub> :** 1169.68 cm<sup>3</sup>**f<sub>y</sub>:** Resistência ao escoamento do aço.**f<sub>y</sub> :** 166.70 MPa**γ<sub>a1</sub>:** Coeficiente de segurança do material.**γ<sub>a1</sub> :** 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT:

Não é necessária, já que o eixo de flexão não é o de maior inércia.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM

$$\lambda > \lambda_r$$

**75.16 > 51.61**



$$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}} f_y W_{ef}$$

$$M_{Rd} : \underline{146.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{75.16}$$

Sendo:

**b<sub>f</sub>**: Largura da parte plana das mesas.

$$b_f : \underline{481.00} \text{ mm}$$

**t<sub>f</sub>**: Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{6.40} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{51.61}$$

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

**W<sub>ef,y</sub>**: Módulo de resistência mínimo elástico, relativo ao eixo de flexão, para uma seção que tem uma mesa comprimida de largura igual a b<sub>ef</sub> dada por F.3.2, com σ igual a f<sub>y</sub>.

$$W_{ef,y} : \underline{969.63} \text{ cm}^3$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(d) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA

$$\lambda > \lambda_p$$

$$30.23 > 83.82$$

$$\lambda \leq \lambda_r$$

$$30.23 \leq 197.43$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{201.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{221.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

**Z<sub>y</sub>**: Módulo de resistência plástico.

$$Z_y : \underline{1331.32} \text{ cm}^3$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{30.23}$$

Sendo:

**h**: Altura da parte plana das almas.

$$h : \underline{287.20} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 2.42 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{83.82}$$

Sendo:

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$f_y$ : 166.70 MPa

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$\lambda_r$ : 197.43

Sendo:

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$E$ : 200000 MPa

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$f_y$ : 166.70 MPa

### Resistência ao esforço cortante X

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.004 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+X1.

$V_{Sd}$ : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$V_{Sd}$ : 2.00 kN

A força cortante resistente de cálculo,  $V_{Rd}$ , é determinada pela expressão:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

**30.23 ≤ 85.20**

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$V_{Rd}$ : 496.17 kN

Onde:

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f}$$

$\lambda$ : 30.23

Sendo:

$b_f$ : Largura da parte plana das mesas.

$b_f$ : 287.20 mm

$t_f$ : Espessura das mesas.

$t_f$ : 9.50 mm

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$\lambda_p$ : 85.20

Sendo:

$k_v$ : Coeficiente de flambagem.

$k_v$ : 5.00

$E$ : Módulo de elasticidade do aço.

$E$ : 200000 MPa

$f_y$ : Resistência ao escoamento do aço.

$f_y$ : 166.70 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$V_{pl}$ : 545.79 kN

Sendo:

$A_w$ : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = 2 \cdot b_f \cdot t_f$$

$A_w$ : 54.57 cm<sup>2</sup>

$\gamma_{a1}$ : Coeficiente de segurança do material.

$\gamma_{a1}$ : 1.10

**Resistência ao esforço cortante Y**

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.113} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.3·PP+Z2.

**V<sub>Sd</sub>**: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{Sd} : \underline{63.53} \text{ kN}$$

A força cortante resistente de cálculo, **V<sub>Rd</sub>**, é determinada pela expressão:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$75.16 \leq 85.20$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{559.82} \text{ kN}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{75.16}$$

Sendo:

**h**: Altura da parte plana das almas.

$$h : \underline{481.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{6.40} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{85.20}$$

Sendo:

**k<sub>v</sub>**: Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

**E**: Módulo de elasticidade do aço.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

**f<sub>y</sub>**: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : \underline{615.80} \text{ kN}$$

Sendo:

**A<sub>w</sub>**: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = 2 \cdot h \cdot t_w$$

$$A_w : \underline{61.57} \text{ cm}^2$$

**γ<sub>a1</sub>**: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

**Resistência ao esforço axial e flexão combinados**

Deve satisfazer:

$$\eta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.800} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 7.151 m do nó N1, para a combinação de ações 1.3·PP+Z1+X1+Y1.

**N<sub>c,Sd</sub>**: Força axial de compressão solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{2.00} \text{ kN}$$

**M<sub>x,Sd</sub>**: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{x,Sd}} : \underline{227.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**M<sub>y,Sd</sub>**: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{y,Sd}} : \underline{14.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} < 0.2$$

$$\mathbf{0.002} < \mathbf{0.200}$$

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left( \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.800}$$

Onde:

**N<sub>c,Rd</sub>**: Força axial resistente de cálculo de compressão.

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{1049.77} \text{ kN}$$

**M<sub>x,Rd</sub>, M<sub>y,Rd</sub>**: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal

$$\mathbf{M_{x,Rd}} : \underline{324.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{y,Rd}} : \underline{146.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

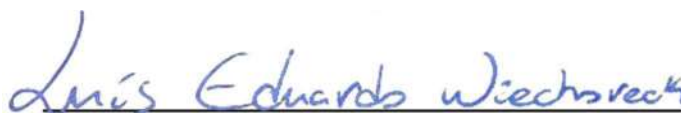
## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme exposto nesse laudo, o equipamento aqui descrito se encontra em conformidade e podem ser utilizado para a atividade a que se destinam, não podendo ultrapassar a capacidade de carga estipulada.

***Destaca-se que a ponte rolante foi montada com uma talha de capacidade de içamento de 5 toneladas, sendo que a capacidade estrutural da ponte é de 4 toneladas. A Siaotech não se responsabiliza pelo içamento e/ou deformação da viga por excesso de carga, (acima de 4 toneladas), recomenda que algum sistema de limitação seja instalado afim de impedir o içamento acima desta capacidade.***

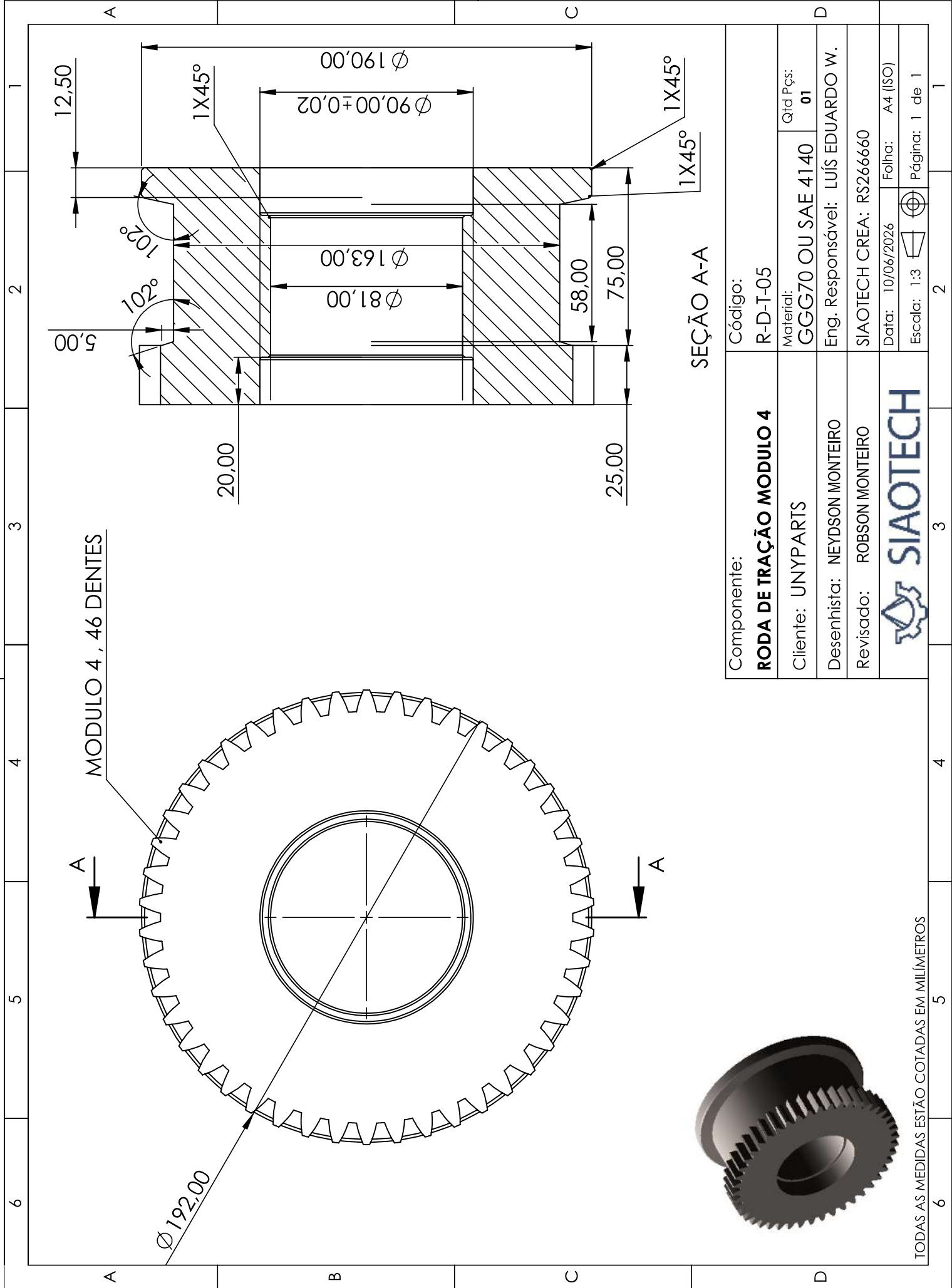
Nenhum item do sistema deve ser inserido, retirado ou modificado, sem autorização expressa, o que resultará na invalidação deste laudo.

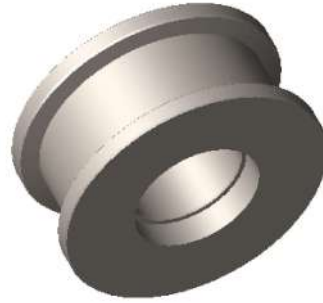
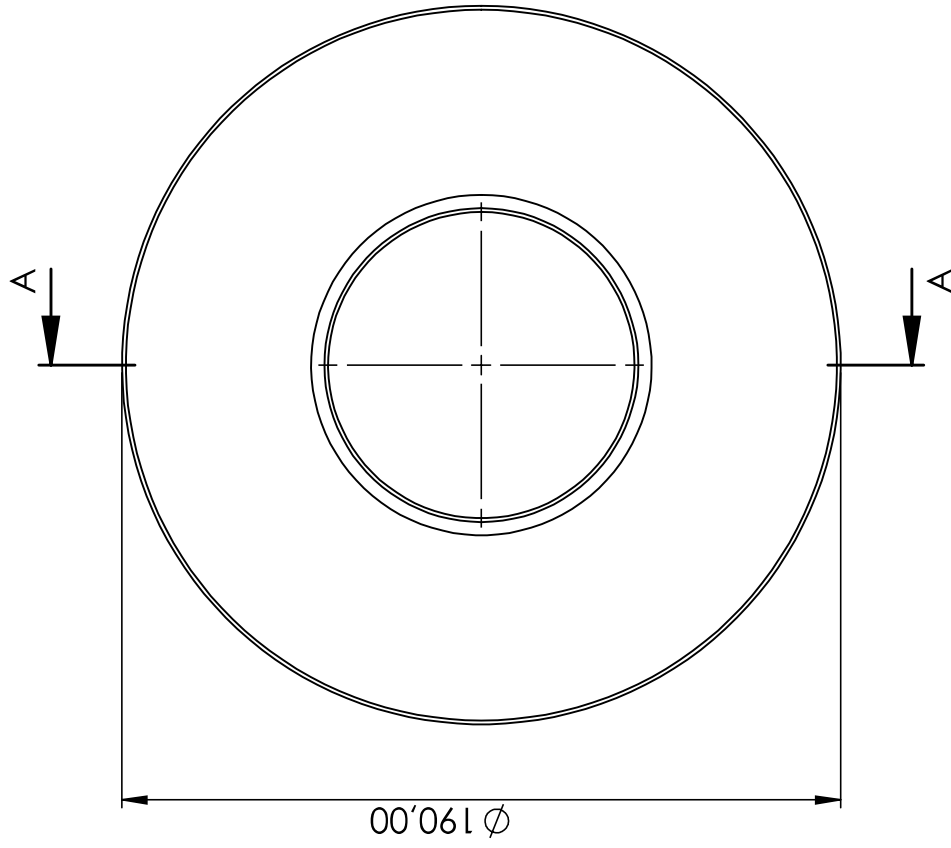
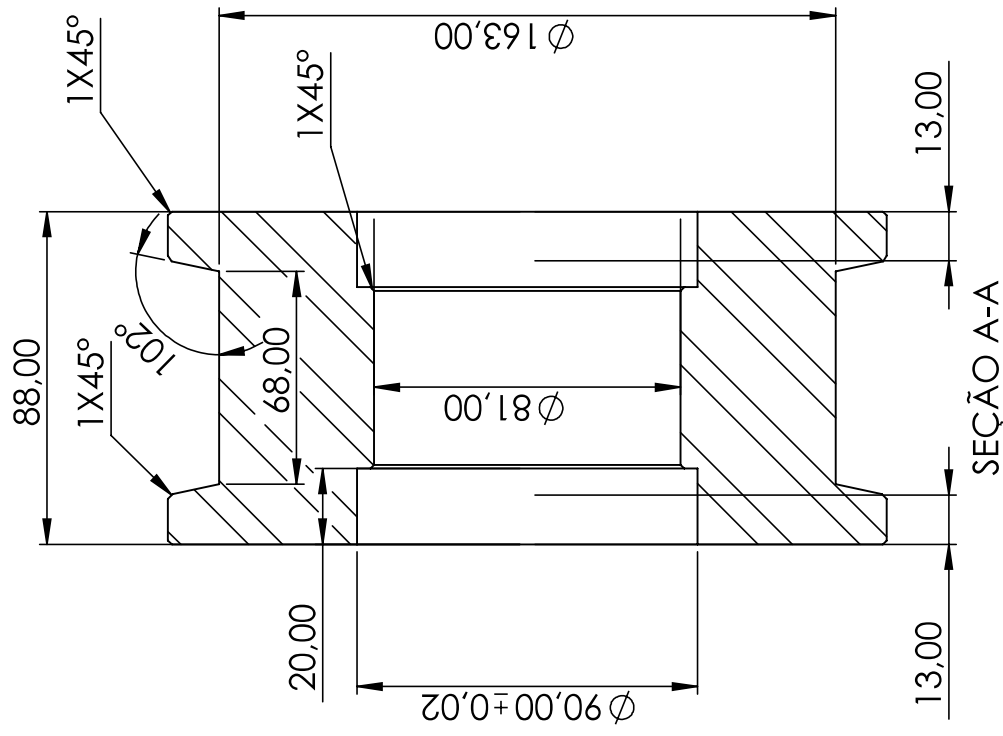
Atenciosamente,



Luís Eduardo Wiechoreck  
Engenheiro Mecânico  
Engenheiro de Segurança do Trabalho  
CREA RS2211066380

## ANEXO A – DESENHO PEÇAS CABECEIRAS

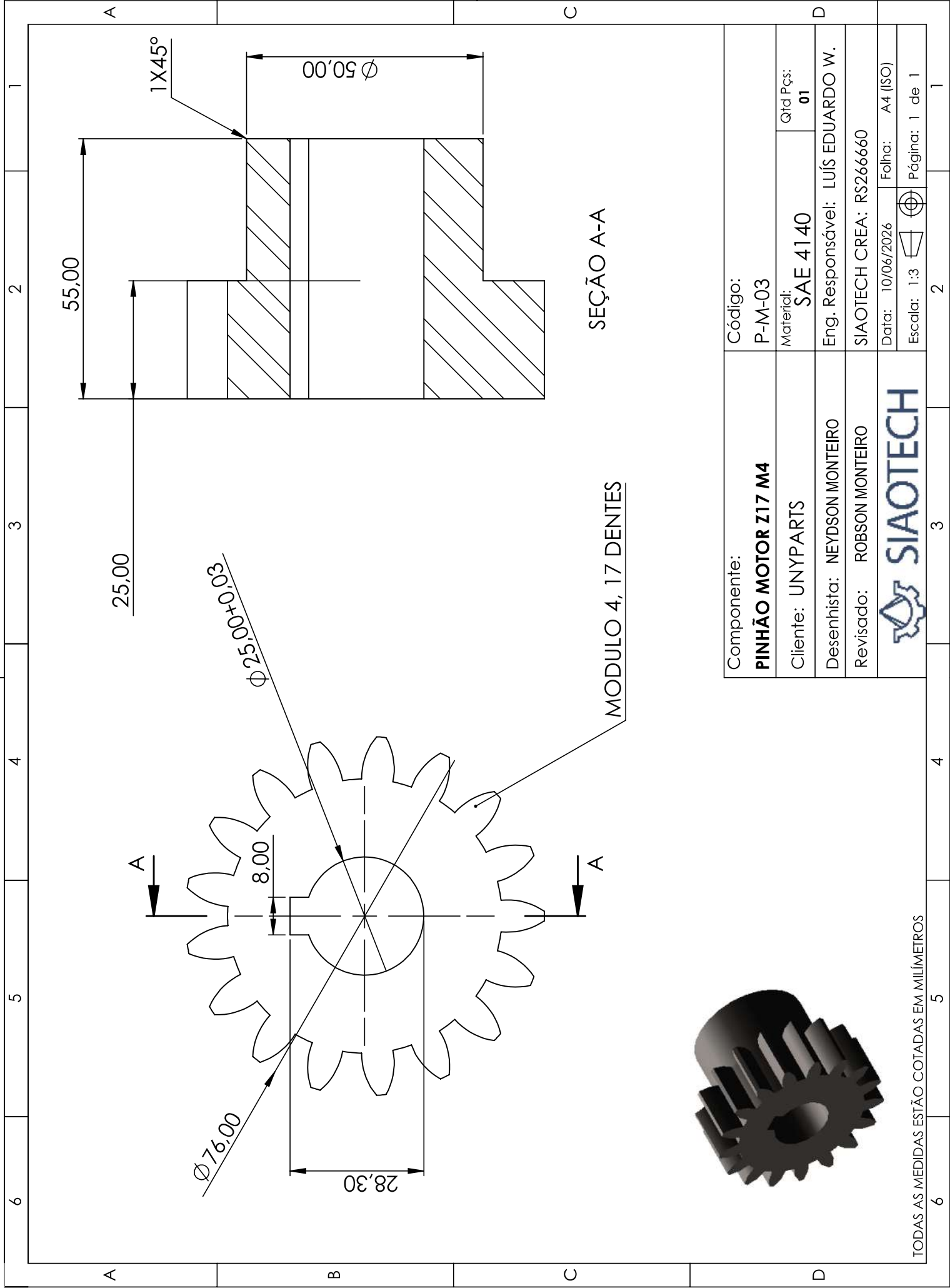




## SEÇÃO A-A

|                                                                                                         |                                                                                                 |                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Componente:<br><b>RODA LIVRE</b>                                                                        | Código:<br>R-L-04                                                                               |                                                                                                    |
|                                                                                                         | Material:                                                                                       | Qtd Pçs:<br><b>01</b>                                                                              |
| Cliente: UNYPARTS                                                                                       | GGG70 OU SAE 4140                                                                               |                                                                                                    |
| Desenhista: NEYDSON MONTEIRO                                                                            | Eng. Responsável: LUIÍS EDUARDO W.                                                              |                                                                                                    |
| Revisado: ROBSON MONTEIRO                                                                               | SIAOTECH CREA: RS266660                                                                         |                                                                                                    |
| <br><b>SIAOTECH</b> | Data: 11/06/2026                                                                                | Folha: A4 (ISO)                                                                                    |
|                                                                                                         | Escala: 1:3  |  Página: 1 de 1 |

TODAS AS MEDIDAS ESTÃO COTADAS EM MILÍMETROS



|                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Componente:                  | Código:                           |
| <b>PINHÃO MOTOR Z17 M4</b>   | P-M-03                            |
| Cliente: UNYPARTS            | Material: <b>SAE 4140</b>         |
| Desenhista: NEYDSON MONTEIRO | Qtd Pçs: <b>01</b>                |
| Revisado: ROBSON MONTEIRO    | Eng. Responsável: LUÍS EDUARDO W. |
|                              | SIAOTECH CREA: RS266660           |
|                              | Data: 10/06/2026                  |
|                              | Folha: A4 (ISO)                   |
|                              | Escala: 1:3                       |
|                              | Página: 1 de 1                    |



## ANEXO B – IDENTIFICAÇÃO

**SIAOTECH****SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS COM IND E SERVIÇOS LTDA****CNPJ 43.983.467/0001-01****CAXIAS DO SUL-RS FONE (54) 3219 4969****www.siaotech.com**

Nº DE SÉRIE

**068/2026**

ANO REFORMA

**2026**

FABRICANTE

**ABUS**

ANO FABRICAÇÃO

**2007**

TIPO

**PONTE ROLANTE**

CAPACIDADE

**4t**

MODELO

**MONOVIGA**

PESO (kg)

**2495**

CREA RS 266660

## ANEXO C – ADENDO ESQUEMA ELÉTRICO

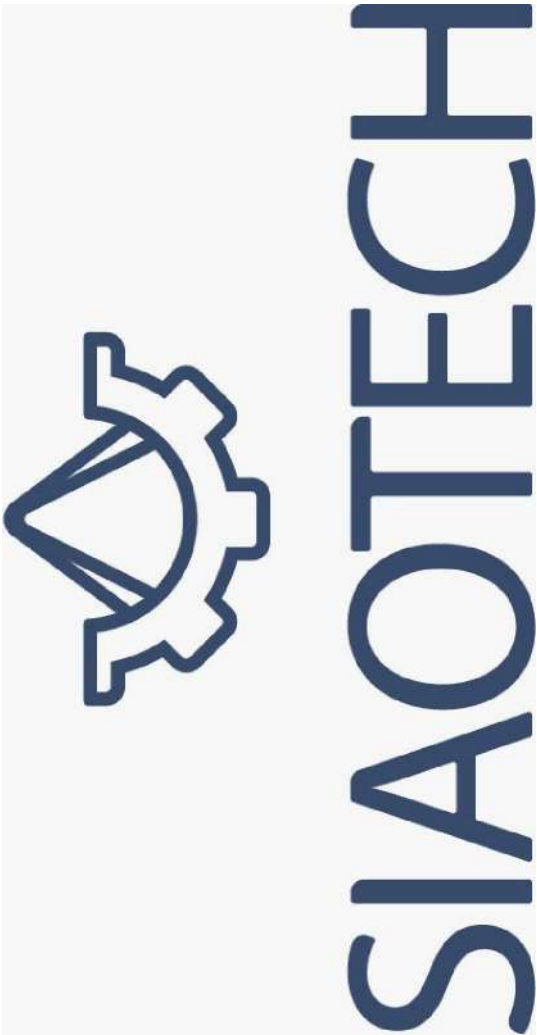


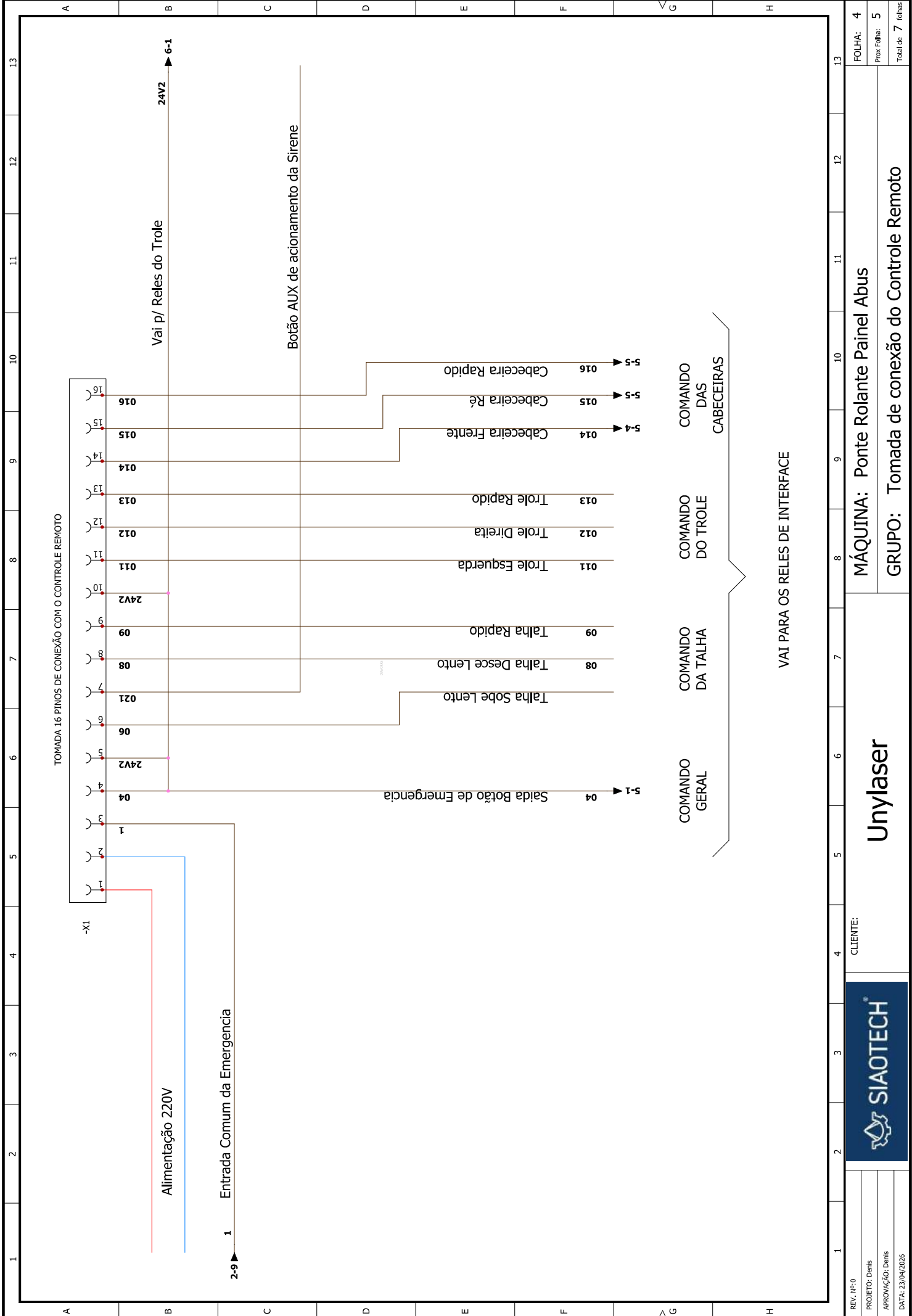
DIAGRAMA ELETRICO

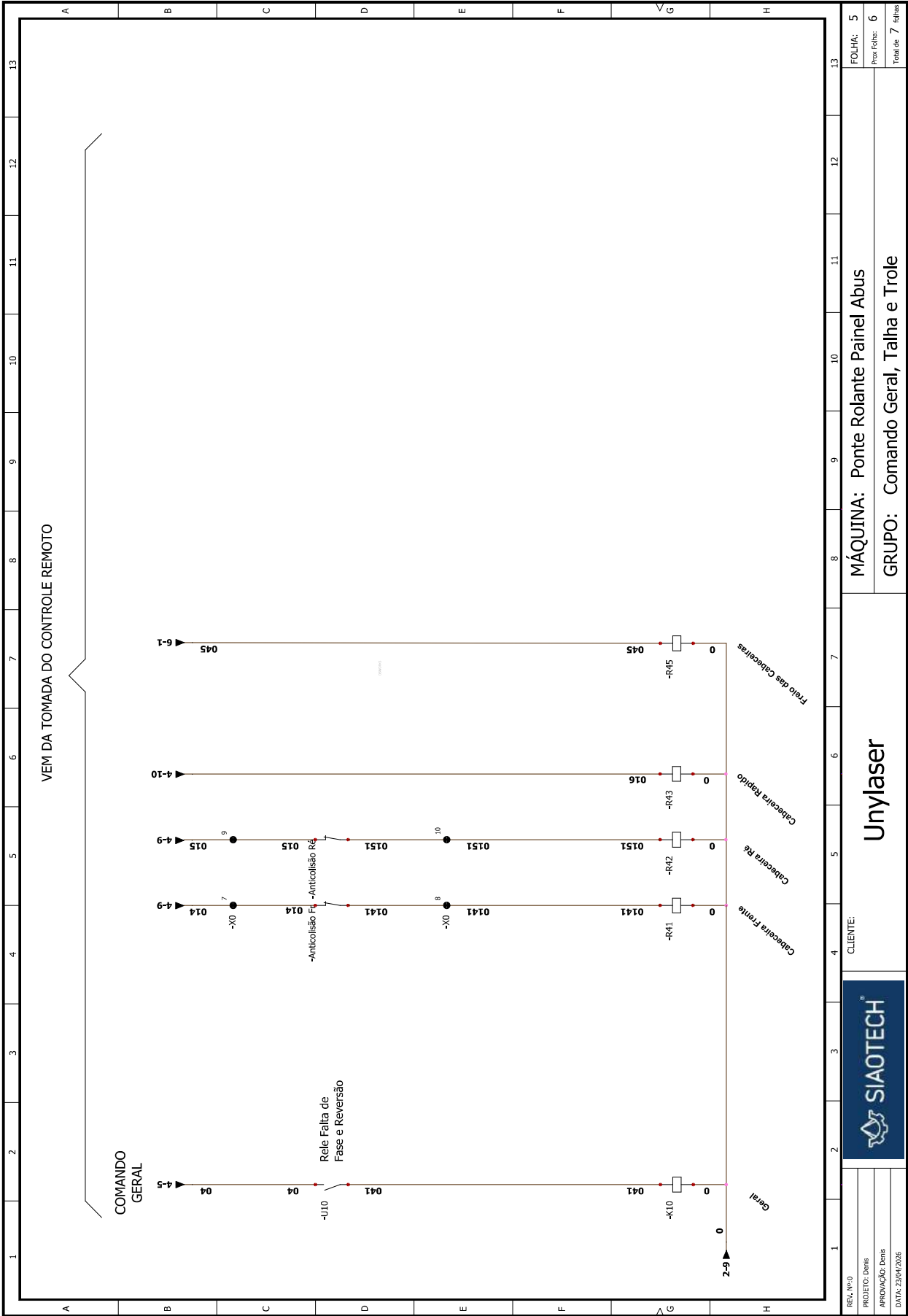
PONTE ROLANTE ABUS

|                          |                                               |                 |                  |
|--------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|------------------|
| CLIENTE:<br><br>Unylaser | EQUIPAMENTO:<br><br>PONTE ROLANTE Painel Abus | Nº SERIE:       | REV.: 0          |
|                          |                                               | COD REFERENCIA: | DATA: 23/04/2026 |









1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

A

B

C

D

E

F

G

H

VEN DA TOMADA DO CONTROLE REMOTO

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

A

B

C

D

E

F

G

H

Unylaser

CLIENTE:

REV. Nº:0

PROJETO: Denis

APROVAÇÃO: Denis

DATA: 23/04/2026

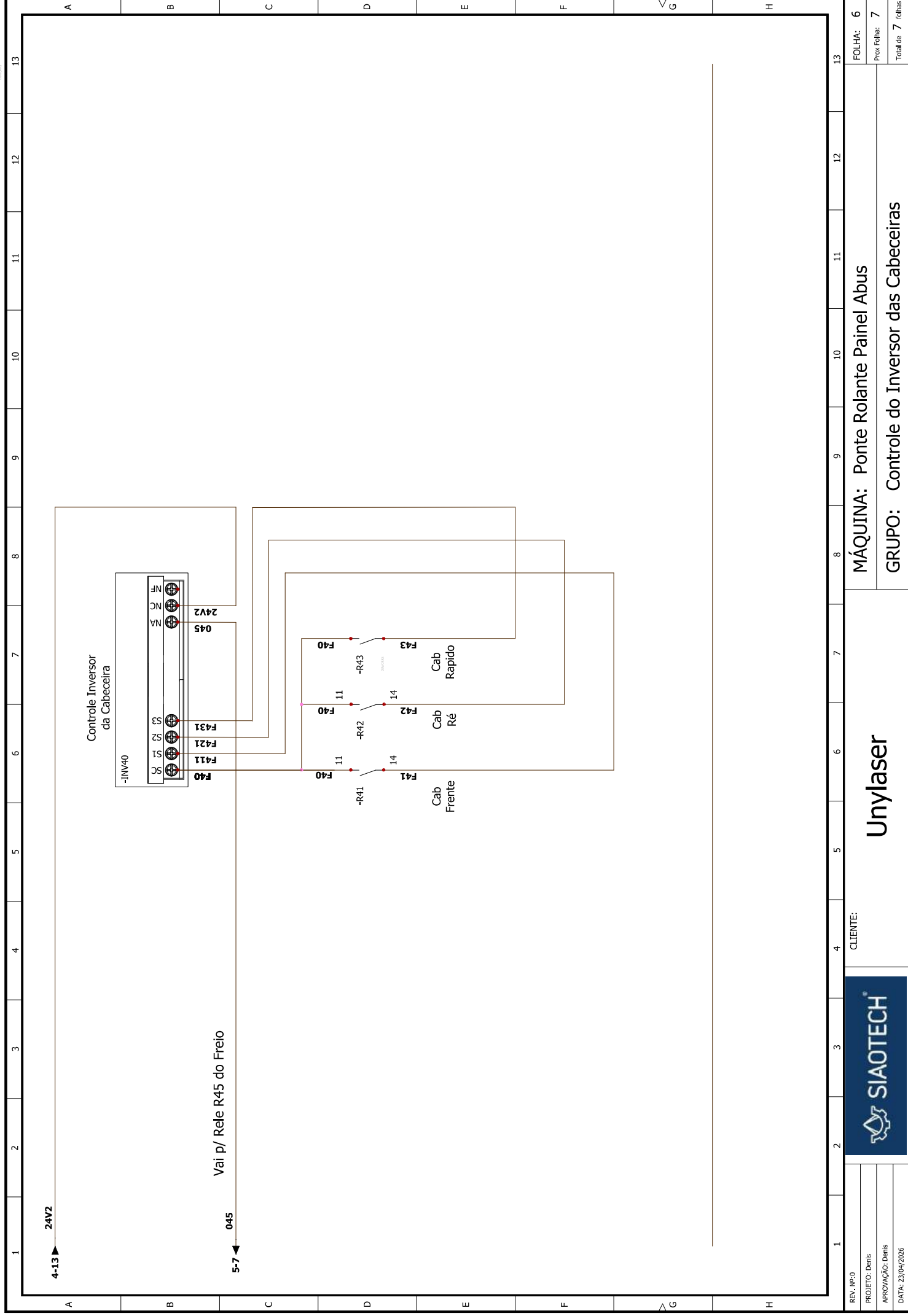
MÁQUINA: Ponte Rolante Painel Abus

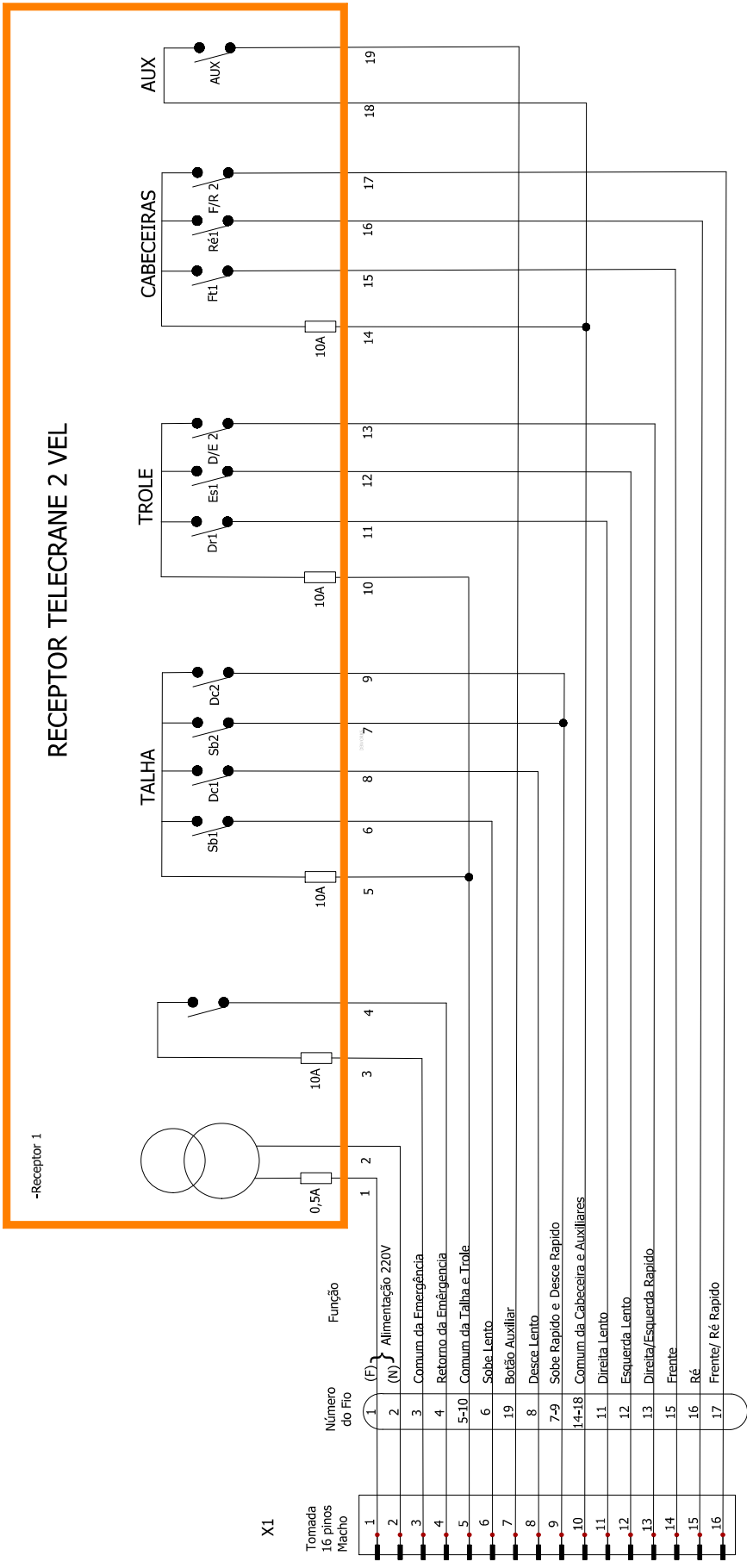
GRUPO: Comando Geral, Talha e Trole

FOLHA: 5

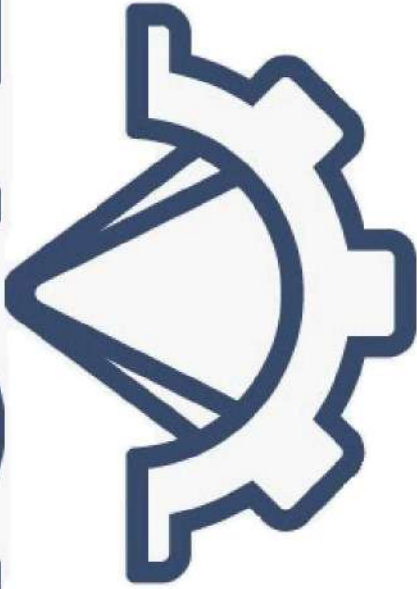
Prox Folha: 6

Total de 7 folhas





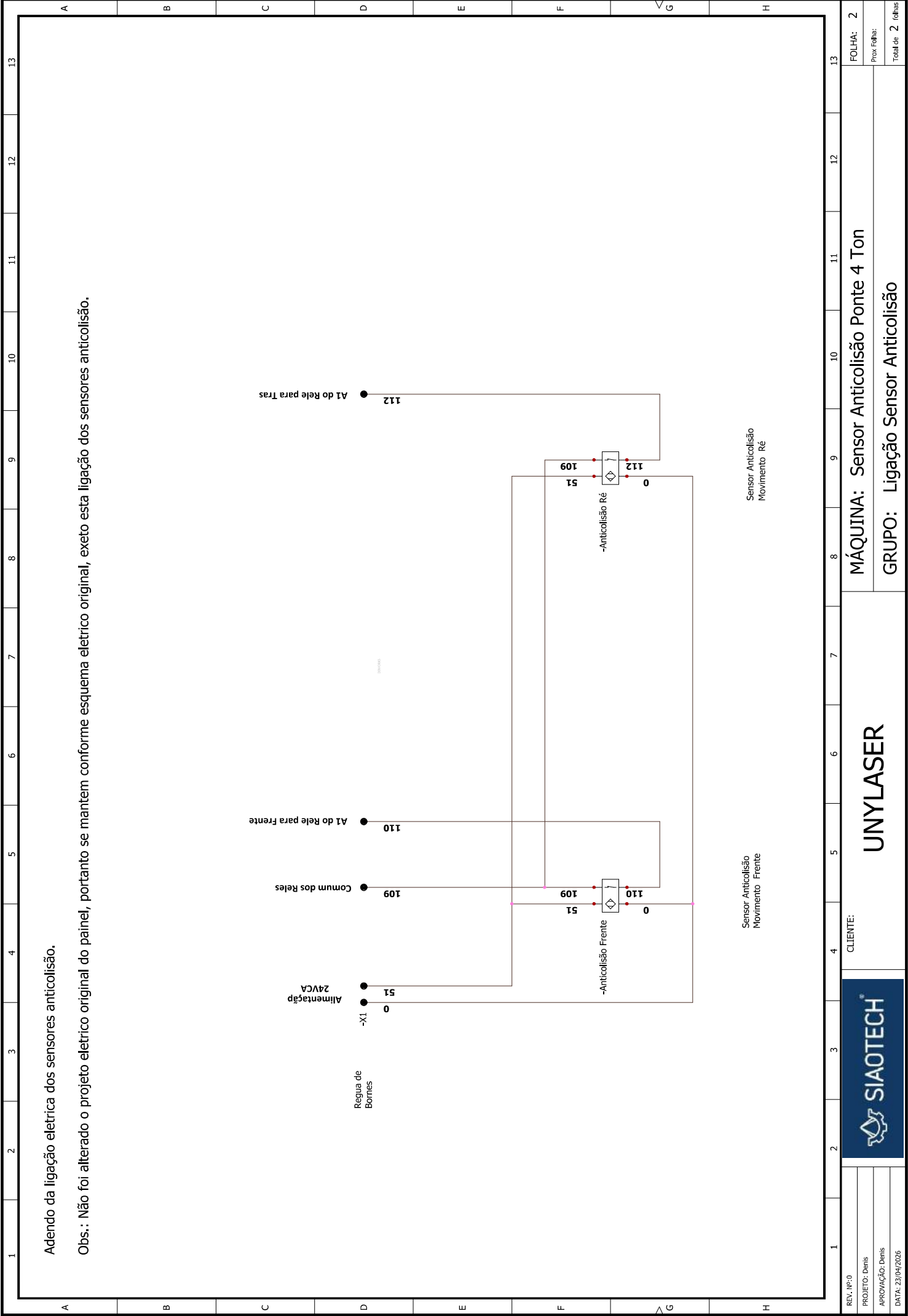
SIAOTECH



## DIAGRAMA ELETRICO

### Sensor anticolisão Ponte rolante 4T

|                          |                              |                 |                  |
|--------------------------|------------------------------|-----------------|------------------|
| CLIENTE:<br><br>UNYLASER | EQUIPAMENTO:<br><br>SIAOTECH | Nº SERIE:       | REV.: 0          |
|                          |                              | COD REFERENCIA: | DATA: 23/04/2026 |



## ANEXO D – ART



Tipo: OBRA OU SERVIÇO Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL  
Convênio: NÃO É CONVÊNIO Motivo: NORMAL

**Contratado**

Carteira: RS190508 Profissional: LUÍS EDUARDO WIECHORECK E-mail: eduardowie@gmail.com  
RNP: 2211066380 Título: Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Segurança do Trabalho  
Empresa: SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS COMERCIO INDUSTRIA E SERVICO LTDA Nr.Reg.: 266660

**Contratante**

Nome: SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS E SERVIÇOS LTDA E-mail:  
Endereço: Rua JERONIMO DEMORI 1474 Telefone: (54) 99192 9494 CPF/CNPJ: 43983467000101  
Cidade: Caxias do Sul Bairro: SÃO LUIZ CEP: 95074758 UF: RS

**Identificação da Obra/Serviço**

Proprietário: UNYLASER INDUSTRIA METALURGICA LTDA.  
Endereço da Obra/Serviço: Rua DALTON LAHM DOS REIS 269 CPF/CNPJ: 05897063000106  
Cidade: CAXIAS DO SUL Bairro: INDUSTRIAL CEP: 95112090 UF: RS  
Finalidade: INDUSTRIAL Vlr Contrato(R\$): 1.500,00 Honorários(R\$): 0,00  
Data Início: 06/05/2026 Prev.Fim: 08/06/2026 Ent.Classe:

| Atividade Técnica | Descrição da Obra/Serviço                                   | Quantidade | Unid. |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|------------|-------|
| Manutenção        | Ponte Rolante                                               | 1,00       | UN    |
| Observações       | REFERENTE AO RETROFIT DE UMA PONTE ROLANTE STRONG DE 1 TON  |            |       |
| Observações       | CONFORME PROJETO PR 26 05 038.                              |            |       |
| Manutenção        | Ponte Rolante                                               | 1,00       | UN    |
| Observações       | REFERENTE AO RETROFIT DE UMA PONTE ROLANTE STRONG DE 1 TON. |            |       |
| Observações       | CONFORME PROJETO PR 26 05 039.                              |            |       |
| Manutenção        | Ponte Rolante                                               | 1,00       | UN    |
| Observações       | REFERENTE AO RETROFIT DE UMA PONTE ROLANTE ABUS DE 4 TON.   |            |       |
| Observações       | CONFORME PROJETO PR 26 05 040.                              |            |       |

ART registrada (paga) no CREA-RS em 29/05/2026

|                                               |                                                                                               |                                                                                   |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Caxias do Sul/RS - 29/05/2026<br>Local e Data | Declaro serem verdadeiras as informações acima<br><br>LUÍS EDUARDO WIECHORECK<br>Profissional | De acordo<br><br>SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS E SERVIÇOS LTDA<br>Contratante |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.