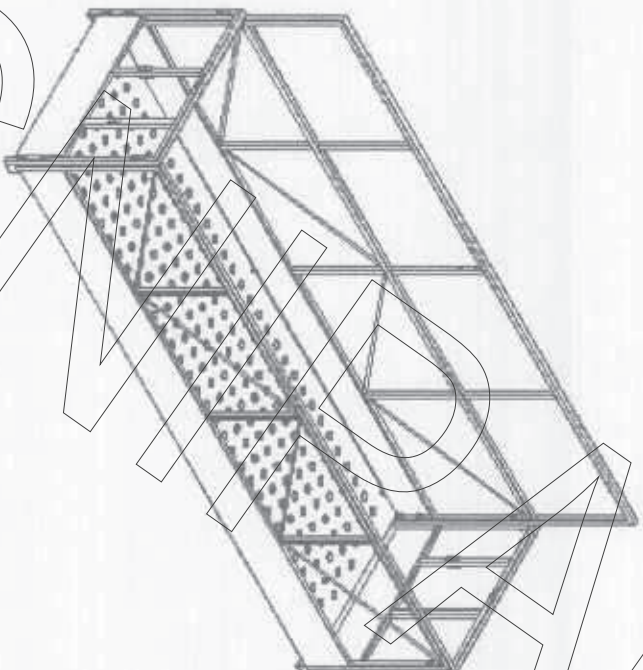


MEMORIAL DE CÁLCULO 081814 / 3 - 0

ELEVADOR MANUAL EMAT FIT 3 M

ELEVADOR MOTORIZADO EMOT FIT 3 M



**FABRICANTE:** Tecnipar Máquinas e Metalurgia Ltda

**ENDEREÇO:** Rua Antonio Zanini nº 1099

95041-070 – Caxias do Sul - RS

**CNPJ:** 93.998.953/0001-71

Elaborado por:

Jose Sergio Menegaz  
Engº Mecânico  
CREA 23991

Av. Guaporé 145 / 202 - 90470 - 230 - Porto Alegre - RS  
99946931 / 31080699 - Fax 33482177  
smenegaz\_ez@terra.com.br



## **1 OBJETIVO**

O presente memorial de cálculo objetiva demonstrar a capacidade de carga e as condições de segurança do equipamento em análise, do ponto de vista do dimensionamento estrutural de seus componentes.

## **2. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO**

O dimensionamento é efetuado em conformidade com as especificações da Norma Européia EN 1808 e da Norma Regulamentadora NR 18, considerando-se o equipamento acionado por guincho manual. O dimensionamento da plataforma é idêntico para elevadores acionados por guincho motorizado, modificando-se apenas as forças de tração nos cabos de sustentação (item 7.1.1), as quais são incrementadas em 44 Kgf. Os pesos próprios da plataforma acionada por meio de guinchos manuais são dados conforme segue:

- Proteção externa.....	29 Kgf
- Proteção interna.....	23 Kgf
- Piso .....	44 Kgf
- Cabeceira para guincho manual (2 unidades).....	18 Kgf
- Guinchos manuais (2 unidades).....	44 Kgf

O peso próprio total em movimento é igual a **158 Kgf**, que define, juntamente com a carga, as trações nos cabos de suspensão dos guinchos. As cargas referentes aos guinchos e às cabeceiras não atuam sobre a plataforma, de modo que seu dimensionamento considera o peso próprio total igual a **96 Kgf**.

## **3. CARGA NOMINAL DA PLATAFORMA**

### **3.1 Carga máxima admitida para dimensionamento**

A plataforma comprimento 3,00 m é dimensionada para uma carga máxima igual à **530 Kgf**.

### **3.2 Carga nominal de acordo com a Norma Européia NE 1808**

A Norma Européia NE 1808 estabelece em seu item 6.3.2.1, que o cálculo da carga nominal  $R_L$  para plataformas ocupadas por duas ou mais pessoas é dado por:

$$R_L = ( n \times M_p ) + ( 2 \times M_e ) + M_m$$

onde:  $n$  = número de pessoas na plataforma

$$M_p = \text{massa de cada pessoa, igual à } 80 \text{ Kgf}$$

$$M_e = \text{peso mínimo do equipamento pessoal, igual à } 40 \text{ Kgf}$$

$$M_m = \text{massa do material na plataforma de trabalho}$$

Para  $R_L$  já definida, e para plataforma a ser ocupada, por definição, por duas pessoas, temos:

$$530 = ( 2 \times 80 ) + ( 2 \times 40 ) + M_m \quad \Rightarrow \quad M_m = 290 \text{ Kg}$$

Fica definido desta forma, que a massa de material na plataforma não pode exceder **290 Kg**, quando ocupada por dois trabalhadores



#### 4. DISTRIBUIÇÃO DA CARGA RL NA PLATAFORMA

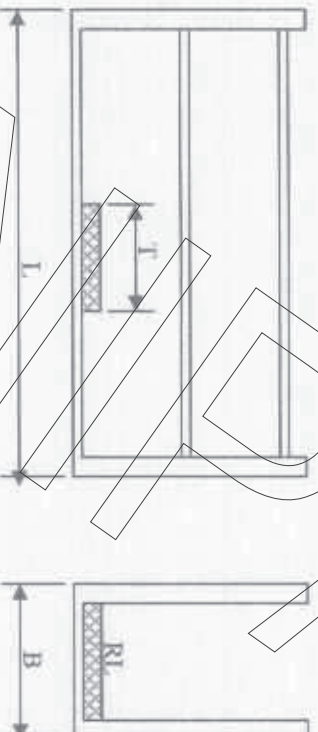
A Norma Europeia NE 1808 estabelece:

- Item 6.3.2.2 "A capacidade de carga mínima do piso da plataforma (RF) deve ser igual à **200 Kg / m<sup>2</sup>**. O piso deve suportar uma carga de 100 Kg distribuída sobre uma área de 0,2 x 0,2 m"

- Item 6.3.2.3 " A carga RL é calculada de acordo com as fórmulas (1) e (2) e distribuída sobre uma superfície Sa, localizada no comprimento T"

$$S_a = B \times T$$

$$T = R_L / (B \times R_F) \quad \text{onde } R_F = 200 \text{ Kg} / \text{m}^2$$



O comprimento T é dado por:

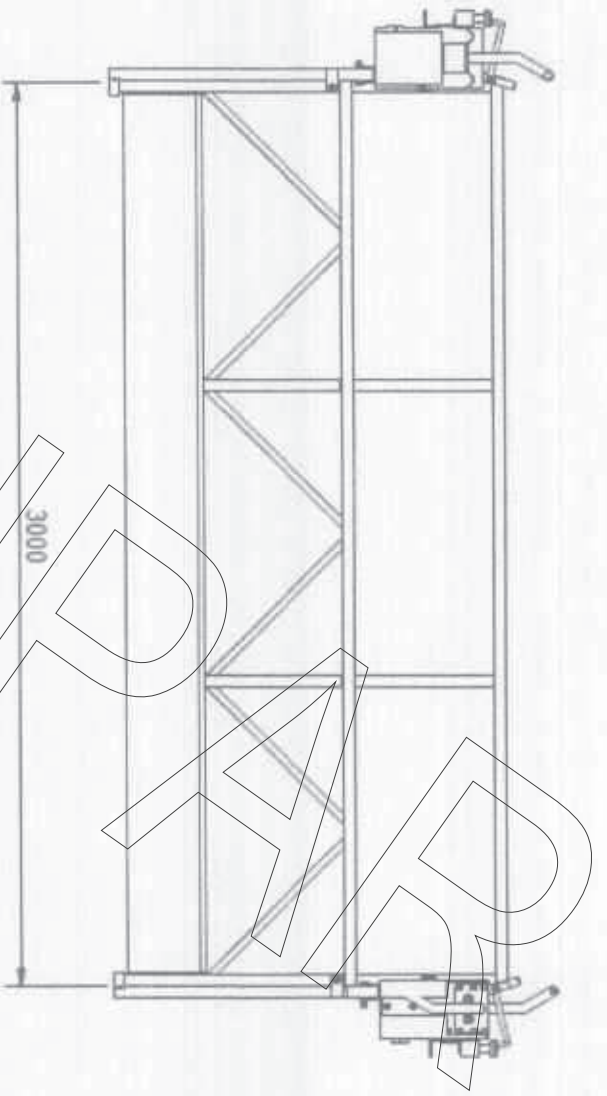
$$T = R_L / (B \times R_F)$$

$$T = 530 / (0,90 \times 200)$$

$$\Rightarrow T = 2,944 \text{ m}$$

Tendo em vista que o comprimento T calculado é praticamente igual ao comprimento total da plataforma, a carga total é considerada como distribuída ao longo do comprimento 3,00 metros.

**5. ESQUEMA CONSTRUTIVO DA PLATAFORMA**



TECNIPIR

## 6. MOMENTO DE INÉRCIA DA PLATAFORMA SEGUNDO O COMPRIMENTO

Os elementos resistentes segundo o comprimento da plataforma constituem-se das laterais externas e interna, que se diferenciavam pela presença de um tubo horizontal superior na lateral externa. Devido à ausência de elementos de união que possam caracterizar este tubo superior como parte integrante de uma treliça que caracterize uma viga composta, o mesmo não será considerado para cálculo do momento de inércia da seção. Dessa forma, o momento de inércia é definido por duas laterais internas montadas em paralelo, constituídas basicamente de:

### Tubo quadrado superior

- Largura.....	30 mm
- Altura.....	30 mm
- Espessura da parede.....	1,50 mm
- Área da seção transversal.....	1,71 cm <sup>2</sup>
- Material.....	SAE 1020
- Limite de escoamento.....	2100 Kgf / cm <sup>2</sup>

### Perfil enrijecido inferior

- Espessura da parede.....	2,00 mm
- Área da seção transversal.....	6,24 cm <sup>2</sup>
- Material.....	SAE 1020
- Limite de escoamento.....	2100 Kgf / cm <sup>2</sup>

### 6.1 Momento de inércia do tubo quadrado superior

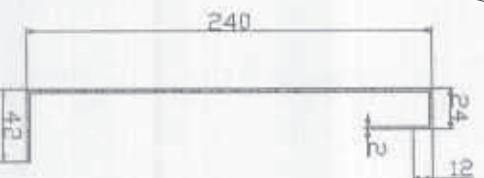
O momento de inércia do tubo quadrado superior é dado por:

$$J_1 = (B \cdot H^3 / 12) - (b \cdot h^3 / 12)$$

$$J_1 = (3 \cdot 3^3 / 12) - (2,7 \cdot 2,7^3 / 12)$$

$$\Rightarrow J_1 = 2,321 \text{ cm}^4$$

### 6.2 Perfil U enrijecido inferior



### 6.2.1 Distância da linha neutra do perfil enrijecido inferior

$$v = y_s = \Sigma A_i \cdot y_i / A$$

$$v = y_s = ( (0,40 \cdot 0,1) + (0,24 \cdot 0,6) + (4,8 \cdot 12) + (0,80 \cdot 23,9) ) / 6,24$$

$$v = y_s = ( (0,04) + (0,14) + (57,60) + (19,12) ) / 6,24$$

$$v = y_s = (76,9) / 6,24 \Rightarrow v = 12,32 \text{ cm}$$

### 6.2.2 Momento de inércia do perfil enrijecido inferior

O momento de inércia segundo o eixo X é dado pelo Teorema de Steiner conforme segue:

$$J_2 = \Sigma ( J_o + A \cdot d^2 )$$

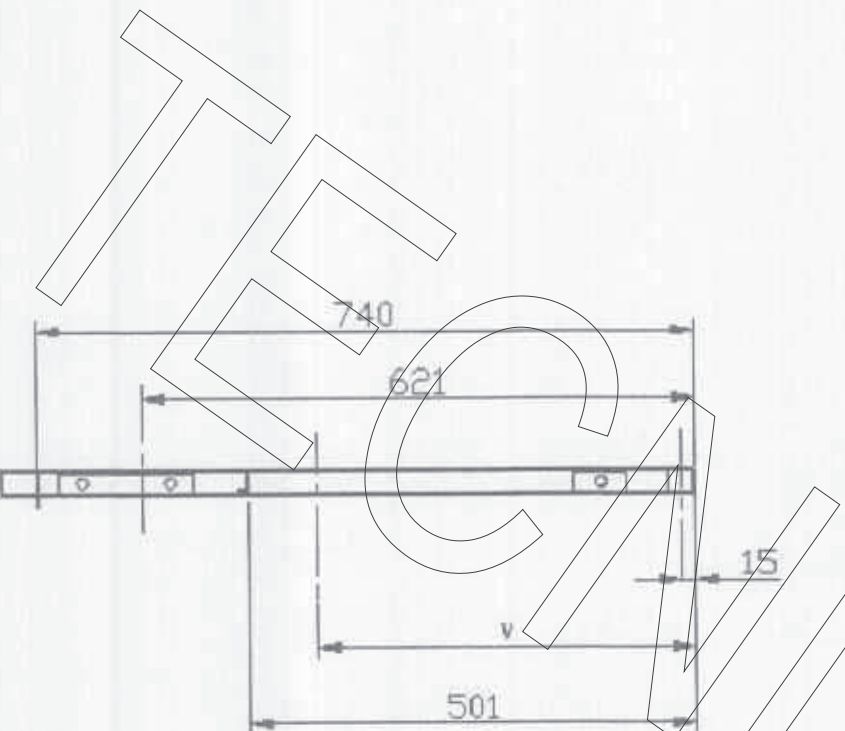
$$J_2 = (0,00133 + 0,40 \cdot 12,22^2) + (0,0288 + 0,24 \cdot 11,72^2) + (230,4 + 4,8 \cdot 0,32^2) + (0,00266 + 0,80 \cdot 11,58^2)$$

$$J_2 = (59,73) + (32,99) + (230,89) + (107,27)$$

$$J_2 = 431 \text{ cm}^4$$

### 6.3 Perfil composto (lateral interna)

#### 6.3.1 Seção transversal do perfil composto (lateral interna)



### 6.3.2 Distância da linha neutra do perfil composto

Área da seção transversal do perfil composto:

$$A = 1,71 + 6,24 \Rightarrow A = 7,95 \text{ cm}^2$$

Distância da linha neutra:

$$v = y_s = \Sigma A_i \cdot y_i / A$$

$$v = y_s = ((1,71 \cdot 1,5) + (6,24 \cdot 62,1)) / 7,95$$

$$v = y_s = (2,56 + 387,50) / 7,95 \Rightarrow v = 49,00 \text{ cm}$$

### 6.3.3 Momento de inércia do perfil composto

O momento de inércia segundo o eixo X é dado pelo Teorema de Steiner conforme segue:

$$J_c = \Sigma (J_o + A \cdot d^2)$$

$$J_c = (2,32 + 1,71 \cdot 47,5^2) + (431 + 6,24 \cdot 13,1^2)$$

$$J_c = (3860) + (1502) \Rightarrow J_c = 5362 \text{ cm}^4$$

### 6.3.4 Momento de inércia resistente total

Cada plataforma utiliza duas laterais, de modo que o momento de inércia resistente total é dado por:

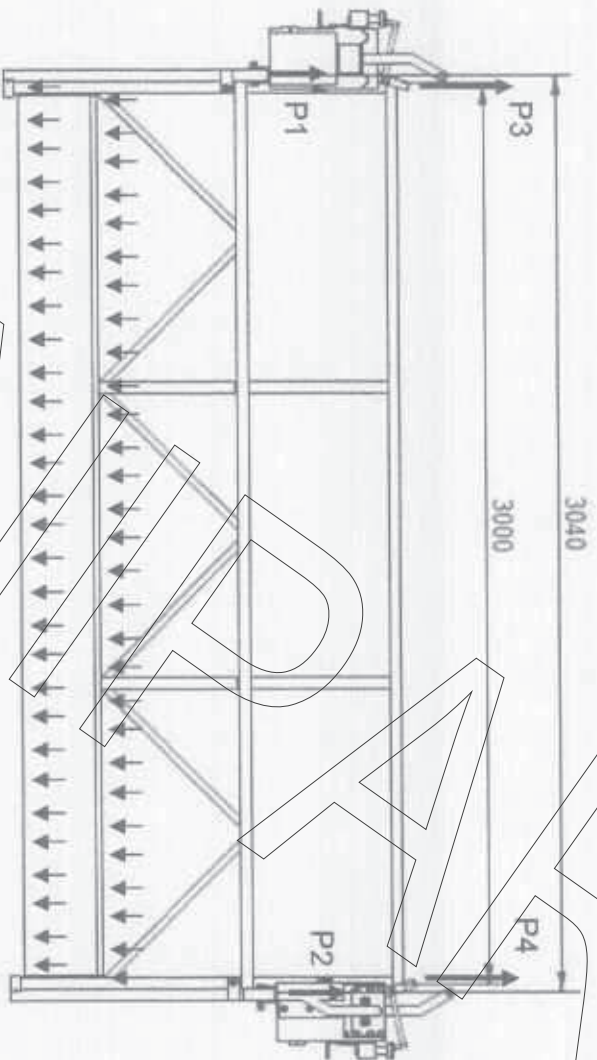
$$J = 2 \cdot J_c$$

$$J = 2 \cdot 5362 \Rightarrow J = 10724 \text{ cm}^4$$

TECNIBAR

### 7. VERIFICAÇÃO DA PLATAFORMA

Conforme dados do item 5, tanto o peso próprio da plataforma (158 Kgf) quanto o peso da carga (530 Kgf) se distribuem ao longo do comprimento 3,00 m, conforme esquema:



### 7.1 Determinação das forças P1 e P2

De acordo com o item 6.4 da Norma Europeia NE 1808, a carga suspensa total deve ser calculada por:

$$Q = 1,25 ( RL + SWP )$$

#### 7.1.1. Força de tração nos cabos de sustentação da plataforma

$$Q = 1,25 ( RL + SWP )$$

$$Q = 1,25 ( 530 + 158 ) \Rightarrow Q = 860 \text{ Kgf}$$

Sabendo-se que  $P1 + P2 = Q$ , temos:

$$P1 + P2 = 860$$

Para carga distribuída uniformemente,  $P1 = P2$ . Temos então:

$$P1 = 430 \text{ Kgf} \text{ e } P2 = 430 \text{ Kgf}$$

#### 7.1.2 Carga total sobre a plataforma

$$Qp = 1,25 ( RL + SWP )$$

$$Qp = 1,25 ( 530 + 96 )$$

$$\Rightarrow Qp = 784 \text{ Kgf}$$

Sabendo-se que  $P3 + P4 = Qp$ , temos:

$$P3 + P4 = 784$$

Para carga distribuída uniformemente,  $P3 = P4$ . Temos então:

$$P3 = 392 \text{ Kgf} \text{ e } P4 = 392 \text{ Kgf}$$

#### 7.1.3 Carga distribuída na plataforma

O peso próprio da plataforma distribui-se ao longo do comprimento 3000 mm (300 cm), de modo que a carga distribuída é dada por:

$$qpp = 1,25 \cdot 96 / 300$$

$\Rightarrow$

$$qpp = 0,40 \text{ Kgf / cm}$$

A carga  $Q = 530 \text{ Kgf}$  distribui-se ao longo do comprimento  $T = 3000 \text{ mm}$  (300 cm) de modo que a carga distribuída é dada por:

$$q = Q / T$$

$$q = (1,25 \cdot 530) / 300$$

$\Rightarrow$

$$q = 2,2083 \text{ Kgf / cm}$$

## 7.2 Momentos fletores na plataforma:

Os momentos fletores na plataforma são dados conforme segue:

Para  $0 \leq X \leq 3000$

$$M = P_3 \cdot X - (q_{pp} \cdot X) (X/2) - (q \cdot X) (X/2)$$

$$M = 392 \cdot X - (0,40 \cdot X) (X/2) - (2,2083 \cdot X) (X/2)$$

$$M = 392 \cdot X - 0,20 \cdot X^2 - 1,10415 \cdot X^2$$

## Se $X = 150$ (centro da plataforma)

$$M = 392 \cdot 150 - 0,20 \cdot 150^2 - 1,10415 \cdot 150^2$$

$$M = 58800 - 4500 - 24843 \quad \Rightarrow \quad M = 29457 \text{ Kgfcem}$$

## Se $X = 300$

$$M = 392 \cdot 300 - 0,20 \cdot 300^2 - 1,10415 \cdot 300^2$$

$$M = 117600 - 18000 - 99373 \quad \Rightarrow \quad M = 0 \text{ Kgfcem}$$

Para a condição de carga apresentada o maior momento fletor ocorre no centro da plataforma com valor igual a 29457 Kgfcem

## 7.4 Tensão de flexão na plataforma

A tensão de flexão é dada por:

$$\sigma = (M \cdot y_{max}) / J, \text{ onde:}$$

M = Máximo momento fletor atuante na estrutura resistente.

y<sub>max</sub> = Maior distância da linha neutra à fibra mais externa.

J = momento de inércia da seção transversal resistente.

Temos então:

$$\sigma = (29457 \cdot 49) / 10724 \quad \Rightarrow \quad \sigma = 135 \text{ Kgfcem}^2$$

## 7.5 Coeficiente de segurança

De acordo com a Norma Europeia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão admissível no caso 1 é dada por  $\sigma_a = \sigma_e / 1,5$ . Para o material SAE 1020, o limite de escoamento é igual a 2100 Kgfcem<sup>2</sup>, de modo que a tensão admissível é dada por:

$$\sigma_a = \sigma_e / 1,5$$

$$\sigma_a = 2100 / 1,5 \quad \Rightarrow \quad \sigma_a = 1400 \text{ Kgfcem}^2$$

O coeficiente de segurança em relação à tensão admissível é dado por:

$$n = \sigma_a / \sigma$$

$$n = 1400 / 135 \quad \Rightarrow \quad n = 10$$

Fica comprovada a segurança da plataforma, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1



### 8 TENSÃO DE FLEXÃO TRANSVERSAL NO PISO DA PLATAFORMA

No sentido transversal, a carga distribuída na plataforma é dada por:

$$q = 784 / 90 \Rightarrow q = 8,71 \text{ Kgf / cm}$$

O momento fletor no sentido transversal é dado por:

$$M = q \cdot l^2 / 8$$

$$M = 8,71 \cdot 90^2 / 8 \Rightarrow M = 8819 \text{ Kgfcm}$$

O momento resistente transversal é dado pela soma dos momentos de inércia de dois tubos quadrados altura 30 mm, largura 30 mm, espessura da parede igual a 1,50 mm, e seis tubos largura 20 mm, altura 30 mm e espessura da parede 1,50 mm, o que resulta em:

$$J = 2 (3 \cdot 3^3 / 12 - 2,70 \cdot 2,70^3 / 12) + 6 (2 \cdot 3^3 / 12 - 1,70 \cdot 2,70^3 / 12)$$

$$J = 2 (6,75 - 4,42) + 6 (4,50 - 2,78) \Rightarrow J = 14,98 \text{ cm}^4$$

A tensão de flexão é dada por:

$$\sigma = (M \cdot y_{max}) / J$$

$$\sigma = (8819 \cdot 1,5) / 14,98 \Rightarrow \sigma = 883 \text{ Kgf / cm}^2$$

#### 8.1 Coeficiente de segurança para tensão transversal

De acordo com a Norma Europeia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão admissível no caso 1 é dada por  $\sigma_a = \sigma_e / 1,5$ . Para o material SAE 1020, o limite de escoamento é igual a 2100 Kgf / cm<sup>2</sup>, de modo que a tensão admissível é dada por:

$$\sigma_a = \sigma_e / 1,5$$

$$\sigma_a = 2100 / 1,5 \Rightarrow \sigma_a = 1400 \text{ Kgf / cm}^2$$

O coeficiente de segurança em relação à tensão admissível é dado por:

$$n = \sigma_a / \sigma$$

$$n = 1400 / 883 \Rightarrow n = 1,58$$

Fica comprovada a segurança da seção transversal da plataforma, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1

## 9. VERIFICAÇÃO DA CHAPA DE PISO

Conforme item 6.3.2.2 da Norma Europeia EN 1808, o piso deve suportar uma carga de 100 Kg distribuída sobre uma área de 0,2 x 0,2 m. O piso é executado em chapa de aço SAE 1020, espessura 1,50 mm, com tensão de escoamento igual à 2100 Kgf / cm<sup>2</sup>.

### 9.1 Tensão de cisalhamento na chapa de piso

A área do perímetro de um quadrado de lado 20 cm executado com o material especificado é dada por:

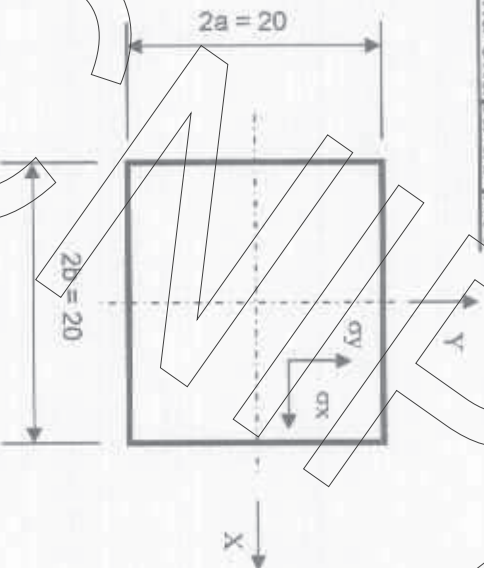
$$A = 4 \cdot 20 \cdot 0,15 \Rightarrow A = 12 \text{ cm}^2$$

A tensão de cisalhamento é dada por:

$$\tau = F / A$$

$$\tau = 100 / 12 \Rightarrow \tau = 8,33 \text{ Kgf / cm}^2$$

### 9.2 Tensão de tração na chapa de piso



Para uma carga igual à 100 Kgf distribuída uniformemente sobre a área do quadrado, a pressão é dada por:

$$p = F / A$$

$$p = 100 / (20 \cdot 20) \Rightarrow p = 0,25 \text{ Kgf / cm}^2$$

Para  $a/b = 1$  temos:

$$\phi_x = 0,53$$

$$\phi_y = 0,53$$

$$\psi = 0,225$$

As tensões segundo os eixos X e Y são dados por:

$$\sigma_x = \phi_x \cdot p \cdot b^2 / h^2$$

$$\sigma_x = 0,53 \cdot 0,25 \cdot 10^2 / 0,20^2 \Rightarrow \sigma_x = 331 \text{ Kgf / cm}^2$$

### 9.3 Tensão combinada na chapa de piso

$$\sigma_c = 0,35 \sigma + 0,65 (\sigma^2 + 4 \tau^2)^{0,5}$$

$$\sigma_c = 0,35 \cdot 331 + 0,65 (331^2 + 4 \cdot 8,33^2)^{0,5} \Rightarrow \sigma_c = 332 \text{ Kgf / cm}^2$$

### 9.4 Coeficiente de segurança na chapa de piso

De acordo com a Norma Européia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão admissível no caso 1 é dada por  $\sigma_a = \sigma_e / 1,5$ . Para o material SAF 1020, o limite de escoamento é igual à 2100 Kgf / cm<sup>2</sup>, de modo que a tensão admissível é dada por:

$$\sigma_a = \sigma_e / 1,5$$

$$\sigma_a = 2100 / 1,5 \Rightarrow \sigma_a = 1400 \text{ Kgf / cm}^2$$

O coeficiente de segurança em relação à tensão admissível é dado por:

$$n = \sigma_a / \sigma$$

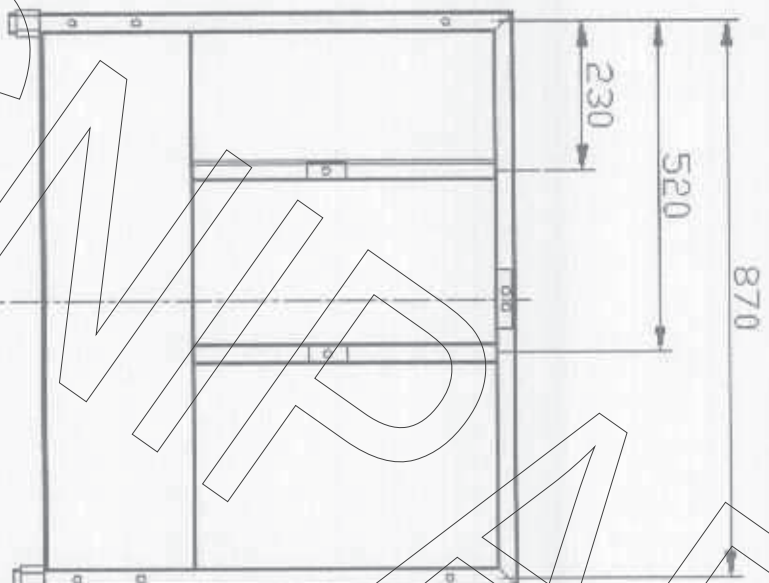
$$n = 1400 / 332 \Rightarrow n = 4,21$$

Fica comprovada a segurança da chapa de piso, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1

PROVA

## 10. VERIFICAÇÃO DAS CABECEIRAS

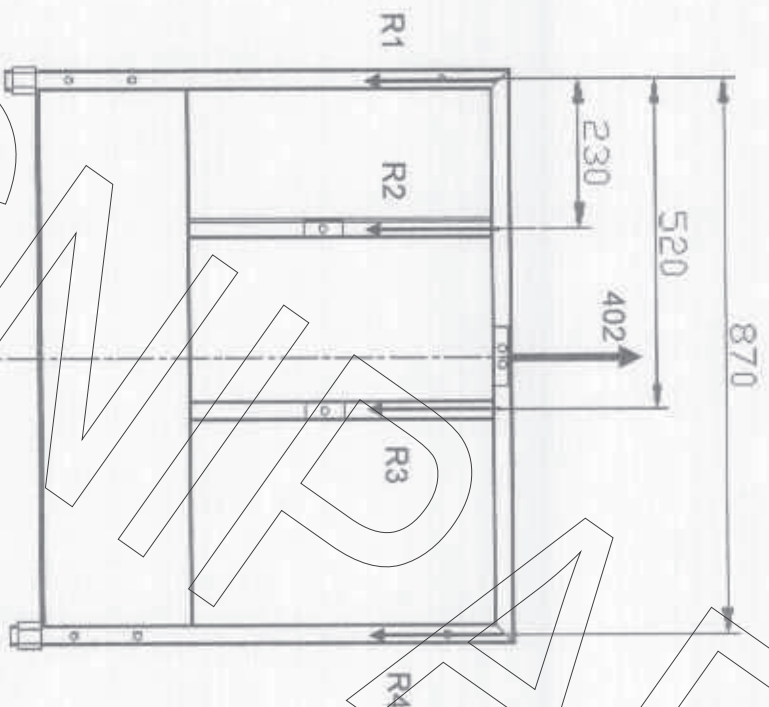
### 10.1 Esquema construtivo



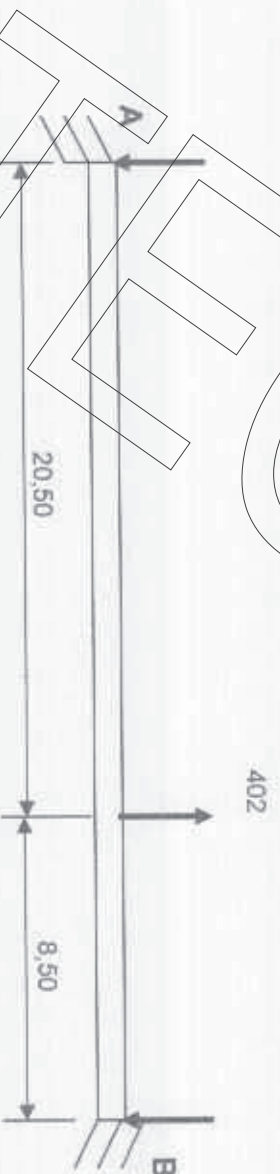
### 10.2 Carga máxima atuante nas cabeceiras

De acordo com o item 7.1, o maior valor da carga  $P$  em cada cabeceira é igual à 430 Kgf. O peso próprio do guincho é igual a 22 Kgf, de modo que aplicando-se o coeficiente 1,25 (item 6.4 da Norma Européia NE 1808), resulta um valor igual a 28 Kgf, resultando, na cabeceira uma carga máxima igual a 402 Kgf, já que não considera o peso do guincho. A reação total entre os elementos de fixação da cabeceira à plataforma não considera o peso próprio do guincho e da própria cabeceira, aos quais, aplicando-se o fator 1,25 resulta um valor total igual a 38 Kgf, de modo que o valor atuante nestes elementos é igual a 392 Kgf.

### 10.3 Forças e reações na cabeceira



As reações R1 e R4 apresentam valores muito pequenos quando comparados com R2 e R3, de modo que se considera somente estes dois valores, dados conforme segue:



#### 10.3.1 Valor da reação R2

$$R2 = (P \cdot b^2 / l^3) (3 \cdot a + b)$$

$$R2 = (402 \cdot 8,5^2 / 29^3) (3 \cdot 20,5 + 8,5)$$

$$R2 = 84 \text{ Kgf}$$

### 10.3.2 Valor da reação R3

$$R3 = (P \cdot a^2 / l^3) (3 \cdot b + a)$$

$$R3 = (402 \cdot 20,5^2 / 29^3) (3 \cdot 8,5 + 20,5)$$

$$R3 = 318 \text{ Kgf}$$

### 10.4 Tensão nos tubos verticais

O tubo vertical mais carregado está sujeito à reação normal R3, com valor igual a 208 Kgf. A área da seção transversal do tubo é igual a 1,71 cm<sup>2</sup>, de modo que a tensão de tração é dada por:

$$\sigma = R2 / A$$

$$\sigma = 318 / 1,71 \Rightarrow \sigma = 186 \text{ Kgf / cm}^2$$

### 10.4.1 Coeficiente de segurança no tubo vertical

De acordo com a Norma Europeia, NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão admissível no caso 1 é dada por  $\sigma_a = \sigma_e / 1,5$ . Para o material SAE 1020, o limite de escoamento é igual à 2100 Kgf / cm<sup>2</sup>, de modo que a tensão admissível é dada por:

$$\sigma_a = \sigma_e / 1,5$$

$$\sigma_a = 2100 / 1,5 \Rightarrow \sigma_a = 1400 \text{ Kgf / cm}^2$$

O coeficiente de segurança em relação à tensão admissível é dado por:

$$n = \sigma_a / \sigma$$

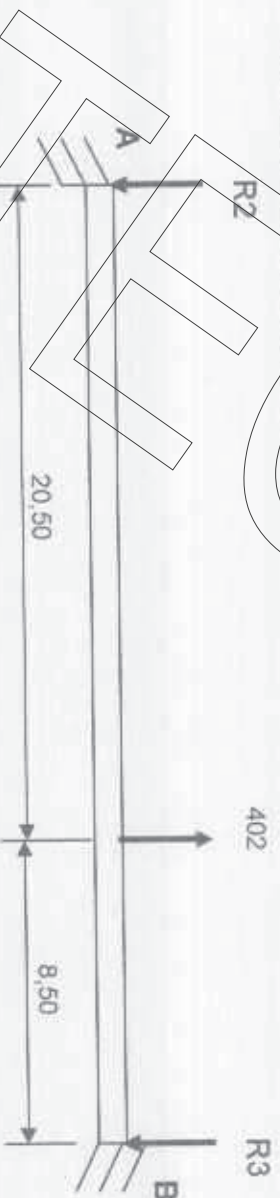
$$n = 1400 / 186 \Rightarrow n = 7,52$$

Fica comprovada a segurança do tubo, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1

### 10.5 Verificação do tubo horizontal superior

#### 10.5.1 Momentos fletores no tubo horizontal

Os momentos fletores máximos ocorrem nos pontos de fixação do tubo horizontal aso tubos verticais internos



- Momento em A:

$$MA = - P \cdot a \cdot b^2 / l^2$$

$$MA = - 402 \cdot 20,5 \cdot 8,5^2 / 29^2$$

$$MA = - 708 \text{ Kgfcm}$$

- Momento em B:

$$MB = -P \cdot a^2 \cdot b / l^2$$

$$MB = -402 \cdot 20,5^2 \cdot 8,5 / 29^2$$

$$MB = -1707 \text{ Kgfc}m$$

#### 10.5.2 Tensão de flexão no tubo horizontal

O momento de inercia do tubo horizontal é igual a  $2,321 \text{ cm}^4$  de modo que a tensão de flexão é dada por:

$$\sigma = M \cdot y_{\max} / J$$

$$\sigma = 1707 \cdot 1,5 / 2,321$$

$$\Rightarrow \sigma = 1103 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

#### 10.5.3 Tensão de cisalhamento no tubo horizontal

A maior tensão de cisalhamento no tubo horizontal ocorre junto ao ponto de atuação da reação R2, com valor igual a 186 Kgf. A combinação menos favorável no entanto, ocorre para a tensão de cisalhamento considerada junto à seção de maior momento fletor, no ponto de atuação da reação R3, com valor igual a 132 Kgf. A área da seção transversal do tubo é igual a  $1,71 \text{ cm}^2$ , de modo que a tensão de cisalhamento é dada por:

$$\tau = R3 / A$$

$$\tau = 132 / 1,71$$

$$\Rightarrow \tau = 77 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

#### 10.5.4 Tensão de comparação no tubo horizontal

A tensão de comparação é dada por:

$$\sigma_{CP} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{0,5}$$

$$\sigma_{CP} = (1103^2 + 3 \cdot 77^2)^{0,5}$$

$$\Rightarrow \sigma_{CP} = 1111 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

#### 10.5.4.1 Coeficiente de segurança no tubo horizontal

De acordo com a Norma Européia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão admissível no caso 1 é dada por  $\sigma_a = \sigma_e / 1,5$ . Para o material SAE 1020, o limite de escoamento é igual a  $2100 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$ , de modo que a tensão admissível é dada por:

$$\sigma_a = \sigma_e / 1,5$$

$$\sigma_a = 2100 / 1,5 \Rightarrow \sigma_a = 1400 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

O coeficiente de segurança em relação à tensão admissível é dado por:

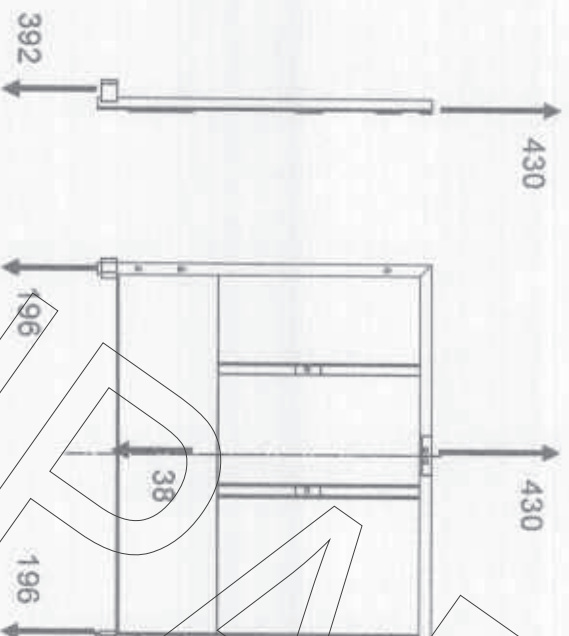
$$n = \sigma_a / \sigma$$

$$n = 1400 / 1111$$

$$\Rightarrow n = 1,26$$

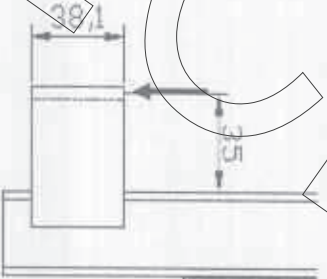
Fica comprovada a segurança do tubo, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1

### 10.6 Verificação dos perfis U de encaixe inferiores



A cabeceira é fixada à plataforma por meio de dois perfis U inferiores e por meio de uniões aparafusadas. Consideramos que toda a carga vertical atue unicamente nos perfis U, sendo os parafusos utilizados apenas para manter a união do conjunto. Dessa forma, em cada perfil U de encaixe atua uma carga vertical igual a 194 Kgf.

#### 10.6.1 Tensão de cisalhamento no perfil U



A resistência ao cisalhamento é dada pelas duas abas laterais com espessura 4,75 mm e altura 38 mm, com área total resistente igual a 3,61 cm<sup>2</sup>.

A tensão de cisalhamento é dada por:

$$\tau = F / A$$

$$\tau = 196 / 3,61 \quad \Rightarrow \quad \tau = 54 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$



### 10.6.2 Tensão de flexão no perfil U de encaixe

Admitindo-se que a força vertical atue na extremidade do trecho em balanço, o momento fletor é dado por:

$$M = F \cdot L \Rightarrow M = 196 \cdot 3,5 \Rightarrow M = 686 \text{ Kgfc}m$$

O momento de inércia da seção resistente (duas abas laterais do perfil U) com espessura 4,75 mm e altura 38 mm é dado por:

$$J = 2 ( b \cdot h^3 / 12 ) \Rightarrow J = 2 ( 0,475 \cdot 3,8^3 / 12 ) \Rightarrow J = 4,34 \text{ cm}^4$$

A tensão de flexão no perfil U é dada por:

$$\sigma = M \cdot y_{max} / J \Rightarrow \sigma = 300 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

$$\sigma = 686 \cdot 1,9 / 4,34 \Rightarrow \sigma = 300 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

### 10.6.3 Tensão de comparação nos perfis U de encaixe:

$$\sigma_{CP} = ( \sigma^2 + 3\tau^2 )^{0,5} \Rightarrow \sigma_{CP} = 314 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{CP} = ( 300^2 + 3 \cdot 54^2 )^{0,5}$$

### 10.6.3.1 Coeficiente de segurança nos perfis U

De acordo com a Norma Europeia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão admissível no caso 1 é dada por  $\sigma_a = \sigma_e / 1,5$ . Para o material SAE 1020, o limite de escoamento é igual à 2100 Kgf/cm<sup>2</sup>, de modo que a tensão admissível é dada por:

$$\sigma_a = \sigma_e / 1,5 \Rightarrow \sigma_a = 1400 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

$$\sigma_a = 2100 / 1,5$$

O coeficiente de segurança em relação à tensão admissível é dado por:

$$n = \sigma_a / \sigma_{CP} \Rightarrow n = 4,45$$

$$n = 1400 / 314$$

Fica comprovada a segurança do tubo, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1

### 10.6.4 Verificação da solda dos perfis U de encaixe

#### 10.6.4.1 Área resistente da solda

O perfil U é soldado à cabeceira com um comprimento total do cordão igual a 76 mm. O cordão é especificado como igual à 0,7 vezes a menor espessura, correspondente à 3,3 mm de lado, de modo que a seção efetiva possui uma dimensão dada por:

$$w = 3,3 / 2 \cdot \cos 45^\circ \Rightarrow w = 2,33 \text{ mm} \quad ( = 0,233 \text{ cm} )$$

A seção transversal resistente da solda é dada por:

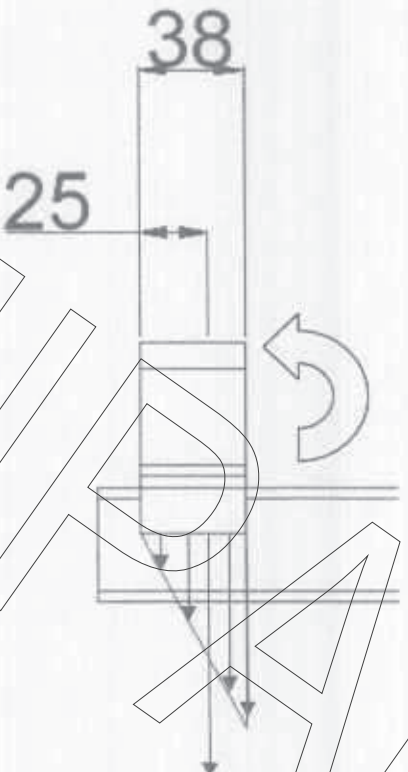
$$A = 0,233 \cdot 7,6 \Rightarrow A = 1,77 \text{ cm}^2$$

#### 10.6.4.2 Força resistente da solda

Conforme AWS (American Welding Society) a tensão na solda é sempre considerada como cisalhamento, com valor máximo admissível igual a 900 Kgf / cm<sup>2</sup>. Dessa forma a força resistente máxima é dada por:

$$Fr = 1,77 \cdot 900 \Rightarrow Fr = 1593 \text{ Kgf}$$

#### 10.6.4.3 Força atuante na solda



De acordo com o item 10.6.2, o momento no perfil U é igual a 679 Kgfc.m. Pode-se admitir que a resistência ao momento determine reações com distribuição triangular conforme acima representado, e que a resultante das reações atue na altura correspondente ao centroide do triângulo. Temos então:

$$M = R \cdot d \Rightarrow R = 274 \text{ Kgf}$$

$$686 = R \cdot 2,5$$

#### 10.6.4.3.1 Coeficiente de segurança na solda

Conforme se verifica, a força resistente da solda supera a força de tração com coeficiente de segurança dado por:

$$n = Fr / R$$

$$n = 1593 / 274 \Rightarrow n = 5,81$$

#### 10.6.5 Verificação dos tubos verticais (extremidade inferior)

##### 10.6.5.1 Tensão de tração

Junto aos perfis U de encaixe, a maior carga vertical sustentada por um tubo quadrado é igual a 194 Kgf. O tubo possui lado igual a 30 mm e espessura da parede igual a 1,50 mm, com área da seção transversal igual a 1,71 cm<sup>2</sup>. A tensão de tração é dada por:

$$\sigma_t = F / A$$

$$\sigma_t = 196 / 1,71 \Rightarrow \sigma_t = 115 \text{ Kgf / cm}^2$$

### 10.6.5.2 Tensão de flexão

Cada tubo vertical está sujeito em sua extremidade inferior à metade do momento fletor definido no item 10.6.2. O tubo possui lado igual a 80 mm, espessura 1,5 mm e momento de inércia 2,321 cm<sup>4</sup>, de modo que a tensão de flexão é dada por:

$$\sigma_f = M \cdot y_{\max} / J$$

$$\sigma_f = 686,15 / 2 \cdot 2,321 \quad \Rightarrow \quad \sigma_f = 222 \text{ Kgf / cm}^2$$

### 10.6.5.3 Tensão total nos perfis tubulares

A tensão total é dada pela soma das tensões de flexão e de tração, ou seja:

$$\sigma_t = \sigma_f + \sigma_t$$

$$\sigma_t = 222 + 115 \quad \Rightarrow \quad \sigma_t = 337 \text{ Kgf / cm}^2$$

### 10.6.5.3.1 Coeficiente de segurança nos tubos verticais

De acordo com a Norma Européia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão admissível no caso 1 é dada por  $\sigma_a = \sigma_e / 1,5$ . Para o material SAE 1020, o limite de escoamento é igual à 2100 Kgf / cm<sup>2</sup>, de modo que a tensão admissível é dada por:

$$\sigma_a = \sigma_e / 1,5$$

$$\sigma_a = 2100 / 1,5 \quad \Rightarrow \quad \sigma_a = 1400 \text{ Kgf / cm}^2$$

O coeficiente de segurança em relação à tensão admissível é dado por:

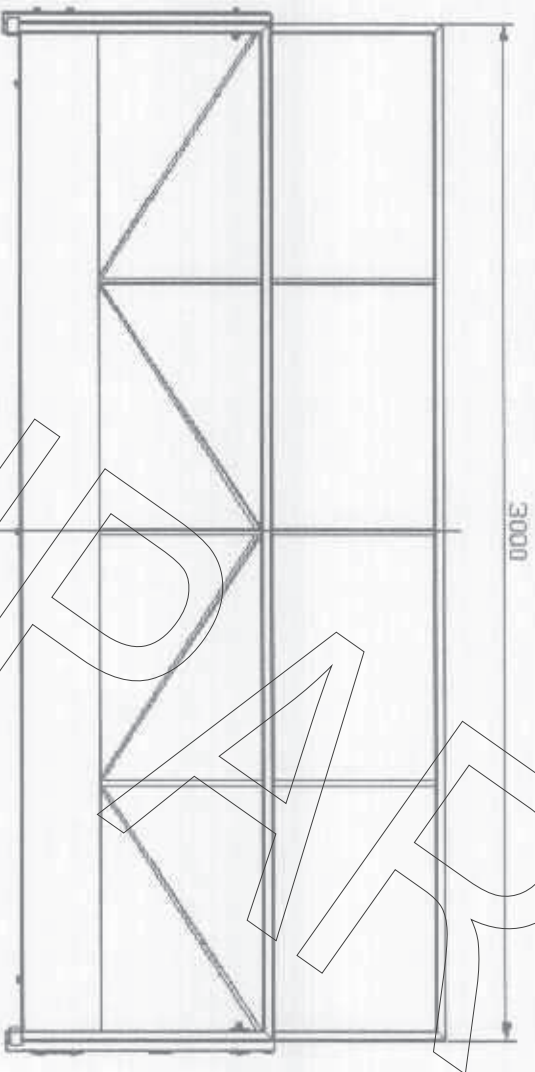
$$n = \sigma_a / \sigma_t$$

$$n = 1400 / 337 \quad \Rightarrow \quad n = 4,15$$

Fica comprovada a segurança do tubo, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1

PROVA

**11. GUARDA CORPO LONGITUDINAL**  
**11.1 Esquema construtivo**



TECNIKA



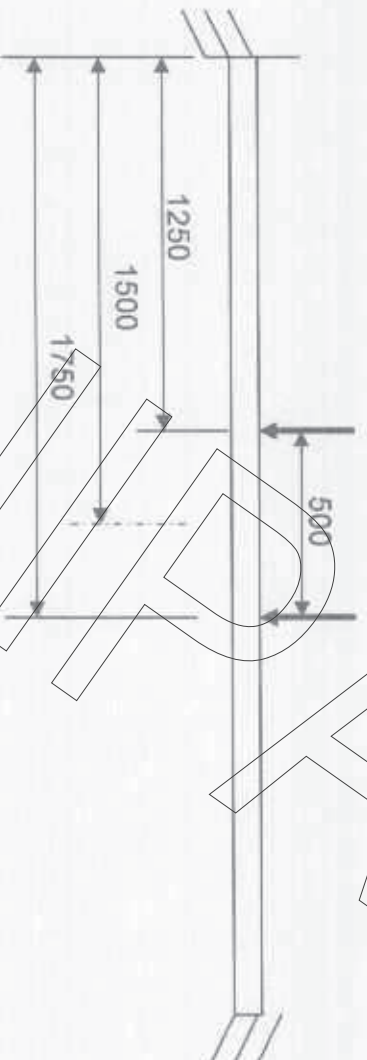
## 12 VERIFICAÇÃO DO GUARDA CORPO CONFORME NE 1808

A Norma Europeia NE 1808 estabelece em seu item 6.3.4.1:

" O mínimo valor da força exercida por pessoas sobre os guarda corpo ou no canto superior de um lado rígido, é admitido como igual à 200 N para cada uma das duas primeiras pessoas na plataforma e 100 N para cada pessoa adicional, atuando horizontalmente em intervalos de 500 mm"

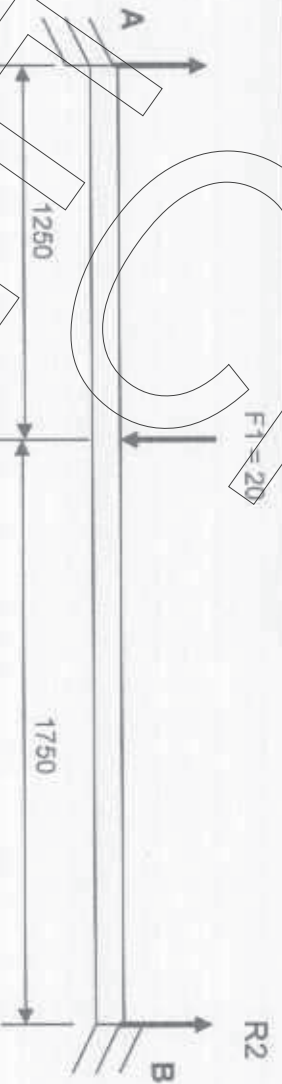
### 12.1 Esquema de forças segundo a Norma Europeia

A pior situação que se apresenta é quando as forças são exercidas próximo ao centro do guarda corpo, conforme esquema:



### 12.2 Momentos fletores no guarda corpo devido às forças F

#### 12.2.1 Momentos fletores devido à força F1 = 20 Kgf



- Momento em A:

$$MAF1 = -P \cdot a \cdot \frac{b^2}{l^2}$$

$$MAF1 = -20 \cdot 125 \cdot \frac{175^2}{300^2}$$

$$MAF1 = -851 \text{ Kgfc}m$$

- Momento em B:

$$MBF1 = -P \cdot a^2 \cdot \frac{b}{l^2}$$

$$MBF1 = -20 \cdot 125^2 \cdot \frac{175}{300^2}$$

$$MBF1 = -608 \text{ Kgfc}m$$

- Momento no centro do vão livre ( $x = 150$ )  
 $MCF1 = P \cdot b^2 / l^3 [x (3 \cdot a + b) - l \cdot a] - P (x - a)$   
 $MCF1 = 20 \cdot 175^2 / 300^3 [150 (3 \cdot 125 + 175) - 300 \cdot 125] - 20 (150 - 125)$   
 $MCF1 = 0,022685 [82500 - 37500] - 500$   
 $MCF1 = 521 \text{ Kgfc}m$

### 12.2.2 Momentos fletores devido à força $F2 = 20 \text{ Kgf}$



- Momento em A:  
 $MAF2 = - P \cdot a \cdot b^2 / l^2$   
 $MAF2 = - 20 \cdot 175 \cdot 125^2 / 300^2$   
 $MAF2 = - 608 \text{ Kgfc}m$

- Momento em B:  
 $MBF2 = - P \cdot a^2 \cdot b / l^2$   
 $MBF2 = - 20 \cdot 175^2 \cdot 125 / 300^2$   
 $MBF2 = - 851 \text{ Kgfc}m$

- Momento no centro do vão livre ( $x = 150$ )  
 $MCF2 = P \cdot b^3 / l^3 [x \cdot (3 \cdot a + b) - l \cdot a]$   
 $MCF2 = 20 \cdot 125^3 / 300^3 [150 (3 \cdot 175 + 125) - 300 \cdot 175]$   
 $MCF2 = 0,011574 [97500 - 52500]$   
 $MCF2 = 521 \text{ Kgfc}m$

### 12.3 Momentos fletores totais no guarda corpo

Os momentos fletores totais são dados pela soma vetorial dos momentos fletores provocados por cada carga individualmente em cada ponto considerado.

#### 12.3.1 Momento total em A

O momento fletor total em A é dado por:

$$MA = MAF1 + MAF2$$

$$MA = - 851 - 608$$

$$MA = - 1459 \text{ Kgfc}m$$

### 12.3.2 Momento total em B

O momento fletor total em B é dado por:

$$MB = MBF1 + MBF2$$

$$MB = - 608 - 851$$

$$MB = - 1459 \text{ Kgfc}m$$

### 12.3.3 Momento total em C

- Momento total no centro do vão livre é dado por:

$$MCt = MCF1 + MCF2$$

$$MCt = 521 + 521$$

$$MCt = 1042 \text{ Kgfc}m$$

### 12.4 Tensão de flexão no guarda corpo

O guarda corpo é executados com tubo quadrado 30 mm x 30 mm x 1,50 mm de espessura, área da seção transversal igual à 1,71 cm<sup>2</sup> e momento de inércia resistente em relação à direção de carregamento igual à 2,321 cm<sup>4</sup>. O tubos são executados em aço SAE 1020, com limite de escoamento igual à 2100 Kgf / cm<sup>2</sup>.

O momento fletor máximo no guarda corpo é igual à 1459 Kgfc. A tensão de flexão no guarda corpo é dada por:

$$\sigma = M \cdot y_{max} / J$$

$$\sigma = 1459 \cdot 1572,321 \Rightarrow \sigma = 943 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

#### 12.4.1 Coeficiente de segurança no guarda corpo

De acordo com a Norma Europeia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão admissível no caso 1 é dada por  $\sigma_a = \sigma_e / 1,5$ . Para o material SAE 1020, o limite de escoamento é igual à 2100 Kgf / cm<sup>2</sup>, de modo que a tensão admissível é dada por:

$$\sigma_a = \sigma_e / 1,33$$

$$\sigma_a = 2100 / 1,5 \Rightarrow \sigma_a = 1400 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

O coeficiente de segurança em relação à tensão admissível é dado por:

$$n = \sigma_a / \sigma_t$$

$$n = 1400 / 943 \Rightarrow n = 1,48$$

Fica comprovada a segurança do guarda corpo, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1

### 13. CONCLUSÃO

Conforme demonstrado, a plataforma utilizada em ELEVADOR MANUAL EMAT FIT 3M e ELEVADOR MOTORIZADO EMOT FIT 3M apresenta plenas condições de segurança do ponto de vista de seu dimensionamento estrutural para operação com carga máxima igual a 500 kgf, uma vez que não se verificam tensões superiores às admissíveis nos diversos pontos analisados.

Porto Alegre, 18 de Agosto de 2014

Jose Sérgio Menegaz  
Eng. Mecânico  
CREA 28991



FEELCZMPDR