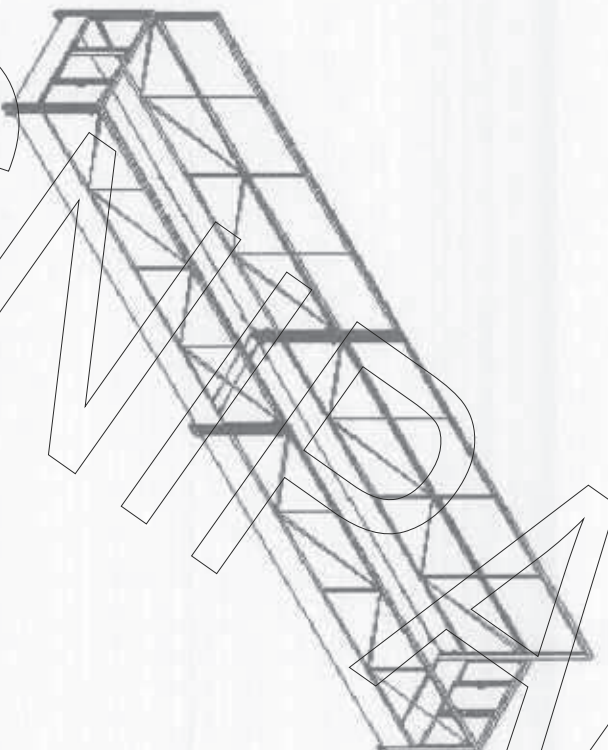


MEMORIAL DE CÁLCULO 081814 / 6 - 0

ELEVADOR MANUAL EMAT FIT 6 M

ELEVADOR MOTORIZADO EMOT FIT 6 M



FABRICANTE: Tecnipar Maquinas 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

A plataforma comprimento 6,00 m resulta da montagem de duas plataformas moduladas comprimento 3,00 m. 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 (2 unidades).....	58 Kgf
- Proteção interna (2 unidades).....	46 Kgf
- Piso	88 Kgf
- Elemento de união das plataformas.....	6 Kgf
- Cabeceira para guincho manual (2 unidades).....	18 Kgf
- Guinchos manuais (2 unidades).....	44 Kgf

O peso próprio total em movimento é igual a **260 Kgf**, que define, juntamente com a carga, as trações nos cabos de suspensões 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 **198 Kgf**.

3. CARGA NOMINAL DA PLATAFORMA

3.1 Carga máxima admitida para dimensionamento

A plataforma comprimento 6,00 m é dimensionada para uma carga máxima igual à **420 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 RL para plataformas ocupadas por duas ou mais pessoas é dado por:

$$RL = (n \times Mp) + (2 \times Me) + Mm$$

onde: n = número de pessoas na plataforma

Mp = massa de cada pessoa, igual à 80 Kgf

Me = peso mínimo do equipamento pessoal, igual à 40 Kgf

Mm = massa do material na plataforma de trabalho

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

$$420 = (2 \times 80) + (2 \times 40) + M_m \Rightarrow M_m = 180 \text{ Kg}$$

Fica definido desta forma, que a massa de material na plataforma não pode exceder 180 Kg, quando ocupada por dois trabalhadores

4. DISTRIBUIÇÃO DA CARGA RL NA PLATAFORMA

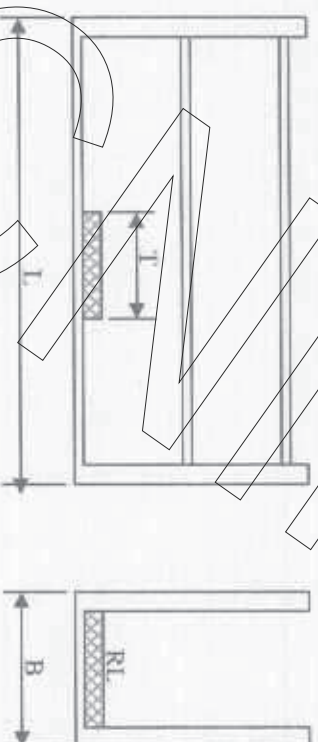
A Norma Européia NE 1808 estabelece:

- item 6.3.2.2 "A capacidade de carga mínima do piso da plataforma (RF) deve ser igual a 200 Kg / m². O piso deve suportar uma carga de 190 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"

$$S_a = B \times T$$

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



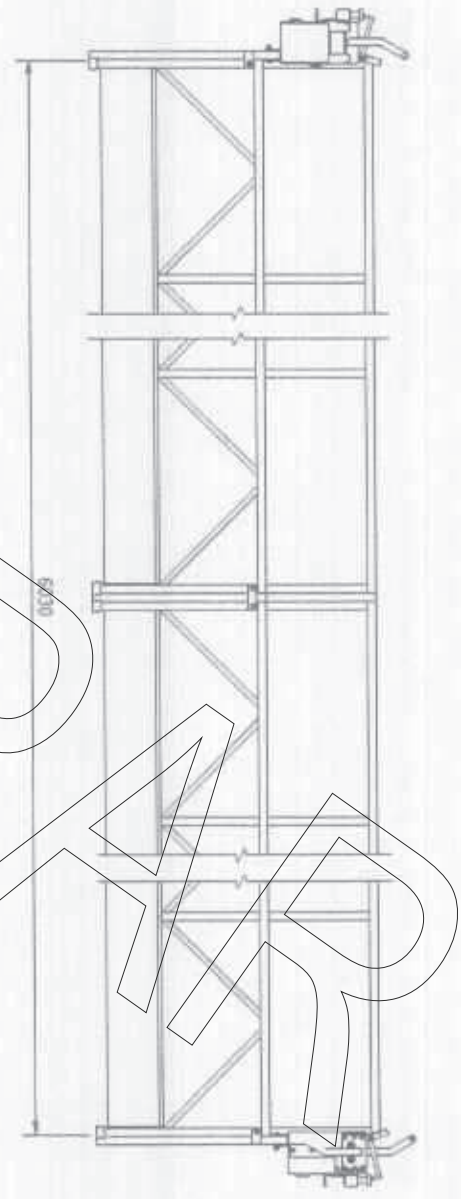
O comprimento T é dado por:

$$T = RL / (B \times RF)$$

$$T = 420 / (0,90 \times 200) \Rightarrow T = 2,30 \text{ m}$$

Tendo em vista que o comprimento T calculado é menor do que o comprimento total da plataforma, a carga se distribui ao longo do comprimento 2,30 metros e o peso próprio ao longo do comprimento 6,03 m.

5. ESQUEMA CONSTRUTIVO DA PLATAFORMA



TECNIPLAN

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 diferenciam 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 ²
- Material.....	SAE 1020
- Limite de escoamento.....	2100 Kgf / cm ²

Perfil enriecido inferior

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

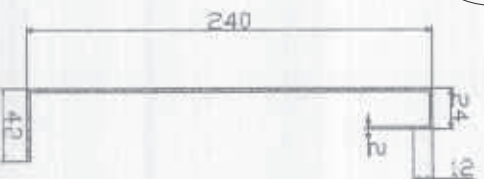
6.1 Momento de inércia do tubo quadrado superior

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 enriecido 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:

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

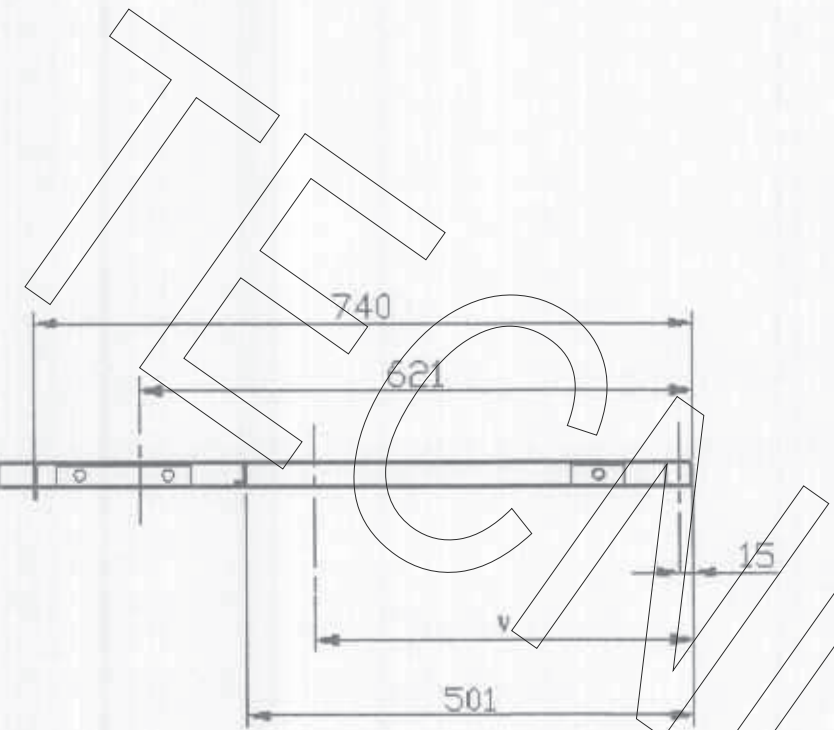
$$J_2 = (0,00133 + 0,40 \cdot 12,22^2) + (0,0288 + 0,24 \cdot 11,72^2) + (230,4 + 4,8 \cdot 0,32^2) + (0,00266 + 0,80 \cdot 11,58^2)$$

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

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

6.3 Perfil composto (lateral interna)

6.3.1 Secção transversal do perfil composto (lateral interna)



6.3.2 Distância da linha neutra do perfil composto

Área da seção transversal do perfil composto:

$$A = 1,771 + 6,24 \Rightarrow A = 7,95 \text{ cm}^2$$

Distância da linha neutra:

$$v = y_s = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{A}$$

$$v = y_s = ((1,771 \cdot 1,5) + (6,24 \cdot 62,1)) / 7,95$$

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

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:

$$J_c = \sum (J_0 + A \cdot d^2)$$

$$J_c = (2,32 + 1,771 \cdot 47,5^2) + (431 + 6,24 \cdot 13,1^2)$$

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

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:

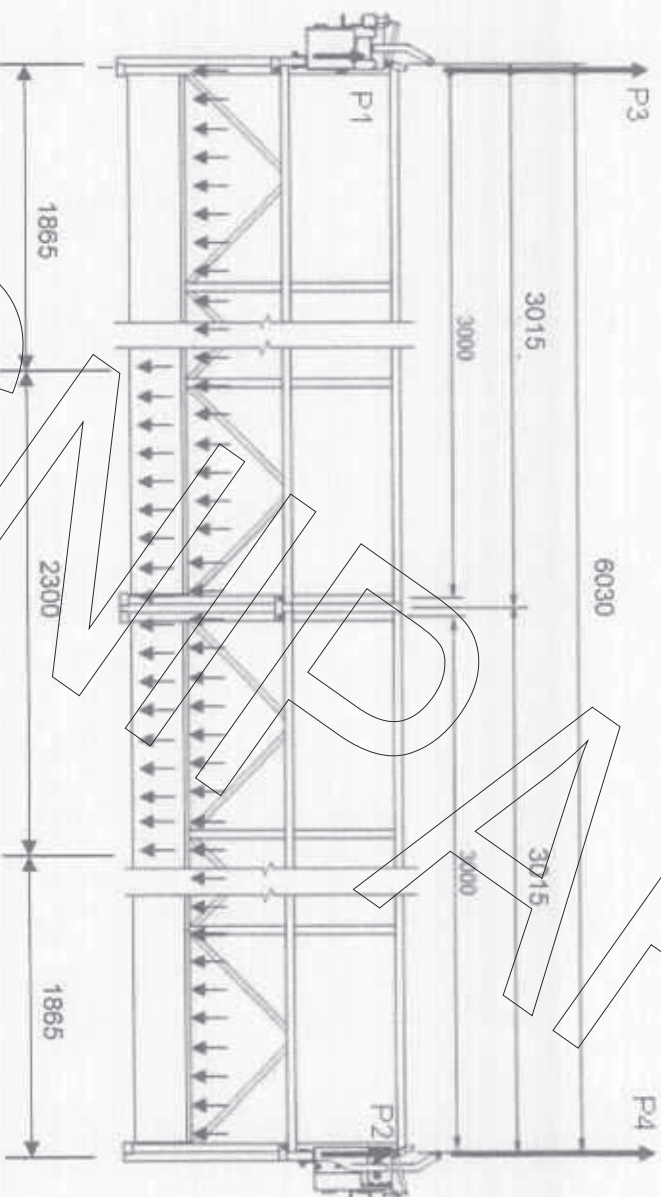
$$J = 2 \cdot J_c$$

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



7. VERIFICAÇÃO DA PLATAFORMA

Conforme dados do item 4, a carga (420 Kg) se distribui ao longo do comprimento 2,30 m e o peso próprio (198 Kg) se distribui ao longo do comprimento 6,03 m, conforme esquema abaixo:



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

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

$$Q = 1,25 (420 + 260) \Rightarrow Q = 850 \text{ Kgf}$$

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

$$P1 + P2 = 850$$

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

$$P1 = 425 \text{ Kgf} \text{ e } P2 = 425 \text{ Kgf}$$

7.1.2 Carga total sobre a plataforma

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

$$Qp = 1,25 (420 + 198)$$

$$\Rightarrow Qp = 772 \text{ Kgf}$$

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

$$P3 + P4 = 772$$

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

$$P3 = 386 \text{ Kgf} \text{ e } P4 = 386 \text{ Kgf}$$

7.1.3 Carga distribuída na plataforma

O peso próprio da plataforma distribui-se ao longo do comprimento 6030 mm (603 cm), de modo que a carga distribuída é dada por:

$$qpp = 1,25 \cdot 198 / 603$$

$$\Rightarrow qpp = 0,4104 \text{ Kgf / cm}$$

A carga $Q = 420 \text{ Kgf}$ distribui-se ao longo do comprimento $T = 2300 \text{ mm}$ (280cm) de modo que a carga distribuída é dada por:

$$q = Q / T$$

$$q = (1,25 \cdot 420) / 230$$

\Rightarrow

$$q = 2,2826 \text{ Kgf / cm}$$

7.2 Momentos fletores na plataforma:

Os momentos fletores na plataforma são dados conforme segue:

Para $0 \leq X \leq 1865$

$$\begin{aligned} M &= P_3 \cdot X - (qpp \cdot X) (X/2) \\ M &= 386 \cdot X - (0,4104 \cdot X) (X/2) \\ M &= 386 \cdot X - 0,2052 \cdot X^2 \end{aligned}$$

Se $X = 186,5$

$$\begin{aligned} M &= 386 \cdot 186,5 - 0,2052 \cdot 186,5^2 \\ M &= 71989 - 7137 \Rightarrow M = 64852 \text{ Kgfc/m} \end{aligned}$$

Para $1865 \leq X \leq 4165$

$$\begin{aligned} M &= P_3 \cdot X - (qpp \cdot X) (X/2) - q \cdot (X - 186,5) (X - 186,5) / 2 \\ M &= 386 \cdot X - (0,4104 \cdot X) (X/2) - 2,2826 \cdot (X - 186,5) (X - 186,5) / 2 \\ M &= 386 \cdot X - (0,2052 \cdot X^2) - 1,1413 \cdot (X - 186,5)^2 \end{aligned}$$

Se $X = 301,5$ (centro da plataforma)

$$\begin{aligned} M &= 386 \cdot 301,5 - (0,2052 \cdot 301,5^2) - 1,1413 \cdot (301,5 - 186,5)^2 \\ M &= 116379 - 18653 - 15094 \Rightarrow M = 82632 \text{ Kgfc/m} \end{aligned}$$

Se $X = 416,5$

$$\begin{aligned} M &= 386 \cdot 416,5 - (0,2052 \cdot 416,5^2) - 1,1413 \cdot (416,5 - 186,5)^2 \\ M &= 160769 - 35497 - 60375 \Rightarrow M = 64797 \text{ Kgfc/m} \end{aligned}$$

Para $4165 \leq X \leq 6030$

$$\begin{aligned} M &= P_3 \cdot X - (qpp \cdot X) (X/2) - (q \cdot 230) (X - 603/2) \\ M &= 386 \cdot X - (0,4104 \cdot X) (X/2) - (2,286 \cdot 230) (X - 301,5) \\ M &= 386 \cdot X - (0,2052 \cdot X^2) - 525 (X - 301,5) \end{aligned}$$

Se $X = 603$

$$\begin{aligned} M &= 386 \cdot 603 - (0,2052 \cdot 603^2) - 525 (603 - 301,5) \\ M &= 232758 - 74613 - 158288 \Rightarrow M = 0 \end{aligned}$$

Para a condição de carga apresentada, o maior momento fletor ocorre no centro da plataforma com valor igual à 82632 Kgfc/m



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_{max} = Maior distância da linha neutra à fibra mais externa.

J = momento de inércia da seção transversal resistente.

Temos então:

$$\sigma = (82632 \cdot 49) / 10724 \quad \Rightarrow \quad \sigma = 377 \text{ Kgf / cm}^2$$

7.5 Coeficiente de segurança

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 / cm², 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:

$$n = \sigma_a / \sigma$$

$$n = 1400 / 377 \quad \Rightarrow \quad n = 3,71$$

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

PROVA



8 TENSÃO DE FLEXÃO TRANSVERSAL NO PISO DA PLATAFORMA

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

$$q = 772 / 90 \Rightarrow q = 8,577 \text{ Kgf / cm}$$

O momento fletor no sentido transversal é dado por:

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

$$M = 8,577 \cdot 90^2 / 8 \Rightarrow M = 8685 \text{ Kgfcm}$$

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

$$J = 4 (3 \cdot 3^3 / 12 - 2,70 \cdot 2,70^3 / 12) + 8 (2 \cdot 3^3 / 12 - 1,70 \cdot 2,70^3 / 12)$$

$$J = 4 (6,75 - 4,42) + 12 (4,50 - 2,78) \Rightarrow J = 29,96 \text{ cm}^4$$

A tensão de flexão é dada por

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

$$\sigma = (8685 \cdot 1,5) / 29,96 \Rightarrow \sigma = 435 \text{ Kgf / cm}^2$$

8.1 Coeficiente de segurança para tensão transversal

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 Kgf/cm², 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:

$$n = \sigma_a / \sigma$$

$$n = 1400 / 435 \Rightarrow n = 3,21$$

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 / cm².

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:

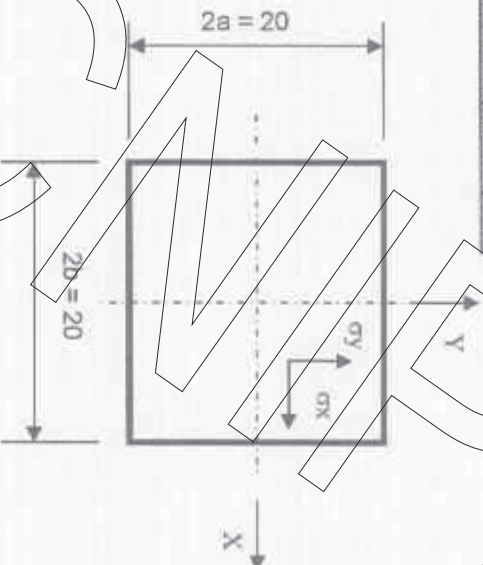
$$A = 4 \cdot 20 \cdot 0,15 \Rightarrow A = 12 \text{ cm}^2$$

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:

$$\varphi_X = 0,53$$

$$\varphi_Y = 0,53$$

$$\psi = 0,225$$

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

$$\sigma_X = \varphi_X \cdot p \cdot b^2 / h^2$$

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

9.3 Tensão combinada na chapa de piso

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

9.4 Coefficiente 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 SAE 1020, o limite de escoamento é igual à 2100 Kgf / cm², 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:

$$n = \sigma_a / \sigma$$
$$n = 1400 / 332 \quad \Rightarrow \quad n = 4,21$$

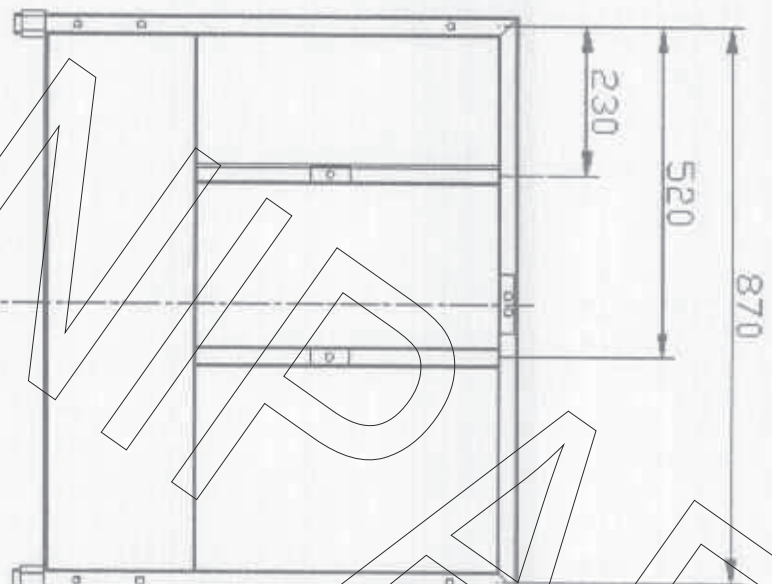
Fica comprovada a segurança da chapa de piso, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1

PROVA
FEITA



10. VERIFICAÇÃO DAS CABECEIRAS

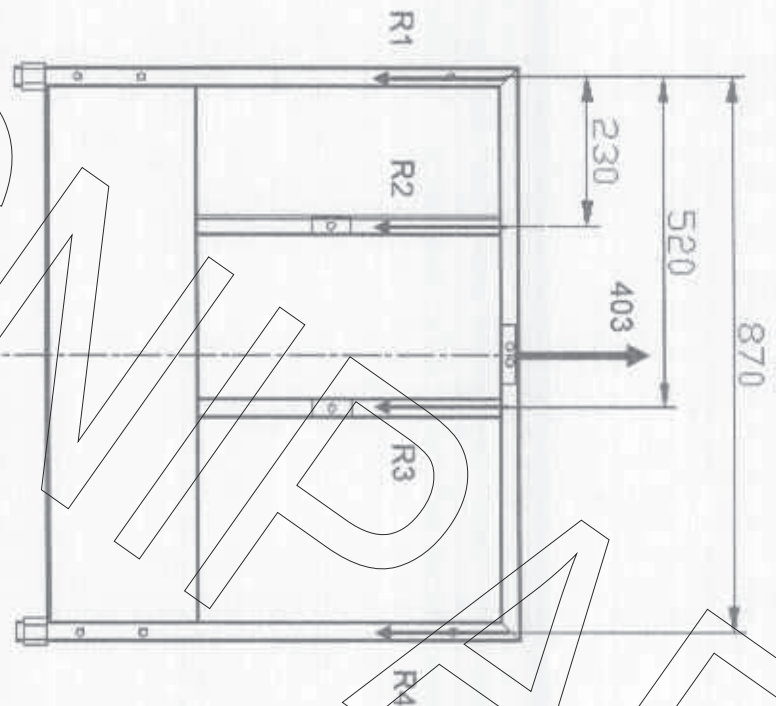
10.1 Esquema construtivo



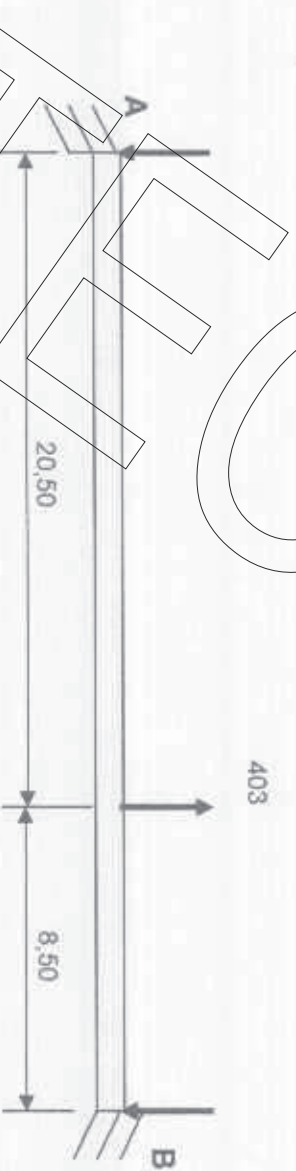
10.2 Carga máxima atuante nas cabeceiras

De acordo com o item 7.1, o maior valor da carga P em cada cabeceira é igual à 425 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 Europeia NE 1808), resulta um valor igual a 28 Kgf, resultando na cabeceira uma carga máxima igual a 403 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 387 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

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

$$R2 = (403 \cdot 8,5^2 / 29^3) (3 \cdot 20,5 + 8,5)$$

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

10.3.2 Valor da reação R3

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

$$R3 = (403 \cdot 20,5^2 / 29^3) (3 \cdot 8,5 + 20,5)$$

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

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 cm², 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 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 / cm², 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

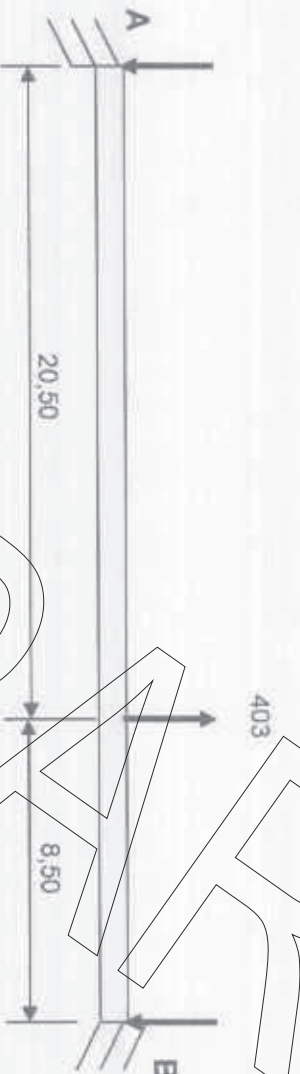
PROVA



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 aos tubos verticais internos.



- Momento em A:

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

$$MA = - 403 \cdot 20,5 \cdot 8,5^2 / 29^2$$

$$MA = - 709 \text{ Kgfcfm}$$

- Momento em B:

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

$$MB = - 403 \cdot 20,5^2 \cdot 8,5 / 29^2$$

$$MB = - 1711 \text{ Kgfcfm}$$

10.5.2 Tensão de flexão no tubo horizontal

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

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

$$\sigma = 1711 \cdot 1,5 / 2,321 \Rightarrow$$

$$\sigma = 1105 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

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 R3, com valor igual a 318 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:

$$\tau = R3 / A$$

$$\tau = 318 / 1,71 \Rightarrow$$

$$\tau = 186 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

10.5.4 Tensão de comparação no tubo horizontal

A tensão de comparação é dada por:

$$\sigma_{GP} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{0,5} \Rightarrow \sigma_{GP} = 1151 \text{ Kgf / cm}^2$$
$$\sigma_{GP} = (1105^2 + 3 \cdot 186^2)^{0,5}$$

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 à 2100 Kgf / cm², de modo que a tensão admissível é dada por:

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

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

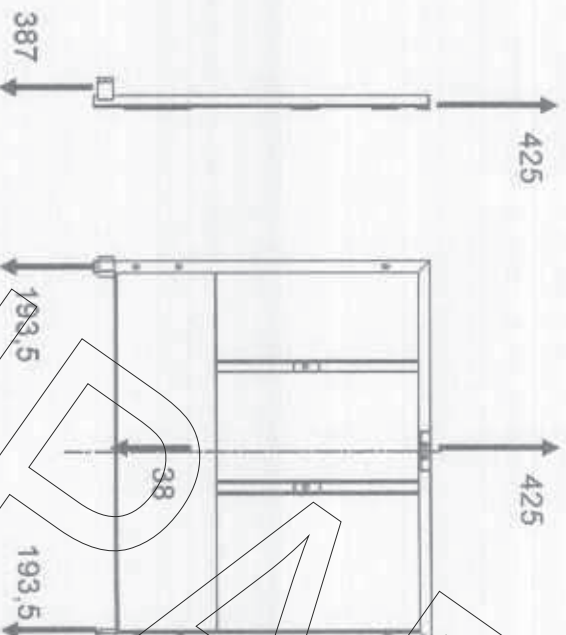
$$n = \sigma_a / \sigma$$
$$n = 1400 / 1151 \Rightarrow n = 1,21$$

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

RESUMO

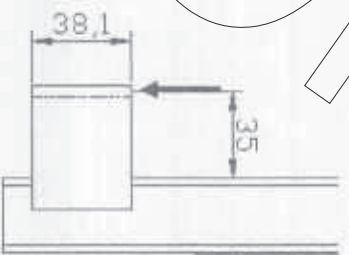


10.6 Verificação dos perfis U de encaixe inferiores



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 193,5 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 cm².

A tensão de cisalhamento é dada por:

$$\tau = F / A$$

$$\tau = 193,5 / 3,61 \Rightarrow \tau = 54 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

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:

$$M = F \cdot L \quad \Rightarrow \quad M = 193,5 \cdot 3,5 \quad \Rightarrow \quad M = 677 \text{ Kgfcfm}$$

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:

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

$$J = 2 (0,475 \cdot 3,8^3 / 12)$$

A tensão de flexão no perfil U é dada por:

$$\sigma = M \cdot y_{\max} / J \quad \Rightarrow \quad \sigma = 296 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$\sigma = 677 \cdot 1,9 / 4,34$$

10.6.3 Tensão de compressão nos perfis U de encaixe:

$$\sigma_{CP} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{0,5} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{CP} = 310 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$\sigma_{CP} = (296^2 + 3 \cdot 54^2)^{0,5}$$

10.6.3.1 Coeficiente de segurança nos perfis U

De acordo com a Norma Européia NF 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 / cm², de modo que a tensão admissível é dada por:

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

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

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

$$n = \sigma_a / \sigma_{CP} \quad \Rightarrow \quad n = 4,51$$

$$n = 1400 / 310$$

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 Area 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:

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

A seção transversal resistente da solda é dada por:

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

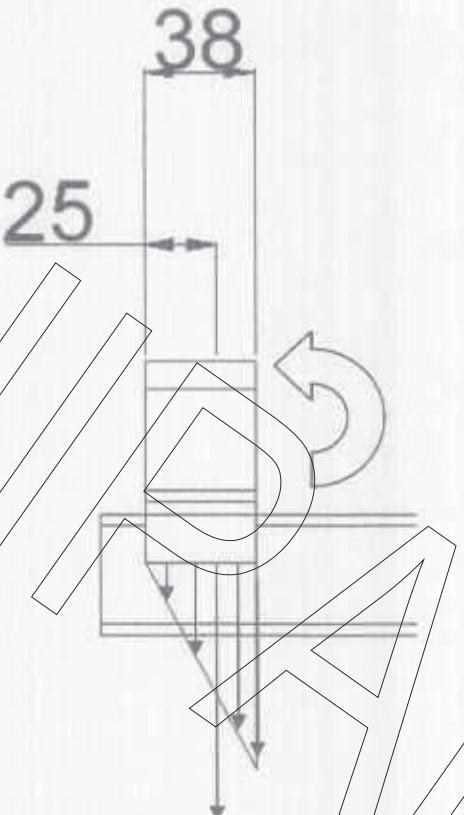


10.6.4.2 Força resistente da solda

Conforme AWS (American Welding Society) a tensão na solda é sempre considerada como cisalhamento, com valor máximo admissível igual a 900 Kgf / cm². 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 677 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:

$$M = R \cdot d \Rightarrow R = 271 \text{ Kgf}$$

$$677 = R \cdot 2,5$$

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:

$$n = Fr / R$$

$$n = 1593 / 271 \Rightarrow n = 5,87$$

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 193,5 Kg_f. 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 cm². A tensão de tração é dada por:

$$\sigma_t = F / A$$

$$\sigma_t = 193,5 / 1,71 \Rightarrow \sigma_t = 113 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

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 50 mm, espessura 1,5 mm e momento de inércia 2,321 cm⁴, de modo que a tensão de flexão é dada por:

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

$$\sigma_f = 677 \cdot 1,5 / 2 \cdot 2,321 \Rightarrow$$

$$\sigma_f = 219 \text{ Kgf / cm}^2$$

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::

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

$$\sigma_t = 219 + 113 \Rightarrow$$

$$\sigma_t = 332 \text{ Kgf / cm}^2$$

10.6.5.3.1 Coeficiente de segurança nos tubos verticais

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 / cm², 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:

$$n = \sigma_a / \sigma_t$$

$$n = 1400 / 332 \Rightarrow$$

$$n = 4,21$$

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

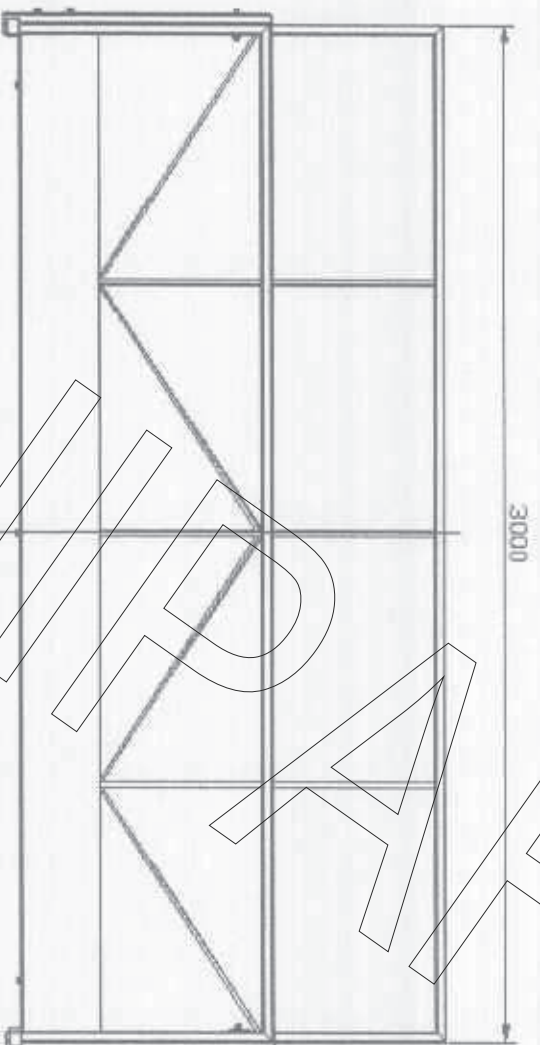
FLESCADAR



11. GUARDA CORPO LONGITUDINAL

11.1 Esquema construtivo

A plataforma tamanho nominal 6,00 m é constituída de duas plataformas tamanho nominal 3,00 m, de modo que a verificação é efetuada para o guarda corpo correspondente a este tamanho nominal.



RECEBEMOS

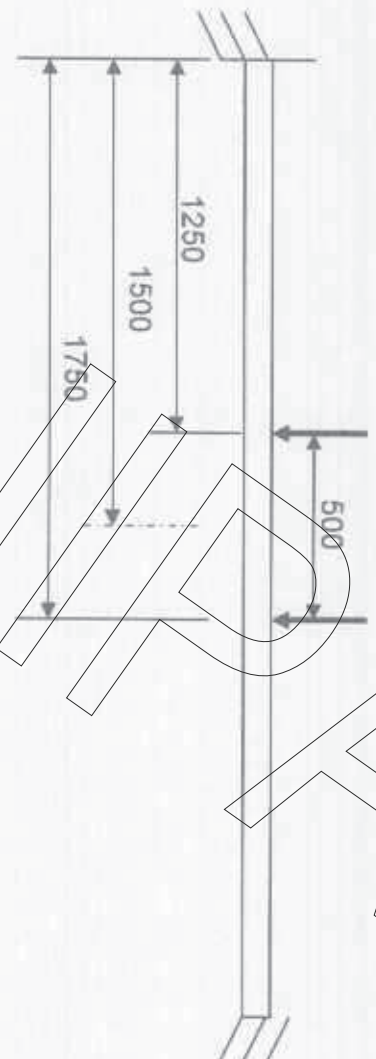
12. VERIFICAÇÃO DO GUARDA CORPO CONFORME NE 1808

A Norma Europeia NE 1808 estabelece em seu item 6.3.4.1:

" O mínimo valor da força exercida por pessoas sobre o 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"

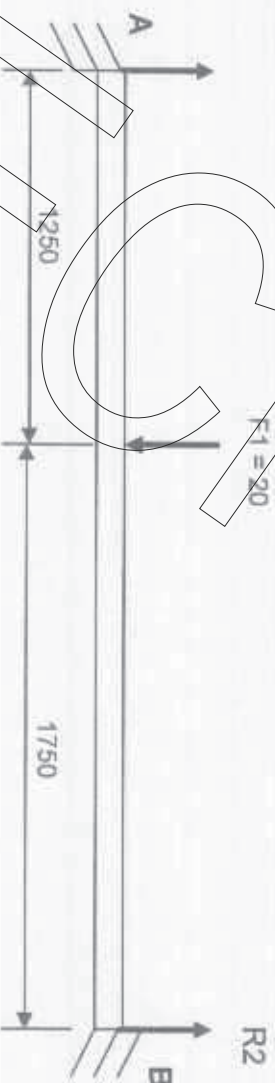
12.1 Esquema de forças segundo a Norma Europeia

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 a força F1 = 20 Kgf



- Momento em A:

$$MAF1 = - P \cdot a \cdot b^2 / l^2$$

$$MAF1 = - 20 \cdot 125 \cdot 175^2 / 300^2$$

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

- Momento em B:

$$MBF1 = - P \cdot a^2 \cdot b / l^2$$

$$MBF1 = - 20 \cdot 125^2 \cdot 175 / 300^2$$

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

- Momento no centro do vão livre (x = 150)

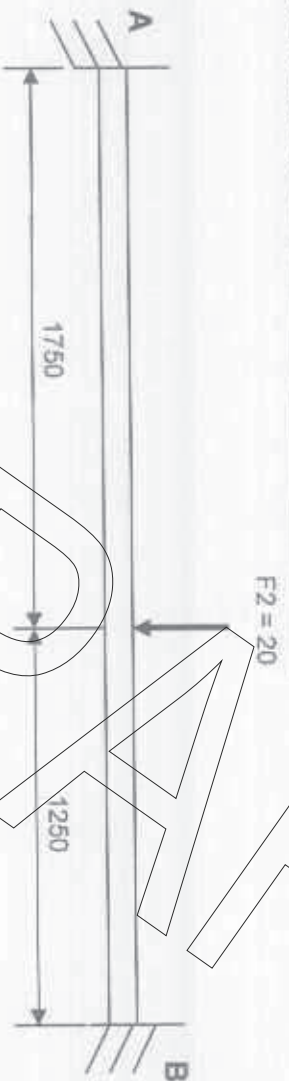
$$MCF1 = P \cdot b^2 / l^3 [x (3 \cdot a + b) - l \cdot a] - P (x - a)$$

$$MCF1 = 20 \cdot 175^2 / 300^3 [150 (3 \cdot 125 + 175) - 300 \cdot 125] - 20 (150 - 125)$$

$$MCF1 = 0,022685 [82500 - 37500] - 500$$

$$MCF1 = 521 \text{ Kgfcem}$$

12.2.2 Momentos fletores devido à força F2 = 20 Kaf



- Momento em A:

$$MAF2 = - P \cdot a \cdot b^2 / l^2$$

$$MAF2 = - 20 \cdot 175 \cdot 125^2 / 300^2$$

$$MAF2 = - 608 \text{ Kgfcem}$$

- Momento em B:

$$MBF2 = - P \cdot a^2 \cdot b / l^2$$

$$MBF2 = - 20 \cdot 175^2 \cdot 125 / 300^2$$

$$MBF2 = - 851 \text{ Kgfcem}$$

- Momento no centro do vão livre (x = 150)

$$MCF2 = P \cdot b^2 / l^3 [x \cdot (3 \cdot a + b) - l \cdot a]$$

$$MCF2 = 20 \cdot 125^2 / 300^3 [150 (3 \cdot 175 + 125) - 300 \cdot 175]$$

$$MCF2 = 0,011574 [97500 - 52500]$$

$$MCF2 = 521 \text{ Kgfcem}$$

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 flexor total em A é dado por:

$$MA = MAF1 + MAF2$$

$$MA = - 851 - 608$$

$$MA = - 1459 \text{ Kgfcem}$$

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:

$$MCt = MCF1 + MCF2$$

$$MCt = 521 + 521$$

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

12.8 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 a 1,71 cm² e momento de inércia resistente em relação à direção de carregamento, igual a 2,321 cm⁴. O tubos são executados em aço SAE 1020, com limite de escoamento igual à 2100 Kgf / cm².

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

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

$$\sigma = 1459 \cdot 1,5 / 2,321$$

$$\Rightarrow \sigma = 943 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

12.8.1 Coeficiente de segurança no guarda corpo

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 Kgf / cm², de modo que a tensão admissível é dada por:

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

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

$$\sigma_a = 1400 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

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

$$n = \sigma_a / \sigma_t$$

$$n = 1400 / 943$$

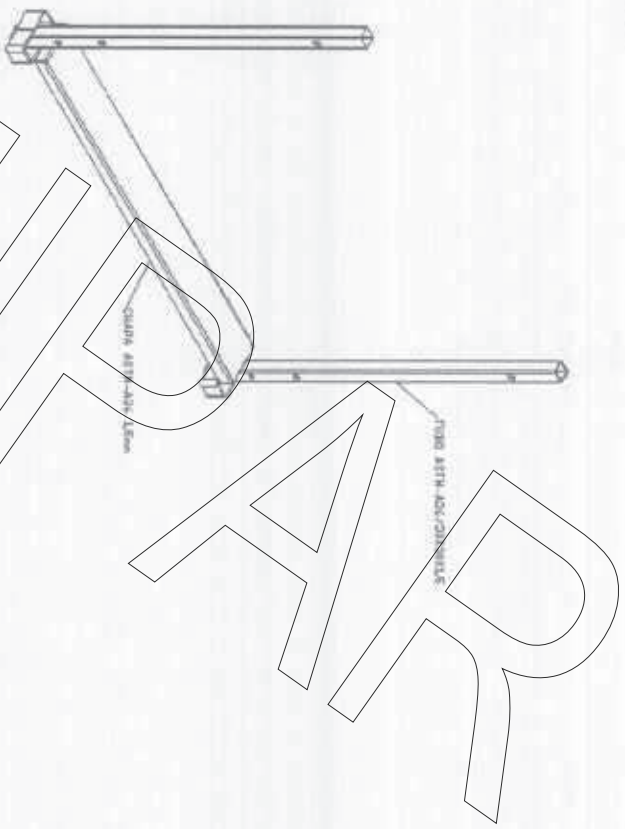
\Rightarrow

$$n = 1,48$$

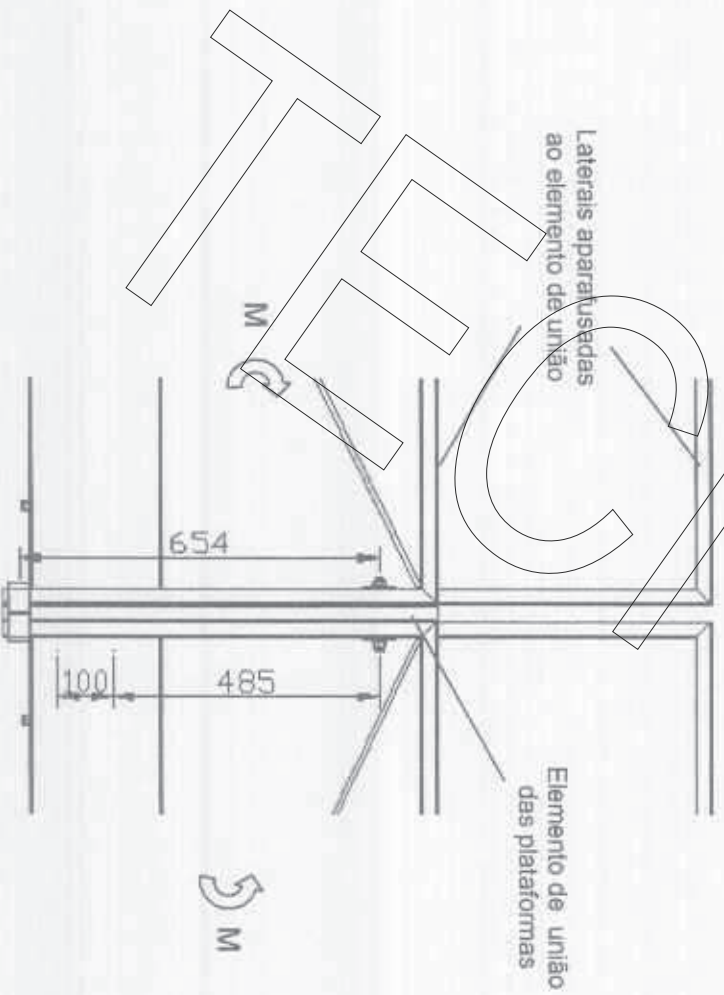
Fica comprovada a segurança do guarda corpo, uma vez que o coeficiente de segurança é maior ou igual a 1

13 VERIFICAÇÃO DO ELEMENTO DE UNIÃO DAS PLATAFORMAS

13.1 Esquema construtivo

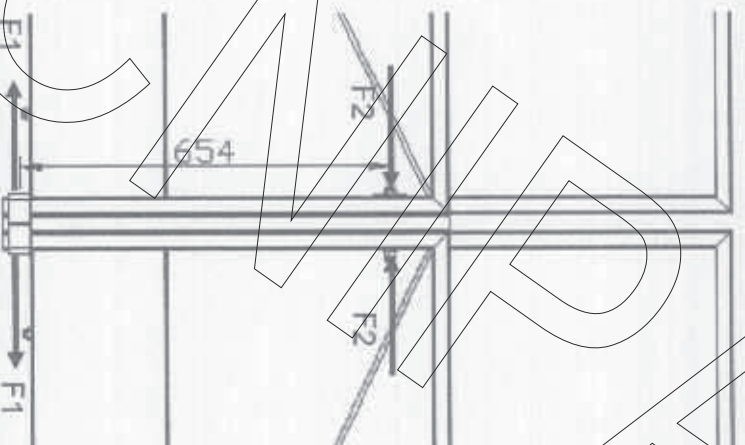


14.2 Princípio operacional



Duas plataformas são unidas pelo elemento de união, mediante encaixe em duas alças soldadas na parte inferior do elemento, e aparafusamento das laterais ao mesmo. A extremidade inferior da peça de união está sujeita à reação de tração em função do momento fletor. A união entre os componentes é garantida por meio de parafusos. Considera-se no entanto, que em função de afrouxamento dos mesmos, toda a reação de tração inferior seja sustentada somente pelas alças de encaixe.

14.3 Forças devido ao momento fletor



Conforme visto no item 7 o maior momento fletor no centro da plataforma (posição correspondente à montagem do elemento de união) é igual à 82632 Kgfc_m
As trações F1 e F2 são iguais em módulo e dadas por:

$$F1 = F2 = M/L$$

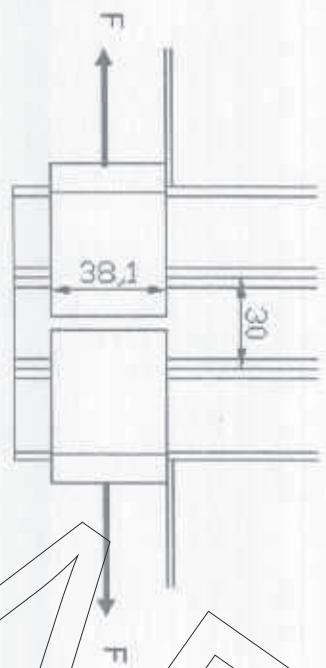
$$F1 = F2 = 82632 / 85,4 \Rightarrow F1 = F2 = 1264 \text{ Kgf}$$

Como são montados elementos resistentes do lado frontal e traseiro da plataforma, a força efetiva em um único lado é dada por:

$$F = F1 / 2$$

$$F = 1264 / 2 \Rightarrow F = 632 \text{ Kgf}$$

14.4 Verificação do perfil U



14.4.1 Força atuante nos perfis U

Cada aba do perfil U está sujeito à reação de tração igual a F dividida por dois, o que conduz à:

$$R = F / 2 \Rightarrow R = 632 / 2 \Rightarrow R = 316 \text{ Kgf}$$

14.4.2 Tensão de tração no perfil U

A área do perfil resistente à tração é dada pelas duas abas laterais com espessura 4,75 mm e altura 38 mm, com área total resistente igual a 3,61 cm².

A tensão de tração é dada por:

$$\sigma = R / A \Rightarrow \sigma = 316 / 3,61 \Rightarrow \sigma = 86 \text{ Kgf / cm}^2$$

14.4.3 Coeficiente de segurança K0 perfil U

De acordo com a Norma Européia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão admissível no caso 1 é dada por $\sigma_d = \sigma_e / 1,5$. Para o material SAE 1020, o limite de escoamento é igual à 2100 Kgf / cm², de modo que a tensão admissível é dada por:

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

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

$$n = \sigma_d / \sigma \Rightarrow n = 1400 / 86 \Rightarrow n = 16$$

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

14.5 Verificação da solda do perfil U

14.5.1 Área resistente da solda

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

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

A seção transversal resistente da solda é dada por:

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

15.5.2 Força resistente da solda

Conforme AWS (American Welding Society) a tensão na solda é sempre considerada como cisalhamento, com valor máximo admissível igual à 900 Kgf / cm². Dessa forma a força resistente máxima é dada por:

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

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

$$n = Fr / F$$

$$n = 1593 / 632 \Rightarrow n = 2,52$$

PROVA



13. CONCLUSÃO

Conforme demonstrado, a plataforma utilizada em ELEVADOR MANUAL EMAT FIT 6M e ELEVADOR MOTORIZADO EMOT FIT 5M apresenta plenas condições de segurança do ponto de vista de seu dimensionamento estrutural para operação com cargas máximas iguais a 420 Kgf, uma vez que não se verificam tensões superiores às admissíveis nos diversos pontos analisados.

Porto Alegre, 18 de Agosto de 2014


Jose Sergio Menegaz
Engº Mecânico
CREA 23994

RECEBUE