**MEMORIAL DE CÁLCULO**

**PLATAFORMA PARA ANDAIME SUSPENSO 0,60 m X 6,00 m**

**FABRICANTE:** BRANDAM

**OBRA: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX**

**END.: XXXXXXXXXXXXXXXXXXX**

**BAIRRO XXXXXXXXXXXXXXXX – XXXXX**

**CNPJ.: Nº XXXXXXXXXXXXXXXX**

**CIDADE, DIA de MES de ANO**

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.

1. **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, onde aplicáveis, sendo elaborados cálculos segundo ambos os critérios para o sistema guarda corpo.

1. **CARGA NOMINAL DA PLATAFORMA**
	1. **Carga máxima admitida para dimensionamento**

A plataforma comprimento 6,00 m é dimensionada para uma carga máxima igual à

**398 Kgf**. O peso próprio da plataforma é igual a 302  **Kgf**, o peso próprio dos guinchos é igual a 23 Kgf por unidade e a tração máxima de cada máquina de movimentação vertical da plataforma é admitida como igual a 400 Kgf.

* 1. **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 x Mp) + (2 x Me ) + Mm

onde: n = numero de pessoas na plataforma

Mp = massa de cada pessoa, igual a 80 Kgf

Me = peso mínimo do equipamento pessoal, igual a 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:

398 = (2 x 80) + (2 x 40) + Mm Mm = 158 Kg

**Fica definido desta forma, que a massa de material na plataforma não pode**

**exceder 158 Kg, quando ocupada por dois trabalhadores**

1. **DISTRIBUIÇÃO DA CARGA RL NA PLATAFORMA**

A Norma Européia NE 1808 estabelece:

- ítem 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 100 Kg distribuída sobre

uma área de 0,2 x 0,2 m"

- ítem 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"

Sa = B x T

T = RL / (B x RF) onde RF = 200 Kgf / m²

O comprimento T é dado por:

T = RL / (B x RF)

T = 398 / (0,63 x 200) **T = 3,158 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 3,158 metros e o peso próprio ao longo do comprimento 6,042 m.**

1. **ESQUEMA CONSTRUTIVO DA PLATAFORMA**



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

**6.1 Seção transversal do perfil composto**



Os elementos resistentes da plataforma segundo seu comprimento são executados

com perfis tubulares quadrados superiores e com perfis U enrijecidos inferiores com seguintes características:

**Tubo quadrado superior**

- Largura...................................................................................................40 mm

- Altura......................................................................................................40 mm

- Espessura da parede..........................................................................3,00 mm

- Área da seção transversal...................................................................4,44 cm²

- Material..............................................................................................SAE 1020

- Limite de escoamento.................................................................2100 Kgf / cm²

**Perfil U enrijecido inferior**

- Largura..................................................................................................40 mm

- Altura ..................................................................................................270 mm

- Altura do enrijecimento..........................................................................20 mm

- Espessura da parede.........................................................................2,00 mm

- Área da seção transversal..................................................................6,84 cm²

- Material.............................................................................................SAE 1020

- Limite de escoamento................................................................2100 Kgf / cm²

**6.2 Momento de inércia do tubo quadrado superior**

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

J1 = (B . H³ / 12) - (b . h³ / 12)

J1 = (4 . 4³ / 12 ) - (3,4 . 3,4³ / 12) **J1 = 10,19 cm4**

**6.3 Perfil U enrijecido inferior**

**6.3.1 Distancia da linha neutra do perfil enrijecido inferior**

ν**= ys =** ∑**Ai . yi / A**

ν= ys = ( (5. 12,5 ) + (0,72 . 0,1) + (0,72 . 24,9) + (0,4 . 1) + (0,4 . 26) ) / 6,84

ν= ys = (62,5 ) + (0,072) + (17,92) + (0,4) + (10,4) / 6,84

ν= ys = 91,292 / 6,84 ν**= 13,34 cm**

**6.3.2 Momento de inércia do perfil enrijecido inferior**

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

conforme segue:

**J2 =** ∑**( Jo + A . d2 )**

J2 = (260,41 + 5 . 0,84² ) + (0,0024 + 0,72 . 13,24² ) + (0,0024 + 0,72 . 11,56²) +

+ (0,1333 + 0,4 . 12,34²) + ( 0,1333 + 0,4 . 12,66²)

J2 = (263,938 ) + (126,216 ) + (96,218) +(61,043) + ( 64,243)

**J2 = 611 cm4**

**6.3 Perfil composto**

**6.3.1 Distancia da linha neutra do perfil composto**

Área da seção transversal do perfil composto:

A = 4,44 + 6,84 A = 11,28 cm²

Distancia da linha neutra:

ν**= ys =** ∑**Ai . yi / A**

ν= ys = ( (4,44. 2 ) + (6,84. 62,34) ) / 11,28

ν= ys = (8,88 + 426,40) / 11,28 ν**= 38,58 cm**

**6.3.2 Momento de inércia do perfil composto**

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

conforme segue:

**Jc =** ∑**( Jo + A . d2 )**

Jc = (13,34 + 4,44 . 36,58² ) + (611 + 6,84 . 23,76² )

Jc = (5954) + (4472 ) **Jc = 10426 cm 4**

**6.4 Momento de inércia resistente**

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

J = 2 . Jc

J = 2 . 10426 **J = 20852 cm 4**

**7. VERIFICAÇÃO DA PLATAFORMA**

Conforme dados do item 5, a carga (398 Kgf) se distribui ao longo do comprimento 3,318 m e o peso próprio (302 Kgf) se distribui ao longo do comprimento 6,042 m, conforme esquema abaixo:



**7.1 Determinação das forças P1 e P2**

De acordo com o item 6.4 da Norma Européia NE 1808, a carga suspensa total

deve ser calculada por:

Q = 1,25 ( RL + SWP)

Q = 1,25 ( 398 + 190 ) **Q = 735 Kgf**

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

P1 + P2 = 735

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

P1 = 367,5 Kgf e P2 = 367,5 Kgf

O peso próprio da plataforma distribui-se ao longo do comprimento 6042 mm

(604,2 cm), de modo que a carga distribuída é dada por:

Qpp = (1,25 . 302) / 604,2 **qpp = 0,62479 Kgf / cm**

A carga Q = 398 Kgf distribui-se ao longo do comprimento T = 3318 mm (331,8cm) de modo que a carga distribuída é dada por:

q = Q / T

q = (1,25 . 398 / 331,8 **q = 1,4993 Kgf / cm**

**7.2 Momento fletor na plataforma:**

O momento fletor na plataforma é dado por:

**Para 0** ≤**X** ≤**1362**

M = P1 . X – (qpp . X) (X / 2)

M = 367,5 . X – (0,70341 . X) (X / 2)

M = 367,5 . X – 0,351705 . X²

**Se X = 136,2**

M = 367,5 . 136,2 – 0,351705. 136,2²

M = 64559 – 6524 M = 43529 Kgfcm

**Para 1362** ≤**X** ≤**4680**

M = P1 . X – (qpp. X) (X / 2) – q . ( X – 136,2 ) ( X – 136,2) / 2

M = 367,5 . X – (0,70341. X) (X / 2) – 1,57474 . ( X – 136,2 ) ( X – 136,2) / 2

M = 367,5. X – (0,351705. X²) – 0,78737 . ( X – 136,2 )²

**Se X = 302,1 (centro da plataforma)**

M = 367,5 . 302,1 – (0,351705. 302,1²) – 0,78737 . (302,1 – 136,2 )²

M = 143195 – 32098 – 21670 M = 57253,75 Kgfcm

**Se X = 468**

M = 367,5 . 468 – (0,351705. 468²) – 0,78737. (468 – 136,2 )²

M = 221832 – 77032 – 86683 M = 8275 Kgfcm

**Para 4680** ≤**X** ≤**6042**

M = P1 . X – (qpp. X) (X / 2) – (q .331,8 ) ( X – 604,2 / 2)

M = 367,5 . X – (0,70341. X) (X / 2) – (1,57474. 331,8 ) ( X – 302,1)

M = 367,5 . X – (0,351705. X²) – 522,5 ( X – 302,1)

**Se X = 604,2**

M = 367,5 . 604,2 – (0,351705. 604,2 ²) – 522,5 (604,2 – 302,1)

M = 286391 – 128396 – 157847 M = - 64199,5

Para a condição de carga apresentada, o maior momento fletor ocorre no centro da plataforma com valor igual a 57253,75 Kgfcm

**7.3 Tensão de flexão na plataforma**

A tensão de flexão é dada por:

σ= (M . ymax) / J, onde:

M = Máximo momento fletor atuante na estrutura resistente.

ymax = Maior distancia da linha neutra à fibra mais externa.

J = momento de inércia da seção transversal resistente.

Temos então:

σ= (57253,75 . 38,58) / 20852  σ= 105,92 Kgf / cm²

**7.4 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 σ a = σ 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:

σ a = σ e / 1,5

σ a = 2100 / 1,5 a = 1400 Kgf / cm²

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

n = σ a / σ

n =1400 / 105,92 n = 13,21

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

Peso por metro quadrado na plataforma:

G = 398 / (0,63 . 3,318) G = 190 Kgf / m²

No sentido transversal a carga distribuída é dada por:

q = 190 . b . l

q = 190 . 0,63 . 1 q = 119 Kgf / m = 1,19 Kgf / cm

O momento fletor no sentido transversal é dado por:

M = q. l² / 8

M = 1,19. 63² / 8 **M = 571,8 Kgfcm**

Para cada metro de comprimento do piso, o momento resistente transversal é

dado pelo menos pela soma dos momentos de inércia de dois tubos retangulares altura 20 mm, largura 30 mm e espessura da parede igual a 3,00 mm, o que resulta em:

J = 2 ( 3 . 2³ / 12 - 2,60 . 1,60³ / 12)

J = 2 ( 2 – 0,88 ) J = 2,24 cm4

A tensão de flexão é dada por:

σ= (M . ymax) / J

σ= (571,8 . 1 ) / 2,24  σ**= 255,26 Kgf / cm²**

**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 σ a = σ 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:

σ a = σ e / 1,5

σ a = 2100 / 1,5  σ a = 1400 Kgf / cm²

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

n = σ a / σ

n =1400 / 255,26 n = 5,48

**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 alumínio antiderrapante, composição química conforme Norma ABNT 5052, espessura 3,00 mm, com tensão de escoamento mínima igual a 650 Kgf / cm² e limite de resistência mínimo igual a 1700 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 . 20 . 0,30 A = 24 cm²

A tensão de cisalhamento é dada por:

τ= F / A

τ= 100 / 24 τ= 4,16 Kgf / cm²

**9.2 Tensão de tração na chapa de piso**

****

Para uma carga igual a 100 Kgf distribuída uniformemente sobre a área do

quadrado, a pressão é dada por:

p = F / A

p = 100 / (20 . 20 ) p = 0,25 Kgf / cm²

Para a/b = 1 temos:

ϕX = 0,53

ϕY = 0,53

Ψ= 0,225

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

σX = ϕX . p . b² / h²

σX = 0,53 . 0,25 . 10² / 0,20² σX = 331 Kgf / cm²

**9.3 Tensão combinada na chapa de piso**

σc = 0,35 σ+ 0,65 (σ² + 4 ² ) 0,5

σc = 0,35 . 132+ 0,65 (331² + 4 .6,25² ) 0,5σ**c = 332 Kgf / cm²**

**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 σa = σe / 1,5. Para o material SAE 5052, o limite de escoamento mínimo é igual a 650 Kgf / cm², de modo que a tensão admissível é dada

por:

σ a = σ e / 1,5

σ a = 650 / 1,5  σ a = 433 Kgf / cm²

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

n = σa / σ

n = 433 / 332 n = 1,30

**10. VERIFICAÇÃO DOS ESTRIBOS**

**10.1 Esquema construtivo**

****

**10.2 Carga máxima atuante nos estribos**

De acordo com o item 7.1, o maior valor da carga P em cada estribo é igual a 367,5 Kgf.

**10.3 Forças atuantes no estribo**

****

**10.3.1 Força normal nas barras verticais**

P1 = P / 2

P1 = 367,5 / 2 P1 = 183,75 Kgf

**10.3.2 Força normal nas barras inclinadas**

F = P1 / cos α

F = 183,75 / cos 45 F = 259,86 Kgf

**10.3.3 Determinação da componente horizontal**

FH = F. cos 45

FH = 259,86 . cos 45 FH = 183,75 Kgf

**10.3.4 Tensões no estribo**

Todas as barras do estribo estão sujeitas às tensões de tração, compressão ou

de cisalhamento. As barras são executadas em tubo de aço SAE 1020, quadrado, com lado igual a 40 mm, espessura 3,00 mm, área da seção transversal igual a 4,44 cm² e tensão de escoamento igual a 2100 Kgf / cm².

**10.3.4.1 Tensão nas barras verticais**

As barras verticais estão sujeitas à tensão de tração determinada pela força

P1, com valor dado por:

σ= P1 / A

σ= 183,75 / 4,44  σ**= 41,38 Kgf / cm²**

**10.3.4.1.1 Coeficiente de segurança nas barras verticais**

De acordo com a Norma Européia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão

admissível no caso 1 é dada por σ a = σ 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:

σ a = σ e / 1,5

σ a = 2100 / 1,5  σ a = 1400 Kgf / cm²

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

n = σ a / 

n =1400 / 41,38 n = 33,83

**10.3.4.2 Tensão nas barras inclinadas**

As barras inclinadas estão sujeitas à tensão de tração determinada pela força

F, com valor dado por:

σ= F / A

σ= 259,86 / 4,44  σ**= 58,52 Kgf / cm²**

**10.3.4.2.1 Coeficiente de segurança nas barras inclinadas**

De acordo com a Norma Européia NE 1808, item 6.2.1.1, a máxima tensão

admissível no caso 1 é dada por σ a = σ 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:

σ a = σ e / 1,5

σ a = 2100 / 1,5  σ a = 1400 Kgf / cm²

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

n = σ a / σ

n = 1400 /58,72 n = 25,58

**10.4 Verificação do sistema de fixação do guincho ao estribo**

O guincho é fixado ao estribo por meio de um tubo externo soldado ao estribo e

de um tubo interno fixado ao guincho por meio de parafuso M16. O tubo interno pode ser regulado em altura em relação ao tubo externo de modo a permitir uma correta adaptação ao operador. Os tubos interno e externos são fixados após regulagem, por meio de dois parafusos M10. Sobre o sistema atua uma força igual a 474 Kgf.



367,5

367,5

**10.4.1 Verificação dos parafusos do sistema de fixação**

**10.4.1.1 Parafuso de fixação do guincho ao tubo interno**

O guincho é fixado ao tubo interno por meio de um parafuso M 16 sobre o qual

atua a carga 367,5 Kgf. O parafuso resiste em duas seções transversais

simultaneamente, de modo que em cada uma atua uma força igual a 183,75 Kgf.

**10.4.1.1.1 Força cortante resistente de cálculo no parafuso**

O parafuso possui diâmetro 1,6 cm, com área da seção transversal dada

por:

S = π. 1,6² / 4 S = 2,00 cm²

A força cortante resistente de cálculo no parafuso é dada por:

VRd = 0,45 . Ap . frup / γ

VRd = 0,45 . 2,00 . 3700 / 1,65 VRd = 2018 Kgf

**10.4.1.1.2 Coeficiente de segurança majorado no parafuso**

A segurança do parafuso é dada quando V,Rd / Q ≥1. Temos então:

Vt,Rd / Q = 2018 / 183,75 **= 11 (** **1)**

**10.4.1.2 Parafusos de fixação do tubo interno ao tubo externo**

O tubo interno (regulável) é fixado ao tubo externo (solidário ao estribo) por

meio de dois parafusos M 10. Os parafusos resistem em quatro seções transversais simultaneamente de modo que em cada uma atua uma força igual a 92 Kgf.

**10.4.1.2.1 Força cortante resistente de cálculo nos parafusos**

Os parafusos possuem diâmetro 1,00 cm, com área da seção transversal

dada por:

S = π. 1,00² / 4 S = 0,785 cm²

A força cortante resistente de cálculo nos parafusos é dada por:

VRd = 0,45 . Ap . frup / γ

VRd = 0,45 . 0,785 . 3700 / 1,65 VRd = 792 Kgf

**10.4.1.2.2 Coeficiente de segurança majorado nos parafusos**

A segurança dos parafusos é dada quando V,Rd / Q ≥1. Temos então:

Vt,Rd / Q = 792 / 92 **=8,6 (** **1)**

**10.4.2. Verificação da solda**

**10.4.2.1 Área resistente da solda**

O tubo externo é soldado ao estribo com um comprimento total do cordão igual

a 240 mm. O cordão é especificado como igual a 0,7 vezes a menor espessura,

correspondente a 2,1 mm de lado, de modo que a seção efetiva possui uma dimensão dada por:

w = 2,1 / 2 . cos 45º w = 1,48 mm ( = 0,148 cm)

A seção transversal resistente da solda é dada por:

A = 0,148 . 24 A = 3,55 cm²

**10.4.2.2 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 = 3,55 . 900 Fr = 3195 Kgf

Conforme se verifica, a força resistente da solda supera a força máxima exercida

pela cinta de içamento, com coeficiente de segurança dado por:

n = Fr / F

n = 3195 / 367,5 n = 8,69

**11. GUARDA CORPO LONGITUDINAL**

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.

**11.1 Esquema construtivo**

****

**12.2 Força resistente imposta pelos postes verticais**

**12.2.1 Momento de inércia dos postes verticais**

Os postes verticais comprimento 500 mm são executados com tubos

quadrados 40 mm x 40 mm x 3,00 mm de espessura, área da seção transversal igual a 4,44 cm² e momento de inércia resistente em relação à direção de carregamento igual a 10,19 cm4. O tubos são executados em aço SAE 1020, com limite de escoamento igual a 2100 Kgf / cm².

**12.2.2 Módulo de resistência dos postes verticais**

O módulo de resistência dos postes verticais é dado por :

W = J / ymax

W = 10,19 / 2 W = 5,09 cm³

**12.2.3 Momento fletor resistente de cálculo dos postes verticais**

MRD = Wef . fy / 1,1

MRD = 5,09. 2100 / 1,1 MRD = 9717 Kgfcm

**12.2.4 Força resistente máxima**

Para o poste vertical ancorado no guarda corpo inferior, distante 500 mm do

guarda superior, a força resistente de cálculo é dada por:

Fr = MRD / l

Fr = 9717 / 50 Fr = 194 Kgf

**12.2.5 Flechamento máximo dos postes verticais**

A força resistente Fr somente existe a partir do início da deformação do poste

vertical, provocada pelo flechamento do guarda corpo superior, e é proporcional ao

valor do flechamento, até o limite onde o material inicia a deformação permanente

(atinge a tensão de escoamento). A força Fr definida em 12.2.4 é atingida para o valor máximo de flechamento, definido por:

f max = Fr . l³ / 3 . E . J

No caso do tubo utilizado, temos:

L = 50,00 cm

J = 10,19 cm4

Substituindo os valores na equação acima temos:

f max = 194 . 50³ / 3 . 2100000 . 10,19

**f max = 0,377cm**

**13 VERIFICAÇÃO DO GUARDA CORPO CONFORME NE 1808**

A Norma Européia 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 a 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"

**13.1 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:

**13.2 Momentos fletores no guarda corpo devido às forças F**

**13.2.1 Momentos fletores devido à força F1 = 20 Kgf**

****

- Momento em A:

MAF1 = - P. a . b² / l²

MAF1 = - 20. 125 . 175² / 300²

**MAF1 = - 851 Kgfcm**

- Momento em B:

MBF1 = - P. a² . b / l²

MBF1 = - 20. 125² . 175 / 300²

**MBF1 = - 608 Kgfcm**

- Momento no ponto de aplicação da carga F1 ( x = 125)

MF1 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MF1 = 20 . 175² / 300³ 125 (3 . 125 + 175) – 300 . 125)

MF1 = 0,022685 68750 – 37500)

**MF1 = 709 Kgfcm**

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

MCF1 = P . b² / l³ x (3 . a + b) – l . a)- P (x –a)

MCF1 = 20 . 175² / 300³ 150 (3 . 125 + 175) – 300 . 125)- 20 (150 –125)

MCF1 = 0,022685 82500 – 37500)- 500

**MCF1 = 521 Kgfcm**

**13.2.2 Momentos fletores devido à força F2 = 20 Kgf**

****

- Momento em A:

MAF2 = - P. a . b² / l²

MAF2 = - 20. 175 . 125² / 300²

**MAF2 = - 608 Kgfcm**

- Momento em B:

MBF2 = - P. a² . b / l²

MBF2 = - 20. 175² . 125 / 300²

**MBF2 = - 851 Kgfcm**

- Momento no ponto de aplicação da carga F2 ( x = 175)

MF2 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MF2 = 20 . 125² / 300³ 175 (3 . 175 + 125) – 300 . 175)

MF2 = 0,011574 113750 – 52500)

**MF2 = 709 Kgfcm**

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

MCF2 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MCF2 = 20 . 125² / 300³ 150 (3 . 175 + 125) – 300 . 175)

MCF2 = 0,011574 97500 – 52500)

**MCF2 = 521 Kgfcm**

- Momento de F2 no ponto de atuação de F1 ( X = 125)

MF21 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MF21 = 20 . 125² / 300³ 125 (3 . 175 + 125) – 300 . 175)

MF21 = 0,011574 81250 – 52500)

**MF21 = 333 Kgfcm**

**13.3 Determinação dos valores numéricos de Fr1 e Fr2**

**13.3.1 Flechamento no ponto de atuação de Fr1 devido à força F1 (x = 101)**

****

fab = ( F1. b² . x ² / 6. E. J .l³) x ( 3.a + b) – 3 .a .l 

fab = (20. 175² .101² / 6. E. 10,19.300³) 101 (3. 125 +175) – 3 .125 .300

fab = (1,802355048. E-06) 55550 – 112500

**fab = - 0,1026 cm**

**13.3.2 Contraflechamento em Fr1 devido à ação de Fr1 (x = 101)**

****

fab = Fr1 (b² . x ² / 6. E. J .l³) x ( 3.a + b) – 3 .a .l 

fab = Fr1 (199² .101² / 6. E. 10,19 .300³) 101 (3.101 + 199) – 3 .101 .300

fab = Fr1. (1,165307139 . E-07) 50702 – 90900 

**fab = - Fr1 . 0,004684 cm**

**13.3.3 Flechamento no ponto de atuação de Fr1 devido à força F2 (x = 101)**

****

fab = F2. b² . x² / 6. E. J .l³) x ( 3.a + b) – 3 .a.l 

fab = 20. 125² .101²/ 6. E. 10,19 .300³) 101 (3.175+125) –3 .175 .300

fab = (9,195689022 . E- 07) 65650 – 157500 

fab = **- 0,08446 cm**

**13.2.3.4 Contraflechamento em Fr1 devido à ação de Fr2 (x = 101)**

fab = Fr2. b² . x² / 6. E. J .l³) x ( 3.a + b) – 3 .a. l 

fab = Fr2. 101² .101²/ 6. E. 10,19 .300³) 101 (3.199 + 101) –3 .199 .300

fab = Fr2 (3,001767159. E-08) 70498 – 179100 

fab = **- Fr2 . 0,00325 cm**

**13.4 Determinação da força Fr1 (x = 101)**

****

O valor dos flechamentos no guarda corpo e no poste vertical são iguais

quando considerados na mesma posição, o que permite igualar as equações dos

flechamentos conforme segue:

0,1026 + 0,08446 = Fr1 . 0,004684 + Fr2 . 0,00325

Devido à simetria, FR1 = Fr2, o que permite escrever:

0,1026 + 0,08446 = Fr1 . 0,004684 + Fr1 . 0,00325

0,18706 = Fr1 . 0,0079343 **Fr1 = 24 Kgf**

**13.5 Determinação da força Fr2**

Em função da simetria Fr2 = Fr1 **Fr2 = 24 Kgf**

**13.6 Momentos fletores no guarda corpo devido às forças Fr**

**13.6.1 Momentos fletores devido à força Fr1 = 24 Kgf**

****

- Momento em A:

MAFr1 = - P. a . b² / l²

MAFr1 = - 24. 101 . 199² / 300²

**MAFr1 = - 1066 Kgfcm**

- Momento em B:

MBFr1 = - P. a² . b / l²

MBFr1 = - 24. 101² . 199 / 300²

**MBFr1 = - 541 Kgfcm**

- Momento no ponto de aplicação da carga Fr1 ( x = 101)

MFr1 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MFr1 = 24 . 199² / 300³ 101 (3 . 101 + 199) – 300. 101)

MFr1 = 0,03520 50702 – 30300)

**MFr1 = 718 Kgfcm**

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

MCFr1 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)- P (x –a)

MCFr1 = 24 . 199² / 300³ 150 (3 . 101 + 199) – 300 . 101)- 24 (150 – 101)

MCFr1 = 0,03520 75300 – 30300)- 1176

**MCFr1 = 408 Kgfcm**

**13.6.2 Momentos fletores devido à força Fr2 = 24 Kgf**

****

- Momento em A:

MAFr2 = - P. a . b² / l²

MAFr2 = - 24. 199 . 101² / 300²

**MAFr2 = - 541 Kgfcm**

- Momento em B:

MBFr2 = - P. a² . b / l²

MBF2 = - 24. 199² . 101 / 300²

**MBFr2 = - 1066 Kgfcm**

- Momento no ponto de aplicação da carga Fr2 ( x = 199)

MFr2 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MFr2 = 24. 101² / 300³ 199 (3 . 199 + 101) – 300 . 199)

MFr2 = 0,009067 138902 – 59700)

**MFr2 = 718 Kgfcm**

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

MCFr2 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MCFr2 = 24 . 101² / 300³ 150 (3 . 199 + 101) – 300 . 199)

MCFr2 = 0,009067 104700 – 59700)

**MCFr2 = 408 Kgfcm**

- Momento de Fr2 no ponto de atuação de Fr1 ( x = 101)

MFr21 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MFr21 = 24 . 101² / 300³ 101 (3 . 199 + 101) – 300 . 199)

MFr21 = 0,009067 70498 – 59700)

**MFr21 = 98 Kgfcm**

**13.7 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.

**13.7.1 Momento total em A**

O momento fletor total em A é dado por:

MA = MAF1 + MAF2 – MAFr1 – MAFr2

MA = - 851 - 608 + 1066 + 541

**MA = 148 Kgfcm**

**13.7.2 Momento total em B**

O momento fletor total em B é dado por:

MB = MBF1 + MBF2 – MBFr1 – MBFr2

MB = - 608 - 851 + 541 + 1066

**MB = 148 Kgfcm**

**13.7.3 Momento total em C**

**- Momento total no centro do vão livre devido à F1 e F2**

MCt = MCF1 + MCF2 - MCFr1 - MCFr2

MCt = 521 + 521 – 408 - 408

**MCt = 228 Kgfcm**

**13.8 Tensão de flexão no guarda corpo**

O guarda corpo é executados com tubo quadrado 40 mm x 40 mm x 3,00 mm

de espessura, área da seção transversal igual a 4,44 cm² e momento de inércia

resistente em relação à direção de carregamento igual a 10,19 cm4. O tubos são

executados em aço SAE 1020, com limite de escoamento igual a 2100 Kgf / cm².

O momento fletor máximo no guarda corpo é igual a 228 Kgfcm. A tensão de

flexão no guarda corpo é dada por:

σ= M . ymax / J

σ= 228 . 2 / 10,19 σ**= 45 Kgf / cm²**

**13.8.1 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 σ a = σ 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:

σ a = σ e / 1,33

σ a = 2100 / 1,5  σ a = 1400 Kgf / cm²

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

n = σ a / σ t

n =1400 / 45 n = 31

**14 VERIFICAÇÃO DO GUARDA CORPO DE ACORDO COM A NORMA NR 18**

**14.1 Esquema de forças segundo a Norma NR 18**

****

**14.2 Momentos fletores no guarda corpo**

**14.2.1 Momento fletor devido à carga distribuída**

****

- Momento em A:

MAd = - q. l² / 12

MAd = - 1,50. 300² / 12

**MAd = - 11250 Kgfcm**

- Momento em B:

MBd = - q. l² / 12

MBd = - 1,50. 300² / 12

**MBd = - 11250 Kgfcm**

- Momento no centro do vão livre:

MCd = q. l² / 24

MCd = 1,50. 300² / 24

**MCd = 5625 Kgfcm**

**14.2.2 Flechamento do guarda corpo no ponto de atuação de Fr1 (x = 101)**

f = (q . x² / 24 . E . J) ( l – x )²

f = (1,50 . 101² / 24 . E . 10,19) ( 300 – 101 )²

f = (2,979403243 E -05) ( 300 – 101 )² **f = 1,1798 cm**

**14.2.3 Contraflechamento em Fr1 devido à ação de Fr1 (x = 101)**

****

fab = Fr1(b² . x ² / 6. E. J .l³) x ( 3.a + b) – 3 .a .l 

fab = Fr1 (199² .101² / 6. E. 10,19 .300³) 101 (3. 101 + 199) – 3 .101 .300

fab = Fr1. (1,165307139 . E-07) 101 (502) – 90900 

fab = Fr1. (1,165307139 . E-07) 50702 – 90900 

**fab = -Fr1 . 0,004684 cm**

**14.2.4 Contraflechamento em Fr1 devido à ação de Fr2 (x = 101)**

****

fab = Fr2. b² . x² / 6. E. J .l³) x ( 3.a + b) – 3 .a.l 

fab = Fr2. 101² .199²/ 6. E. 10,19 .300³) 101 (3.199 + 101) –3 .199 . 300

fab = Fr2 (1,165307139. E-07) (101) (698) – 179100

fab = Fr2 (1,165307139. E-07) 70498 – 179100

fab = **Fr2 . 0,001265 cm**

**14.3 Determinação da força Fr1 (x = 101)**

O valor da flecha no guarda corpo e no poste vertical são iguais quando considerados na mesma posição, o que permite igualar as equações dos flechamentos conforme segue:

1,1798 = Fr1 . 0,004684 + Fr2 . 0,001265

Devido à simetria, FR1 = Fr2, o que permite escrever:

1,1798 = Fr1 . 0,004684 + Fr1 . 0,001265

1,1798 = Fr1 . 0,005949 **Fr1 = 198 Kgf**

**14.4 Determinação da força Fr2**

Em função da simetria Fr2 = Fr1

**Fr2 = 198 Kgf**

**14.5 Momentos fletores no guarda corpo devido às forças Fr**

**14.5.1 Momentos fletores devido à força Fr1 = 198 Kgf**

- Momento em A:

MAFr1 = - P. a . b² / l²

MAFr1 = - 198. 101 . 199² / 300²

**MAFr1 = - 8799 Kgfcm**

- Momento em B:

MBFr1 = - P. a² . b / l²

MBF1 = - 198. 101² . 199 / 300²

**MBFr1 = - 4465 Kgfcm**

- Momento no ponto de aplicação da carga Fr1 ( x = 101)

MFr1 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MFr1 = 198. 199² / 300³ 101 (3 . 101 + 199) – 300. 101)

MFr1 = 0,290407333 50702 – 30300)

**MFr1 = 5924 Kgfcm**

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

MCFr1 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)- P (x –a)

MCFr1 = 198. 199² / 300³ 150 (3 . 101 + 199) – 300 . 101)- 198 (150 – 101)

MCFr1 = 0,290407333 75300 – 30300)- 9702

**MCFr1 = 3366 Kgfcm**

**14.5.2 Momentos fletores devido à força Fr2 = 198 Kgf**

- Momento em A:

MAFr2 = - P. a . b² / l²

MAFr2 = - 198. 199 . 101² / 300²

**MAFr2 = - 4465 Kgfcm**

- Momento em B:

MBFr2 = - P. a² . b / l²

MBF2 = - 198. 199² . 101 / 300²

**MBFr2 = - 8799 Kgfcm**

- Momento no ponto de aplicação da carga Fr2 ( x = 199)

MFr2 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MFr2 = 198. 101² / 300³ 199 (3 . 199 + 101) – 300 . 190)

MFr2 = 0,074807333 138902 – 57000)

**MFr2 = 6126 Kgfcm**

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

MCFr2 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MCFr2 = 198 . 101² / 300³ 150 (3 . 199 + 101) – 300 . 199)

MCFr2 = 0,074807333 104700 – 59700)

**MCFr2 = 3366 Kgfcm**

- Momento de Fr2 no ponto de atuação de Fr1 ( x = 101)

MFr21 = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MFr21 = 198 . 101² / 300³ 101 (3 . 199 + 101) – 300. 199)

MFr21 = 0,074807333 70498 – 57000)

**MFr21 = 1010 Kgfcm**

**14.6 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.

**14.6.1 Momento total em A**

O momento fletor total em A é dado por:

MA = MAd – MAFr1 – MAFr2

MA = - 11250 + 8799 + 4465

**MA = 2014 Kgfcm**

**14.6.2 Momento total em B**

O momento fletor total em B é dado por:

MB = MBd – MBFr1 – MBFr2

MB = - 11250 + 4465 + 8799

**MB = 2014 Kgfcm**

**14.6.3 Momento total em C**

**- Momento total no centro do vão livre devido à carga distribuída**

MCdt = 5625 Kgfcm

**- Momento total no centro do vão livre devido à Fr1 e Fr2**

MCFrt = 3366 + 3366 MC Frt = 6732 Kgfcm

**- Momento máximo no centro do vão livre**

Mcmax = MCt - MCFrt

Mcmax = 5625 – 6732

**Mcmax = - 1107 Kgfcm**

**14.6.5 Tensão de flexão no guarda corpo**

O momento fletor máximo atuante no guarda corpo é igual a 1107 Kgfcm. A

tensão de flexão no guarda corpo é dada por:

σ= M . ymax / J

σ= 1107. 2 / 10,19  σ**= 217 Kgf / cm²**

**14.6.5.1 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 a = 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:

σ a = σ e / 1,33

σ a = 2100 / 1,5  σ a = 1400 Kgf / cm²

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

n = σ a / σ t

n =1400 / 217 ⇒n = 11

**15. VERIFICAÇÃO DO GUARDA CORPO LATERAL**

**15.1 Esquema construtivo**

O guarda corpo lateral é executado em tubo quadrado 40 mm x 40 mm x 3,00 mm

espessura da parede.



**15.2 VERIFICAÇÃO DO GUARDA CORPO LATERAL CONFORME NE 1808**

A Norma Européia 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 a 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"

**15.2.1 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. Em função de limitações físicas, somente uma força pode ser aplicada no comprimento 710 mm, o que resulta no esquema conforme abaixo:



**15.2.2 Momento fletor no guarda corpo devido às forças F**

- Momento em A:

MA = - P. a . b² / l²

MA = - 20. 35,5 . 35,5² / 71²

**MA = - 177 Kgfcm**

- Momento em B:

MB = - P. a² . b / l²

MB = - 20. 35,5² . 35,5 / 71²

**MB = - 177 Kgfcm**

- Momento no centro do vão livre (x = 35,5)

MC = P . b² / l³ x . (3 . a + b) – l . a)

MC = 20 . 35,5² / 71³ 35,5 (3 . 35,5 + 35,5) – 71 . 35,5)

MC = 0,070422535 5041 – 2520,5)

**MC = 177 Kgfcm**

**15.2.3 Tensão de flexão no guarda corpo**

O momento fletor máximo atuante no guarda corpo lateral é igual a 177 Kgfcm.

A tensão de flexão no guarda corpo é dada por:

σ = M . ymax / J

σ= 177. 2 / 10,19  σ**= 35 Kgf / cm²**

**15.2.4 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 σ a = σ 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:

σ a = σ e / 1,33

σ a = 2100 / 1,5  σ a = 1400 Kgf / cm²

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

n = σ a / σ t

n = 1400 / 35 ⇒n = 40

**15.3 VERIFICAÇÃO DO GUARDA CORPO LATERAL DE ACORDO COM A NR 18**

**15.3.1 Esquema de forças segundo a Norma NR 18**

****

**15.3.2 Momentos fletores no guarda corpo**

**15.3.2.1 Momento fletor devido à carga distribuída**

- Momento em A:

MAd = - q. l² / 12

MAd = - 1,50. 71² / 12

**MAd = - 630 Kgfcm**

- Momento em B:

MBd = - q. l² / 12

MBd = - 1,50. 71² / 12

**MBd = - 630 Kgfcm**

- Momento no centro do vão livre:

MCd = q. l² / 12

MCd = 1,50. 71² / 24

**MCd = 315 Kgfcm**

**15.3.3 Tensão de flexão no guarda corpo**

O momento fletor máximo atuante no guarda corpo é igual a 630 Kgfcm. A

tensão de flexão no guarda corpo é dada por:

**σ**= M . ymax / J

**σ**= 630. 2 / 10,19  **σ****= 124 Kgf / cm**²

**15.3.3.1 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 **σ** a = **σ** 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:

**σ** a = **σ** e / 1,33

**σ** a = 2100 / 1,5  **σ** a = 1400 Kgf / cm²

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

n = **σ** a / **σ** t

n =1400 / 124 ⇒n = 11

**16 VERIFICAÇÃO DA PEÇA DE UNIÃO DAS PLATAFORMAS**

**16.1 Esquema construtivo**

****

1- Tubo quadrado 40 x 40 x 3,00

2- Tubo quadrado 40 x 40 x 3,00

3- Chapa 38 x 124 x 4,75

4- Perfil U 68 x 58 x 68 x 4,75

**16.2 Principio operacional**



Duas plataformas são unidas pela peça de união, mediante encaixe em duas

alças soldadas na parte inferior da peça de união, e aparafusamento dos guarda

corpos ao mesmo. A extremidade inferior da peça de união está sujeita à reação de tração em função do momento fletor, enquanto que os parafusos de união estão

sujeitos à tensão de cisalhamento devido à reação de compressão. Tendo em vista que devido às diferenças dimensionais nem todos os parafusos estarão sujeitos à reação simultaneamente, considera-se que toda a reação de compressão seja sustentada somente pelos parafusos inferiores, o que vem a favor da segurança.

**16.3 Forças devido ao momento fletor**

****

Conforme visto no item 7, o maior momento fletor na plataforma é igual a 57253,75 Kgfcm. As forças F1 e F2 são iguais em módulo e dadas por:

F1 = F2 = M / L

F1 = F2 = 57253,75 / 72,2 F1 = F2 = 793 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 = 793 / 2 F = 396,5 Kgf

**16.4 Força atuante nos parafusos de fixação**

A tensão de cisalhamento nos parafusos é determinada pela força F dividida por

quatro seções resistentes, o que conduz à :

Q = F / 4

Q = 396,5 / 4 Q = 99,12 Kgf

**16.4.1 Força de tração resistente de cálculo no parafuso**

O parafuso possui diâmetro 16 mm, com área da seção transversal dada por:

S = π. 1,6² / 4 S = 2,00 cm²

A força cortante resistente de cálculo nos parafusos é dada por:

VRd = 0,45 . Ap . frup / γ

VRd = 0,45 . 2,00 . 3700 / 1,65 VRd = 2018 Kgf

**16.4.2 Coeficiente de segurança majorado nos parafusos**

A segurança do parafuso estrutura é dada quando Nt,Rd / Q ≥1. Temos então:

VRd / Q = 2018 / 155 = 13 **(** **1)**

**16.5 Verificação do perfil U**

**16.5.1 Força atuante nos perfis U**

Cada perfil U está sujeito à reação de tração igual a F1 dividida por dois, o que

conduz à :

F = F1 / 2

F = 793 / 2 F = 396,5 Kgf

**16.5.2 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:

σ= F / A

σ= 619 / 3,61 σ= 171 Kgf / cm²

**16.5.3 Coeficiente de segurança no 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 σ a = σ 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:

σ a = σ e / 1,5

σ a = 2100 / 1,5  σ a = 1400 Kgf / cm²

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

n = σ a / σ

n = 1400 / 171 n = 8

**16.6 Verificação da solda do perfil U**

**16.6.1 Área resistente da solda**

O perfil U é soldado ao estribo com um comprimento total do cordão igual a 80

mm. O cordão é especificado como igual a 0,7 vezes a menor espessura,

correspondente a 3,3 mm de lado, de modo que a seção efetiva possui uma dimensão dada por:

w = 3,3 / 2 . cos 45º w = 2,33 mm ( = 0,233 cm)

A seção transversal resistente da solda é dada por:

A = 0,233 . 8 A = 1,86 cm²

**15.6.2 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 = 1,86 . 900 Fr = 1674 Kgf

Conforme se verifica, a força resistente da solda supera a força de tração com

coeficiente de segurança dado por:

n = Fr / F

n = 1674 / 396,5 n = 4,22

40

**17 CONCLUSÃO**

**Conforme demonstrado, a plataforma para andaime suspenso apresenta**

**plenas condições de segurança do ponto de vista de seu dimensionamento**

**estrutural para operação com cargas máximas iguais a 398 Kgf, uma vez que não se verificam tensões superiores às admissíveis nos diversos pontos analisados.**