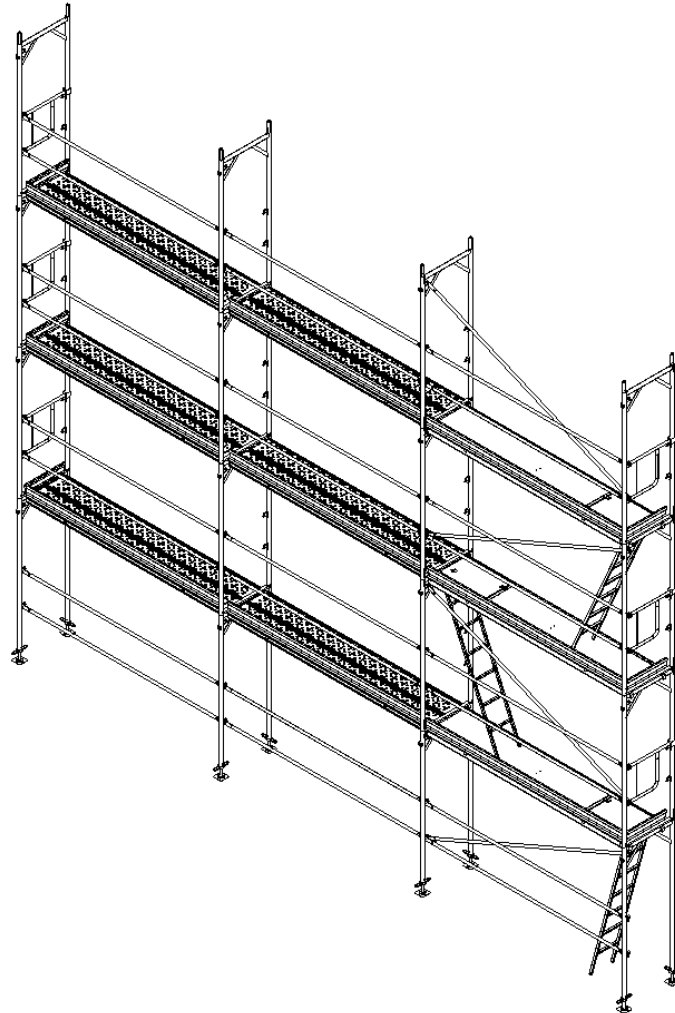


# NOPIN BRASIL EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL LTDA



## ANDAIME FACHADEIRO

ART 7206702

## **1. OBJETIVO:**

O Presente Memorial Técnico refere-se Andaimos Fachadeiros fabricados pela empresa NOPIN na Espanha, importado e comercializado no Brasil pela pelas empresas NOPIN Brasil Equipamentos para Construção Civil Ltda e NOPIN Locação de Bens Móveis Ltda.

O objetivo deste laudo é verificar o atendimento as normas:

- NR18 – Norma Regulamentadora N°18  
Condições e Meio Ambiente na Indústria da Construção, do Ministério do Trabalho e Emprego.  
Item 18.15 – Andaimos e Plataformas de trabalho – Alterado pela Portaria N°201 de janeiro de 2011.
- NBR6494/1990 – Segurança nos Andaimos.

Serão utilizadas como apoio as normas européias:

- EN12810-1/2005 – Andaimos de fachada de componentes pré-fabricados.  
Parte 1 – Especificaciones de los productos.
- EN12811-1/2005 – Equipamiento para trabajos temporales de obra.  
Parte 1: Andamios – Requisitos de comportamiento y diseño general.

Também serão utilizadas, como apoio, para orientar o atendimento da NR18, as RTPs Recomendação Técnica de Procedimento, publicadas pela FUNDACENTRO:

- RTP01 – Medidas de proteção contra quedas em altura.
- RTP04 – Escadas, Rampas e Passarelas.

## **2. CRITÉRIOS TÉCNICOS:**

A partir das informações fornecidas pela NOPIN e medições nos componentes será feita a verificação de adequação as normas.

Será utilizado também o relatório de ensaio feito em 2008 na Espanha pelo laboratório CIDEMCO Centro Tecnológico, a pedido da NOPIN.

## **3. MATERIAL:**

- Tubo redondo - Tensão de escoamento 2.350kgf/cm<sup>2</sup>.
- Chapas de aço – S235JR - Tensão de escoamento 2.350kgf/cm<sup>2</sup>.
- Parafusos ou pinos aço ASTM 307 Grau A (comum) – Tensão de ruptura 3.700kgf/cm<sup>2</sup>
- Soldas ao arco elétrico MIG - AWS A5.18-ER70S-3 - Limite de resistência de 4.000kgf/cm<sup>2</sup>.

## **4. DETALHES CONSTRUTIVOS:**

Em anexo são apresentados os desenhos de todos os componentes.

Estrutura tubular retangular de montagem por sobreposição através de encaixe entre os componentes verticais.

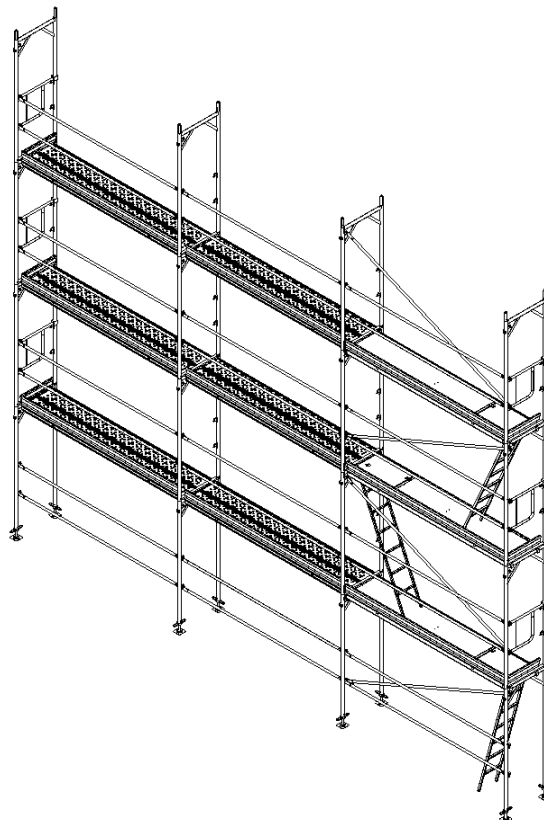
É dotado de sapata regulável para permitir o nivelamento.

A estrutura é dotada de guarda-corpo para evitar a queda de pessoas, e de escada para facilitar o acesso.

Todos os componentes são pré-fabricados, de montagem modular, que permite o uso em altura e largura limitados pela capacidade de carga e força do vento.

Todas as peças serão pintadas após o processo de fabricação.

## 5.0 - VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL:



### 5.1 – Modelos de andaimes:

Os andaimes são fabricados na largura 0,70m em diversos comprimentos, com piso em aço. Para acesso são utilizados pisos com estrutura em alumínio e chapa de madeira fenólica.

Os andaimes foram projetados e fabricados de acordo com as normas européias EN 12810-1:2005 e EN 12811-1:2005.

#### 5.1.1 – Plataformas fabricadas pela NOPIN:

CÓDIGO	PESO - kg	DENOMINAÇÃO	CLASSE DE CARGA	DIMENSÕES	
				Largura A - mm	Comprimento I - mm
UB9G121	8,11	Plataforma de 1,0m	6	0,30	1,020
UB9G122	11,60	Plataforma de 1,5m	6	0,30	1,570
UB9G123	14,90	Plataforma de 2,0m	6	0,30	2,070
UB9G124	18,00	Plataforma de 2,5m	5	0,30	2,570
UB9G125	21,00	Plataforma de 3,0m	4	0,30	3,070

### 5.2 – Plataforma (Piso):

A NR 18 define:

Item 18.15.3: “O piso de trabalho dos andaimes deve ter forração completa, ser antiderrapante, nivelado e fixado ou travado de modo seguro e resistente.”

Item 18.15.3.1: “O piso de trabalho dos andaimes pode ser totalmente metálico....”

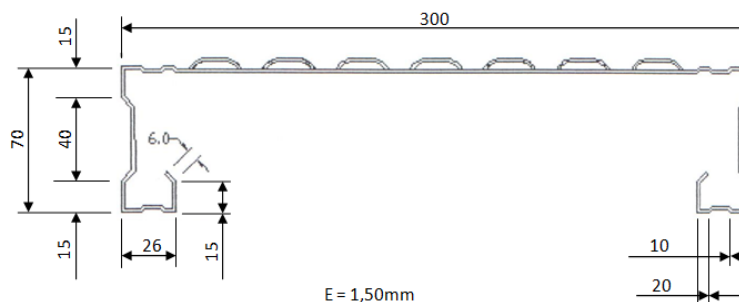
Item 18.15.3.2: “Os pisos dos andaimes devem ser dimensionados por profissional legalmente habilitado.”

Item 18.15.47.7: “A capacidade de carga mínima do piso de trabalho deve ser de cento e cinquenta quilogramas por metro quadrado.”

A norma EN12811-1:2005, no item 6.1.3, tabela 3, classifica os andaimes por classe de carga. Na tabela abaixo dados das classes utilizadas nos andaimes NOPIN.

Classe de carga	Carga distribuída uniforme $q_1$ – kN/m <sup>2</sup>	Carga concentrada área 500 x 500mm. $F_1$ – kN	Carga concentrada área 200 x 200mm. $F_2$ – kN	Carga de área parcial	
				$q_2$ – kN/m <sup>2</sup>	Fator de área parcial $a_p$
4	3,00	3,00	1,00	5,00	0,4
5	4,50	3,00	1,00	7,50	0,4
6	6,00	3,00	1,00	10,00	0,5

A plataforma é fabricada em chapa metálica formando um perfil U estampado de forma a garantir que não seja liso.



**Características geométricas obtidas por programa AUTOCAD:**

Área = 808,8852mm<sup>2</sup>      Perímetro = 1.079,5372mm  
 Ressaltos:            X = -7.724,3003mm            - 7.424,3033mm  
                               Y = - 13.936,4477mm        - 13.866,4477mm  
 Centros:             X = - 7.574,3033mm            Y = - 13.888,0274mm  
 Momento de inércia X = 1.562 x 10<sup>11</sup>            Y = 46.416.316.837,9568  
 Produto de inércia: XY = 85.088.359.323,7162  
 Raio de giro:        X = 13.888,0521mm            Y = 7.575,1614mm  
 Momento principal e sobre o centro dos eixos X e Y.  
                               I = 555.640,7351 ao longo (1,0000 0,0000)  
                               J = 1.051.528,6341 ao longo (0,0000 1.0000)

Centro de gravidade no eixo x  $\Rightarrow y_x = 7.574,33 - 7.724,3033 = 150\text{mm} = 15\text{cm}$   
 Centro de gravidade no eixo y  $\Rightarrow y_y = 13.936,4477 - 13.888,0274 = 48,42\text{mm} = 4,842\text{mm}$

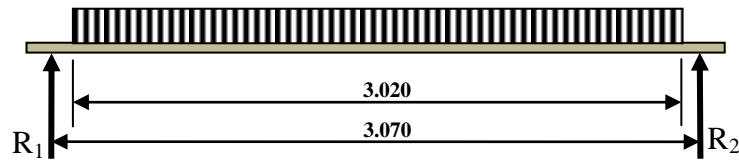
**5.2.1 – Plataforma – Verificação da capacidade estrutural:**



**5.2.1.A – Verificação de atendimento a NR18.**

Carga critério = 150kgf/cm<sup>2</sup>  
 Carga total sobre cada plataforma usando critério da NR18:  
 I x A x 150 (uniformemente distribuída).  
 Peso próprio = 21kg

O perfil e a largura são iguais em todos os comprimentos.  
 Portanto a verificação será feita com a carga no maior comprimento.



PLATAFORMA	DIMENSÕES		CARGA TOTAL kg
	Largura A - m	Comprimento I - m	
1,0m	0,30	1,020	45,90
1,5m	0,30	1,520	68,40
2,0m	0,30	2,020	90,90
2,5m	0,30	2,520	113,40
3,0m	0,30	3,020	135,90

### 5.2.1.A – Verificação de atendimento a NR18.

Carga total = 135,9 + 21 = 156,90kgf  
 Devido a simetria  $R_1 = R_2 = 156,9 / 2 = 78,45\text{kgf}$   
 Momento fletor =  $78,45 \times 151 - 135,9 \times (302 - 151)^2 / 2 \times 302$   
 $11.845,95 - 5.130,225 = 6.715,725\text{kgfcm}$   
 Linha neutra = 4,84cm  
 Momento de inércia =  $55,56\text{cm}^4$   
 Tensão de flexão =  $6.715,725 \times 4,84 / 55,56 = 585\text{kgf/cm}^2$

Tensão de escoamento da chapa =  $2.350\text{kgf/cm}^2 > 585\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow \text{FS} = 3,89 \Rightarrow \text{COMPATÍVEL}$

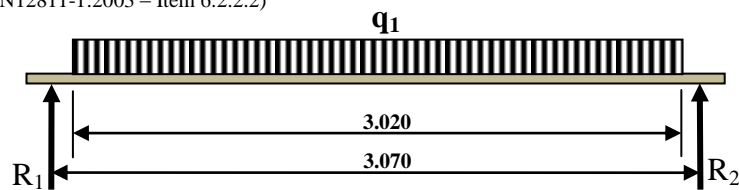
### 5.2.1.B – Verificação de atendimento a EN 12811-1.

Como é possível ver no item 5.1.1, deste memorial, a NOPIN define suas plataformas como classe 4, 5 e 6. Portanto as verificações serão feitas nos critérios aplicados para estas classes.

A largura da plataforma é de 300mm = 0,3m = w.

#### 5.2.1.B.1 – Verificação teórica com carga uniformemente distribuída:

(EN12811-1:2003 – Item 6.2.2.2)

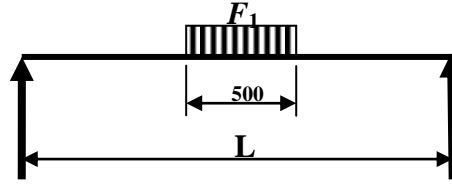


A norma determina “Cada área de trabalho deve ser capaz de suportar a carga uniformemente distribuída  $q_1$ , especificada na tabela 3.”

PLATAFORMA	CLASSE DE CARGA	CARGA DISTRIBUÍDA UNIFORMEMENTE $q_1$ - kgf	COMPRIMENTO L Cm	MOMENTO FLETOR QL/8 kgfcm	TENSÃO DE FLEXÃO $M_x \times y / I$ kgf/cm <sup>2</sup>	FATOR DE SEGURANÇA $2.350 / \sigma$	SITUAÇÃO
1,0m	6	183,60	102	2.295,00	199,92	11,75	COMPATÍVEL
1,5m	6	273,60	152	5.298,75	461,59	5,09	COMPATÍVEL
2,0m	6	363,60	202	9.315,00	811,46	2,89	COMPATÍVEL
2,5m	5	334,20	252	10.842,19	944,50	2,49	COMPATÍVEL
3,0m	4	271,80	302	10.361,25	902,60	2,60	COMPATÍVEL

**5.2.1.B.2 – Verificação teórica com carga concentrada:**

(EN12811-1:2003 – Item 6.2.2.3)



A norma determina “Cada unidade de deve ser capaz de suportar a carga,  $F_1$ , especificada na tabela 3, uniformemente distribuída em uma área de 500 x 500mm e, não simultaneamente, a carga  $F_2$ , especificada na tabela 3, uniformemente distribuída em uma área de 200mm x 200mm.”

“Quando uma unidade de plataforma tiver menos de 500mm de largura, a carga,  $F_1$ , especificada na tabela 3, pode ser reduzida em proporção a largura. Porém em nenhum caso deve se reduzir a carga a menos de 1,5kN.”

Todos as plataformas NOPIN possuem largura de 300mm. Portanto a carga critério de 300kgf, igual para todos os tamanhos, será corrigida.

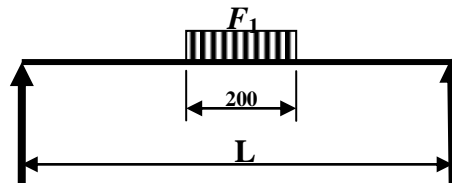
$$\text{Momento fletor} = 90 \times (L/2) - (180 \times ((L/2) - (L-50)/2)^2) / 2 \times 50$$

PLATAFORMA	CLASSE DE CARGA	COMPRIMENTO L cm	CARGA CORRIGIDA EM UMA ÁREA 300 x 500mm $F_1$ – kgf	MOMENTO FLETOR kgfcm	TENSÃO DE FLEXÃO $M_f \times y / I$ kgf/cm <sup>2</sup>	FATOR DE SEGURANÇA 2.350 / $\sigma$	SITUAÇÃO
1,0m	6	102	180	-3.465	301,85	7,78	COMPATÍVEL
1,5m	6	157	180	-7.065	615,45	3,81	COMPATÍVEL
2,0m	6	207	180	-17.505	1.524,91	1,54	COMPATÍVEL
2,5m	5	257	180	-22.005	1.916,92	1,22	COMPATÍVEL
3,0m	4	307	180	-26.505	2.308,93	1,01	COMPATÍVEL

Linha neutra = 4,84cm      Momento de inércia = 55,56cm<sup>4</sup>

**5.2.1.B.3 – Verificação teórica com carga concentrada:**

(EN12811-1:2003 – Item 6.2.2.3)



A norma determina “Cada unidade de deve ser capaz de suportar a carga,  $F_1$ , especificada na tabela 3, uniformemente distribuída em uma área de 500 x 500mm e, não simultaneamente, a carga  $F_2$ , especificada na tabela 3, uniformemente distribuída em uma área de 200mm x 200mm.”

$$\text{Momento fletor} = 50 \times (L/2) - (100 \times ((L/2) - (L-20)/2)^2) / 2 \times 20$$

PLATAFORMA	CLASSE DE CARGA	COMPRIMENTO L cm	Carga concentrada área 200 x 200mm. $F_2$ – kgf	MOMENTO FLETOR kgfcm	TENSÃO DE FLEXÃO $M_f \times y / I$ kgf/cm <sup>2</sup>	FATOR DE SEGURANÇA 2.350 / $\sigma$	SITUAÇÃO
1,0m	6	102	100	2.300	200,36	11,72	COMPATÍVEL
1,5m	6	157	100	3.675	320,14	7,34	COMPATÍVEL
2,0m	6	207	100	4.925	429,03	5,47	COMPATÍVEL
2,5m	5	257	100	6.425	559,70	4,19	COMPATÍVEL
3,0m	4	307	100	7.425	646,81	3,63	COMPATÍVEL

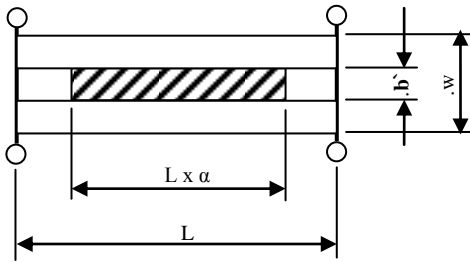
Linha neutra = 4,84cm      Momento de inércia = 55,56cm<sup>4</sup>

**5.2.1.B.4 – Verificação teórica com carga em uma área parcial:**

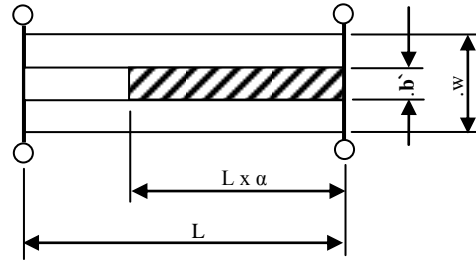
(EN12811-1:2003 – Item 6.2.2.4)

Momento fletor máximo

Flecha máxima



Reação vertical máxima



No item 6.2.2.4 a norma determina “Cada plataforma de classe 4,5 e 6, deve ser capaz de suportar uma carga distribuída em uma área parcial,  $q_2$ , que é uma carga maior que a carga de serviço uniformemente distribuída. A área parcial se obtém multiplicando a área do módulo,  $A$ , pelo fator de área parcial  $a_p$ . Os valores de  $q_2$  e  $a_p$ , estão na tabela 3. A área  $A$  se calcula a partir do comprimento  $l$ , e a largura  $w$ , de cada plataforma, se vê na figura 5.”

Todos os segmentos tem a largura  $b'$  de 300mm e a plataforma na maior montagem usa 3 segmentos. Portanto largura  $w = 900$ mm.

Para as plataformas das classes 4 e 5 o fator de área parcial  $a_p$  é igual a 0,4.

Produto  $a_p \times w = 0,4 \times 900 = 360$ mm >  $b'$  (300mm).

Neste caso a norma determina que deve-se usar um fator multiplicativo  $\alpha = 1$ .

Para as plataformas da classe 6 o fator de área parcial  $a_p$  é igual a 0,5.

Produto  $a_p \times w = 0,5 \times 900 = 450$ mm >  $b'$  (300mm).

Neste caso a norma determina que deve-se usar um fator multiplicativo  $\alpha = 1$ .

PLATAFORMA	CLASSE DE CARGA	COMPRIMENTO L cm	ÁREA PARCIAL cm <sup>2</sup> L x $a_p$	CARGA NA ÁREA PARCIAL kg	REAÇÃO VERTICAL kg	MOMENTO FLETOR QL/8 Kgfc	TENSÃO DE FLEXÃO $M_f \times y / I$ kgf/cm <sup>2</sup>	FATOR DE SEGURANÇA 2.350 / $\sigma$	SITUAÇÃO
0,7m	6	70	3.150	315,00	157,5	2.756	240,10	9,78	COMPATÍVEL
1,0m	6	102	4.590	459,00	229,50	5.852	509,81	4,60	COMPATÍVEL
1,5m	6	157	7.065	706,50	353,25	13.865	1.207,83	1,94	COMPATÍVEL
2,0m	6	207	9.315	931,50	465,75	24.103	2.099,65	1,11	COMPATÍVEL
2,5m	5	257	9.252	693,90	346,95	22.292	1.941,88	1,21	COMPATÍVEL
3,0m	4	307	11.052	552,60	276,30	21.206	1.847,32	1,27	COMPATÍVEL

Devido as características da plataforma, a carga é distribuída uniformemente ao longo de todo o comprimento.

Momento fletor = Linha neutra = 4,84cm

Momento de inércia = 55,56cm<sup>4</sup>

Chapa SAE 1010 – Tensão de escoamento = 1.800kgf/cm<sup>2</sup>

**5.2.1.C – Verificação através de testes práticos .**

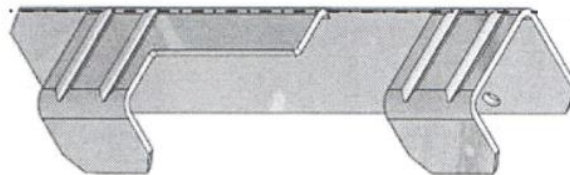
Resultados de testes práticos feitos em Julho de 2008, para a empresa fabricante NOPIN nos laboratórios do Centro Tecnológico CIDEMCO, na Espanha.

Plataforma	Carga distribuída uniformemente $q_1$ – kN/m <sup>2</sup>	Flecha mm	Carga concentrada em uma área de 500 x 500mm $F_1$ – kN	Flecha mm	Carga concentrada em uma área de 200 x 200mm $F_2$ – kN	Flecha mm	Carga em uma área parcial $q_2$ – kN/m <sup>2</sup>	Flecha mm	Flecha máxima permitida para carga concentrada 1/100 - mm	SITUAÇÃO
3,0m	6,00	35	3,00	18	1,00	13	10,00	30	30	COMPATÍVEL
2,5m	6,00	35	3,00	14	1,00	10	10,00	20	25	COMPATÍVEL
2,0m	6,00	10	3,00	8	1,00	7	10,00	11	20	COMPATÍVEL
1,0m	6,00	9	3,00	9	1,00	7	10,00	5	10	COMPATÍVEL

**Todas as plataformas foram testadas e aprovadas na classe 6.**



### 5.3 – Cabeçal das plataformas:



A carga mais crítica pelo critério da NR18 ocorre na plataforma de 3 metros e, é igual a:

$$150 \times 0,3 \times 3,07 = 138,15\text{kgf}$$

A carga distribuída uniformemente  $q_1$  mais crítica pelo critério da EN12811-1;2003 ocorre na plataforma de 2 metros e, é igual a:

$$600 \times 0,3 \times 2,02 = 363,60\text{kgf}$$

A carga concentrada em uma área  $500\text{mm} \times 500\text{mm}$   $F_1$  mais crítica pelo critério da EN12811-1;2003 ocorre igualmente em todas as plataformas e, é igual a:

$$600 \times 0,3 \times 0,5 = 54\text{kgf}$$

A carga concentrada em uma área  $200\text{mm} \times 200\text{mm}$   $F_2$  mais crítica pelo critério da EN12811-1;2003 ocorre igualmente em todas as plataformas e, é igual a:

$$600 \times 0,2 \times 0,2 = 24\text{kgf}$$

A verificação será feita pela carga mais crítica de 363,60kg.  
Em cada ponta da plataforma a carga será igual a 181,80kg.

#### 5.3.1 - Ligação soldada:

O perfil de apoio na travessa do painel é soldado na plataforma.

São 3 cordões de solda angular plano unilateral, na horizontal, que sofrem tensão de cisalhamento no sentido da solda e 2 cordões de solda angular plano unilateral, na vertical, que sofrem tensão de tração no sentido da solda.

Verificação pela NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formado a frio.

#### Caso a – estado-limite último de ruptura do metal-base: solicitação paralela ao eixo da solda:

Considerando somente os cordões horizontais.

$$\text{Relação } L / t = 165 / 1,5 = 110 > 25$$

$$\text{Portanto força resistente } F_{Rd} = 0,75tLf_u / \gamma = 0,75 \times 0,15 \times 16,5 \times 3.100 / 2,00 = \mathbf{2.877\text{kgf}}$$

$$\text{Comprimento do filete da solda } L = 40 + 65 + 40 = 165\text{mm}$$

$$\text{Menor espessura dos materiais } t = 1,5\text{mm}$$

$$\text{Tensão de ruptura do material base} = 3.100\text{kgf/cm}^2$$

$$\text{Coeficiente de ponderação das resistências } \gamma = 2,00$$

#### Caso c – estado-limite último de ruptura da solda:

$$\text{Força resistente } F_{Rd} = 0,75t_{ef}L_{fw} / \gamma = 0,75 \times 0,42 \times 16,5 \times 4.150 / 1,65 = \mathbf{13.073\text{kgf}}$$

$$\text{Comprimento do filete da solda } L = 40 + 65 + 40 = 165\text{mm}$$

$$\text{Menor espessura efetiva dos cordões} = 0,7 \times 6 = 4,2\text{mm}$$

$$\text{Tensão de ruptura da solda} = 4.150\text{kgf/cm}^2$$

$$\text{Coeficiente de ponderação das resistências } \gamma = 1,65$$

**A ligação soldada resistirá a carga a que será submetida.**



### 5.3.2 - Cisalhamento:

Força = 181,80kgf

Área resistiva =  $(6 + 6) \times 0,4 = 4,8\text{cm}^2$

Tensão de cisalhamento =  $181,80 / 4,8 = 38\text{kgf/cm}^2$

### 5.3.3 - Flexão:

Momento fletor =  $181,80 \times 3,5 = 636,30\text{kgfcm}$

Linha neutra =  $2\text{mm} = 0,2\text{cm}$

Momento de inércia =  $6 \times 0,4^3 / 12 = 0,032\text{cm}^3$

Considerados os dois perfis em U.

Tensão de flexão =  $636,30 \times 0,2 / 2 \times 0,032 = 1.988\text{kgf/cm}^2$

Como as tensões não são da mesma magnitude considera-se somente a pior situação, ou seja, flexão.

**Verificação:** Chapa – Tensão de escoamento =  $2.350\text{kgf/cm}^2$

Tensão de flexão  $\sigma_f = 1.988\text{kgf/cm}^2 < 2.350 \Rightarrow \text{FS} = 1,18\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow$  **COMPATÍVEL**

**OBS:** O fator de segurança esta baixo. Porém relativo a tensão de escoamento.

Em teste prático de ruptura desenvolvido pelo Laboratório CIDEMCO na Espanha, a pedido da NOPIN, o desempenho do cabeçal foi satisfatório.

A plataforma será dotada de tubos redondos de aço, em sua parte inferior, para evitar a abertura e torção.

Em cada montagem serão utilizadas plataformas colocadas lado a lado, apoiadas sobre travessas nos elementos verticais com trava de segurança para evitar o levantamento com o vento.

### 5.4 – Quadro:

Estrutura lateral de sustentação de todos os componentes do andaime.

Serve de apoio direto a plataforma.

A Norma NBR6494/1990

Item 4.5.5 define “Em andaimes metálicos os montantes devem ter espessura de parede mínima igual a  $2,65\text{mm}$  e o diâmetro mínimo de  $42,20\text{mm}$ ”.

Esta solicitação foi atendida já que os montantes serão em tubo com diâmetro externo de  $48,30\text{mm}$  e parede com  $3,00\text{mm}$ .

Item 4.5.6 define “As plataformas de serviço nos andaimes devem ter uma largura mínima de  $0,60\text{m}$  e com altura livre mínima de  $1,75\text{m}$ ”.

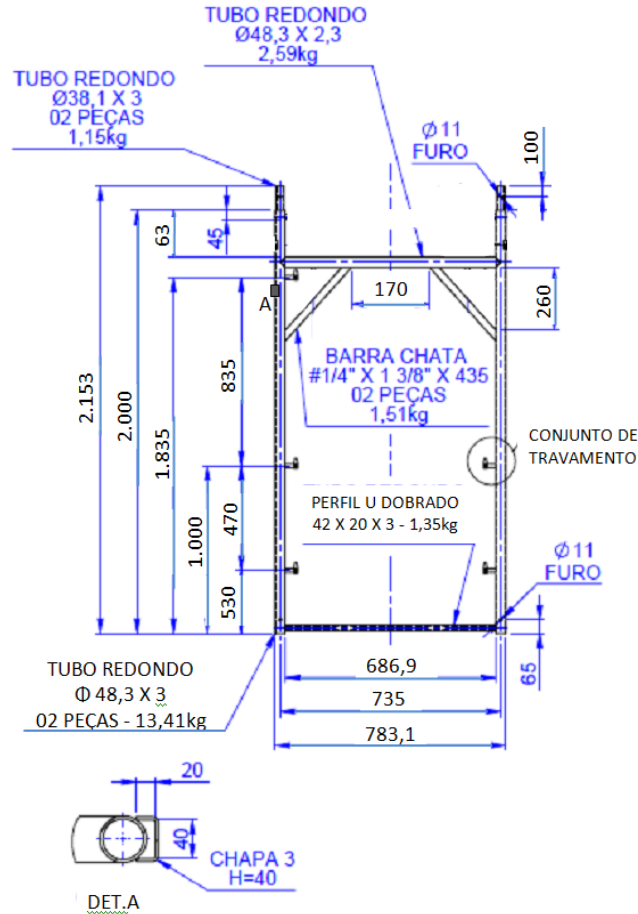
A largura livre será de  $0,684\text{m}$  e a altura livre  $1,86\text{m}$ .

A NR 18 no item 18.15.2.8 define “Os montantes dos andaimes devem possuir travamento contra o desencaixe acidental.”

A ponteira do montante em tubo redondo  $\Phi 38,1 \times 3,00\text{mm}$  será inserida no montante e fixada por parafuso  $5/6$ ” através do furo  $\Phi 3/8$ ” na parte superior do montante.

Ao montar um quadro sobre outro, o montante superior será encaixado na ponteira do montante inferior. Para que não ocorra o desacoplamento os montantes deverão ser fixados por parafuso  $5/16$ ” ou barra redonda dobrada  $\Phi 8\text{mm}$ .





#### 5.4.1 - Travessa superior:

A travessa deverá suportar a plataforma e a carga sobre esta.

A travessa estará sujeita as tensões combinadas de flexão e cisalhamento.

O conjunto das plataformas de 2 metros (caso de carga mais crítica) pesa  $2 \times 14,9 = 29,8\text{kg}$

Pela NR18 a carga sobre a plataforma será  $= 2 \times (2,0 \times 0,3 \times 150) = 180\text{kg}$

Carga sobre cada travessa  $= 29,8 + 180 = 209,80\text{kgf} \Rightarrow \mathbf{210\text{kgf}}$

Segundo a norma EN18411 a carga mais crítica ocorre na plataforma de 2m.

Carga sobre a travessa:  $29,8 + 363,60 = 393,40\text{kg}$ .

A travessa é reforçada com uma mão francesa.

#### Os quadros centrais receberão a carga total sobre a plataforma.

A carga será aplicada em 4 pontos.

Portanto é possível considerar a carga como uniforme distribuída sobre viga biengastada.

A travessa é fabricada em tubo redondo  $\Phi 48 \times 3,00\text{mm}$

Módulo de flexão tubo  $\Phi 48 \times 3,00\text{mm} = 0,7854 \times (2,4^4 - 2,1^4) / 2,4 = 4,49 \text{ cm}^3$

#### Flexão dos segmentos laterais da travessa:

Momento fletor  $= (393,40 / 3) \times 28,25 / 12 = 308,71\text{kgfcm}$

Tensão de flexão  $= 308,71 / 4,49 = 69\text{kgf/cm}^2$

**Verificação:** Tubo redondo – Tensão de escoamento  $= 2.350\text{kgf/cm}^2$

Tensão de flexão  $\sigma_f = 69\text{kgf/cm}^2 < 2.350\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow \mathbf{COMPATÍVEL}$

**Cisalhamento dos segmentos laterais da travessa:**

A maior força sobre a travessa na intersecção com o montante será igual a  $(393,40 / 6) = 66\text{kgf}$ .

$$\text{Área da travessa} = \pi \times (4,8^2 - 4,2^2) / 4 = 4,24\text{cm}^2$$

$$\text{Tensão de cisalhamento} = 66 / 4,24 = 16 \text{ kgf/cm}^2$$

**Verificação:** Tubo redondo – Tensão de escoamento =  $2.350\text{kgf/cm}^2$

$$\text{Tensão de cisalhamento } \tau_f = 16\text{kgf/cm}^2 < 0,65 \times 2.350 = 1.528\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow \text{COMPATÍVEL}$$

**Flexão do segmento central da travessa:**

$$\text{Momento fletor} = (393,40 / 2) \times 23 / 12 = 377\text{kgfcm}$$

$$\text{Tensão de flexão} = 377 / 4,49 = 84\text{kgf/cm}^2$$

**Verificação:** Tubo redondo – Tensão de escoamento =  $2.350\text{kgf/cm}^2$

$$\text{Tensão de flexão } \sigma_f = 84\text{kgf/cm}^2 < 2.350\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow \text{COMPATÍVEL}$$

**5.4.2 - Mão francesa da travessa:**

$$\text{Força} = 393,40 / 3 = 131\text{kgf}$$

$$\text{Tg } \alpha = 211 / 260 \Rightarrow \alpha = 39,06^\circ$$

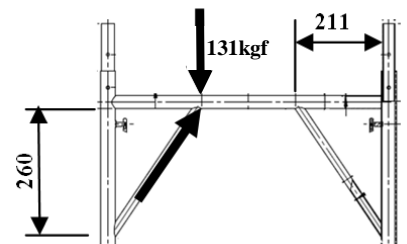
$$\text{Reação} = 131 / \cos 39,06 = 160\text{kgf}$$

Barra chata 1.3/8" x 1/4"

$$\text{Comprimento de flambagem } l_0 = 260 / \cos 39,06 = 335\text{mm}$$

$$\text{Área da barra} = 3,4925 \times 0,635 = 2,21\text{cm}^2$$

$$\text{Raio de inércia} = 0,289 \times 3,4925 = 1,00\text{cm}$$



**Compressão do segmento inclinado:**

$$\text{Índice de esbeltez} = 33,5 / 1,00 = 33,5 < 100 \Rightarrow \text{Usar fórmula de Johnson}$$

$$\text{Tensão de flambagem admissível} = \sigma_e - \sigma_e^2 \times \lambda^2 / 4 \times \pi^2 \times E$$

$$2.350 - 2.350^2 \times 33,5^2 / 4 \times \pi^2 \times 2.100.000 = 2.275\text{kgf/cm}^2$$

$$\text{Tensão de compressão} = 160 / 2,21 = 73\text{kgf/cm}^2$$

**Verificação:** Barra chata S235JR - Tensão de escoamento  $2.350\text{kgf/cm}^2$ .

$$\text{Tensão de compressão } \sigma_{fb} = 160\text{kgf/cm}^2 < 2.275\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow \text{COMPATÍVEL}$$

**Compressão dos montantes:** (Montagem em um nível)

O montante frontal deverá suportar a carga da plataforma, estrutura da plataforma, guarda-corpos e contraventamento.

$$\text{Carga sobre a plataforma} = 363,60\text{kg}$$

$$\text{Plataforma} - 2 \times 14,90\text{kg} = 29,80\text{kg}$$

$$\text{Guarda-corpo} = 7\text{kg}$$

$$\text{Barra de ligação} = 3,5 \text{ kg}$$

$$\text{Rodapé} = 2 \times 2,2 = 4,4\text{kgf}$$

$$\text{Carga por montante} = 372,26 / 2 = 186,13\text{kgf}$$

$$\text{Módulo de inércia tubo } 48 \times 3,0\text{mm} = 0,7854 \times (2,4^4 - 2,1^4) = 10,78\text{cm}^3$$

$$\text{Área do tubo} = \pi \times (4,8^2 - 4,2^2) / 4 = 4,24\text{cm}^2$$

$$\text{Raio de inércia} = (10,78 / 4,24)^{0,5} = 1,59\text{cm}$$

$$\text{Índice de esbeltez} = 200 / 1,59 = 126 > 100 \Rightarrow \text{Usar fórmula de Euler}$$

$$\text{Tensão de flambagem admissível} = \pi^2 \times E \times J_{\min} / l_0^2 \times S$$

$$\pi^2 \times 2.100.000 \times 10,78 / 200^2 \times 4,24 = 1.318\text{kgf/cm}^2$$

$$\text{Tensão de compressão} = 186,13 / 4,24 = 44\text{kgf/cm}^2$$

**Verificação:** Tubo redondo – Tensão de escoamento  $2.350\text{kgf/cm}^2$

$$\text{Tensão de compressão } \sigma_{fb} = 44 \text{ kgf/cm}^2 < 2.350\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow \text{COMPATÍVEL}$$

## 5.5 – Limite de montagem:

### Carga admissível sobre o montante frontal do quadro:

Módulo de inércia tubo 48,3 x 3,00mm = 0,7854 x (2,415<sup>4</sup> - 2,115<sup>4</sup>) = 11,00cm<sup>3</sup>

Área do tubo =  $\pi \times (4,83^2 - 4,53^2) / 4 = 2,21\text{cm}^2$

Raio de inércia =  $(11,00 / 2,21)^{0,5} = 2,23\text{cm}$

Comprimento livre do montante = 2000 - 63 - 48 - 260 - 35 - 30 = 1.564mm

Índice de esbeltez = 156,4 / 2,23 = 70,13 < 100 ⇒ Usar fórmula de Jonhson

Tensão de flambagem admissível =  $\sigma_e - \sigma_e^2 \times \lambda^2 / 4 \times \pi^2 \times E$

$2.350 - 2.350^2 \times 70,13^2 / 4 \times \pi^2 \times 2.100.000 = 2.022\text{kgf/cm}^2$

$2.022 = Q / 2,21 \Rightarrow Q = 4.469\text{kgf}$

Deve ser aplicado um fator de segurança 1,5 devido o material e acessórios de montagem e tela de proteção que deve ser colocada no entorno.

**Carga admissível = 4.469 / 1,5 = 2.979kgf**

### Peso próprio com plataforma 2m:

(caso mais crítico de carga)

- Quadro = 22kg
- Plataforma - 2 x 14,9kg = 29,8kg
- Travessa de fachada = 3,50kg
- Diagonal fachada = 4,10kg
- Rodapé = 4,5kgf

### Carga por montante frontal devido peso próprio em quadro central:

$(22 + 29,8) / 2 + 3,50 + 4,10 + 4,50 = 38,00\text{kgf}$

Carga sobre duas plataformas = 2 x 363,60 = 727,20kg

### Altura máxima de montagem:

O critério da norma EN é mais rígido que o critério da NR18.

A norma EN1808 determina que deve ser considerada a carga total sobre o módulo mais baixo e 50% para os demais:  $2.979 - (38,00 + 727,20 / 2) = 2.577\text{kgf}$

$2.577 / (38,00 + 727,20 / 2 \times 2) = 12$  elementos

**Altura total máxima = (1 + 12) x 2 = 26metros**

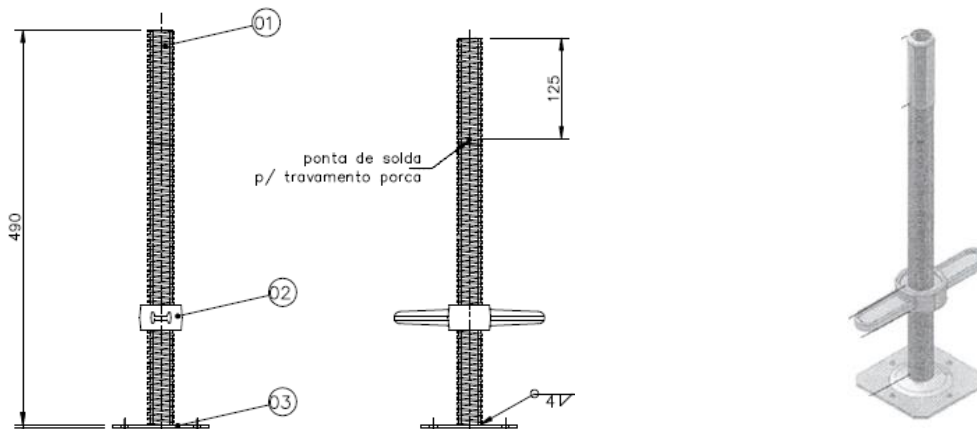
**Altura da última plataforma de trabalho = 24 metros.**

### Estudos feitos na Espanha pelo fabricante:

O fabricante apresenta relatório com 8 casos de montagem, no Manual de produto, Sistemas de andaimes, item 6 (montagens tipo).

Em todos conclue que não é possível montagem com plataforma de trabalho acima de 24 metros de altura, seguindo os critérios da norma européia.

### 5.6 – Base regulável:



Passo  $p$  – 6,35mm    Largura do fundo da rosca –  $b_2 = 2,35$ mm  
 Profundidade da rosca –  $h_1 = 2,225$ mm  
 Diâmetro externo da rosca –  $d = 31,75$ mm  
 Diâmetro interno da rosca –  $d_1 = 27,30$ mm  
 Tubo 1.1/4” – Parede 4,75mm - Tensão de escoamento 2.350kgf/cm<sup>2</sup>

A NR18 item 18.15.10 define “Os montantes dos andaimes devem ser apoiados em sapatas sobre base sólida e nivelada capazes de resistir aos esforços solicitantes e às cargas transmitidas.”

A norma EN 12812:2004 item 9.3.5 define “Não há requisitos específicos para bases reguláveis dentro desta norma. Os requisitos para rigidez, resistência a flexão última e no ponto de apoio das bases reguláveis com um diâmetro de 38mm e uma placa rígida conectada se encontram no item 10.2.3.2 da norma EN12811-1:2003.

A norma EN 12811-1:2003 item 10.2.3.2 define “A rigidez das bases reguláveis, feitas de aço e com laminados conformados trapezoidais ou redondos, devem, na ausência de mais informações, determinar-se usando a fórmula indicada no anexo B.

#### Verificação de acordo com o anexo B da norma EN 12811-1:2003:

A NR18 não estabelece valores de resistência.

Porisso seguiremos a norma européia, aplicável desde que atendidos os parâmetros a seguir:

- Relação  $p / b_2 > 1,22 \Rightarrow 6,35 / 2,35 = 2,70 \Rightarrow$  OK
- Profundidade da rosca –  $h_1 > 1,65$ mm  $\Rightarrow 2,225 \Rightarrow$  OK
- Relação diâmetro externo pela espessura da parede antes de laminar  $> 4$   
 $31,75 / 4,75 = 6,68 \Rightarrow$  OK
- Diâmetro externo maior que 30mm e menor que 60mm  $\Rightarrow d = 31,75$ mm  $\Rightarrow$  OK

De acordo com a tabela B.1, para tubo de aço S235, com tensão de escoamento original 235N/mm<sup>2</sup> e rosca trapezoidal, deve-se considerar o limite elástico de 3.200N/mm<sup>2</sup>.

Este valor somente pode ser usado para secção ideal conforme item 2.3.

Para as partes soldadas deve ser utilizado o limite elástico original do material do tubo.

Área da secção transversal,  $A = \pi \times (d_A^2 - d_1^2) / 4 = \pi \times (2,808^2 - 2,73^2) / 4 = 0,34\text{cm}^2$

Diâmetro  $d_A = d_1 + \psi_A(d - d_1) = 27,3 + 0,1745(31,75 - 27,3) = 28,08\text{mm}$

Diâmetro do fundo da rosca  $d_1 = 27,3\text{mm}$

Diâmetro externo  $d = 31,75\text{mm}$

Fator  $\psi_A = 11 \times b_m / d_1 \times p = 11 \times 2,75 / 27,3 \times 6,35 = 0,1745$

O fator 11 tem dimensões em mm .

Largura do dente  $b_m = 2,75\text{mm}$

Módulo elástico da secção  $W_{el} = \pi \times (d_w^4 - d_1^4) / 32d_w = \pi \times (2,85^4 - 2,73^4) / 32 \times 2,85 = 0,359\text{cm}^4$

Diâmetro  $d_w = d_1 + \psi_w(d - d_1) = 27,3 + 0,2698 \times (31,75 - 27,3) = 28,5\text{mm}$

Fator  $\psi_w = \psi_A + 0,22b_m / p = 0,1745 + 0,22 \times 2,75 / 6,35 = 0,2698$

Módulo plástico da secção  $W_{pl} = (d_w^3 - d_1^3) / 6 = (2,85^3 - 2,73^3) / 6 = 0,4671\text{cm}^3$

Diâmetro  $d_w = d_1 + \psi_w(d - d_1) = 27,3 + 0,2698 \times (31,75 - 27,3) = 28,5\text{mm}$

Fator  $\psi_w = \psi_A + 0,22b_m / p = 0,1745 + 0,22 \times 2,75 / 6,35 = 0,2698$

Momento de segunda ordem da área  $I_d = 0,95 \times A (d_1^2 + d_i^2) / 16 = 0,95 \times 0,34 \times (2,73^2 + 2,73^2) / 16 = 0,3$

### Valores característicos de resistência plástica

Força axial  $N_{plk} = A \times f_{y,k} = 0,34 \times 3.200 = 1.088\text{kgf}$

Momento fletor  $M_{plk} = \alpha_{pl} \times W_{el} \times f_{y,k} = 1,25 \times 0,359 \times 3.200 = 1.436\text{kgfcm}$

Relação  $W_{pl} / W_{el} = 0,4671 / 0,359 = 1,2841 > 1,25 \Rightarrow$  De acordo com a norma usar 1,25.

Cortante  $V_{plk} = 2 \times A \times f_{y,k} / \pi \times 3^{0,5} = 2 \times 0,34 \times 3.200 / \pi \times 3^{0,5} = 400\text{kgf}$

Verificação:

A porca possui uma largura de 27,5mm. O passo é igual a 6,35mm.

A carga apóia-se sobre a porca, ou seja, sobre 4,33 fios (27,5 / 6,35).

Capacidade total de carga axial = 4,33 x 1.088 = **4.712kgf.**

Carga aplicada = 2.979kgf  $\Rightarrow$  **COMPATÍVEL**



**5.7 – Guarda-corpos:**

A Norma NBR6494/1990 item 3.2.1 define “Os andaimes devem ser munidos, sobre todas as faces externas de guarda-corpos, colocados a 0,50m e 1,00m acima do estrado e, de rodapés de no mínimo 0,15m de altura, nos níveis de trabalho. O conjunto do guarda-corpo deve **resistir a uma carga horizontal pontual de 350N** aplicada em sua parte superior mais desfavorável sem deformação permanente. O guarda-corpo deve ser sempre fixado de modo a não se deslocar em qualquer direção, sob hipótese alguma.”

Os guarda-corpos são amassados nas pontas para encaixe no conjunto de travamento.

No item 18.15.47.22 a NR18 determina que o guarda-corpo para proteção periférica deve atender as determinações do item 18.13.5 “Ser construído com altura de 1,20m para o travessão superior e 0,70m para o travessão intermediário e rodapé com 0,20m do piso.”

Não há determinação da carga e sim recomendação que se considere uma carga de 150kg por metro linear aplicada no centro da estrutura.

Observe-se que esta recomendação é para proteção periférica na edificação.

A norma EN12811-1:2003, no item 6.2.5, Cargas sobre a proteção lateral define:

**6.2.5.1: Carga descendente:** Qualquer travessa principal ou intermediária, independente de seu sistema de apoio, deve ser capaz de resistir uma carga pontual de 1,25kN, na posição mais desfavorável.

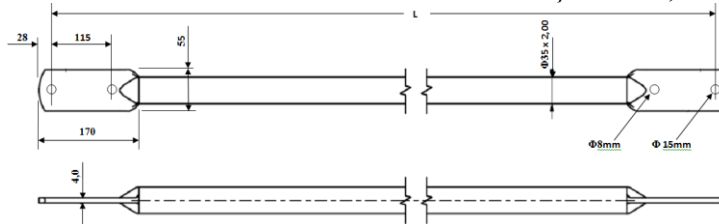
**6.2.5.2: Carga horizontal:** Todos os componentes da proteção lateral, exceto o rodapé, deve resistir a uma carga pontual horizontal de 0,3kN, na posição mais desfavorável.

**6.2.5.3: Carga ascendente:** Todos os componentes da proteção lateral, exceto o rodapé, deve resistir a uma carga pontual ascendente de 0,3kN, na posição mais desfavorável.

**5.7.1 - Guarda corpo frontal:**

Tubo horizontal independente, fixado nas somentes nas pontas, formando vão único.

Todos os tamanhos são fabricados em tubo redondo de aço S235JR, Φ 35 x 2,00mm.



**Carga descendente:** Momento fletor =  $QL / 8 = 125 L / 8 = 15,625L$   
 Distância da fibra mais afastada do eixo neutro =  $R = 1,75\text{cm}$   
 Momento de inércia  $J_x = 0,7854 \times (1,75^4 - 1,55^4) = 2,83\text{cm}^4$   
 Tensão de flexão =  $15,625L \times 1,75 / 2,83 = 9,6621L$   
 Tensão de escoamento =  $2.350\text{kgf/cm}^2$

Plataforma	Distância entre engastamentos - mm	Momento fletor kgfcm	Tensão de flexão sobre a secção circular - kgf/cm <sup>2</sup>	Fator de segurança	SITUAÇÃO
1,0m	1.020	1.593,75	986	2,38	COMPATÍVEL
1,5m	1.570	2.453,13	1.517	1,54	COMPATÍVEL
2,0m	2.070	3.234,38	2.000	1,17	COMPATÍVEL
2,5m	2.570	4.015,63	2.483	0,94	INCOMPATÍVEL
3,0m	3.070	4.796,88	2.966	0,79	INCOMPATÍVEL

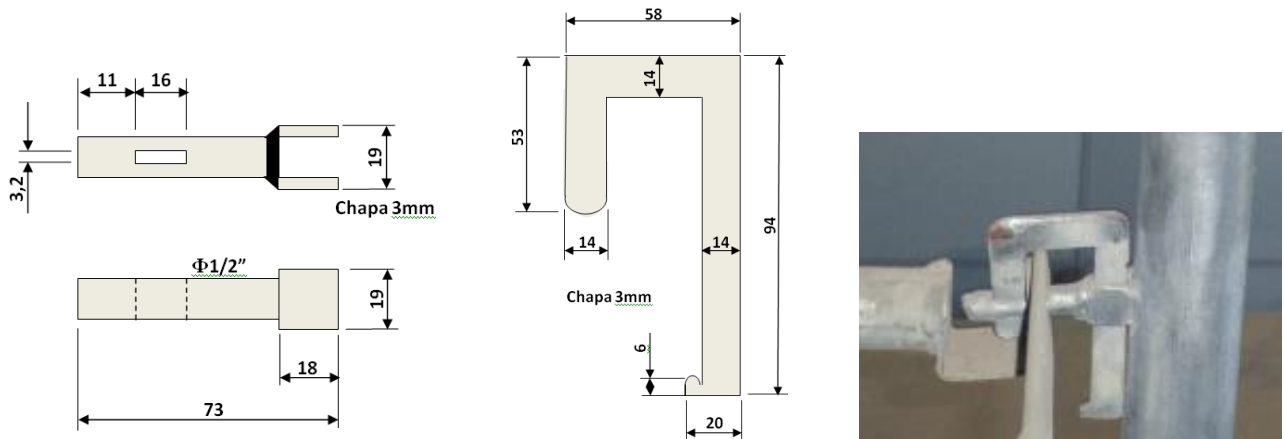
Os guarda-corpos no critério de limite elástico não aprovaram. Porém no teste prático de ruptura aprovaram.

**Carga horizontal:** Momento fletor =  $QL / 8 = 30L / 8 = 3,75L$   
 Tensão de flexão =  $3,75L \times 1,75 / 2,83 = 2,32L$

Plataforma	Distância entre engastamentos - mm	Momento fletor kgfcm	Tensão de flexão sobre a secção circular - kgf/cm <sup>2</sup>	Fator de segurança	SITUAÇÃO
1,0m	1.020	383	237	9,93	COMPATÍVEL
1,5m	1.570	589	365	6,45	COMPATÍVEL
2,0m	2.070	777	481	4,89	COMPATÍVEL
2,5m	2.570	964	597	3,93	COMPATÍVEL
3,0m	3.070	1.152	713	3,29	COMPATÍVEL

**Carga ascendente:** A carga critério é a mesma da horizontal. Portanto a conclusão é a mesma.

### 5.8 – Conjunto de travamento:



#### Cisalhamento do pino:

A carga sobre o guarda-corpo é suportada por 2 pinos em aço SAE1010  $\Phi$  12,7mm.

A tensão mais significativa é oriunda da carga vertical.

Tensão de cisalhamento:

$$\text{Carga} = 125 / 2 = 62,5\text{kgf}$$

$$\text{Área resistiva} = \pi \times 1,27^2 / 4 = 1,27\text{cm}^2$$

Tensão de cisalhamento admissível

$$F_{p,l,k} = 2 \times A \times f_{y,k} / \pi \times 3^{0,5} = 2 \times 1,27 \times 1.800 / \pi \times 3^{0,5} = 840\text{kgf}$$

**Verificação:** Barra redonda de aço SAE 1010 – Tensão de escoamento 1.800kgf/cm<sup>2</sup>

Tensão de cisalhamento  $\tau = 62,5\text{kgf/cm}^2 < 840\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow$  **COMPATÍVEL**

#### 5.8.1 – Ligação soldada:

Solda de filete em superfície plana e curva.

NBR 14762:2010 (Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formado a frio).

#### Caso b – estado-limite último de ruptura do metal-base: solicitação normal ao eixo da solda:

Portanto força resistente  $F_{Rd} = tL f_u / \gamma = 0,75 \times 0,3 \times 3,6 \times 3.100 / 1,55 = 1.620\text{kgf}$

Menor espessura dos materiais  $t = 3,0\text{mm}$

Comprimento do filete da solda  $L = 2 \times 18 = 36\text{mm}$

Tensão de ruptura do material base  $f_u = 3.100\text{kgf/cm}^2$

Coefficiente de ponderação das resistências  $\gamma = 1,55$

#### Caso c – estado-limite último de ruptura da solda:

Força resistente  $F_{Rd} = 0,75 t_{ef} L f_w / \gamma = 0,75 \times 0,21 \times 3,6 \times 4.150 / 1,65 = 1.426\text{kgf}$

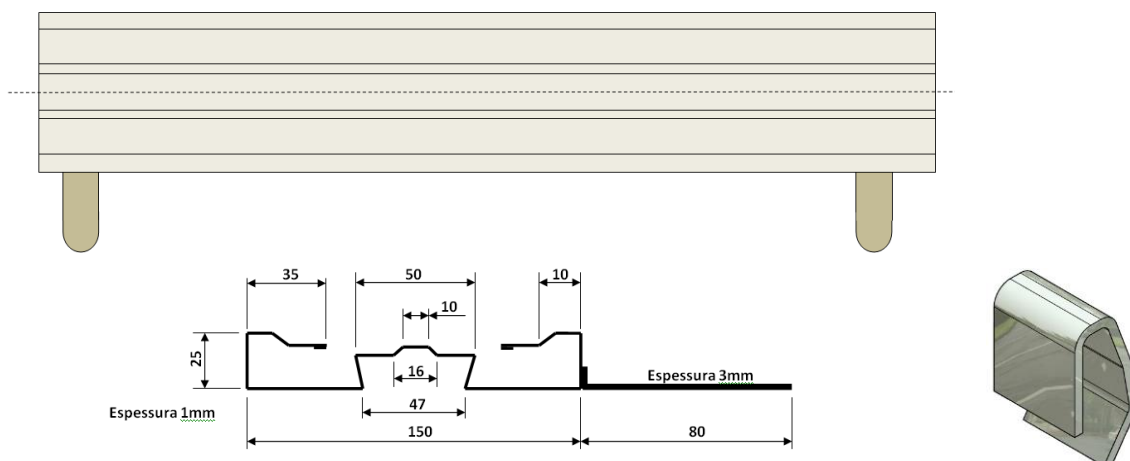
Menor espessura efetiva dos cordões  $t_e = 0,7 \times 3,0\text{mm} = 2,1\text{mm}$

Tensão de ruptura da solda = 4.150kgf/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de ponderação das resistências  $\gamma = 1,65$

**A ligação soldada resistirá a carga a que será submetida.**

### 5.9 - Rodapé:

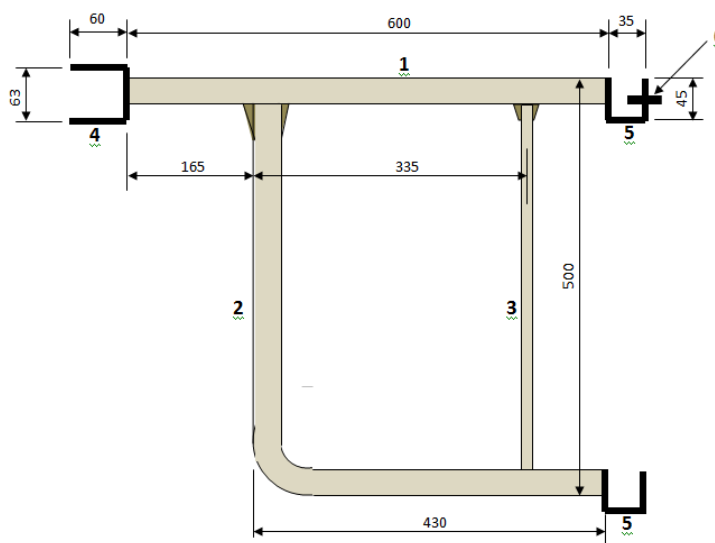


O engate tipo L mostrado no desenho acima é diferente no caso do rodapé das cabeceiras.

A norma EN12811-1:2003, no item 6.2.5 descarta a necessidade de resistência estrutural do rodapé.

No item 5.5.4 a norma define que o rodapé deve ter altura mínima de 150mm, com abertura máxima de 25mm em uma direção. Estas condições foram atendidas. Portanto o rodapé esta COMPATÍVEL.

### 5.10 – Parapeito de esquina:



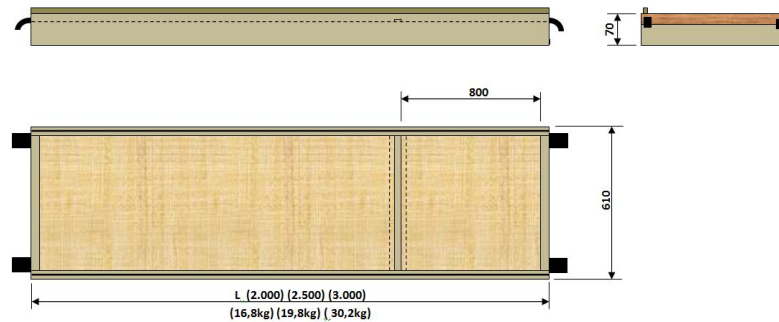
O vão para o guarda-corpo lateral é menor que o vão do guarda-corpo frontal, que devem suportar as mesmas cargas nos 3 critérios.

Além disto, o guarda-corpo lateral é suportado em 3 pontos, diferentemente que o guarda-corpo frontal que suportado em 2 pontos.

Portanto a situação é **COMPATÍVEL**.

## 5.11 – Plataforma de acesso:

### 5.11.1 – Piso:



A Norma NBR6494/1990 define:

Item 3.1.7: “O vão livre do piso deve estar de acordo com sua resistência, e com as cargas que vai suportar, não sendo permitidas flechas superiores a 1/200 do vão.”

Item 3.1.9: “Os pisos não devem ser lisos, e mesmo sendo metálicos, devem apresentar rugosidade suficiente para não permitir o escorregamento de calçados, mesmo quando úmidos.”

Item 3.1.10: “Todos os andaimes externos devem ter seu piso fixado de modo a evitar quedas provocadas pelo vento.”

Item 3.1.11: “Os pisos para execução dos trabalhos devem estar na horizontal.”

A NR 18 define:

Item 18.15.3: “O piso de trabalho dos andaimes deve ter forração completa, ser antiderrapante, nivelado e fixado ou travado de modo seguro e resistente.”

Item 18.15.3.1: “O piso de trabalho dos andaimes pode ser totalmente metálico....”

Item 18.15.3.2: “Os pisos dos andaimes devem ser dimensionados por profissional legalmente habilitado.”

Item 18.15.47.7: “A capacidade de carga mínima do piso de trabalho deve ser de cento e cinquenta quilogramas por metro quadrado.”

O piso é fabricado em chapa de madeira fenólica em dois tamanhos.

- Parte fixa: Largura 560mm.
- 3 comprimentos: 1.270, 1.870 e 2.270mm.
- Parte móvel: 560 x 800mm.

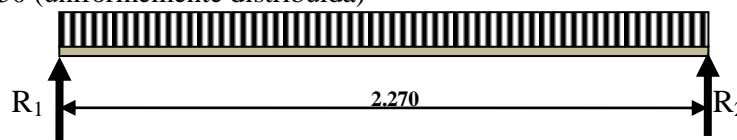
O perfil e a largura são iguais em todos os comprimentos.

Portanto a verificação será feita com a carga no maior comprimento.

#### 5.11.1.A – Verificação de atendimento a NR18.

Carga total sobre o segmento do piso usando critério da NR18 = 150kgf/cm<sup>2</sup>:

1 x A x 150 (uniformemente distribuída)



$$\text{Carga} = 0,56 \times 2,27 \times 150 = 190,68\text{kg}$$

A situação caracteriza uma placa retangular com todas as bordas simplesmente apoiadas a carga uniformemente distribuída em toda a superfície.

$$\text{Tensão máxima no centro } \sigma_b = \beta q b^2 / t^2 = 0,7410 \times 1.906,8 \times 0,56^2 / 0,015^2 = 1,97\text{Mpa}$$

$$\text{Flecha máxima } Y_{\text{máx}} = -\alpha q b^4 / Et^3 = -0,1417 \times 1.906,8 \times 0,56^4 / 13.320.000 \times 10^6 \times 0,015^3 = -0,000591\text{mm}$$

$$\text{Reação no centro do menor lado } R_{\text{máx}} = \gamma q b = 0,502 \times 1.906,8 \times 0,56 = 536\text{N}$$

$$\text{Relação comprimento lado maior sobre lado menor} = 2.270 / 560 = 4,05$$

$$\text{Da tabela, temos: } \beta = 0,7410 - \alpha = 0,1417 - \gamma = 0,502.$$

**LAUDO ESTRUTURAL NP001 – ANDAIME FACHADEIRO – NOPIN – CAXIAS DO SUL - RS**

Madeira fenólica: Peso específico a 15% de umidade  $p_{15\%} = 0,95\text{g/cm}^3$   
 Módulo de elasticidade longitudinal  $E_{mv}^f = 13.320\text{MPa}$   
 Tensão limite de resistência – Compressão paralelo  $\sigma_{cp}^{rup} = 53\text{Mpa}$   
 Tensão limite de resistência – Tração paralelo ou flexão  $\sigma_{tp}^{rup} = 127\text{Mpa}$   
 Tensão limite de resistência – Compressão paralelo  $\sigma_{cis}^{rup} = 14\text{Mpa}$   
 Tensão limite de flexão =  $0,15 \times \sigma_{tp}^{rup} = 0,15 \times 127 = 19,05\text{Mpa}$

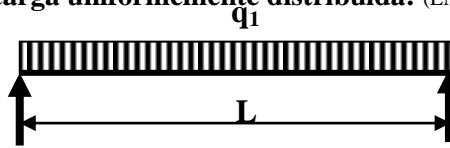
**Verificação:** Tensão de flexão  $\sigma_f = 1,97\text{Mpa} < 19,05\text{Mpa} \Rightarrow \text{FS} = 9,67 \Rightarrow \text{COMPATÍVEL}$

**5.11.1.B – Verificação de atendimento a EN 12811-1.**

Como é possível ver no item 5.1.1, deste memorial, a NOPIN define suas plataformas como classe 4, 5 e 6. Portanto as verificações serão feitas nos critérios aplicados para estas classes.

A largura da plataforma é de  $600\text{mm} = 0,6\text{m} = w$ .

**5.11.1.B.1 – Verificação teórica com carga uniformemente distribuída:** (EN12811-1:2003 – Item 6.2.2.2)



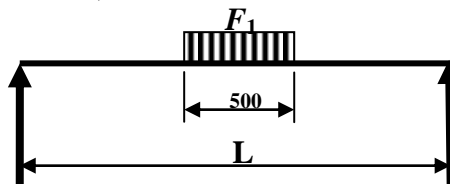
A norma determina “Cada área de trabalho deve ser capaz de suportar a carga uniformemente distribuída  $q_1$ , especificada na tabela 3.”

PLATAFORMA	CLASSE DE CARGA	CARGA DISTRIBUIDA UNIFORMEMENTE $q_1$ - kN	COMPRIIMENTO L - m	TENSÃO MÁXIMA NO CENTRO $\sigma_b$ - Mpa	REAÇÃO NO CENTRO DO MENOR LADO $R_{max}$ - N	FATOR DE SEGURANÇA	SITUAÇÃO
2,0m	6	4,2672	1,270	4,41	1.120	4,31	COMPATÍVEL
2,5m	5	4,7124	1,870	4,88	1.325	3,90	COMPATÍVEL
3,0m	4	3,8136	2,270	3,94	1.072	4,83	COMPATÍVEL

As tensões e forças foram calculadas conforme fórmulas aplicadas no item 5.8.1.A

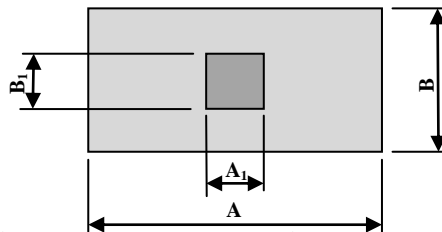
**5.11.1.B.2 – Verificação teórica com carga concentrada:**

(EN12811-1:2003 – Item 6.2.2.3)



A norma determina “Cada unidade de deve ser capaz de suportar a carga,  $F_1$ , especificada na tabela 3, uniformemente distribuída em uma área de  $500 \times 500\text{mm}$  e, não simultaneamente, a carga  $F_2$ , especificada na tabela 3, uniformemente distribuída em uma área de  $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ .”

A situação caracteriza uma placa retangular com todas as bordas simplesmente apoiadas a carga sobre uma área central retangular.



Todos os elementos de piso de acesso NOPIN possuem largura de  $600\text{mm}$ .

Tensão máxima no centro  $\sigma_b = \beta W / t^2 = 0,58 \times 3.000 / 0,015^2 = 7,73\text{Mpa}$

$W = q_1 b_1 \Rightarrow$  Este valor já esta definido pela norma como sendo  $F_1$ .

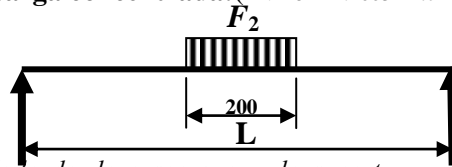
Relação  $a_1 / b = 500 / 600 = 0,83$

Relação  $b_1 / b = 500 / 600 = 0,83$

PLATAFORMA	CLASSE DE CARGA	CARGA CONCENTRADA $F_1$ - kN	COMPRIIMENTO L - m	RELAÇÃO $a_1 / b$	Fator $\beta$	TENSÃO MÁXIMA NO CENTRO - $\sigma_b$ - Mpa	FATOR DE SEGURANÇA	SITUAÇÃO
2,0m	6	3,0	1,270	2,27	0,58	7,73	2,46	COMPATÍVEL
2,5m	5	3,0	1,870	3,34	0,58	7,73	2,46	COMPATÍVEL
3,0m	4	3,0	2,270	4,05	0,58	7,73	2,46	COMPATÍVEL

Todos os valores da relação são maiores que  $a=2b$ . Portanto este será o valor de referência, para uso da tabela.

**5.11.1.B.3 – Verificação teórica com carga concentrada:**(EN12811-1:2003 – Item 6.2.2.3)



A norma determina “Cada unidade de deve ser capaz de suportar a carga,  $F_1$ , especificada na tabela 3, uniformemente distribuída em uma área de 500 x 500mm e, não simultaneamente, a carga  $F_2$ , especificada na tabela 3, uniformemente distribuída em uma área de 200mm x 20mm.”

A situação caracteriza uma placa retangular com todas as bordas simplesmente apoiadas a carga sobre uma área central retangular.

Tensão máxima no centro  $\sigma_b = \beta W / t^2 = 1,25 \times 1.000 / 0,015^2 = 5,56\text{Mpa}$

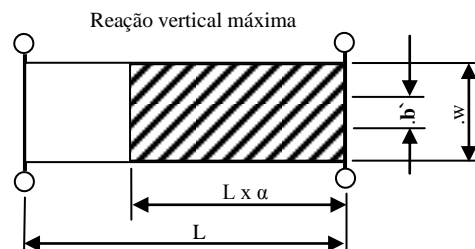
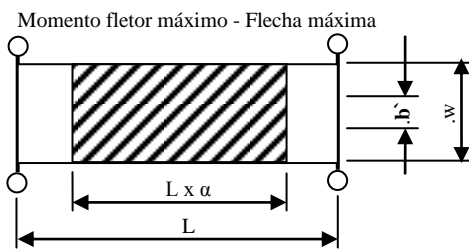
$W = qa_1b_1 \Rightarrow$  Este valor já esta definido pela norma como sendo  $F_1$ .

Relação  $a_1 / b = 200 / 600 = 0,33$  Relação  $b_1 / b = 200 / 600 = 0,33$

PLATAFORMA	CLASSE DE CARGA	CARGA CONCENTRADA $F_2$ - kN	COMPRIMENTO L - m	RELAÇÃO a / b	Fator $\beta$	TENSÃO MÁXIMA NO CENTRO $\sigma_b$ - Mpa	FATOR DE SEGURANÇA	SITUAÇÃO
2,0m	6	1,0	1,270	2,27	1,25	5,56	3,42	COMPATÍVEL
2,5m	5	1,0	1,870	3,34	1,25	5,56	3,42	COMPATÍVEL
3,0m	4	1,0	2,270	4,05	1,25	5,56	3,42	COMPATÍVEL

Todos os valores da relação são maiores que  $a=2b$ . Portanto este será o valor de referência, para uso da tabela.

**5.11.1.B.4 – Verificação teórica com carga em uma área parcial:** (EN12811-1:2003 – Item 6.2.2.4)



No item 6.2.2.4 a norma determina “Cada plataforma de classe 4,5 e 6, deve ser capaz de suportar uma carga distribuída em uma área parcial,  $q_2$ , que é uma carga maior que a carga de serviço uniformemente distribuída. A área parcial se obtém multiplicando a área do módulo,  $A$ , pelo fator de área parcial  $a_p$ . Os valores de  $q_2$  e  $a_p$ , estão na tabela 3. A área  $A$  se calcula a partir do comprimento  $l$ , e a largura  $w$ , de cada plataforma, se vê na figura 5.”

Neste caso será necessário analisar o piso como um todo, desconsiderando o reforço central.

Todas as plataformas tem a largura  $w$  de 600mm.

Para as plataformas das classes 4 e 5 o fator de área parcial  $a_p$  é igual a 0,4.

Produto  $a_p \times w = 0,4 \times 600 = 240\text{mm} < b^` (600\text{mm})$ .

Neste caso a norma determina que deve-se usar um fator multiplicativo  $\alpha = a_p \times w/b^` = 0,4 \times 600/600 = 0,4$

Para as plataformas da classe 6 o fator de área parcial  $a_p$  é igual a 0,5.

Produto  $a_p \times w = 0,5 \times 600 = 300\text{mm} < b^` (600\text{mm})$ .

Neste caso a norma determina que deve-se usar um fator multiplicativo  $\alpha = a_p \times w/b^` = 0,5 \times 600/600 = 0,5$

PLATAFORMA	CLASSE DE CARGA	COMPRIMENTO L - m	ÁREA PARCIAL $m^2 - L\alpha \times w$	CARGA NA ÁREA PARCIAL kN	REAÇÃO VERTICAL kN	MOMENTO FLETOR kN	TENSÃO DE FLEXÃO $M_f \times y / I - \text{MPa}$	FATOR DE SEGURANÇA 235 / $\sigma$	SITUAÇÃO
2,0m	6	2,070	0,57960	5,7960	4,34700	0,90	42,90	5,47	COMPATÍVEL
2,5m	5	2,570	0,57568	4,3176	3,45408	-0,44	20,95	11,22	COMPATÍVEL
3,0m	4	3,070	0,68768	3,4384	2,75072	-1,30	61,90	3,79	COMPATÍVEL

Reação vertical =  $Q \times (2 \times ((L - \alpha L) + \alpha L)) / 2 \times L$

Momento fletor máximo =  $(Q - R_v) \times X - Q (X - (L - \alpha L))^2 / 2\alpha L \Rightarrow X = L - \alpha L + (\alpha L / 2)$

**2,0m**  $\Rightarrow X = (2,07 - 0,5 \times 2,07) + 0,5 \times 2,07 / 2 = 1,035 + 0,5175 = 1,5525\text{m}$

$M_{f\text{máx}} = (5,796 - 4,347) \times 1,5525 - 5,796 \times (1,5525 - (2,07 - 0,5 \times 2,07))^2 / 2 \times 0,5 \times 2,07$

$M_{f\text{máx}} = 2,248687575 - 1,34757 = \mathbf{0,90\text{kNm}}$

**2,5m**  $\Rightarrow X = (2,57 - 0,4 \times 2,57) + 0,4 \times 2,57 / 2 = 1,542 + 0,514 = 2,056\text{m}$

$M_{f\text{máx}} = (4,3176 - 3,45408) \times 2,056 - 4,3176 (2,056 - (2,57 - 0,4 \times 2,57))^2 / 2 \times 0,4 \times 2,57$

$M_{f\text{máx}} = 1,77539712 - 2,2192464 = \mathbf{-0,44\text{kNm}}$

**3,0m**  $\Rightarrow X = (3,07 - 0,4 \times 3,07) + 0,4 \times 3,07 / 2 = 1,842 + 0,614 = 2,456\text{m}$

$M_{f\text{máx}} = (3,4384 - 2,75072) \times 2,456 - 3,4384 \times (2,456 - (3,07 - 0,4 \times 3,07))^2 / 2 \times 0,4 \times 3,07$

$M_{f\text{máx}} = 1,68894208 - 0,386 = \mathbf{-1,30\text{kNm}}$

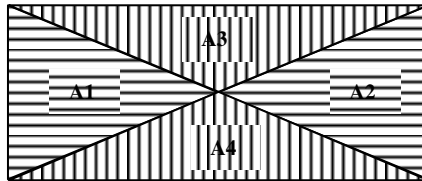


**5.11.1.C – Verificação através de testes práticos .**

Resultados de testes práticos feitos em Julho de 2008, para a empresa fabricante NOPIN nos laboratórios do Centro Tecnológico CIDEMCO, na Espanha.

Plataforma de alumínio	Carga distribuída uniformemente $q_1 - \text{kN/m}^2$	Flecha mm	Carga concentrada em uma área de 500 x 500mm $F_1 - \text{kN}$	Flecha mm	Carga concentrada em uma área de 200 x 200mm $F_2 - \text{kN}$	Flecha mm	Carga em uma área parcial $q_2 - \text{kN/m}^2$	Flecha mm	Flecha máxima permitida para carga concentrada 1/100 - mm	SITUAÇÃO
3,0m	6,00	103	3,00	42	1,00	17			30	COMPATÍVEL
	2,00		1,50	22						
2,5m	6,00		3,00	28				25	COMPATÍVEL	
	2,00		1,50	16	1,00	12				
2,0m	6,00		3,00	22				20	COMPATÍVEL	
	2,00		1,50	13	1,00	9				

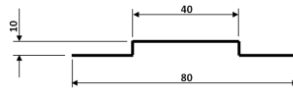
Todas as plataformas aprovaram na classe 3.



$$A1 = A2 = (2 \times (L / 2) \times W) / 2$$

$$A3 = A4 = (2 \times L \times W / 2) / 2$$

**5.11.2 – Travessa do piso:**



Para esta verificação deve ser considerada a reação mais crítica, devido as cargas concentradas e distribuídas uniformemente.

No caso mais crítico, carga concentrada em uma área 500 x 500mm, a reação vertical é igual a 1,5kN, que sobre o perfil representa uma carga distribuída uniformemente.

Flexão do perfil:

$$\text{Momento fletor} = 150 \times 56 / 12 = 700 \text{kgf/cm}^2$$

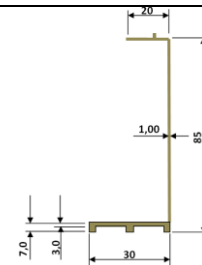
$$\text{Módulo de flexão} = (4 \times 1^3 - 3,8 \times 0,8^3) / 6 \times 1 = 0,3424 \text{cm}^3$$

$$\text{Tensão de flexão} = 700 / 0,3424 = 2.044 \text{kgf/cm}^2$$

$$\text{Tensão de escoamento da chapa} = 2.350 \text{kgf/cm}^2 > 2.044 \text{kgf/cm}^2 \Rightarrow \text{COMPATÍVEL}$$

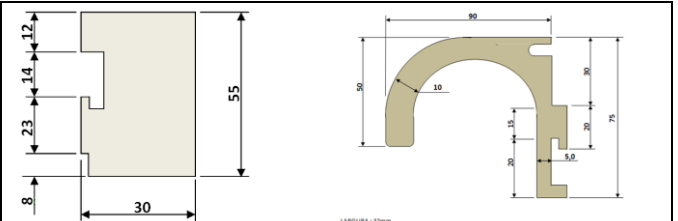
**5.11.3 – Lateral do piso:**

Em teste prático de ruptura desenvolvido pelo Laboratório CIDEMCO na Espanha, a pedido da NOPIN, o desempenho da lateral foi satisfatório.



**5.11.4 – Cabeçal dos pisos:**

Em teste prático de ruptura desenvolvido pelo Laboratório CIDEMCO na Espanha, a pedido da NOPIN, o desempenho da lateral foi satisfatório.

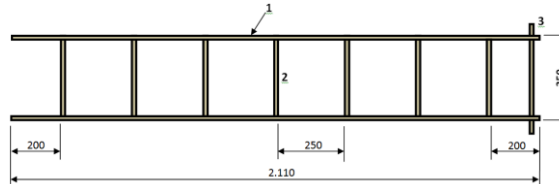


### 5.12 – Escada:

A Norma NBR6494/1990 não define requisitos para a escada.

A NR 18 no item 18.15.9.1 define “O acesso aos andaimes tubulares deve ser feito de maneira segura por escada incorporada à sua estrutura que pode ser: a) escada metálica, incorporada ou acoplada aos painéis com dimensões de quarenta centímetros de largura mínima e a distância entre os degraus uniforme e compreendida entre vinte e cinco e trinta e cinco centímetros.....”

A Norma EN12811-1:2003 no item 5.8 define “As escadas de mão devem estar conforme com as normas européias EN131-1 e EN131-2 e que a abertura de acesso deve ter largura mínima de 450mm e extensão mínima de 0,60mm.



#### 5.12.1 – Degrau – Item 2:

A RTP04 recomenda que o degrau suporte 160kg na parte mais crítica, ou seja no centro.

##### 5.12.1.1 – Flexão e cisalhamento:

Momento fletor para viga biengastada =  $160 \times 30 / 8 = 600 \text{kgfcm}$

Módulo de flexão tubo  $30 \times 30 \times 1 = (3^4 - 2,8^4) / 6 = 3,25 \text{cm}^3$

Tensão de flexão =  $600 / 3,25 = 185 \text{kgf/cm}^2$ .

**Tensão de cisalhamento:** Carga = 160kgf

Área resistiva =  $3^2 - 2,8^2 = 1,16 \text{cm}^2$

Tensão de cisalhamento =  $160 / 1,16 = 138 \text{kgf/cm}^2$

Como as tensões não são da mesma magnitude considera-se somente a pior situação, ou seja, flexão.

**Verificação:** Tubo aço SAE1010 – Tensão de escoamento =  $1.800 \text{kgf/cm}^2$

Tensão de flexão  $\sigma_f = 185 \text{kgf/cm}^2 < 1.800 / 2 = 900 \text{kgf/cm}^2 \Rightarrow$  **COMPATÍVEL**

Os degraus são engastados nos montantes.

#### 5.12.2 – Montante – Item 1:

A escada é apoiada na parte inferior e engastada na parte superior, com uma inclinação de 75°.

A situação mais crítica ocorrerá quando o usuário estiver no centro da escada.

Momento fletor =  $160 \times 211 / 2 = 16.880 \text{kgfcm}$

Área resistiva =  $(5 \times 2,5) - (4,7 \times 2,2) = 2,16 \text{cm}^2$

Tensão de tração =  $16.880 / 2 \times 2,16 = 3.907 \text{kgf/cm}^2$

**Verificação:** Tubo de aço SAE 1010 – Tensão de escoamento =  $1.800 \text{kgf/cm}^2$

Tensão de tração  $\sigma_t = 47 \text{kgf/cm}^2 < 1.800 / 2 = 900 \text{kgf/cm}^2 \Rightarrow$  **COMPATÍVEL**

##### 5.12.1.1 – Barra de engastamento – Item 3:

**Tensão de cisalhamento:** Carga = 160kgf

Área resistiva =  $\pi \times 1,6^2 / 4 = 2,01 \text{cm}^2$

Tensão de cisalhamento =  $160 / 2,01 = 80 \text{kgf/cm}^2$

**Verificação:** Tubo aço SAE1010 – Tensão de escoamento =  $1.800 \text{kgf/cm}^2$

Tensão de cisalhamento =  $80 \text{kgf/cm}^2 < 0,65 \times 1.800 / 2 = 585 \text{kgf/cm}^2 \Rightarrow$  **COMPATÍVEL**

#### 5.12.3 – Teste prático:

Em teste prático de ruptura desenvolvido pelo Laboratório CIDEMCO na Espanha, a pedido da NOPIN, em quem o degrau foi submetido a 300.000 ciclo de carga e descarga em duas posições, centro e próximo do montante, o desempenho foi satisfatório.

**6.0 – Contraventamento:**

A Norma NBR6494/1990 item 4.5.2 define “A estrutura deve ser convenientemente contraventada e ancorada ou estaiada, obtendo-se ausência total de oscilação...” O contraventamento deve fazer parte da estrutura. A ancoragem e estaiamento fazem parte da instalação.

O andaime será montado com no mínimo dois módulos laterais. Portanto cada torre terá as dimensões de até 3.000 x 700mm. Para manter o esquadro e dar rigidez ao conjunto serão colocadas duas barras de ligação unindo os elementos verticais.

Na instalação e uso devem ser seguidas as determinações da NBR6494/1990.

**7.0 – FORÇAS NAS ANCORAGENS:**

A NR18 define que o andaime fachadeiro deve ser ancorado no mínimo a cada 36m<sup>2</sup> e que a distância máxima entre as ancoragens deve ser de no máximo 6 metros.

Esta regra será utilizada para definir as forças verticais devido o peso próprio e carga e as forças horizontais devido o vento.

**7.1 – Forças verticais:**

Carga vertical de cada módulo superior na pior situação =  $(108,60 + 0,5 \times 419,40) = 318,3\text{kgf}$

Carga vertical de cada módulo da base na pior situação =  $(108,60 + 419,40) = 528\text{kgf}$

Força vertical =  $2,5 \times 528 + 2 \times 2,5 \times 318,30 = \mathbf{2.912\text{kgf}}$

O cálculo foi feito considerando montagem com 9 módulos (7,5 x 6m). Porém nunca deve ser feita ancoragem em distância maior que 6 metros.

Em uma montagem de 6 x 6 metros, serão utilizados 3 módulos na vertical e 2 módulos na horizontal.

A situação calculada é a mais crítica possível,

**7.2 – Forças horizontais:**

De acordo com a norma européia EN 12811-1:2005 devem ser consideradas as forças horizontais paralelas e perpendiculares a fachada.

A NR18 exige no item que todo o andaime seja revestido com tela. Portanto serão calculadas as forças devido o vento para andaime revestido.

Fórmula para cálculo da força do vento:  $F_w = c_s \times A \times c_f \times q$

O coeficiente de lugar  $c_s$  é igual a 1 para os dois casos, quando o andaime é revestido.

A área A para força perpendicular é igual a 36m<sup>2</sup>. (exigência da NR18).

Para a força paralela  $A = 3 \times 0,9 \times 2 = 5,4\text{m}^2$

O coeficiente de força aerodinâmica  $c_f$  em andaime revestido é igual a 1,3 para força perpendicular a fachada e 0,1 para força paralela a fachada.

A pressão dinâmica  $q$  considera a altura do andaime até 30 metros. A partir desta altura considerar 30 metros:

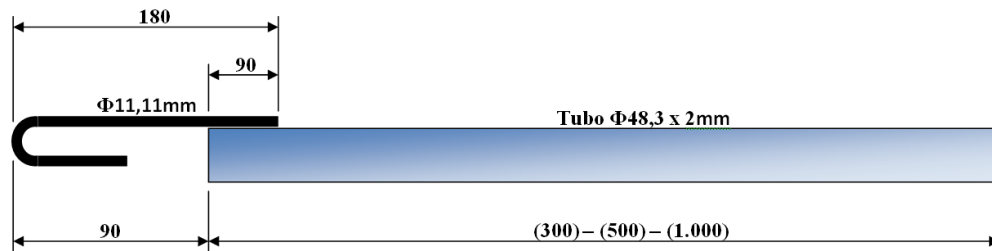
- 6 metros – 875N/m<sup>2</sup>
- 12 metros – 950N/m<sup>2</sup>
- 18 metros – 1.025N/m<sup>2</sup>
- 24 metros – 1.100N/m<sup>2</sup>
- 30 metros ou mais – 1.150N/m<sup>2</sup>

Forças do vento:

Altura	Perpendicular		Paralela	
	N	kgf	N	kgf
6	40.950	4.095	473	47,3
12	44.460	4.460	513	51,3
18	47.970	4.797	554	55,4
24	51.480	5.148	594	59,4
30 ou mais	53.820	5.382	594	59,4

### 7.3 – Tubo com gancho:

Será gerada uma força de cisalhamento devido o vento paralelo a fachada.



Maior força horizontal paralela a fachada = 59,4kgf

$$\text{Área resistiva do tubo} = \pi \times (4,83^2 - 4,43^2) / 4 = 2,90\text{cm}^2$$

$$\text{Área resistiva da barra} = \pi \times 1,11^2 / 4 = 0,97\text{cm}^2$$

**Tração do tubo** =  $2.912 / 2,90 = 1.004\text{kgf/cm}^2 < 2.350\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow$  **COMPATÍVEL**

#### Ligação soldada :

Solda de filete em superfície curva.

Força resistente de acordo com o estado-limite último de ruptura do metal base para solicitação normal ao eixo da solda:

Filete longitudinal em uma superfície curva.

A altura do filete  $w_1$  é igual ao raio  $r_e$ , que é 5,555mm.

Espessura efetiva  $t_{ef} = 0,3 \times 5,555 = 1,6665\text{mm}$

Espessura do metal base  $t = 5,555\text{mm}$

$$\text{Desta forma } F_{Rd} = 0,83tL f_u / \gamma = 2 \times (0,83 \times 0,5555 \times 9 \times 3.100 / 1,65) = \mathbf{15.592\text{kgf}}$$

Comprimento do filete  $L = 90\text{mm}$

Resistência a ruptura do aço  $f_u = 3.100\text{kgf/cm}^2$

Coefficiente de ponderação das ações  $\gamma = 1,65$

Força resistente de acordo com o estado-limite último de ruptura da solda:

A altura do filete  $w_1$  é igual ao raio  $r_e$ , que é 5,555mm.

Espessura efetiva  $t_{ef} = 0,3 \times 5,555 = 1,6665\text{mm}$

Espessura do metal base  $t = 5,555\text{mm}$

Portanto a espessura efetiva é menor que 2X a espessura do metal base.

$$\text{Desta forma } F_{Rd} = 0,75t_{ef}L f_w / \gamma = 2 \times (0,75 \times 0,16665 \times 9 \times 4.150 / 1,65) = \mathbf{5.658\text{kgf}}$$

Resistência a ruptura da solda  $f_w = 4.150\text{kgf/cm}^2$

Coefficiente de ponderação das ações  $\gamma = 1,65$

**Cisalhamento da barra**  $\Rightarrow$  a força não significativa.

Teste prático:

As forças verticais e horizontais tendem a inclinar o gancho de ancoragem sobre a abraçadeira giratória.

Em teste prático de ruptura desenvolvido pelo Laboratório CIDEMCO na Espanha, a pedido da NOPIN, o desempenho foi satisfatório.

## 9.0 – CONCLUSÃO:

O Andaime de Fachada, objeto deste laudo, com largura de 700mm fabricado pela empresa NOPIN na Espanha e comercializado no Brasil pela empresa NOPIN do Brasil, atende as solicitações da Norma Regulamentadora N°18 – NR18 do Ministério do Trabalho e Emprego e NBR 6494/2000, quanto a resistência estrutural, já que atende as normas EN12810 e EN12811 que são mais rígidas.

**Características principais:**

- Largura útil = 684mm
- Altura útil = 1.860,00mm

A) Pelo critério da NR18:

PLATAFORMA	CARGA DISTRIBUIDA UNIFORMEMENTE $q_1$ – kgf
1,0m	91,80
1,5m	136,80
2,0m	181,80
2,5m	226,80
3,0m	271,80

B) Pelo critério das normas EN12810/12811:

Esta tabela considera 50% da capacidade de carga, pois destina-se aos níveis superiores.

A definição do número de pessoas em trabalho sobre cada plataforma seguiu a regra de largura mínima de 80 cm para cada pessoa.

A definição do número de pessoas em circulação sobre cada plataforma seguiu a regra de carga máxima, com ferramentas e materiais perfazendo no máximo 43kg, na pior situação.

PLATAFORMA	CLASSE DE CARGA	CARGA DISTRIBUIDA UNIFORMEMENTE $q_1$ – kgf	Carga concentrada Área 500 x 500mm. $F_2$ – kgf	Carga concentrada Área 200 x 200mm. $F_2$ – kgf	Número máximo de pessoas admissível	
					Trabalho	Circulação
1,0m	6	183,60	300	100	1	2
1,5m	6	273,60	300	100	2	3
2,0m	6	363,60	300	100	2	4
2,5m	5	334,20	300	100	3	4
3,0m	4	271,80	300	100	3	3

*OBS: A definição de altura máxima da plataforma de trabalho, 24 metros, considerou carga total no primeiro nível e 50% nos demais níveis, conforme determina a norma européia. Para montagens em alturas maiores, deve-se elaborar projeto especial, considerando montagem que não permita trabalho em todos os níveis.*

- Acesso por escada embutida na plataforma de acesso.
- Ancoragem obrigatória a cada 36 metros e distância máxima entre ancoragens de 6 metros.
- Forças nos pontos de ancoragem:

- Vertical – 2.912kgf

A força mais significativa ocorre em serviço, devido a carga sobre a estrutura.

- Horizontal – As forças mais significativas ocorrem fora de serviço, com vento.

Altura	Perpendicular	Paralela
M	kgf	kgf
6	4.095	47,3
12	4.460	51,3
18	4.797	55,4
24	5.148	59,4
30 ou mais	5.382	59,4

Este laudo não atesta a instalação e nem outros modelos do mesmo ou outros fabricantes.

O proprietário ou locatário deste andaime fachadeiro deverá seguir as orientações do fabricante, quanto a montagem, uso, manutenção e desmontagem, para manter a integridade do equipamento e garantir a segurança dos usuários.

Este laudo foi elaborado por solicitação da empresa NOPIN do Brasil, localizada na cidade de Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul.

São Leopoldo, 22 de janeiro de 2014.

**10.0 – DESENHOS ANEXOS:**

O projeto foi definido pelo fabricante.

Neste laudo foram anexados os desenhos para que a análise fosse adequada e para clareza na interpretação.

- ✓ NP-AF-001-000 – Quadro - 5 engates
- ✓ NP-AF-001-001 – Quadro – Conjunto de travamento
- ✓ NP-AF-002-000 – Plataforma
- ✓ NP-AF-002-001 – Cabeçal da plataforma
- ✓ NP-AF-003-000 – Painel de piso complementar
- ✓ NP-AF-004-000 – Plataforma alumínio madeira com tampa
- ✓ NP-AF-004-001 – Plataforma alumínio madeira com tampa – Componentes
- ✓ NF-AF-004-002 – Plataforma alumínio madeira com tampa – Cabeçal
- ✓ NF-AF-004-003 – Plataforma alumínio madeira com tampa – Escada
- ✓ NP-AF-005-000 – Base regulável
- ✓ NP-AF-006-001 – Travessa frontal
- ✓ NP-AF-006-002 – Parapeito de esquina
- ✓ NP-AF-006-003 – Rodapé
- ✓ NP-AF-007-000 – Tubo com gancho
- ✓ A00039-04 - Rodapie Skirting board
- ✓ AR07ZN-00 - Enganche rodapie skirting board hook
- ✓ ER07ZN1-00 - Enganche rodapie skirting board hook 01



### 11.0 - Limite de montagem para alturas acima de 24 metros:

A prática tem demonstrado que normalmente utiliza-se somente 3 níveis de plataforma concomitantemente.

**Condição 1** – 3 níveis de plataforma superiores com 100% de carga.

Portanto 4 níveis com carga 100% (Base + 3).

$$2.979 - 4 \times (38 + 727,20 / 2) = 1.606\text{kgf}$$

**Condição 2** – Demais níveis com plataformas sem acesso.

$$1.606 / 38 = 42$$

### Combinação plataforma sem carga e plataforma alumínio madeira com tampa.

Carga no montante frontal devido a plataforma alumínio madeira com tampa:

#### Peso próprio com plataforma 2,5m:

(caso mais crítico de carga)

- Plataforma – 19,8kg
- Travessa de fachada = 4,30kg
- Diagonal fachada = 4,80kg
- Rodapé = 5,9kg
- Parapeito de esquina = 2,50kg

#### Carga por montante frontal devido peso próprio no quadro de ligação:

$$22 / 2 + 4,30 + 4,80 + 5,90 + 2,5 + 19,8 / 2 = 32,90\text{kgf}$$

$$1.606 / 32,90 = 48$$

Altura total máxima =  $(4 + 42) \times 2 = 92\text{metros}$

Altura da última plataforma de trabalho = 88 metros.

#### Base regulável:

Carga máxima **4.712kg > 2.979kg** ⇒ **COMPATÍVEL**

**CONCLUSÃO:** É possível montagem até 92 metros de altura. Desde que se use somente os 3 últimos níveis superiores para trabalho, e que plataforma de acesso seja usada somente para este fim, e seja dotada de guarda-corpo em ambas as pontas.

Devem ser tomados cuidados especiais, quanto a ancoragem e os efeitos do vento que são maiores conforme aumenta altura.

Em todas as situações devem ser tomadas as demais medidas definidas pelas normas de segurança, tais como tela em todo entorno e linha de vida para os trabalhadores.

Esta situação caracteriza um projeto especial que deve ser elaborado para cada edificação.