

# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio

Aplica-se às versões: EBV9

## Assunto:

Como solucionar o dimensionamento de aparelhos de apoio em estruturas pré-moldadas?

## Video:

## Artigo:

Este artigo traz um exemplo prático de como solucionar erros no dimensionamento do aparelho de apoio de apoio em estruturas pré-moldadas, os quais podem emitir as seguintes mensagens de aviso no detalhamento dos elementos:

- Aviso 66 – Dimensão insuficiente do aparelho de apoio no consolo Cx
- Aviso 68 - Erro no dimensionamento do aparelho de apoio do consolo Cx

Para facilitar a compreensão deste exemplo, recomenda-se a leitura do artigo [Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio](#), disponível na FAQ.

A estrutura abaixo será utilizada como exemplo para dimensionamento dos aparelhos de apoio, e suas dimensões e configurações estão descritas abaixo nos itens a seguir:



## Dimensões, Configurações e Esforços:

Página 1 / 13

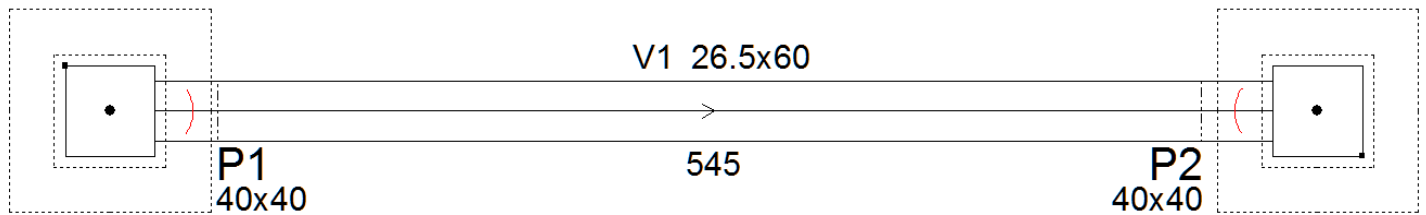
(c) 2019 Suporte On-line AltoQi <suporte@altoqi.com.br>

URL: <http://faq.altoqi.com.br/content/426/1538/pt-br/como-solucionar-erros-de-dimensionamento-do-aparelho-de-apoio.html>

# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio

As dimensões iniciais adotadas para a análise da estrutura e as configurações referentes à espaçamentos e folgas dos elementos para detalhamento estão descritas abaixo:

- Dimensões iniciais dos elementos na etapa de lançamento:  
Viga: 26,5 (bw) x 60,0 (hvida) cm;  
Pilares: 40,0 (b) x 40,0 (hpilar) cm;  
Consolos: 26,5 (bc) x 28,0 (lc) cm;



- Configurações>Materiais e Durabilidade:  
Cobrimento das Vigas PM: 3,0 cm;  
Cobrimento dos Pilares PM: 3,0 cm;  
Maior bitola para Dimensionamento dos Tirantes: Ø16mm.
- Configurações>Dimensionamento>Pilares PM:  
Formato do Tirante: Alça vertical;  
Espessura: 2 cm;  
Dureza: 50 Shore A;  
Afastamentos: Adotar valores normativos.  
ac = 11  
av = 11  
al = 11

# Console: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio de apoio

Dimensionamento [Pilares PM]

Pilares Pilares PM Vigas Vigas PM Lajes Sapatas Blocos Muros

**Tirante**

Formato: Alça vertical

Diâmetro mínimo: 8.0

**Consoles**

Tensão mínima para considerar torção: 10 %

Distância máxima para alinhar consolo na face do pilar: 1 cm

**Estribos (consolos)**

Adotar estribo vertical

Espaçamento múltiplo de: 1.0

Espaçamento mínimo: 3 cm

Espaçamento máximo: 10 cm

**Armadura complementar (consolos)**

Igualar à armadura do tirante

Diâmetro: 8.0

**Aparelhos de apoio**

Espessura: 2 cm

Dureza: 50 Shore A

Dispensar verificações quando houver pinos

Levantamento da borda

Deslizamento

Cisalhamento

Limite de deformação: 0.5

**Afastamentos (aparelhos de apoio)**

Adotar valores normativos

Afastamento à face externa: 11 cm

Afastamento à face extrema: 11 cm

Afastamento lateral: 11 cm

Cálce... Ligações...

Coeficientes... Pinos...

OK Cancelar Ajuda

- Configurações>Dimensionamento>Vigas PM:

# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio de apoio

Dimensionamento [Vigas PM]

Pilares | Pilares PM | Vigas | **Vigas PM** | Lajes | Sapatas | Blocos | Muros

**Geometria**

Folga das vigas  cm

Dente gerber

Tensão mínima para considerar torção  %

Diâmetro mínimo

Espaçamento dos estribos múltiplo de

Espaçamento mínimo entre estribos  cm

Espaçamento máximo entre estribos  cm

Espaçamento mínimo dos estribos de suspensão  cm

Consolo para laje

Diâmetro mínimo

Afastamento à face externa do consolo  cm

Afastamento à face extrema da laje  cm

Espessura do aparelho de apoio  cm

Coefficiente de amplificação

Desforma e armazenamento

Transporte

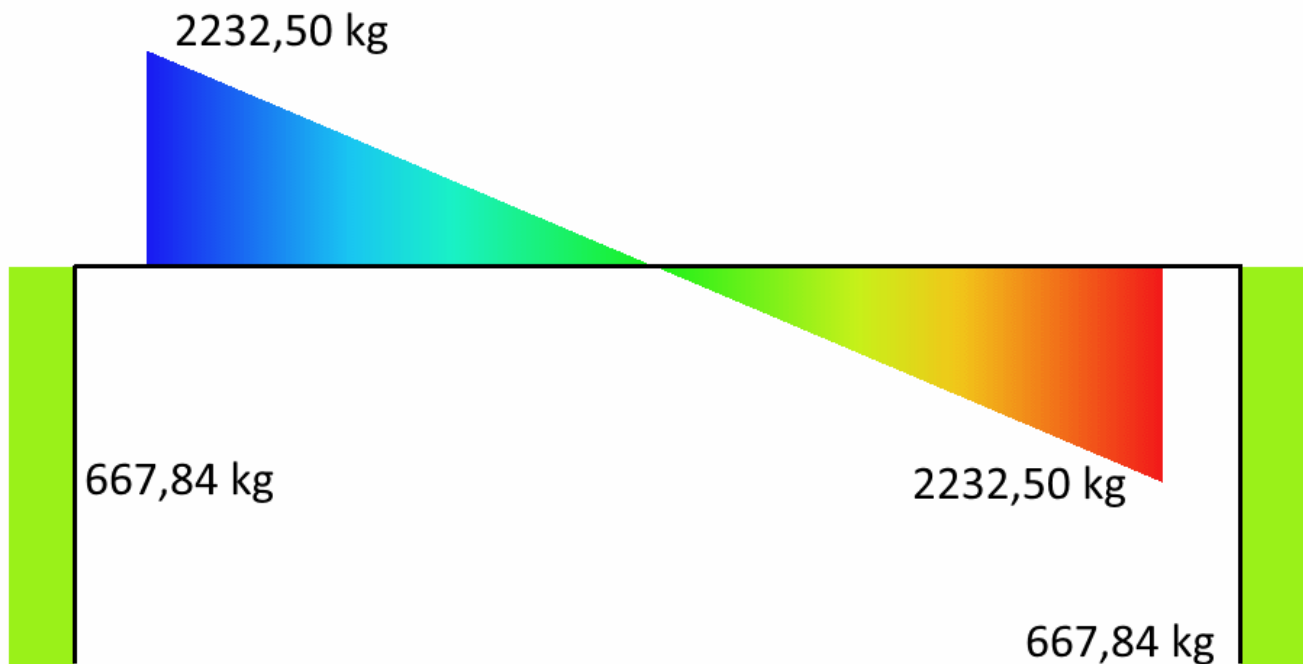
Montagem

OK Cancelar Ajuda

- Esforços cortantes no pórtico unifilar da estrutura:

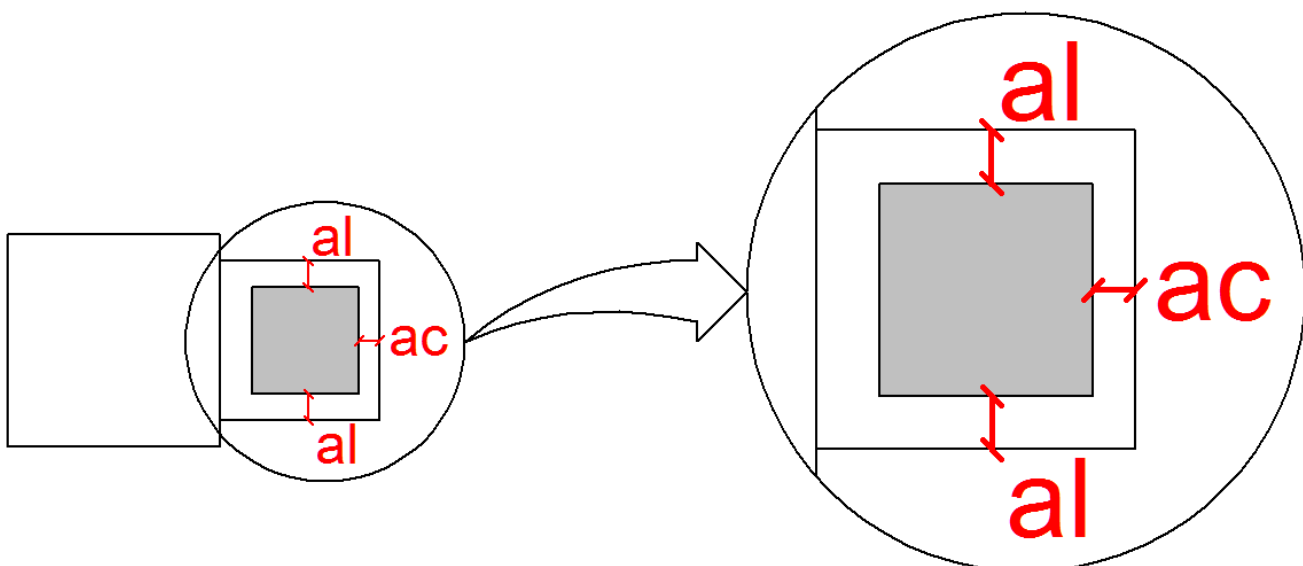
# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio de apoio

## Diagrama de Esforços Cortantes

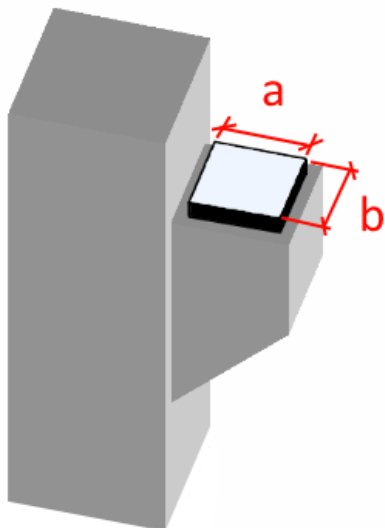
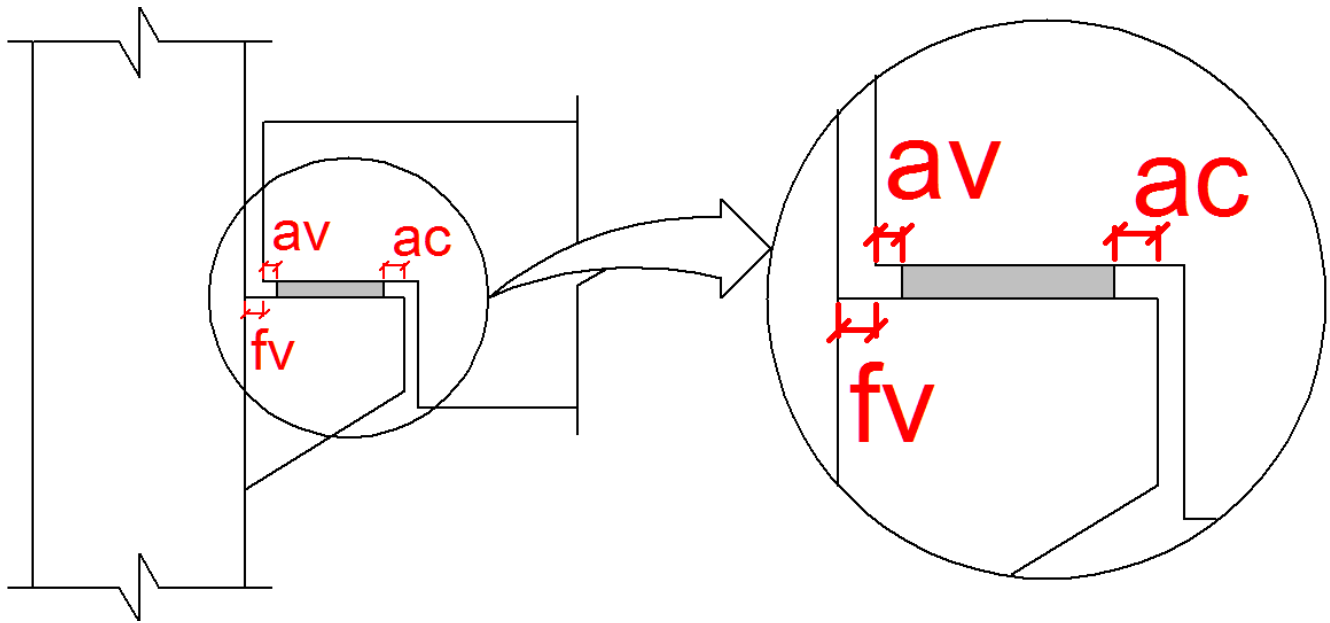


Solucionando a mensagem "Aviso 66 - Dimensão insuficiente do aparelho de apoio no consolo C1"

Em posse das informações acima, calcula-se as dimensões "a" e "b" do aparelho de apoio do pilar "P1", em acordo com o artigo [Critérios de dimensionamento dos aparelhos de apoio](#), disponível na FAQ. Para isso, utiliza-se as seguintes fórmulas:



# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio



$$\begin{aligned} a &= lc - (fv + av + ac) \\ a &= 28 - (1 + 11 + 11) \\ a &= 28 - 23 \\ a &= 5.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= bw - 2 \times a \\ b &= 26.5 - 2 \times 11 \\ b &= 4.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ao acessar a janela de dimensionamento dos pilares pré-moldados e detalhar o pilar "P1", o aparelho de apoio não pode ser detalhado, exibindo a seguinte mensagem:

**⚠ Aviso 66 - Dimensão insuficiente do aparelho de apoio no consolo C1 (0)**

Isso ocorre pois a dimensão "b=4.5 cm" encontra-se abaixo valor mínimo para as dimensões do aparelho de apoio, que é de 5 cm. Nesse caso, é necessário aumentar a largura "b" da almofada, utilizando uma das seguintes possibilidades:

- Alterar o formato do tirante do consolo:  
Na configuração inicial, o formato do tirante do consolo foi definido como "Alça vertical", modelo que resulta nos maiores valores de "ac", "av" e "al". Ao alterar para "Alça Horizontal" ou "Barra Soldada", o valor do afastamento será reduzido;

# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio


O cálculo dos afastamentos será descrito detalhadamente ao longo desse artigo.


- Configurar manualmente os afastamentos:  
Desabilitar a opção "Adotar valores recomendados", em "Configurações>Dimensionamento>Pilares PM", permite o usuário inserir valores de afastamentos com casas decimais e evitar o arredondamento calculado pelo programa;
- Aumentar a largura "bw" da viga:  
Como a dimensão "b" depende de "bw", ao aumentar a largura da viga o valor de "b" é acrescido na mesma proporção.

Neste caso, o valor da largura da viga foi aumentado para bw=27 cm, resultando em um aparelho de apoio com dimensões 5,0 x 5,0 cm.

Solucionando a mensagem "Aviso 68 - Erro no dimensionamento do aparelho de apoio no consolo C1"

Após aumentar a largura "b" do aparelho de apoio, ao detalhar o pilar "P1" é emitido o seguinte aviso:

 **Aviso 68 - Erro no dimensionamento do aparelho de apoio do consolo C1 (0)**

Para verificar quais os erros ocorrem no dimensionamento do aparelho de apoio, acesse o comando "Relatórios>Consolo", na janela de dimensionamento dos pilares pré-moldados . Assim, é possível identificar a quais verificações o aparelho não está atendendo.

## Dimensionamento dos aparelhos de apoio

### Dados do neoprene

Dureza = 50 Shore A

G = 8 kgf/cm<sup>2</sup>

Lance Nível	Consolo	B H Espessura (cm)	Tensão de compressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tensão de cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	Deformação compressão (cm)	Deformação cisalhamento (cm)
L1 0.00	C1	5 5 2	89.30 (lim = 70.00)	241.05 (lim = 40.00)	0.62 (lim = 0.30)	6.68 (lim = 1.00)

Lance Nível	Consolo	Deslizamento (kgf)		Levantamento borda (radianos)		Condição estabilidade (cm)	Verificação estabilidade (kgf/cm <sup>2</sup> )
		Carga horiz. permanente	Carga horiz. total	Rotação permanente	Rotação total		
L1 0.00	C1	667.84 (lim = 206.47)	667.84 (lim = 206.47)	0.0008 (lim = 0.1200)	0.0008 (lim = 0.1200)	2.00 (lim = 1.00)	89.30 (lim = 8.33)

Para que o aparelho de apoio seja detalhado, é necessário que os pinos não apresentem erros de

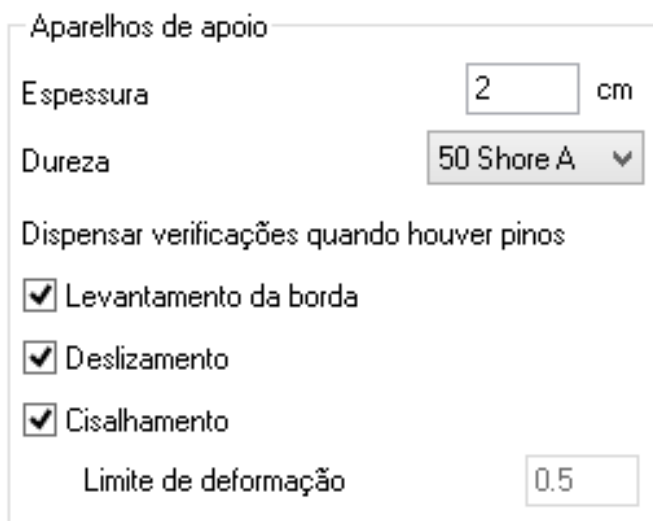
# Console: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio

dimensionamento.

Conforme citado em [Critérios de dimensionamento do aparelho de apoio](#), existem 7 verificações realizadas no dimensionamento dos aparelhos de apoio, demonstradas na imagem acima. É possível observar que, com exceção a condição de não levantamento da borda menos comprimida, todas as outras verificações não são atendidas.

Segundo El Debs (2000), as verificações de deformação por cisalhamento, deslizamento e levantamento da borda menos comprimida podem ser dispensadas quando há existência de pinos de ancoragem.

Nesta etapa, serão dispensadas essas verificações - destacadas em vermelho no relatório acima - acessando "Configurações>Dimensionamento>Pilares PM".



Aparelhos de apoio

Espessura  cm

Dureza

Dispensar verificações quando houver pinos

Levantamento da borda

Deslizamento

Cisalhamento

Limite de deformação

Assim, basta solucionar as verificações relacionadas a Tensão de Compressão, Deformação por Compressão e Verificações de Estabilidade.

## Tensão de Compressão

Por meio do diagrama de esforços cortantes é possível obter o esforço aplicado sobre o consolo do pilar "P1", no valor de  $N = 2232,50$  kgf. Ao dividir esse valor pela área do aparelho de apoio ( $25 \text{ cm}^2$ ), obtém-se o valor informado no relatório dos consolos:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma = \frac{2232,50}{25,0}$$

$$\sigma = 89,3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio

Para determinar a área ( $A_{mín}$ ) necessária para atender ao limite de 70 kgf/cm<sup>2</sup>, é possível utilizar a mesma fórmula acima:

$$A_{mín} = \frac{N}{\sigma}$$

$$A_{mín} = \frac{2232,50}{70,0}$$

$$A_{mín} = 31,90 \text{ cm}^2$$

Assim, é necessário aumentar a área da almofada, para que a área efetiva seja superior a  $A_{mín}$ . Nesta etapa, será alterado o formato de tirante dos consolos para "Alça Horizontal" (em "Configurações>Dimensionamento>Pilares PM"), a fim de reduzir os afastamentos calculados e aumentar as dimensões do aparelho de apoio.

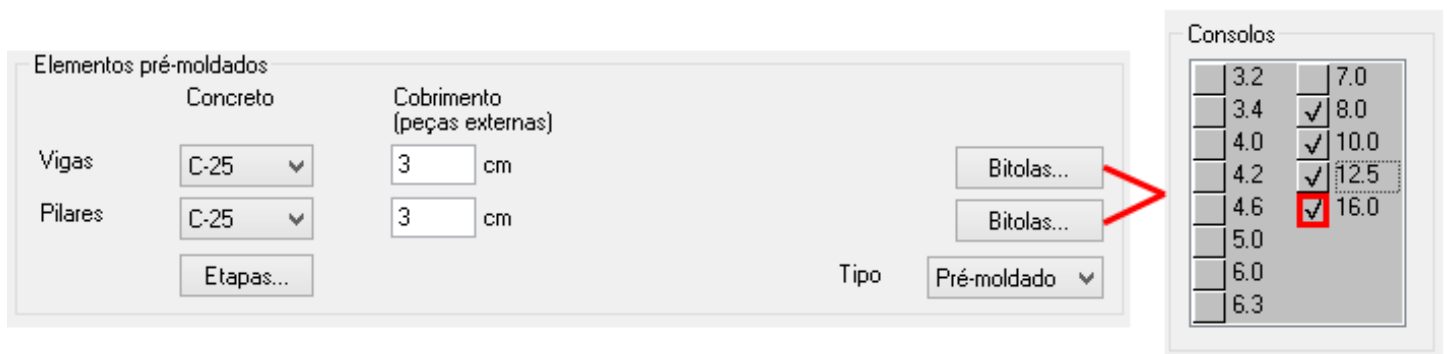
The image shows two side-by-side screenshots of a software configuration window for 'Tirante' (Anchor) settings, with a red arrow pointing from the left to the right. Both windows have a 'Formato' dropdown menu and a 'Diâmetro mínimo' dropdown menu set to 8.0. The left window is set to 'Alça vertical' and shows three input fields for 'Afastamentos (aparelhos de apoio)' with values of 11 cm: 'Afastamento à face externa', 'Afastamento à face extrema', and 'Afastamento lateral'. The right window is set to 'Alça horizontal' and shows three input fields for 'Afastamentos (aparelhos de apoio)' with values of 9 cm for 'Afastamento à face externa' and 'Afastamento à face extrema', and 5 cm for 'Afastamento lateral'. A red box highlights the 'Formato' dropdown in both, and red boxes highlight the input fields for the clearances in both.

A tabela abaixo exibe um comparativo entre o valor dos afastamentos calculados para diferentes formatos de tirantes.

# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio

	Alça Vertical	Alça Horizontal	Barra Soldada
ac	cpilar + 3,5Ø + 2 3 + 3,5*1,6 + 2 <b>10,6</b>	cpilar + 3,5Ø 3 + 3,5*1,6 <b>8,6</b>	cpilar + Ø 3 + 1,6 <b>4,6</b>
av	cviga + 3,5Ø + 2 3 + 3,5*1,6 + 2 <b>10,6</b>	cviga + 3,5Ø 3 + 3,5*1,6 <b>8,6</b>	cviga + Ø 3 + 1,6 <b>4,6</b>
al	maior valor de ac e av <b>10,6</b>	cpilar + Ø 3 + 1,6 <b>4,6</b>	cpilar + Ø 3 + 1,6 <b>4,6</b>

Vale ressaltar que o valor de Ø utilizado para calcular os afastamentos é o maior diâmetro configurado para as armaduras dos consolos, em "Configurações>Materiais e Durabilidade". Assim, é possível reduzir o valor dos afastamentos desabilitando as bitolas maiores.



Assim, o valor dos afastamentos "ac" e "av" são reduzidos em 2 cm, e o valor de "al" é reduzido em 6 cm. Com isso, as dimensões do aparelho de apoio são "a = 9cm" e "b = 17 cm", resultando em uma área de 153 cm<sup>2</sup>. Com o aumento da área do aparelho do apoio, a tensão de compressão sofre uma redução significativa, resultando em um valor abaixo da tensão limite.

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma = \frac{2232,50}{153}$$

$$\sigma = 14,59 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio

Lance Nível	Consolo	B H Espessura (cm)	Tensão de compressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Deformação compressão (cm)
L1 0.00	C1	17 9 2	14.59 (lim = 70.00) ✓	0.32 (lim = 0.30) ✗

## Deformação por Compressão

Conforme visto no artigo "Critérios de dimensionamento do aparelho de apoio", a deformação por compressão depende das dimensões do aparelho de apoio, da dureza do material e da tensão normal aplicada, e deve ser limitada a 15% do valor da espessura. A variação da altura pode ser obtida por meio da seguinte expressão:

$$\Delta h = \frac{\sigma_{max}.h}{4.G. \beta + 3.\sigma_{max}}$$

Fonte: NBR 9062:2007

Logo, é possível alterar a dureza, a qual varia o valor do módulo de elasticidade transversal G; ou a espessura do aparelho de apoio. Nesta etapa, serão exploradas as duas opções, alterando o valor da dureza para 60 Shore A e reduzindo o valor da espessura da almofada para 1,5 cm.

A imagem abaixo apresenta o relatório de cálculo dos consolos com a dureza do neoprene 60 Shore A, onde é possível observar que a deformação por compressão encontra-se inferior ao limite, atendendo a verificação.

Lance Nível	Consolo	B H Espessura (cm)	Tensão de compressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Deformação compressão (cm)
L1 0.00	C1	17 9 2	14.59 (lim = 70.00)	0.28 (lim = 0.30)

Aparinhos de apoio  
Espessura: 2 cm  
Dureza: 60 Shore A  
Dispensar verificações quando houver pinos  
 Levantamento da borda  
 Deslizamento  
 Cisalhamento  
Limite de deformação: 0.5

A imagem abaixo apresenta o relatório de cálculo dos consolos com a espessura do aparelho de 1,5 cm, onde é possível observar que a deformação por compressão apresenta-se inferior ao limite, atendendo a verificação.

# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio de apoio

Aparelhos de apoio

Espessura  cm

Dureza

Dispensar verificações quando houver pinos

Levantamento da borda

Deslizamento

Cisalhamento

Limite de deformação

Lance Nível	Consolo	B H Espessura (cm)	Tensão de compressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Deformação compressão (cm)
L1 0.00	C1	17 9 1.5	14.59 (lim = 70.00)	0.21 (lim = 0.22)

## Verificação da Estabilidade

A verificação da estabilidade pode ser dispensada quando a altura do aparelho de apoio é inferior a 20% do valor de "a".

$$h < \frac{a}{5}$$


Com a espessura igual a 2 cm, é necessário verificar a estabilidade da almofada, pois o valor de h é superior a 20% de "a":

$$h = 2 \text{ cm}$$

$$\frac{a}{5} = \frac{9}{5} = 1,8 \text{ cm}$$

Para atender a verificação de estabilidade, a tensão normal máxima deve ser inferior ao limite abaixo:

$$\sigma_{\max} \leq \frac{2a.G.\beta}{3.h}$$

O resultado dessa verificação pode ser visualizado no relatório dos consolos, acessível na janela de dimensionamento dos pilares pré-moldados  :

Lance Nível	Consolo	Condição estabilidade (cm)	Verificação estabilidade (kgf/cm <sup>2</sup> )
L1 0.00	C1	2.00 (lim = 1.80)	14.59 (lim = 44.13)

# Consolo: Como solucionar erros de dimensionamento do aparelho de apoio

Caso a tensão normal seja superior ao limite, é necessário elevar o valor desse limite, alterando as dimensões do aparelho de apoio ("a" e "b") e a dureza ao neoprene, com os métodos vistos neste artigo.

## Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 2006.

EL DEBS, M. K. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. São Carlos: EESC-USP, 2000. 456 p.

ID de solução único: #2537

Autor: : Fabio de Marchi Pintos

Última atualização: 2015-09-16 20:45