

Elastômero conforme ABNT NBR 9062:2017

Critérios de projeto

Seleção de formatos de aparelhos não fretados dimensionados

Quando os aparelhos fretados são dimensionados automaticamente, existem duas possibilidades de para a seleção dos tamanhos:

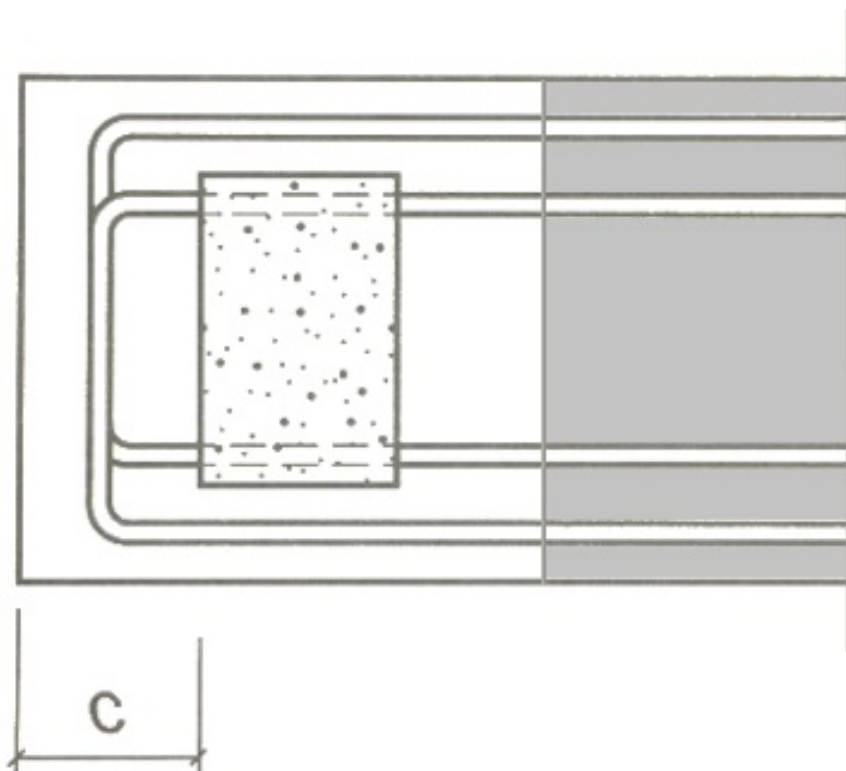
Utiliza-se a máxima dimensão possível, de modo que o dimensionamento, na verdade, passa a ser uma verificação do aparelho que apoio;

Utiliza-se um processo iterativo para obter o menor comprimento possível (a largura é um dado de entrada). Com base neste comprimento, é selecionado um formato existente em uma lista pré-definida.

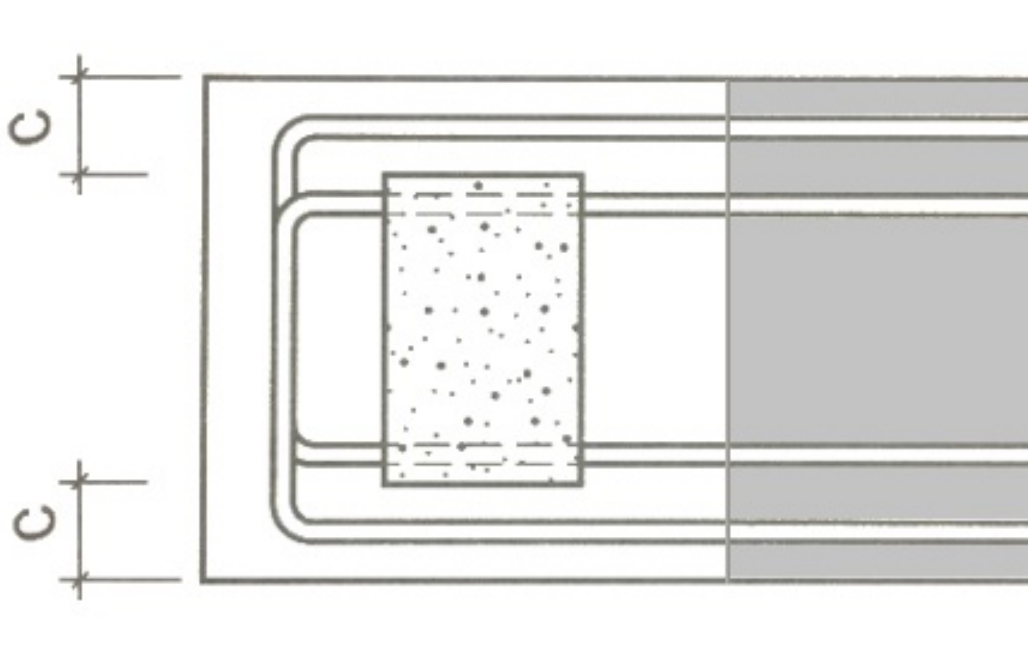
Método do cálculo da geometria máxima

A geometria máxima de um aparelho de apoio pode ser obtida como a geometria do consolo descontados os cobrimentos laterais, frontal e junto ao pilar. Existem duas possibilidades para este cálculo: ABNT NBR9062:2017 e cobrimentos fixos. Na primeira opção, os cobrimentos definidos pela norma são respeitados. No segundo, os cobrimentos são definidos no arquivo e critérios.

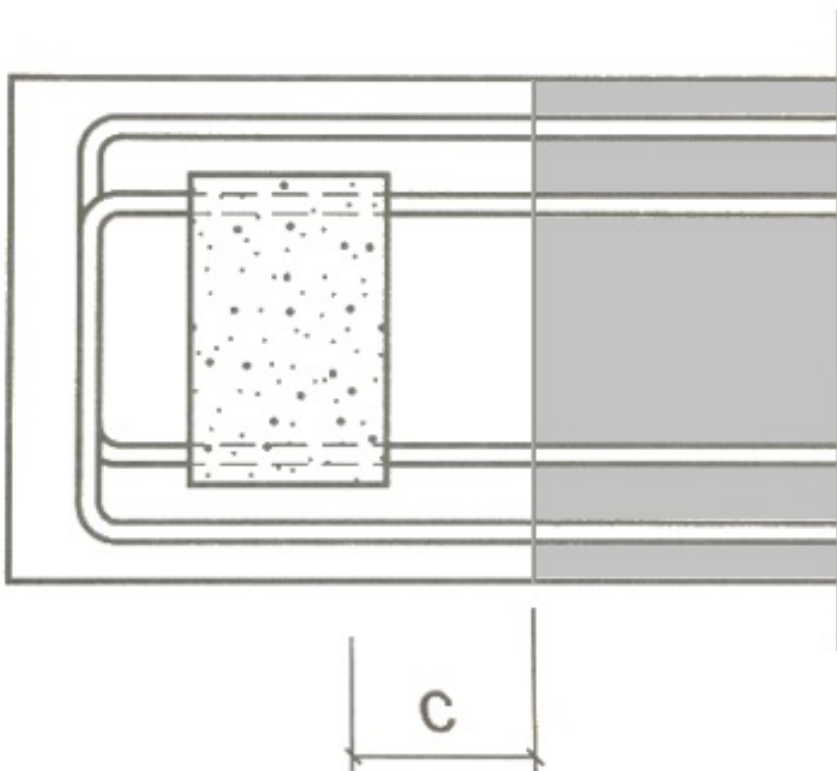
Afastamento da face frontal do aparelho de apoio a borda do consolo



Afastamento da face lateral do aparelho de apoio a borda do consolo



Afastamento da face de fundo do aparelho de apoio ao pilar/viga



Módulo de elasticidade do elastômero

Módulo de elasticidade longitudinal do elastômero, utilizado para cálculo das deflexões de aparelhos de apoio sujeitos a compressão no método NEOPREX, fórmula 5.2.5. Valor padrão: 20.000 kgf/cm².

Dureza ShoreA

Valor de caracterização do elastômero.

f_{yk} do aço das chapas de aparelhos fretados

Patamar de escoamento do aço utilizado nas chapas dos aparelhos fretados.

Escorva

Conforme manual técnico da Neoprex, quando ensaiados à compressão, as deflexões dos aparelhos indicam uma

escorva inicial que pode atingir até aproximadamente 2mm.

Dimensão mínima dos lados do aparelho de apoio

No processo de dimensionamento da calculadora, este é o valor mínimo de ambas dimensões do aparelho de apoio.

Limite de tensão média de aparelho não fretados

Limite de tensão média de aparelho não fretados

Limite de tensão média de aparelho fretado com $a \leq 15.0$ cm

Limite de tensão média de aparelho fretado com $a \leq 15.0$ cm

Limite de tensão média de aparelho fretado com $15.0 < a \leq 20.0$ cm

Limite de tensão média de aparelho fretado com $15.0 < a \leq 20.0$ cm

Limite de tensão média de aparelho fretado com $20.0 < a \leq 30.0$ cm

Limite de tensão média de aparelho fretado com $20.0 < a \leq 30.0$ cm

Limite de tensão média de aparelho fretado com $a > 30.0$ cm

Limite de tensão média de aparelho fretado com $a > 30.0$ cm

Limite para tensão de cisalhamento

Indica o multiplicar de G que define o limite máximo da tensão de cisalhamento.

Limite para deformação por cisalhamento permanente

Distorção limite do aparelho de apoio para carregamento permanente.

Limite para deformação por cisalhamento total

Distorção limite do aparelho de apoio para carregamento total (permanente + variável).

Limite de deformação por compressão

Limite de deformação por compressão em função da espessura.

Cobrimento mínimo vertical do elastômero fretado

Cobrimento mínimo vertical do elastômero fretado

Cobrimento mínimo horizontal do elastômero fretado

Cobrimento mínimo horizontal do elastômero fretado

Coeficiente empírico K1 para cálculo do afundamento

Coeficiente empírico K1 para cálculo do afundamento.

Coeficiente empírico K2 para cálculo do afundamento

Coeficiente empírico K2 para cálculo do afundamento

Coeficiente empírico K1 para cálculo do levantamento da borda

Coeficiente empírico K1 para cálculo do levantamento da borda

Coeficiente empírico K2 para cálculo do levantamento da borda

Coeficiente empírico K2 para cálculo do levantamento da borda

Tolerância no comprimento para seleção de um formato

Quando o aparelho de apoio é dimensionado e selecionado da tabela de formatos padrão, é utilizada esta tolerância entre as dimensões calculadas e o formato selecionado.

Tolerância na largura para seleção de um formato

Quando o aparelho de apoio é dimensionado e selecionado da tabela de formatos padrão, é utilizada esta tolerância entre as dimensões calculadas e o formato selecionado.

Formato padrão de apoio não fretados

Tabela com a definição de comprimento, largura e designação dos aparelhos de apoio de formato-padrão.

Configurações de aparelhos de apoio fretados

Tabela com a definição das configurações possíveis de espessura de elastômero, espessura da chapa e número mínimo/máximo de camadas.

Dimensionamento de apoio elastomético simples

Através desta calculadora é possível fazer a verificação ou o dimensionamento de aparelhos de apoio elastométicos simples ou fretados.

Métodos de cálculo

Existem 3 métodos possíveis:

Catálogo NEOPREX;

Mounir 2017;

ABNT NBR 9062:2017.

Métodos ABNT NBR 9062:2017

Limite de tensão de compressão

Conforme item 7.2.6.19.a da NBR9062:2017:

$$\sigma_k = \frac{N_k}{(ab)} \leq 7,0 \text{ MPa}$$

Verificação de deformação de compressão (afundamento)

Conforme item 7.2.1.6.20 da NBR9062:2017:

$$\Delta h \leq 0,15h$$

$$\Delta h = \frac{(\sigma_g + \sigma_q)h}{k_1 G \beta + k_2 (\sigma_g + \sigma_q)}$$

$$\sigma_g = \frac{N_g}{(ab)}$$

$$\sigma_q = \frac{N_q}{(ab)}$$

$$\beta = \frac{ab}{2h(a+b)}$$

Os valores de k_1 e k_2 são critérios de projeto que podem ser alterados no arquivo de critérios

Verificação da deformação por cisalhamento

Conforme item 7.2.1.6.21 da NBR9062:2017:

$$a_{h,g} + a_{h,q} \leq 0,5h$$

$$a_{h,g} = \frac{H_g}{G(ab)} h$$

$$a_{h,q} = \frac{H_q}{2G(ab)} h$$

Verificação da segurança contra o deslizamento

Conforme item 7.2.1.6.22 da NBR9062:2017:

Verificação de atrito

$$H \leq \mu N$$

$$\mu = 0,1 + \frac{0,6}{\sigma}$$

A verificação é feita para duas situações:

$$H = H_g \text{ e } \sigma = \frac{N_g}{(ab)}$$

$$H = H_g + H_q \text{ e } \sigma = \frac{N_g + N_q}{(ab)}$$

Verificação de tensão mínima

$$\frac{N_{min}}{(a - a_h)b} \geq \left(1 + \frac{a}{b}\right) \text{ (em MPa)}$$

Verificação da condição de não levantamento da borda menos comprimida
Conforme item 7.2.1.6.23 da NBR9062:2017:

Verificação para ações de longa duração

$$tg\theta_g \leq \frac{2h\varepsilon}{a}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma_g}{k_1 G\beta + k_2 \sigma_g}$$

Verificação para ações de longa e curta duração

$$tg\theta_g + 1,5\theta_q \leq \frac{2h\varepsilon}{a}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma_g + \sigma_q}{k_1 G\beta + k_2 (\sigma_g + \sigma_q)}$$

$$\beta = \frac{ab}{2h(a + b)}$$

Os valores de k_1 e k_2 são critérios de projeto que podem ser alterados no arquivo de critérios.

Limite de tensão de cisalhamento
Conforme item 7.2.1.6.25 da NBR9062:2017:

$$\tau_n + \tau_h + \tau_\theta \leq 5G$$

Para o caso de ações de longa duração:

$$\tau_n = \frac{1,5N_g}{\beta(ab)}$$

$$\tau_h = \frac{G a_{h,g}}{h} = \frac{H_g}{(ab)}$$

$$\tau_\theta = \frac{G a^2}{2h^2} \operatorname{tg} \theta_g$$

Para o caso de ações totais (longa e curta duração):

$$\tau_n = \frac{1,5(N_g + 1,5N_q)}{\beta(ab)}$$

$$\tau_h = \frac{H_g + 0,5H_q}{(ab)}$$

$$\tau_\theta = \frac{G a^2}{2h^2} (\operatorname{tg} \theta_g + 1,5 \operatorname{tg} \theta_q)$$

$$\beta = \frac{ab}{2h(a + b)}$$

A = área do apoio elastomérico

G = módulo de elasticidade transversal

H = espessura do apoio

Conforme indicado pelo autor Mounir 2017, é importante utiliza-se um valor mínimo para rotação imposta permanente de:

$$\theta_0 = 0,01 \operatorname{rad}$$

Verificação da estabilidade

Conforme item 7.2.1.6.26 da NBR9062:2017:

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

Métodos Mounir 2017

Segue o mesmo apresentado pelo método ABNT NBR 9062:2017, mas para carregamentos permanentes utiliza-se o índice "lon" e para carregamentos variáveis utiliza-se o índice "cur" e utiliza os ângulos ao invés das tangentes dos

ângulos.

Limite de tensão de compressão

Conforme item 7.2.6.19.a da NBR9062:2017:

$$\sigma_k = \frac{N_k}{(a \cdot b)} \leq 7,0 \text{ MPa}$$

Limite de tensão de cisalhamento

Conforme item 7.2.1.6.25 da NBR9062:2017:

$$\tau_n + \tau_h + \tau_\theta \leq 5G$$

Para o caso de ações de longa duração:

$$\tau_n = \frac{1,5N_{lon}}{\beta A}$$

$$\tau_h = \frac{Ga_{h,lon}}{h} = \frac{H_{lon}}{A}$$

$$\tau_\theta = \frac{Ga^2}{2h^2} \theta_{lon}$$

Para o caso de ações totais (longa e curta duração):

$$\tau_n = \frac{1,5(N_{lon} + 1,5N_{cur})}{\beta A}$$

$$\tau_h = \frac{H_{lon} + 0,5H_{cur}}{A}$$

$$\tau_\theta = \frac{Ga^2}{2h^2} (\theta_{lon} + 1,5\theta_{cur})$$

$$\beta = \frac{ab}{2h(a + b)}$$

A = área do apoio elastomérico

G = módulo de elasticidade transversal

H = espessura do apoio

Conforme indicado pelo autor, utiliza-se um valor mínimo para rotação imposta permanente de:

$$\theta_0 = 0,01 \text{ rad}$$

Verificação de deformação de compressão (afundamento)

Conforme item 7.2.1.6.20 da NBR9062:2017:

$$\Delta h \leq 0,15h$$

$$\Delta h = \frac{\sigma_{max} h}{k_1 G \beta + k_2 \sigma_{max}}$$

$$\sigma_{max} = \frac{N_{max}}{A}$$

Os valores de k_1 e k_2 são critérios de projeto que podem ser alterados no arquivo de critérios

Verificação da deformação por cisalhamento

Conforme item 7.2.1.6.21 da NBR9062:2017, mas para o carregamento total é adotado um limite maior:

$$a_{h,lon} \leq 0,5h$$

$$a_{h,lon} + a_{h,cur} \leq 0,7h$$

$$a_{h,lon} = \frac{H_{lon}}{GA} h$$

$$a_{h,cur} = \frac{H_{cur}}{2GA} h$$

Os valores 0,5 e 0,7 são critérios de projeto que podem ser alterados no arquivo de critérios.

Verificação da segurança contra o deslizamento

Conforme item 7.2.1.6.22 da NBR9062:2017:

Verificação de atrito

$$H \leq \mu N$$

$$\mu = 0,1 + \frac{0,6}{\sigma}$$

A verificação é feita para duas situações:

$$H = H_{lon} \text{ e } \sigma = \frac{N_{lon}}{A}$$

$$H = H_{lon} + H_{cur} \text{ e } \sigma = \frac{N_{lon} + N_{cur}}{A}$$

Verificação de tensão mínima

$$\frac{N_{min}}{A} \geq \left(1 + \frac{a}{b}\right) \text{ (em MPa)}$$

Verificação da segurança contra o deslizamento

Conforme item 7.2.1.6.23 da NBR9062:2017:

Verificação para ações de longa duração

$$\theta_{lon} \leq \frac{2h\varepsilon}{a}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{lon}}{k_1 G \beta + k_2 \sigma_{lon}}$$

Verificação para ações de longa e curta duração

$$\theta_{lon} + 1,5\theta_{cur} \leq \frac{2h\varepsilon}{a}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{lon} + \sigma_{cur}}{k_1 G \beta + k_2 (\sigma_{lon} + \sigma_{cur})}$$

$$\beta = \frac{ab}{2h(a + b)}$$

Os valores de k_1 e k_2 são critérios de projeto que podem ser alterados no arquivo de critérios

Verificação da estabilidade

Conforme item 7.2.1.6.26 da NBR9062:2017:

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

Métodos NEOPREX

Segue o Catálogo Técnico da NEOPREX.

Dimensionamento de apoio elastomérico fretado

Existem 3 métodos possíveis:

Catálogo NEOPREX;

ABNT NBR 9062:2017.

Métodos ABNT NBR 9062:2017

Limite de tensão de compressão

Conforme item 7.2.6.19.a da NBR9062:2017:

$$\sigma_k = \frac{N_k}{(a \cdot b)}$$

$$a \leq 15 \rightarrow \sigma_k \leq 8,0 \text{ MPa}$$

$$15 < a \leq 20 \rightarrow \sigma_k \leq 11,0 \text{ MPa}$$

$$20 < a \leq 30 \rightarrow \sigma_k \leq 12,5 \text{ MPa}$$

$$a > 30 \rightarrow \sigma_k \leq 15,0 \text{ MPa}$$

Verificação de deformação de compressão (afundamento)

Conforme item 7.2.1.6.20 da NBR9062:2017:

$$\Delta h \leq 0,15h$$

$$\Delta h = \sum \Delta h_i = \sum \frac{(\sigma_g + \sigma_q)h_i}{k_1 G \beta_i + k_2 (\sigma_g + \sigma_q)}$$

$$\sigma_g = \frac{N_g}{A}$$

$$\sigma_q = \frac{N_q}{A}$$

$$\beta_i = \frac{a'b'}{2h_i(a' + b')}$$

Os valores de k_1 e k_2 são critérios de projeto que podem ser alterados no arquivo de critérios

Verificação da deformação por cisalhamento

Conforme item 7.2.1.6.21 da NBR9062:2017:

$$a_{h,g} + a_{h,q} \leq 0,5h$$

$$a_{h,g} = \sum \frac{H_g}{G(a'b')} h_i$$

$$a_{h,q} = \sum \frac{H_g}{2G(a'b')} h_i$$

Verificação da segurança contra o deslizamento

Conforme item 7.2.1.6.22 da NBR9062:2017:

Verificação de atrito

$$H \leq \mu N$$

$$\mu = 0,1 + \frac{0,6}{\sigma}$$

A verificação é feita para duas situações:

$$H = H_g \text{ e } \sigma = \frac{N_g}{(ab)}$$

$$H = H_g + H_q \text{ e } \sigma = \frac{N_g + N_q}{(ab)}$$

Verificação de tensão mínima

$$\frac{N_{min}}{(a - a_h)b} \geq \left(1 + \frac{a}{b}\right) \text{ (em MPa)}$$

Verificação da condição de não levantamento da borda menos comprimida
Conforme item 7.2.1.6.23 da NBR9062:2017:

Verificação para ações de longa duração

$$tg\theta_g \leq \frac{6 \sum h_i \varepsilon_i}{a'}$$

$$\varepsilon_i = \frac{\sigma_g}{k_1 G \beta_i^2 + k_2 \sigma_g}$$

Verificação para ações de longa e curta duração

$$tg\theta_g + 1,5tg\theta_q \leq \frac{6 \sum h_i \varepsilon_i}{a'}$$

$$\varepsilon_i = \frac{\sigma_g + \sigma_q}{k_1 G \beta_i^2 + k_2 (\sigma_g + \sigma_q)}$$

$$\beta_i = \frac{a' b'}{2h_i(a' + b')}$$

Os valores de $k_1=4$ e $k_2=3$ são fixos no programa.

Limite de tensão de cisalhamento

Conforme item 7.2.1.6.25 da NBR9062:2017:

$$\tau_n + \tau_h + \tau_\theta \leq 5G$$

Para o caso de ações de longa duração:

$$\tau_n = \frac{1,5N_g}{\beta A}$$

$$\tau_h = \frac{Ga_{h,g}}{h} = \frac{H_g}{A}$$

$$\tau_\theta = \frac{Ga^2}{2h^2} tg\theta_g$$

Para o caso de ações totais (longa e curta duração):

$$\tau_n = \frac{1,5(N_g + 1,5N_q)}{\beta_i ab}$$

$$\tau_h = \frac{H_g + 0,5H_q}{ab}$$

$$\tau_\theta = \frac{Ga^2}{2h^2} (tg\theta_g + 1,5tg\theta_q)$$

$$\beta_i = \frac{a'b'}{2h_i(a' + b')}$$

A = área do apoio elastomérico

G = módulo de elasticidade transversal

H = espessura do apoio

Conforme indicado pelo autor Mounir 2017, é importante utiliza-se um valor mínimo para rotação imposta permanente de:

$$\theta_0 = 0,01 \text{ rad}$$

Verificação da estabilidade

Conforme item 7.2.1.6.26 da NBR9062:2017:

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

Métodos NEOPREX

Segue o Catálogo Técnico da NEOPREX.