

# Análise do dimensionamento: Como posso identificar quais fatores são determinantes no dimensionamento de um pilar?

Aplica-se às versões: EBv6, EBv6Gold, EBv7, EBv7Gold, EBv8, EBv8Gold, EBv9

## Assunto

Através do relatório de cálculo detalhado de um pilar é possível identificar quais são os fatores determinantes no seu dimensionamento. Identificar quais são estes fatores é o primeiro passo que deve ser feito de modo a obter um dimensionamento de pilares otimizado.

## Artigo

Neste artigo será mostrado como analisar as principais informações do relatório de cálculo detalhado de um pilar. Segue abaixo, à título de exemplo, um modelo de relatório de cálculo detalhado gerado a partir do programa Eberick:

### Cálculo do Pilar P12

#### Dimensionamento da armadura longitudinal

Direção	Cálculo da esbeltez	Esforços máximos	
B	Vínculo = RR li = 280.00 cm Esbeltez = 69.20	Msdtopo = 1772 kgf.m Msdbase = 1543 kgf.m	Ndmax = 15.00 tf Ndmin = 8.37 tf
H	Vínculo = RR li = 280.00 cm Esbeltez = 24.22	Msdtopo = 3075 kgf.m Msdbase = 2403 kgf.m	ni = 0.15

#### Seção crítica do pilar: TOPO

Direção	Momentos (kgf.m)		Armadura longitudinal		Processo de cálculo
			Torção	Final	
B	Msdtopo = 1770 Msdcentro = 708 Msdbase = 1543	Madtopo = 168 Madcentro = 84 Madbase = 168 M2d = 336 Mcd = 56	Td = 0 kgf.m	2 ø 12.5 9 ø 12.5	(*2) 1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V1+0.84D1 Msd(x) = 2422 kgf.m Msd(y) = 3622 kgf.m Mrd(x) = 2494 kgf.m Mrd(y) = 3730 kgf.m Mrd/Msd=1.03
H	Msdtopo = 2898 Msdcentro = 1159 Msdbase = 2344	Madtopo = 168 Madcentro = 84 Madbase = 168 M2d = 118 Mcd = 10	As1 = 0.00 cm <sup>2</sup>	18ø12.5 22.09 cm <sup>2</sup> 3.9 %	

Figura 1 – Exemplo de relatório de cálculo detalhado de pilar

O relatório de cálculo detalhado de um pilar pode ser gerado através da janela “ Pilares ” ou “ Pilares em prumada ” . Com a janela aberta pode-se gerar o relatório de cálculo detalhado acessando o menu “ Relatórios – Cálculo detalhado ” .

Entre os elementos indicados no relatório de cálculo detalhado merecem destaque os itens “ Dimensionamento da armadura longitudinal ” e “ Seção crítica do pilar ” (destacados na figura)

# Análise do dimensionamento: Como posso identificar quais fatores são determinantes no dimensionamento de um pilar?

acima).

## Item “ Dimensionamento da armadura longitudinal ”

As informações visualizadas neste item são divididas em 3 colunas:

Direção: Indica a direção na qual atuam os momentos fletores. A direção “ B ” indica os momentos que atuam na menor dimensão do pilar (dimensão com menor braço de alavanca) enquanto a direção “ H ” indica os momentos que atuam na maior dimensão do pilar (dimensão com maior braço de alavanca);

Cálculo da esbeltez: Indica os comprimentos de flambagem (li), vínculos e esbeltez para cada direção do pilar (B ou H);

Para obter mais informações acesse o artigo [Esbeltez em pilares retangulares](#).

Esforços máximos: Indica os esforços máximos (Msdtopo, Msdbase e Ndmáx) que atuam no pilar considerando todas as combinações de ações no projeto. Dentre estes itens destaca-se a força normal adimensional (ni), que indica a taxa de compressão do pilar, ou seja, a relação entre o esforço normal máximo solicitante e o esforço normal resistente:

$$U = \frac{N_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

## Item “ Seção crítica do pilar ”

A primeira informação desse item indica qual é a seção com dimensionamento mais crítico na prumada do pilar (TOPO, CENTRO OU BASE):

# Análise do dimensionamento: Como posso identificar quais fatores são determinantes no dimensionamento de um pilar?

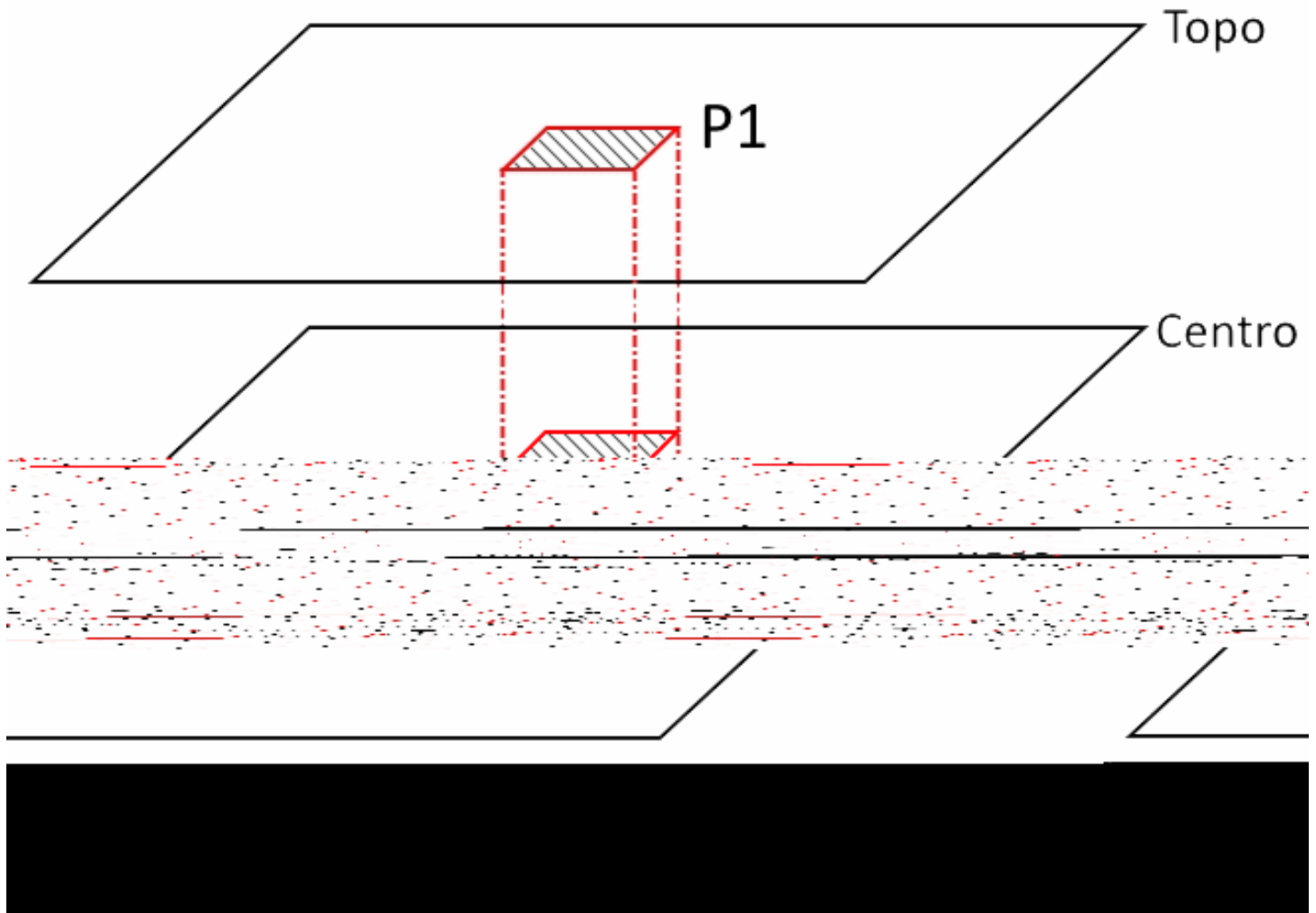


Figura 2 – Seções críticas analisadas no dimensionamento de um pilar

Caso por exemplo seja gerado o relatório de cálculo detalhado de um pilar em um determinado pavimento, a seção “ TOPO ” indicada no relatório equivale à este pavimento, enquanto a seção “ BASE ” equivale ao pavimento imediatamente inferior à este e a seção “ CENTRO ” equivale à região entre estes dois pavimentos.

Demais elementos do item “ Seção crítica do pilar ” :

Direção: Tem o mesmo significado do indicado no item “ Dimensionamento da armadura longitudinal ” ;

Momentos:

- Msd: São os momentos solicitantes (obtidos a partir da análise dos esforços na estrutura);
- Mad: São os momentos acidentais do pilar, obtidos a partir da excentricidade acidental (ea) e esforço normal de cálculo (Nsd) dele:

$$Mad = ea * Nsd$$

# Análise do dimensionamento: Como posso identificar quais fatores são determinantes no dimensionamento de um pilar?

Quanto maior for o valor de  $N_{sd}$  (esforço normal de cálculo) maior deve ser o valor do momento acidental do pilar ( $M_{ad}$ ).

- $M_{2d}$ : São os momentos de segunda ordem local do pilar;

Estes momentos atuam somente na seção do centro do pilar (ver Figura 2), logo são importantes somente quando a seção crítica do pilar está no CENTRO.

Quanto maior for a esbeltez do pilar maior será o valor de  $M_{2d}$ .

- $M_{cd}$ : São os momentos decorrentes da fluência que solicitam o pilar.

Estes momentos atuam somente na seção do centro do pilar (ver Figura 2), logo são importantes somente quando a seção crítica do pilar está no CENTRO.

Processo de cálculo:

É indicada qual a combinação crítica para o dimensionamento do pilar, além disso também são indicados:

- $M_{sd}(x)$ : Momento fletor total de cálculo que atua na direção de menor inércia do pilar (menor dimensão do pilar) já considerando o efeito causado pelos momentos  $M_{sd}$ ,  $M_{ad}$ ,  $M_{2d}$  e  $M_{cd}$ ;
- $M_{sd}(y)$ : Momento fletor total de cálculo que atua na direção de maior inércia do pilar (maior dimensão do pilar) já considerando o efeito causado pelos momentos  $M_{sd}$ ,  $M_{ad}$ ,  $M_{2d}$  e  $M_{cd}$ ;
- $M_{rd}(x)$  e  $M_{rd}(y)$ : Momentos resistentes de cálculo nas direções X (menor dimensão) e Y (maior dimensão) do pilar;
- $M_{rd}/M_{sd}$ : Indica a menor relação que há entre os momentos resistente e solicitante do pilar.

Caso a relação  $M_{rd}/M_{sd}$  seja elevada pode-se considerar a possibilidade de reduzir as dimensões da seção do pilar ou mesmo o diâmetro das armaduras longitudinais do elemento de modo a otimizar o seu dimensionamento.

## EXEMPLOS DE ANÁLISES QUE PODEM SER FEITAS ATRAVÉS DO RELATÓRIO DE CÁLCULO DETALHADO

Como exemplo do uso do relatório de cálculo detalhado na análise de pilares serão estudados 3 exemplos de pilares com diferentes situações de dimensionamento:

### Exemplo 1

# Análise do dimensionamento: Como posso identificar quais fatores são determinantes no dimensionamento de um pilar?

## Dimensionamento da armadura longitudinal

Direção	Cálculo da esbeltez	Esforços máximos	
B	Vínculo = RR li = 280.00 cm Esbeltez = 69.20	Msdtopo = 1414 kgf.m Msdbase = 1147 kgf.m	N <sub>dmax</sub> = 29.21 tf N <sub>dmin</sub> = 16.43 tf ni = 0.29
H	Vínculo = RR li = 280.00 cm Esbeltez = 24.22	Msdtopo = 1385 kgf.m Msdbase = 893 kgf.m	

## Seção crítica do pilar: **TOPO**

Direção	Momentos (kgf.m)		Armadura longitudinal		Processo de cálculo
			Torção	Final	
B	Msdtopo = 1414 Msdcentro = 566 Msdbase = 1147	Madtopo = 312 Madcentro = 156 Madbase = 312 M2d = 517 Mcd = 99	Td = 7 kgf.m	2 ø 10.0 7 ø 10.0	1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V1+0.84D1 Msd(x) = 2157 kgf.m Msd(y) = 1055 kgf.m
H	Msdtopo = 844 Msdcentro = 345 Msdbase = 405	Madtopo = 312 Madcentro = 156 Madbase = 312 M2d = 66 Mcd = 8	Asl = 0.03 cm <sup>2</sup>	14ø10.0 11.00 cm <sup>2</sup> 2.0 %	Mrd(x) = 2189 kgf.m Mrd(y) = 1071 kgf.m Mrd/Msd=1.01

Figura 3 – Pilar com seção crítica no TOPO

Em primeiro lugar, com base no relatório visto acima já é possível concluir que a seção crítica do pilar está no topo da sua prumada. Neste caso somente os momentos Msdtopo e Madtopo são considerados na obtenção dos momentos finais de cálculo (Msd(x) e Msd(y)). Os momentos M2d e Mcd somente teriam influência se a seção crítica do pilar estivesse em seu centro.

Analisando o relatório acima pode-se ver que o momento fletor na direção B do pilar (menor dimensão) é maior que o momento na direção H (maior dimensão), o que faz com que seja necessário um número maior de barras no pilar pois o braço de alavanca na direção B é menor. Logo, uma opção de solução nesse caso seria rotacionar a seção do pilar, desse modo o maior momento fletor passaria a atuar em sua direção de maior inércia (maior braço de alavanca).

Para obter mais informações à respeito de possíveis soluções para otimizar o dimensionamento de pilares acesse o artigo [Otimizando o dimensionamento de pilares](#) da base de conhecimento da AltoQi (FAQ).

## Exemplo 2

# Análise do dimensionamento: Como posso identificar quais fatores são determinantes no dimensionamento de um pilar?

## Dimensionamento da armadura longitudinal

Direção	Cálculo da esbeltez	Esforços máximos	
B	Vínculo = RR li = 280.00 cm Esbeltez = 69.20	Msdtopo = 752 kgf.m Msdbase = 736 kgf.m	N <sub>dmax</sub> = 52.76 tf N <sub>dmin</sub> = 29.55 tf ni = 0.53
H	Vínculo = RR li = 280.00 cm Esbeltez = 24.22	Msdtopo = 2342 kgf.m Msdbase = 1386 kgf.m	

## Seção crítica do pilar: CENTRO

Direção	Momentos (kgf.m)		Armadura longitudinal		Processo de cálculo
			Torção	Final	
B	Msdtopo = 483 Msdcentro = 193 Msdbase = 472	Madtopo = 590 Madcentro = 295 Madbase = 590 M2d = 1148 Mcd = 133	Td = 7 kgf.m  Asl = 0.03 cm <sup>2</sup>	2 ø 10.0 8 ø 10.0	1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V2+0.84D2 Msd(x) = 2211 kgf.m Msd(y) = 986 kgf.m Mrd(x) = 2220 kgf.m Mrd(y) = 990 kgf.m Mrd/Msd=1.00
H	Msdtopo = 1951 Msdcentro = 789 Msdbase = 953	Madtopo = 590 Madcentro = 295 Madbase = 590 M2d = 402 Mcd = 30		16ø10.0 12.57 cm <sup>2</sup> 2.2 %	

Figura 4 – Pilar com seção crítica no CENTRO

Com base no relatório visto acima é possível concluir que a seção crítica do pilar está no centro da sua prumada. Neste caso, os momentos Msdcentro, Madcentro, M2d e Mcd são considerados na obtenção dos momentos finais de cálculo (Msd(x) e Msd(y)).

Através do relatório de cálculo detalhado (visto acima) pode-se observar que o momento M2d (momento de segunda ordem local) na direção B do pilar (menor dimensão do pilar) é considerável comparando-o com os demais momentos (Msdcentro, Madcentro e Mcd).

Como o momento de segunda ordem local (M2d) depende do processo de dimensionamento do pilar pode-se como opção de solução utilizar um processo de análise dos esforços de segunda ordem mais preciso, como por exemplo o método “ Momento curvatura ” :

# Análise do dimensionamento: Como posso identificar quais fatores são determinantes no dimensionamento de um pilar?

Pilares do Pavimento Tipo								
	Nome	Igual	Armadura B	Armadura H	Estribo centro	Estribo TB	N estribos	Processo de cálculo
1	P1		2 ø 10.0	3 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
2	P2		2 ø 10.0	3 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
3	P3		2 ø 10.0	3 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
4	P4		2 ø 10.0	7 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
5	P5		2 ø 10.0	6 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
6	P6		2 ø 10.0	7 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
7	P7		2 ø 10.0	3 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
8	P8		2 ø 10.0	3 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
9	P9		2 ø 10.0	3 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
10	P10		2 ø 10.0	7 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
11	P11		2 ø 10.0	6 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
12	P12		2 ø 10.0	7 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura
13	P13		2 ø 10.0	3 ø 10.0	ø 5.0 c/10		1	Momento curvatura

Figura 5 – Seleção do processo “ Momento curvatura ” na janela de dimensionamento de pilares – Aba “ Resultado ”

O processo de cálculo “ Momento curvatura ” está disponível apenas com o módulo “ Pilares esbeltos e pilares-parede ” no programa Eberick V9.

Gerando novamente o relatório de cálculo detalhado deste exemplo (após modificar o processo de cálculo do pilar para “ Momento curvatura ”) veja que o momento de segunda ordem local (M2d) calculado para a direção B diminuiu significativamente:

## Dimensionamento da armadura longitudinal

Direção	Cálculo da esbeltez	Esforços máximos	
B	Vínculo = RR li = 280.00 cm Esbeltez = 69.20	Msdtopo = 752 kgf.m Msdbase = 736 kgf.m	Ndmax = 52.76 tf Ndmin = 29.55 tf mi = 0.53
H	Vínculo = RR li = 280.00 cm Esbeltez = 24.22	Msdtopo = 2342 kgf.m Msdbase = 1386 kgf.m	

## Seção crítica do pilar: TOPO

Direção	Momentos (kgf.m)		Armadura longitudinal		Processo de cálculo
			Torção	Final	
B	Msdtopo = 752 Msdcentro = 301 Msdbase = 736	Madtopo = 551 Madcentro = 275 Madbase = 551 <u>M2d = 376</u> Mcd = 145	Td = 7 kgf.m	2 ø 10.0 6 ø 10.0	1.3G1+1.4G2+0.98Q+1.4V2+0.84D2 Msdx) = 1629 kgf.m Msdy) = 2223 kgf.m
H	Msdtopo = 1778 Msdcentro = 711 Msdbase = 893	Madtopo = 551 Madcentro = 275 Madbase = 551 M2d = 44 Mcd = 26	Asl = 0.03 cm <sup>2</sup>	12ø10.0 9.42 cm <sup>2</sup> 1.7 %	Mrd(x) = 1654 kgf.m Mrd(y) = 2258 kgf.m Mrd/Msd=1.02

Figura 6 – Redução do momento de segunda ordem local (M2d) após modificar o processo de cálculo do pilar



# Análise do dimensionamento: Como posso identificar quais fatores são determinantes no dimensionamento de um pilar?

Além de modificar o processo de cálculo do pilar para um modelo que analise os efeitos de segunda ordem local com mais precisão outras opções de solução seriam:

- Aumentar a menor dimensão do pilar de modo a reduzir sua esbeltez e consequentemente reduzir o momento de segunda ordem local (M2d);
- Melhorar o travamento do pilar (através do lançamento de vigas por exemplo).

Para obter mais informações à respeito de possíveis soluções para otimizar o dimensionamento de pilares acesse o artigo [Otimizando o dimensionamento de pilares](#) da base de conhecimento da AltoQi (FAQ).

## Exemplo 3

### Dimensionamento da armadura longitudinal

Direção	Cálculo da esbeltez	Esforços máximos	
B	Vínculo = RR li = 315.00 cm Esbeltez = 43.60	Msdtopo = 688 kgf.m Msdbase = 2680 kgf.m	<u>Ndmax = 240.29 tf</u> Ndmin = 146.67 tf <u>ni = 0.90</u>
H	Vínculo = RR li = 315.00 cm Esbeltez = 18.16	Msdtopo = 2867 kgf.m Msdbase = 2760 kgf.m	

### Seção crítica do pilar: BASE

Direção	Momentos (kgf.m)		Armadura longitudinal		Processo de cálculo
			Torção	Final	
B	Msdtopo = 596 Msdcentro = 1370 <u>Msdbase = 2680</u>	Madtopo = 3760 Madcentro = 1880 <u>Madbase = 3760</u> M2d = 1742 Mcd = 752	Td = 0 kgf.m	2 ø 16.0 6 ø 16.0	1.3G1+1.4G2+1.3S+1.4Q+1.1A+1.4D2 Msd(x) = 6440 kgf.m Msd(y) = 2247 kgf.m
H	Msdtopo = 1580 Msdcentro = 899 <u>Msdbase = 2247</u>	Madtopo = 3760 Madcentro = 1880 <u>Madbase = 3760</u> M2d = 234 Mcd = 96	Asl = 0.00 cm <sup>2</sup>	12ø16.0 24.13 cm <sup>2</sup> 1.6 %	Mrd(x) = 7266 kgf.m Mrd(y) = 2535 kgf.m Mrd/Msd=1.13

Figura 7 – Pilar com seção crítica na BASE

Com base no relatório visto acima é possível concluir que a seção crítica do pilar está na base da sua prumada. Neste caso somente os momentos Msdbase e Madbase são considerados na obtenção dos momentos finais de cálculo (Msd(x) e Msd(y)). Os momentos M2d e Mcd somente teriam influência se a seção crítica do pilar estivesse em seu centro.

Analisando o relatório acima pode-se ver que os momentos acidentais (Mad) nas direções B e H do pilar são maiores que o momentos solicitantes (Msd). Isso ocorre devido ao considerável esforço de compressão atuando sobre ele (aproximadamente 240tf). Como visto anteriormente, quanto maior for o valor de Nsd (esforço normal de cálculo) maior será o valor do momento acidental do pilar (Mad).



# Análise do dimensionamento: Como posso identificar quais fatores são determinantes no dimensionamento de um pilar?

Além disso, note que a força normal adimensional ( $n_i$ ), que indica a taxa de compressão do pilar, tem valor de 0.90, o que indica que o esforço normal solicitante tem 90% do esforço normal resistente do pilar.

Em situações semelhantes à essa, caso deseje otimizar o dimensionamento do pilar, pode-se como opção avaliar as seguintes possibilidades:

- Modificar o modelo da estrutura, de modo a reduzir o esforço normal sobre o pilar. Isto pode ser feito por exemplo adicionando mais apoios à estrutura de modo a distribuir melhor os esforços nos pilares.
- Aumentar as dimensões do pilar, desse modo o braço de alavanca em cada direção aumentaria, o que contribuiria para a diminuição da armação do pilar.

Para obter mais informações à respeito de possíveis soluções para otimizar o dimensionamento de pilares acesse o artigo [Otimizando o dimensionamento de pilares](#) da base de conhecimento da AltoQi (FAQ).

Concluindo, com esse artigo procurou-se enfatizar a importância de saber interpretar os resultados de dimensionamento de pilares através do relatório de cálculo detalhado disponível no programa Eberick. Saber quais fatores afetam o dimensionamento de um elemento estrutural é fundamental para escolher qual é a solução mais adequada em um projeto.

ID de solução único: #2607

Autor: : Eng. ° André Kirsten

Última atualização: 2016-01-22 12:33