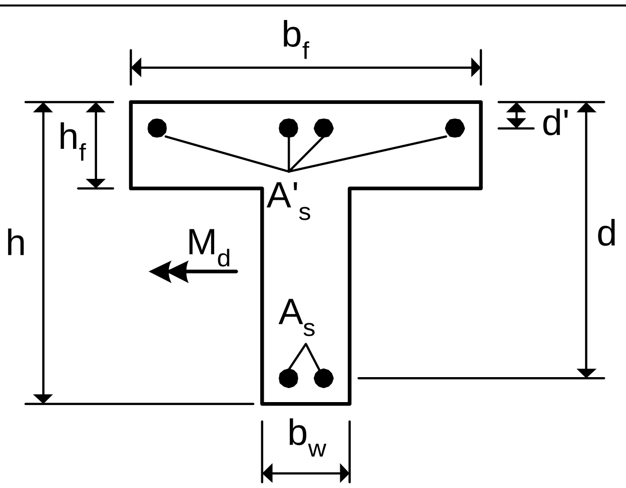
CAPÍTULO 4 – Volume 1

FLEXÃO NORMAL SIMPLES
Dimensionamento de Seções T

4.1 - Geometria da seção transversal

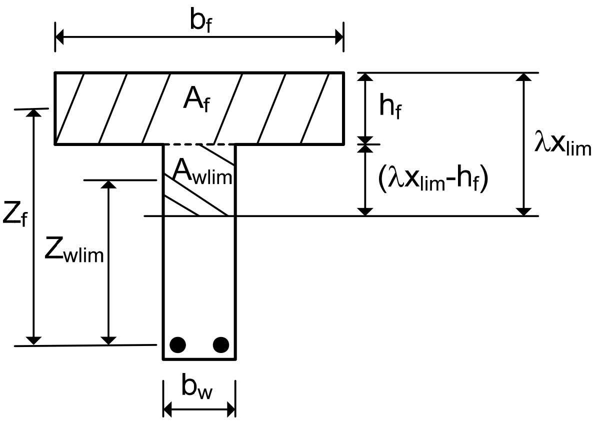


b_w = largura da nervura;
b_f = largura da mesa;
h = altura total da seção;
h_f = espessura da mesa;
d = altura útil da seção;
d' = distância do centróide de A'_s até a borda comprimida;

M_d = momento fletor de cálculo.

Valores requeridos:
A_s = área da armadura tracionada; A'_s = área da armadura comprimida.

4.2 - Determinação do momento limite



Restrição: $h_f < \lambda x_{\lim}$

Sem redistribuição de esforços:

$f_{ck} \le 35$ MPa:

$$\xi_{\lim} = 0{,}45$$

$f_{ck} > 35$ MPa:

$$\xi_{\lim} = 0{,}35$$

$$x_{\lim} = \xi_{\lim} d$$

Adimensionais β_f e β_w:

$$h_f = \beta_f d \; ; \; b_w = \beta_w b_f$$

$$A_f = b_f h_f \; ; \quad A_{w\lim} = b_w (\lambda x_{\lim} - h_f); \quad Z_f = d - 0{,}5 h_f \; ;$$

$$Z_{w\lim} = d - 0{,}5(\lambda x_{\lim} + h_f)$$

Introduzindo os adimensionais, resulta:

$$A_f = \beta_f b_f d \quad ; \quad A_{w\lim} = \beta_w (\lambda \xi_{\lim} - \beta_f) b_f d$$

$$Z_f = (1 - 0{,}5\beta_f) d \quad ; \quad Z_{w\lim} = [1 - 0{,}5(\lambda \xi_{\lim} + \beta_f)] d$$

Resultante de compressão:

$$R_{cc\lim} = (A_f + A_{w\lim}) \sigma_{cd} \quad ; \quad \sigma_{cd} = \alpha_c f_{cd}$$

$$R_{cc\lim} = r_{cc\lim} b_f d \sigma_{cd} \; ; \; r_{cc\lim} = \beta_f + \beta_w (\lambda \xi_{\lim} - \beta_f)$$

Momento fletor limite:

$$M_{d\lim} = \left(A_f Z_f + A_{w\lim} Z_{w\lim}\right)\sigma_{cd} \quad ; \quad M_{d\lim} = \mu_{\lim} b_f d^2 \sigma_{cd}$$

$$\mu_{\lim} = \beta_f \left(1 - 0{,}5\beta_f\right) + \beta_w\left(\lambda\xi_{\lim} - \beta_f\right)\left[1 - 0{,}5\left(\lambda\xi_{\lim} + \beta_f\right)\right]$$

Os valores de r_{cclim} e μ_{lim} podem ser obtidos nas tabelas 4.2.1 e 4.2.2.

Essas tabelas são válidas apenas para os concretos do grupo I.

Para concretos do grupo II, usar as equações.

Tabela 4.2.1(a) - Valores de $r_{cc\lim}$ para seção T ($f_{ck} \leq 35$ MPa)

	$\beta_f \Downarrow$						
$\beta_w \Downarrow$	**0,10**	**0,12**	**0,14**	**0,16**	**0,18**	**0,20**	**0,22**
0,04	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23
0,06	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23
0,08	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23
0,10	0,13	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,23
0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24
0,14	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24
0,16	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23	0,24
0,18	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25
0,20	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,23	0,25
0,22	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25
0,24	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25
0,26	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23	0,24	0,26
0,28	0,17	0,19	0,20	0,22	0,23	0,24	0,26

Tabela 4.2.1(a) - Valores de $r_{cc\,\lim}$ para seção T ($f_{ck} \leq 35$ MPa)

$\beta_f \Downarrow$							
$\beta_w \Downarrow$	**0,24**	**0,26**	**0,28**	**0,30**	**0,32**	**0,34**	**0,36**
0,04	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36
0,06	0,25	0,27	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36
0,08	0,25	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,36
0,10	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36
0,12	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36
0,14	0,26	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36
0,16	0,26	0,28	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36
0,18	0,26	0,28	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36
0,20	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33	0,34	0,36
0,22	0,27	0,28	0,30	0,31	0,33	0,34	0,36
0,24	0,27	0,28	0,30	0,31	0,33	0,34	0,36
0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	035	0,36
0,28	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36

Tabela 4.2.1(b) - Valores de $r_{cc\,\lim}$ para seção T ($f_{ck} > 35$ MPa)

$\beta_f \Downarrow$							
$\beta_w \Downarrow$	**0,10**	**0,12**	**0,14**	**0,16**	**0,18**	**0,20**	**0,22**
0,04	0,11	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22
0,06	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,20	0,22
0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22
0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23
0,12	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23
0,14	0,13	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23
0,16	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23
0,18	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23
0,20	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,23
0,22	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,23
0,24	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,23
0,26	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24
0,28	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24

(Obs: fck<=50 MPa)

Tabela 4.2.1(b) - Valores de $r_{cc\,\lim}$ para seção T ($f_{ck} > 35$ MPa)

$\beta_w \Downarrow$ \ $\beta_f \Downarrow$	**0,24**	**0,26**	**0,28**	**0,30**	**0,32**	**0,34**	**0,36**
0,04	0,24	0,26	0,28	Dimensionar uma seção retangular com largura b_f e altura útil d (ver capítulo 3)			
0,06	0,24	0,26	0,28				
0,08	0,24	0,26	0,28				
0,10	0,24	0,26	0,28				
0,12	0,24	0,26	0,28				
0,14	0,25	0,26	0,28				
0,16	0,25	0,26	0,28				
0,18	0,25	0,26	0,28				
0,20	0,25	0,26	0,28				
0,22	0,25	0,26	0,28				
0,24	0,25	0,26	0,28				
0,26	0,25	0,27	0,28				
0,28	0,25	0,27	0,28				

(Obs: fck<=50 MPa)

Tabela 4.2.2(a) - Valores de $\mu_{\lim}$ para seção T ($f_{ck} \le 35$ MPa)

$\beta_w \Downarrow$ \ $\beta_f \Downarrow$	**0,10**	**0,12**	**0,14**	**0,16**	**0,18**	**0,20**	**0,22**
0,04	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20
0,06	0,11	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20
0,08	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20
0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21
0,12	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21
0,14	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21
0,16	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21
0,18	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21
0,20	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20	0,22
0,22	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22
0,24	0,14	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22
0,26	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22
0,28	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22

Tabela 4.2.2(a) - Valores de $\mu_{\lim}$ para seção T ($f_{ck} \leq 35$ MPa)

			$\beta_f \Downarrow$				
$\beta_w \Downarrow$	**0,24**	**0,26**	**0,28**	**0,30**	**0,32**	**0,34**	**0,36**
0,04	0,21	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,30
0,06	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,30
0,08	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30
0,10	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30
0,12	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30
0,14	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30
0,16	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30
0,18	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30
0,20	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30
0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,29	0,30
0,24	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30
0,26	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30
0,28	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30

Tabela 4.2.2(b) - Valores de $\mu_{\lim}$ para seção T ($f_{ck} > 35$ MPa)

			$\beta_f \Downarrow$				
$\beta_w \Downarrow$	**0,10**	**0,12**	**0,14**	**0,16**	**0,18**	**0,20**	**0,22**
0,04	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20
0,06	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20
0,08	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20
0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20
0,12	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20
0,14	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20
0,16	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20
0,18	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20
0,20	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20
0,22	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21
0,24	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21
0,26	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21
0,28	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21

(Obs: fck<=50 MPa)

Tabela 4.2.2(b) - Valores de $\mu_{\lim}$ para seção T ($f_{ck} > 35$ MPa)

$\beta_w \Downarrow$ \ $\beta_f \Downarrow$	**0,24**	**0,26**	**0,28**	**0,30**	**0,32**	**0,34**	**0,36**
0,04	0,21	0,23	0,24	Dimensionar uma seção retangular com largura b_f e altura útil d (ver capítulo 3)			
0,06	0,21	0,23	0,24				
0,08	0,21	0,23	0,24				
0,10	0,21	0,23	0,24				
0,12	0,21	0,23	0,24				
0,14	0,22	0,23	0,24				
0,16	0,22	0,23	0,24				
0,18	0,22	0,23	0,24				
0,20	0,22	0,23	0,24				
0,22	0,22	0,23	0,24				
0,24	0,22	0,23	0,24				
0,26	0,22	0,23	0,24				
0,28	0,22	0,23	0,24				

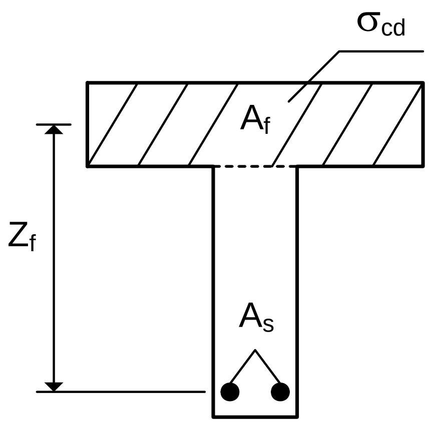
(Obs: fck<=50 MPa)

Procedimento:

- dado M_d, calcular $\mu = \dfrac{M_d}{b_f d^2 \sigma_{cd}}$
- calcular $\mu_{\lim}$ (ou ler valor na tabela 4.2.2)
- se resultar $\mu \le \mu_{\lim}$, adota-se armadura simples ($A'_s = 0$);
- se resultar $\mu > \mu_{\lim}$, adota-se armadura dupla.

4.3 - Dimensionamento com armadura simples

Momento resistido pela mesa: M_{df}



$$M_{df} = A_f Z_f \sigma_{cd}$$

$$M_{df} = \mu_f b_f d^2 \sigma_{cd}$$

onde $\mu_f = \beta_f \left(1 - 0{,}5\beta_f\right)$

- Se $\mu \le \mu_f$, a mesa sozinha é capaz de absorver o momento fletor solicitante de cálculo.
- Se $\mu > \mu_f$, torna-se necessária a colaboração de parte da nervura.

- Serão apresentadas as expressões para as taxas mecânicas de armadura ω e ω':

$$\omega = \frac{A_s}{b_f d} \frac{f_{yd}}{\sigma_{cd}} \quad ; \quad \omega' = \frac{A'_s}{b_f d} \frac{f_{yd}}{\sigma_{cd}}$$

A) Caso 1: $\mu \le \mu_f$

- Neste caso, apenas uma parte da mesa estará comprimida com o bloco retangular de tensões.
- A situação é idêntica a de uma seção retangular com largura b_f e com altura útil d.

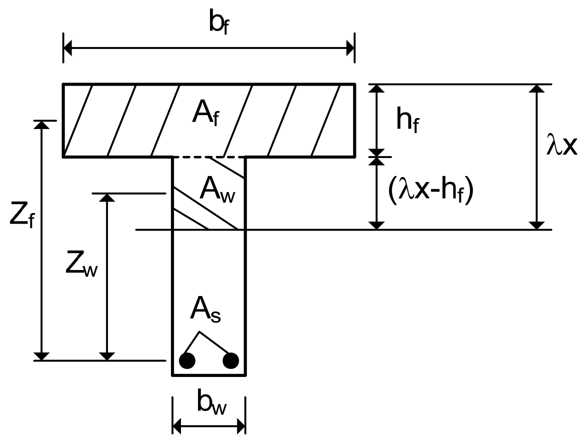
Podem-se empregar as expressões do capítulo 3, substituindo b por b_f.

$$\xi = \frac{1 - \sqrt{1 - 2\mu}}{\lambda} \; ; \; \omega = \lambda\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \; ; \; A_s = \omega b_f d \frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}}$$

Lembrar que para seção T: $\mu = \dfrac{M_d}{b_f d^2 \sigma_{cd}}$

B) Caso 2: $\mu > \mu_f$

Neste caso, uma parte da nervura também estará comprimida com a tensão σ_{cd} .



$$A_w = \beta_w \left(\lambda\xi - \beta_f\right) b_f d$$

$$Z_w = \left[1 - 0{,}5\left(\lambda\xi + \beta_f\right)\right] d$$

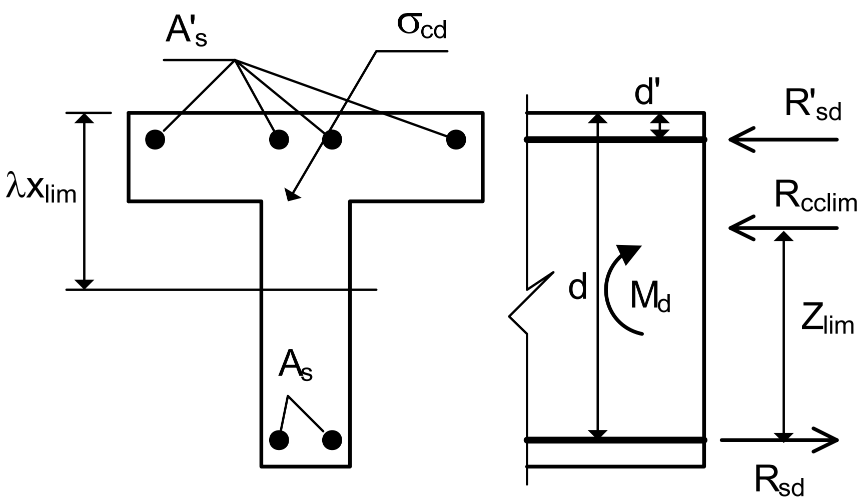
I) Equilíbrio de momentos:

$M_d = A_f Z_f \sigma_{cd} + A_w Z_w \sigma_{cd}$	OBS: $M_{df} = A_f Z_f \sigma_{cd}$
Logo, a nervura absorverá a parcela $M_d - M_{df}$.	
Substituindo as expressões de A_w e Z_w, resulta $M_d - M_{df} = \beta_w\left(\lambda\xi - \beta_f\right)\left[1 - 0{,}5\left(\lambda\xi + \beta_f\right)\right] b_f d^2 \sigma_{cd}$	
Introduzindo μ e μ_f $\Rightarrow$	$0{,}5\lambda^2\xi^2 - \lambda\xi + \mu^* = 0$ (1) onde $\mu^* = \dfrac{\mu - \mu_f}{\beta_w} + \mu_f$
Resolvendo a equação (1) $\Rightarrow$	$\boxed{\xi = \dfrac{1 - \sqrt{1 - 2\mu^*}}{\lambda}}$

II) Equilíbrio de forças:

$A_s f_{yd} = \left(A_f + A_w\right)\sigma_{cd} \quad \Rightarrow$	$\omega = \beta_f \left(1 - \beta_w\right) + \lambda \xi \beta_w$
	$\boxed{A_s = \omega b_f d \dfrac{\sigma_{cd}}{f_{yd}}}$

4.4 - Dimensionamento com armadura dupla



O procedimento é idêntico ao apresentado para as seções retangulares, bastando adotar as expressões corretas de R_{cclim} e de M_{dlim} .

$\omega' = \dfrac{(\mu - \mu_{\lim}) f_{yd}}{(1-\delta)\sigma'_{sd}}$, com $\delta = d'/d$	$A'_s = \omega' b_f d \dfrac{\sigma_{cd}}{f_{yd}}$
$\omega = r_{cc\lim} + \dfrac{\mu - \mu_{\lim}}{1-\delta}$	$A_s = \omega b_f d \dfrac{\sigma_{cd}}{f_{yd}}$

Para concretos do grupo I:

A tensão σ'_{sd} é dada na tabela 3.7.1 (capítulo 3)

Para concretos do grupo II, calcular σ'_{sd} como no capítulo 3.

4.5- Roteiro para dimensionamento de seções T

a) $\mu = \dfrac{M_d}{b_f d^2 \sigma_{cd}}$; $\beta_f = \dfrac{h_f}{d}$; $\beta_w = \dfrac{b_w}{b_f}$

b) Calcular $r_{cc\lim}$ e $\mu_{\lim}$ (ou ler os valores nas tabelas 4.2.1 e 4.2.2).

c) <u>Dimensionamento com armadura simples</u> ($\mu \le \mu_{\lim}$):

Calcular $\mu_f = \beta_f (1 - 0{,}5\beta_f)$

<u>Caso 1)</u> $\mu \le \mu_f$ $\Rightarrow$ $\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$

$$A_s = \omega b_f d \frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}}$$

<u>Caso 2)</u> $\mu > \mu_f$ $\Rightarrow$ $\mu^* = \dfrac{\mu - \mu_f}{\beta_w} + \mu_f$

$$\omega = \beta_f (1 - \beta_w) + \beta_w \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu^*}\right)$$

d) Dimensionamento com armadura dupla ($\mu > \mu_{\lim}$):

Calcular $\delta = d'/d$ e retirar a tensão σ'_{sd} da tabela 3.7.1.

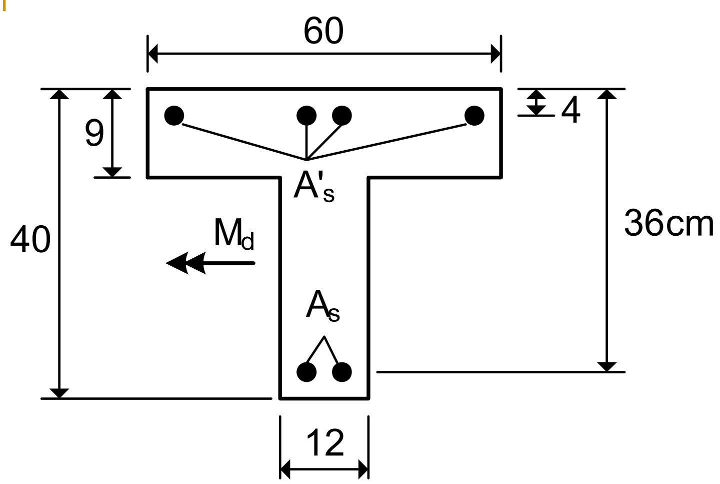
$$\omega' = \left(\frac{\mu - \mu_{\lim}}{1-\delta}\right)\frac{f_{yd}}{\sigma'_{sd}} \quad \Rightarrow \quad A'_s = \omega' b_f d \frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}}$$

$$\omega = r_{cc\lim} + \frac{\mu - \mu_{\lim}}{1-\delta} \quad \Rightarrow \quad A_s = \omega b_f d \frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}}$$

e) Armadura mínima: $A_{s,\min} = \rho_{\min} A_c$, onde A_c é a área da seção transversal, considerando-se a mesa e a nervura.

- Mesa comprimida: $\rho_{\min}$ é o mesmo das seções retangulares.
- Mesa tracionada: multiplicar $\rho_{\min}$ por 1,5.

4.6 - Exemplos de dimensionamento



Aço: CA-50

$f_{yd} = 43{,}48 \text{ kN/cm}^2$

$$\beta_f = \frac{h_f}{d} = \frac{9}{36} = 0{,}25$$

$$\beta_w = \frac{b_w}{b_f} = \frac{12}{60} = 0{,}20$$

Concreto: $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

$\alpha_c = 0{,}85$; $\lambda = 0{,}8$; $\xi_{\lim} = 0{,}45$

$$\sigma_{cd} = \alpha_c f_{cd} = 0{,}85x\frac{20}{1{,}4} = 12{,}1 \text{ MPa} \Rightarrow \sigma_{cd} = 1{,}21 \text{ kN/cm}^2$$

$\beta_f < \lambda \xi_{\lim} = 0,36 \;\Rightarrow$ dimensionamento como seção T

Entrando nas tabelas 4.2.1-a e 4.2.2-a com $\beta_f = 0,25$ e $\beta_w = 0,20$, obtêm-se $r_{cc\lim} = 0,270$ e $\mu_{\lim} = 0,235$.

A) Exemplo 1: $M_d = 150$ kNm

$$\mu = \frac{M_d}{b_f d^2 \sigma_{cd}} = \frac{15000}{60x36^2 x1,21} = 0,16$$

- Como $\mu < \mu_{\lim} \;\Rightarrow$ armadura simples.

$$\mu_f = \beta_f \left(1 - 0,5\beta_f\right) = 0,25\left(1 - 0,5x0,25\right) = 0,22$$

- Como $\mu < \mu_f$, a mesa sozinha é capaz de resistir ao momento fletor de cálculo.

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2x0,16} = 0,175$$

$$A_s = \omega b_f d \frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}} = 0,175x60x36x\frac{1,21}{43,48} \Rightarrow A_s = 10,52 \text{ cm}^2$$

$A_c = 12x31 + 60x9 = 912 \text{ cm}^2$ (área da seção transversal)

$\rho_{\min} = 0,15\%$ (tabela 3.11.1)

$A_{s,\min} = \rho_{\min} A_c = \frac{0,15}{100} x912 = 1,37 \text{ cm}^2$ (menor do que A_s).

Logo, a solução é $A_s = 10,52 \text{ cm}^2$.

B) Exemplo 2: $M_d = 250\,\text{kNm}$

$$\mu = \frac{M_d}{b_f d^2 \sigma_{cd}} = \frac{25000}{60x36^2 x1{,}21} = 0{,}27$$

- Como $\mu > \mu_{\lim} = 0{,}235$, a solução será com armadura dupla.

$$\delta = \frac{d'}{d} = \frac{4}{36} = 0{,}11 \Rightarrow \sigma'_{sd} = 43{,}48\,\text{kN/cm}^2 \text{ (da tabela 4.4.1)}$$

$$\omega' = \left(\frac{\mu - \mu_{\lim}}{1-\delta}\right)\frac{f_{yd}}{\sigma'_{sd}} = \left(\frac{0{,}27 - 0{,}235}{1-0{,}11}\right)\frac{43{,}48}{43{,}48} = 0{,}039$$

$$A'_s = \omega' b_f d \frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}} = 0{,}039x60x36x\frac{1{,}21}{43{,}48} \Rightarrow \boxed{A'_s = 2{,}34\,\text{cm}^2}$$

$$\omega = r_{cc\lim} + \frac{\mu - \mu_{\lim}}{1-\delta} = 0{,}270 + \frac{0{,}27 - 0{,}235}{1-0{,}11} = 0{,}309$$

$$A_s = \omega b_f d \frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}} = 0{,}309x60x36x\frac{1{,}21}{43{,}48} \Rightarrow A_s = 18{,}57\,\text{cm}^2$$

Como $A_s > A_{s,\min}$, adota-se $\boxed{A_s = 18{,}57\,\text{cm}^2.}$

Resolver:

C) Exemplo 3:

$M_d = 250\,\text{kNm}$ e concreto com $f_{ck} = 40\,\text{MPa}$

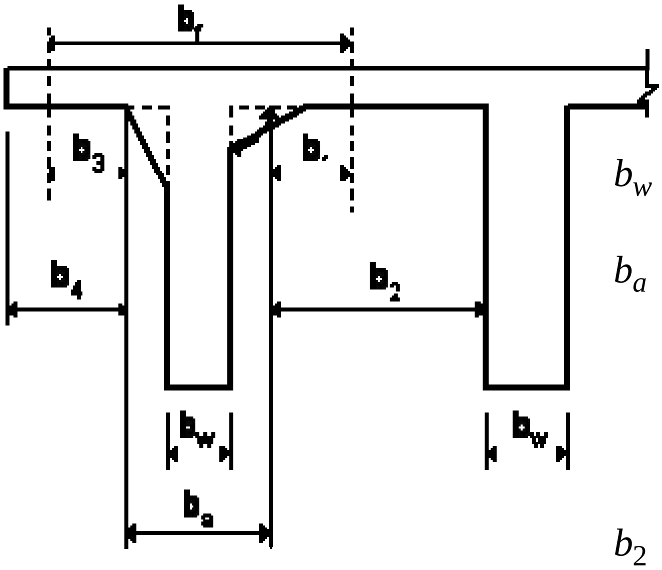
solução: $A_s = 16{,}90\,\text{cm}^2$; $A'_s = 0$

D) Exemplo 4:

$M_d = 250\,\text{kNm}$ e concreto com $f_{ck} = 70\,\text{MPa}$

solução: $A_s = 15{,}87\,\text{cm}^2$; $A'_s = 0$

4.7 – Determinação da largura efetiva da mesa



Largura efetiva da mesa
segundo a NBR-6118

b_w = largura real da nervura;

b_a = largura da nervura fictícia, obtida aumentando-se a largura real para cada lado de valor igual ao menor cateto da mísula correspondente;

b_2 = distância entre as faces de duas nervuras sucessivas.

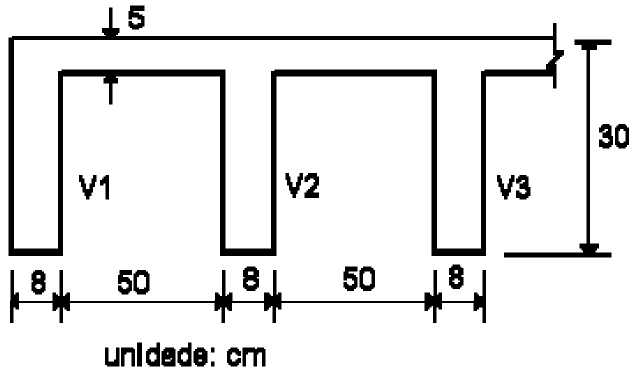
$$b_1 \le \begin{cases} 0{,}1a \\ 0{,}5b_2 \end{cases} \qquad b_3 \le \begin{cases} 0{,}1a \\ b_4 \end{cases}$$

Largura efetiva da mesa: $b_f = b_3 + b_a + b_1$

Valores de a:

- viga simplesmente apoiada: $a = l$
- tramo com momento em uma só extremidade: $a = 0{,}75l$
- tramo com momentos nas duas extremidades: $a = 0{,}60l$
- tramo em balanço: $a = 2l$

Exemplo: Determinar a largura efetiva da mesa das vigas indicadas na figura abaixo. As vigas são simplesmente apoiadas com vão l=5 m.



$a = l = 500\,\text{cm}$ (vigas simplesmente apoiadas);

$h_f = 5\,\text{cm}$ (espessura da mesa);

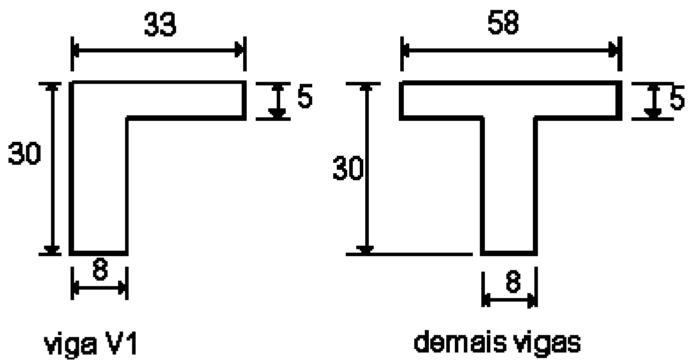
$b_2 = 50\,\text{cm}$ (distância entre nervuras);

$b_a = b_w = 8\,\text{cm}$ (largura da nervura fictícia, pois não há mísulas).

$$b_1 \le \begin{cases} 0{,}1a = 0{,}1x500 = 50cm \\ 0{,}5b_2 = 0{,}5x50 = 25cm \end{cases} \Rightarrow b_1 = 25\,\text{cm}$$

Viga V1: $b_f = b_a + b_1 = 8 + 25 = 33\,\text{cm}$

Vigas V2, V3, etc.: $b_f = b_a + 2b_1 = 8 + 2x25 = 58\,\text{cm}$



(Seções das vigas do piso)