

**ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**  
**Prof. José Milton de Araújo**

**FORMULÁRIO E TABELAS**

**OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:**

1. Este formulário deverá ser impresso pelos próprios alunos da disciplina.
2. O formulário deverá ser grampeado no canto superior esquerdo. Não será permitido o uso de formulário com folhas soltas.
3. O formulário poderá ser consultado durante as provas, desde que não contenha nenhuma alteração, acréscimo de conteúdo, anotações adicionais ou qualquer modificação do seu formato ou conteúdo originais.
4. Todos os formulários serão vistoriados durante as provas. Caso seja constatada qualquer alteração, o aluno perderá o direito de consultar o formulário. Se o aluno não possuir outro formulário sem alterações, ele deverá fazer as provas sem nenhum tipo de consulta. É proibido o uso de formulários de colegas.

## FORMULÁRIO E TABELAS (Para Concretos do Grupo I)

### Flexão simples: seções retangulares

$$\mu = \frac{M_d}{bd^2\sigma_{cd}}; \quad \sigma_{cd} = 0,85f_{ck}; \quad \lambda = 0,8$$

Concreto	$f_{ck} \leq 35$ MPa	$f_{ck} > 35$ MPa
$\xi_{lim}$	0,45	0,35
$\mu_{lim}$	0,2952	0,2408

### Armadura simples:

$$\xi = (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) / \lambda; \quad A_s = \lambda \xi b d \frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}}; \quad A'_s = 0$$

### Armadura dupla:

$$\delta = d'/d; \quad A'_s = \frac{(\mu - \mu_{lim})bd\sigma_{cd}}{(1 - \delta)\sigma'_{sd}};$$

$$A_s = \left( \lambda \xi_{lim} + \frac{\mu - \mu_{lim}}{1 - \delta} \right) \frac{bd\sigma_{cd}}{f_{yd}}$$

Tabela 3.7.1 - Tensão  $\sigma'_{sd}$  (kN/cm<sup>2</sup>) na armadura de compressão

Concreto	$f_{ck} \leq 35$ MPa	$f_{ck} > 35$ MPa
$\delta$	CA-50	CA-50
0,01	43,48	43,48
0,02	43,48	43,48
0,13	43,48	43,48
0,14	43,48	42,00
0,15	43,48	40,00
0,16	43,48	38,00
0,17	43,48	36,00
0,18	42,00	34,00
0,19	40,44	32,00
0,20	38,89	30,00

$$A_{s,min} = \rho_{min}bh$$

Tabela 3.11.1 - Taxas mínimas da armadura de flexão  $\rho_{min}$  (%)

AÇO	$f_{ck}$ (MPa)						
	20	25	30	35	40	45	50
CA-50	0,15	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
CA-60	0,15	0,15	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20

### Esforço cortante

$$\tau_{wd} = \frac{V_d}{b_w d}; \quad \tau_{wu} = 0,27\alpha_v f_{cd}$$

$$\alpha_v = 1 - \frac{f_{ck}}{250} \text{ com } f_{ck} \text{ em MPa.}$$

$$\tau_d = 1,11(\tau_{wd} - \tau_c) \geq 0; \quad \tau_c = 0,09(f_{ck})^{2/3}, \text{ MPa}$$

$$A_{sw} = 100b_w \frac{\tau_d}{f_{yd}}, \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sw,min} = \rho_{w,min} 100b_w, \text{ cm}^2/\text{m}$$

Tabela 6.4.1 - Valores de  $\rho_{w,min}$  (%) para o aço CA-50

$f_{ck}$ (MPa)	20	25	30	35	40	45	50
$\rho_{w,min}$	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16

### Ancoragem

$$l_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}}; \quad f_{bd} = k 0,42(f_{cd})^{2/3}, \text{ MPa}$$

$k = 1,00$  para barras nervuradas,  $k = 0,62$  para barras entalhadas e  $k = 0,44$  para barras lisas.

#### Ancoragem reta:

$$l_{b,nec} = l_b \frac{A_{s,cal}}{A_{se}} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,min} \geq 0,3l_b; 10\phi; 10 \text{ cm}$$

#### Ancoragem com ganchos:

$$l_{b,nec} = 0,7l_b \frac{A_{s,cal}}{A_{se}} \geq l_{b,min}$$

#### Ancoragem em apoios de extremidade:

$$A_{s,cal} \cong \frac{V_d}{f_{yd}}$$

Ancoragem reta: igual anteriormente

Ancoragem com gancho: igual anteriormente, porém

$$l_{b,min} \geq R + 5,5\phi; 6 \text{ cm}$$

#### Aço CA-50:

para  $\phi < 20$ :  $R = 2,5\phi$

para  $\phi \geq 20$ :  $R = 4\phi$

Tabela A3.1 - Área da seção de armadura por metro de largura ( $\text{cm}^2/\text{m}$ )

s (cm)	4,2	5	6,3
7,0	1,98	2,80	4,45
7,5	1,85	2,62	4,16
8,0	1,73	2,45	3,90
8,5	1,63	2,31	3,67
9,0	1,54	2,18	3,46
9,5	1,46	2,07	3,28
10	1,39	1,96	3,12
11	1,26	1,78	2,83
12	1,15	1,64	2,60
13	1,07	1,51	2,40
14	0,99	1,40	2,23
15	0,92	1,31	2,08
16	0,87	1,23	1,95
17	0,81	1,15	1,83
18	0,77	1,09	1,73
19	0,73	1,03	1,64
20	0,69	0,98	1,56
21	0,66	0,93	1,48
22	0,63	0,89	1,42
23	0,60	0,85	1,36
24	0,58	0,82	1,30
25	0,55	0,79	1,25
26	0,53	0,76	1,20
27	0,51	0,73	1,15
28	0,49	0,70	1,11
29	0,48	0,68	1,07
30	0,46	0,65	1,04

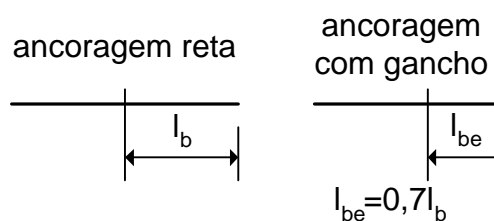
Tabela A3.3 - Área da seção de armadura  $A_{sw}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) para estribos de dois ramos

S (cm)	5	6,3
7,0	5,61	8,91
7,5	5,24	8,31
8,0	4,91	7,79
8,5	4,62	7,33
9,0	4,36	6,93
9,5	4,13	6,56
10	3,93	6,23
11	3,57	5,67
12	3,27	5,20
13	3,02	4,80
14	2,80	4,45
15	2,62	4,16
16	2,45	3,90
17	2,31	3,67
18	2,18	3,46
19	2,07	3,28
20	1,96	3,12
21	1,87	2,97
22	1,78	2,83
23	1,71	2,71
24	1,64	2,60
25	1,57	2,49
26	1,51	2,40
27	1,45	2,31
28	1,40	2,23
29	1,35	2,15
30	1,31	2,08

Tabela A3.2 - Área da seção de armadura  $A_s$  ( $\text{cm}^2$ )

$\phi$	1	2	3	4
3,4	0,09	0,18	0,27	0,36
4,2	0,14	0,28	0,42	0,55
5	0,20	0,39	0,59	0,79
6,3	0,31	0,62	0,94	1,25
8	0,50	1,01	1,51	2,01
10	0,79	1,57	2,36	3,14
12,5	1,23	2,45	3,68	4,91
16	2,01	4,02	6,03	8,04
20	3,14	6,28	9,42	12,57

Tabela A3.4 - Comprimentos básicos de ancoragem (cm)

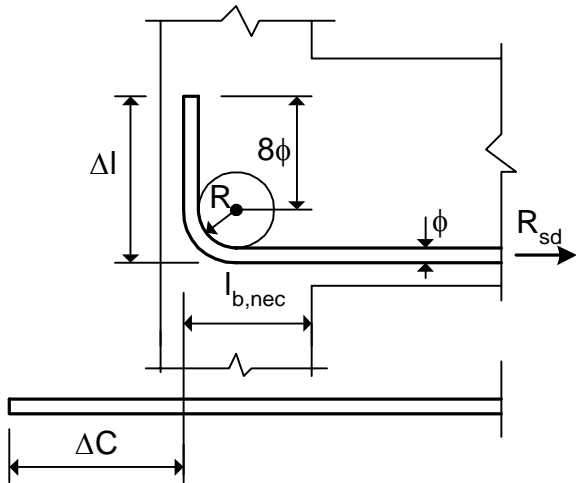
Aço CA-50 ;  $f_{cd} = f_{ck}/1,4$  ;  $f_{yd} = f_{yk}/1,15$ **MÁ ADERÊNCIA**

Bitola	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$		$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$	
	$l_b$	$l_{be}$	$l_b$	$l_{be}$
$\phi$				
6,3	40	28	34	24
8	50	35	43	30
10	63	44	54	38
12,5	79	55	68	47
16	100	70	87	61
20	126	88	108	76

**BOA ADERÊNCIA**

Bitola	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$		$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$	
	$l_b$	$l_{be}$	$l_b$	$l_{be}$
$\phi$				
6,3	28	19	24	17
8	35	25	30	21
10	44	31	38	27
12,5	55	38	47	33
16	70	49	61	43
20	88	62	76	53

Tabela A3.5 - Ancoragem em apoios de extremidade



$$l_{b,nec} \geq l_{b,min} \quad ; \quad l_{b,min} \geq \begin{cases} R + 5,5\phi \\ 6cm \end{cases}$$

$R$  = raio de dobramento

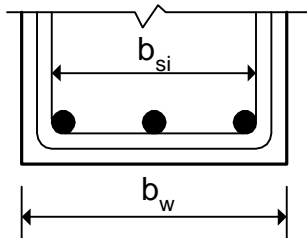
$\Delta l$  = comprimento total da ponta

$\Delta C$  = acréscimo de comprimento para 1 gancho

Dimensões em cm (Aço CA-50)

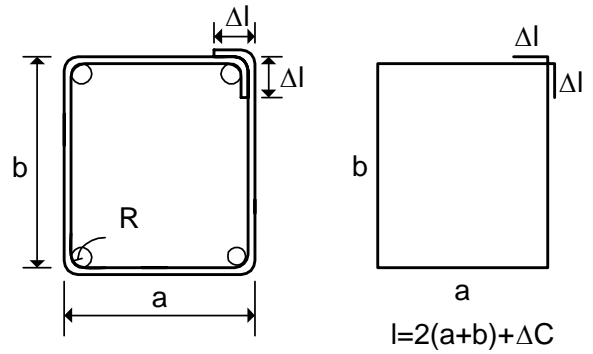
$\phi$	$l_{b,min}$	$R$	$\Delta l$	$\Delta C$	$\Delta l^*$	$\Delta C^*$
5	6	1,25	6	5	10	9
6,3	6	1,60	8	7	10	9
8	6,4	2,00	10	8	10	8
10	8	2,50	12	10	15	13
12,5	10	3,15	15	12	15	12
16	13	4,00	19	15	20	16
20	19	8,00	26	20	30	24
25	24	10,00	33	26	35	28

\* Valores práticos

Tabela A3.6- Largura mínima  $b_{si}$  (cm) para colocação da armadura

$d_{max} = 19$ mm	Diâmetro $\phi$					
	8	10	12,5	16	20	25
Número de barras						
2	3,9	4,3	4,8	5,5	6,3	7,5
3	7,0	7,6	8,3	9,4	10,6	12,5
4	10,0	10,8	11,8	13,2	14,8	17,5
5	13,1	14,1	15,4	17,1	19,1	22,5

Tabela A3.7 - Dimensões dos estribos



$\Delta l$  = comprimento total da ponta

$l$  = comprimento total da barra

$R = 1,5\phi_t$  , se  $\phi_t \leq 10$  ;

$R = 2,5\phi_t$  , se  $\phi_t > 10$  .

Valores de  $\Delta l$  e  $\Delta C$  (em cm)

$\phi_t$	5	6,3	8	10	12,5
$\Delta l$	7	8	10	13	17
$\Delta C$	10	11	13	17	20

### Cálculo prático de flechas em vigas

$$\bar{W} = \left(\frac{h}{d}\right)^3 K_t (1 - 20\rho') W_c ; \rho = \frac{A_s}{bd} ; \rho' = \frac{A'_s}{bd}$$

$$K_t = 0,09547 \rho^{-0,71186}$$

$$E_{cs} = 0,85 \times 21500 \left(\frac{f_{ck} + 8}{10}\right)^{1/3}, \text{ MPa};$$

$$I_c = bh^3/12 \text{ (para seções retangulares).}$$

$$W_c = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{E_{cs} I_c}, \text{ para viga biapoiada com carga uniforme.}$$

$$W_{adm} = l/125, \text{ para balanços;}$$

$$W_{adm} = l/250, \text{ para os demais casos.}$$

### Fissuração

$$\delta = d'/d ; \quad \xi = x/d ; \quad n = E_s/E_{cs} ;$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}; \quad \rho = \frac{A_s}{bd} ; \quad \rho' = \frac{A'_s}{bd} ; \quad R = 0,5$$

$$\xi = -n(\rho + \rho') + \sqrt{n^2(\rho + \rho')^2 + 2n(\rho + \delta\rho')}$$

$$k_2 = \frac{1}{6} \xi^2 (3 - \xi) + n\rho'(\xi - \delta)(1 - \delta);$$

$$\sigma_s = \frac{n(1 - \xi)}{k_2} \frac{M}{bd^2} + E_s R \varepsilon_{cn}$$

$$\sigma_{sr} = \left(\frac{1 + n\rho_{se}}{\rho_{se}}\right) f_{ct}$$

$$f_{ct} = 0,30(f_{ck})^{2/3} \text{ MPa}$$

- Se  $\sigma_s < \sigma_{sr}$  :

$$w_k = \frac{\sigma_s}{2\tau_{bm}} \phi \left(\frac{1}{1 + n\rho_{se}}\right) (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} + R\varepsilon_{cn})$$

- Se  $\sigma_s \geq \sigma_{sr}$  :  $w_k = \frac{\phi}{3,6\rho_{se}} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} + R\varepsilon_{cn})$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} - \beta \frac{f_{ct}}{\rho_{se} E_s} (1 + n\rho_{se}) \geq 0$$

Caso $\Rightarrow$	$\sigma_s < \sigma_{so}$		$\sigma_s \geq \sigma_{so}$	
Carregamento $\Downarrow$	$\beta$	$\tau_{bm}$	$\beta$	$\tau_{bm}$
curta duração	0,6	$1,8f_{ct}$	0,6	$1,8f_{ct}$
longa duração ou cargas repetidas	0,6	$1,35f_{ct}$	0,38	$1,8f_{ct}$

$$\rho_{se} = A_s/A_{ce} ; \quad A_{ce} = bh_o ; \quad h_o \leq \begin{cases} 2,5(h - d) \\ (h - x)/3 \end{cases}$$

**Pilares**

$$E_{cs} = 0,85 \times 21500 \left( \frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{1/3}, \text{ MPa}$$

$$I_c = bh^3/12 \text{ (para seções retangulares)}$$

$$e_2 = \frac{l_e^2}{10} \frac{0,005}{(v_o + 0,5)h}; v_o = \frac{F_d}{A_c f_{cd}} \geq 0,5$$

$$e_c = (e_i + e_a) \left[ e^{\frac{\varphi_\infty F_k}{P_e - F_k}} - 1 \right]$$

$$e_a = l_e/400; P_e = \frac{\pi^2 E_{cs} I_c}{l_e^2}$$

$$e_{1,\min} = 1,5 + 0,03h \text{ (cm)}$$

$$M_{\text{inf}} = M_{\text{eng}} \frac{r_{\text{inf}}}{r_{\text{inf}} + r_{\text{sup}} + r_{\text{vig}}}$$

$$M_{\text{sup}} = M_{\text{eng}} \frac{r_{\text{sup}}}{r_{\text{inf}} + r_{\text{sup}} + r_{\text{vig}}}$$

$$r_{\text{inf}} = 6I_{\text{inf}}/l_{\text{inf}}$$

$$r_{\text{sup}} = 6I_{\text{sup}}/l_{\text{sup}}$$

$$r_{\text{vig}} = 4I_{\text{vig}}/l_{\text{vig}}$$

$$e_{ix} \geq \begin{cases} 0,6e_{ia} + 0,4e_{ib} \\ 0,4e_{ia} \end{cases}$$

$$M_{\text{eng}} = pl^2/12 \text{ (para carga uniforme)}$$

**Disposições construtivas**

$$\rho = \frac{A_s}{A_c}$$

$$\rho_{\min} = 0,15 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} v_o \geq 0,4\%$$

$$\rho_{\max} = 8\% , \text{ inclusive nas emendas por traspasso}$$

$$10\text{mm} \leq \phi \leq b/8$$

$$e \leq \begin{cases} 40\text{cm} \\ 2b \end{cases}$$

$$\phi_t \geq \begin{cases} 5\text{mm} \\ \phi/4 \end{cases}$$

$$S \leq \begin{cases} 20\text{cm} \\ b \\ 12\phi \end{cases}$$

**Torção**

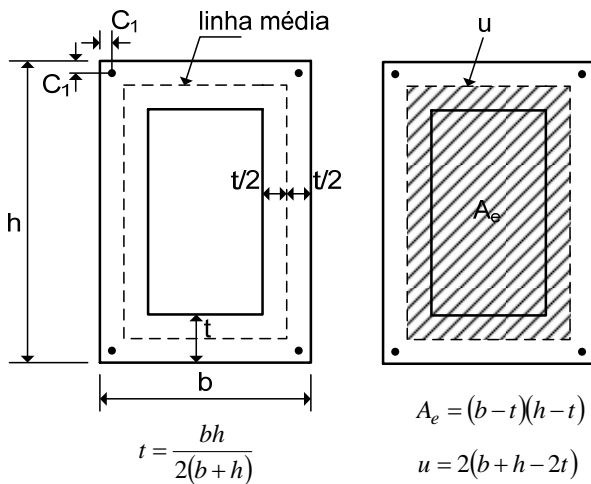
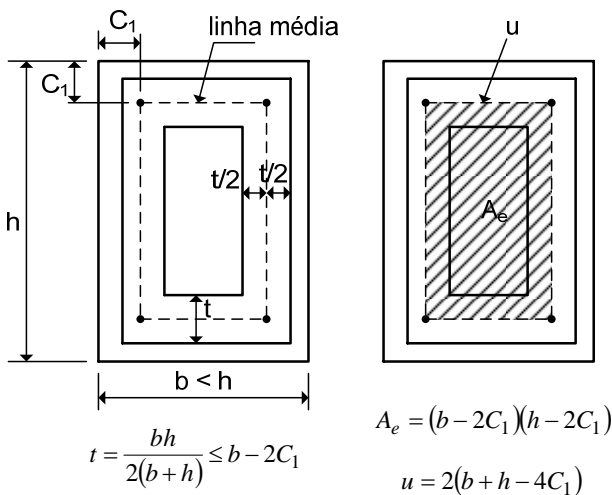
$$\tau_{td} = \frac{T_d}{2A_e t} \quad ; \quad \frac{\tau_{td}}{\tau_{tu}} + \frac{\tau_{wd}}{\tau_{wu}} \leq 1$$

$$\tau_{tu} = 0,25 \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) f_{cd}, \text{ MPa}$$

$\tau_{wd}$  e  $\tau_{wu}$  são as tensões tangenciais obtidas no dimensionamento ao esforço cortante.

$$A_{sw} = \frac{100T_d}{2A_e f_{yd}}, \text{ cm}^2/\text{m} \quad ; \quad A_{sl} = \frac{T_d u}{2A_e f_{yd}}, \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} \leq 435 \text{ MPa.}$$

**Caso 1:  $t \geq 2C_1$** **Caso 2:  $t < 2C_1$** 

Seção vazada equivalente para a seção retangular cheia

**Estribos:**

$$A_{sw,tot} = A_{sw,V} + 2A_{sw,T}$$

$$A_{sw,min} = \rho_{w,min} 100b_w, \text{ cm}^2/\text{m}$$

$b_w$  = largura média da seção da peça.

$$\rho_{w,min} = 0,2 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$

Tabela 1.4.1 - Valores de  $\rho_{w,min}$  (%) para o aço CA-50

$f_{ck}$ (MPa)	20	25	30	35
$\rho_{w,min}$	0,09	0,10	0,12	0,13

Espaçamento máximo dos estribos:

$$s_{max} = 0,6d \leq 30 \text{ cm, se } \tau_{td}/\tau_{tu} + \tau_{wd}/\tau_{wu} \leq 0,67 ;$$

$$s_{max} = 0,3d \leq 20 \text{ cm, se } \tau_{td}/\tau_{tu} + \tau_{wd}/\tau_{wu} > 0,67 ;$$

onde  $d$  é a altura útil da seção da viga.

**Armadura longitudinal:**

Área mínima:

$$A_{sl,min} = \frac{\rho_{w,min}}{2} u b_w, \text{ cm}^2$$

Em cada canto da armadura transversal, deve-se colocar barras longitudinais de bitola pelo menos igual à da armadura transversal e não inferior a 10.

Em seções retangulares com dimensões não superiores a 40cm, a armadura longitudinal para torção pode ser concentrada nos cantos. Em seções maiores, a armadura longitudinal deve ser distribuída ao longo do perímetro da seção, para limitar a abertura das fissuras. Recomenda-se que o espaçamento dessas barras não seja superior a 20cm. Em qualquer caso, as barras longitudinais devem ser distribuídas de forma a manter constante a relação  $A_{sl}/u$ .

## Flexo-tração

$$1) M_d = 1,4M_k ; N_d = 1,4N_k$$

$$2) \nu = \frac{N_d}{bd\sigma_{cd}} ; \mu = \frac{M_d}{bd^2\sigma_{cd}} ; \delta = \frac{d'}{d}$$

$$3) \text{ Se } \mu \leq 0,5(1-\delta)\nu \Rightarrow \text{domínio 1}$$

$$\text{ Se } \mu > 0,5(1-\delta)\nu \Rightarrow \text{domínio 2 ou domínio 3}$$

### 4) Solução no domínio 1

$$\omega' = \frac{0,5(1-\delta)\nu - \mu}{(1-\delta)} ; \omega = \frac{0,5(1-\delta)\nu + \mu}{(1-\delta)}$$

### 5) Solução nos domínios 2 e 3

$$\text{- momento reduzido equivalente: } \mu_{sd} = \mu - 0,5(1-\delta)\nu$$

$$\text{- momento limite: } \mu_{lim} \text{ (dado na tabela 2.4.1)}$$

Tabela 2.4.1 - Valores de  $\xi_{lim}$  e  $\mu_{lim}$   
(para análise linear sem redistribuição de esforços)

Concreto	$f_{ck} \leq 35 \text{ MPa}$	$f_{ck} > 35 \text{ MPa}$
$\xi_{lim}$	0,45	0,35
$\mu_{lim}$	0,2952	0,2408

$$\lambda = 0,8 \text{ para concretos do Grupo I}$$

$$\text{- Se } \mu_{sd} \leq \mu_{lim} \Rightarrow \text{armadura simples}$$

$$\xi = (1 - \sqrt{1 - 2\mu_{sd}}) / \lambda ; \omega = \lambda\xi + \nu ; \omega' = 0$$

$$\text{- Se } \mu_{sd} > \mu_{lim} \Rightarrow \text{armadura dupla}$$

$$\omega' = \frac{(\mu_{sd} - \mu_{lim})f_{yd}}{(1-\delta)\sigma'_{sd}} ;$$

$$\omega = \lambda\xi_{lim} + \frac{\mu_{sd} - \mu_{lim}}{1-\delta} + \nu$$

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

onde a tensão  $\sigma'_{sd}$  na armadura comprimida é dada na tabela 2.4.2.

Tabela 2.4.2 - Tensão  $\sigma'_{sd}$  (kN/cm<sup>2</sup>) na armadura de compressão

Concreto	$f_{ck} \leq 35 \text{ MPa}$	$f_{ck} > 35 \text{ MPa}$
$\delta$	CA-50	CA-50
0,01	43,48	43,48
0,02	43,48	43,48
0,13	43,48	43,48
0,14	43,48	42,00
0,15	43,48	40,00
0,16	43,48	38,00
0,17	43,48	36,00
0,18	42,00	34,00
0,19	40,44	32,00
0,20	38,89	30,00

### 6) Armaduras mínimas

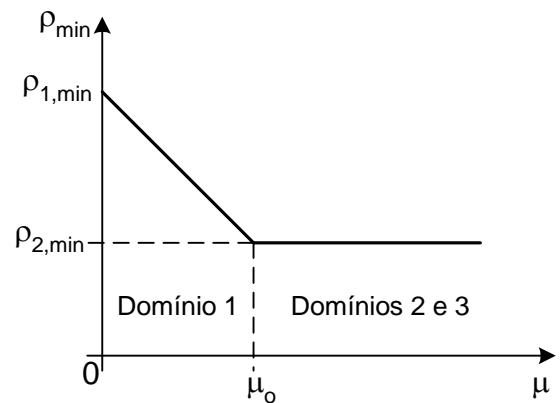
$$\text{No domínio 1: } A_s + A'_s \geq \rho_{min} A_c$$

$$\text{Nos domínios 2 e 3: } A_s \geq \rho_{2,min} A_c$$

$$\rho_{1,min} = \frac{0,39 f_{ck}^{2/3}}{f_{yd}}$$

$$\rho_{2,min} = \frac{0,078 f_{ck}^{2/3}}{f_{yd}} \geq 0,15\%$$

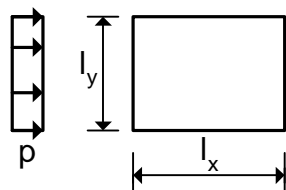
com  $f_{ck}$  e  $f_{yd}$  dados em MPa.



Interpolação para o domínio 1



Tabela A2.1 - Laje retangular simplesmente apoiada no contorno com carga uniformemente distribuída



$l_x/l_y$	$w_c$	$m_x$	$m_y$	$m_{xy}$	$r_x$	$r_y$
<b>0,50</b>	10,13	100,0	36,7	52,8	269	366
<b>0,55</b>	9,38	93,4	38,8	51,8	268	353
<b>0,60</b>	8,65	86,9	40,7	50,6	267	340
<b>0,65</b>	7,94	80,5	42,3	49,4	266	326
<b>0,70</b>	7,26	74,3	43,5	47,9	265	315
<b>0,75</b>	6,62	68,3	44,2	46,3	263	303
<b>0,80</b>	6,03	62,7	44,6	44,6	261	291
<b>0,85</b>	5,48	57,6	44,9	42,8	259	281
<b>0,90</b>	4,98	52,8	45,0	41,0	256	270
<b>0,95</b>	4,51	48,3	44,7	39,1	253	260
<b>1,00</b>	4,06	44,2	44,2	37,1	250	250

$l_y/l_x$	$w_c$	$m_x$	$m_y$	$m_{xy}$	$r_x$	$r_y$
<b>1,00</b>	4,06	44,2	44,2	37,1	250	250
<b>0,95</b>	4,51	44,7	48,3	39,1	260	253
<b>0,90</b>	4,98	45,0	52,8	41,0	270	256
<b>0,85</b>	5,48	44,9	57,6	42,8	281	259
<b>0,80</b>	6,03	44,6	62,7	44,6	291	261
<b>0,75</b>	6,62	44,2	68,3	46,3	303	263
<b>0,70</b>	7,26	43,5	74,3	47,9	315	265
<b>0,65</b>	7,94	42,3	80,5	49,4	326	266
<b>0,60</b>	8,65	40,7	86,9	50,6	340	267
<b>0,55</b>	9,38	38,8	93,4	51,8	353	268
<b>0,50</b>	10,13	36,7	100,0	52,8	366	269

Multiplicadores:

Caso 1)  $l_x/l_y < 1$  : parte superior da tabela

para as flechas:  $0,001pl_x^4/D$ , onde  $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ ;

para os momentos:  $0,001pl_x^2$ ; para as reações:  $0,001pl_x$ .

Caso 2)  $l_y/l_x < 1$  : parte inferior da tabela

para as flechas:  $0,001pl_y^4/D$ ; para os momentos:  $0,001pl_y^2$ ; para

as reações:  $0,001pl_y$

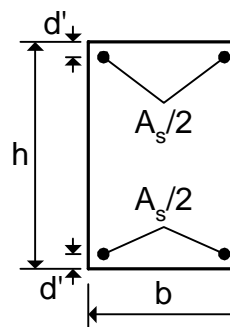
Tabela A1.4- Flexo-compressão normal - Aço CA-50

número de camadas=2 ;  $\delta=0,20$ 

$$\delta = d'/h \quad \sigma_{cd} = 0,85f_{cd}$$

$$v = \frac{N_d}{bh\sigma_{cd}} \quad \mu = \frac{M_d}{bh^2\sigma_{cd}}$$

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

Valores de  $\omega$ 

$v \downarrow$		$\mu \downarrow$								
		0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
0,00	0,00	0,00	0,27	0,60	0,94	1,27	1,61	1,95	2,28	2,62
0,10	0,00	0,17	0,50	0,84	1,18	1,52	1,85	2,19	2,53	2,87
0,20	0,00	0,07	0,41	0,75	1,09	1,43	1,76	2,10	2,44	2,78
0,30	0,00	0,00	0,33	0,67	1,01	1,35	1,68	2,02	2,35	2,69
0,40	0,00	0,00	0,28	0,62	0,97	1,31	1,66	2,00	2,35	2,69
0,50	0,00	0,00	0,30	0,66	1,01	1,36	1,71	2,05	2,40	2,75
0,60	0,00	0,00	0,35	0,72	1,08	1,42	1,77	2,11	2,45	2,80
0,70	0,00	0,00	0,40	0,79	1,15	1,50	1,85	2,19	2,53	2,88
0,80	0,00	0,07	0,47	0,86	1,23	1,58	1,93	2,27	2,61	2,96
0,90	0,00	0,17	0,55	0,94	1,31	1,66	2,01	2,36	2,70	3,04
1,00	0,00	0,27	0,63	1,01	1,39	1,75	2,10	2,44	2,79	3,13
1,10	0,11	0,37	0,72	1,10	1,47	1,83	2,18	2,53	2,88	3,23
1,20	0,22	0,47	0,81	1,18	1,55	1,92	2,27	2,62	2,97	3,33
1,30	0,33	0,58	0,91	1,27	1,64	2,00	2,36	2,71	3,06	3,43
1,40	0,43	0,69	1,00	1,36	1,73	2,09	2,45	2,80	3,15	3,53
1,50	0,54	0,79	1,10	1,45	1,82	2,18	2,53	2,89	3,24	3,63
1,60	0,65	0,90	1,20	1,55	1,91	2,27	2,62	2,98	3,33	3,73
1,70	0,76	1,01	1,30	1,64	2,00	2,36	2,72	3,07	3,42	3,83
1,80	0,87	1,12	1,40	1,74	2,09	2,45	2,81	3,16	3,51	3,93
1,90	0,98	1,22	1,51	1,84	2,19	2,54	2,90	3,25	3,60	4,03
2,00	1,09	1,33	1,61	1,93	2,28	2,64	2,99	3,34	3,69	4,13

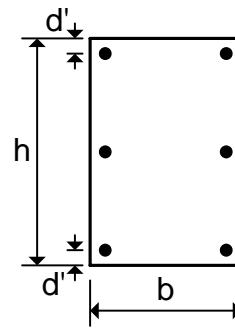
Tabela A1.6- Flexo-compressão normal - Aço CA-50

número de camadas=3 ;  $\delta=0,10$ 

$$\delta=d'/h \quad \sigma_{cd}=0,85f_{cd}$$

$$v=\frac{N_d}{bh\sigma_{cd}} \quad \mu=\frac{M_d}{bh^2\sigma_{cd}}$$

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

Valores de  $\omega$ 

		$\mu \downarrow$								
$v \downarrow$	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	
0,00	0,00	0,24	0,50	0,77	1,13	1,49	1,85	2,22	2,59	
0,10	0,00	0,14	0,41	0,75	1,11	1,47	1,84	2,21	2,58	
0,20	0,00	0,06	0,37	0,72	1,09	1,45	1,82	2,20	2,57	
0,30	0,00	0,00	0,33	0,70	1,07	1,44	1,81	2,19	2,56	
0,40	0,00	0,00	0,30	0,68	1,05	1,43	1,80	2,18	2,55	
0,50	0,00	0,00	0,30	0,67	1,04	1,41	1,79	2,17	2,54	
0,60	0,00	0,00	0,34	0,73	1,10	1,47	1,83	2,19	2,55	
0,70	0,00	0,00	0,40	0,80	1,17	1,54	1,91	2,27	2,63	
0,80	0,00	0,07	0,47	0,86	1,25	1,62	1,99	2,35	2,71	
0,90	0,00	0,16	0,54	0,94	1,32	1,69	2,06	2,43	2,79	
1,00	0,00	0,26	0,62	1,01	1,40	1,77	2,14	2,51	2,88	
1,10	0,11	0,36	0,70	1,09	1,47	1,85	2,22	2,59	2,96	
1,20	0,22	0,47	0,79	1,17	1,55	1,93	2,30	2,67	3,04	
1,30	0,33	0,57	0,88	1,25	1,64	2,01	2,39	2,76	3,12	
1,40	0,43	0,68	0,98	1,34	1,72	2,10	2,47	2,84	3,21	
1,50	0,54	0,78	1,07	1,43	1,80	2,18	2,55	2,92	3,29	
1,60	0,65	0,89	1,17	1,52	1,89	2,26	2,64	3,01	3,38	
1,70	0,76	1,00	1,27	1,61	1,98	2,35	2,72	3,09	3,46	
1,80	0,87	1,11	1,37	1,70	2,06	2,43	2,81	3,18	3,55	
1,90	0,98	1,21	1,48	1,79	2,15	2,52	2,89	3,26	3,63	
2,00	1,09	1,32	1,58	1,88	2,24	2,61	2,98	3,35	3,72	

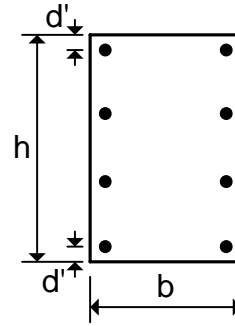
Tabela A1.10- Flexo-compressão normal - Aço CA-50

número de camadas=4 ;  $\delta=0,10$ 

$$\delta = d'/h \quad \sigma_{cd} = 0,85f_{cd}$$

$$v = \frac{N_d}{bh\sigma_{cd}} \quad \mu = \frac{M_d}{bh^2\sigma_{cd}}$$

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

Valores de  $\omega$ 

		$\mu \downarrow$								
$v \downarrow$	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	
0,00	0,00	0,24	0,54	0,89	1,26	1,66	2,09	2,52	2,95	
0,10	0,00	0,15	0,47	0,83	1,23	1,66	2,09	2,52	2,95	
0,20	0,00	0,06	0,41	0,81	1,23	1,66	2,09	2,53	2,96	
0,30	0,00	0,00	0,37	0,80	1,23	1,66	2,10	2,53	2,97	
0,40	0,00	0,00	0,35	0,79	1,22	1,66	2,10	2,54	2,97	
0,50	0,00	0,00	0,35	0,78	1,22	1,66	2,10	2,54	2,98	
0,60	0,00	0,00	0,39	0,84	1,26	1,68	2,11	2,55	2,99	
0,70	0,00	0,00	0,44	0,90	1,33	1,75	2,17	2,59	3,01	
0,80	0,00	0,07	0,51	0,96	1,40	1,82	2,25	2,67	3,09	
0,90	0,00	0,16	0,58	1,03	1,47	1,90	2,32	2,74	3,16	
1,00	0,00	0,26	0,65	1,10	1,54	1,97	2,40	2,82	3,24	
1,10	0,11	0,37	0,74	1,17	1,61	2,04	2,47	2,90	3,32	
1,20	0,22	0,47	0,82	1,25	1,69	2,12	2,55	2,97	3,39	
1,30	0,33	0,57	0,91	1,33	1,76	2,20	2,63	3,05	3,47	
1,40	0,43	0,68	1,00	1,41	1,84	2,27	2,70	3,13	3,55	
1,50	0,54	0,78	1,09	1,49	1,92	2,35	2,78	3,21	3,63	
1,60	0,65	0,89	1,18	1,58	2,00	2,43	2,86	3,29	3,71	
1,70	0,76	1,00	1,28	1,66	2,08	2,51	2,94	3,37	3,79	
1,80	0,87	1,10	1,38	1,75	2,17	2,59	3,02	3,45	3,87	
1,90	0,98	1,21	1,49	1,84	2,25	2,67	3,10	3,53	3,95	
2,00	1,09	1,32	1,59	1,93	2,33	2,76	3,18	3,61	4,03	