

## **APÊNDICE 2**

### **TABELAS PARA O CÁLCULO DE LAJES**

## 1. Lajes retangulares apoiadas no contorno

As tabelas A2.1 a A2.6 correspondem a lajes retangulares apoiadas ao longo de todo o contorno (sem bordo livre) e submetidas a uma carga  $p$  uniformemente distribuída. As tabelas fornecem coeficientes que permitem calcular a flecha no centro da laje, os momentos fletores positivos nos vãos, os momentos negativos nos bordos engastados, o momento torçor nos cantos simplesmente apoiados e as reações de apoio. O parâmetro de entrada é a relação entre os lados da laje ( $l_x/l_y$  ou  $l_y/l_x$ ).

Na fig. A2.1, indicam-se as grandezas correspondentes ao caso da tabela A2.4.

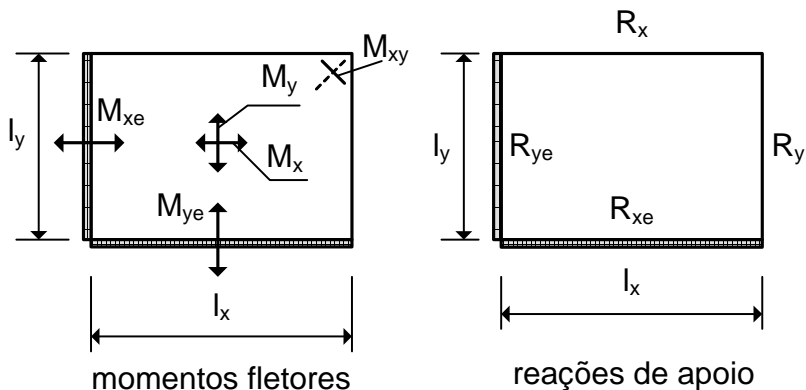


Fig. A2.1 - Momentos e reações de apoio

Nessas tabelas, adota-se a seguinte convenção:

$W_c$  = flecha no centro da laje;

$M_x, M_y$  = momentos positivos no centro da laje nas direções dos vãos  $l_x$  e  $l_y$ , respectivamente;

$M_{xe}, M_{ye}$  = momentos negativos nos engastes nas direções dos vãos  $l_x$  e  $l_y$ , respectivamente;

$M_{xy}$  = momento torçor nos cantos simplesmente apoiados;

$R_x$  = reação de apoio por unidade de comprimento no lado  $l_x$ , quando este lado for um apoio simples;

$R_{xe}$  = reação de apoio por unidade de comprimento no lado  $l_x$ , quando este lado for um engaste;

$R_y$  = reação de apoio por unidade de comprimento no lado  $l_y$ , quando este lado for um apoio simples;

$R_{ye}$  = reação de apoio por unidade de comprimento no lado  $l_y$ , quando este lado for um engaste.

Quando não há necessidade de fazer distinção entre  $R_x$  e  $R_{xe}$ , as duas reações são denotadas por  $R_x$ . O mesmo é válido para  $R_y$  e  $R_{ye}$ .

Para o emprego das tabelas A2.1 a A2.6, devem-se observar os seguintes casos:

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

Neste caso, os multiplicadores para os dados numéricos são os seguintes:

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:  $0,001pl_x$ .

Exemplo:

$$W_c = 0,001w_c \frac{pl_x^4}{D}$$

$$M_x = 0,001m_x pl_x^2; M_y = 0,001m_y pl_x^2; \text{ etc.}$$

$$R_x = 0,001r_x pl_x; R_y = 0,001r_y pl_x; \text{ etc.}$$

onde os coeficientes  $w_c, m_x, r_x, \dots$ , são lidos nas tabelas.

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

Neste caso, os multiplicadores para os dados numéricos são os seguintes:

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

para os momentos:  $0,001pl_y^2$  ;

para as reações:  $0,001pl_y$  .

Exemplo:

$$W_c = 0,001w_c \frac{pl_y^4}{D}$$

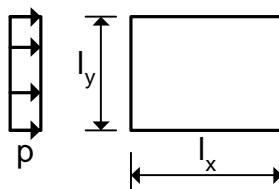
$$M_x = 0,001m_x pl_y^2 ; M_y = 0,001m_y pl_y^2 ; \text{ etc.}$$

$$R_x = 0,001r_x pl_y ; R_y = 0,001r_y pl_y ; \text{ etc.}$$

onde os coeficientes  $w_c, m_x, r_x, \dots$ , são lidos nas tabelas.

**Coefficientes  $\beta_x$  e  $\beta_y$  :** coeficientes que definem o comprimento do segmento de carga uniforme equivalente, para garantir o equilíbrio dos momentos totais, conforme a fig. 2.6.3 do capítulo 2. Esses coeficientes são fornecidos apenas para o caso da tabela A2.1. Eles podem ser usados como uma aproximação para os casos das tabelas A2.2 até A2.6.

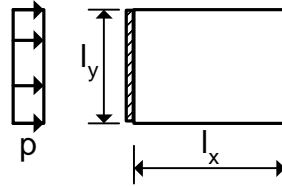
Tabela A2.1 - Laje retangular simplesmente apoiada no contorno com carga uniformemente distribuída



$l_x/l_y$	$w_c$	$m_x$	$m_y$	$m_{xy}$	$r_x$	$r_y$	$\beta_x$	$\beta_y$
<b>0,50</b>	10,13	100,0	36,7	52,8	269	366	1,00	0,73
<b>0,55</b>	9,38	93,4	38,8	51,8	268	353	1,00	0,72
<b>0,60</b>	8,65	86,9	40,7	50,6	267	340	1,00	0,70
<b>0,65</b>	7,94	80,5	42,3	49,4	266	326	0,97	0,69
<b>0,70</b>	7,26	74,3	43,5	47,9	265	315	0,91	0,68
<b>0,75</b>	6,62	68,3	44,2	46,3	263	303	0,85	0,68
<b>0,80</b>	6,03	62,7	44,6	44,6	261	291	0,81	0,67
<b>0,85</b>	5,48	57,6	44,9	42,8	259	281	0,78	0,68
<b>0,90</b>	4,98	52,8	45,0	41,0	256	270	0,75	0,69
<b>0,95</b>	4,51	48,3	44,7	39,1	253	260	0,72	0,70
<b>1,00</b>	4,06	44,2	44,2	37,1	250	250	0,71	0,71

$l_y/l_x$	$w_c$	$m_x$	$m_y$	$m_{xy}$	$r_x$	$r_y$	$\beta_x$	$\beta_y$
<b>1,00</b>	4,06	44,2	44,2	37,1	250	250	0,71	0,71
<b>0,95</b>	4,51	44,7	48,3	39,1	260	253	0,70	0,72
<b>0,90</b>	4,98	45,0	52,8	41,0	270	256	0,69	0,75
<b>0,85</b>	5,48	44,9	57,6	42,8	281	259	0,68	0,78
<b>0,80</b>	6,03	44,6	62,7	44,6	291	261	0,67	0,81
<b>0,75</b>	6,62	44,2	68,3	46,3	303	263	0,68	0,85
<b>0,70</b>	7,26	43,5	74,3	47,9	315	265	0,68	0,91
<b>0,65</b>	7,94	42,3	80,5	49,4	326	266	0,69	0,97
<b>0,60</b>	8,65	40,7	86,9	50,6	340	267	0,70	1,00
<b>0,55</b>	9,38	38,8	93,4	51,8	353	268	0,72	1,00
<b>0,50</b>	10,13	36,7	100,0	52,8	366	269	0,73	1,00

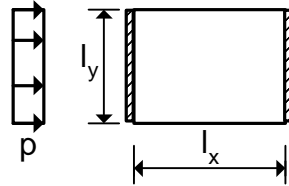
Tabela A2.2 - Laje retangular simplesmente apoiada em três lados e engastada no quarto, com carga uniformemente distribuída



$l_x/l_y$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_x$	$m_y$	$m_{xy}$	$r_x$	$r_{ye}$	$r_y$
<b>0,50</b>	4,85	-121,4	59,6	17,7	35,6	169	525	307
<b>0,55</b>	4,67	-118,8	57,9	19,5	35,4	168	521	300
<b>0,60</b>	4,48	-115,9	55,9	21,3	35,2	167	507	292
<b>0,65</b>	4,28	-112,6	53,7	22,9	35,0	167	500	284
<b>0,70</b>	4,07	-108,9	51,5	24,6	34,6	166	491	276
<b>0,75</b>	3,86	-105,0	49,1	25,9	34,2	166	482	270
<b>0,80</b>	3,65	-100,8	46,5	27,3	33,8	165	473	263
<b>0,85</b>	3,44	-96,5	44,1	28,5	33,1	165	463	257
<b>0,90</b>	3,22	-92,2	41,6	29,5	32,4	165	454	250
<b>0,95</b>	3,00	-88,0	39,2	30,3	31,6	165	444	242
<b>1,00</b>	2,78	-83,9	36,7	30,7	30,6	166	433	235

$l_y/l_x$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_x$	$m_y$	$m_{xy}$	$r_x$	$r_{ye}$	$r_y$
<b>1,00</b>	2,78	-83,9	36,7	30,7	30,6	166	433	235
<b>0,95</b>	3,18	-88,1	38,3	34,7	32,7	177	440	240
<b>0,90</b>	3,62	-92,4	39,5	38,9	34,8	188	449	245
<b>0,85</b>	4,11	-96,7	40,2	43,5	37,0	199	460	249
<b>0,80</b>	4,65	-101,1	40,9	48,8	39,3	210	471	253
<b>0,75</b>	5,26	-105,5	41,6	54,9	41,8	223	482	257
<b>0,70</b>	5,94	-109,6	42,0	61,5	44,3	237	492	260
<b>0,65</b>	6,68	-113,3	41,7	68,5	46,6	252	501	262
<b>0,60</b>	7,50	-116,5	41,0	76,1	48,5	268	508	264
<b>0,55</b>	8,37	-119,2	39,8	84,0	50,2	285	514	266
<b>0,50</b>	9,27	-121,5	38,0	92,1	51,8	303	520	268

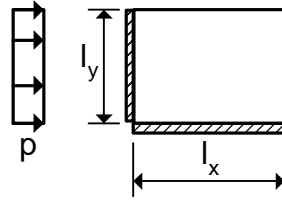
Tabela A2.3 - Laje retangular apoiada em dois lados opostos e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída



$l_x/l_y$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_x$	$m_y$	$r_x$	$r_y$
<b>0,50</b>	2,62	-84,5	41,7	10,0	98	451
<b>0,55</b>	2,57	-84,3	41,4	11,1	97	447
<b>0,60</b>	2,52	-83,7	40,9	12,3	96	442
<b>0,65</b>	2,46	-82,8	40,3	13,6	97	437
<b>0,70</b>	2,40	-81,6	39,5	14,9	97	432
<b>0,75</b>	2,34	-80,1	38,4	16,1	98	427
<b>0,80</b>	2,27	-78,4	37,1	17,3	98	422
<b>0,85</b>	2,20	-76,5	35,9	18,6	99	417
<b>0,90</b>	2,12	-74,4	34,6	19,8	99	411
<b>0,95</b>	2,03	-72,2	33,1	20,7	100	406
<b>1,00</b>	1,92	-69,8	31,7	21,5	102	398

$l_y/l_x$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_x$	$m_y$	$r_x$	$r_y$
<b>1,00</b>	1,92	-69,8	31,7	21,5	102	398
<b>0,95</b>	2,25	-74,5	33,5	24,8	109	412
<b>0,90</b>	2,62	-79,6	35,2	28,6	117	426
<b>0,85</b>	3,05	-84,9	36,7	33,0	126	441
<b>0,80</b>	3,55	-90,2	38,1	38,0	136	455
<b>0,75</b>	4,13	-95,7	39,5	43,8	149	469
<b>0,70</b>	4,80	-101,1	40,7	50,6	162	482
<b>0,65</b>	5,58	-106,3	41,4	58,1	178	495
<b>0,60</b>	6,45	-111,1	41,3	66,2	196	507
<b>0,55</b>	7,41	-115,4	40,5	75,0	215	518
<b>0,50</b>	8,45	-119,1	39,4	84,6	236	528

Tabela A2.4 - Laje retangular apoiada em dois lados contíguos e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída

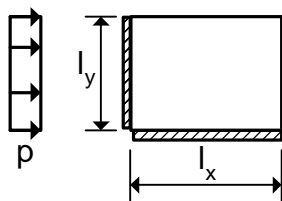


$\frac{l_x}{l_y}$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_{ye}$	$m_x$	$m_y$	$m_{xy}$	$r_{xe}$	$r_x$	$r_{ye}$	$r_y$
<b>0,50</b>	4,68	-117,7	-78,2	57,6	19,1	35,4	350	157	484	263
<b>0,55</b>	4,44	-113,6	-77,9	55,0	21,1	35,2	350	158	467	252
<b>0,60</b>	4,18	-109,3	-77,6	52,2	22,9	34,9	350	158	454	242
<b>0,65</b>	3,90	-104,7	-77,3	49,3	24,5	34,4	350	159	436	231
<b>0,70</b>	3,60	-99,6	-76,8	46,0	25,6	33,7	350	159	423	220
<b>0,75</b>	3,33	-94,0	-75,9	42,8	26,6	32,9	349	160	409	209
<b>0,80</b>	3,08	-88,2	-74,6	39,6	27,4	31,9	348	161	394	198
<b>0,85</b>	2,83	-82,5	-73,1	36,5	28,0	30,8	346	162	380	189
<b>0,90</b>	2,58	-77,3	-71,4	33,6	28,4	29,6	344	163	365	180
<b>0,95</b>	2,34	-72,4	-69,6	30,8	28,4	28,2	341	163	352	171
<b>1,00</b>	2,10	-67,7	-67,7	28,1	28,1	26,6	338	162	338	162

$\frac{l_y}{l_x}$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_{ye}$	$m_x$	$m_y$	$m_{xy}$	$r_{xe}$	$r_x$	$r_{ye}$	$r_y$
<b>1,00</b>	2,10	-67,7	-67,7	28,1	28,1	26,6	338	162	338	162
<b>0,95</b>	2,34	-69,6	-72,4	28,4	30,8	28,2	352	171	341	163
<b>0,90</b>	2,58	-71,4	-77,3	28,4	33,6	29,6	365	180	344	163
<b>0,85</b>	2,83	-73,1	-82,5	28,0	36,5	30,8	380	189	346	162
<b>0,80</b>	3,08	-74,6	-88,2	27,4	39,6	31,9	394	198	348	161
<b>0,75</b>	3,33	-75,9	-94,0	26,6	42,8	32,9	409	209	349	160
<b>0,70</b>	3,60	-76,8	-99,6	25,6	46,0	33,7	423	220	350	159
<b>0,65</b>	3,90	-77,3	-104,7	24,5	49,3	34,4	436	231	350	159
<b>0,60</b>	4,18	-77,6	-109,3	22,9	52,2	34,9	454	242	350	158
<b>0,55</b>	4,44	-77,9	-113,6	21,1	55,0	35,2	467	252	350	158
<b>0,50</b>	4,68	-78,2	-117,7	19,1	57,6	35,4	484	263	350	157



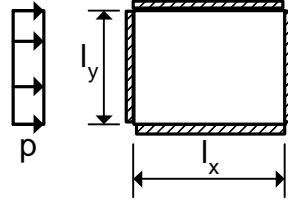
Tabela A2.5 - Laje retangular apoiada em um lado e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída



$l_x/l_y$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_{ye}$	$m_x$	$m_y$	$r_{xe}$	$r_x$	$r_y$
<b>0,50</b>	2,54	-83,6	-56,3	41,5	11,0	254	100	412
<b>0,55</b>	2,49	-82,6	-56,4	40,6	12,1	254	100	405
<b>0,60</b>	2,42	-81,3	-56,6	39,7	13,6	255	100	394
<b>0,65</b>	2,33	-79,6	-56,9	38,5	14,9	257	100	384
<b>0,70</b>	2,24	-77,4	-57,2	37,0	16,1	259	100	375
<b>0,75</b>	2,15	-74,8	-57,1	35,4	17,4	260	100	365
<b>0,80</b>	2,05	-72,0	-56,8	33,8	18,6	261	101	356
<b>0,85</b>	1,94	-69,1	-56,4	32,0	19,6	262	101	347
<b>0,90</b>	1,83	-66,0	-56,0	30,0	20,5	263	102	337
<b>0,95</b>	1,70	-62,8	-55,6	28,1	21,1	264	103	326
<b>1,00</b>	1,57	-59,6	-55,1	26,1	21,3	265	105	315

$l_y/l_x$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_{ye}$	$m_x$	$m_y$	$r_{xe}$	$r_x$	$r_y$
<b>1,00</b>	1,57	-59,6	-55,1	26,1	21,3	265	105	315
<b>0,95</b>	1,80	-62,6	-59,9	26,9	23,9	278	114	320
<b>0,90</b>	2,04	-65,5	-65,2	27,5	26,8	293	122	325
<b>0,85</b>	2,30	-68,2	-71,0	28,0	30,0	308	131	330
<b>0,80</b>	2,57	-70,6	-77,3	28,2	33,4	324	140	334
<b>0,75</b>	2,86	-72,7	-83,9	27,9	37,0	342	152	337
<b>0,70</b>	3,17	-74,3	-90,7	27,2	40,8	361	164	340
<b>0,65</b>	3,50	-75,5	-97,8	25,9	44,6	380	178	342
<b>0,60</b>	3,84	-76,5	-104,6	24,3	48,3	397	192	343
<b>0,55</b>	4,17	-77,4	-110,1	22,5	51,7	414	206	344
<b>0,50</b>	4,50	-78,2	-114,0	20,5	55,5	434	221	345

Tabela A2.6 - Laje retangular engastada em todo o contorno, com carga uniformemente distribuída



$l_x/l_y$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_{ye}$	$m_x$	$m_y$	$r_x$	$r_y$
<b>0,50</b>	2,51	-82,6	-56,0	40,9	11,8	241	380
<b>0,55</b>	2,45	-80,6	-56,1	39,6	13,2	242	367
<b>0,60</b>	2,35	-78,4	-56,2	38,2	14,9	244	353
<b>0,65</b>	2,22	-75,9	-56,5	36,5	16,5	247	339
<b>0,70</b>	2,09	-73,1	-56,8	34,5	17,8	249	326
<b>0,75</b>	1,97	-69,8	-56,4	32,3	18,8	250	313
<b>0,80</b>	1,84	-66,1	-55,8	30,0	19,7	251	299
<b>0,85</b>	1,70	-62,0	-55,0	27,7	20,5	251	286
<b>0,90</b>	1,56	-58,0	-54,0	25,5	21,1	251	275
<b>0,95</b>	1,42	-54,3	-52,7	23,3	21,3	251	262
<b>1,00</b>	1,27	-51,1	-51,1	21,1	21,1	250	250

$l_y/l_x$	$w_c$	$m_{xe}$	$m_{ye}$	$m_x$	$m_y$	$r_x$	$r_y$
<b>1,00</b>	1,27	-51,1	-51,1	21,1	21,1	250	250
<b>0,95</b>	1,42	-52,7	-54,3	21,3	23,3	262	251
<b>0,90</b>	1,56	-54,0	-58,0	21,1	25,5	275	251
<b>0,85</b>	1,70	-55,0	-62,0	20,5	27,7	286	251
<b>0,80</b>	1,84	-55,8	-66,1	19,7	30,0	299	251
<b>0,75</b>	1,97	-56,4	-69,8	18,8	32,3	313	250
<b>0,70</b>	2,09	-56,8	-73,1	17,8	34,5	326	249
<b>0,65</b>	2,22	-56,5	-75,9	16,5	36,5	339	247
<b>0,60</b>	2,35	-56,2	-78,4	14,9	38,2	353	244
<b>0,55</b>	2,45	-56,1	-80,6	13,2	39,6	367	242
<b>0,50</b>	2,51	-56,0	-82,6	11,8	40,9	380	241

## **APÊNDICE 3**

### **TABELAS PARA DETALHAMENTO DAS ARMADURAS**

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

espaçamento s (cm)	Bitola $\phi$					
	<b>4,2</b>	<b>5</b>	<b>6,3</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12,5</b>
<b>7,0</b>	1,98	2,80	4,45	7,18	11,22	17,53
<b>7,5</b>	1,85	2,62	4,16	6,70	10,47	16,36
<b>8,0</b>	1,73	2,45	3,90	6,28	9,82	15,34
<b>8,5</b>	1,63	2,31	3,67	5,91	9,24	14,44
<b>9,0</b>	1,54	2,18	3,46	5,59	8,73	13,64
<b>9,5</b>	1,46	2,07	3,28	5,29	8,27	12,92
<b>10</b>	1,39	1,96	3,12	5,03	7,85	12,27
<b>11</b>	1,26	1,78	2,83	4,57	7,14	11,16
<b>12</b>	1,15	1,64	2,60	4,19	6,54	10,23
<b>13</b>	1,07	1,51	2,40	3,87	6,04	9,44
<b>14</b>	0,99	1,40	2,23	3,59	5,61	8,77
<b>15</b>	0,92	1,31	2,08	3,35	5,24	8,18
<b>16</b>	0,87	1,23	1,95	3,14	4,91	7,67
<b>17</b>	0,81	1,15	1,83	2,96	4,62	7,22
<b>18</b>	0,77	1,09	1,73	2,79	4,36	6,82
<b>19</b>	0,73	1,03	1,64	2,65	4,13	6,46
<b>20</b>	0,69	0,98	1,56	2,51	3,93	6,14
<b>21</b>	0,66	0,93	1,48	2,39	3,74	5,84
<b>22</b>	0,63	0,89	1,42	2,28	3,57	5,58
<b>23</b>	0,60	0,85	1,36	2,19	3,41	5,34
<b>24</b>	0,58	0,82	1,30	2,09	3,27	5,11
<b>25</b>	0,55	0,79	1,25	2,01	3,14	4,91
<b>26</b>	0,53	0,76	1,20	1,93	3,02	4,72
<b>27</b>	0,51	0,73	1,15	1,86	2,91	4,55
<b>28</b>	0,49	0,70	1,11	1,80	2,80	4,38
<b>29</b>	0,48	0,68	1,07	1,73	2,71	4,23
<b>30</b>	0,46	0,65	1,04	1,68	2,62	4,09

Tabela A3.2 - Área da seção de armadura  $A_s$  (cm<sup>2</sup>)

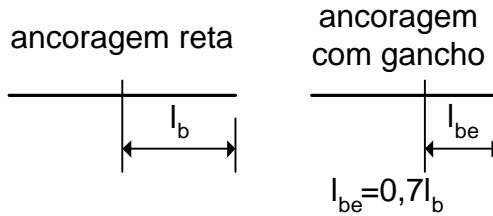
Bitola $\phi$	Número de barras ou fios						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>3,4</b>	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,64
<b>4,2</b>	0,14	0,28	0,42	0,55	0,69	0,83	0,97
<b>5</b>	0,20	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37
<b>6,3</b>	0,31	0,62	0,94	1,25	1,56	1,87	2,18
<b>8</b>	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52
<b>10</b>	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50
<b>12,5</b>	1,23	2,45	3,68	4,91	6,14	7,36	8,59
<b>16</b>	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07
<b>20</b>	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99
<b>22</b>	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61
<b>25</b>	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36
<b>32</b>	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30

Bitola $\phi$	Número de barras ou fios						
	8	9	10	11	12	13	14
<b>3,4</b>	0,73	0,82	0,91	1,00	1,09	1,18	1,27
<b>4,2</b>	1,11	1,25	1,39	1,52	1,66	1,80	1,94
<b>5</b>	1,57	1,77	1,96	2,16	2,36	2,55	2,75
<b>6,3</b>	2,49	2,81	3,12	3,43	3,74	4,05	4,36
<b>8</b>	4,02	4,52	5,03	5,53	6,03	6,53	7,04
<b>10</b>	6,28	7,07	7,85	8,64	9,42	10,21	11,00
<b>12,5</b>	9,82	11,04	12,27	13,50	14,73	15,95	17,18
<b>16</b>	16,08	18,10	20,11	22,12	24,13	26,14	28,15
<b>20</b>	25,13	28,27	31,42	34,56	37,70	40,84	43,98
<b>22</b>	30,41	34,21	38,01	41,81	45,62	49,42	53,22
<b>25</b>	39,27	44,18	49,09	54,00	58,90	63,81	68,72
<b>32</b>	64,34	72,38	80,42	88,47	96,51	104,6	112,6

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

Espaçamento (cm)	Bitola $\phi$					
	5	6,3	8	10	12,5	16
7,0	5,61	8,91	14,36	22,44	35,06	57,45
7,5	5,24	8,31	13,40	20,94	32,72	53,62
8,0	4,91	7,79	12,57	19,63	30,68	50,27
8,5	4,62	7,33	11,83	18,48	28,87	47,31
9,0	4,36	6,93	11,17	17,45	27,27	44,68
9,5	4,13	6,56	10,58	16,53	25,84	42,33
10	3,93	6,23	10,05	15,71	24,54	40,21
11	3,57	5,67	9,14	14,28	22,31	36,56
12	3,27	5,20	8,38	13,09	20,45	33,51
13	3,02	4,80	7,73	12,08	18,88	30,93
14	2,80	4,45	7,18	11,22	17,53	28,72
15	2,62	4,16	6,70	10,47	16,36	26,81
16	2,45	3,90	6,28	9,82	15,34	25,13
17	2,31	3,67	5,91	9,24	14,44	23,65
18	2,18	3,46	5,59	8,73	13,64	22,34
19	2,07	3,28	5,29	8,27	12,92	21,16
20	1,96	3,12	5,03	7,85	12,27	20,11
21	1,87	2,97	4,79	7,48	11,69	19,15
22	1,78	2,83	4,57	7,14	11,16	18,28
23	1,71	2,71	4,37	6,83	10,67	17,48
24	1,64	2,60	4,19	6,54	10,23	16,76
25	1,57	2,49	4,02	6,28	9,82	16,08
26	1,51	2,40	3,87	6,04	9,44	15,47
27	1,45	2,31	3,72	5,82	9,09	14,89
28	1,40	2,23	3,59	5,61	8,77	14,36
29	1,35	2,15	3,47	5,42	8,46	13,87
30	1,31	2,08	3,35	5,24	8,18	13,40

Tabela A3.4 - Comprimentos básicos de ancoragem (cm)  
 Aço CA-50 ;  $f_{cd} = f_{ck}/1,4$  ;  $f_{yd} = f_{yk}/1,15$



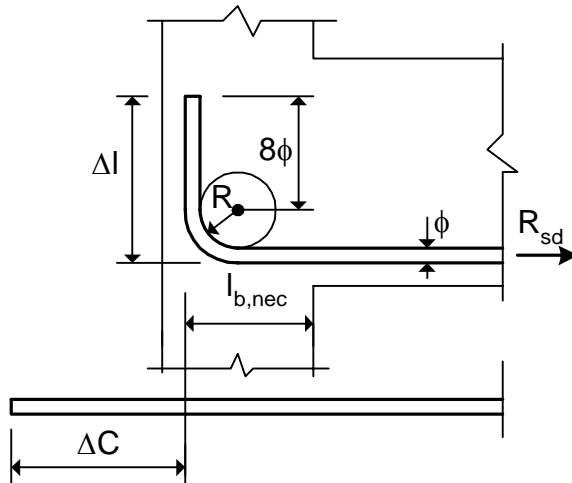
### BOA ADERÊNCIA

Bitola	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$		$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$		$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$	
	$l_b$	$l_{be}$	$l_b$	$l_{be}$	$l_b$	$l_{be}$
<b>6,3</b>	28	19	24	17	21	15
<b>8</b>	35	25	30	21	27	19
<b>10</b>	44	31	38	27	34	23
<b>12,5</b>	55	38	47	33	42	29
<b>16</b>	70	49	61	43	54	38
<b>20</b>	88	62	76	53	67	47
<b>25</b>	110	77	95	66	84	59

### MÁ ADERÊNCIA

Bitola	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$		$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$		$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$	
	$l_b$	$l_{be}$	$l_b$	$l_{be}$	$l_b$	$l_{be}$
<b>6,3</b>	40	28	34	24	30	21
<b>8</b>	50	35	43	30	38	27
<b>10</b>	63	44	54	38	48	34
<b>12,5</b>	79	55	68	47	60	42
<b>16</b>	100	70	87	61	77	54
<b>20</b>	126	88	108	76	96	67
<b>25</b>	157	110	135	95	120	84

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

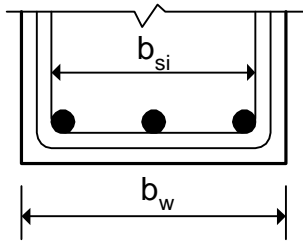
$\Delta C$  = acréscimo de comprimento para 1 gancho

Dimensões em cm (Aço CA-50)

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

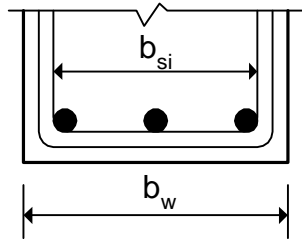
\* Valores práticos



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

$d_{\max} = 12,5$ mm	Diâmetro $\phi$					
Número de barras	8	10	12,5	16	20	25
2	3,6	4,0	4,5	5,2	6,0	7,5
3	6,4	7,0	7,8	8,8	10,0	12,5
4	9,2	10,0	11,0	12,4	14,0	17,5
5	12,0	13,0	14,3	16,0	18,0	22,5
6	14,8	16,0	17,5	19,6	22,0	27,5
7	17,6	19,0	20,8	23,2	26,0	32,5
8	20,4	22,0	24,0	26,8	30,0	37,5
9	23,2	25,0	27,3	30,4	34,0	42,5
10	26,0	28,0	30,5	34,0	38,0	47,5

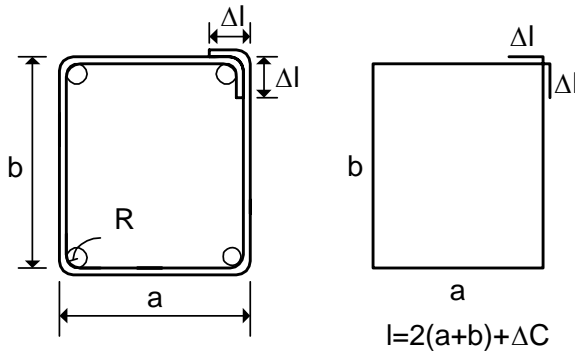
$d_{\max} = 19$ mm	Diâmetro $\phi$					
Número de barras	8	10	12,5	16	20	25
2	3,9	4,3	4,8	5,5	6,3	7,5
3	7,0	7,6	8,3	9,4	10,6	12,5
4	10,0	10,8	11,8	13,2	14,8	17,5
5	13,1	14,1	15,4	17,1	19,1	22,5
6	16,2	17,4	18,9	21,0	23,4	27,5
7	19,3	20,7	22,4	24,9	27,7	32,5
8	22,4	24,0	26,0	28,8	32,0	37,5
9	25,4	27,2	29,5	32,6	36,2	42,5
10	28,5	30,5	33,0	36,5	40,5	47,5

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

$d_{\max} = 25$ mm	Diâmetro $\phi$					
Número de barras	8	10	12,5	16	20	25
2	4,6	5,0	5,5	6,2	7,0	8,0
3	8,4	9,0	9,8	10,8	12,0	13,5
4	12,2	13,0	14,0	15,4	17,0	19,0
5	16,0	17,0	18,3	20,0	22,0	24,5
6	19,8	21,0	22,5	24,6	27,0	30,0
7	23,6	25,0	26,8	29,2	32,0	35,5
8	27,4	29,0	31,0	33,8	37,0	41,0
9	31,2	33,0	35,3	38,4	42,0	46,5
10	35,0	37,0	39,5	43,0	47,0	52,0

$d_{\max} = 38$ mm	Diâmetro $\phi$					
Número de barras	8	10	12,5	16	20	25
2	6,2	6,6	7,1	7,8	8,6	9,6
3	11,5	12,1	12,9	13,9	15,1	16,6
4	16,9	17,7	18,7	20,1	21,7	23,7
5	22,2	23,2	24,5	26,2	28,2	30,7
6	27,6	28,8	30,3	32,4	34,8	37,8
7	33,0	34,4	36,1	38,6	41,4	44,9
8	38,3	39,9	41,9	44,7	47,9	51,9
9	43,7	45,5	47,7	50,9	54,5	59,0
10	49,0	51,0	53,5	57,0	61,0	66,0

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	16
$\Delta l$	7	8	10	13	17	22
$\Delta C$	10	11	13	17	20	26