

APÊNDICE 2

Tabela A1.3 - Características dos materiais de armazenagem

Material	γ	ϕ
Materiais de construção	- areia com umidade natural	30
	- argila arenosa	25
	- cal em pó	25
	- cal em pedra	45
	- calça	---
	- cimento	25
	- clinker de cimento	30
	- pedra britada	40
	- seixo	30
	- carvão mineral em pó	25
Combustíveis	- carvão vegetal	45
	- carvão em pedra	30
	- lenha	45
	- açúcar	35
Produtos agrícolas	- arroz com casca	36
	- aveia	30
	- batatas	30
	- café	---
	- centeio	35
	- cevada	25
	- farinha	45
	- feijão	31
	- feno prensado	---
	- frutas	---
	- fumo	35
	- milho	27
	- soja	29
	- trigo	27
	- algodão	---
	- amendoim	---
	- amora	---
	- ananás	---

 γ é o peso específico aparente em kN/m^3 ; ϕ é o ângulo de atrito interno em graus.

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.

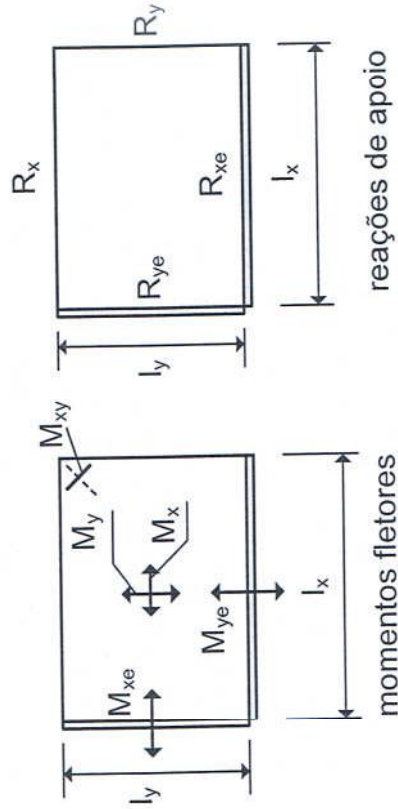


Fig. A2.1 - Momentos e reações de apoio

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: $0,001 pl_y^4/D$;

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

para as reações: $0,001 pl_y$.

Exemplo:

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

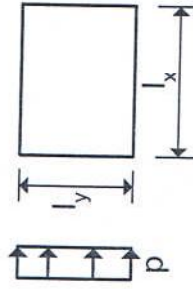
$$M_x = 0,001 m_x pl_y^2; M_y = 0,001 m_y pl_y^2; \text{ etc.}$$

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

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

Coefficientes β_x e β_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.

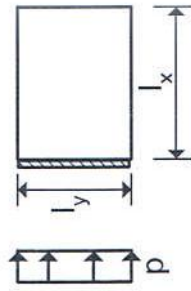
Tabela A2.1 - Laje retangular simplesmente apoiada no contorno com carga uniformemente distribuída



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

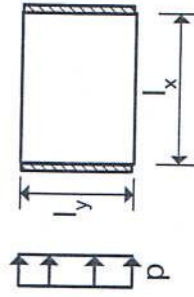
Tabela A2.2 - Laje retangular simplesmente apoiada em três lados e engastada no quarto, com carga uniformemente distribuída



l_x/l_y	w_c	m_{xe}	m_x	m_y	m_{xy}	r_x	r_{ye}	r_y
0,50	4,85	-121,4	59,6	17,7	35,6	169	525	307
0,55	4,67	-118,8	57,9	19,5	35,4	168	521	300
0,60	4,48	-115,9	55,9	21,3	35,2	167	507	292
0,65	4,28	-112,6	53,7	22,9	35,0	167	500	284
0,70	4,07	-108,9	51,5	24,6	34,6	166	491	276
0,75	3,86	-105,0	49,1	25,9	34,2	166	482	270
0,80	3,65	-100,8	46,5	27,3	33,8	165	473	263
0,85	3,44	-96,5	44,1	28,5	33,1	165	463	257
0,90	3,22	-92,2	41,6	29,5	32,4	165	454	250
0,95	3,00	-88,0	39,2	30,3	31,6	165	444	242
1,00	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
1,00	2,78	-83,9	36,7	30,7	30,6	166	433	235
0,95	3,18	-88,1	38,3	34,7	32,7	177	440	240
0,90	3,62	-92,4	39,5	38,9	34,8	188	449	245
0,85	4,11	-96,7	40,2	43,5	37,0	199	460	249
0,80	4,65	-101,1	40,9	48,8	39,3	210	471	253
0,75	5,26	-105,5	41,6	54,9	41,8	223	482	257
0,70	5,94	-109,6	42,0	61,5	44,3	237	492	260
0,65	6,68	-113,3	41,7	68,5	46,6	252	501	262
0,60	7,50	-116,5	41,0	76,1	48,5	268	508	264
0,55	8,37	-119,2	39,8	84,0	50,2	285	514	266
0,50	9,27	-121,5	38,0	92,1	51,8	303	520	268

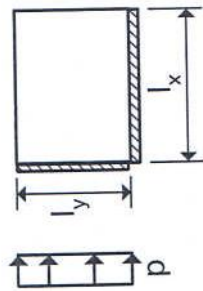
Tabela A2.3 - Laje retangular apoiada em dois lados opostos e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída



l_x/l_y	w_c	m_{xe}	m_x	m_y	r_x	r_y
0,50	2,62	-84,5	41,7	10,0	98	451
0,55	2,57	-84,3	41,4	11,1	97	447
0,60	2,52	-83,7	40,9	12,3	96	442
0,65	2,46	-82,8	40,3	13,6	97	437
0,70	2,40	-81,6	39,5	14,9	97	432
0,75	2,34	-80,1	38,4	16,1	98	427
0,80	2,27	-78,4	37,1	17,3	98	422
0,85	2,20	-76,5	35,9	18,6	99	417
0,90	2,12	-74,4	34,6	19,8	99	411
0,95	2,03	-72,2	33,1	20,7	100	406
1,00	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
1,00	1,92	-69,8	31,7	21,5	102	398
0,95	2,25	-74,5	33,5	24,8	109	412
0,90	2,62	-79,6	35,2	28,6	117	426
0,85	3,05	-84,9	36,7	33,0	126	441
0,80	3,55	-90,2	38,1	38,0	136	455
0,75	4,13	-95,7	39,5	43,8	149	469
0,70	4,80	-101,1	40,7	50,6	162	482
0,65	5,58	-106,3	41,4	58,1	178	495
0,60	6,45	-111,1	41,3	66,2	196	507
0,55	7,41	-115,4	40,5	75,0	215	518
0,50	8,45	-119,1	39,4	84,6	236	528

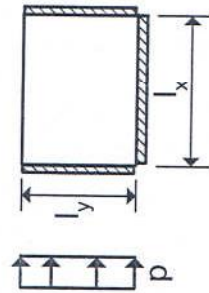
Tabela A2.4 - Laje retangular apoiada em dois lados contíguos e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída



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

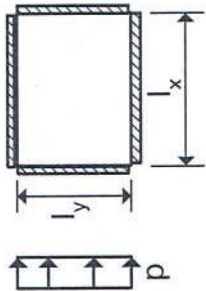
Tabela A2.5 - Laje retangular apoiada em um lado e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída



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

$\frac{l_y}{l_x}$	w_c	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y	r_{xe}	r_x	r_y
1,00	1,57	-59,6	-55,1	26,1	21,3	265	105	315
0,95	1,80	-62,6	-59,9	26,9	23,9	278	114	320
0,90	2,04	-65,5	-65,2	27,5	26,8	293	122	325
0,85	2,30	-68,2	-71,0	28,0	30,0	308	131	330
0,80	2,57	-70,6	-77,3	28,2	33,4	324	140	334
0,75	2,86	-72,7	-83,9	27,9	37,0	342	152	337
0,70	3,17	-74,3	-90,7	27,2	40,8	361	164	340
0,65	3,50	-75,5	-97,8	25,9	44,6	380	178	342
0,60	3,84	-76,5	-104,6	24,3	48,3	397	192	343
0,55	4,17	-77,4	-110,1	22,5	51,7	414	206	344
0,50	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	v_c	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y	r_x	r_y
0,50	2,51	-82,6	-56,0	40,9	11,8	241	380
0,55	2,45	-80,6	-56,1	39,6	13,2	242	367
0,60	2,35	-78,4	-56,2	38,2	14,9	244	353
0,65	2,22	-75,9	-56,5	36,5	16,5	247	339
0,70	2,09	-73,1	-56,8	34,5	17,8	249	326
0,75	1,97	-69,8	-56,4	32,3	18,8	250	313
0,80	1,84	-66,1	-55,8	30,0	19,7	251	299
0,85	1,70	-62,0	-55,0	27,7	20,5	251	286
0,90	1,56	-58,0	-54,0	25,5	21,1	251	275
0,95	1,42	-54,3	-52,7	23,3	21,3	251	262
1,00	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
1,00	1,27	-51,1	-51,1	21,1	21,1	250	250
0,95	1,42	-52,7	-54,3	21,3	23,3	262	251
0,90	1,56	-54,0	-58,0	21,1	25,5	275	251
0,85	1,70	-55,0	-62,0	20,5	27,7	286	251
0,80	1,84	-55,8	-66,1	19,7	30,0	299	251
0,75	1,97	-56,4	-69,8	18,8	32,3	313	250
0,70	2,09	-56,8	-73,1	17,8	34,5	326	249
0,65	2,22	-56,5	-75,9	16,5	36,5	339	247
0,60	2,35	-56,2	-78,4	14,9	38,2	353	244
0,55	2,45	-56,1	-80,6	13,2	39,6	367	242
0,50	2,51	-56,0	-82,6	11,8	40,9	380	241

2. Lajes retangulares com bordo livre - carga uniforme

As tabelas A2.7 a A2.10 correspondem a lajes retangulares com um bordo livre, submetidas a uma carga p uniformemente distribuída. As tabelas fornecem coeficientes que permitem calcular os momentos fletores e as flechas da laje. O parâmetro de entrada é a relação l_y/l_x , onde l_y é o vão perpendicular ao bordo livre.

Na fig. A2.2, indicam-se as localizações dos momentos fletores em correspondência com a tabela A2.10.

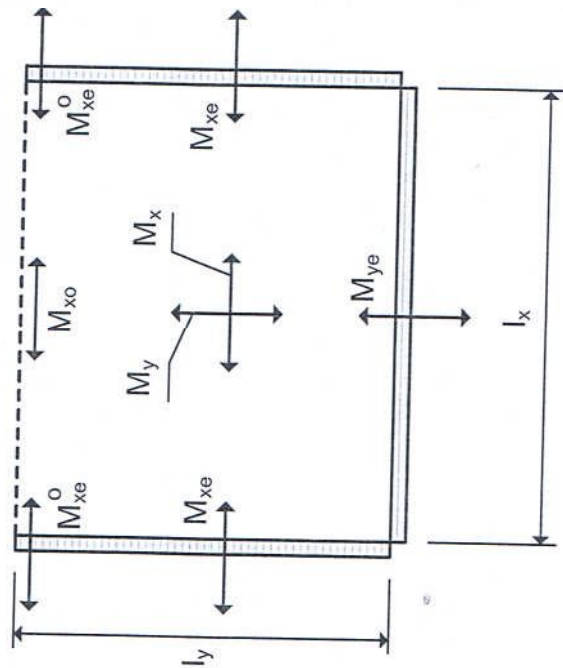


Fig. A2.2 - Momentos fletores - lajes com um bordo livre

Nessas tabelas, adota-se a seguinte convenção:

W_c = flecha no centro da laje;

W_o = flecha no meio do bordo livre;

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_{xo} = momento fletor no meio do bordo livre;
 M_{xe}^o = momento no engaste na quina com o bordo livre.

O vão l_y será sempre perpendicular ao bordo livre. Os multiplicadores para os dados numéricos são os seguintes:

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

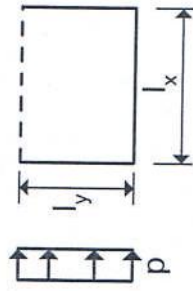
para os momentos: $0,001pl_x^2$.

A tabela A2.11 permite calcular as reações de apoio das lajes com um bordo livre, pelo método das linhas de ruptura. Nessa tabela, são fornecidos os coeficientes r_x e r_y para os quatro casos constantes nas tabelas A2.7 a A2.10. As reações uniformemente distribuídas nos lados apoiados das lajes são dadas por

$$R_x = 0,001r_x pl_x; \quad R_y = 0,001r_y pl_x;$$

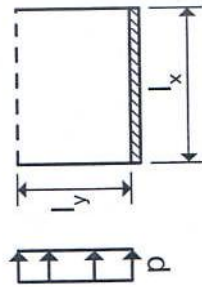
onde R_x é a reação no lado l_x e R_y é a reação no lado l_y .

Tabela A2.7 - Laje retangular, simplesmente apoiada em três bordos, com carga uniforme



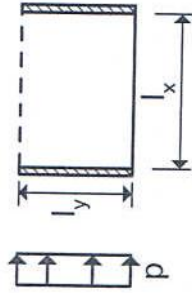
l_y/l_x	w_c	m_y	m_x	w_o	m_{xo}
0,30	1,31	12,3	13,4	2,47	21,8
0,35	1,76	15,6	17,5	3,22	29,0
0,40	2,24	19,0	22,4	3,98	36,3
0,45	2,74	22,3	27,8	4,74	43,6
0,50	3,26	25,1	33,3	5,50	51,0
0,55	3,78	27,5	38,7	6,23	58,3
0,60	4,30	29,6	43,9	6,94	65,1
0,65	4,80	31,3	49,1	7,59	71,6
0,70	5,29	32,7	53,9	8,20	77,4
0,75	5,76	33,8	58,4	8,73	82,8
0,80	6,21	34,7	62,7	9,22	87,5
0,85	6,64	35,4	66,8	9,65	91,7
0,90	7,03	36,0	70,7	10,03	95,5
0,95	7,40	36,3	74,3	10,40	99,2
1,00	7,76	36,3	77,6	10,75	102,6
1,10	8,39	36,3	83,8	11,25	107,6
1,20	8,95	36,0	89,1	11,68	111,9
1,30	9,41	35,5	93,7	11,98	114,8
1,40	9,85	35,0	97,6	12,22	117,2
1,50	10,27	34,4	100,9	12,42	119,1
1,75	10,97	32,6	107,4	12,64	121,3
2,00	11,56	30,9	112,4	12,84	123,2

Tabela A2.8 - Laje retangular, simplesmente apoiada em dois bordos e engastada no terceiro, com carga uniforme



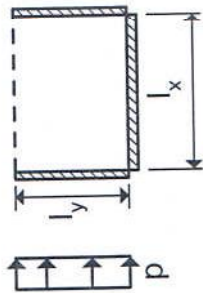
l_y/l_x	w_c	m_{ye}	m_y	m_x	w_o	m_{xo}
0,30	0,27	-37,2	-5,0	0,4	0,72	5,0
0,35	0,45	-46,8	-3,6	1,8	1,15	8,8
0,40	0,68	-56,0	-2,0	3,8	1,65	13,3
0,45	0,97	-64,9	-0,2	6,9	2,26	18,9
0,50	1,30	-73,4	2,1	10,4	2,91	25,5
0,55	1,66	-81,1	4,8	14,2	3,63	32,5
0,60	2,03	-87,8	7,8	18,3	4,35	39,5
0,65	2,43	-93,5	10,9	22,7	5,06	46,5
0,70	2,86	-99,2	13,8	27,3	5,77	53,5
0,75	3,31	-103,6	16,5	32,1	6,49	60,6
0,80	3,78	-107,7	19,0	36,9	7,20	67,6
0,85	4,23	-111,1	21,3	41,5	7,80	73,6
0,90	4,66	-113,8	23,4	45,9	8,32	78,7
0,95	5,08	-116,0	25,3	50,2	8,81	83,5
1,00	5,49	-117,7	27,1	54,4	9,28	88,1
1,10	6,33	-120,1	29,4	61,9	10,08	95,9
1,20	7,08	-121,9	31,3	68,9	10,84	102,4
1,30	7,71	-122,9	32,5	75,1	11,24	107,4
1,40	8,30	-123,6	33,4	81,0	11,67	111,7
1,50	8,86	-124,2	33,8	86,2	11,99	114,9
1,75	9,86	-124,8	33,7	97,0	12,42	119,2
2,00	10,67	-125,0	32,4	104,2	12,73	122,2

Tabela A2.9 - Laje retangular, engastada em dois bordos e simplesmente apoiada no terceiro, com carga uniforme



l_y/l_x	w_c	m_{xe}	m_y	m_x	w_o	m_{xo}	m_{xe}^o
0,30	0,74	-35,5	10,2	11,9	1,36	19,0	-72,6
0,35	0,95	-40,5	11,9	15,0	1,61	24,0	-78,5
0,40	1,12	-45,1	13,4	17,8	1,81	28,1	-83,4
0,45	1,27	-49,4	14,6	20,7	1,97	31,5	-87,4
0,50	1,41	-53,4	15,6	23,3	2,10	34,2	-89,5
0,55	1,55	-57,1	16,5	25,6	2,22	36,4	-90,0
0,60	1,67	-60,5	17,3	27,7	2,30	38,2	-90,1
0,65	1,78	-63,5	17,4	29,5	2,35	39,6	-90,0
0,70	1,87	-66,2	17,2	30,9	2,38	40,6	-89,7
0,75	1,96	-68,6	16,9	32,2	2,41	41,2	-89,2
0,80	2,05	-70,6	16,5	33,5	2,43	41,5	-88,4
0,85	2,12	-72,4	16,3	34,6	2,45	41,6	-87,2
0,90	2,18	-74,0	16,1	35,5	2,46	41,7	-86,0
0,95	2,24	-75,4	15,9	36,2	2,47	41,8	-84,8
1,00	2,29	-76,7	15,5	36,8	2,48	41,9	-84,3
1,10	2,36	-78,9	14,6	37,4	2,50	41,9	-84,0
1,20	2,41	-80,6	13,4	37,7	2,52	41,8	-83,8
1,30	2,45	-81,7	12,1	38,0	2,53	41,8	-83,6
1,40	2,49	-82,3	11,0	38,4	2,54	41,7	-83,5
1,50	2,52	-82,6	10,2	38,8	2,55	41,7	-83,4
1,75	2,54	-83,0	9,5	40,3	2,57	41,7	-83,3
2,00	2,56	-83,3	9,1	41,9	2,59	41,7	-83,3

Tabela A2.10 - Laje retangular, engastada em três bordos, com carga uniforme



l_y/l_x	w_c	m_{ye}	m_{xe}	m_y	m_x	w_o	m_{xe}^o	m_{xo}
0,30	0,21	-32,7	-13,3	-3,3	1,8	0,70	-37,9	7,7
0,35	0,33	-39,6	-16,5	-1,4	4,2	1,12	-47,1	12,6
0,40	0,46	-45,3	-20,6	0,7	6,6	1,42	-56,3	17,1
0,45	0,59	-48,6	-26,2	2,9	8,9	1,63	-65,5	21,0
0,50	0,74	-51,1	-31,9	5,1	11,4	1,78	-74,2	24,6
0,55	0,90	-52,6	-36,9	7,0	14,0	1,92	-78,3	27,9
0,60	1,04	-53,8	-41,5	8,7	16,5	2,05	-81,5	30,9
0,65	1,18	-54,8	-46,0	10,1	18,8	2,17	-84,0	33,5
0,70	1,31	-55,6	-49,6	11,3	20,9	2,28	-85,8	35,6
0,75	1,42	-56,0	-52,8	12,3	22,8	2,38	-86,9	37,2
0,80	1,52	-56,2	-55,9	13,3	24,6	2,46	-87,2	38,5
0,85	1,62	-56,3	-58,9	14,0	26,2	2,52	-87,3	39,5
0,90	1,71	-56,2	-61,8	14,4	27,6	2,56	-87,2	40,2
0,95	1,80	-56,1	-64,7	14,5	28,9	2,57	-87,0	40,8
1,00	1,88	-56,0	-67,5	14,7	30,1	2,58	-86,6	41,3
1,10	2,02	-55,9	-70,3	14,6	32,0	2,58	-85,8	41,5
1,20	2,14	-55,8	-73,1	14,1	33,6	2,59	-84,9	41,6
1,30	2,22	-55,7	-75,9	13,4	35,0	2,59	-84,2	41,7
1,40	2,28	-55,6	-78,5	12,9	36,3	2,59	-83,8	41,7
1,50	2,32	-55,6	-80,5	12,4	37,2	2,59	-83,6	41,7
1,75	2,38	-55,6	-82,3	10,6	38,7	2,59	-83,4	41,7
2,00	2,43	-55,6	-83,3	9,4	39,8	2,59	-83,3	41,7

Tabela A2.11 - Reações de apoio das lajes com um bordo livre, calculadas pelo método das linhas de ruptura - carga uniforme

Tabela $\Rightarrow$	A2.7 e A2.10		A2.8		A2.9	
	r_x	r_y	r_x	r_y	r_x	r_y
l_y/l_x						
0,30	210	150	248	87	144	259
0,35	227	175	279	101	144	294
0,40	240	200	308	115	144	320
0,45	248	225	333	130	144	340
0,50	250	250	356	144	144	356
0,55	250	273	375	159	144	369
0,60	250	292	392	173	144	380
0,65	250	308	406	188	144	389
0,70	250	321	417	202	144	397
0,75	250	333	425	217	144	404
0,80	250	344	430	231	144	410
0,85	250	353	433	245	144	415
0,90	250	361	433	259	144	420
0,95	250	368	433	272	144	424
1,00	250	375	433	283	144	428
1,10	250	386	433	303	144	434
1,20	250	396	433	320	144	440
1,30	250	404	433	333	144	444
1,40	250	411	433	345	144	448
1,50	250	417	433	356	144	452
1,75	250	429	433	376	144	459
2,00	250	438	433	392	144	464

3. Lajes retangulares com bordo livre - carga no bordo

As tabelas A2.12 a A2.15 correspondem a lajes retangulares com um bordo livre, submetidas a uma carga linear uniforme p aplicada ao longo do bordo livre. As tabelas fornecem coeficientes que permitem calcular os valores aproximados dos momentos fletores na laje. O parâmetro de entrada é a relação l_y/l_x , onde l_y é o vão perpendicular ao bordo livre.

O multiplicador para os dados numéricos é $0,001pl_x$. Por exemplo, $M_x = 0,001m_x pl_x$, sendo m_x fornecido nas tabelas.

Na fig. A2.3, indicam-se as localizações dos momentos fletores em correspondência com a tabela A2.15.

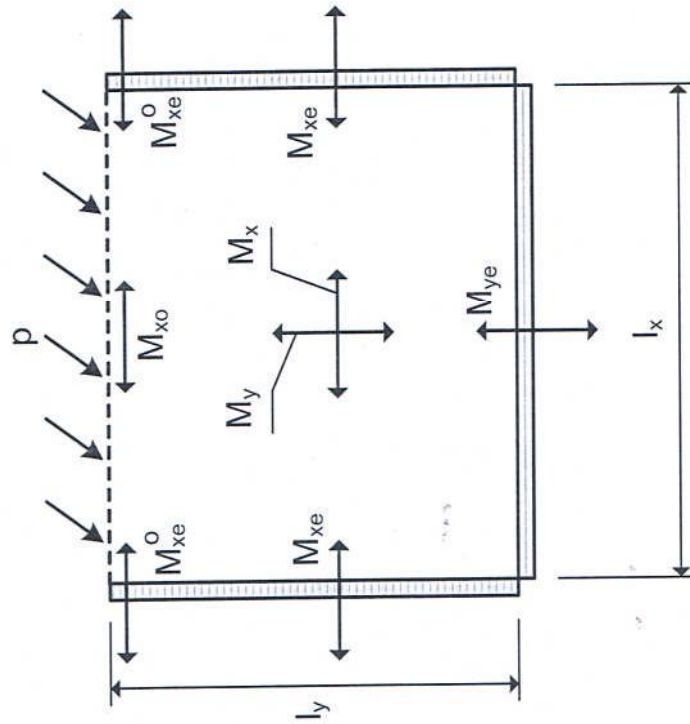
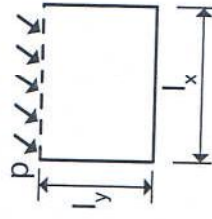


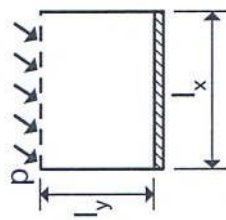
Fig. A2.3 - Momentos fletores - lajes com um bordo livre

Tabela A2.12 - Laje retangular, simplesmente apoiada em três bordos, com carga no bordo livre



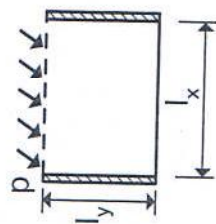
l_y/l_x	m_y	m_x	m_{xo}
0,30	-5,0	76,3	144,9
0,40	-11,0	92,6	178,6
0,50	-19,0	103,1	204,1
0,60	-25,4	107,5	222,2
0,70	-30,5	106,4	232,6
0,80	-34,1	104,2	238,1
0,90	-36,8	98,0	243,9
1,00	-36,8	91,7	243,9
1,10	-35,8	84,0	243,9
1,20	-34,2	76,3	243,9
1,30	-32,5	69,9	243,9
1,40	-30,3	62,1	243,9
1,50	-27,6	55,6	243,9

Tabela A2.13 - Laje retangular, simplesmente apoiada em dois bordos e engastada no terceiro, com carga no bordo livre



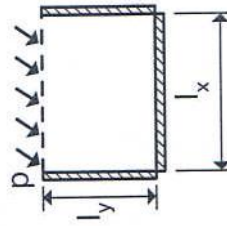
l_y/l_x	m_{ye}	m_y	m_x	m_{xo}
0,30	-232,6	-87,0	19,2	47,6
0,40	-238,1	-80,0	30,3	86,2
0,50	-222,2	-70,9	45,0	125,0
0,60	-196,1	-61,7	62,1	156,3
0,70	-169,5	-53,8	74,1	175,4
0,80	-142,9	-48,1	79,4	192,3
0,90	-119,0	-45,2	80,0	208,3
1,00	-97,1	-40,8	73,0	217,4
1,10	-77,5	-37,0	70,4	227,3
1,20	-60,6	-33,8	65,8	232,6
1,30	-46,9	-30,8	57,1	232,6
1,40	-33,4	-28,0	50,5	232,6
1,50	-28,2	-25,1	46,1	232,6

Tabela A2.14 - Laje retangular, engastada em dois bordos e simplesmente apoiada no terceiro, com carga no bordo livre



l_y/l_x	m_{xe}	m_y	m_x	m_{xo}^o	m_{xo}
0,30	-188,7	-15,4	71,4	-476,2	128,2
0,40	-158,7	-28,6	71,4	-476,2	138,9
0,50	-126,6	-38,5	71,4	-476,2	142,9
0,60	-99,0	-45,5	66,7	-476,2	142,9
0,70	-74,1	-50,0	58,8	-476,2	140,8
0,80	-53,8	-50,0	47,6	-454,5	140,8
0,90	-40,0	-50,0	37,0	-454,5	140,8
1,00	-28,9	-50,0	30,3	-454,5	138,9
1,10	-21,7	-50,0	23,8	-454,5	138,9
1,20	-14,3	-50,0	17,9	-434,8	138,9
1,30	-9,4	-50,0	13,0	-434,8	138,9
1,40	-5,7	-50,0	9,5	-434,8	138,9
1,50	-3,6	-50,0	7,1	-434,8	138,9

Tabela A2.15 - Laje retangular, engastada em três bordos, com carga no bordo livre



l_y/l_x	m_{ye}	m_{xe}	m_y	m_x	m_{xe}^o	m_{xo}
0,30	-188,7	-71,9	-76,9	18,5	-303,0	47,2
0,40	-169,5	-80,0	-66,7	29,2	-384,6	76,9
0,50	-116,3	-82,6	-58,8	36,9	-454,5	108,7
0,60	-80,6	-75,8	-52,6	42,9	-454,5	126,6
0,70	-50,0	-63,3	-47,6	45,2	-476,2	135,1
0,80	-28,6	-48,8	-47,6	41,7	-476,2	137,0
0,90	-16,9	-37,0	-45,5	35,5	-476,2	137,0
1,00	-8,3	-27,9	-45,5	28,2	-454,5	138,9
1,10	-4,0	-21,2	-45,5	21,1	-454,5	138,9
1,20	~0	-14,7	-45,5	15,9	-454,5	140,8
1,30	~0	-9,8	-45,5	11,8	-434,8	140,8
1,40	~0	-6,1	-45,5	8,9	-434,8	142,9
1,50	~0	-3,8	-45,5	7,0	-434,8	142,9

4. Lajes retangulares com carga triangular

As tabelas A2.16 a A2.18 correspondem a lajes retangulares submetidas a uma carga triangular com ordenada máxima igual a p . O parâmetro de entrada é a relação entre os lados da laje (l_x/l_y ou l_y/l_x), onde l_y é sempre igual ao comprimento da carga.

As tabelas fornecem coeficientes que permitem calcular os momentos fletores na laje, devendo-se observar os seguintes casos:

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

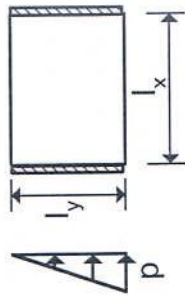
O multiplicador para os dados numéricos é $0,001 p l_x^2$.

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

O multiplicador para os dados numéricos é $0,001 p l_y^2$.

A convenção adotada para os momentos é a mesma das tabelas anteriores.

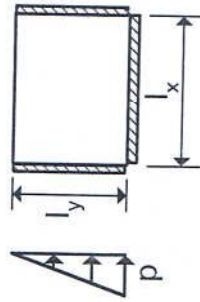
Tabela A2.16 - Laje retangular apoiada em dois lados opostos e engastada nos demais, com carga triangular



l_x/l_y	m_{xe}	m_x	m_y
1,00	-34,9	15,8	10,7
0,95	-36,1	16,6	10,3
0,90	-37,2	17,2	9,9
0,85	-38,2	17,9	9,2
0,80	-39,2	18,5	8,7
0,75	-40,1	19,2	8,1
0,70	-40,8	19,7	7,4
0,65	-41,4	20,1	6,8
0,60	-41,9	20,4	6,1
0,55	-42,1	20,7	5,6
0,50	-42,3	20,9	5,0

l_y/l_x	m_{xe}	m_x	m_y
0,50	-59,6	19,7	42,2
0,55	-57,7	20,3	37,6
0,60	-55,6	20,6	33,1
0,65	-53,2	20,7	29,1
0,70	-50,6	20,3	25,3
0,75	-47,9	19,7	21,9
0,80	-45,1	19,1	19,0
0,85	-42,5	18,4	16,4
0,90	-39,8	17,5	14,3
0,95	-37,3	16,8	12,5
1,00	-34,9	15,8	10,7

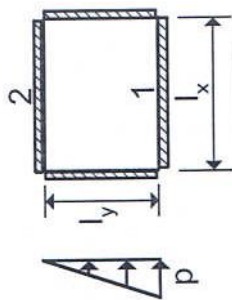
Tabela A2.17- Laje retangular apoiada em um lado e engastada nos demais, com carga triangular



l_x/l_y	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y
1,00	-28,3	-34,5	12,2	10,6
0,95	-30,1	-35,5	13,3	10,6
0,90	-31,9	-36,5	14,3	10,5
0,85	-33,6	-37,6	15,3	10,4
0,80	-35,2	-38,7	16,2	10,1
0,75	-36,6	-39,9	17,2	9,5
0,70	-37,8	-41,0	18,0	8,7
0,65	-38,9	-42,1	18,8	8,0
0,60	-39,8	-43,1	19,5	7,2
0,55	-40,6	-44,1	20,1	6,4
0,50	-41,3	-45,1	20,6	5,8

l_y/l_x	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y
0,50	-36,2	-62,1	9,4	26,0
0,55	-36,0	-60,3	10,3	24,6
0,60	-35,6	-57,8	11,1	23,1
0,65	-35,2	-54,8	11,9	21,4
0,70	-34,6	-51,6	12,5	19,7
0,75	-33,8	-48,2	12,8	18,0
0,80	-32,9	-45,0	13,0	16,3
0,85	-31,9	-42,2	13,0	14,8
0,90	-30,7	-39,5	12,9	13,3
0,95	-29,5	-37,0	12,6	11,9
1,00	-28,3	-34,5	12,2	10,6

Tabela A2.18- Laje retangular engastada em todo o contorno, com carga triangular



l_x/l_y	m_{ye}^1	m_{ye}^2	m_{xe}	m_y
1,00	-33,3	-17,8	10,6	10,6
0,95	-34,8	-17,8	11,6	10,6
0,90	-36,2	-17,7	12,8	10,5
0,85	-37,5	-17,5	13,9	10,3
0,80	-38,7	-17,1	15,0	9,9
0,75	-39,9	-16,6	16,2	9,6
0,70	-41,0	-15,8	17,3	9,0
0,65	-41,9	-14,7	18,3	8,3
0,60	-42,7	-13,5	19,1	7,5
0,55	-43,4	-12,3	19,8	6,6
0,50	-44,9	-11,1	20,4	5,9

l_y/l_x	m_{ye}^1	m_{ye}^2	m_{xe}	m_y
0,50	-49,9	-32,7	28,0	20,4
0,55	-48,7	-31,9	28,0	19,8
0,60	-47,5	-30,9	28,1	19,1
0,65	-46,3	-29,7	28,3	18,3
0,70	-44,9	-28,2	28,4	17,3
0,75	-43,1	-26,6	28,2	16,2
0,80	-41,2	-24,9	27,9	15,0
0,85	-39,1	-23,0	27,5	13,9
0,90	-37,0	-21,1	27,0	12,8
0,95	-35,1	-19,4	26,3	11,6
1,00	-33,3	-17,8	25,5	10,6

5. Lajes retangulares apoiadas em todo o contorno com carga uniformemente distribuída em uma superfície retangular

Na tabela A2.19 são fornecidos os coeficientes m_x e m_y para o cálculo dos momentos fletores no centro de uma laje retangular simplesmente apoiada em todo o contorno e carregada parcialmente por uma carga uniforme q . A região carregada tem dimensões a, b e o seu centro coincide com o centro da laje.

Os momentos fletores M_x e M_y , nas direções x e y , são calculados por

$$M_x = 0,001m_x P; M_y = 0,001m_y P$$

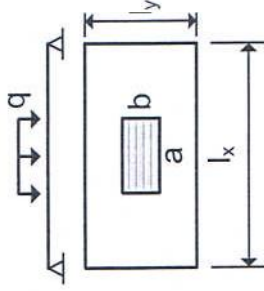
onde $P = qab$ é a carga total resultante.

Os parâmetros de entrada são a/l_x , b/l_y e l_x/l_y , onde l_x é o maior vão.

Casos particulares:

1. Carga concentrada no centro da laje: quando $a/l_x = b/l_y = 0$.
2. Carga linear paralela ao vão l_x : quando $b/l_y = 0$.
3. Carga linear paralela ao vão l_y : quando $a/l_x = 0$.

Tabela A2.19 - Laje retangular simplesmente apoiada com carga parcialmente distribuída



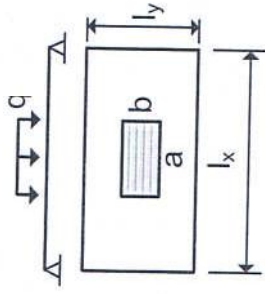
$$M_x = 0,001m_x P = 0,001m_x qab$$

Valores de m_x		$l_x/l_y = 1,0$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	441	279	216	176	145	120	120
0,2	223	196	167	142	119	99	99
0,4	160	146	130	113	97	80	80
0,6	123	115	104	91	79	66	66
0,8	99	92	84	75	64	54	54
1,0	81	75	69	61	53	44	44

$$M_y = 0,001m_y P = 0,001m_y qab$$

Valores de m_y		$l_x/l_y = 1,0$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	441	223	160	123	99	81	81
0,2	279	196	146	115	92	75	75
0,4	216	167	130	104	84	69	69
0,6	176	142	113	91	75	61	61
0,8	145	119	97	79	64	53	53
1,0	120	99	80	66	54	44	44

Tabela A2.19 - Laje retangular simplesmente apoiada com carga parcialmente distribuída (Continuação)



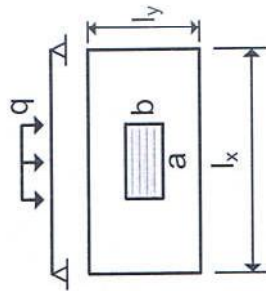
$$M_x = 0,001m_x P = 0,001m_x qab$$

Valores de m_x		$l_x/l_y = 1,2$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	424	274	212	172	142	117	117
0,2	203	181	155	132	112	93	93
0,4	140	129	116	101	87	72	72
0,6	106	99	89	79	68	57	57
0,8	83	78	71	63	55	46	46
1,0	68	63	58	52	45	37	37

$$M_y = 0,001m_y P = 0,001m_y qab$$

Valores de m_y		$l_x/l_y = 1,2$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	453	241	176	139	112	92	92
0,2	281	208	160	128	104	86	86
0,4	217	175	141	115	94	78	78
0,6	177	147	122	101	83	69	69
0,8	146	124	103	86	72	59	59
1,0	120	102	86	72	60	49	49

Tabela A2.19 - Laje retangular simplesmente apoiada com carga parcialmente distribuída (Continuação)



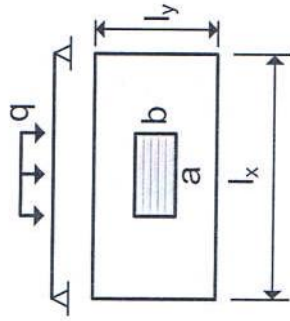
$$M_x = 0,001m_x P = 0,001m_x qab$$

Valores de m_x		$l_x/l_y = 1,4$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	409	269	207	169	139	115	87
0,2	185	166	144	123	104	87	64
0,4	123	114	103	90	77	59	49
0,6	90	84	77	68	59	46	39
0,8	70	65	60	53	46	37	31
1,0	56	53	48	43	37	31	26

$$M_y = 0,001m_y P = 0,001m_y qab$$

Valores de m_y		$l_x/l_y = 1,4$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	459	252	187	149	121	99	83
0,2	279	214	168	136	112	92	73
0,4	214	177	146	121	100	83	62
0,6	174	148	125	105	88	75	63
0,8	144	124	106	89	75	63	52
1,0	118	103	88	74	63	52	42

Tabela A2.19 - Laje retangular simplesmente apoiada com carga parcialmente distribuída (Continuação)



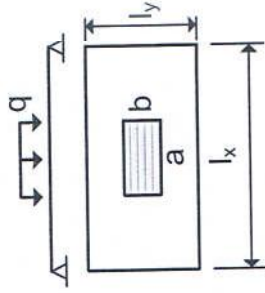
$$M_x = 0,001m_x P = 0,001m_x qab$$

Valores de m_x		$l_x/l_y = 1,6$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	396	264	204	165	136	112	81
0,2	170	153	134	115	98	81	58
0,4	109	101	91	80	69	51	42
0,6	78	72	66	58	51	39	32
0,8	59	55	50	45	39	31	26
1,0	47	44	40	36	31	26	21

$$M_y = 0,001m_y P = 0,001m_y qab$$

Valores de m_y		$l_x/l_y = 1,6$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	461	259	194	155	127	104	85
0,2	274	215	172	140	116	95	74
0,4	209	176	147	123	103	85	63
0,6	169	146	125	106	89	76	63
0,8	139	122	105	90	76	63	52
1,0	115	101	87	75	63	52	42

Tabela A2.19 - Laje retangular simplesmente apoiada com carga parcialmente distribuída (Continuação)



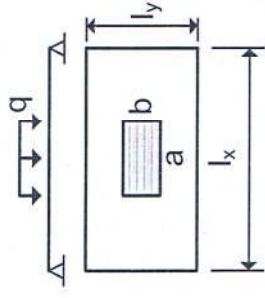
$$M_x = 0,001m_x P = 0,001m_x qab$$

Valores de m_x		$l_x/l_y = 1,8$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	384	260	201	163	134	111	
0,2	157	143	125	108	92	76	
0,4	97	90	81	72	62	52	
0,6	67	63	57	50	44	36	
0,8	50	47	42	38	33	27	
1,0	40	37	34	30	26	22	

$$M_y = 0,001m_y P = 0,001m_y qab$$

Valores de m_y		$l_x/l_y = 1,8$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	460	263	198	158	130	107	
0,2	268	214	173	142	118	97	
0,4	203	173	146	123	103	85	
0,6	163	143	123	105	89	74	
0,8	134	118	103	88	75	62	
1,0	110	97	85	73	62	52	

Tabela A2.19 - Laje retangular simplesmente apoiada com carga parcialmente distribuída (Continuação)



$$M_x = 0,001m_x P = 0,001m_x qab$$

Valores de m_x		$l_x/l_y = 2,0$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	374	257	199	161	133	109	
0,2	146	133	117	102	87	72	
0,4	87	81	73	65	56	47	
0,6	59	55	50	44	38	32	
0,8	43	40	36	32	28	23	
1,0	34	32	29	25	22	18	

$$M_y = 0,001m_y P = 0,001m_y qab$$

Valores de m_y		$l_x/l_y = 2,0$					
		b/l_y					
a/l_x		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	458	265	200	161	132	108	
0,2	261	212	173	143	118	98	
0,4	196	169	144	122	102	85	
0,6	156	138	119	102	87	72	
0,8	127	113	99	86	73	60	
1,0	104	93	82	71	60	50	

6. Lajes retangulares apoiadas em todo o contorno com carga linear

As tabelas A2.20 e A2.21 permitem calcular os momentos fletores em lajes retangulares simplesmente apoiadas em todo o contorno, submetidas a uma carga linear uniforme paralela a um dos lados. Na tabela A2.20, a carga é paralela ao lado menor da laje e na tabela A2.21 ela é paralela ao lado maior.

As tabelas fornecem os coeficientes $m_{x\max}$, $m_{y\max}$, m_x e m_y , com os quais são calculados os seguintes momentos fletores:

Momentos máximos:

$$M_{x\max} = 0,001m_{x\max}P; M_{y\max} = 0,001m_{y\max}P$$

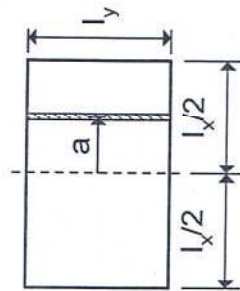
Momentos no centro da laje:

$$M_x = 0,001m_xP; M_y = 0,001m_yP$$

onde P é a carga total resultante.

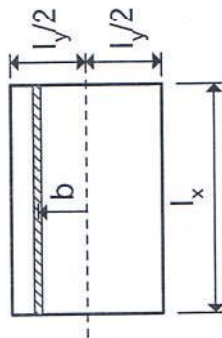
Os parâmetros de entrada são a relação l_x/l_y entre os vãos da laje, onde l_x é o maior vão, e a posição relativa da carga: a/l_x , para a tabela A2.20, e b/l_y , para a tabela A2.21.

Tabela A2.20 - Laje retangular simplesmente apoiada com carga linear paralela ao vão menor



l_x/l_y		a/l_x				
		0	0,1	0,2	0,3	0,4
1,0	$m_{x\max}$	120	119	116	104	72
	$m_{y\max}$	81	77	66	48	25
	m_x	120	78	47	26	12
	m_y	81	69	54	37	19
1,2	$m_{x\max}$	117	118	117	110	80
	$m_{y\max}$	92	88	77	57	30
	m_x	117	69	37	18	7
	m_y	92	78	60	41	20
1,4 ^e	$m_{x\max}$	115	115	116	113	88
	$m_{y\max}$	99	96	86	66	35
	m_x	115	61	28	11	4
	m_y	99	83	63	42	21
1,6	$m_{x\max}$	112	113	115	114	93
	$m_{y\max}$	104	101	92	73	40
	m_x	112	53	20	5	1
	m_y	104	86	63	41	20
1,8	$m_{x\max}$	111	111	114	115	98
	$m_{y\max}$	107	105	97	79	45
	m_x	111	46	13	1	-1
	m_y	107	86	61	38	18
2,0	$m_{x\max}$	109	110	112	115	102
	$m_{y\max}$	108	107	101	84	49
	m_x	109	40	8	-2	-2
	m_y	108	85	59	35	16

Tabela A2.21 - Laje retangular simplesmente apoiada com carga linear paralela ao vão maior



l_x/l_y	b/l_y					
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	
1,0	m_{xmax}	81	77	66	48	25
	m_{ymax}	120	119	116	104	72
	m_x	81	69	54	37	19
	m_y	120	78	47	26	12
1,2	m_{xmax}	68	64	54	38	20
	m_{ymax}	120	119	113	97	63
	m_x	68	58	46	32	16
	m_y	120	84	55	33	15
1,4	m_{xmax}	56	53	45	32	16
	m_{ymax}	118	116	108	90	57
	m_x	56	48	38	26	14
	m_y	118	87	60	37	18
1,6	m_{xmax}	47	45	37	26	13
	m_{ymax}	115	112	102	84	51
	m_x	47	40	32	22	11
	m_y	115	86	61	39	19
1,8	m_{xmax}	40	38	32	22	11
	m_{ymax}	110	107	97	78	47
	m_x	40	34	27	18	9
	m_y	110	84	61	39	19
2,0	m_{xmax}	34	32	27	19	10
	m_{ymax}	104	101	91	72	43
	m_x	34	29	22	15	8
	m_y	104	81	59	38	19

7. Cálculo de lajes retangulares apoiadas em todo o contorno através da Teoria das Grelhas

As tabelas A2.22 a A2.32 correspondem a lajes retangulares apoiadas ao longo de todo o contorno (sem bordo livre), 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 e as reações de apoio. O parâmetro de entrada é a relação entre os lados $\lambda = l_y/l_x$. As tabelas foram elaboradas com base na Teoria das Grelhas.

As tabelas A2.22 a A2.27 correspondem à teoria das grelhas para lajes sobre apoios rígidos. As tabelas A2.28 a A2.32 correspondem à teoria das grelhas para lajes sobre apoios flexíveis.

Na fig. A2.4, indicam-se as grandezas correspondentes ao caso da tabela A2.25.

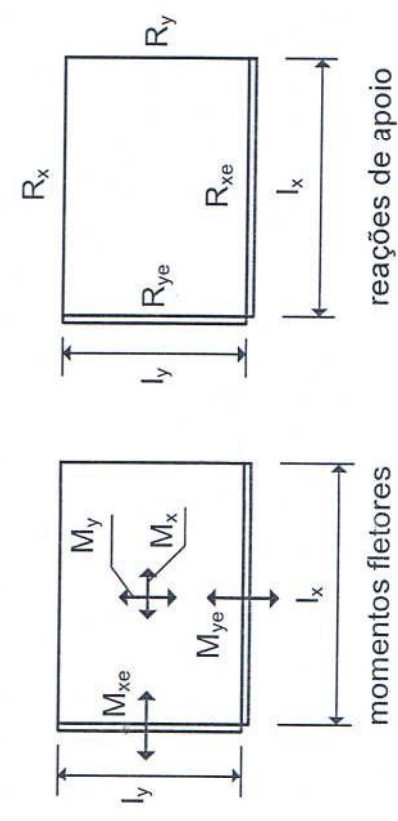


Fig. A2.4 - Momentos e reações de apoio

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;

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} .

Entrando nas tabelas com a relação entre os lados l_y/l_x , obtêm-se os diversos coeficientes com os quais se calculam:

$$\text{Flecha: } W_c = 0,001w_c \frac{pl_x^4}{D}, \text{ onde } D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$$

Momentos fletores:

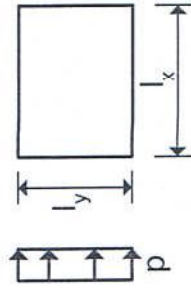
$$M_x = 0,001m_x pl_x^2 \quad ; \quad M_y = 0,001m_y pl_x^2 \quad ; \text{ etc.}$$

Reações de apoio:

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

Tabela A2.22 – Lajes retangulares, simplesmente apoiadas nos quatro lados, com carga uniforme

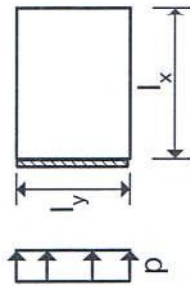
Teoria das Grelhas (apoios rígidos)



l_y/l_x	w_c	m_x	m_y	r_x	r_y
0,50	0,77	7,4	29,4	235	29
0,55	1,09	10,5	34,6	252	42
0,60	1,49	14,3	39,8	266	57
0,65	1,97	18,9	44,8	276	76
0,70	2,52	24,2	49,4	282	97
0,75	3,13	30,0	53,4	285	120
0,80	3,78	36,3	56,8	284	145
0,85	4,47	42,9	59,3	279	171
0,90	5,16	49,5	61,1	272	198
0,95	5,84	56,1	62,2	262	224
1,00	6,51	62,5	62,5	250	250
1,10	7,74	74,3	61,4	223	297
1,20	8,78	84,3	58,6	195	337
1,30	9,64	92,6	54,8	169	370
1,40	10,33	99,2	50,6	145	397
1,50	10,87	104,4	46,4	124	418
1,60	11,30	108,5	42,4	106	434
1,70	11,63	111,6	38,6	91	447
1,80	11,89	114,1	35,2	78	457
1,90	12,09	116,1	32,2	68	464
2,00	12,25	117,6	29,4	59	471

Tabela A2.23 - Laje retangular simplesmente apoiada em três lados e engastada no quarto, com carga uniformemente distribuída

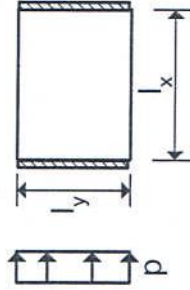
Teoria das Grelhas (apoios rígidos)



l_y/l_x	w_c	m_{xe}	m_x	m_y	r_x	r_{ye}	r_y
0,50	0,70	-16,9	9,5	27,0	216	84	51
0,55	0,97	-23,3	13,1	30,8	224	116	70
0,60	1,27	-30,6	17,2	34,0	227	153	92
0,65	1,61	-38,6	21,7	36,5	225	193	116
0,70	1,95	-46,9	26,4	38,3	219	234	141
0,75	2,30	-55,2	31,1	39,3	209	276	166
0,80	2,64	-63,2	35,6	39,5	198	316	190
0,85	2,95	-70,8	39,8	39,2	184	354	212
0,90	3,24	-77,7	43,7	38,3	170	388	233
0,95	3,49	-83,8	47,2	37,2	156	419	251
1,00	3,72	-89,3	50,2	35,7	143	446	268
1,10	4,09	-98,2	55,2	32,5	118	491	295
1,20	4,37	-104,8	59,0	29,1	97	524	314
1,30	4,57	-109,6	61,7	26,0	80	548	329
1,40	4,72	-113,2	63,7	23,1	66	566	340
1,50	4,83	-115,8	65,2	20,6	55	579	348
1,60	4,91	-117,8	66,3	18,4	46	589	353
1,70	4,97	-119,3	67,1	16,5	39	596	358
1,80	5,02	-120,4	67,7	14,9	33	602	361
1,90	5,05	-121,3	68,2	13,4	28	606	364
2,00	5,08	-122,0	68,6	12,2	24	610	366

Tabela A2.24 - Laje retangular apoiada em dois lados opostos e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída

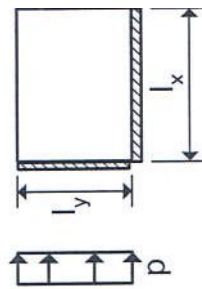
Teoria das Grelhas (apoios rígidos)



l_y/l_x	w_c	m_{xe}	m_x	m_y	r_x	r_y
0,50	0,62	-19,8	9,9	23,8	190	119
0,55	0,82	-26,2	13,1	25,9	189	157
0,60	1,02	-32,8	16,4	27,3	182	197
0,65	1,23	-39,3	19,7	27,9	172	236
0,70	1,42	-45,5	22,7	27,8	159	273
0,75	1,60	-51,1	25,5	27,2	145	306
0,80	1,75	-56,0	28,0	26,2	131	336
0,85	1,88	-60,2	30,1	25,0	118	361
0,90	2,00	-63,9	31,9	23,7	105	383
0,95	2,09	-66,9	33,5	22,2	94	401
1,00	2,17	-69,4	34,7	20,8	83	417
1,10	2,29	-73,3	36,7	18,2	66	440
1,20	2,38	-76,0	38,0	15,8	53	456
1,30	2,43	-77,9	38,9	13,8	43	467
1,40	2,48	-79,2	39,6	12,1	35	475
1,50	2,51	-80,2	40,1	10,7	29	481
1,60	2,53	-80,9	40,4	9,5	24	485
1,70	2,54	-81,4	40,7	8,4	20	488
1,80	2,56	-81,8	40,9	7,6	17	491
1,90	2,56	-82,1	41,0	6,8	14	492
2,00	2,57	-82,3	41,2	6,2	12	494

Tabela A2.25 - Laje retangular apoiada em dois lados contíguos e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída

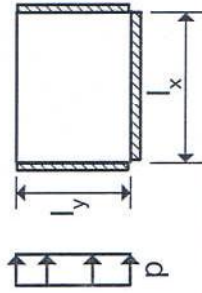
Teoria das Grelhas (apoios rígidos)



$\frac{l_y}{l_x}$	w_c	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y	r_{xe}	r_x	r_{ye}	r_y
0,50	0,31	-7,4	-29,4	4,1	16,5	294	176	37	22
0,55	0,44	-10,5	-34,6	5,9	19,5	315	189	52	31
0,60	0,60	-14,3	-39,8	8,1	22,4	332	199	72	43
0,65	0,79	-18,9	-44,8	10,7	25,2	345	207	95	57
0,70	1,01	-24,2	-49,4	13,6	27,8	353	212	121	73
0,75	1,25	-30,0	-53,4	16,9	30,0	356	214	150	90
0,80	1,51	-36,3	-56,8	20,4	31,9	355	213	182	109
0,85	1,79	-42,9	-59,3	24,1	33,4	349	209	214	129
0,90	2,06	-49,5	-61,1	27,9	34,4	340	204	248	149
0,95	2,34	-56,1	-62,2	31,6	35,0	327	196	281	168
1,00	2,60	-62,5	-62,5	35,2	35,2	313	188	313	188
1,10	3,09	-74,3	-61,4	41,8	34,5	279	167	371	223
1,20	3,51	-84,3	-58,6	47,4	32,9	244	146	422	253
1,30	3,86	-92,6	-54,8	52,1	30,8	211	126	463	278
1,40	4,13	-99,2	-50,6	55,8	28,5	181	108	496	298
1,50	4,35	-104,4	-46,4	58,7	26,1	155	93	522	313
1,60	4,52	-108,5	-42,4	61,0	23,8	132	79	542	325
1,70	4,65	-111,6	-38,6	62,8	21,7	114	68	558	335
1,80	4,76	-114,1	-35,2	64,2	19,8	98	59	571	342
1,90	4,84	-116,1	-32,2	65,3	18,1	85	51	580	348
2,00	4,90	-117,6	-29,4	66,2	16,5	74	44	588	353

Tabela A2.26 - Laje retangular apoiada em um lado e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída

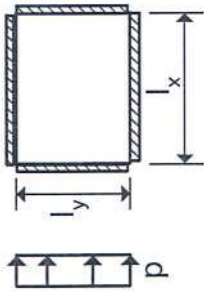
Teoria das Grelhas (apoios rígidos)



$\frac{l_y}{l_x}$	w_c	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y	r_{xe}	r_x	r_y
0,50	0,29	-9,3	-27,8	4,6	15,6	278	167	56
0,55	0,40	-12,9	-32,0	6,4	18,0	291	174	77
0,60	0,54	-17,2	-35,7	8,6	20,1	298	179	103
0,65	0,69	-21,9	-38,9	11,0	21,9	299	180	132
0,70	0,84	-27,0	-41,4	13,5	23,3	296	177	162
0,75	1,01	-32,3	-43,1	16,1	24,2	287	172	194
0,80	1,17	-37,5	-44,0	18,8	24,7	275	165	225
0,85	1,33	-42,6	-44,2	21,3	24,9	260	156	255
0,90	1,48	-47,3	-43,8	23,6	24,6	243	146	284
0,95	1,61	-51,6	-42,9	25,8	24,1	226	136	310
1,00	1,74	-55,6	-41,7	27,8	23,4	208	125	333
1,10	1,94	-62,1	-38,5	31,1	21,7	175	105	373
1,20	2,10	-67,1	-35,0	33,6	19,7	146	87	403
1,30	2,22	-70,9	-31,5	35,5	17,7	121	73	426
1,40	2,30	-73,7	-28,2	36,9	15,9	101	60	442
1,50	2,37	-75,8	-25,3	37,9	14,2	84	51	455
1,60	2,42	-77,4	-22,7	38,7	12,8	71	43	465
1,70	2,46	-78,6	-20,4	39,3	11,5	60	36	472
1,80	2,49	-79,5	-18,4	39,8	10,4	51	31	477
1,90	2,51	-80,3	-16,7	40,1	9,4	44	26	482
2,00	2,53	-80,8	-15,2	40,4	8,5	38	23	485

Tabela A2.27 - Laje retangular engastada em todo o contorno, com carga uniformemente distribuída

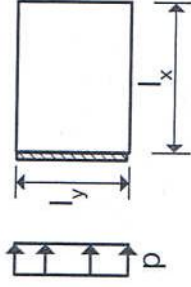
Teoria das Grelhas (apoios rígidos)



l_y/l_x	w_c	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y	r_x	r_y
0,50	0,15	-4,9	-19,6	2,5	9,8	235	29
0,55	0,22	-7,0	-23,1	3,5	11,5	252	42
0,60	0,30	-9,6	-26,6	4,8	13,3	266	57
0,65	0,39	-12,6	-29,9	6,3	14,9	276	76
0,70	0,50	-16,1	-32,9	8,1	16,5	282	97
0,75	0,63	-20,0	-35,6	10,0	17,8	285	120
0,80	0,76	-24,2	-37,8	12,1	18,9	284	145
0,85	0,89	-28,6	-39,6	14,3	19,8	279	171
0,90	1,03	-33,0	-40,8	16,5	20,4	272	198
0,95	1,17	-37,4	-41,4	18,7	20,7	262	224
1,00	1,30	-41,7	-41,7	20,8	20,8	250	250
1,10	1,55	-49,5	-40,9	24,8	20,5	223	297
1,20	1,76	-56,2	-39,0	28,1	19,5	195	337
1,30	1,93	-61,7	-36,5	30,9	18,3	169	370
1,40	2,07	-66,1	-33,7	33,1	16,9	145	397
1,50	2,17	-69,6	-30,9	34,8	15,5	124	418
1,60	2,26	-72,3	-28,2	36,2	14,1	106	434
1,70	2,33	-74,4	-25,8	37,2	12,9	91	447
1,80	2,38	-76,1	-23,5	38,0	11,7	78	457
1,90	2,42	-77,4	-21,4	38,7	10,7	68	464
2,00	2,45	-78,4	-19,6	39,2	9,8	59	471

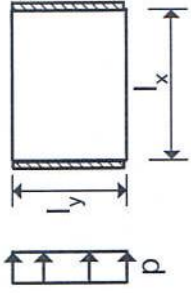
Tabela A2.28 - Laje retangular simplesmente apoiada em três lados e engastada no quarto, com carga uniformemente distribuída

Teoria das Grelhas (apoios flexíveis)



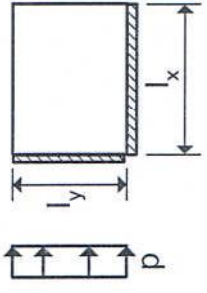
l_y/l_x	w_c	m_{xe}	m_x	m_y	r_x	r_{ye}	r_y
0,50	0,74	-7,9	7,9	28,3	226	55	39
0,55	1,03	-11,0	11,0	32,8	239	77	55
0,60	1,39	-14,8	14,8	37,0	247	104	74
0,65	1,79	-19,1	19,1	40,7	250	134	96
0,70	2,23	-23,8	23,8	43,7	250	167	119
0,75	2,70	-28,8	28,8	46,0	246	201	144
0,80	3,17	-33,8	33,8	47,5	238	237	169
0,85	3,63	-38,8	38,8	48,3	227	271	194
0,90	4,08	-43,5	43,5	48,4	215	305	218
0,95	4,50	-48,0	48,0	47,9	201	336	240
1,00	4,88	-52,1	52,1	46,9	187	365	260
1,10	5,54	-59,1	59,1	44,0	160	414	296
1,20	6,06	-64,6	64,6	40,4	135	452	323
1,30	6,46	-68,9	68,9	36,7	113	482	344
1,40	6,76	-72,1	72,1	33,1	95	505	360
1,50	6,98	-74,5	74,5	29,8	79	522	373
1,60	7,16	-76,3	76,3	26,8	67	534	382
1,70	7,29	-77,7	77,7	24,2	57	544	389
1,80	7,39	-78,8	78,8	21,9	49	552	394
1,90	7,47	-79,7	79,7	19,9	42	558	398
2,00	7,53	-80,3	80,3	18,1	36	562	402

Tabela A2.29 - Laje retangular apoiada em dois lados opostos e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída
Teoria das Grelhas (apoios flexíveis)



l_y/l_x	w_c	m_{xe}	m_x	m_y	r_x	r_y
0,50	0,70	-8,4	8,4	27,0	216	68
0,55	0,97	-11,6	11,6	30,8	224	93
0,60	1,27	-15,3	15,3	34,0	227	122
0,65	1,61	-19,3	19,3	36,5	225	154
0,70	1,95	-23,4	23,4	38,3	219	188
0,75	2,30	-27,6	27,6	39,3	209	221
0,80	2,64	-31,6	31,6	39,5	198	253
0,85	2,95	-35,4	35,4	39,2	184	283
0,90	3,24	-38,8	38,8	38,3	170	311
0,95	3,49	-41,9	41,9	37,2	156	335
1,00	3,72	-44,6	44,6	35,7	143	357
1,10	4,09	-49,1	49,1	32,5	118	393
1,20	4,37	-52,4	52,4	29,1	97	419
1,30	4,57	-54,8	54,8	26,0	80	439
1,40	4,72	-56,6	56,6	23,1	66	453
1,50	4,83	-57,9	57,9	20,6	55	463
1,60	4,91	-58,9	58,9	18,4	46	471
1,70	4,97	-59,6	59,6	16,5	39	477
1,80	5,02	-60,2	60,2	14,9	33	482
1,90	5,05	-60,6	60,6	13,4	28	485
2,00	5,08	-61,0	61,0	12,2	24	488

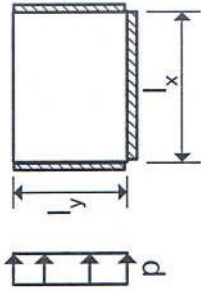
Tabela A2.30 - Laje retangular apoiada em dois lados contíguos e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída
Teoria das Grelhas (apoios flexíveis)



l_y/l_x	w_c	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y	r_{xe}	r_x	r_{ye}	r_y
0,50	0,46	-4,9	-19,6	4,9	19,6	275	196	34	25
0,55	0,65	-7,0	-23,1	7,0	23,1	294	210	49	35
0,60	0,90	-9,6	-26,6	9,6	26,6	310	221	67	48
0,65	1,18	-12,6	-29,9	12,6	29,9	322	230	88	63
0,70	1,51	-16,1	-32,9	16,1	32,9	329	235	113	81
0,75	1,88	-20,0	-35,6	20,0	35,6	332	237	140	100
0,80	2,27	-24,2	-37,8	24,2	37,8	331	236	170	121
0,85	2,68	-28,6	-39,6	28,6	39,6	326	233	200	143
0,90	3,10	-33,0	-40,8	33,0	40,8	317	226	231	165
0,95	3,51	-37,4	-41,4	37,4	41,4	305	218	262	187
1,00	3,91	-41,7	-41,7	41,7	41,7	292	208	292	208
1,10	4,64	-49,5	-40,9	49,5	40,9	260	186	347	248
1,20	5,27	-56,2	-39,0	56,2	39,0	228	163	394	281
1,30	5,79	-61,7	-36,5	61,7	36,5	197	140	432	309
1,40	6,20	-66,1	-33,7	66,1	33,7	169	120	463	331
1,50	6,52	-69,6	-30,9	69,6	30,9	144	103	487	348
1,60	6,78	-72,3	-28,2	72,3	28,2	124	88	506	362
1,70	6,98	-74,4	-25,8	74,4	25,8	106	76	521	372
1,80	7,13	-76,1	-23,5	76,1	23,5	91	65	533	380
1,90	7,26	-77,4	-21,4	77,4	21,4	79	56	542	387
2,00	7,35	-78,4	-19,6	78,4	19,6	69	49	549	392

Tabela A2.31 - Laje retangular apoiada em um lado e engastada nos demais, com carga uniformemente distribuída

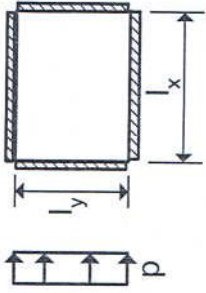
Teoria das Grelhas (apoios flexíveis)



l_y/l_x	w_c	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y	r_{xe}	r_x	r_y
0,50	0,45	-5,4	-19,0	5,4	19,0	267	190	43
0,55	0,63	-7,5	-22,2	7,5	22,2	282	202	60
0,60	0,85	-10,2	-25,1	10,2	25,1	293	209	81
0,65	1,10	-13,2	-27,8	13,2	27,8	299	214	106
0,70	1,38	-16,5	-30,0	16,5	30,0	300	214	132
0,75	1,68	-20,1	-31,8	20,1	31,8	297	212	161
0,80	1,98	-23,8	-33,0	23,8	33,0	289	206	190
0,85	2,29	-27,4	-33,8	27,4	33,8	278	199	220
0,90	2,58	-31,0	-34,0	31,0	34,0	265	189	248
0,95	2,86	-34,4	-33,9	34,4	33,9	249	178	275
1,00	3,13	-37,5	-33,3	37,5	33,3	233	167	300
1,10	3,58	-42,9	-31,5	42,9	31,5	201	143	344
1,20	3,94	-47,3	-29,2	47,3	29,2	170	122	378
1,30	4,22	-50,7	-26,7	50,7	26,7	144	103	405
1,40	4,44	-53,3	-24,2	53,3	24,2	121	86	426
1,50	4,60	-55,2	-21,8	55,2	21,8	102	73	442
1,60	4,73	-56,7	-19,7	56,7	19,7	86	62	454
1,70	4,82	-57,9	-17,8	57,9	17,8	73	52	463
1,80	4,90	-58,8	-16,1	58,8	16,1	63	45	470
1,90	4,95	-59,5	-14,6	59,5	14,6	54	39	476
2,00	5,00	-60,0	-13,3	60,0	13,3	47	33	480

Tabela A2.32 - Laje retangular engastada em todo o contorno, com carga uniformemente distribuída

Teoria das Grelhas (apoios flexíveis)



l_y/l_x	w_c	m_{xe}	m_{ye}	m_x	m_y	r_x	r_y
0,50	0,31	-3,7	-14,7	3,7	14,7	235	29
0,55	0,44	-5,2	-17,3	5,2	17,3	252	42
0,60	0,60	-7,2	-19,9	7,2	19,9	266	57
0,65	0,79	-9,5	-22,4	9,5	22,4	276	76
0,70	1,01	-12,1	-24,7	12,1	24,7	282	97
0,75	1,25	-15,0	-26,7	15,0	26,7	285	120
0,80	1,51	-18,2	-28,4	18,2	28,4	284	145
0,85	1,79	-21,4	-29,7	21,4	29,7	279	171
0,90	2,06	-24,8	-30,6	24,8	30,6	272	198
0,95	2,34	-28,1	-31,1	28,1	31,1	262	224
1,00	2,60	-31,3	-31,3	31,3	31,3	250	250
1,10	3,09	-37,1	-30,7	37,1	30,7	223	297
1,20	3,51	-42,2	-29,3	42,2	29,3	195	337
1,30	3,86	-46,3	-27,4	46,3	27,4	169	370
1,40	4,13	-49,6	-25,3	49,6	25,3	145	397
1,50	4,35	-52,2	-23,2	52,2	23,2	124	418
1,60	4,52	-54,2	-21,2	54,2	21,2	106	434
1,70	4,65	-55,8	-19,3	55,8	19,3	91	447
1,80	4,76	-57,1	-17,6	57,1	17,6	78	457
1,90	4,84	-58,0	-16,1	58,0	16,1	68	464
2,00	4,90	-58,8	-14,7	58,8	14,7	59	471