

LAJES COGUMELO e LAJES LISAS

Segundo Montoja são consideradas lajes cogumelo as lajes contínuas apoiadas em pilares ou suportes de concreto, ou seja, sem vigas. Podem ser apoiadas diretamente nos pilares (LAJES LISAS) ou sobre capitéis (LAJES COGUMELO).

As lajes podem ser maciças ou leves (nervuradas). Seu cálculo é realizado determinando os esforços desenvolvidos elasticamente. A influência das condições de suporte (capitéis ou engrossamento das lajes) é considerado com expressões e procedimentos empíricos baseados no comportamento real destas estruturas. Tais regras e critérios pressupõem algumas limitações no campo de aplicação. Nos casos em que a estrutura sai do padrão retangular ou quadrado deverá realizar-se uma análise mais detalhada, por exemplo, com programas computacionais.

Capitel é um alargamento da cabeça do pilar na região de contato com a laje, existem diferentes tipos de capitéis, eles foram usados desde a antiguidade (Grécia, Roma, etc). Atualmente não são muito comuns principalmente pelas suas dificuldades construtivas.

Podem ser usados engrossamentos das lajes na zona de suporte para reduzir o efeito de punção.

Normalmente, chama-se de *quadros* às regiões quadradas ou retangulares definidas pelas linhas que unem os eixos dos quatro pilares contíguos. Existindo assim, quadros internos e quadros externos em função de sua localização.

Definem-se como *bandas* a cada uma das faixas ideais, paralelas à direção do vão considerado em que se supõe dividido um quadro ou fila de quadros.

Segundo o ACI-318, considera-se *banda central*, a metade central do quadro ou fila de quadros. Como exceção, nos quadros cujas dimensões sejam $a/b > 4/3$, a banda central na direção do lado menor b , terá uma largura de $a-0.5*b$

Denomina-se *banda lateral* àquela situada lateralmente nos quadros, sua largura é definida como $1/4$ do vão perpendicular à faixa.

Denomina-se banda de suporte àquela formada por duas bandas laterais contíguas situadas a ambos os lados da linha que une os centros de uma fila de suportes.

Existe também uma banda externa.

Restrições para a definição dos limites de uso

a) Os suportes no devem estar desviados dos vértices teóricos de uma malha ortogonal em mais de 10% do vão correspondente na direção que se produz o desvio.

b) As dimensões da seção dos suportes retangulares $a_0 \times b_0$ cumprirão as seguintes limitações: na qual h_0 é a espessura da placa, h_1 é a espessura do capitel plano, a e b são os vãos respectivos.

$$a_0 \geq 25\text{cm} \dots b_0 \geq 25\text{cm}$$

$$a_0 \geq h_0 + h_1 \dots b_0 \geq h_0 + h_1$$

$$a_0 \geq a / 20 \dots b_0 \geq b / 20$$

No caso de suportes circulares, a seção do suporte quadrado de igual perímetro deve satisfazer as condições anteriores.

c) os parâmetros dos capitéis formaram com o eixo do suporte, um ângulo não superior a 45° .

e) a espessura mínima da laje será de 12cm ou $1/36$ do maior vão. Havendo a possibilidade de reduzir para 10 cm se os capitéis planos tem altura maior de $h_0/4$ e o comprimento do capitel for igual a $1/3$ do vão correspondente.

f) para placas nervuradas, não se admitem espessuras menores de 15 cm nem $1/30$ do vão máximo. A camada de compressão será de no mínimo 3 cm ou $1/15$ da dimensão do espaço livre entre nervuras. Para cargas concentradas grandes tal espessura não deverá ser inferior a 5 cm.

g) as lajes nervuradas deverão usar necessariamente engrossamento da laje maciça sobre cada suporte, poderão ser quadrados ou retangulares, sendo a dimensão mínima de $1/6$ do vão em cada direção correspondente.

h) as placas nervuradas levarão em seu contorno uma região maciça de pelo menos 25 cm ou h_0 .

i) os balanço não deverão ser maiores que 10 vezes a espessura da laje.

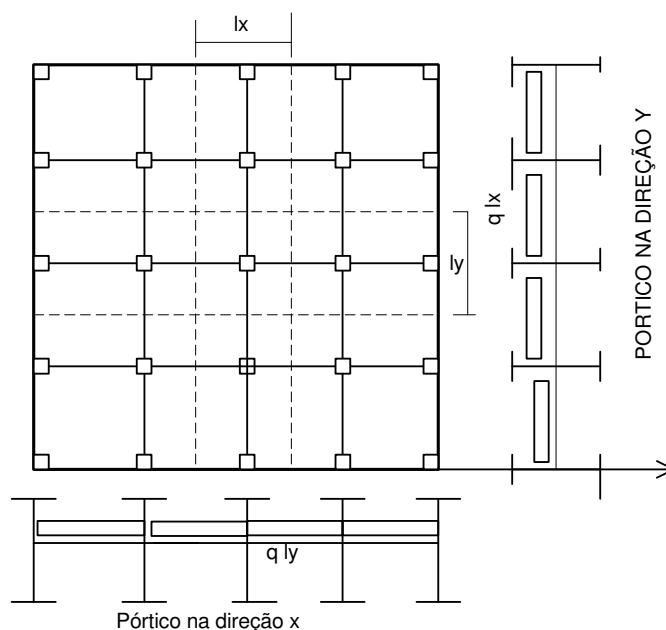
METODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO

A NBR6118-2004, nos casos de pilares dispostos em linhas ortogonais, permite que os esforços sejam calculados considerando-se pórticos múltiplos (de vários pisos) em cada direção. Assim, considera-se que cada laje esteja dividida em duas séries ortogonais de vigas. Para cada pórtico assim formado, considera-se o total da carga. Montoya considera válida esta metodologia no caso das sobrecargas não ultrapassarem o 70% das cargas permanentes. Para as inércias, consideram-se as larguras da faixa limitada pela metade da distância entre duas linhas de pilares.

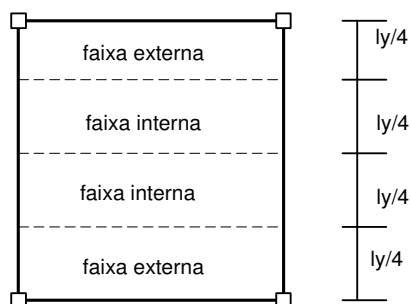
Os momentos assim calculados deverão ser distribuídos da seguinte maneira:

- 45% dos momentos positivos para as duas faixas internas;
- 27,5% dos momentos positivos para cada uma das faixas externas;
- 25 % dos momentos negativos para as duas faixas internas;
- 37,5% dos momentos negativos para cada uma das faixas externas.

Os valores dos momentos negativos usados com este método devem ser usados para o dimensionamento das armaduras, não sendo permitido o arredondamento do diagrama.



Esquema dos pórticos em ambas direções



Distribuição dos momentos fletores nas faixas em que a laje é dividida.

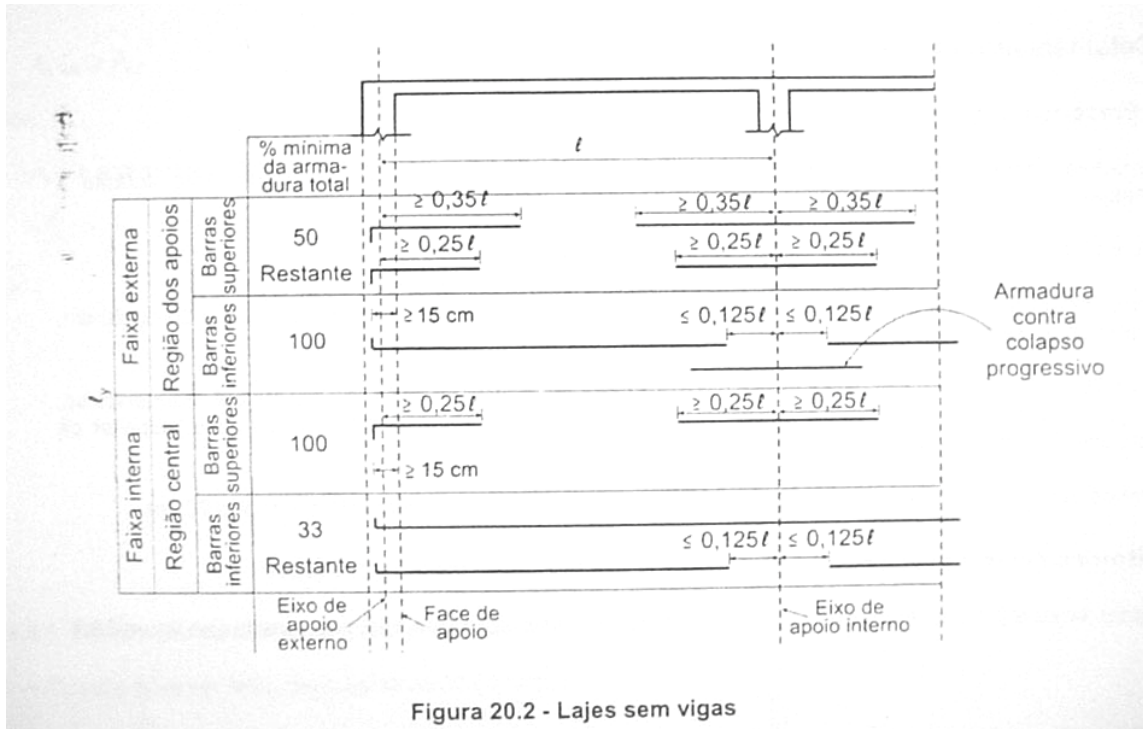


Figura 20.2 - Lajes sem vigas

A figura acima mostra o esquema de distribuição das armaduras no caso de lajes lisas e cogumelos.

DIMENSIONAMENTO DE LAJES À PUNÇÃO

19.5.1 Modelo de cálculo

O modelo corresponde à verificação de duas ou mais superfícies críticas definidas no entorno de cargas concentradas.

Na primeira superfície crítica (contorno C) do pilar ou da carga concentrada, deve ser verificada indiretamente a tensão de compressão diagonal do concreto, a través da tensão de cisalhamento.

A segunda superfície crítica (contorno C') afastada 2d do pilar ou carga concentrada deve ser verificada a capacidade da ligação à punção, associada à resistência à tração diagonal.

Caso haja necessidade, a ligação deve ser reforçada por armadura transversal.

a terceira superfície crítica (contorno C') apenas deve ser verificada quando for necessária colocar armadura transversal.

19.5.2 Definição da tensão solicitante nas superfícies críticas C e C'.

19.5.2.1 Pilar interno com carregamento simétrico:

$$\tau_{Sd} = F_{Sd} / u d$$

na qual: $d = (dx+dy)/2$

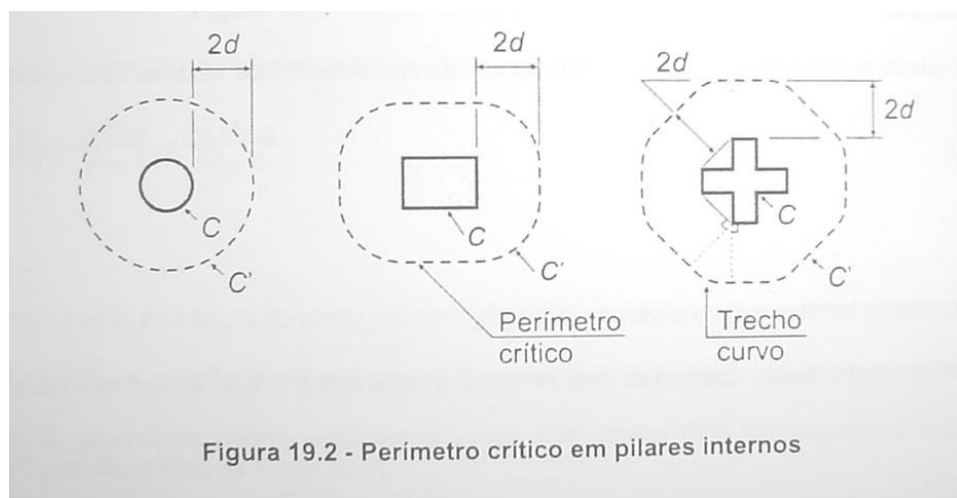
d é a altura útil da laje ao longo do contorno crítico C', externo ao contorno C da área de aplicação da força e distante 2d no plano da laje;

dx e dy são as alturas úteis nas duas direções ortogonais;

u é o perímetro do contorno crítico C';

ud é a área da superfície crítica;

Fsd é a força ou reação concentrada, de cálculo.



19.5.2.2 Pilar interno, com efeito de momento.

No caso em que, além da força vertical, existe transferência de momento da laje para o pilar, o efeito de assimetria deve ser considerado, de acordo com a expressão:

Na qual K é o coeficiente que fornece a parcela de M_{Sd} transmitida ao pilar por cisalhamento, que depende da relação C_1/C_2 .

$$\tau_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{ud} + \frac{K M_{Sd}}{W_p d}$$

C_1/C_2	0,5	1,0	2,0	3,0
K	0,45	0,60	0,70	0,80

C1 é a dimensão do pilar paralela à excentricidade da força;
C2 é a dimensão do pilar perpendicular à excentricidade da força.

Os valores de W_p devem ser calculados pelas expressões a seguir:

Para um pilar retangular:

$$W_p = \frac{C_1^2}{2} + C_1 C_2 + 4 C_1 d + 16 d^2 + 2 \pi d C_1$$

Para um pilar circular:

$$W_p = (D + 4d)^2$$

W_p pode ser calculado desprezando a curvatura dos cantos do perímetro crítico, através da expressão:

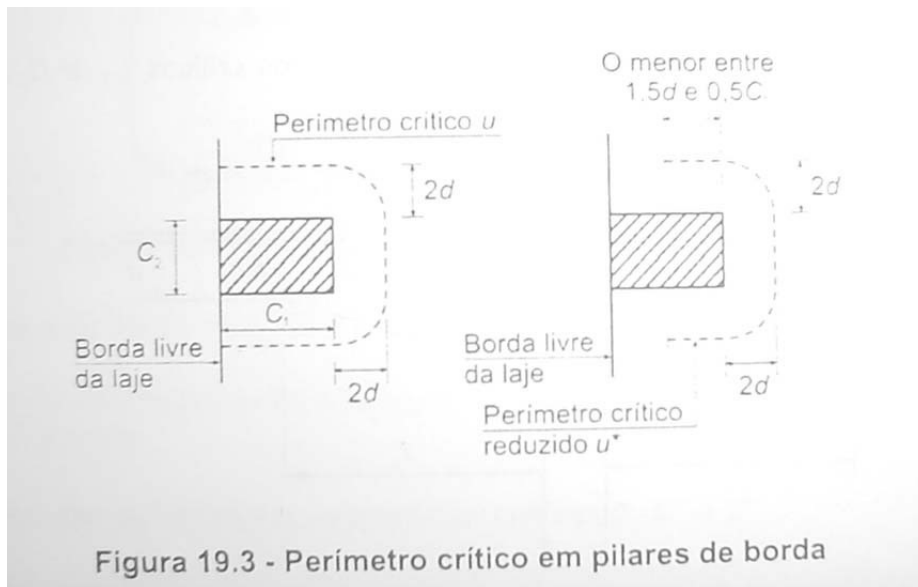
$$W_p = \int_0^u |e| dl$$

19.5.2.3 Pilares de borda

a) quando não agir momento no plano paralelo à borda livre:

$$\tau_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{u^* d} + \frac{K_1 M_{Sd1}}{W_{p1} d}$$

na qual u^* é o perímetro crítico reduzido;



b) quando agir momento no plano paralelo à borda livre:

$$\tau_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{u^* d} + \frac{K_1 M_{Sd1}}{W_{p1} d} + \frac{K_2 M_{Sd2}}{W_{p2} d}$$

19.5.3.1 Definição da tensão resistente nas superfícies críticas C, C', C''

19.5.3.1 Verificação da tensão resistente de compressão diagonal do concreto na superfície crítica C
 Tal verificação deve ser feita no contorno C, em lajes submetida a punção, com ou sem armadura.
 τ_{Sd} é calculado com perímetro u_0 .

$$\tau_{Sd} \leq \tau_{Rd2} = 0,27 \alpha_v f_{cd}$$

19.5.3.2 Tensão resistente na superfície crítica C' em elementos estruturais ou trechos sem armadura de punção

$$\tau_{Sd} \leq \tau_{Rd1} = 0,13 (1 + \sqrt{20/10}) (100 \rho f_{ck})^{1/3}$$

Na qual:

$$\rho = \sqrt{\rho_x \rho_y} \dots\dots d = (d_x + d_y) / 2$$

19.5.3.3 Tensão resistente na superfície crítica C' em elementos estruturais ou trechos com armadura de punção.
 A tensão resistente na superfície crítica C deve ser calculada como segue:

S_r é o espaçamento radial entre linhas de armadura de punção, não maior do que 0,75d;

$$\tau_{Sd} \leq \tau_{Rd3} = 0,10 (1 + \sqrt{20/10}) (100 \rho f_{ck})^{1/3} + 1,5 \frac{d}{S_r} \frac{A_{sw} f_{ywd} \sin \alpha}{u_d}$$

α é o ângulo de inclinação entre o eixo da armadura de punção e o plano da laje;

f_{ywd} é a resistência de cálculo da armadura de punção, não maior de 300 Mpa para conectores ou 250 Mpa para estribos (CA-50 ou CA-60). Para lajes de mais de 35 cm pode se aplicar o item 19.4.2, valores intermediários, interpolar linearmente.

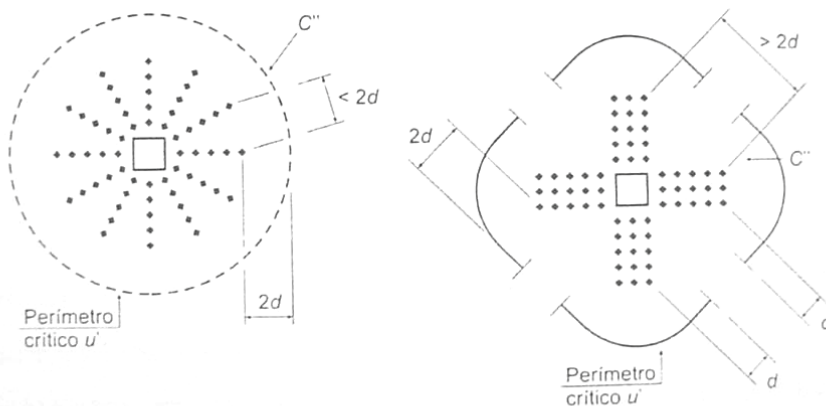


Figura 19.8 - Disposição da armadura de punção em planta e contorno da superfície crítica C

