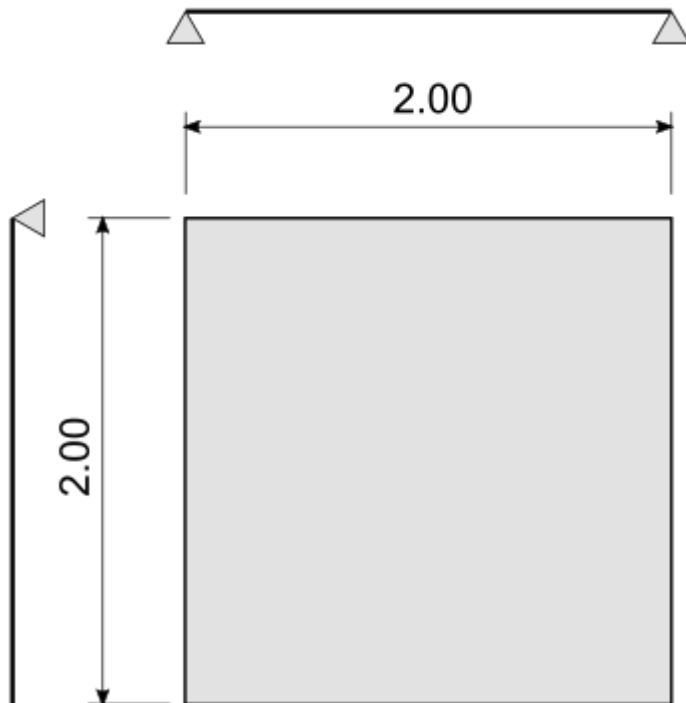


Cálculo das lajes

usando o método de Marcus ([tabelas](#))

e método [curso de engenharia da USP](#)

respeita [NBR 6118](#) e [NBR6120](#)



1. Predimensionamento / flexão máxima

Usando a [NBR 6118](#)

Fórmula: $d \geq L / (\psi_2 \times \psi_3)$

$\psi_2 = 1$ (apoios simples em 3 lados)

$\psi_3 = 30$ (usando CA-50)

$d = 200 \text{ cm} / (1 \times 30) = 6.7 \text{ cm}$

espessura = 6.7 cm + 2 cm de recobrimento (tipo I da NBR) = 8.7 cm = **9 cm**

2. Área e carga

Área: $2 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$

Peso próprio = $0.09 \text{ m} \times 2500 \text{ kg/m}^3$ (concreto) = $225 \text{ kg/m}^2 = 2.25 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga = 200 kg/m^2 (carga padrão para uso residencial) = 2 kN/m^2

Carga total = **4.25 kN/m²**

3. Tabela de Marcus

Usando o caso 1 da [tabela de Marcus](#), sem engastes:

$$L_x / L_y = 2.00 / 2.00 = 1$$

$$m_x = 27.4$$

$$m_y = 27.4$$

$$K_x = 0.5$$

4. Cálculo dos momentos máximos

Usando a tabela de Marcus:

$$M_x = qL^2/m_x = 4.25 \text{ kN/m}^2 \times 4 \text{ m}^2 / 27.4 = 0.62 \text{ kNm} = \mathbf{6.2 \text{ tfcm}}$$

$$M_y = M_x = 0.62 \text{ kNm} = 6.2 \text{ tfcm}$$

$$q_x = K_x \times q = 0.5 \times 4.25 \text{ kN/m}^2 = 2.125 \text{ kN/m}^2$$

Considerando que um lado é engastado (improvável, só para ver o que seria o caso extremo)

$$M_a = -qL^2/8 = -2.125 \text{ kNm} = -21.25 \text{ tfcm}$$

Usando a NBR ([tabela de Bares](#)):

Caso 1 (apoios simples)

$$M_{ux} = M_{uy} = 4.23$$

$$M_x = M_y = M_{ux} \times qL^2/100 = 4.23 \times 4.25 \text{ kN/m}^2 \times 4 / 100 = 0.71 \text{ kNm} = \mathbf{7.1 \text{ tfcm}}$$

5. Dimensionamento das ferragens

Usando aço CA-50 / concreto C20

~~$$x = \text{metade da altura total da laje} = 9 \text{ cm} / 2 = 4.5 \text{ cm}$$~~

$$d = \text{altura da laje acima da ferragem} = 7 \text{ cm}$$

Dimensionamento para M_x/M_y (Marcus)

~~$$\text{Usando sigma calculado} = x/d = 4.5/7 = 0.6428 \rightarrow k_6 = 41 \rightarrow k_3 = 0.429$$~~

$$\text{Usando } k_6 \text{ da tabela} = 100 \times d^2 / q = 100 \times 7^2 / 6.2 \text{ tfcm} = 790 \rightarrow k_3 = 0.325$$

$$\text{Área de aço } A_s = 0.325 \times 6.2 / 7 = \mathbf{0.28 \text{ cm}^2/\text{m}}$$

Dimensionamento para M_x/M_y (NBR)

Usando [Tabelas Gerais](#)

$$\text{Usando momento de cálculo } M_d = 1.4 \times M_x = 1.4 \times 0.71 \text{ kNm} = 0.994 \text{ kNm} = 99.4 \text{ kNcm}$$

$$k_c = bd^2/M_d = 100 \times 7^2 / 99.4 = 49.3 \text{ cm}^2/\text{kN}$$

ks = 0.023 (tabela) Bitola	20 cm	15 cm	10 cm
--------------------------------------	--------------	--------------	--------------

Área de aço $A_s = k_s \times M_d / d = 0.023 \times 99.4 / 7 = \mathbf{0.32 \text{ cm}^2/\text{m}}$

Dimensionamento para Ma (caso não existente apenas para ver o que seria o extremo)

~~Usando sigma calculado = $x/d = 4.5/7 = 0.6428 \rightarrow k_6 = 41 \rightarrow k_3 = 0.429$~~

Usando k6 da tabela = $100 \times d^2 / q = 100 \times 7^2 / 21.25 \text{ tfcm} = 230 \rightarrow k_3 = 0.331$

Área de aço $A_s = 0.331 \times 21.25 / 7 = \mathbf{1.0 \text{ cm}^2/\text{m}}$

6. Verificação tamanho mínimo (NBR):

$A_{s \text{ min}} = 0.00075 \times h \times l = 0.00075 \times 7 \times 100 = \mathbf{0.52 \text{ cm}^2/\text{m}}$

7. Ferragens

Telas disponíveis e área em cm^2/m

Bitola	20 cm	15 cm	10 cm
3.4 mm	0.36	0.54	0,81
4.2 mm	0.55	0.82	1.24

Ferragem apropriado: **4.2 mm x 20 cm** ou **3.4 mm x 15 cm**