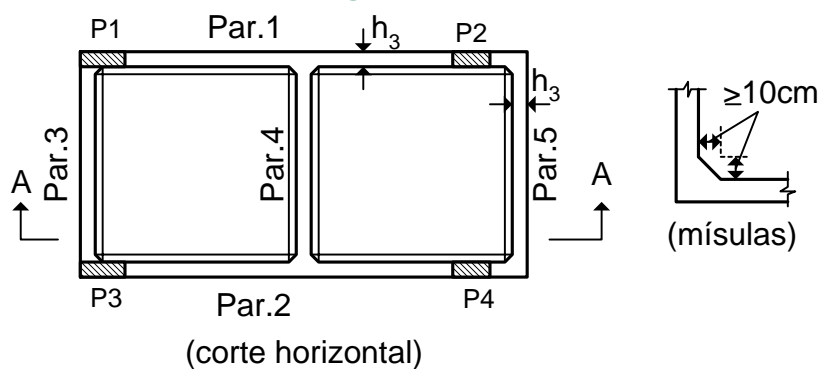
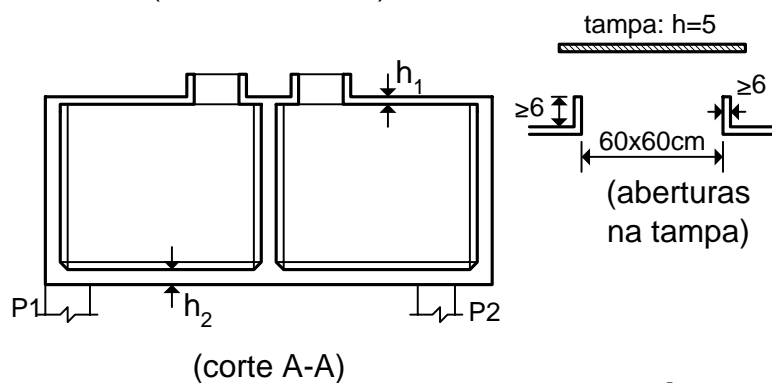


RESERVATÓRIOS DOS EDIFÍCIOS

5.1- INTRODUÇÃO

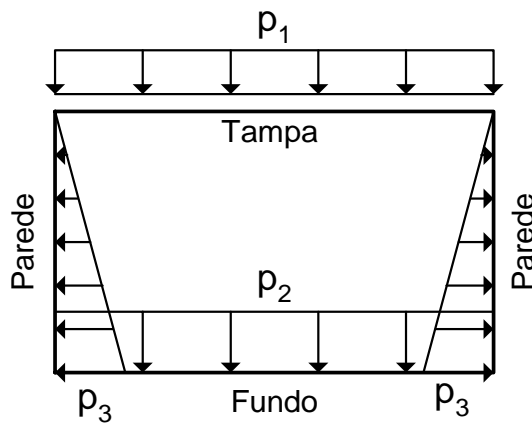


Espessuras mínimas:
 $h_1 = 7 \text{ cm}$
 $h_2 \text{ e } h_3 = 15 \text{ cm}$



Detalhes típicos

5.2- CARGAS NOS RESERVATÓRIOS



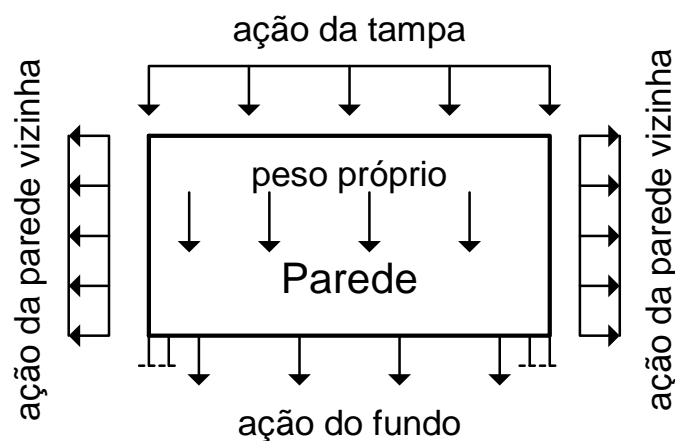
Cargas para funcionamento como placas

A) **Tampa** (carga uniforme p_1)
- peso próprio = $25h_1$ kN/m²
- revestimento = 1,0 kN/m²
- accidental = 0,5 kN/m²

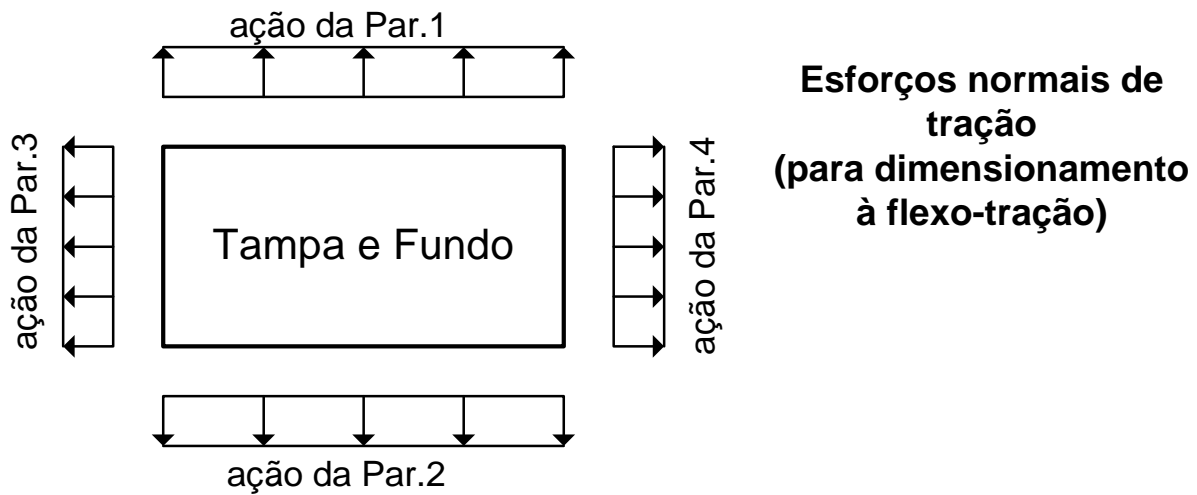
B) **Fundo** (carga uniforme p_2)
- peso próprio = $25h_2$ kN/m²
- revestimento = 1,0 kN/m²
- pressão de água = $10h$ kN/m²
(h = altura máxima de água no reservatório, em metros)

C) **Paredes** (carga triangular p_3)
- ordenada máxima = $10h$ kN/m²

CARGAS ATUANDO NO PLANO DAS LAJES



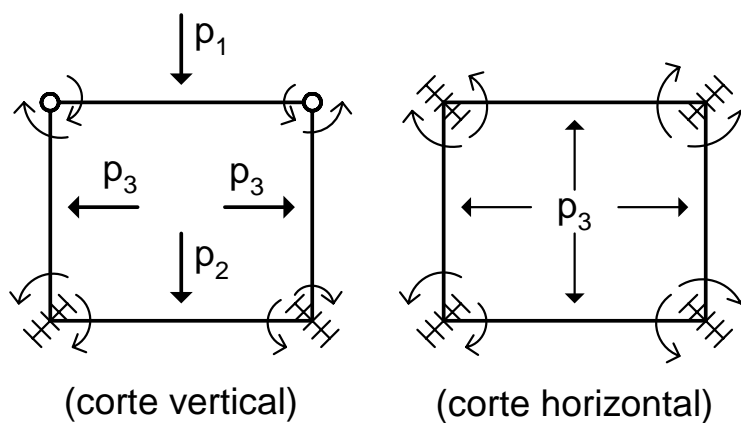
Cargas para cálculo como viga-parede ou viga esbelta



Observações:

1. As lajes estão submetidas à flexo-tração
2. As paredes funcionam como placas e como vigas-parede (ou viga esbelta)
3. A suspensão da carga pendurada nas paredes é considerada no dimensionamento à flexo-tração (na direção vertical)

5.3- CONSIDERAÇÕES PARA O CÁLCULO COMO PLACAS



Definição das condições de contorno das placas

- Se as lajes giram no mesmo sentido: rótula
- Se as lajes giram em sentidos contrários: engaste



carga
uniforme



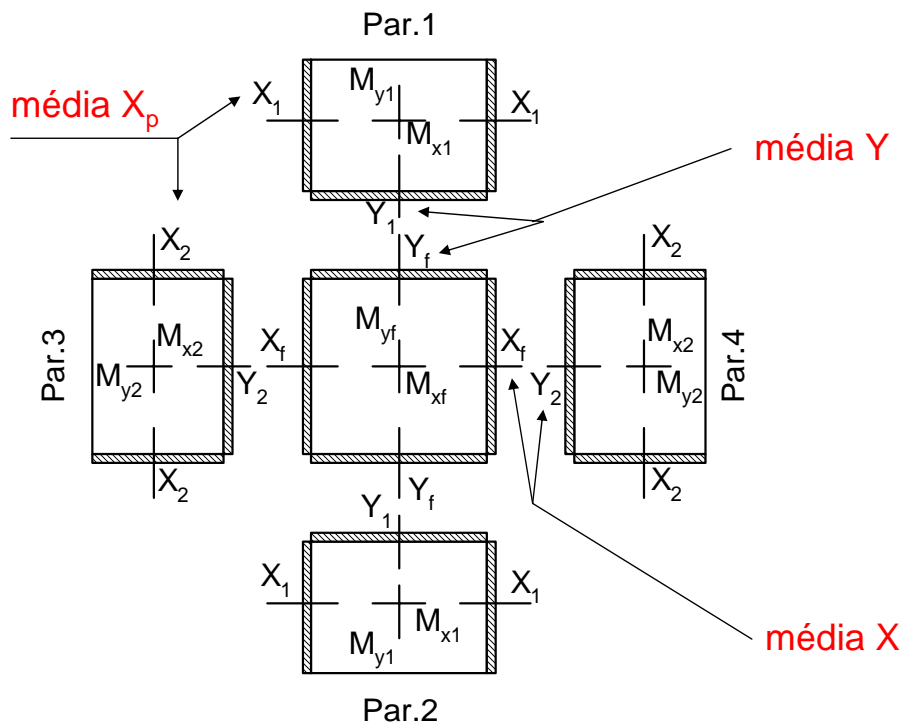
carga
uniforme



carga triangular

Condições de contorno das lajes

Tabelas para cálculo – Volume 2, Apêndice 2	
Tampa	Tabela A2.1
Fundo	Tabela A2.6
Paredes – Momentos fletores	Tabela A2.17
Paredes – Reações	Tabela A2.5 (com $p = p_3/2$)



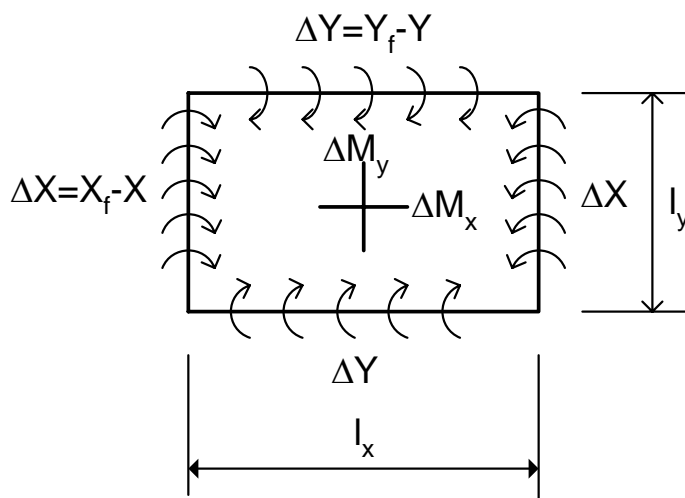
Momentos fletores resultantes do cálculo das lajes isoladas

Momentos negativos para o dimensionamento das armaduras de ligação

ligação parede-parede	$X_p = (X_1 + X_2)/2$
ligação fundo-parede 1 e fundo-parede 2	$Y = (Y_f + Y_1)/2$
ligação fundo-parede 3 e fundo-parede 4	$X = (X_f + Y_2)/2$

- Esses valores médios servirão para corrigir os momentos positivos na laje de fundo. Quando do dimensionamento das ligações, respeitar o mínimo de 80% do maior momento de engastamento perfeito.
- As armaduras negativas de ligação são obtidas através do dimensionamento à flexão simples de uma seção com $b=100$ cm e $h =$ espessura da parede = espessura do fundo.
- A flexo-tração é considerada no dimensionamento das armaduras positivas das lajes.

Correção dos momentos positivos na laje de fundo



Momentos aplicados nas bordas da laje de fundo para correção dos momentos positivos

$$\Delta M_x = 2(\gamma_x^1 \Delta X + \gamma_x^2 \Delta Y)$$

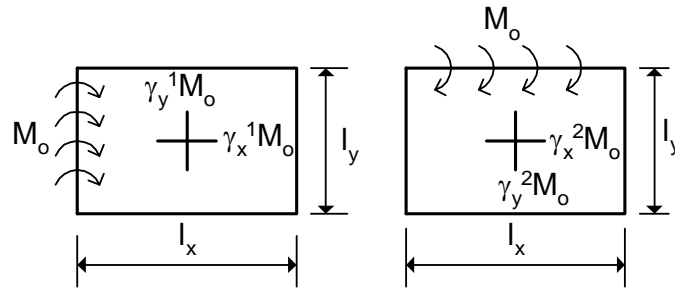
$$\Delta M_y = 2(\gamma_y^1 \Delta X + \gamma_y^2 \Delta Y)$$

Momentos positivos finais na laje de fundo:

$$M_x = M_{xf} + \Delta M_x$$

$$M_y = M_{yf} + \Delta M_y$$

Tabela 5.3.1 - Placa retangular com momento senoidal aplicado em uma das bordas ($\nu = 0,2$)



l_x/l_y	γ_x^1	γ_y^1	γ_x^2	γ_y^2
0,50	0,300	0,153	0,063	-0,011
0,60	0,244	0,162	0,090	-0,003
0,70	0,194	0,165	0,113	0,013
0,80	0,151	0,165	0,131	0,034
0,90	0,114	0,161	0,145	0,058
1,00	0,084	0,155	0,155	0,084

Tabela 5.3.1 - Continuação

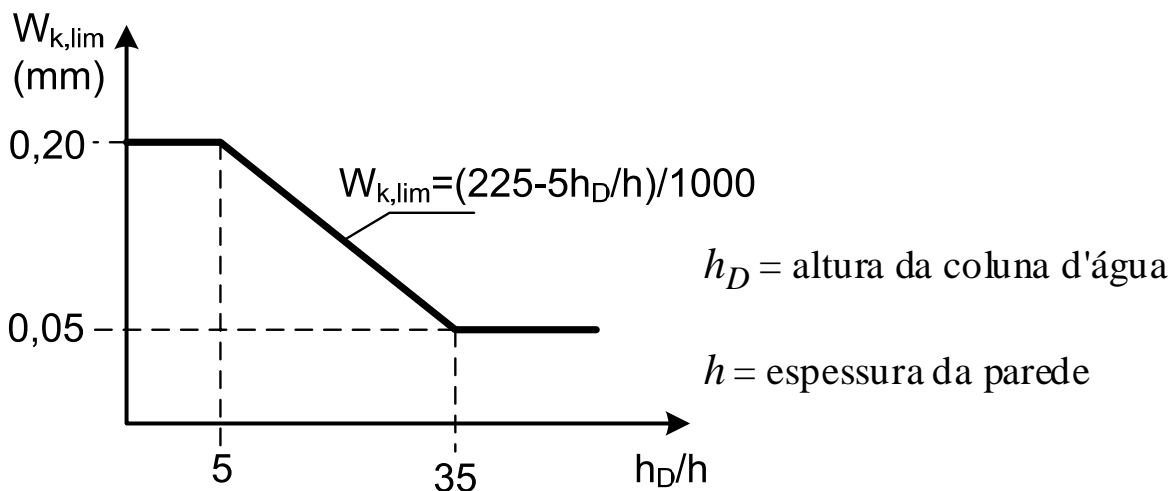
l_x/l_y	γ_x^1	γ_y^1	γ_x^2	γ_y^2
1,00	0,084	0,155	0,155	0,084
1,10	0,060	0,146	0,161	0,111
1,20	0,042	0,137	0,164	0,138
1,30	0,027	0,126	0,166	0,163
1,40	0,016	0,116	0,166	0,188
1,50	0,007	0,106	0,165	0,210
1,60	0,001	0,096	0,163	0,231
1,70	-0,004	0,087	0,161	0,251
1,80	-0,007	0,078	0,158	0,268
1,90	-0,009	0,070	0,156	0,285
2,00	-0,011	0,063	0,153	0,300

- Após obter os momentos fletores finais, dimensionar as armaduras à flexo-tração.
- O esforço normal é igual à reação de apoio da laje vizinha.

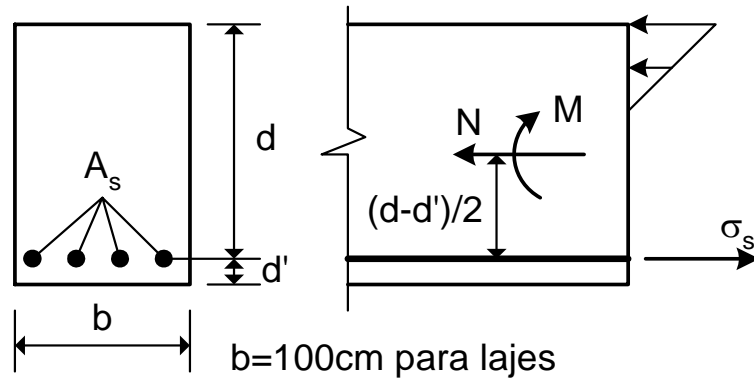
5.4- VERIFICAÇÃO DA ABERTURA DAS FISSURAS

Abertura limite das fissuras $w_{k,lim}$:

- tampa, paredes e fundo: 0,20 mm (face sem contato com a água, momentos positivos)
- ligações: conforme EC-2 (ver gráfico); face em contato com a água; momentos negativos.



- O cálculo da abertura das fissuras é feito conforme o capítulo 7 do Volume 2.
- A tensão na armadura deve considerar a flexo-tração e as deformações impostas (retração + deformação térmica).



<p>Momento equivalente:</p> $M_s = M - N \left(\frac{d - d'}{2} \right) \geq 0$	$\xi = -n\rho + \sqrt{(n\rho)^2 + 2n\rho}$ $k_2 = \frac{1}{6} \xi^2 (3 - \xi)$ $n = E_s / E_{cs} ; \quad \rho = A_s / (bd)$
<p>Tensão de referência:</p> $\sigma_{sr} = \left(\frac{1 + n\rho_{se}}{\rho_{se}} \right) f_{ct}$	<p>Tensão na armadura:</p> $\sigma_s = \frac{n(1 - \xi)}{k_2} \frac{M_s}{bd^2} + \frac{N}{A_s} + \underline{E_s R \varepsilon_{cn}}$

Parcela da deformação imposta: $E_s R \varepsilon_{cn}$

R = fator de restrição (geralmente, $R = 0,5$)

$E_s = 20.000 \text{ kN/cm}^2$ (módulo de elasticidade do aço)

$\varepsilon_{cn} = \varepsilon_{cs} + \alpha \Delta T$ = deformação imposta

ε_{cs} = deformação de retração

$\alpha = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (coeficiente de dilatação térmica do concreto)

ΔT = variação de temperatura (em $^\circ\text{C}$)

Exemplo:

- fundo: $\varepsilon_{cn} = 15 \times 10^{-5}$
- tampa: $\varepsilon_{cn} = 70 \times 10^{-5}$
- paredes e ligações: $\varepsilon_{cn} = 35 \times 10^{-5}$

Justificativas no cap. 5
do Volume 4)



ABERTURA DAS FISSURAS:

$$\text{A) Se } \sigma_s < \sigma_{sr}: w_k = \frac{\sigma_s}{2\tau_{bm}} \phi \left(\frac{1}{1 + n\rho_{se}} \right) (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} + R\varepsilon_{cn})$$

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

Ver Cap. 7 do Volume 2

Exemplo numérico: Cap. 5 do Volume 4