

ECV 114 – FUNDAÇÕES E OBRAS DE TERRA

***FUNDAÇÕES RASAS – DIMENSIONAMENTO
GEOTÉCNICO***

Prof. Ana Paula Moura
ana.paula.moura@live.com

PROGRAMAÇÃO DA AULA

Dimensionamento geotécnico de sapatas:

- 1) Isoladas;
- 2) Associada;
- 3) De divisa
- 4) Corrida.

1. INTRODUÇÃO

NBR6122:2010 – Projeto e execução de fundações

Pag. 22 – Dimensionamento geométrico

- **Lastro:** todas as partes da fundação em contato com o solo devem ser concretadas sobre um lastro de concreto não estrutural com no mínimo 5 cm de espessura;

1. INTRODUÇÃO

- **Carregamento excêntrico:** o solo é um elemento que não resistente à tração;
- **Área comprimida:** deve ser no mínimo $2/3$ da área total;
- **Dimensões mínimas:** 0,60 m;
- **Profundidade mínima:** 1,50 m, exceto para sapatas com dimensões inferiores a 1 metro, cuja profundidade pode ser reduzida;

1. INTRODUÇÃO

NBR6122:2010 – Projeto e execução de fundações

Pag. 20 e 21 - Considerações sobre as tensões admissíveis

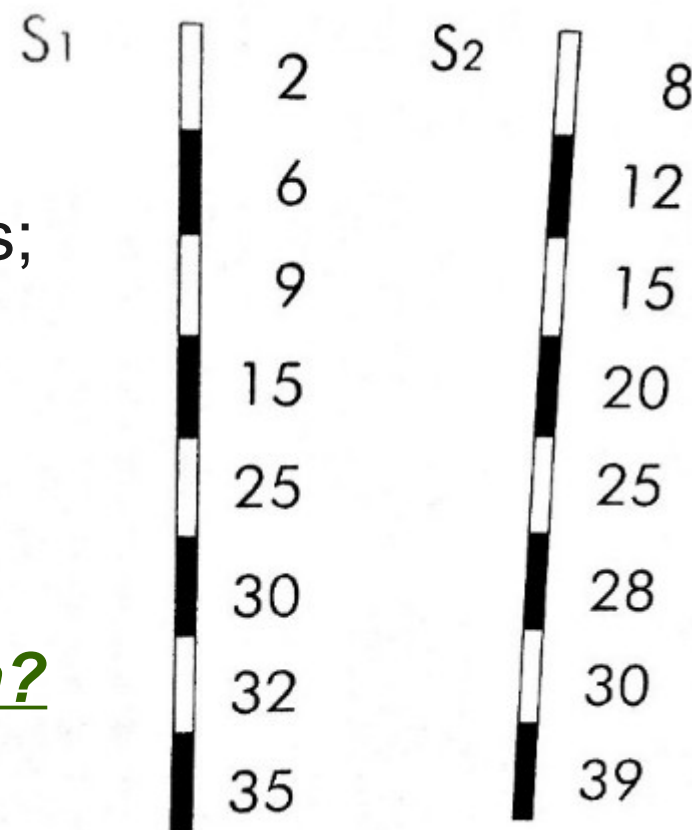
- 1) Métodos teóricos
- 2) Métodos semi empíricos
- 3) Prova de carga sobre placa

2. SAPATA ISOLADA

“Placa de concreto armado cuja dimensões em planta são da mesma ordem de grandeza.”

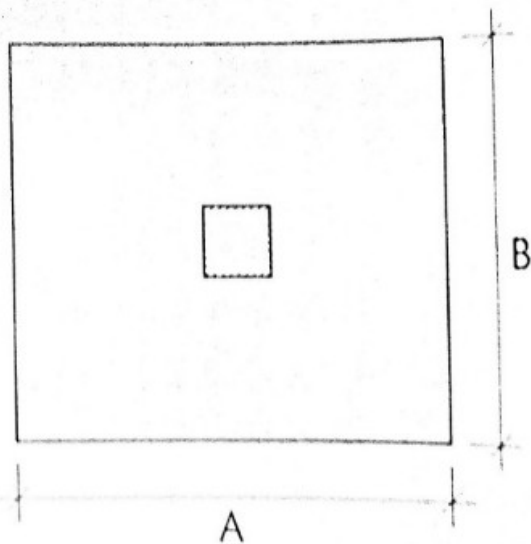
- Cargas concentradas;
- Pilares e reações das vigas baldrame;
- $N_{spt} \geq 8$;
- Profundidade de 2 m.

Porque limitar a profundidade em 2m?



2. SAPATA ISOLADA

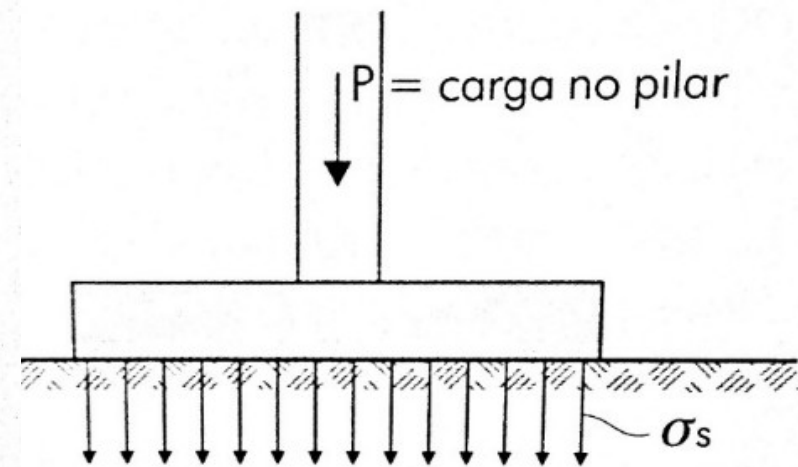
“DIMENSÕES DETERMINADAS PELAS CARGAS APLICADAS E PELA RESISTÊNCIA DO SOLO”



P = carga no pilar

$\bar{\sigma}_s$ = tensão admissível do solo ou taxa do solo

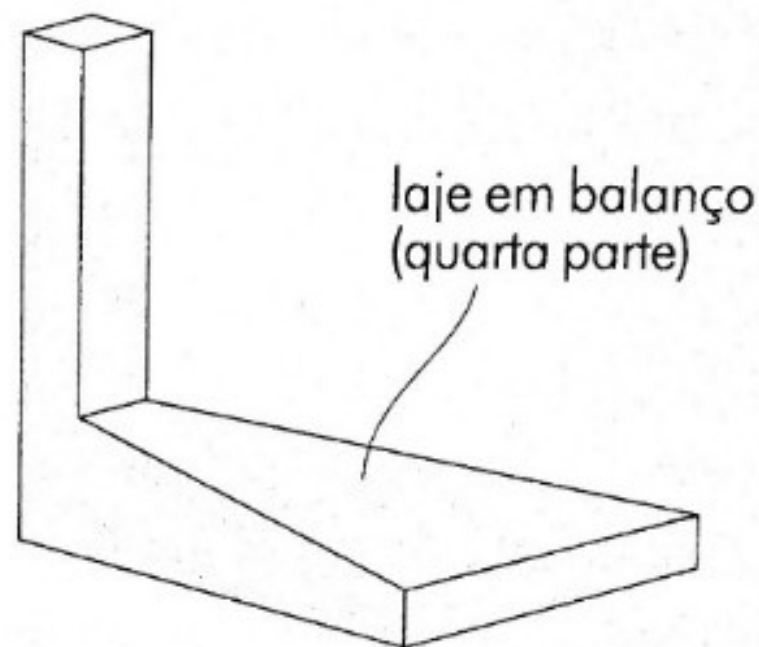
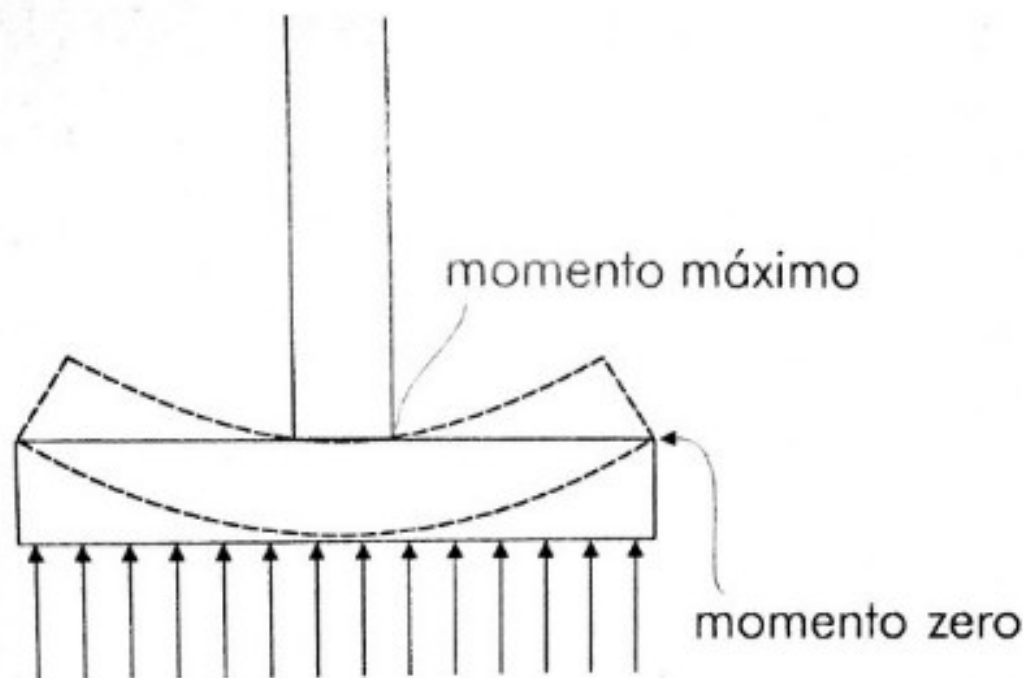
$$\sigma_s = \frac{P}{A \times B} \leq \bar{\sigma}_s$$



2. SAPATA ISOLADA

Comportamento da sapata: modelo aproximado:

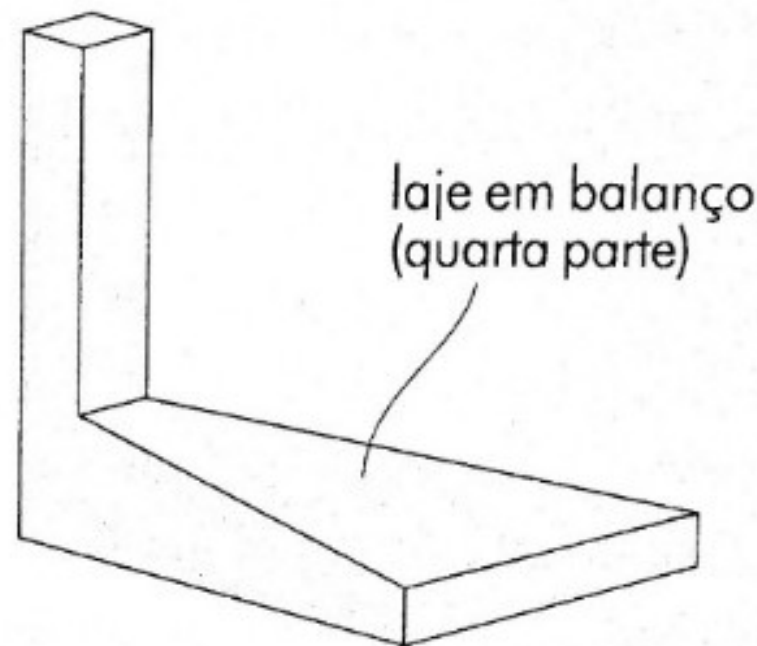
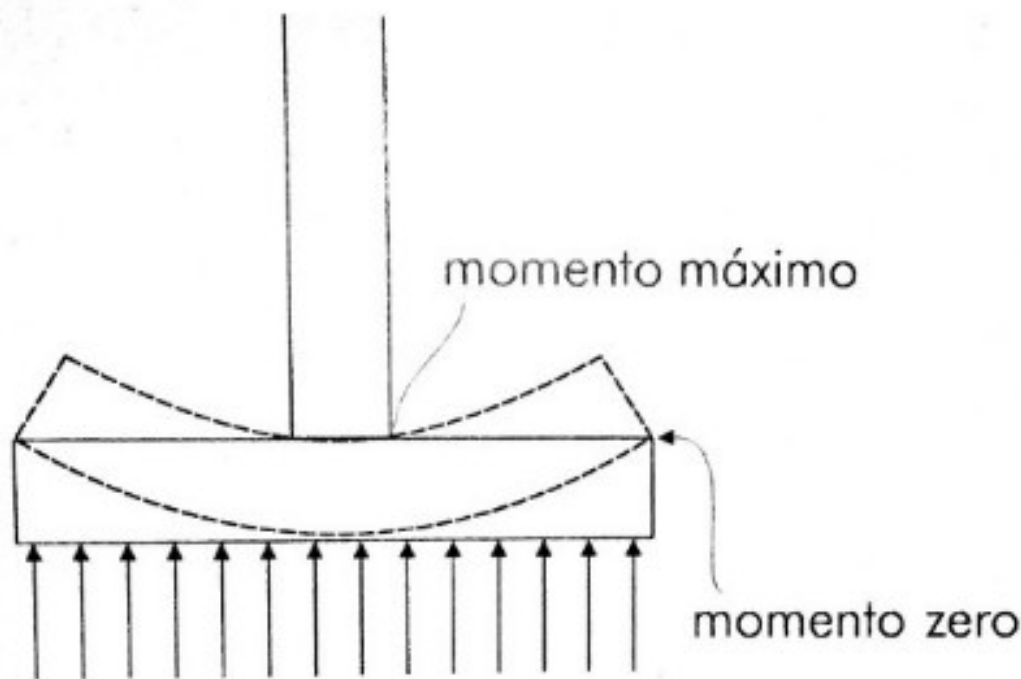
Dividida em quatro triângulos independentes engastados no pilar e recebendo como carga a reação do solo.



2. SAPATA ISOLADA

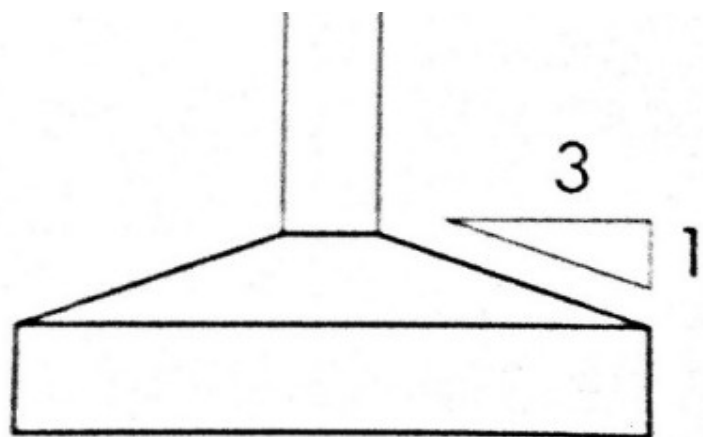
Comportamento da sapata: modelo aproximado:

- 1) *O que acontece com o momento fletor?*
- 2) *A espessura da sapata precisa ser constante?*

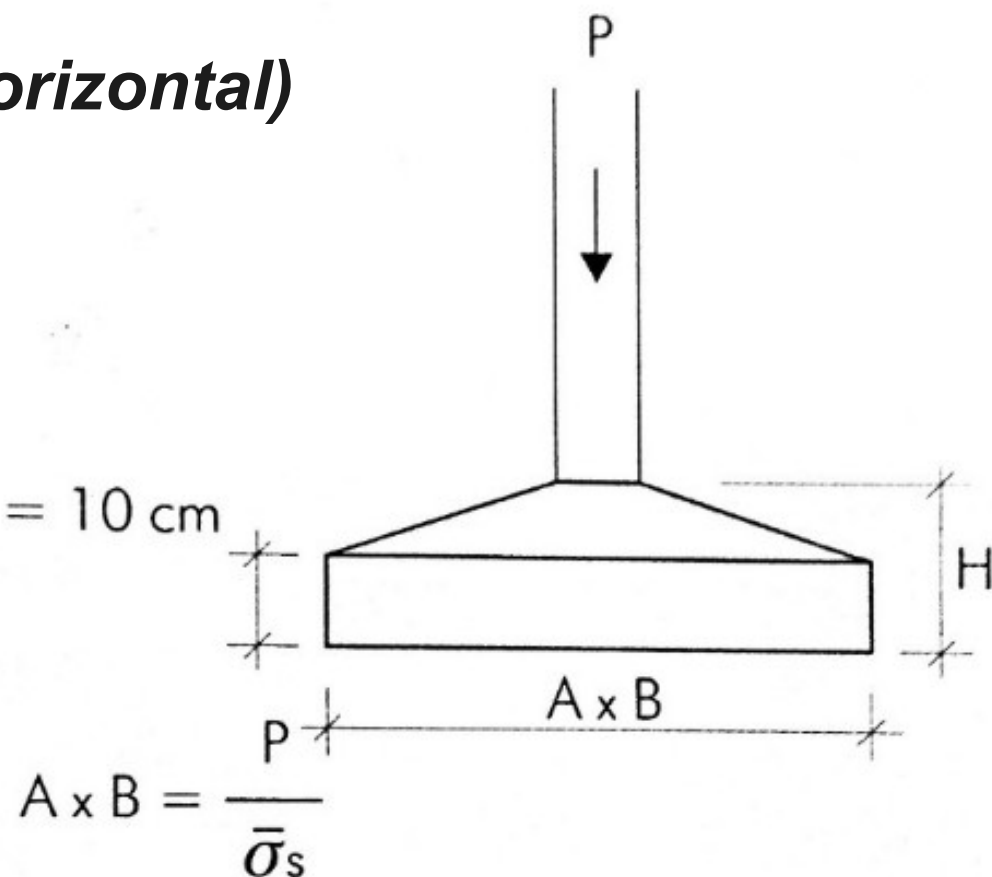


2. SAPATA ISOLADA

- **Inclinação** → **escorregamento do concreto**
- **Inclinação** → **1:3 (vertical:horizontal)**
- **Espessura mínima** → **10 cm**



mínimo = 10 cm



2. SAPATA ISOLADA

TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO + CARGA NO PILAR
ÁREA DA SAPATA

E A ESPESSURA???

Pré dimensionamento de sapatas isoladas:

$h = 30\%$ do maior lado da sapata

mínimo de 10 cm.

2. SAPATA ISOLADA

TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO + CARGA NO PILAR
ÁREA DA SAPATA

E A ESPESSURA???

Pré dimensionamento de sapatas isoladas:

$h = 30\%$ do maior lado da sapata

mínimo de 10 cm.

2. SAPATA ISOLADA

A área da base de um bloco de fundação ou de uma sapata, quando sujeita apenas a uma carga vertical, é calculada pela expressão:

$$A = a \times b = \frac{P + pp}{\sigma_s}$$

- P = carga proveniente do pilar;
- pp = peso próprio do bloco ou da sapata;
- σ_s = tensão admissível do solo.

2. SAPATA ISOLADA

Peso próprio → depende das dimensões;

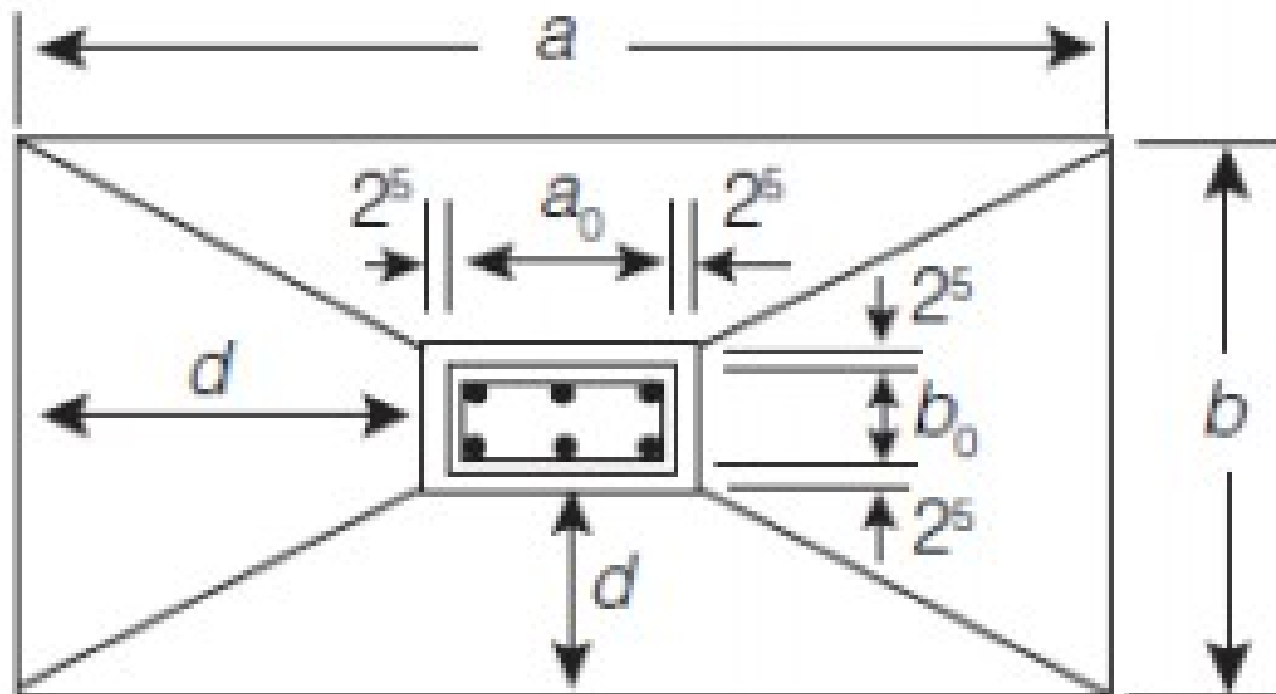
Dimensões → dependem do peso próprio;

Método de tentativas → estimar peso próprio e dimensionar a sapata e verificar se o valor é menor ou igual ao estimado;

Geralmente é pouco significativo → sua não utilização está dentro das imprecisões da estimativa do valor da σ_s

→ DESPREZAR!

2. SAPATA ISOLADA



2. SAPATA ISOLADA

DIRETRIZES PARA A ESCOLHA DAS DIMENSÕES a e b:

- Centro de gravidade da sapata → coincidir com o do pilar;
- Nenhuma dimensão menor que 60 cm;
- Relação entre os lados a e b menor ou igual a 2,5;
- Balanços em relação as faces do pilar iguais nas duas direções.

2. SAPATA ISOLADA

CASOS GERAIS QUE PODEM ACONTECER:

1) Pilar quadrado ou circular;

$$a = \sqrt{\frac{P}{\sigma_s}}$$

Exemplo 1: Dimensionar uma sapata para um pilar 30x30 cm e carga de 1500 kN, sendo a taxa admissível no solo igual a 0,30 MPa.

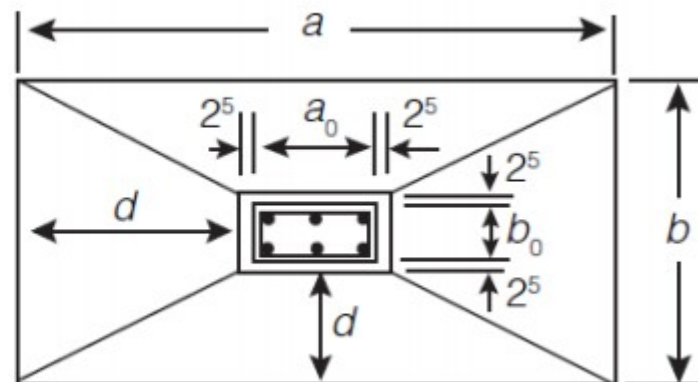
2. SAPATA ISOLADA

CASOS GERAIS QUE PODEM ACONTECER:

2) Pilar retangular:

$$a \times b = \frac{P}{\sigma_s}$$

$$\left. \begin{array}{l} a - a_0 = 2d \\ b - b_0 = 2d \end{array} \right\} \therefore a - b = a_0 - b_0$$



Exemplo 2: Dimensionar uma sapata para um pilar 30x100cm e carga de 3000 kN, sendo a taxa admissível no solo igual a 0,30 MPa.

2. SAPATA ISOLADA

CASOS GERAIS QUE PODEM ACONTECER:

2) Pilar retangular:

Exemplo 3:

Dimensionar uma sapata para um pilar 20x40cm e carga de 80 tf, sendo a sondagem apresentada abaixo.



2. SAPATA ISOLADA

CASOS GERAIS QUE PODEM ACONTECER:

2) Pilar retangular:

TIPO DE SOLO	NÚMERO DE GOLPES (SPT)	TAXA DO SOLO (kgf/cm ²)
Areia e Silte	0 a 4	0 a 1
	5 a 8	1 a 2
	9 a 18	2 a 3
	19 a 40	≥ 4
Argila	0 a 2	0 a 0,25
	3 a 5	0,5 a 1
	6 a 10	1,5 a 3
	11 a 19	3 a 4
	≥ 19	≥ 4

2. SAPATA ISOLADA

CASOS GERAIS QUE PODEM ACONTECER:

3) Pilar em L, Z, E, etc:

Recai no caso anterior ao substituir o pilar real por um outro fictício de forma retangular circunscrito ao mesmo e que tenha seu centro de gravidade com o centro de carga do pilar em questão.

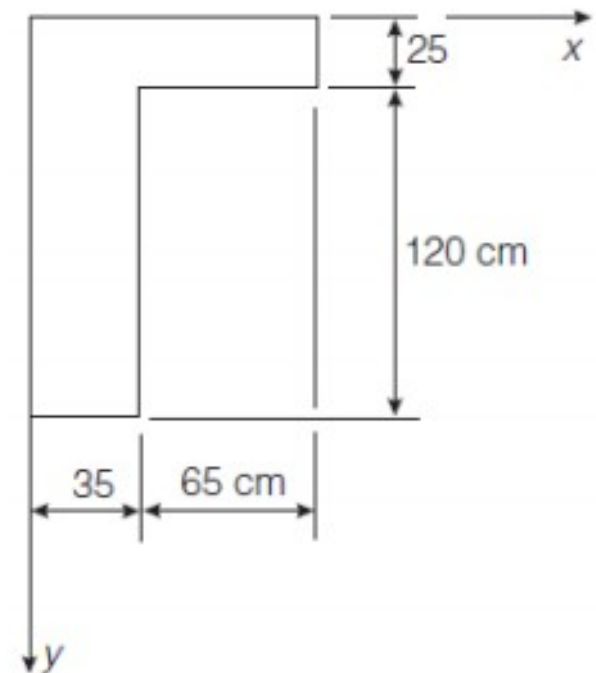
2. SAPATA ISOLADA

CASOS GERAIS QUE PODEM

ACONTECER:

3) Pilar em L, Z, E, etc:

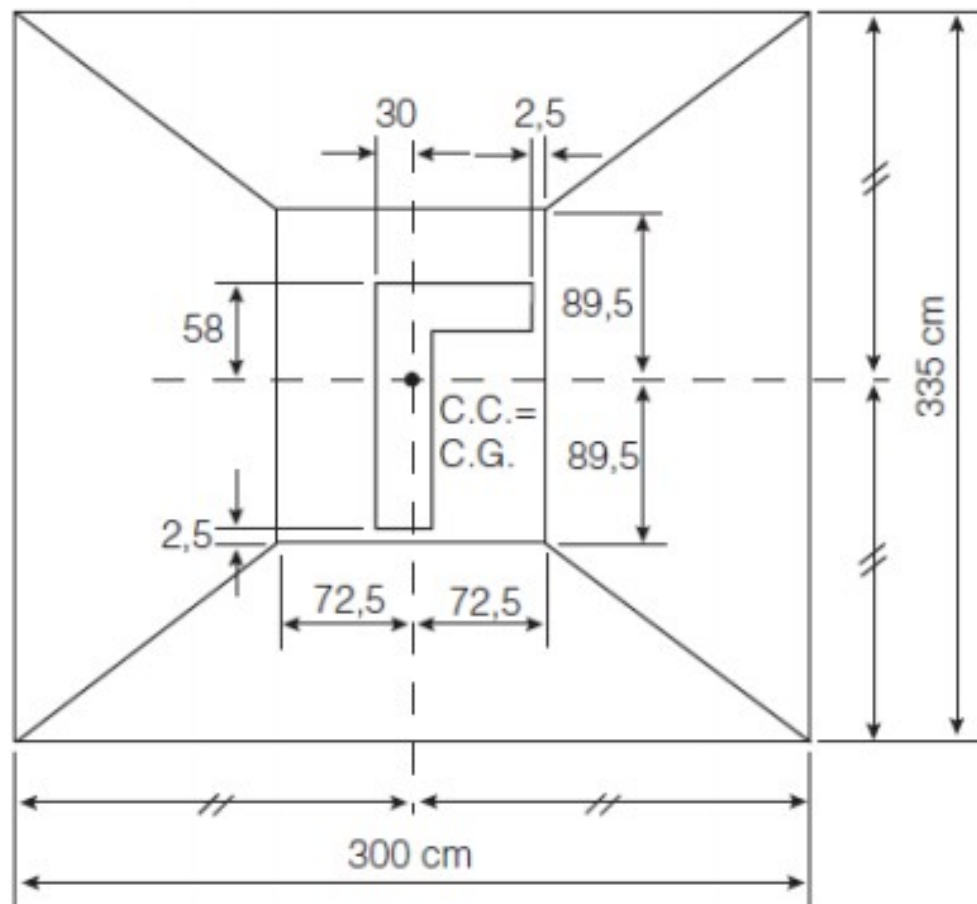
Exemplo 4: Projetar uma sapata para o pilar indicado com carga de 3000 kN e taxa no solo 0,3MPa.



2. SAPATA ISOLADA

CASOS GERAIS QUE PODEM ACONTECER:

3) Pilar em L, Z, E, etc:



2. SAPATA ISOLADA

CASOS GERAIS QUE PODEM

ACONTECER:

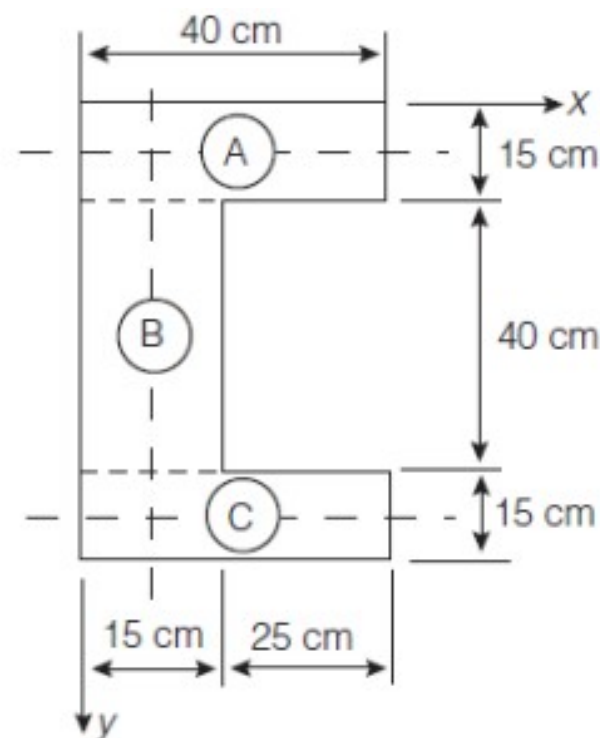
3) Pilar em L, Z, E, etc:

Exemplo 5: Projetar uma sapata para o pilar indicado com taxa no solo $0,3\text{MPa}$ e cargas ao longo do eixo:

RAMO A – 1000 kN/m

RAMO B – 1500 kN/m

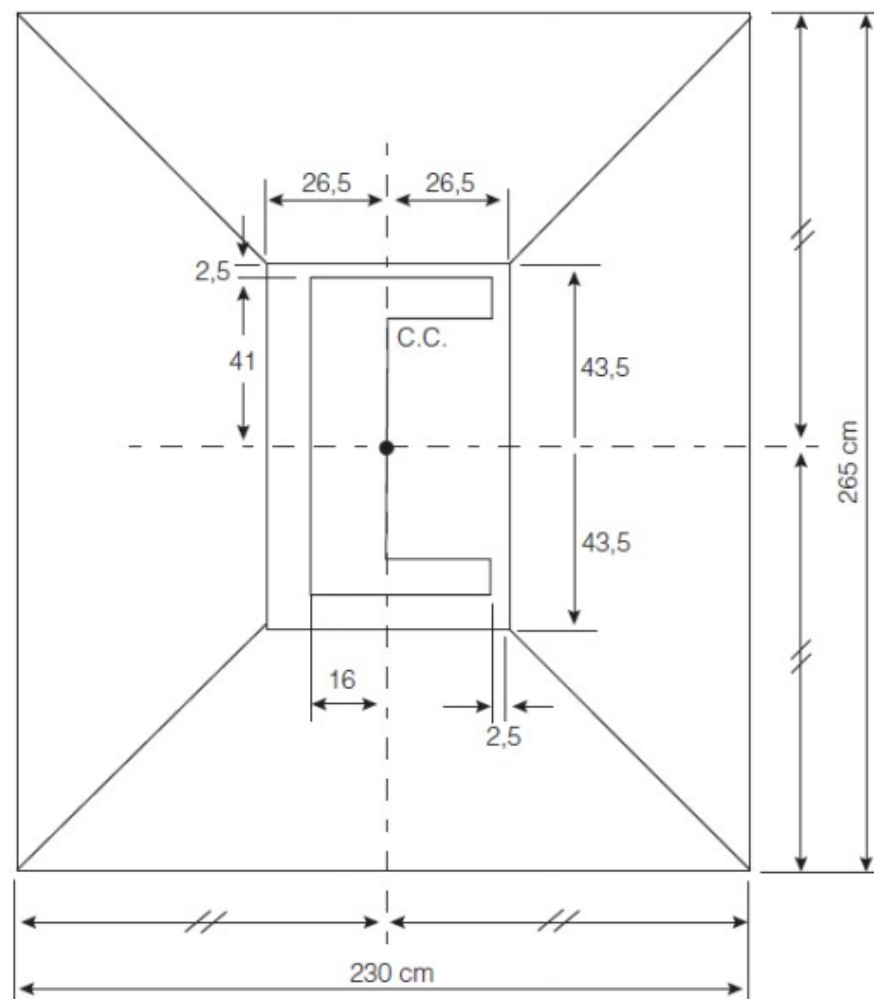
RAMO C – 2000 kN/m



2. SAPATA ISOLADA

CASOS GERAIS QUE
PODEM ACONTECER:

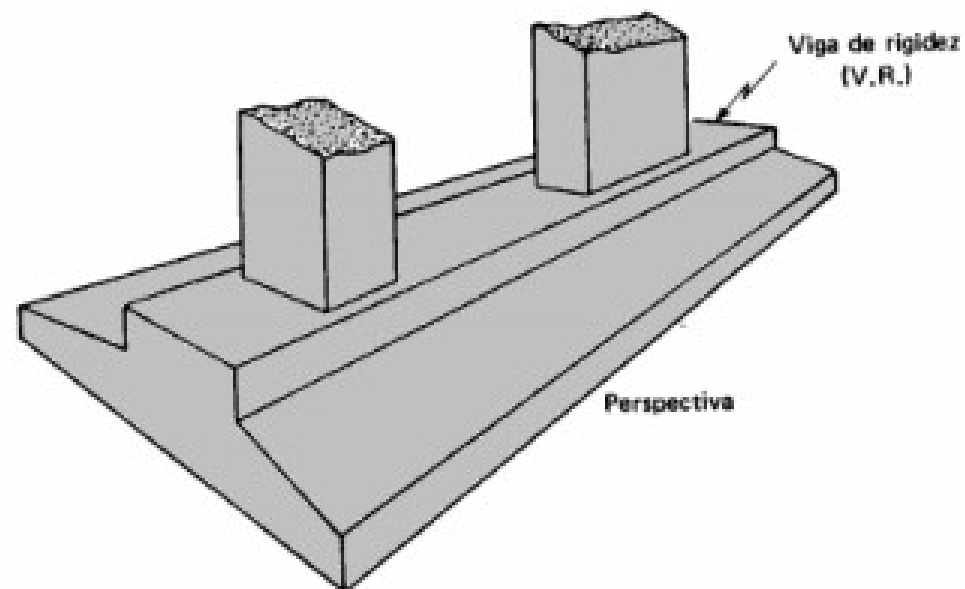
3) Pilar em L, Z, E, etc:



3. SAPATAS ASSOCIADAS

**Projeto econômico →
maior número possível de
sapatas isoladas;**

**Pilares próximos demais:
sapatas isoladas de
sobreposição → sapata
associada**



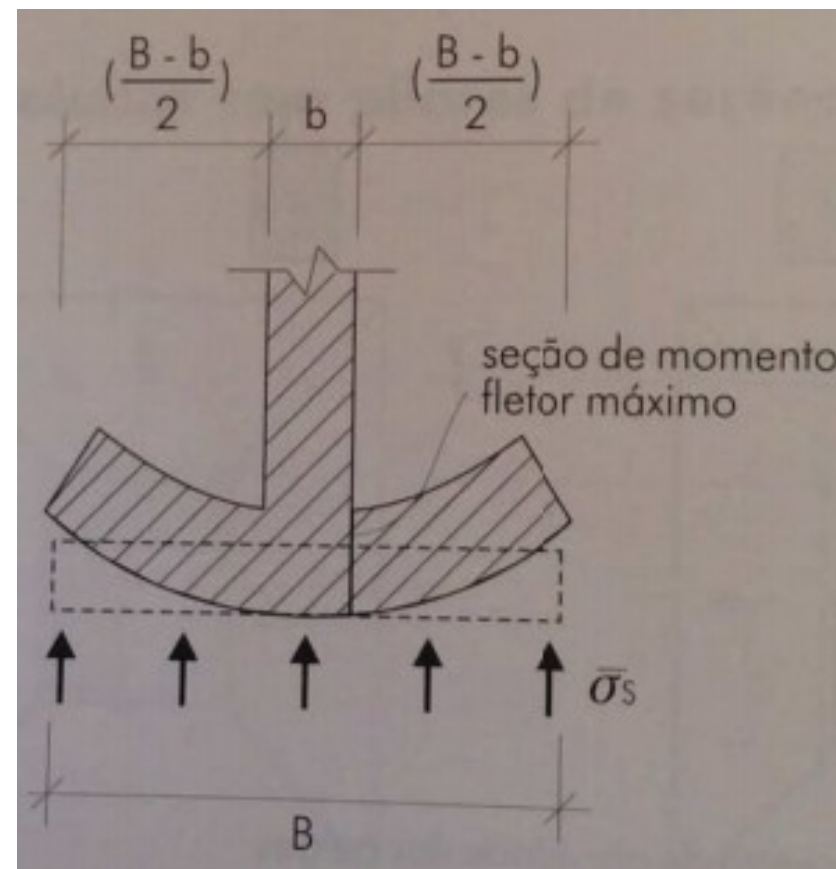
3. SAPATAS ASSOCIADAS

Comportamento da sapata:

modelo aproximado

Para melhor caracterização do comportamento da sapata usa-se uma viga unindo os pilares: viga de rigidez.

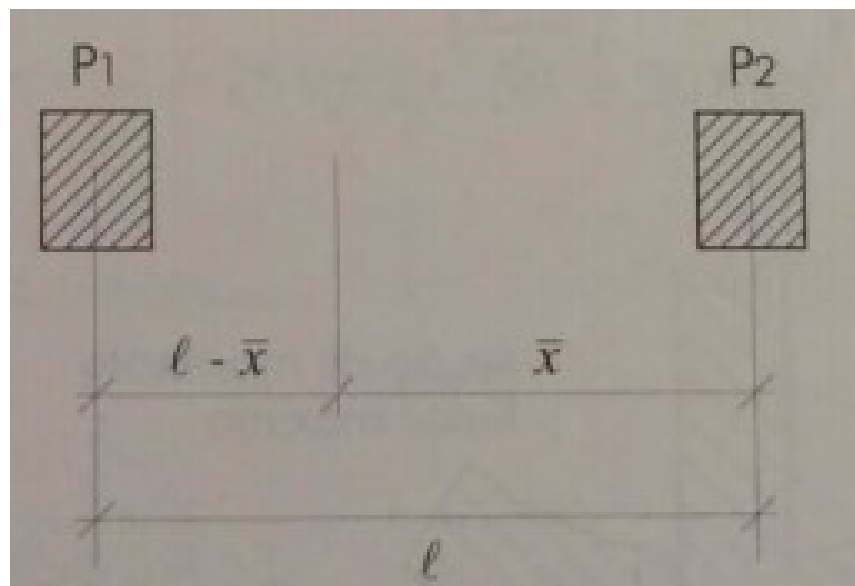
Duas lajes em balanço apoiadas na viga de rigidez.



3. SAPATAS ASSOCIADAS

CG da carga dos pilares = CG da sapata → tensões no solo se distribuem uniformemente.

Para pilares com cargas diferentes:



$$\bar{x} = \frac{P_1 \times l}{P_1 + P_2}$$

\bar{x} = posição do centro de gravidade das cargas

l = distância entre pilares

P_1 e P_2 = cargas nos pilares

3. SAPATAS ASSOCIADAS

Viga de rigidez: viga que une dois pilares de modo a permitir que a sapata trabalhe com tensão constante.

Escolha dos lados a e b – $P1 \neq P2$

Jogar com os valores dos balanços de modo que a ordem de grandeza dos momentos negativos e positivos estejam próximas.

3. SAPATAS ASSOCIADAS

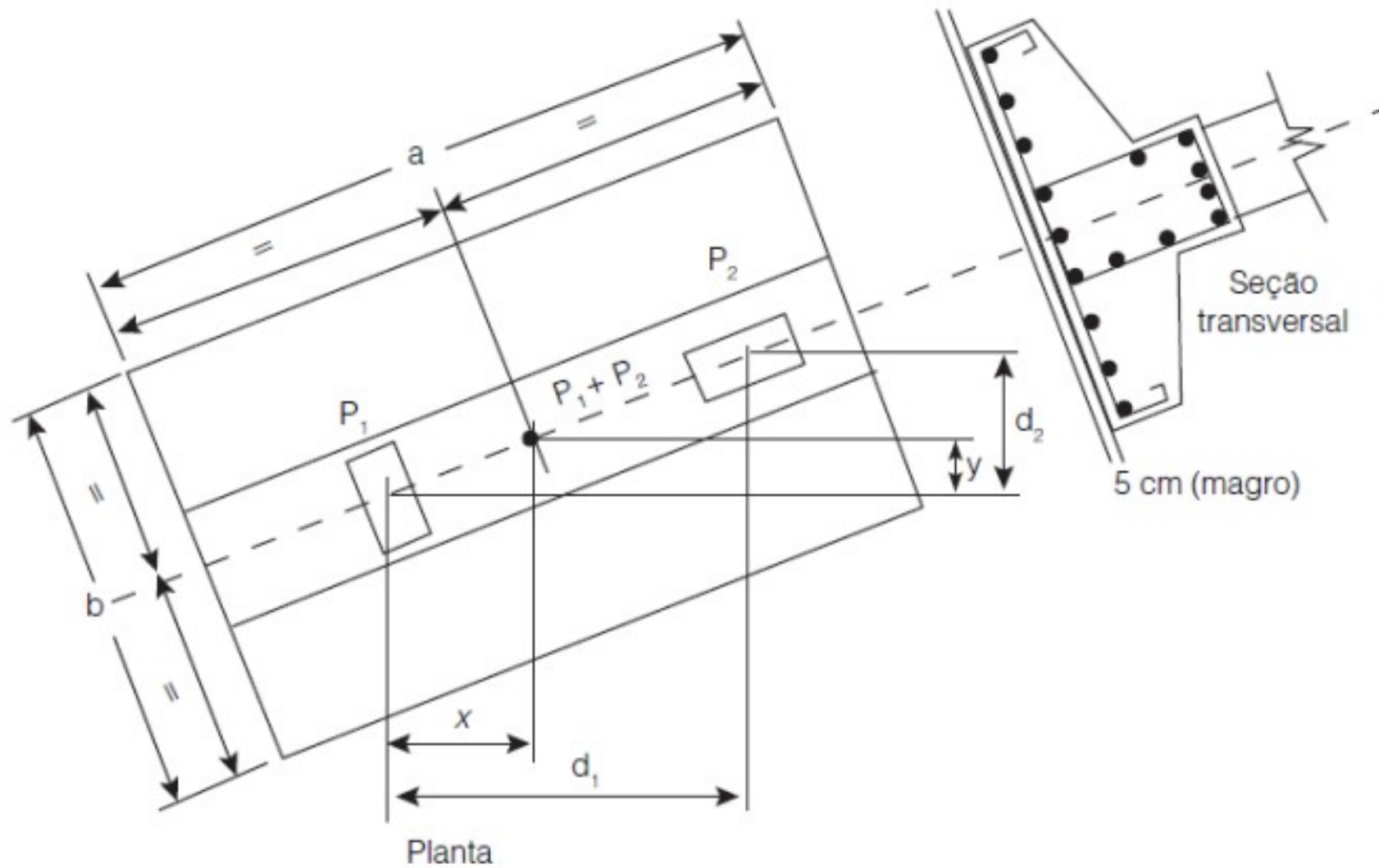
Viga de rigidez: viga que une dois pilares de modo a permitir que a sapata trabalhe com tensão constante.

Calcular as coordenadas x e y do centro de carga:

A interseção das coordenadas x e y sempre estará localizada sobre o eixo da viga de rigidez.

$$x = \frac{P_2}{P_1 + P_2} d_1 \quad y = \frac{P_2}{P_1 + P_2} d_2$$

3. SAPATAS ASSOCIADAS



3. SAPATAS ASSOCIADAS

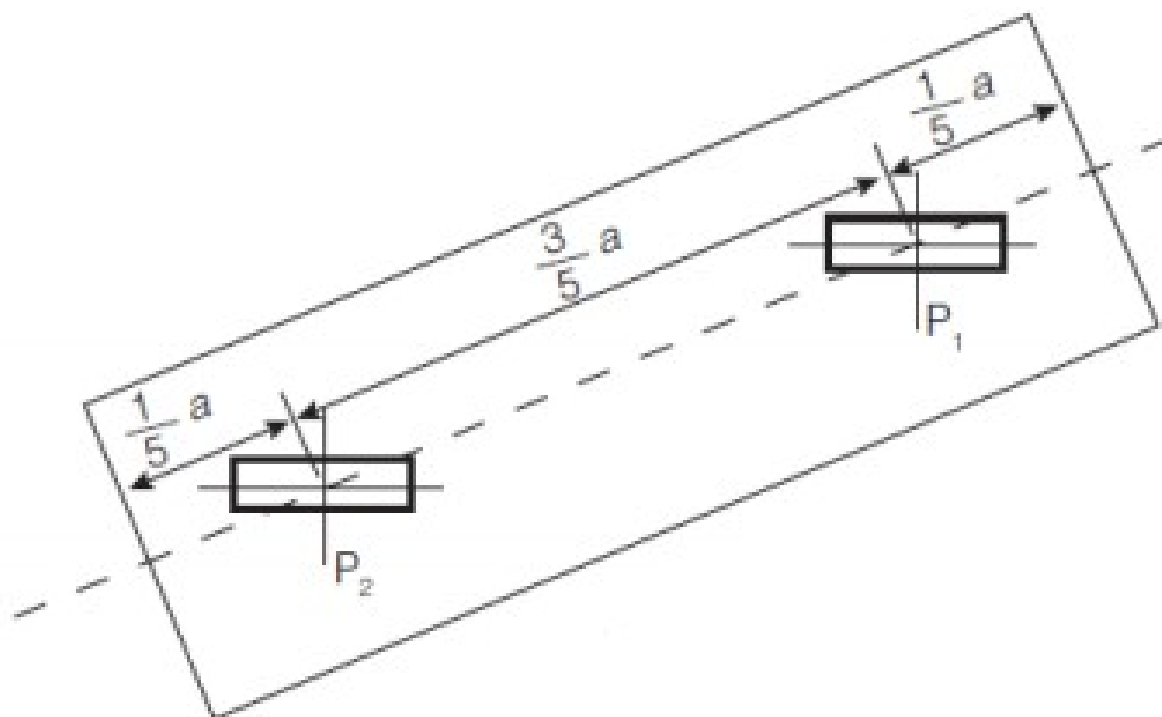
Escolha dos lados a e b – $P1 = P2$

- 1) Duas lajes em balanço sujeitas a carga uniformemente distribuída igual a tensão do solo.
- 2) Viga simplesmente apoiada nos pilares P1 e P2 sujeita a uma carga distribuída igual a tensão do solo vezes b.

Balanços com valor igual a $a/5$ (maior lado)

3. SAPATAS ASSOCIADAS

Escolha dos lados a e b – $P_1 = P_2$



3. SAPATAS ASSOCIADAS

Escolha dos lados a e b – $P1 \neq P2$

Jogar com os valores dos balanços de modo que a ordem de grandeza dos momentos negativos e positivos estejam próximas.

3. SAPATAS ASSOCIADAS

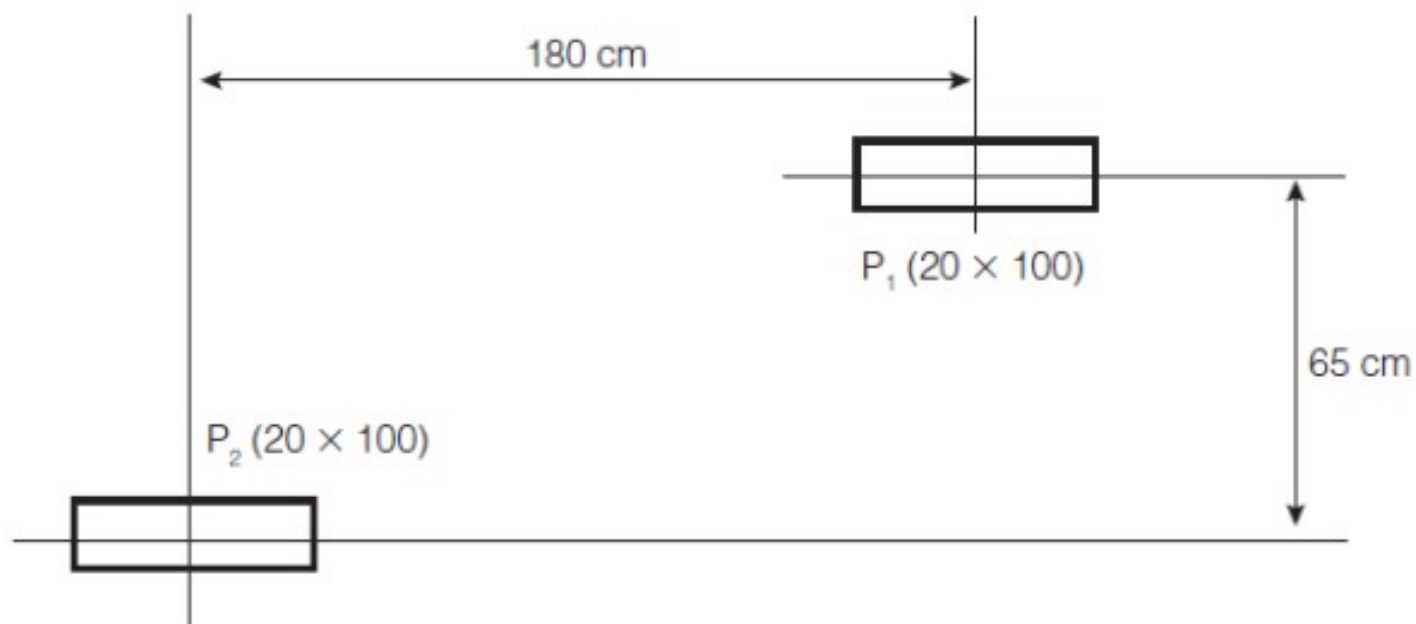
QUAL A DIFERENÇA ENTRE UMA SAPATA ASSOCIADA E UMA VIGA DE FUNDAÇÃO?

Sapata associada → vários pilares cujos centros não estão alinhados;

Viga de fundação → dois ou mais pilares cujos centros estão alinhados.

3. SAPATAS ASSOCIADAS

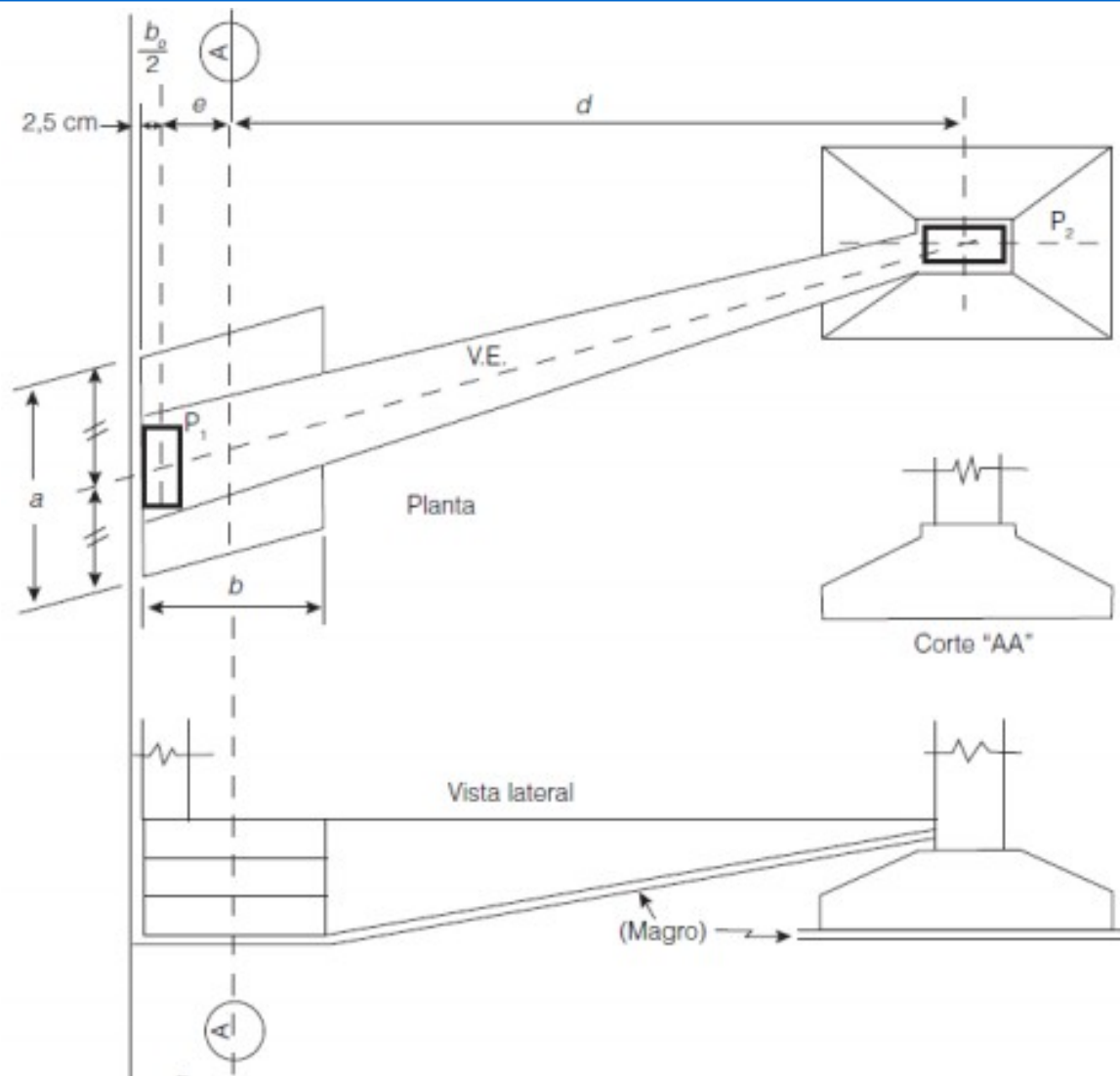
Exemplo 6: Projetar uma viga de fundação para os pilares indicados abaixo sendo a taxa do solo 0,3 MPa considerando $P_1 = P_2 = 1600 \text{ kN}$.



4. SAPATA DE DIVISA

“Quando o pilar encontra-se faceando a divisa da construção, não se pode avançar com a fundação além da divisa.”

4. SAPATA DE DIVISA



4. SAPATA DE DIVISA

Roteiro de cálculo:

- Adotar $a = 2b$ e calcular o lado b da sapata;

$$A_1 = 2b \times b = \frac{P_1}{\sigma_s} \therefore b = \sqrt{\frac{P_1}{2\sigma_s}}$$

- Calcular a excentricidade e a reação de apoio

$$e = \frac{b - b_0}{2} \quad R = P_1 + P_1 \frac{e}{d},$$

4. SAPATA DE DIVISA

Roteiro de cálculo:

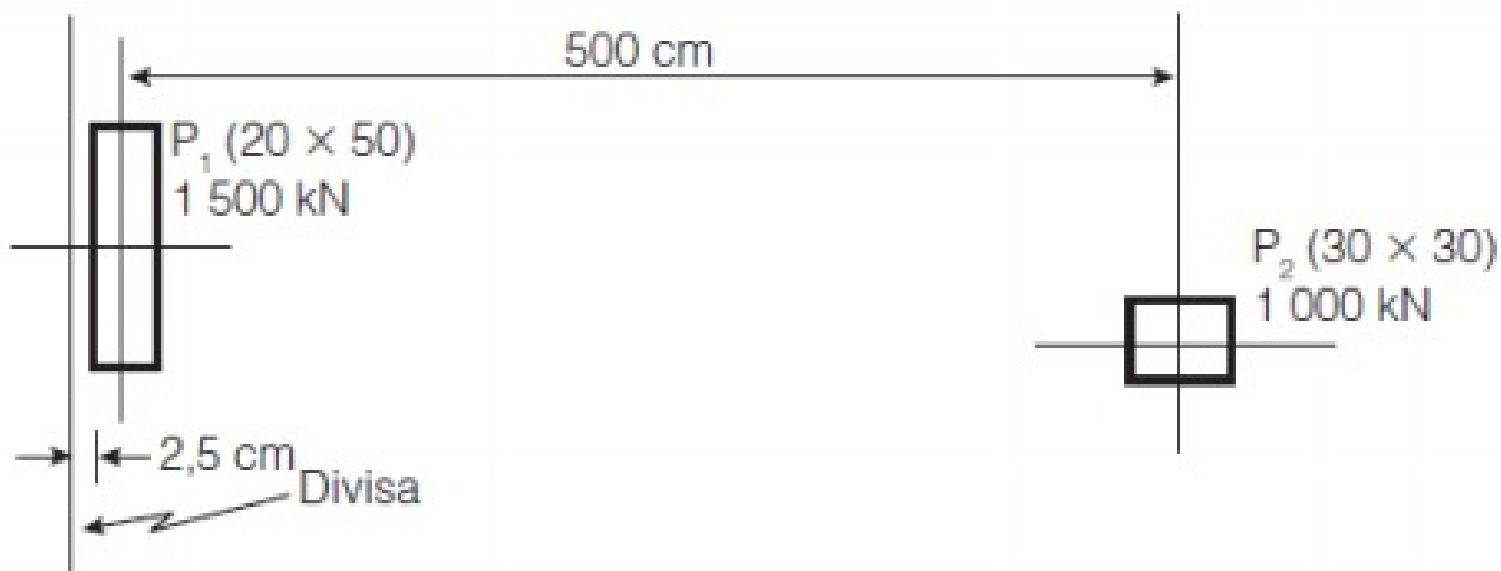
- Calcular a área final da sapata:

$$A = \frac{R}{\sigma_s}$$

- Conferir se a relação a/b é menor que 2,5. Caso contrário, aumentar o valor de b proposto e repetir o processo.

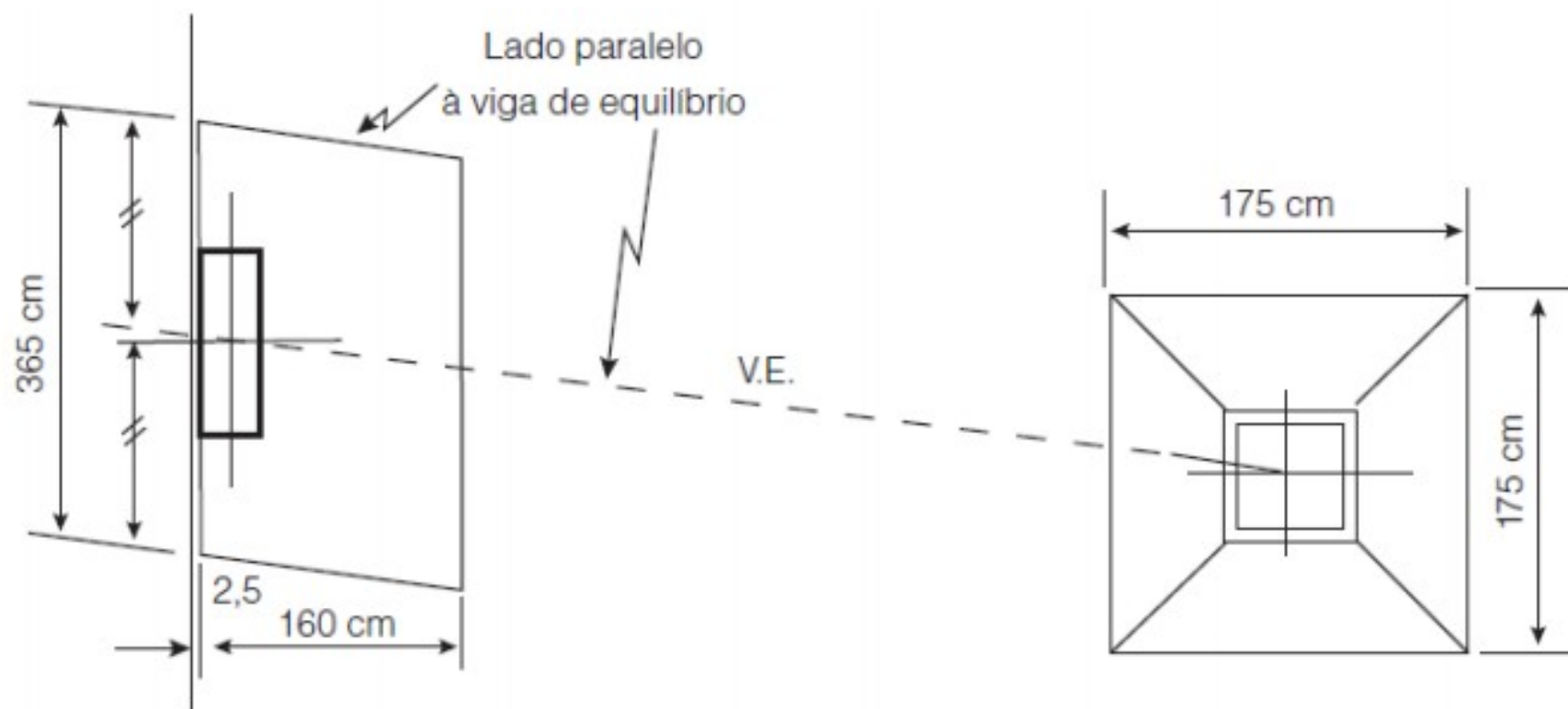
4. SAPATA DE DIVISA

Exemplo 7: Dimensionar as sapatas dos pilares P1 e P2 indicados abaixo sendo a taxa do solo 0,3 MPa:



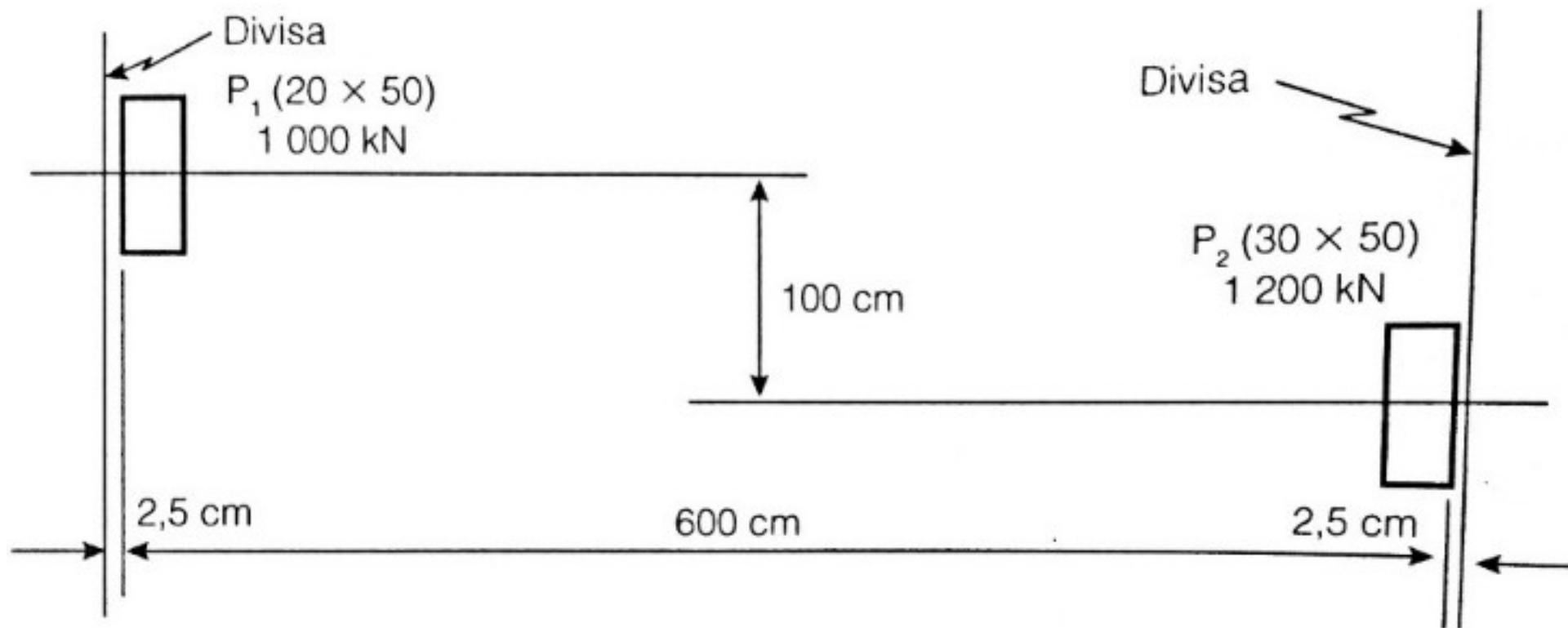
4. SAPATA DE DIVISA

Exemplo 7: Dimensionar as sapatas dos pilares P1 e P2 indicados abaixo sendo a taxa do solo 0,3 MPa:

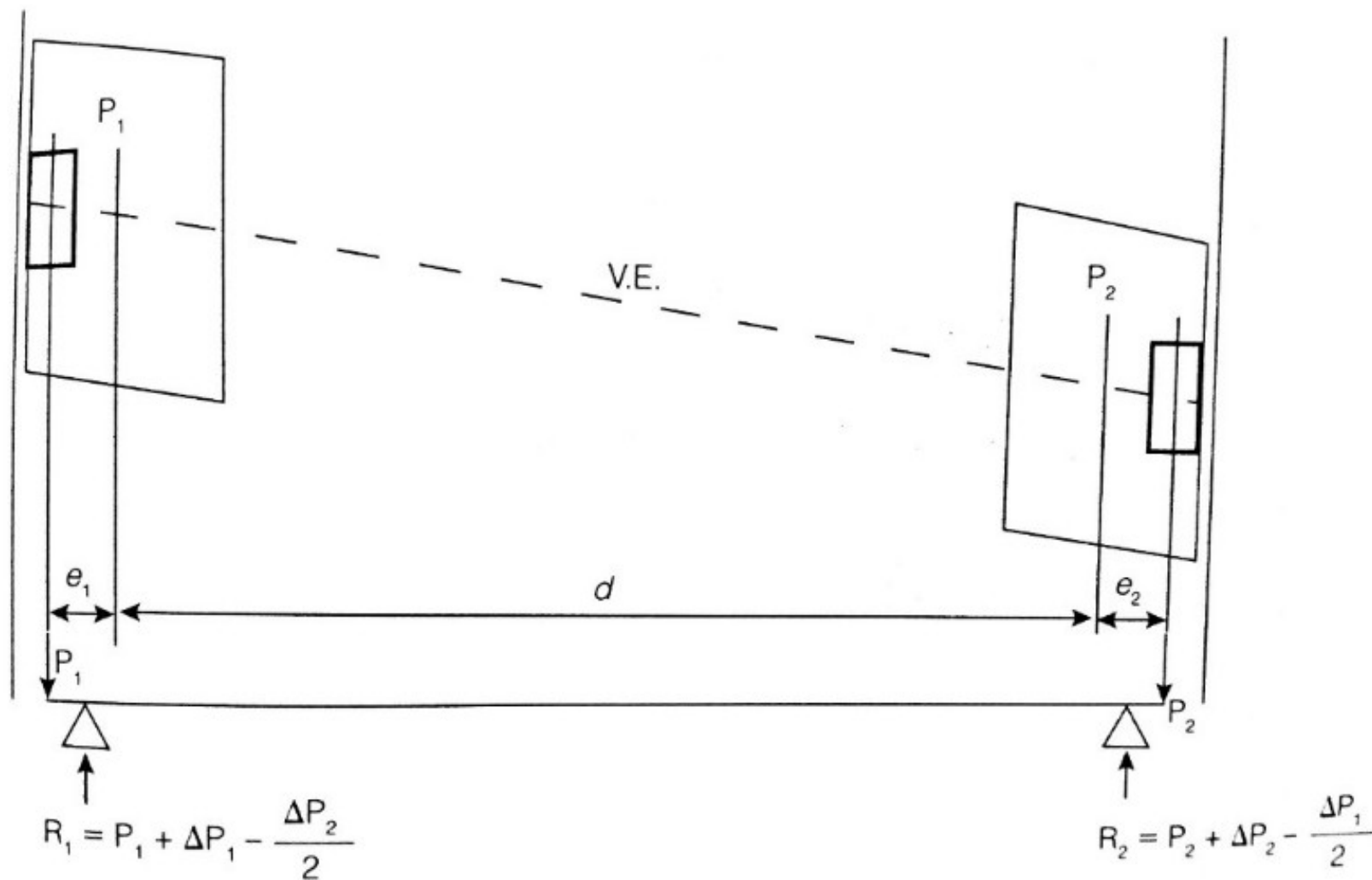


4. SAPATA DE DIVISA

Exemplo 8: Para uma taxa no solo de 0,2 MPa, dimensionar as sapatas dos pilares P1 e P2.



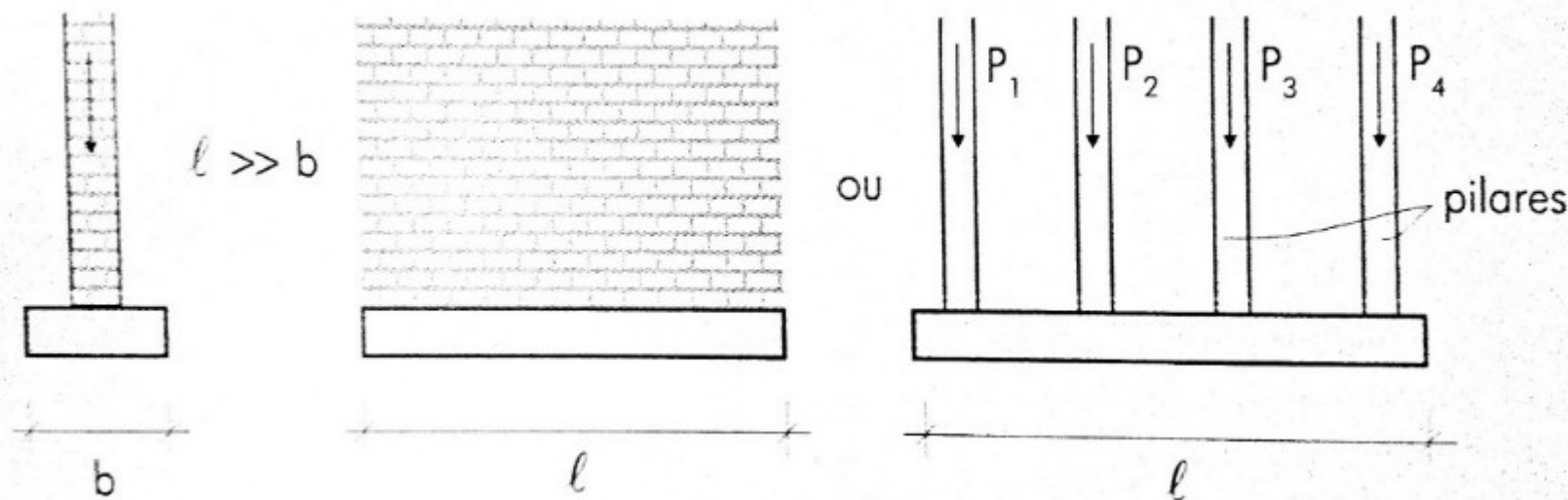
4. SAPATA DE DIVISA



5. SAPATA CORRIDA

“Placa de concreto armado em que uma das dimensões, o comprimento, prevalece em relação a outra, a largura.”

- Cargas linearmente distribuídas;
- Paredes de vedação ou estruturais;
- Linhas de pilares muito próximos.

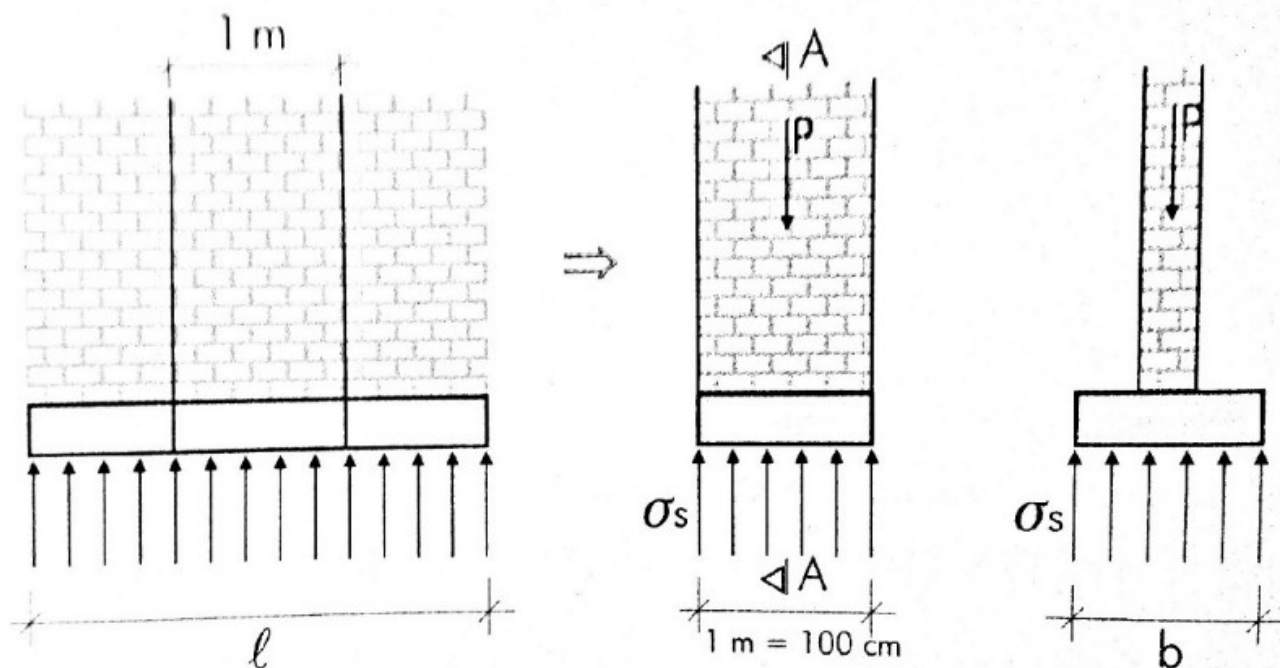


5. SAPATA CORRIDA

Comportamento da sapata: modelo aproximado:

Comprimento unitário (1m) → extrapolar para os demais;

Solo não homogêneo → acomodações diferenciadas ao longo da sapata → melhorar a rigidez

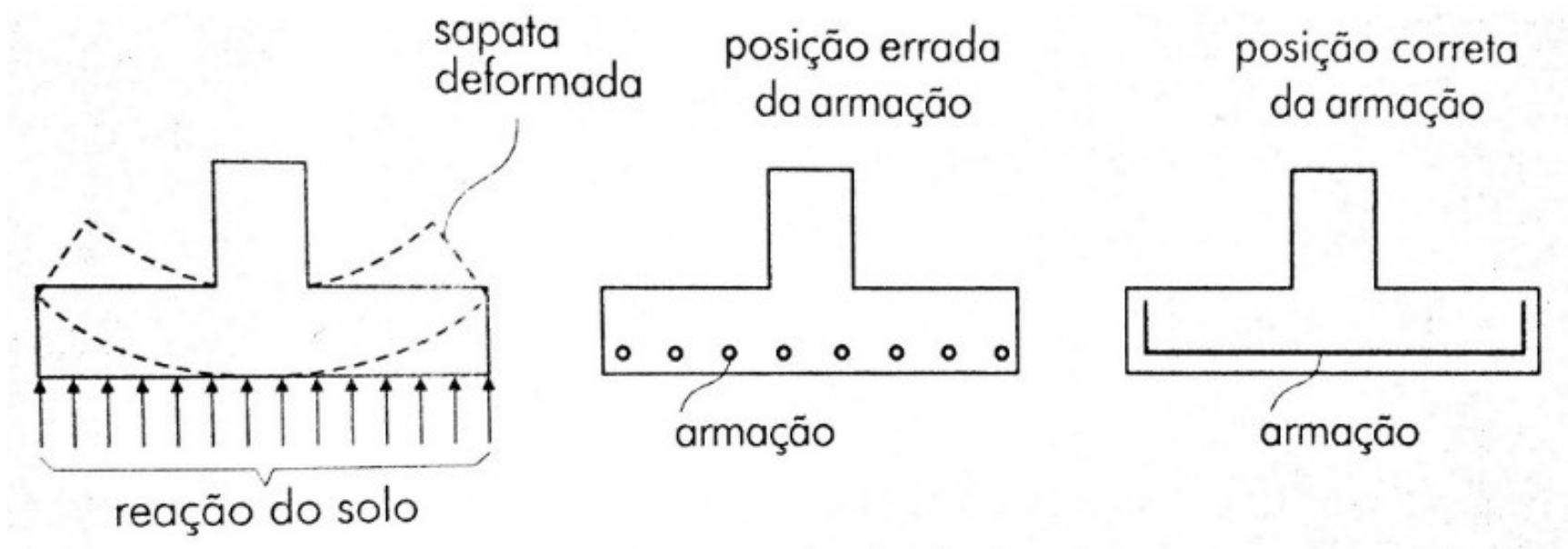


5. SAPATA CORRIDA

Comportamento da sapata: modelo aproximado:

Viga longitudinal → armadura ao longo comprimento

Laje com balanço nas duas faces da parede ou da viga de rigidez → armadura na direção transversal



5. SAPATA CORRIDA

Pré dimensionamento de sapatas isoladas:

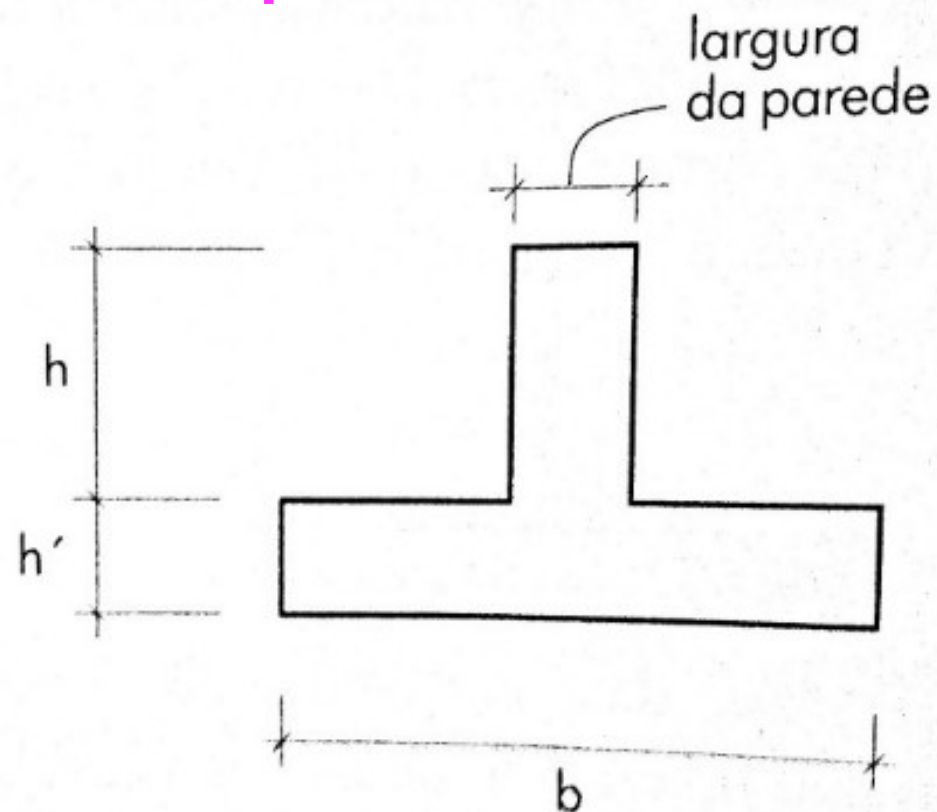
Sugestão → Yopanan

n = número de pisos suportados pela alvenaria

$$h = 2 h' \text{ (cm)}$$

$$h' = 20\% b \text{ (cm)}$$

$$b = \frac{(n \times 25)}{\bar{\sigma}_s} \text{ (cm)}$$



5. SAPATA CORRIDA

QUAL A DIFERENÇA ENTRE UMA SAPATA CORRIDA E UMA VIGA BALDRAME?

Sapata corrida → fundação direta → cargas transmitidas ao solo ou solo usado como apoio;

Viga baldrame → viga envolvida pelo solo → cargas transmitidas às sapatas ou outro tipo de fundação.
(indicada para vãos inferiores a 6 m)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ABEF/ABMS (1996) Fundações - Teoria e Prática. São Paulo: Pini, 1998. 751 p.
- 2) ALONSO, U. R. Exercícios de fundações. São Paulo: Blucher, 2010.
- 3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.
- 4) REBELO, Y. C. P. Fundações – guia prático de projeto, execução e dimensionamento. São Paulo: Zigurate, 2008.
- 5) VELLOSO, D. & LOPES, F. R. Fundações. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 568 p.
- 6) CINTRA, J. C. A, AOKI N., ALBIERO, J. H. Fundações diretas: projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- 7) Material de aula do professor Marcelo Medeiros – UFPR.
- 8) Material de aula do professor Douglas Bittencourt – PUC Goiás.
- 9) Material de aula do professor Sérgio Paulino Mourthé – Faculdades Kennedy.