UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
INSTITUTO DE CIÊNCIA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL

ECV 114 – FUNDAÇÕES E OBRAS DE TERRA

FUNDAÇÕES RASAS – DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA

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

PROGRAMAÇÃO DA AULA

1) Métodos para determinação da capacidade de carga:

- Métodos teóricos: Terzaghi, Vesic, Skempton, Meyerhof, Brinch-Hansen;
- Métodos semi-empíricos;
- Métodos práticos;

2) A influência do nível d'água e dos solos estratificados na capacidade de carga.

1. INTRODUÇÃO

"Capacidade de carga é a tensão que provoca a ruptura do maciço de solo em que a fundação está embutida."

1. INTRODUÇÃO

Considere uma sapata retangular, com largura B e comprimento L, assente à profundidade D (ou h) em relação à superfície do terreno.

O aumento da carga P aplicada à sapata mobiliza tensões resistentes no maciço de solo, com valor médio dado por:

$$\sigma = \frac{P}{BL}$$

Com o acréscimo da carga, há o surgimento de uma superfície potencial de ruptura no interior do maciço de solo, mobilizando sua resistência máxima eté atingir a tensão de ruptura (σr), ou seja, a capacidade de carga do **sistema** **sapata-solo**.

1. INTRODUÇÃO

Capacidade de carga da sapata → depende do solo

Sapatas idênticas em solos diferentes, a capacidade de carga não será a mesma!

Capacidade de carga do solo → depende de características da sapata (geometria, profundidade de embutimento, etc.)

Solos idênticos com sapatas diferentes → a capacidade de carga não será a mesma!

1. INTRODUÇÃO

Solos não saturados

Solos acima do N.A. podem ser colapsíveis e se inundados por chuvas intensas, vazamento de tubulações, etc. Podem exibir um recalque abrupto e significativo → solos colapsíveis.

- Quanto mais seco → maior a capacidade de carga;
- Quanto mais úmido → menor a capacidade de carga;
- Solo saturado → capacidade de carga mínima.

1. INTRODUÇÃO

Solos saturados

- Em solos saturados, principalmente em argilas moles, os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) são dependentes das condições de drenagem, variando do não drenado (carregamento rápido ou segurança a curto prazo) ou drenado (carregamento lento ou segurança a longo prazo).
- Em termos de capacidade de carga, geralmente predomina como crítica a condição não drenada, pois a capacidade de carga tem a tendência de aumentar com a dissipação das poro-pressões.

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

MÉTODOS TEÓRICOS

“Podem ser empregados, métodos analíticos (teoria de capacidade de carga) nos domínios de validade de sua aplicação, que contemplem todas as particularidades do projeto, inclusive a natureza do carregamento (drenado ou não drenado).” NBR 6122:2010

2. MÉTODOS TEÓRICOS

As fórmulas de capacidade de carga são hoje um instrumento bastante eficaz na previsão da tensão admissível, destacando-se dentre as inúmeras formulações, a de **Terzaghi, de Meyerhof, de Skempton, e de Brinch Hansen (com colaborações de Vesic).**

As fórmulas de capacidade de carga são determinadas a partir do conhecimento do tipo de ruptura que o solo pode sofrer, dependendo das condições de carregamento.

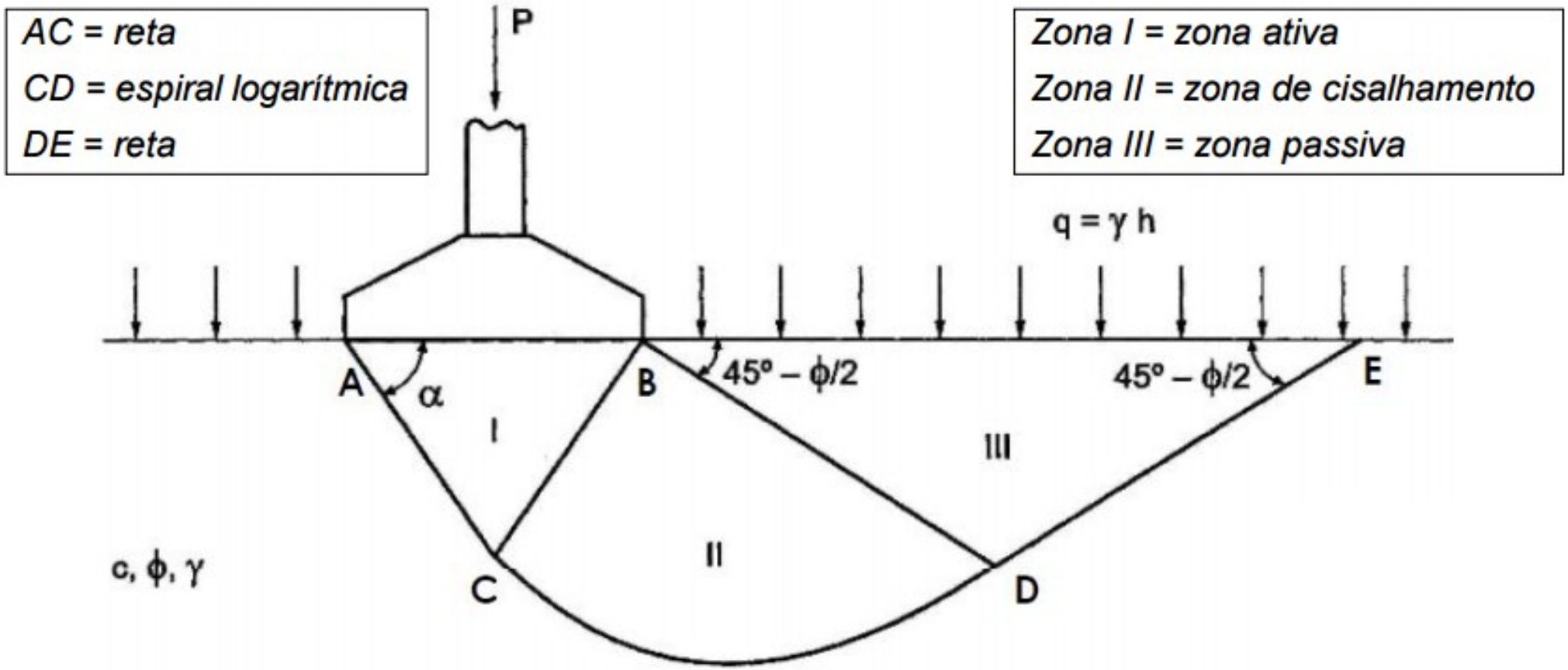
2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI

Hipóteses básicas:

- Sapata corrida: comprimento (L) bem maior que largura (B) → L/B > 5
- Profundidade de assentamento inferior à largura da sapata (D ≤ B) → desprezar a resistência ao cisalhamento da camada de solo situada acima da cota de apoio da sapata → substituir a camada de solo de espessura h e peso específico g por uma sobrecarga $q = \gamma.h$
- Solo sob a base da sapata é compacto/rijo → Ruptura geral.

Teoria de Terzaghi → Sapata corrida e Ruptura geral.

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI



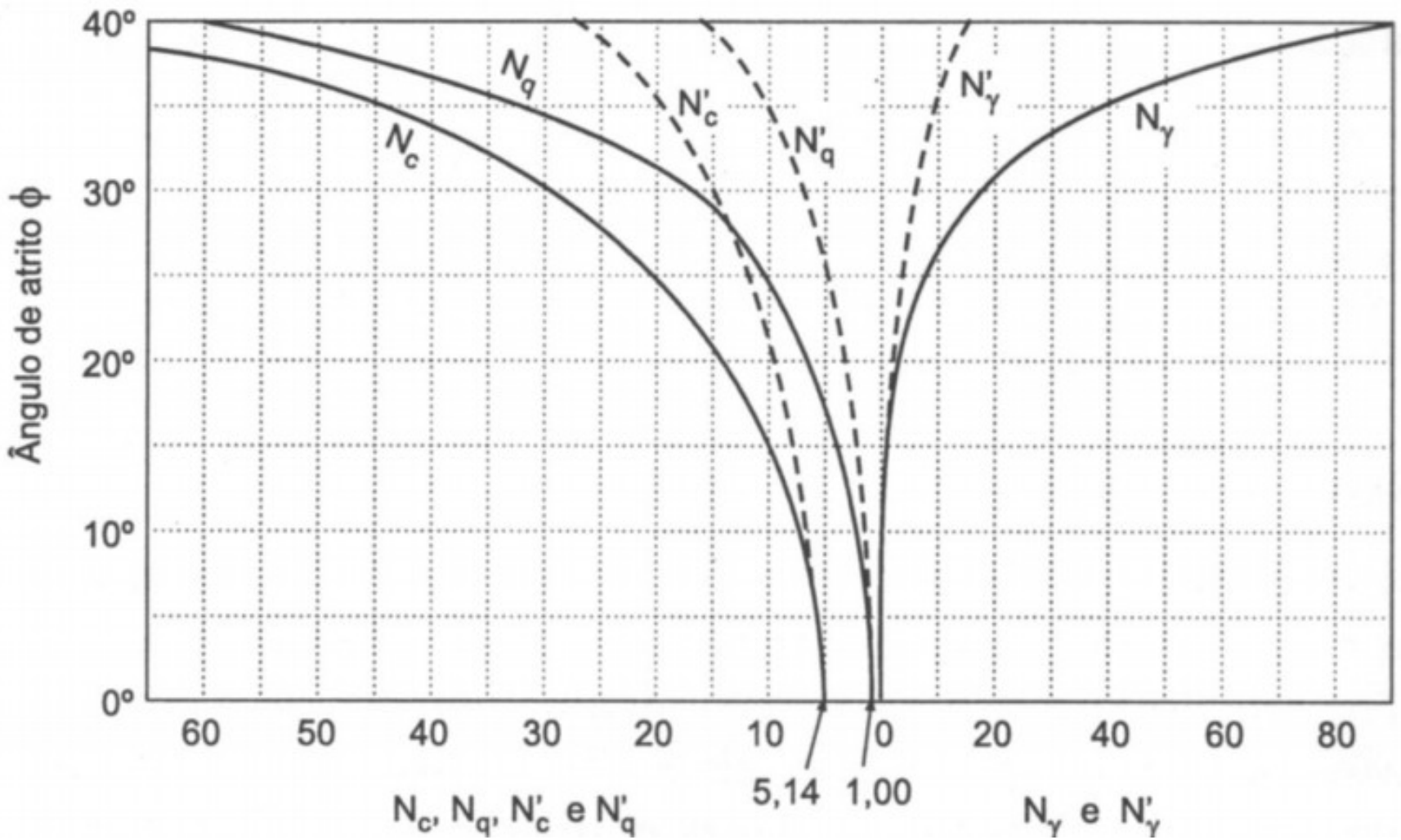
2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI

$$N_c = \text{cotg}\,\phi \left[e^{\pi\,\text{tg}\,\phi}\,\text{tg}^2(45° + \phi/2) - 1 \right]$$

$$N_q = e^{\pi\,\text{tg}\,\phi}\,\text{tg}^2(45° + \phi/2)$$

$$N_\gamma = \frac{4E_p}{\gamma\,B^2}\cos(\alpha - \phi)$$

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI



2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI

ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,70	1,00	0,00	5,70	1,00	0,00
5	7,34	1,64	0,49	6,74	1,39	0,18
10	9,60	2,69	1,25	8,02	1,94	0,47
15	12,86	4,45	2,54	9,67	2,73	0,92
20	17,69	7,44	4,97	11,85	3,88	1,74
25	25,13	12,72	9,70	14,81	5,60	3,17
30	37,16	22,46	19,73	18,99	8,31	5,66
35	57,75	41,44	42,43	25,18	12,75	10,14
40	95,66	81,27	100,39	34,87	20,50	18,82

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI

COESÃO + SOBRECARGA + ATRITO

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

q_u = tensão máxima suportada pelo solo

c = coesão do solo

q = tensão efetiva ao nível da base = γH

γ = peso específico do solo

N_c, N_q, N_γ = fatores de capacidade de carga

B = menor dimensão da sapata

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI

Fatores de correção: Tipo de ruptura

- Formulação → sapatas corridas em solos possíveis de ruptura geral;
- Para os solos com ruptura por puncionamento, adequar a mesma equação com redução empírica nos parâmetros do solo:

$$c' = \frac{2}{3} c$$

$$\text{tg } \varnothing' = \frac{2}{3} \text{ tg } \varnothing$$

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI

Fatores de correção: Fatores de forma

- Formulação → sapatas corridas em solos possíveis de ruptura geral;
- Adaptar o trabalho original a realidade → sapatas circulares, retangulares e quadradas.

$$q_u = cN_c\boldsymbol{S_c} + qN_q\boldsymbol{S_q} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma\boldsymbol{S_\gamma}$$

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI

Fatores de correção: Fatores de forma

Forma da Fundação	Fatores de forma		
	S_c	S_γ	S_q
Corrida	1,0	1,0	1,0
Quadrada	1,3	0,8	1,0
Circular	1,3	0,6	1,0
Retangular	1,1	0,9	1,0

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.1. TEORIA DE TERZAGHI

- **Solos puramente coesivos (ϕ=0)** → capacidade de carga independe da dimensão da sapata;
- **Solos não coesivos (c=0)** → capacidade de carga depende diretamente das dimensões da fundação, mas a profundidade é mais importante que o tamanho da fundação.

$$q_u = cN_c\boldsymbol{S_c} + qN_q\boldsymbol{S_q} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma\boldsymbol{S_\gamma}$$

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.2. PROPOSIÇÃO DE VESIC

Adaptação da Teoria de Terzaghi:

- *novos fatores de capacidade de carga,*
- *novos fatores de forma*
- *nova proposição para a ruptura local.*

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.2. PROPOSIÇÃO DE VESIC

Fatores de capacidade de carga

$$N_c = \text{cotg}\phi \cdot \left(e^{\pi \cdot \tan\phi} \cdot \tan^2\left(45^\circ + \phi/2\right) - 1\right)$$

$$N_c = \text{cotg}\phi \cdot \left(N_q - 1\right)$$

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan\phi} \cdot \tan^2\left(45^\circ + \phi/2\right)$$

$$N_\gamma \cong 2 \cdot \left(N_q + 1\right) \cdot \tan\phi$$

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.2. PROPOSIÇÃO DE VESIC

ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	tg ϕ
0	5,14	1,00	0,00	0,20	0,00
1	5,38	1,09	0,07	0,20	0,02
2	5,63	1,20	0,15	0,21	0,03
3	5,90	1,31	0,24	0,22	0,05
4	6,19	1,43	0,34	0,23	0,07
5	6,49	1,57	0,45	0,24	0,09
6	6,81	1,72	0,57	0,25	0,11
7	7,16	1,88	0,71	0,26	0,12
8	7,53	2,06	0,86	0,27	0,14
9	7,92	2,25	1,03	0,28	0,16
10	8,35	2,47	1,22	0,30	0,18

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.2. PROPOSIÇÃO DE VESIC

ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	tg ϕ
11	8,80	2,71	1,44	0,31	0,19
12	9,28	2,97	1,69	0,32	0,21
13	9,81	3,26	1,97	0,33	0,23
14	10,37	3,59	2,29	0,35	0,25
15	10,98	3,94	2,65	0,36	0,27
16	11,63	4,34	3,06	0,37	0,29
17	12,34	4,77	3,53	0,39	0,31
18	13,10	5,26	4,07	0,40	0,32
19	13,93	5,80	4,68	0,42	0,34
20	14,83	6,40	5,39	0,43	0,36

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.2. PROPOSIÇÃO DE VESIC

ϕ (º)	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	tg ϕ
21	15,82	7,07	6,20	0,45	0,38
22	16,88	7,82	7,13	0,46	0,40
23	18,05	8,66	8,20	0,48	0,42
24	19,32	9,60	9,44	0,50	0,45
25	20,72	10,66	10,88	0,51	0,47
26	22,25	11,85	12,54	0,53	0,49
27	23,94	13,20	14,47	0,55	0,51
28	25,80	14,72	16,72	0,57	0,53
29	27,86	16,44	19,34	0,59	0,55
30	30,14	18,40	22,40	0,61	0,58
31	32,67	20,63	25,99	0,63	0,60
32	35,49	23,18	30,22	0,65	0,62
33	38,64	26,09	35,19	0,68	0,65
34	42,16	29,44	41,06	0,70	0,67
35	46,12	33,30	48,03	0,72	0,70

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.2. PROPOSIÇÃO DE VESIC

ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	tg ϕ
36	50,59	37,75	56,31	0,75	0,73
37	55,63	42,92	66,19	0,77	0,75
38	61,35	48,93	78,03	0,80	0,78
39	67,87	55,96	92,25	0,82	0,81
40	75,31	64,20	109,41	0,85	0,84
41	83,86	73,90	130,22	0,88	0,87
42	93,71	85,38	155,55	0,91	0,90
43	105,11	99,02	186,54	0,94	0,93
44	118,37	115,31	224,64	0,97	0,97
45	133,88	134,88	271,76	1,01	1,00
46	152,10	158,51	330,35	1,04	1,04
47	173,64	187,21	403,67	1,08	1,07
48	199,26	222,31	496,01	1,12	1,11
49	229,93	265,51	613,16	1,15	1,15
50	266,89	319,07	762,89	1,20	1,19

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.2. PROPOSIÇÃO DE VESIC

Fatores de correção: Fatores de forma

Os fatores de forma também dependem do ângulo de atrito do solo, não apenas da geometria da sapata.

SAPATA	Sc	Sq	Sγ
Corrida	1,0	1,0	1,0
Retangular	1+ (B/L)(Nq/Nc)	1 + (B/L) tgΦ	1 – 0,4 (B/L)
Circular ou Quadrada	1 + (Nq/Nc)	1 + tgΦ	0,60

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.2. PROPOSIÇÃO DE VESIC

Fatores de correção: Tipo de ruptura

- Formulação → sapatas corridas em solos possíveis de ruptura geral;
- Para os solos com ruptura por puncionamento, solução analítica através do índice de rigidez do solo.
- Para efeitos práticos não há necessidade de cálculos aprimorados de capacidade de carga pois prevalecerá o critério de recalque.
- *É comum adotar a mesma redução proposta por Terzaghi.*

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.3. MÉTODO DE SKEMPTON

Argilas saturadas na condição não drenada $\Phi = 0$

Da teoria de Terzaghi:

ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5,70	1,00	0,00	5,70	1,00	0,00

$$q_u = cN_c\boldsymbol{S_c} + qN_q\boldsymbol{S_q} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma\boldsymbol{S_\gamma}$$

N_q =1, N_γ = 0 e Sq = 1

$$\sigma = cN_cS_c + q$$

Forma da Fundação	Fatores de forma		
	S_c	S_γ	S_q
Corrida	1,0	1,0	1,0
Quadrada	1,3	0,8	1,0
Circular	1,3	0,6	1,0
Retangular	1,1	0,9	1,0

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.3. MÉTODO DE SKEMPTON

Argilas saturadas na condição não drenada $\Phi = 0$

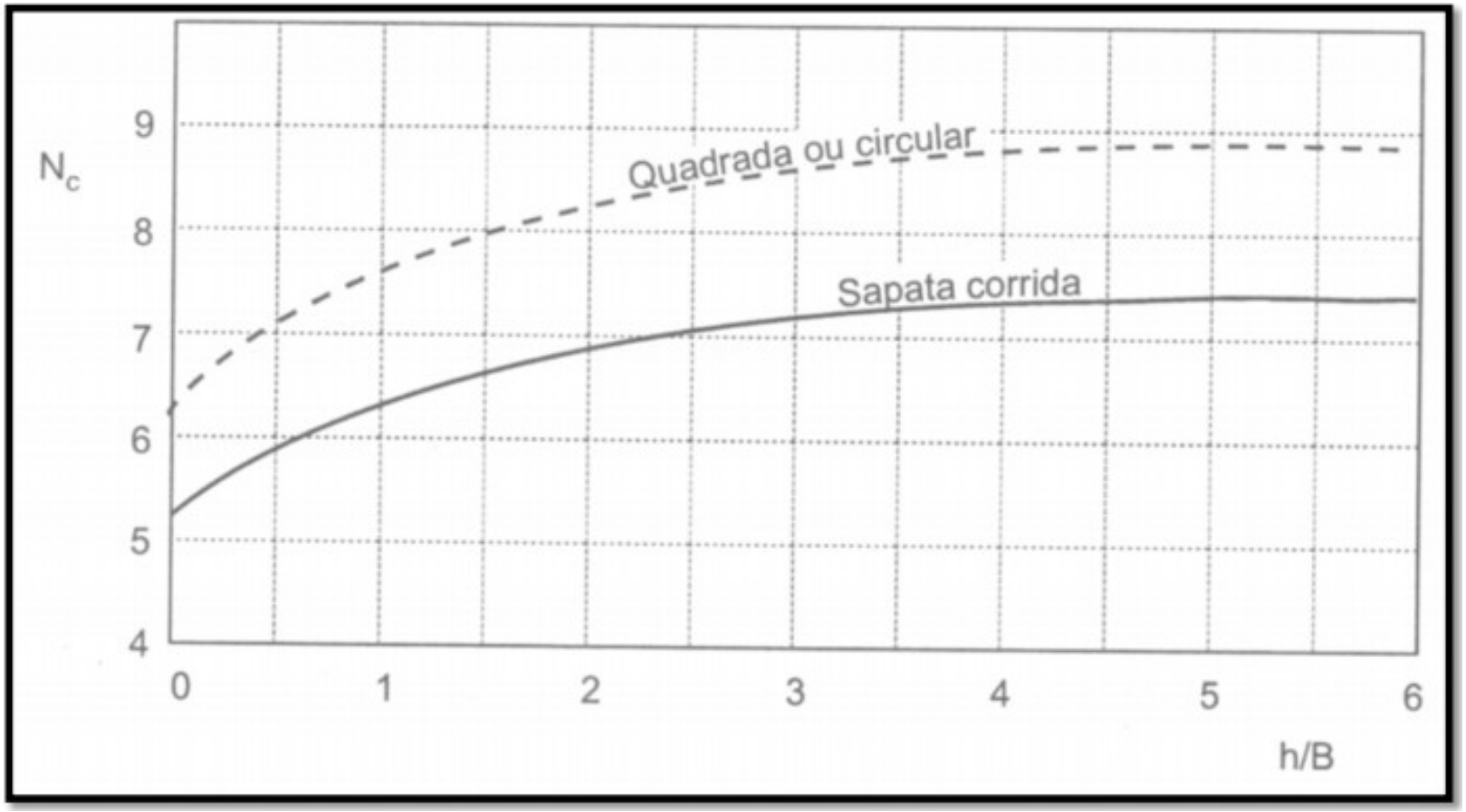
Determinação de Sc:

- Sapata corrida → Sc = 1
- Sapata retangulares ou quadradas → Sc = 1+ 0,2 (B/L)

Determinação de Nc:

- Função de h/B → embutimento relativo da sapata → gráfico

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.3. MÉTODO DE SKEMPTON



2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.3. MÉTODO DE SKEMPTON

h/B	Valor de Nc		h/B	Valor de Nc	
	Quadrado, circular	Corrida		Quadrado, circular	Corrida
0	6,2	5,14	1,5	8,1	6,5
0,25	6,7	5,6	2,0	8,4	7,0
0,5	7,1	5,9	2,5	8,6	7,2
0,75	7,4	6,2	3,0	8,8	7,4
1,0	7,7	6,4	4,0	9,0	7,5
			>4.0	9,0	7,5

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.4. MÉTODO DE MEYERHOF

Teoria de Terzaghi → desprezar a resistência ao cisalhamento da camada de solo situada acima da cota de apoio da sapata

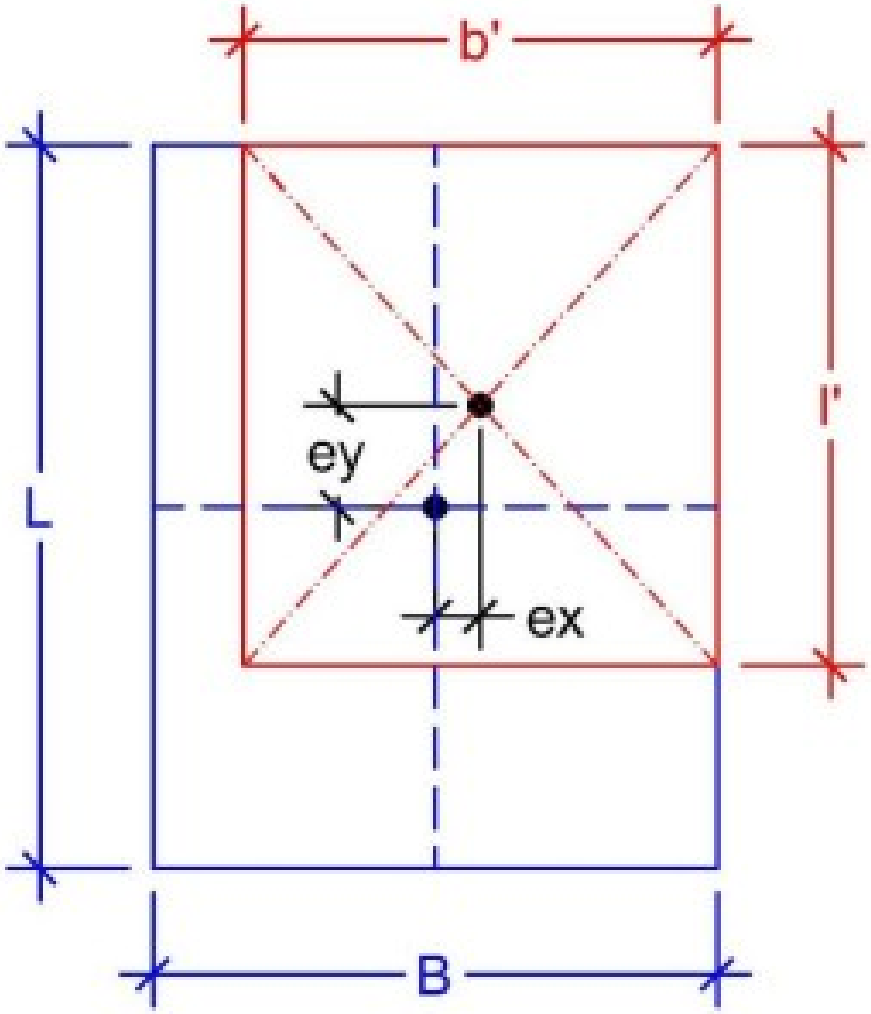
Meyerhof → há contribuição da sobrecarga e da resistência do solo na camada de solo situada acima da cota de apoio da sapata.

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.4. MÉTODO DE MEYERHOF

Carga vertical excêntrica

- Dimensões fictícias
- $B' = B - 2e_b$
- $L' = L - 2e_l$

Área efetiva de apoio com centro de gravidade coincidente com o ponto de aplicação da carga



2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.5. MÉTODO DE BRINCH-HANSEN/VESIC

Hansen:

- Fatores de profundidade - dc;
- Fatores de inclinação de carga - ic.

$$\sigma_r = c\,N_c\,S_c\,d_c\,i_c + q\,N_q\,S_q\,d_q\,i_q + \frac{1}{2}\gamma\,B\,N_\gamma\,S_\gamma\,d_\gamma\,i_\gamma$$

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.5. MÉTODO DE BRINCH-HANSEN/VESIC

Contribuição de Vesic:

$$
\begin{aligned}
q_u = {} & c \cdot N_c \cdot S_c \cdot S_{cd} \cdot S_{ci} \cdot S_{cb} \cdot S_{cg} \cdot S_{cr} + \\
& + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot S_{qd} \cdot S_{qi} \cdot S_{qb} \cdot S_{qg} \cdot S_{qr} + \\
& + \gamma \cdot \frac{B'}{2} \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot S_{\gamma d} \cdot S_{\gamma i} \cdot S_{\gamma b} \cdot S_{\gamma g} \cdot S_{\gamma r}
\end{aligned}
$$

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.5. MÉTODO DE BRINCH-HANSEN/VESIC

Contribuição de Vesic:

S_c, S_q, S_γ – fatores de correção para a forma da sapata

S_{cd}, S_{qd}, $S_{\gamma d}$ – fatores de correção para a profundidade da sapata

S_{ci}, S_{qi}, $S_{\gamma i}$ – fatores de correção para a inclinação da carga aplicada

S_{cb}, S_{qb}, $S_{\gamma b}$ – fatores de correção para a inclinação da base da sapata

S_{cg}, S_{qg}, $S_{\gamma g}$ – fatores de correção para a inclinação do terreno de fundação

S_{cr}, S_{qr}, $S_{\gamma r}$ – fatores de correção para a compressibilidade do solo

2. MÉTODOS TEÓRICOS
2.5. MÉTODO DE BRINCH-HANSEN/VESIC

Fatores de correção para a forma da sapata:

VESIC (1975):

$$S_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

$$S_c = 1 + 0{,}2 \cdot \frac{B'}{L'} \qquad (\text{para } \phi = 0)$$

$$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \tan\phi$$

$$S_\gamma = 1 - 0{,}4 \cdot \frac{B'}{L'}$$

HANSEN (1970):

$$S_c = 1 + \left(0{,}2 + \tan^6 \phi\right) \cdot \frac{B'}{L'}$$

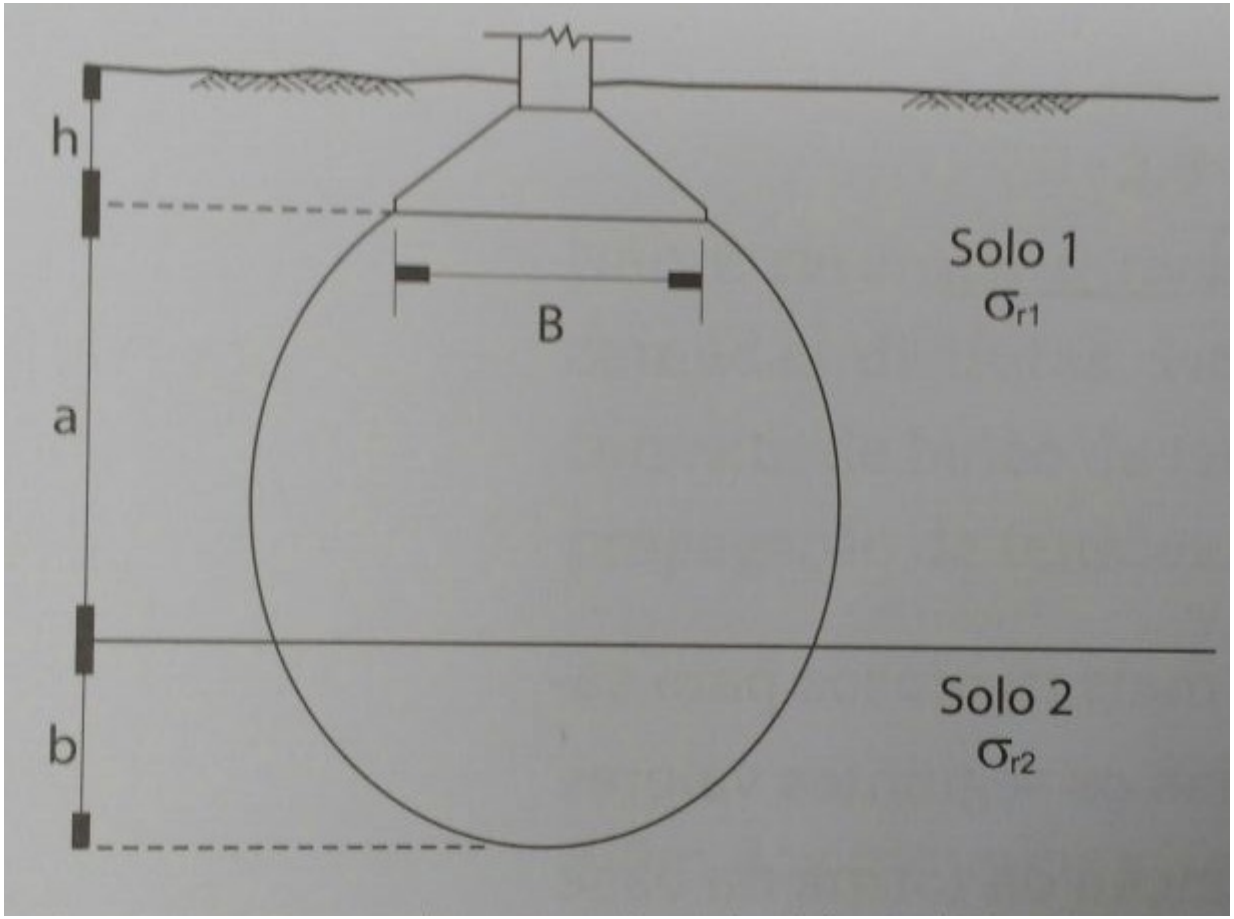
$$S_q = S_c - \frac{S_c - 1}{N_q}$$

$$S_\gamma = \frac{3 - S_c}{2}$$

3. CAPACIDADE DE CARGA EM SOLO ESTRATIFICADO

Duas camadas:

- Determinar a capacidade de carga de cada uma das camadas.



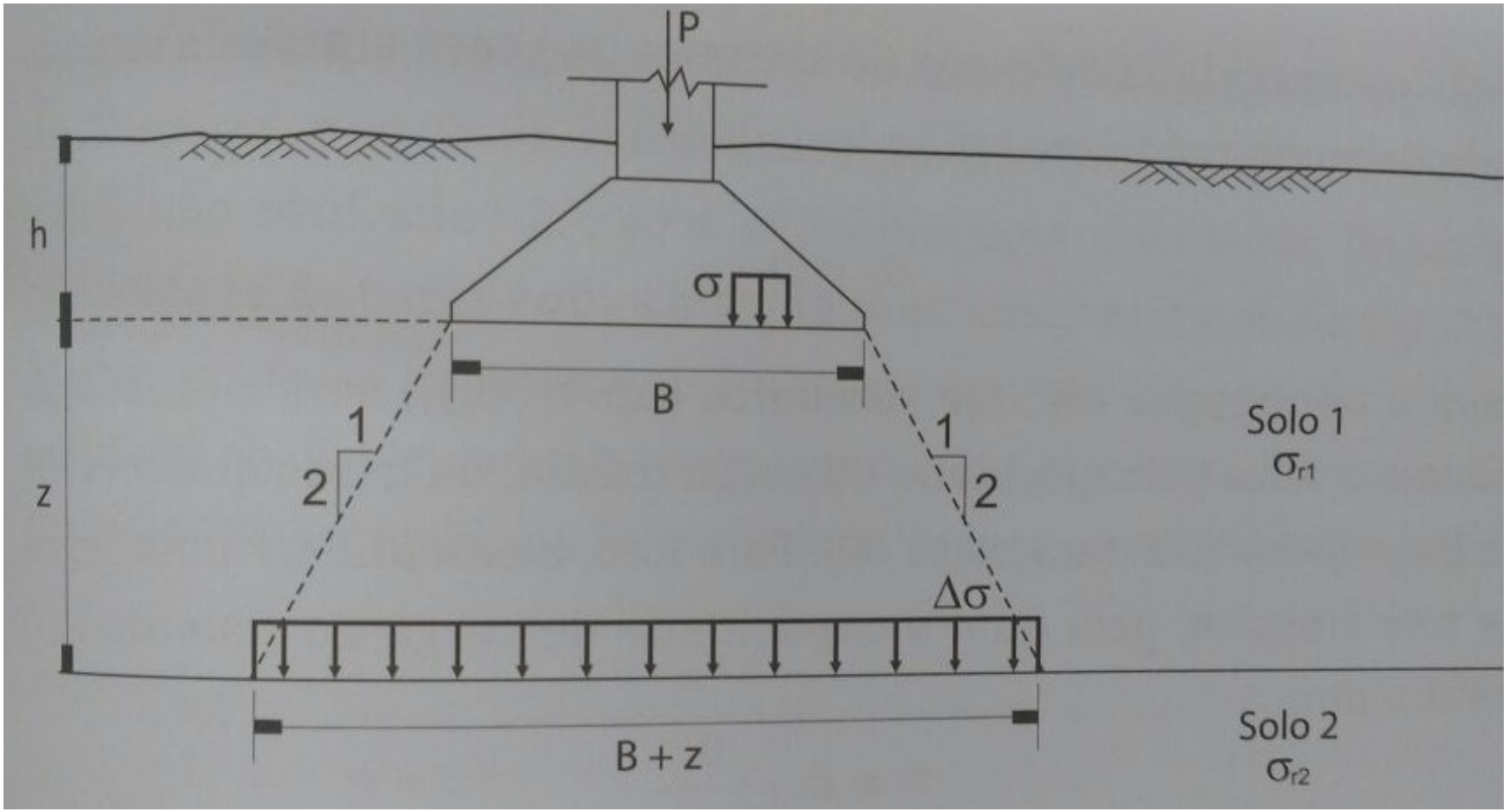
3. CAPACIDADE DE CARGA EM SOLO ESTRATIFICADO

Duas camadas:

- Se a camada de baixo (2) for mais resistente, a favor da segurança, adotar a capacidade do sistema igual a da camada 1.
- Se a camada de baixo (2) for menos resistente, usar a solução prática aproximada.

3. CAPACIDADE DE CARGA EM SOLO ESTRATIFICADO

Duas camadas:



3. CAPACIDADE DE CARGA EM SOLO ESTRATIFICADO

Duas camadas:

- Média: $$\sigma_{r1,2} = \frac{a\sigma_{r1} + b\sigma_{r2}}{a+b}$$

- Verificar se não há ruptura da segunda camada:

$$\Delta\sigma = \frac{\sigma_{r1,2} BL}{(B+z)(L+z)} \leqslant \sigma_{r2}$$

- Caso negativo, reduzir a capacidade de carga:

$$\sigma_r = \sigma_{r1,2} \frac{\sigma_{r2}}{\Delta\sigma}$$

- Capacidade de carga do sistema: $$\sigma_r = \sigma_{r1,2}$$

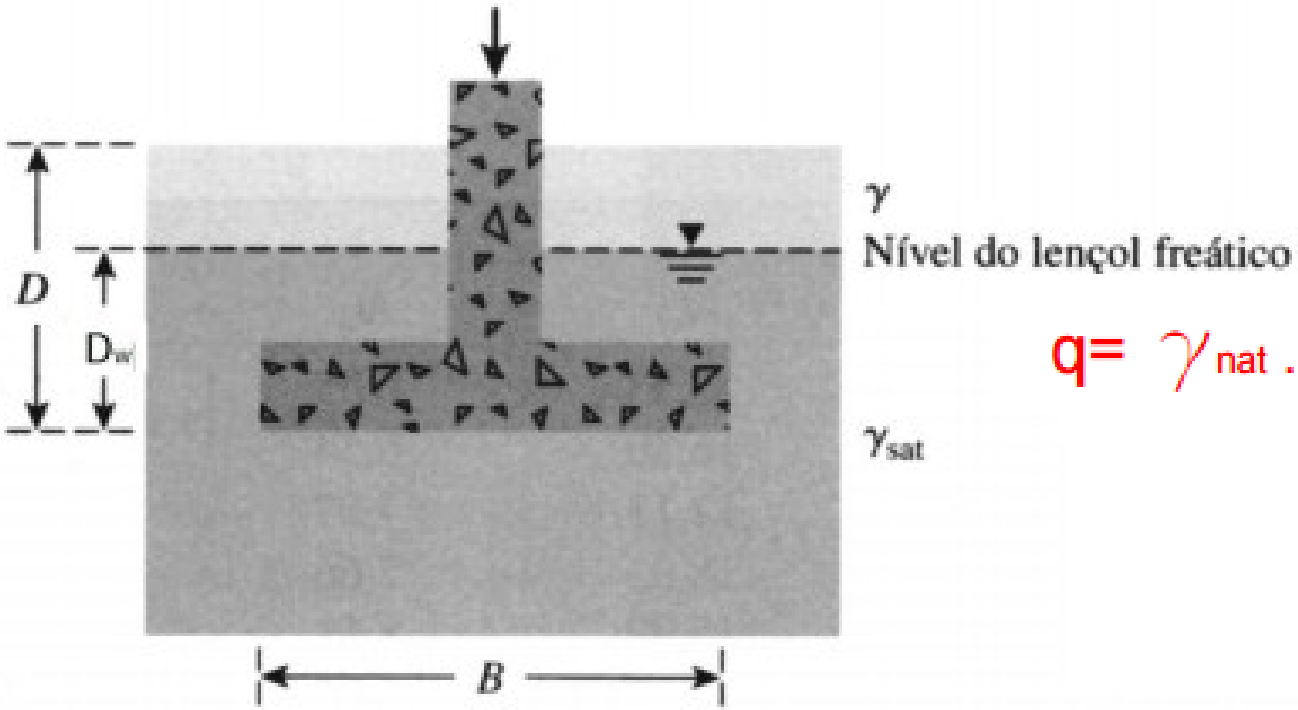
4. CAPACIDADE DE CARGA – INFLUÊNCIA DO NÍVEL D'ÁGUA

Solos arenosos:

- Peso especifico diminui quando se satura uma areia seca;
- Capacidade carga aumenta diretamente com o peso específico;
- N.A. entre o limite inferior do bulbo e a base da sapata → peso específico reduzido e ângulo de atrito quase não se altera.

Sapata apoiada em areia saturada a capacidade é reduzida quando comparada com uma areia em condição não saturada.

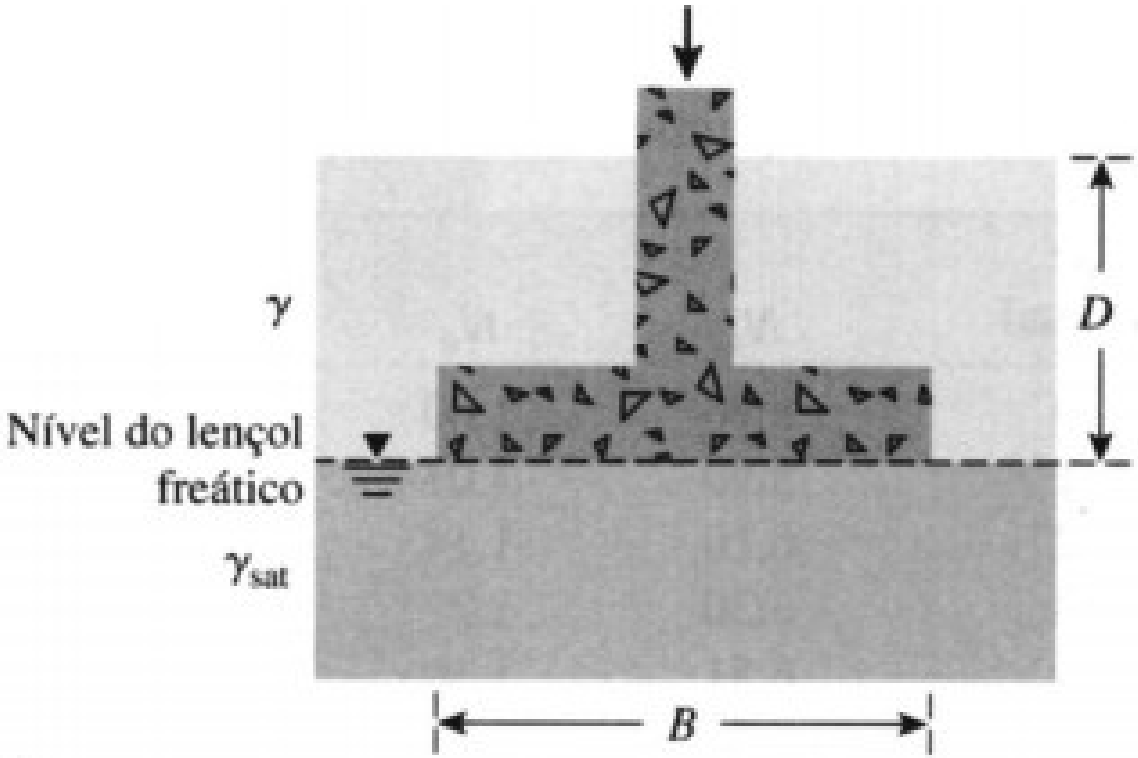
4. CAPACIDADE DE CARGA – INFLUÊNCIA DO NÍVEL D'ÁGUA



$$q = \gamma_{nat} \cdot (D - D_w) + \gamma' \cdot D_w$$

Além disso, o peso específico do solo que aparece no terceiro termo da equação de capacidade de carga deverá ser substituído por γ'.

4. CAPACIDADE DE CARGA – INFLUÊNCIA DO NÍVEL D'ÁGUA



$q = \gamma_{nat} \cdot D$

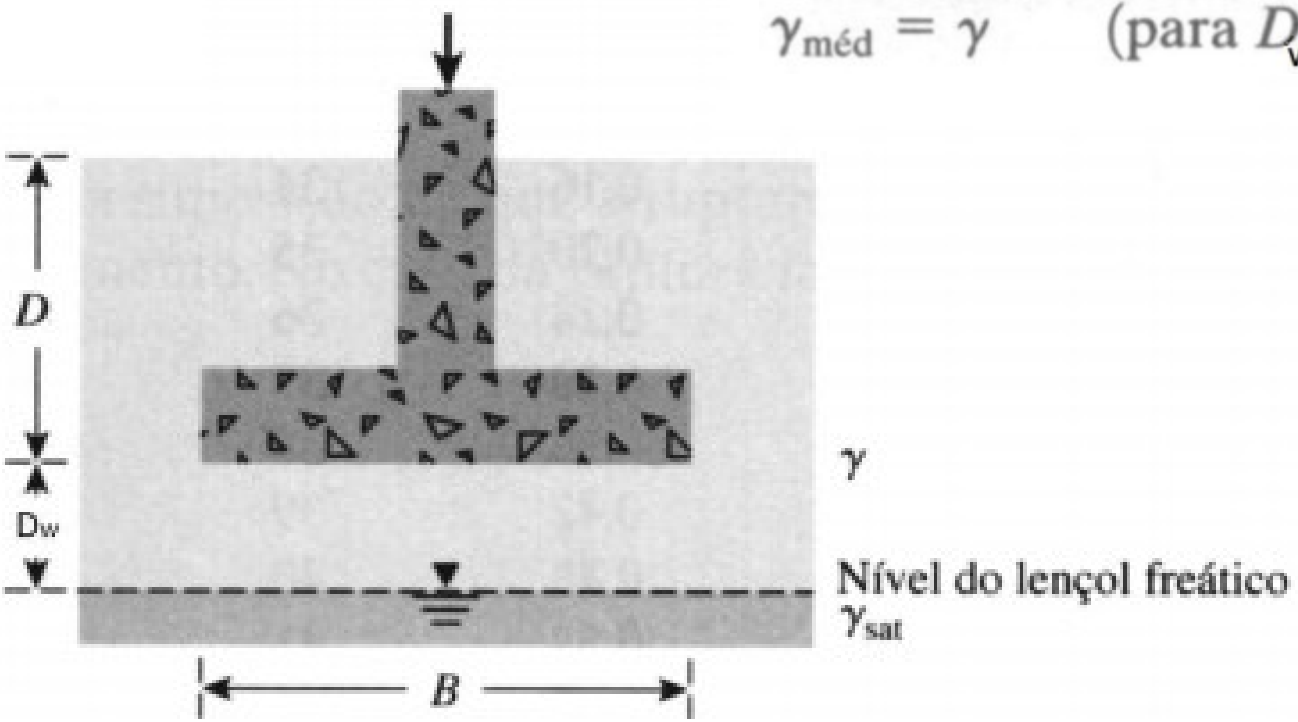
Além disso, o peso específico do solo que aparece no terceiro termo da equação de capacidade de carga deverá ser substituído por γ'.

4. CAPACIDADE DE CARGA – INFLUÊNCIA DO NÍVEL D'ÁGUA

O valor de γ no terceiro termo das equações de capacidade de carga deverá ser substituído por γ_{med} dado por:

$$\gamma_{méd} = \frac{1}{B}[\gamma D_w + \gamma'(B - D_w)] \qquad (\text{para } D_w \leq B)$$

$$\gamma_{méd} = \gamma \qquad (\text{para } D_w > B)$$



$q = \gamma_{nat} \cdot D$

MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

“São métodos que relacionam resultados de ensaios com tensões admissíveis ou tensões resistentes de projeto. Devem ser observados os domínios de validade de suas aplicações, bem como as disperções dos dados e as limitações regionais associadas a cada um dos métodos.”
NBR 6122:2010

5. MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

O fator de segurança global indicado pela NBR 6122:2010 é igual a 3 (tabela 1 item 6.2.1.1.1) na ausência de prova de cargas.

Entretanto, as correlações consagradas na prática do projeto de fundações diretas fornecem diretamente o valor da tensão admissível, com segurança implícita, o que dispensa a aplicação do fator de segurança.

5. MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

Mello alerta que é preciso analisar a origem e a validade de tais formulários de bolso antes de passar a aplicá-los inconscientemente e mesmo prejudicialmente em condições que extravasam do campo experimental do qual decorreram.

5. MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

A) Meyerhof (1956)

Solos arenosos: $qu = 32N(B+D)$

Solos argilosos: $qu = 16N$

- qu em kN/m² e D e B em m;
- N é a média do N_{SPT} em uma espessura 1,5B abaixo do nível da fundação;
- qu deve ser divido por 2 quando ocorrer presença do nível d'água no solo

5. MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

B) Correlações com o SPT

Fundações diretas por sapatas:

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{SPT}}{50} (MPa)$$

- N é o valor médio no bulbo de tensões
- N deve ser estar entre 5 e 20;
- Pode-se adicionar uma parcela q referente a sobrecarga.

5. MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

B) Correlações com o SPT

Teixeira (1996):

$$\sigma_a = 0{,}05 + (1 + 0{,}4\,B)\,\frac{N}{100} \qquad \text{(MPa)}$$

- Sapatas quadradas de lado B e h = 1,5m;
- Areia com peso específico de 18 kN/m³;
- Ângulo de atrito igual a $(20N)^{1/2} + 15°$
- Fator de segurança igual a 3.

5. MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

B) Correlações com o SPT

Mello (1975):

$$\sigma_a = 0{,}1\left(\sqrt{N} - 1\right) \qquad \text{(MPa)}$$

- Sem distinção do solo;
- N entre 4 e 16.

5. MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

C) Correlações com o CPT

Teixeira & Godoy (1996):

$$\sigma_a = \frac{q_c}{15} \leq 4{,}0 \text{ MPa} \qquad \text{(para areia)}$$

$$\sigma_a = \frac{q_c}{10} \leq 4{,}0 \text{ MPa} \qquad \text{(para argila)}$$

- qc é o valor médio no bulbo de tensões, e deve ser maior ou igual a 1,5 MPa.

5. MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS

D) Ensaios de laboratório

Para argilas, com b ase nos ensaios de laboratório pode-se adotar como tensão admissível do solo o valor da pressão de pré adensamento.

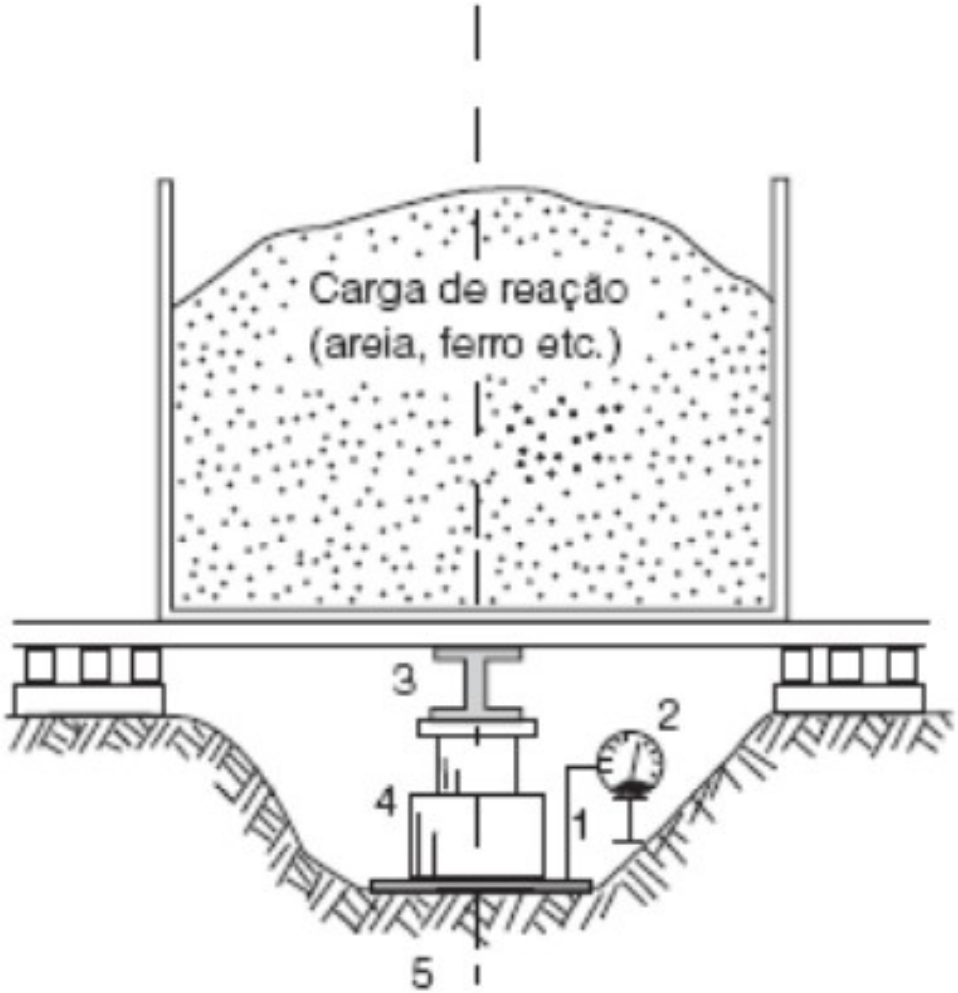
Tensão de pré adensamento → Tensão correspondente ao maior carregamento que um solo esteve submetido na sua vida geológica.

6. MÉTODO PRÁTICO: PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

“Ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR 6489, cujos resultados devem ser interpretados de modo a considerar a relação modelo protótipo, bem como as camadas influenciadas de solo..” NBR 6122:2010

6. MÉTODO PRÁTICO: PROVA DE CARGA SOBRE PLACA



6. MÉTODO PRÁTICO: PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

6. MÉTODO PRÁTICO: PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

Ensaio NBR6489:1984 – Prova de carga direta sobre terreno de fundação

- Procura reproduzir o comportamento da solicitação de uma fundação;
- Instalação de uma placa circular rígida de aço com diâmetro de 0,80m na mesma cota de projeto da base das sapatas, e aplicação de carga, em estágios, com medida simultânea dos recalques;

6. MÉTODO PRÁTICO: PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

Ensaio NBR6489:1984 – Prova de carga direta sobre terreno de fundação

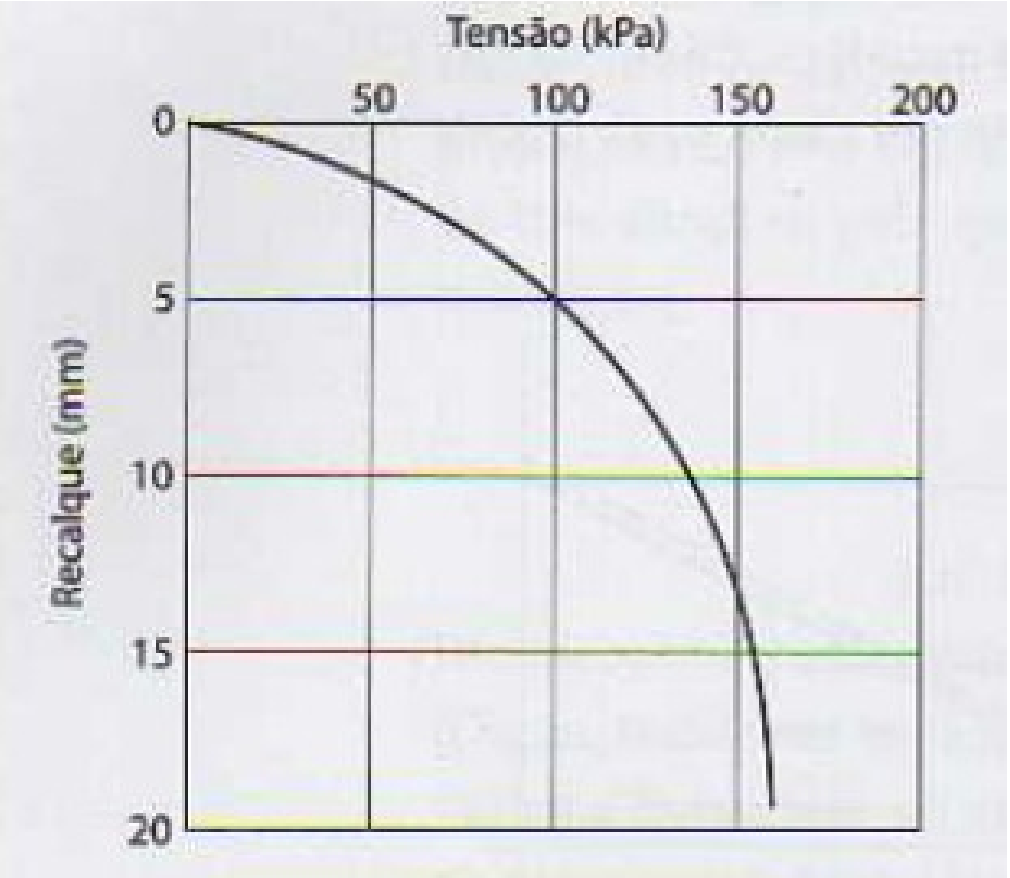
- Resultado do ensaio → Curva tensão x recalque.
- É importante conhecer o perfil do solo para evitar interpretações erradas;
- Camadas compressíveis podem mascarar o resultado.

6. MÉTODO PRÁTICO: PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

Ruptura nítida - geral

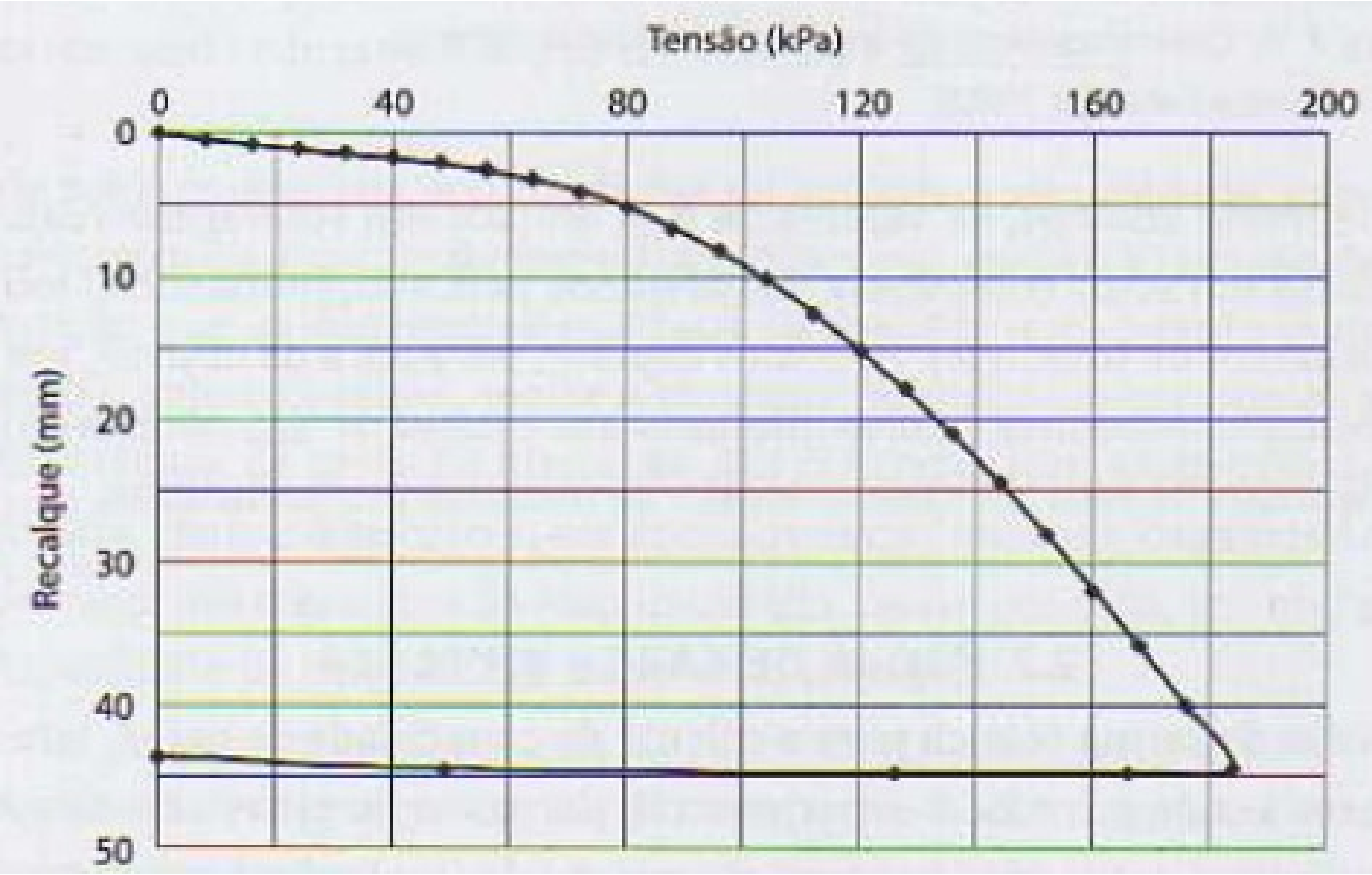
Tensão aproximada 160 kPa;

Tensão admissível = valor experimental da capacidade de carga dividido por 2 (fator de segurança)



6. MÉTODO PRÁTICO: PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

Ruptura não nítida → Critério arbitrário



6. MÉTODO PRÁTICO: PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

Ruptura não nítida → Critério arbitrário

Terzaghi (1942) → tensão correspondente ao ponto a partir do qual o trecho final da curva se transforma em linha reta não vertical: σ_r = 144 kPa – aprox. 140 kPa.

Critério de Boston → Critério de obras da cidade de Boston, desenvolvido para placa quadrada de 0,30 m de lado, sem nenhuma adaptação para a placa circular brasileira.

6. MÉTODO PRÁTICO: PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

Ruptura não nítida → Critério arbitrário

Critério de Boston → Dois valores de recalques 10 mm e 25 mm e suas tensões correspondentes σ_{25} e σ_{10}.

A tensão admissível é o menor dos valores entre 0,5σ_{25} e σ_{10}.*

EXERCÍCIO

1) Estimar a capacidade de carga de um elemento de fundação por sapata, com as seguintes condições de solo e valores médios no bulbo de tensões:

a) Argila rija com $N_{SPT} = 15$

b) Areia compacta com $N_{SPT} = 30$

c) Areia argilosa com f = 25° e c = 50 kPa (valores não drenados)

Características geométricas:

B = 2 m, L = 3 m, H = 1 m, NA = -1 m;

Usar a equação de terzaghi com proposição de vesic e correlação de godoy para cálculo do ângulo de atrito.

EXERCÍCIO

2) Estimar a capacidade de carga de um elemento de fundação por sapata, com as seguintes condições de solo e valores médios no bulbo de tensões:

a) Argila mole com $N_{SPT} = 4$

b) Areia pouco compacta com $N_{SPT} = 6$

c) Areia argilosa com f = 20° e c = 10 kPa (valores não drenados)

Características geométricas:

B = 2 m, L = 3 m, H = 1 m; NA = -1 m.

Usar a equação de terzaghi com proposição de vesic e correlação de godoy para cálculo do ângulo de atrito.

EXERCÍCIO

3) Estimar a capacidade de carga de um elemento de fundação por sapata, com as seguintes condições de solo e valores médios no bulbo de tensões:

a) Argila média com $N_{SPT} = 8$

b) Areia medianamente compacta com $N_{SPT} = 12$

c) Argila arenosa com $\phi = 20°$ e c = 40 kPa (valores não drenados)

Características geométricas:

B = 2 m, L = 3 m, H = 1 m, NA = -1 m;

Usar a equação de terzaghi com proposição de vesic e correlação de godoy para cálculo do ângulo de atrito.

EXERCÍCIO

4) Estimar a capacidade de carga de um elemento de fundação por sapata, com as seguintes condições de solo:

Areia compacta ϕ = 38° e c = 40 kPa (valores não drenados)

Características geométricas: B = L = 3 m, H = -1 m.

a) NA = -5 m; b) NA = -7 m; c) NA = -1 m

Usar a equação de terzaghi com proposição de vesic e correlação de godoy para cálculo do ângulo de atrito.

EXERCÍCIO

5) Estimar a capacidade de carga de um elemento de fundação por sapata, com as seguintes condições de solo:

De 0 a – 5 m → Argila rija com N_{SPT} = 15

De -5 m abaixo → Areia pouco compacta N_{SPT} = 6

Características geométricas:

B = L = 3 m, H = -1 m, NA = -5m;

Usar a equação de terzaghi com proposição de vesic e correlação de godoy para cálculo do ângulo de atrito.

EXERCÍCIO

6) Estimar a capacidade de carga de um elemento de fundação por sapata, com as seguintes condições de solo:

De 0 a – 5 m → Areia compacta ϕ = 38°

De -5 m abaixo →

a) Argila rija N_{SPT} = 15 b) argila mole N_{SPT} = 4

Características geométricas:

B = L = 3 m, H = -1 m, NA = -5m;

Usar a equação de terzaghi com proposição de vesic e correlação de godoy para cálculo do ângulo de atrito.

EXERCÍCIO

7) Determinar o diâmetro da sapata circular usando a teoria de Terzaghi com FS = 3. Desprezar o peso próprio da sapata.

Carga no pilar: 550 kN;

Φ = 33°, c = 0 kPa, γ = 17,5 kN/m³

De -5 m abaixo →

a) Argila rija N_{SPT} = 15 b) argila mole N_{SPT} = 4

Características geométricas:

B = L = 3 m, H = -1 m, NA = -5m;

Usar a equação de terzaghi com proposição de vesic e correlação de godoy para cálculo do ângulo de atrito.

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 Goias.

9) Material de aula do professor Sérgio Paulino Mourthé – Faculdades Kennedy.