

● 2. Capacidade de Carga de Estacas

As estacas dissipam a carga proveniente da estrutura por meio de resistência lateral e resistência de ponta ($R_{total} = R_{ponta} + R_{lateral}$).

Também existem limitações de resistência das estacas no que se refere à estrutura que as compõe (concreto simples, armado ou aço).

Pode-se estimar a capacidade de carga de uma estaca por meio de correlações de ensaios executados no campo tipo SPT e CPT.

A grande maioria dos métodos utiliza a seguinte fórmula básica para o cálculo da carga de ruptura da estaca:

$$\begin{aligned} R_t &= r_l \cdot U_l \cdot L \\ R_t &= R_l + R_p \\ R_p &= r_p \cdot A_p \end{aligned}$$

Onde:

- R_t - resistência total (kg ou tf ou kN).
- R_l - resistência lateral (kg ou tf ou kN).
- R_p - resistência de ponta (kg ou tf ou kN).
- r_l - resistência unitária lateral ou aderência lateral ou atrito lateral, a ser calculada empiricamente (kg/cm² ou tf/m² ou kN/m²).
- U_l - perímetro lateral da estaca (cm ou m).
- L - profundidade da estaca (cm ou m).
- r_p - resistência unitária de ponta ou tensão de ponta (a ser calculada empiricamente) (kg/cm² ou tf/m² ou kN/m²).
- A_p - área da ponta da estaca (cm² ou m²).

Nota-se que os métodos sempre estão visando estimar a resistência unitária lateral (r_l) e a resistência unitária de ponta (r_p), posto que os demais itens são características geométricas da estaca.

2.1. Método de Decourt e Quaresma

O método proposto pelos engs. Luciano Decourt e Arthur Quaresma estima a resistência unitária lateral (r_l) e resistência unitária de ponta (r_p), tomando-se por base o resultado do ensaio de SPT.

$$r_l = \left(\frac{SPT_{médio L}}{3} + 1 \right) \cdot 10 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$r_p = SPT_{médio p} \cdot K$$

Onde:

- $SPT_{médio l}$ - média aritmética dos SPT's que envolvem o fuste das estaca, desprezando-se o SPT da ponta e o anterior (utilizar SPT mínimo = 3)
- $SPT_{médio p}$ - média aritmética entre os SPT's da ponta, o anterior e o posterior.
- K - coeficiente que depende do solo

O método também prevê fatores de correção minorando a resistência lateral e de ponta das estacas, levando-se em consideração o procedimento executivo de cada estaca:

Tabela nº 19 - Coeficiente "K"

Solo	K (kN/m ²)
Argiloso	120
Silte argiloso	200
Silte argiloso	250
Areia	400

$$R_l = \sum_i (r_{li} \cdot U_i \cdot \Delta L_i \cdot \beta)$$

$$R_p = r_p \cdot A_p \cdot \alpha$$

$$R_t = R_l + R_p$$

Tabela nº 20 - Fatores β (para correção da resistência lateral)

Solo	Estacas cravadas	Escavadas em geral	Escavada com lama bentonítica	Hélice contínua	Raiz
Argila	1,0	0,80		1,00	1,50
Solo intermediário	1,0	0,65	0,75	1,00	1,50
Areias	1,0	0,50	0,60	1,00	1,50

Tabela nº 21 - Fatores α (para correção da resistência de ponta)

Solo	Estacas cravadas	Escavadas em geral	Escavada com lama bentonítica	Hélice contínua	Raiz
Argila	1,0	0,85	0,85	0,30	0,85
Solo intermediário	1,0	0,60	0,60	0,30	0,60
Areias	1,0	0,50	0,50	0,30	0,50

Para terrenos com várias camadas de solo, a resistência total lateral (R_t) será a soma-tória das resistências laterais parciais de cada solo. Para a obtenção da carga admissível das estacas, devem-se aplicar os seguintes fatores de segurança:

$$R_{adm} = \frac{R_t}{2,00} \quad \text{ou} \quad R_{adm} = \frac{R_l}{1,30} + \frac{R_p}{4}$$

2.2. Método de Aoki e Velloso

O método, proposto pelos eng. Nelson Aoki e Dirceu Velloso, estima a resistência unitária lateral (r_l) e a resistência unitária de ponta (r_p), tomando-se por base o resultado do ensaio de CPT (*deep sounding*).

$$r_l = \frac{q_c \cdot \alpha}{F2} \quad r_p = \frac{q_c}{F2}$$

Onde:

q_c - resultado médio da resistência de ponta do cone no ensaio de CPT da camada de solo em análise;

α - fator de correlação da resistência de ponta e resistência lateral do cone no ensaio de CPT (depende do tipo de solo);

F1 e F2 - coeficientes que dependem do tipo de estaca.

Tabela nº 22 - Fatores F1 e F2

Estaca	F1	F2
Pré-moldada	1,75	3,50
Escavada	3,00	6,00
Franki	2,50	5,00

$$R_l = \sum j \cdot (r_{li} \cdot U \cdot \Delta L_i)$$

$$R_p = r_p \cdot A_p$$

$$R_t = R_l + R_p$$

Para a obtenção da carga admissível das estacas, deve-se aplicar o seguinte fator de segurança:

$$R_{adm} = \frac{R_t}{2}$$

O método também estima os resultados de resistência de ponta do cone no ensaio de CPT, utilizando-se a correlação e a tabela abaixo:

$$q_c = K \cdot (SPT)$$

Tabela nº 23 - Fatores K e α

Solo	K (kN/m ²)	α (%)
areia	1000	1,4
areia silty	800	2,0
areia silty-argilosa	700	2,4
areia argilosa	600	3,0
areia argilo-silty	500	2,8
silte	400	3,0
silte arenoso	550	2,2
silte arenoso argiloso	450	2,8
silte argiloso	230	3,4
silte argilo-arenoso	250	3,0
argila	200	6,0
argila arenosa	350	2,4
argila areno-silty	300	2,8
argila silty	220	4,0
argila silty-arenosa	330	3,0

Quando se utiliza o ensaio de SPT para o cálculo de R_l e R_p obtém-se:

$$R_l = \sum (SPT_{médio} \cdot K_i \cdot \alpha_i \cdot \Delta L_i \cdot U) \div F2$$

$$R_p = (SPT_{ponta} \cdot K \cdot A_p) \div F1$$

$$R_t = R_l + R_p$$

Onde:

$SPT_{médio}$ - média aritmética de SPT's da camada em análise;

SPT_{ponta} - SPT da ponta da estaca.

Para a obtenção da carga admissível das estacas, deve-se aplicar o seguinte fator de segurança:

$$R_{adm} = \frac{R_t}{2,00}$$