

# Estudo da Eficiência de Sondagens à Percussão tipo SPT com Medição de Torque e Embuchamento na Determinação da Capacidade de Carga de Fundações Tipo Raiz no Campo Experimental da UNIFOR

Marcos Fábio Porto de Aguiar  
IFCE e UNIFOR, Fortaleza, Brasil, marcosfpa@hotmail.com

Giullia Carolina de Melo Mendes  
IFCE, Fortaleza, Brasil, giucmendes@gmail.com

Bruna Vital Roque  
IFCE, Fortaleza, Brasil, brunavitalr@gmail.com

Francisco Heber Lacerda de Oliveira  
UNIFOR, Fortaleza, Brasil, heberoliveiracivil@gmail.com

Luis Helcio Figueiredo Scipião  
UNIFOR, Fortaleza-CE, Brasil, helcio@tecnord.com.br

**RESUMO:** A determinação da capacidade de carga axial para projetos de fundações requer que sejam realizados estudos geotécnicos que caracterizem e identifiquem os parâmetros de resistência das camadas na área de influência da fundação. O ensaio à percussão com determinação do índice de resistência à penetração (NSPT) permite, também, a configuração do perfil estratigráfico, por meio de amostras deformadas ou, até mesmo, não representativas no caso das amostras obtidas na perfuração por lavagem com o trépano. Porém, no sentido de melhorar a aplicação do método na determinação de capacidade de carga axial em estacas e controle da qualidade dos resultados da técnica, alguns procedimentos complementares foram propostos, como a medição de torque e a verificação da recuperação no amostrador padrão, ou embuchamento. O presente artigo trata da verificação da eficiência destes métodos, que consideram a contribuição do atrito lateral na execução do ensaio SPT, na determinação da capacidade de carga axial em estaca raiz. Para tal, foram executadas sondagens à percussão com medição de torque e embuchamento no campo experimental da Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e, na sequência, construídas duas estacas tipo raiz com diâmetro de 310mm e 6m de profundidade, nas quais foram implementadas provas de carga estática levadas à condição de ruptura. De posse dos resultados foram realizadas análises comparativas, considerando os métodos de determinação de capacidade de carga estática de Aoki e Velloso, Décourt e Quaresma, Teixeira, Cabral, Aoki, Alonso e Décourt. Com a pesquisa, foi possível identificar as relações entre as cargas últimas, obtidas com os diversos métodos de previsão e a prova de carga, além de verificar a possibilidade da aplicação de métodos que consideram o atrito lateral no amostrador do ensaio à percussão.

**PALAVRAS-CHAVE:** SPT. Torque. Embuchamento. Capacidade de Carga Axial. Estaca Raiz. Atrito Lateral no Amostrador.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante muitos anos, diversos autores estudaram métodos para determinação da capacidade de carga. Entre eles, destacam-se os brasileiros Aoki, Velloso, Teixeira, Décourt, Quaresma e Alonso, que estudaram os métodos semi empíricos para tais cálculos. Os estudos de Décourt (1998) e Alonso (1996) focam em métodos para se determinar a capacidade de carga utilizando dados de torque do solo analisado durante a sondagem feita, o ensaio à percussão com medição de torque (SPT-T). Já Aoki (2013) propôs um método que, apesar de também utilizar ensaios à percussão, introduzia uma inovação durante a execução da sondagem SPT: a medição da recuperação do solo no amostrador (embuchamento).

Este trabalho tem como objetivo verificar, analisar e comparar os valores de capacidade de carga obtidos em prova de carga realizada com os valores obtidos por meio dos cálculos dos métodos semi-empíricos de Aoki e Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1978), e Teixeira (1996), dos métodos dos torques de Alonso (1996) e Décourt (1998), e do método do embuchamento de Aoki (2013).

O trabalho foi realizado partindo de resultados de ensaios à percussão com medição de torque e da recuperação no amostrador realizados no campo experimental no estado do Ceará. Considerando um total de três sondagens e duas estacas do tipo raiz de 6m de profundidade e 310 mm de diâmetro, foram obtidos e comparados os valores de capacidade de carga nos locais 1, 2, 3 de acordo com os resultados obtidos nos estudos.

## 2 MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS TRADICIONAIS PARA CÁLCULO DE CAPACIDADE DE CARGA AXIAL EM ESTACAS

Nesse tópico, serão tratados os métodos tradicionais de determinação da capacidade de carga em estacas, que são um tipo de fundação profunda. Segundo Cintra e Aoki (1999), capacidade de carga do sistema solo-estaca é a máxima carga que este pode suportar, sem ocorrer a ruptura do solo, recalques excessivos ou danos na estrutura da estaca. Já fundações

profundas são elementos estruturais capazes de suportar e transferir cargas ao solo por meio da base e/ou da superfície lateral, caracterizando sua resistência de ponta e lateral, respectivamente. Geralmente, as fundações profundas são assentadas a uma profundidade maior que duas vezes sua menor dimensão em planta.

### 2.1 Método de Aoki-Velloso

Este método foi sugerido em 1975, afim de se obter uma previsão da capacidade de carga de um elemento de fundação com base nas informações fornecidas em um boletim de ensaio SPT. O estudo foi inicialmente proposto para o cálculo da carga última em função dos valores da resistência de ponta e lateral, medidos por meio do ensaio CPT, porém, este ensaio não é tão usual no Brasil como o SPT. Portanto, afim de se fazer uso desse método, foram feitas correlações, que resultaram nas seguintes equações:

$$R = \frac{kN_p}{F_1} \cdot A_p + \frac{U}{F_2} \cdot \sum_1^n (\alpha \cdot k \cdot N_L \cdot \Delta L) \quad (1)$$

Em que R é a capacidade de carga, k um coeficiente dependente do tipo de solo,  $N_p$  o valor do  $N_{SPT}$  na cota de apoio da ponta,  $F_1$  e  $F_2$  são fatores de correção,  $A_p$  a área da ponta, U é o perímetro,  $\alpha$  o coeficiente dependente do tipo de solo, e  $N_L$  valor do  $N_{SPT}$  médio referente ao  $\Delta L$ , que é a altura da camada, por tipo de solo.

### 2.2 Método de Décourt-Quaresma

Este é um método para determinação da capacidade de carga baseado, apenas, nos dados fornecidos por sondagem à percussão (SPT). Até então, os coeficientes utilizados eram obtidos apenas por meio da experiência profissional, sem serem confrontados com os dados fornecidos por provas de carga.

O método apresenta os seguintes cálculos:

$$R = \alpha \cdot C \cdot N_p \cdot A_p + \beta \cdot 10 \cdot \left( \frac{N_L}{3} + 1 \right) \cdot U \cdot L \quad (2)$$

Em que R é a capacidade de carga,  $\alpha$  e  $\beta$  são coeficientes dependentes do tipo de estaca, C o

coeficiente característico do solo,  $N_P$  valor do  $N_{SPT}$  na cota de apoio da ponta e o imediatamente anterior e posterior,  $A_P$  é a área da ponta,  $N_L$  o valor do  $N_{SPT}$ ,  $U$  o perímetro do fuste, e  $L$  é a altura da camada por tipo de solo.

### 2.3 Método de Teixeira (1996)

O método proposto por Teixeira (1996) leva em consideração uma equação unificada para a determinação da capacidade de carga, em função de dois parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , conforme apresentado a seguir:

$$R = R_p + R_L = \alpha \cdot N_p \cdot A_p + \beta \cdot N_L \cdot U \cdot L \quad (3)$$

Sendo  $N_P$  o valor médio do índice de resistência a penetração ( $N_{SPT}$ ) medido no intervalo de 4 diâmetros acima da ponta da estaca e 1 diâmetro abaixo,  $N_L$  o valor médio do índice de resistência à penetração ( $N_{SPT}$ ) ao longo do fuste da estaca. Os valores de  $\alpha$ , relativo a resistência de ponta, são dados em função do solo e do tipo de estaca. Já os valores de  $\beta$ , relativo à resistência de atrito lateral, independe do tipo de solo, porém, depende do tipo de estaca. Ambos são valores tabelados.

É necessário advertir que o método não pode ser aplicado ao caso de estacas pré-moldadas de concreto flutuantes em espessas camadas de argilas moles sensíveis, com  $N_{SPT}$  inferior a 3.

## 3 MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DE CAPACIDADE DE CARGA COM TORQUE

De acordo com Mantuano (2013), a sondagem SPT-T é uma ferramenta de investigação geotécnica que consiste na medição do torque por meio de sondagens de simples reconhecimento. Utilizando esse método, é possível indicar o nível de água, a determinação dos tipos de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência, os índices de resistência à penetração e, como diferencial, os momentos de torção do amostrador, medidos pelo torquímetro.

A medida do torque, quando solicitada, é efetuada ao término de cada ensaio de penetração SPT. Após serem cravados os 45cm do amostrador, conforme a NBR-6484, retira-se a

cabeça de bater e acopla-se o adaptador de /torque, verificando a medida de torque máximo e torque residual através de um torquímetro, devidamente calibrado, medidos em Kgf.m.

### 3.1 Método de Alonso

Segundo Oliveira (2014), o seguinte método baseia-se nos resultados de torque obtidos pelos ensaios SPT-T para calcular o carregamento admissível em uma estaca, sendo a capacidade de carga dada por:

$$R = U \cdot L \cdot f_s + A_p \cdot q_p \quad (4)$$

$$f_s = 0,65 \cdot f_t \quad (5)$$

$$f_t = \frac{100 \cdot T_{\max}}{0,41 \cdot h - 0,032} \quad (6)$$

$$q_p = B \cdot \left( \frac{T_{\min 1} + T_{\min 2}}{2} \right) \quad (7)$$

Em que  $U$  é o perímetro do fuste,  $L$  o comprimento da estaca,  $f_s$  a adesão média ao longo do fuste da estaca,  $A_P$  a área da ponta,  $q_p$  a carga na ponta,  $f_t$  a tensão do atrito lateral,  $T_{\max}$  é o torque máximo (expresso em Kgf.m),  $h$  a penetração total do amostrador (em cm),  $T_{\min 1}$  a média aritmética dos valores de torque mínimo no trecho de 8x o diâmetro da estaca, a partir da ponta superior da estaca (anulando-se tais valores quando o comprimento da estaca for menor que 8x diâmetro da estaca),  $T_{\min 2}$  a média aritmética dos valores de torque mínimo no trecho de 3x diâmetro da estaca, a partir da ponta inferior da estaca, e  $B$  é uma constante que varia com o tipo de solo.

O fator de segurança de Alonso (1996), considerado para o cálculo da carga admissível em projeto, caso não haja prova de carga para a determinação da carga última, será 2.

### 3.2 Método de Décourt

Este método foi sugerido em 1998, como uma adaptação do método de Décourt-Quaresma (1978) para o SPT-T, adicionando três fatores e introduzindo os valores de torque nos cálculos.

$$R = \alpha \cdot C \cdot N_{eq} \cdot A_p + P \cdot \beta \cdot \sum \left( 10 \cdot \left( \frac{N_{equi}}{3} + 1 \right) \right) \cdot h. \quad (8)$$

Em que R é a capacidade de carga,  $\alpha$  e  $\beta$  são coeficientes dependentes do tipo de estaca, C o coeficiente característico do tipo de solo, h o comprimento da camada de solo,  $N_{equi}$  o valor do torque/1,2 correspondente a camada de solo de comprimento h,  $A_p$  é a área da ponta, P é o perímetro do fuste, e  $N_{eq}$  é a média dos valores de  $N_{equi}$  calculados desde 1m acima da cota da ponta da estaca e 1m abaixo da mesma.

#### 4 MÉTODO DA DETERMINAÇÃO DE CAPACIDADE DE CARGA UTILIZANDO A RECUPERAÇÃO DE SOLO NO AMOSTRADOR SPT

O método, desenvolvido por Aoki (2013), tem por objetivo utilizar a recuperação de solo no amostrador padrão SPT nos cálculos de determinação da capacidade de carga de estacas. A fundamentação teórica do processo tem como base física e matemática, o Princípio da Conservação de Energia de Hamilton e a Teoria da Equação da Onda, conforme explicados adiante.

##### 4.1 Princípio da Conservação da Energia de Hamilton

O Princípio de Hamilton aplica-se à conservação de energia entre dois instantes de um evento dinâmico (Aoki et al., 2013):

$$\int_{t_1}^{t_2} \delta(T - V) dt + \int_{t_1}^{t_2} \delta(W_{nc}) dt = 0 \quad (9)$$

Em que,  $\delta$  representa a variação entre as energias, cinética (T) e potencial (V) do sistema, em um intervalo de tempo ( $t_2 - t_1$ ) e  $W_{nc}$  representa o trabalho efetuado por forças não conservativas no mesmo intervalo de tempo (Aoki et al., 2013). Entende-se por energia cinética a energia que o sistema possui por estar em movimento, e por energia potencial, a energia do sistema que só depende da posição ou da configuração das massas atuantes no sistema

(Aoki et al., 2013). No estudo em questão, esse princípio é aplicado à conservação de energia na queda do martelo de peso 65kgf de uma altura de 75cm da boca do furo.

##### 4.2 Teoria da Equação da Onda

No processo de soltura do peso de 65 kgf à uma altura de 75 cm no ensaio SPT, são geradas ondas no sistema, que podem ser interpretadas pela Teoria da Equação da Onda (Smith, 1960), sendo comparado ao que ocorre no ensaio de prova de carga dinâmica. É dada por:

$$c^2 \frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = \frac{sU}{\rho A} \quad (10)$$

Sendo:  $\omega$ : deslocamento da seção; t: tempo; z: abscissa da seção; s: reação lateral local;  $\rho$ : massa específica; c: velocidade de propagação; A: área; U: perímetro.

Tendo como solução, a seguinte expressão:

$$\omega(z, t) = g(z + ct) + f(z - ct) = W_d \downarrow + W_u \uparrow \quad (11)$$

Onde:  $\omega(z, t)$  é o deslocamento da seção z no instante t.

As duas funções componentes, g e f, são denominadas onda descendente  $W_d$  (Wave down) e onda ascendente  $W_u$  (Wave up), e se deslocam para baixo e para cima a uma velocidade c (Aoki, 2013).

Dessa forma, a resistência dinâmica oferecida pelo atrito lateral e de ponta tem velocidade proporcional a da partícula na seção z e no instante t ao longo do fuste da estaca. Sendo assim, a resistência dinâmica é:

$$R_d(z, t) = J_s \cdot v \cdot R_u(z, t) \quad (12)$$

E a resistência total dada por:

$$R_t(z, t) = R_u(z, t) + R_d(z, t) = R_u(z, t) \cdot [1 + J_s \cdot v(z, t)] \quad (13)$$

Em que  $J_s$  é o coeficiente de amortecimento de Smith, e v (z,t) é a velocidade da partícula.

##### 4.3 Resistência por Atrito Lateral no Amostrador SPT

A eficiência do ensaio SPT pode ser determinada com base na execução da prova de carga estática do sistema cabeça de bater + hastes + cilindro vazado do amostrador realizada logo após a medida do valor  $N_{SPT}$  (Neves, 2004), para que haja a determinação da eficiência do ensaio, conforme expressão a seguir:

$$e_f = \frac{R_u \cdot 30\text{cm}}{W \cdot H \cdot N_{SPT}} \quad (14)$$

Em que  $R_u$  é a resistência a penetração estática do amostrador,  $W$  o peso do martelo utilizado no ensaio (em torno de 65 kgf),  $H$  a altura de queda no ensaio SPT (em torno de 75 cm).

Na Figura 1, é apresentado o equilíbrio das forças não conservativas atuantes durante o impacto do martelo no amostrador, levando em consideração as reações por atrito lateral ao longo das paredes internas e externas e da seção do chanfro do cilindro amostrador padrão (Aoki, 2013).

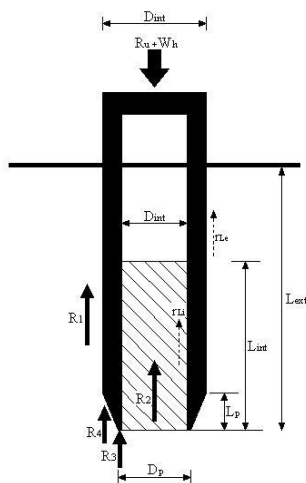


Figura 1: Equilíbrio das forças resultantes que atuam no amostrador. Fonte: Adaptado de Aoki, 2013.

Ainda segundo Aoki (2013), as respectivas forças de atrito são:

$R_1$ : força de atrito na parede vertical externa do amostrador;  $R_2$ : força de atrito na parede vertical interna do amostrador;  $R_3$ : força de reação vertical na seção anelar da ponta do amostrador;  $R_4$ : componente vertical da força de atrito ao longo da superfície biselada troncocônica do amostrador.

Há também as dimensões padronizadas de acordo com o amostrador padrão brasileiro:

$D_{ext} = 5,08$  cm;  $D_{int} = 3,49$  cm;  $D_p = 3,81$  cm;  $L_p = 2,00$  cm;  $L_{ext} = 45$  cm. Em que  $D_{ext}$  é o diâmetro externo do amostrador,  $D_{int}$  o diâmetro interno do amostrador,  $D_p$  o diâmetro externo da ponta do amostrador,  $L_p$  o comprimento da ponta chanfrada do amostrador, e  $L_{ext}$  é o comprimento externo do amostrador.

Considerando o equilíbrio estático das forças que atuam no amostrador, tem-se:

$$R_u - W_h = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (15)$$

Em que  $R_u$  é uma força não conservativa resistente à penetração estática do amostrador, e  $W_h$  é o peso das hastes e cabeça de bater utilizados no ensaio.

As expressões, que representam os cálculos das forças resistentes estão descritos a seguir:

$$R_1 = \pi \cdot D_{ext} \cdot (L_{ext} - L_p) \cdot r_L \quad (16)$$

$$R_2 = \pi \cdot D_{int} \cdot \alpha \cdot r_L \cdot L_{int} \quad (17)$$

$$R_3 = \frac{\pi (D_p - D_{int})^2 \cdot r_L}{4R_f} \quad (18)$$

$$R_4 = \frac{S_L \cdot L_p \cdot r_L}{L} \quad (19)$$

Dessa maneira, é possível determinar o atrito lateral entre o amostrador do ensaio SPT e o solo ensaiado pela seguinte expressão:

$$r_L = \frac{R_u - W_h}{\pi \cdot D_{ext} (L_{ext} - L_p) + \pi \cdot D_{int} \cdot \alpha \cdot L_{int} + \frac{\pi (D_p - D_{int})^2}{4R_f} + S_L \cdot \frac{L_p}{L}} \quad (20)$$

## 5 RESULTADOS

Com a finalidade de comparar as determinações de capacidades de carga obtidas em métodos tradicionais e semi-empíricos, com o resultado obtido na prova de carga, foram realizados ensaios SPT no campo experimental da Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

Foram realizados 3 furos de sondagem ao longo do campo experimental, bem como 2 estacas raiz de 6 metros de profundidade e 310mm de diâmetro. A distribuição dos furos e das estacas estão dispostos na planta de locação da Figura 2:

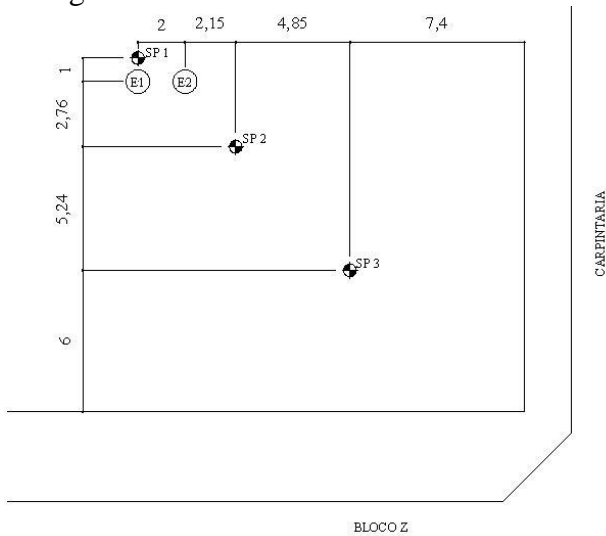


Figura 2: Planta de locação dos furos de sondagem e estacas submetidas à prova de carga estática.

Com a realização do ensaio SPT, foram obtidos parâmetros como o  $N_{SPT}$ , medição de torque, embuchamento e tipos de solo, para a determinação da capacidade de carga pelos métodos tradicionais e semi-empíricos, como apresentados da Tabela 1:

Tabela 1: Resultados das capacidades de carga de acordo com cada método, em tonelada força.

Método Utilizado	Capacidade de Carga (tf)			Média (tf)
	SP 1	SP2	SP3	
Aoki-Velloso	19	15,2	12,9	15,7
Décourt-Quaresma	29,1	25,4	24,4	26,3
Teixeira	29	23,9	20,2	24,37
Cabral	31,93	26,92	22,98	27,27
Aoki (2013)	37,2	27,2	24,3	29,57
Alonso (SPT-T)	40,61	41,54	40,11	40,75
Décourt (SPT-T)	48,98	59,07	49,96	52,67

Além disso, nas estacas raiz, foram realizadas provas de carga estática, obtendo a carga última da estaca. Os gráficos das curvas carga x recalque estão representados na Figura 3 e Figura 4.

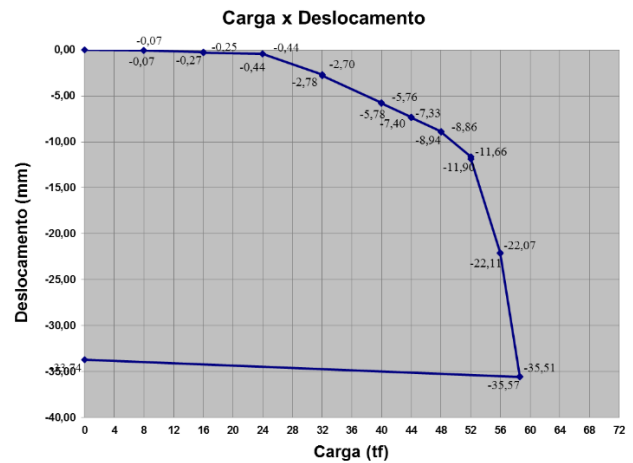


Figura 3: Gráfico da curva carga x recalque referente à estaca E 01.

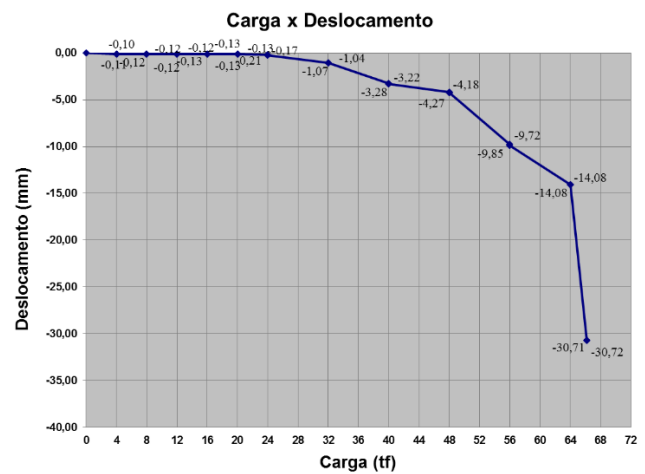


Figura 4: Gráfico da curva carga x recalque referente à estaca E 02.

Os resultados finais da capacidade de carga de cada estaca obtidos na prova de carga estão apresentados da Tabela 2.

Tabela 2: Valores das capacidades de carga no momento da ruptura, obtidos nas provas de carga estática.

Estaca de Realização da Prova de Carga	Capacidade de Carga (tf)
E 01	59
E 02	67

## 5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir das curvas carga x recalque obtêm-se a capacidade de carga média de 63 tf.

Apresenta-se a seguir a Figura 5 com os resultados, em valores médios, da capacidade de carga dos métodos semi-empíricos (tradicionais

e considerando o torque e embuchamento) e provas de carga.

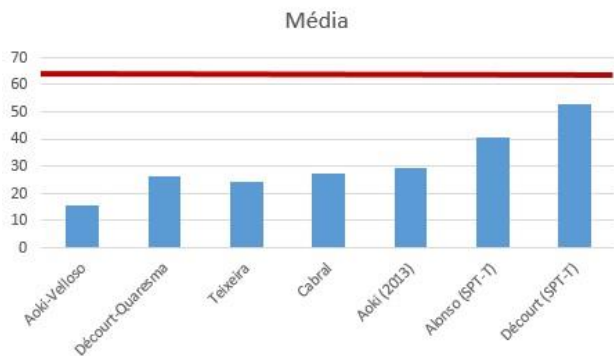


Figura 5: Gráfico dos valores médios da capacidade de carga dos métodos semi-empíricos e das provas de carga.

A Tabela 3 mostra as diferenças percentuais da média de cada método em relação à carga última média indicada pelas provas de carga.

Tabela 3: Diferença percentual em relação à carga última média indicada pela prova de carga e à média dos valores indicados em cada método.

Método	Diferença Percentual (%)
Aoki-Velloso (1975)	-75,08
Décourt-Quaresma (1978)	-58,25
Teixeira (1996)	-61,32
Cabral (1986)	-56,72
Aoki (2013)	-53,06
Alonso (1996)	-35,32
Décourt (1998)	-16,49

Comparando os resultados de capacidade de carga, pode-se observar que, para esse caso, os resultados dos métodos semi-empíricos se aproximaram mais do obtido na prova de carga do que os métodos tradicionais.

O método que menos se aproximou do resultado da prova de carga foi Aoki-Velloso, e o que mais se aproximou foi Décourt (SPT-T).

## 6 CONCLUSÕES

Foi possível observar, a partir dos resultados deste trabalho, que todos os métodos semiempíricos apresentaram valores de capacidade de carga conservadores quando comparados com a carga última média das provas de carga. Os métodos que consideraram o atrito lateral (torque e embuchamento) foram os métodos que mais se aproximaram, indicando a maior eficiência, neste caso de estudo, para os referidos métodos, sendo o método de Décourt (1998), utilizando resultados de ensaio à

percussão com medição de torque (SPT-T), o que mais se aproximou do valor médio obtido com as provas de carga. Com o presente trabalho, verificou-se, para as condições consideradas, a importância de maiores esforços no sentido de estudar a contribuição do atrito lateral e sua incorporação em métodos de previsão de capacidade de carga em estacas, tendo em vista sua relevância no comportamento de fundações profundas.

## AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela bolsa do autor<sup>2</sup>, à Berater Tecnologia de Solos e Fundações Ltda. e Tecnord Tecnologia Nordeste de Solos e Fundações Ltda. pelo apoio nos ensaios de campo e execução das estacas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, M. F. P. de. (2014) *Determinação De Capacidade de Carga de Estacas Considerando a Resistência por Atrito Lateral no Amostrador SPT*, Revista Conexões: Ciências e Tecnologia - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, CE.
- Alonso, U. R. (1996) *Estacas hélice contínua com monitoração eletrônica: previsão da capacidade de carga através do ensaio SPT-T*. 3º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia. São Paulo, SP, 2: 141 -151.
- Aoki, N. e Velloso, D. A. (1975) *An approximate method to estimate the bearing capacity of piles*. Proceedings of Panamerican CSMFE. Buenos Aires, ARG. v. 1, p. 367 – 376.
- Cintra, J. C. e Aoki, N. (1999) *Carga admissível em Fundações Profundas*. Projeto REENGE, Escola de Engenharia de Sao Carlos - USP, Sao Carlos, SP, 61p.
- Cintra, J. C., Aoki, N., Albiero, J. H. (2013) *Fundações: Ensaios estáticos e dinâmicos*, Editora Oficina de Textos, São Paulo, SP.
- Cintra, J. C. A., Aoki, N., Tsuha, C. de H. C., Giacheti, H. L. (2013) *Fundações por estacas: projeto geotécnico*. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 144p.
- Clough, R. W., Penzien, J. (1975) *Dynamics of structures*. 2. ed. New York: McGraw-Hill.
- Décourt, L., Albiero, J. H. e Cintra, J. C. A., (1998) *Análise de Projeto de Fundações Profundas. Fundações: teoria e prática*. Hachich, W., Falconi, F. F., Saes, J. L., Frota, R. G. Q., Carvalho, C. S., Niyama, S., 2. ed., Editora PINI Ltda, São Paulo, SP.
- Décourt, L., Quaresma, R. (1978) *Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT*. In: Anais do CBMSEF. Rio de Janeiro, RJ. v. 1, p. 45 – 53.

- Magalhães, P. H. L. (2005) *Avaliação dos métodos de capacidade de carga e recalque de estacas hélice contínua via provas de carga*. Brasília, DF. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Brasília.
- Mantuano, R. M. (2013) *Comparação entre métodos de dimensionamento e influência do processo executivo no comportamento de estacas hélice*. Rio de Janeiro, RJ. Monografia de Graduação em Engenharia Civil com ênfase em Geotecnia, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Neves, L. F. S. (2004) *Metodologia para a determinação da eficiência do ensaio SPT através de prova de carga estática sobre o amostrador padrão*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Oliveira, V. K. da S. (2014) *Análise do comportamento de estacas tipo hélice contínua em argila porosa: estudo de caso*. Brasília. Monografia de Graduação em Engenharia Civil, Centro Universitário de Brasília.
- Schulze, T. (2013) *Análise da capacidade de carga de estaca escavada instrumentada de pequeno diâmetro por meio de métodos semi-empíricos*. Campinas, SP. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.
- Smith, E. A. L. (1960) *Pile Driving Analysis by the Wave Equation*. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*. Proc. Of American Society Civil Engineering (ASCE), pp. 35-61
- Soares, F. L. (2002) *Análise de provas de carga dinâmica em tubulões a céu aberto no campo experimental de fundações da EESC/USP*. São Carlos, SP. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Teixeira, A. H. (1996) *Projeto e execução de fundações*. In: Anais do SEFE. São Paulo, SP. v. 1.