

Prova de Carga Estática Prévia em Estaca Escavada de Grande Diâmetro na Praia Grande – SP

Falconi, Frederico Fernando

ZF & Engenheiros Associados S/S, São Paulo, Brasil, fred@zfsolos.com.br

Corrêa, Celso Nogueira

ZF & Engenheiros Associados S/S, São Paulo, Brasil, celso@zfsolos.com.br

Maset, Virgínia Lucchesi

ZF & Engenheiros Associados S/S, São Paulo, Brasil, virginia@zfsolos.com.br

RESUMO: O artigo trata de prova de carga estática prévia realizada na Praia Grande – SP, cuja carga máxima superou 3 vezes a carga de trabalho usual da estaca ensaiada sem que ocorresse ruptura. Serão apresentadas a curva carga x recalque do ensaio, o detalhamento da armação das estacas, e o perfil geológico obtido pela sondagem mais próxima. Frente ao resultado da prova de carga, fica ainda mais evidente a subutilização das estacas escavadas de grande diâmetro executadas no litoral paulista, quando dimensionadas pelas rotinas usuais de projeto.

PALAVRAS-CHAVE: prova de carga estática, estaca escavada de grande diâmetro, Praia Grande.

1 INTRODUÇÃO

No cenário brasileiro, até recentemente, a execução de provas de carga estáticas para comprovação do desempenho das fundações era prática pouco usual. A partir de 2010, com a revisão da NBR 6122, tornou-se obrigatória a execução de provas de carga estáticas em obras com um número de estacas acima de um valor tabelado na norma, variável conforme o tipo de estaca. Em função disso, dispõe-se hoje em dia de uma quantidade muito maior de informações acerca do real comportamento de fundações profundas, a partir das quais é possível avaliar qualitativamente os critérios utilizados nos projetos.

No dimensionamento de fundações profundas costuma-se utilizar rotinas de projeto baseadas em estados limites últimos (ELU), em que as estacas são dimensionadas para obter um fator de segurança em relação à carga de ruptura. Para o caso particular de obras no litoral paulista, como nas cidades de Santos e Praia Grande, devido à presença de camadas

espessas de argila marinha muito mole a mole no subsolo, os projetos resultam em estacas bastante longas, o que as torna bastante dispendiosas. Existe a suspeita de que, nesses casos, os critérios de dimensionamento consagrados levam a estacas superdimensionadas. Essa suspeita é reforçada pelo acervo recente de provas de carga estáticas em estacas escavadas de grande diâmetro na Baixada Santista, que apresentam comportamento satisfatório para cargas muito maiores que as cargas de trabalho usuais das estacas – indicando que, provavelmente, elas estão com comprimento maior do que o necessário.

2 OBJETIVO

Como regra geral, a prova de carga estática prossegue até atingir 2 vezes a carga de trabalho de projeto da estaca. Nos ensaios de estações na Baixada Santista, de modo geral, as estacas não atingem a ruptura com essa magnitude de carga.

Em função de limitações do sistema de reação e do macaco hidráulico, os equipamentos para realização de prova de carga estática têm a carga máxima do ensaio limitada a cerca de 10.000 kN. A ideia foi ensaiar uma estaca de menor diâmetro para a máxima carga possível, com o intuito de atingir a ruptura geotécnica e avaliar dados reais de ELU.

3 CARACTERÍSTICAS DA OBRA

3.1 O empreendimento

Trata-se de empreendimento com quatro torres, sendo um edifício comercial, um flat e dois edifícios plurihabitacionais, localizados na cidade de Praia Grande, no litoral paulista. O edifício comercial e o flat possuem 2 subsolos, com escavação de 4,30 metros, e os plurihabitacionais possuem 1 subsolo, com 2,20 metros de escavação. O terreno possui

aproximadamente 34.000 m² de área.

3.2 Perfil geotécnico

Foram executadas duas campanhas de sondagem, uma em 2013 e outra em 2015. Na campanha de 2013, foram feitas 8 sondagens à percussão e 2 ensaios CPT. Porém, as sondagens ficaram curtas e foi solicitada uma nova campanha.

Na campanha de 2015, foram feitas 9 sondagens à percussão. Delas, 5 apresentaram camada de argila marinha mole a média a cerca de 17 metros de profundidade. Nas demais, a primeira camada de argila marinha aparece apenas a 28 metros de profundidade.

Em virtude da presença de camadas de argila marinha de baixa resistência em profundidade, as estacas da obra devem ser executadas com comprimento tal que a ponta ultrapasse essas camadas.

A Figura 1 ilustra a sondagem mais próxima à estaca ensaiada.

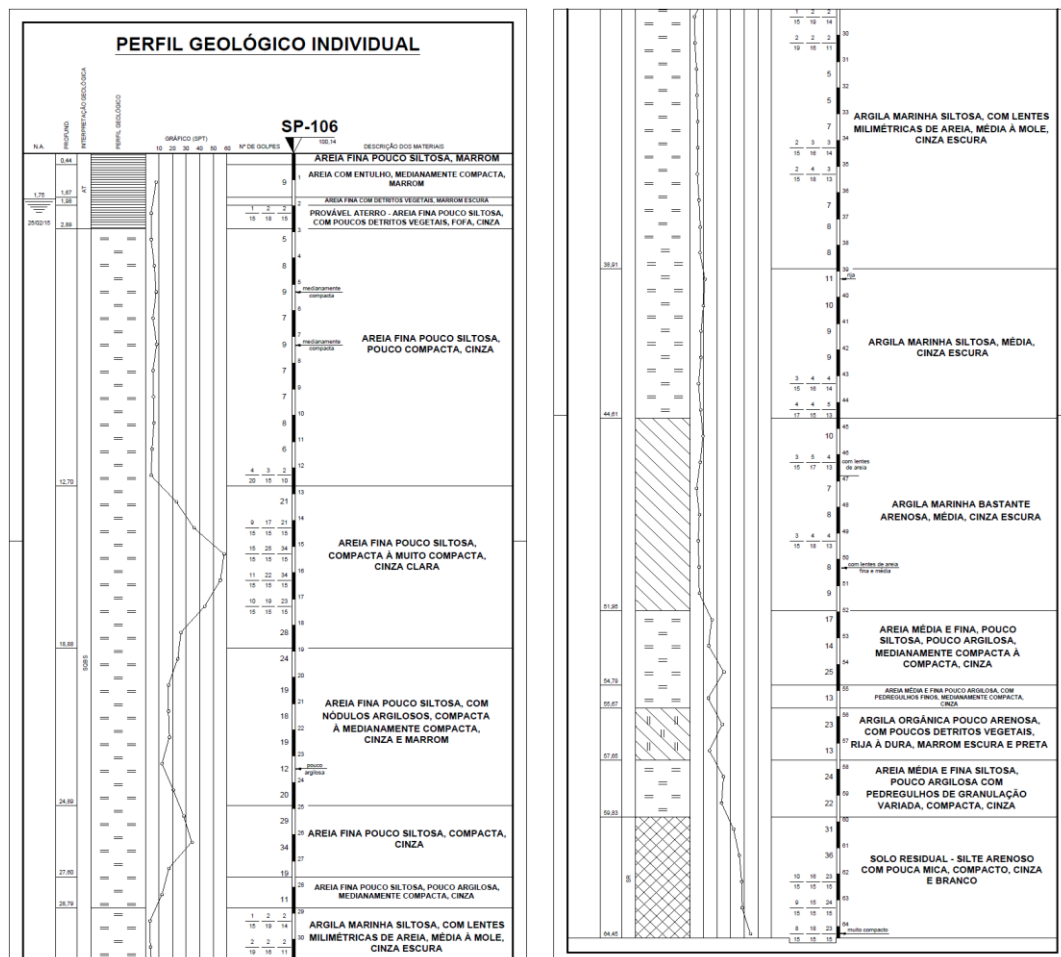


Figura 1. Perfil geológico de acordo com a sondagem SP-106.

4 BLOCO DA PROVA DE CARGA

4.1 Características das estacas

O ensaio foi realizado em um bloco de 3 estacas, parte das fundações do edifício comercial. A estaca ensaiada possui diâmetro de 90cm e comprimento de 52,10 m para carga de trabalho de 3.180 kN. Para o sistema de reação utilizou-se duas estacas de 100cm de diâmetro, conforme montagem nas Figuras 2 e 3.

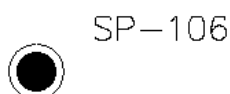
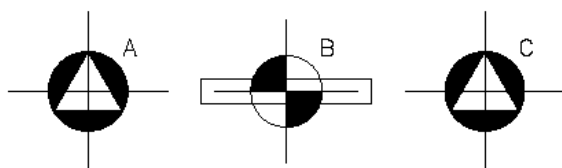


Figura 2. Bloco da prova de carga.



Figura 3. Execução da prova de carga.

4.2 Armação das estacas

4.2.1 Estaca ensaiada

A estaca ensaiada foi armada similarmente às demais estacas da obra, como mostra a Figura 4. Em virtude da diferença entre a cota de execução da prova de carga e do arrasamento final da estaca, foi adotado comprimento de 12,00 m para a armação.

DET. P/ARMAÇÃO DA ESTACA ENSAIADA 'B' – PROVA DE CARGA

S/ESCALA

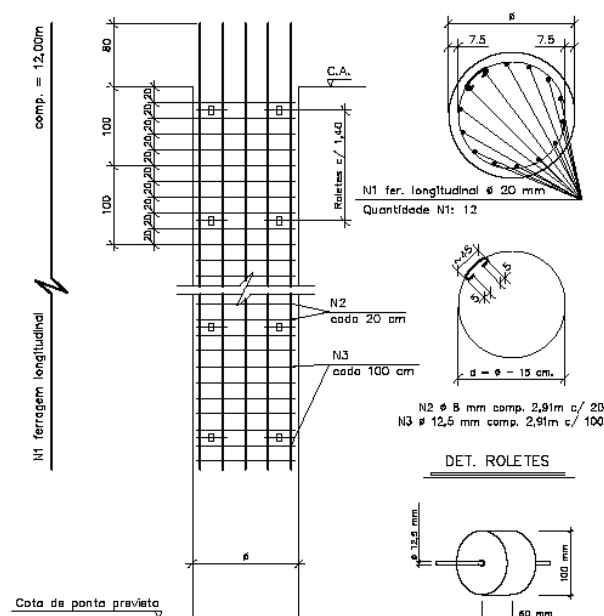


Figura 4. Armação da estaca ensaiada.

4.2.2 Estacas de reação

Para o sistema de reação utilizou-se duas estacas de 100cm de diâmetro armadas com 12 barras Dywidag $\phi 32$ mm com 12,00m de comprimento, ligadas ao sistema de reação, e armadas integralmente com barras CA-50. A armação foi decrescente ao longo da profundidade da estaca com o intuito de diminuir o consumo de aço, conforme Figura 5. Dos 12,00 aos 31,00 metros de profundidade, foram utilizadas 24 barras de $\phi 25$ mm e, a partir daí, a armação foi reduzida para 12 barras de $\phi 25$ mm que seguem até a ponta da estaca.

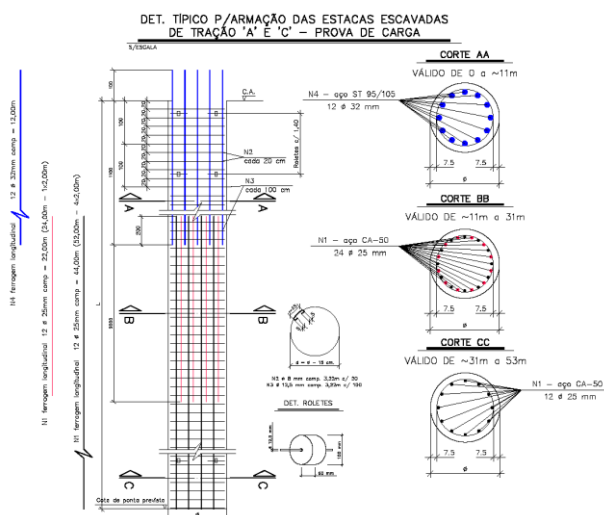


Figura 5. Armação das estacas de reação.

5 CAPACIDADE DE CARGA

Um dos métodos mais consagrados para a previsão da capacidade de carga de estacas é o método de Décourt-Quaresma. Inicialmente concebido para estacas pré-moldadas de concreto, o método foi constantemente atualizado para englobar outros tipos de estacas. O método calcula a carga mobilizada por atrito lateral ao longo do fuste e pela ponta da estaca, utilizando como parâmetros os valores de SPT das camadas atravessadas. Outros métodos bastante utilizados no dimensionamento de estacas escavadas de grande diâmetro são os métodos de Aoki-Velloso e David Cabral.

As Figuras 6 a 8 ilustram os gráficos de capacidade de carga ao longo da profundidade da estaca para a sondagem mais próxima de acordo com os três métodos supracitados, separados em PL (atrito lateral), PP (resistência de ponta) e PR (resistência total).

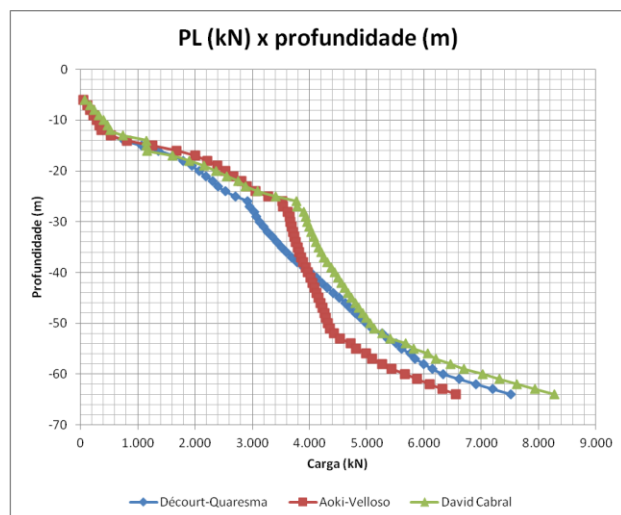


Figura 6. Resistência de atrito lateral ao longo da profundidade.

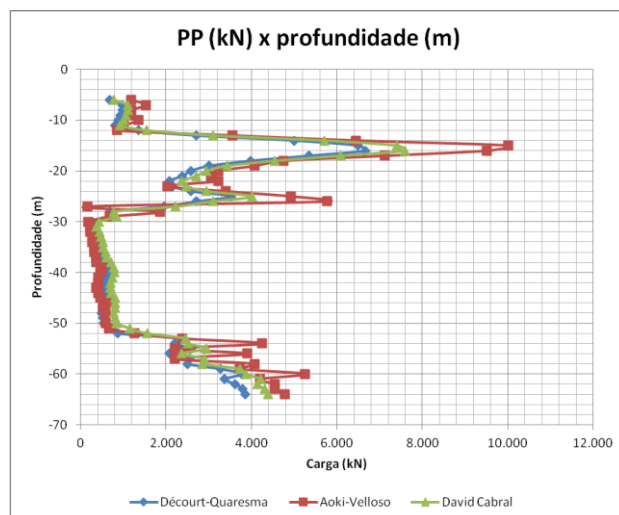


Figura 7. Resistência de ponta ao longo da profundidade.

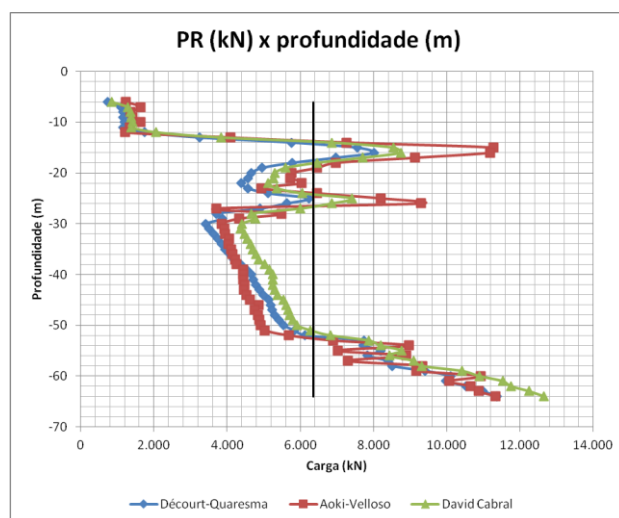


Figura 8. Resistência total ao longo da profundidade.

Como pode-se observar na Figura 8, a estaca atinge a carga de trabalho com fator de segurança 2 com aproximadamente 15 metros de profundidade, para os três métodos. Isso ocorre devido à presença de camada de areia muito compacta, e a estaca desenvolve uma carga alta na ponta. Porém, alguns metros abaixo, a capacidade de carga da estaca volta a cair devido à presença de camadas de argila de baixa resistência. Para atingir novamente fator de segurança 2 para Estado Limite Último, a estaca deveria atingir comprimento de 52,00 m.

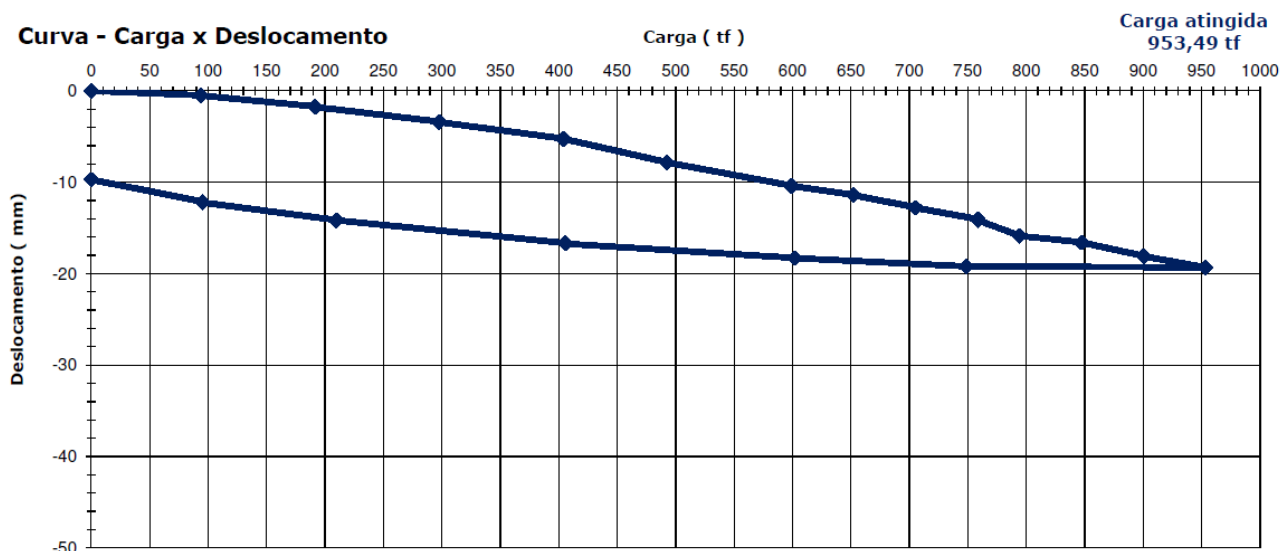


Figura 9. Curva carga x recalque da estaca ensaiada.

O ensaio atingiu a carga máxima de 9.534,9 kN, cerca de 3 vezes a carga de trabalho usual da estaca de 90 cm, com recalque da ordem de 20 mm.

Pode-se observar que a curva carga x recalque da estaca ensaiada apresenta um comportamento praticamente linear até a carga máxima do ensaio, sem apresentar indícios de estar próxima à ruptura. Na carga de trabalho de 3.180 kN, o recalque de 5 mm representa 0,5% do diâmetro da estaca. Este valor é bastante baixo e indica que, provavelmente, a estaca ainda está trabalhando no regime elástico. Essa magnitude de recalque na carga de trabalho da estaca é perfeitamente aceitável do ponto de vista do comportamento da estrutura a ELS.

O comportamento da estaca ensaiada na carga de trabalho também sugere que os métodos de cálculo de capacidade de carga supracitados, que usam ELU como critério de dimensionamento, estão resultando em estacas com comprimento maiores que o necessário.

vezes a carga de trabalho da estaca com recalque da ordem de 20mm é um resultado excelente e, pelo comportamento da curva carga x recalque, a estaca ainda está longe da ruptura geotécnica. Provas de carga instrumentadas na Baixada Santista mostram, ainda, que a parcela de carga que atinge a ponta da estaca, quando ela é executada nesses comprimentos, é muito baixa, portanto a ruptura geotécnica típica de ponta é pouco provável.

Frente a essas observações, a tendência poderia ser executar estacas com comprimentos inferiores aos calculados e, através de ensaios, monitorar seu comportamento. Surge aí a necessidade de se desenvolver rotinas de dimensionamento não só pelo critério de ELU mas também pelo de ELS, em que o dimensionante é o recalque máximo tolerado pela estrutura.

7 CONCLUSÕES

O resultado do ensaio sugere que procede a suspeita de que o dimensionamento de estações no litoral paulista utilizando como critério ELU estão subestimados e, como consequência, as estacas estão sendo subutilizadas. Atingir 3

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). *NBR 12131: Estacas – Prova de carga estática – Método de ensaio*.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010). *NBR 6122: Projeto e execução de fundações*.
- Almeida, L.R. e Maset, V.L. (2014). *Estudo dos critérios técnico-econômicos e logísticos do projeto de fundações por estacas escavadas com fluido estabilizante na Baixada Santista*, Trabalho final de graduação, Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 79p.
- Aoki, N. e Velloso, D. (1975). An approximate method to estimate the bearing capacity of piles, *Congresso Panamericano de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações*, Vol. 1, p. 367-376.
- Cabral, D. (1987). Método para a determinação da capacidade de carga de estacas escavadas, *Catálogo da Fundesp*.
- Décourt, L. e Quaresma, A.R. (1978). Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT, *VI COBRAMSEG*, Vol. 1, p. 45-53.
- Falconi, F.F., Hachich, W.C. e Maset, V.L. (2015). Provas de carga em estacões na Baixada Santista e sua interpretação, *VIII SEFE*, Arquivo eletrônico.