

Monitoramento da Cravação de Estacas Tipo Mega

Ismael Mantovani

Mantovani Geotecnia Ltda, Itatiba, SP, Brasil, ismaelmantovani@gmail.com

Felipe Mantovani

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil, felipemantovani@gmail.com

Paulo José Rocha de Albuquerque

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil, pjra@fec.unicamp.br

RESUMO: O emprego de estacas de reação tipo Mega em obras de reforço de fundações é frequente na prática geotécnica brasileira. O processo executivo consiste na cravação de elementos cilíndricos superpostos em concreto simples ou armado ou de perfis metálicos utilizando a própria estrutura da construção como reação. Não obstante, o número de publicações sobre o assunto é limitado. O objetivo deste trabalho é apresentar ao meio técnico os valores de força de cravação de duas estacas de reação tipo Mega compostas por elementos pré-moldados de concreto simples, cravadas por prensagem, através de macaco hidráulico em obra residencial. Foram realizadas sondagens a percussão SPT próximas às estacas com a finalidade de relacionar os valores de N_{SPT} com a força exercida para a cravação dos elementos da estaca. O subsolo local é composto por camadas de silte e argila com valores de N_{SPT} entre 4 e 8 golpes e aterro.

PALAVRAS-CHAVE: Estaca Mega, Reforço de Fundação, Sondagem SPT.

ABSTRACT: The use of Mega concrete piles in foundation reinforcement works is frequent as a solution in Brazilian geotechnics. The executive process consists of driving cylindrical elements superimposed on simple or reinforced concrete or metallic profiles using the construction structure itself as a reaction. However, the number of publications on the subject is limited. The objective of this paper is to present values of driving forces for two reaction Mega piles composed by precast concrete elements, driven by pressing, through hydraulic jack in a residential work. SPT tests were carried out near the piles in order to relate the N_{SPT} values to the driving force for the pile elements. The local subsoil consists of layers of silt and clay with N_{SPT} values between 4 and 8 blows and landfill.

KEYWORDS: Mega Piles, Foundation Reinforcement, SPT test

1 Introdução

Fundações são elementos enterrados, muitas vezes invisíveis e inacessíveis a vistorias periódicas. Dessa forma, os defeitos patológicos que apresentam não são detectados diretamente, mas apenas através dos efeitos que estes produzirão sobre a estrutura. (ALBIERO, 1996). Com isso, a descoberta da verdadeira causa dos danos não é trivial. O emprego de reforço de fundação pode ser necessário em casos onde as patologias impeçam ou dificultem o uso da edificação.

O reforço de fundação consiste em uma intervenção no sistema solo-estaca-estrutura existente, visando modificar seu desempenho (HACHICH et al., 1998). Dentre as alternativas para reforço de uma fundação existente está a estaca Mega ou estaca prensada. Definida pela norma brasileira de fundações como “estaca de concreto introduzida no terreno por meio de macaco hidráulico reagindo contra uma estrutura já existente ou criada para esta finalidade” (ABNT, 2019). As estacas Mega são utilizadas, na maioria das vezes, em processos de reforço das fundações. Apesar de amplamente empregada, o número de publicações que tratam do assunto é bastante reduzido já que frequentemente envolve problemas em edificações causados por erros de projeto ou execução o que gera desconforto na publicação de sua utilização (GOLOMBEK, 1996).

Inicialmente concebidas para aplicação como reforço de fundações através da cravação dos elementos de concreto utilizando a própria edificação como reação, o processo construtivo das estacas Mega traz

informações importantes inclusive sobre sua capacidade de carga, sendo consideradas até mesmo verdadeiras provas de carga (DONADON, 2009).

A execução de reforço de fundações pode ocorrer também através de estacas injetadas (estacas raiz e microestacas) devido ao pequeno porte do equipamento necessário para sua execução e facilidade de acesso em locais de pouca altura ou espaço. Estacas raiz tem como vantagens a ausência de vibrações durante o processo executivo, a possibilidade de execução de elementos inclinados e a perfuração de blocos de coroamento e sapatas para que sejam incorporadas a esses elementos. Oferecem como desvantagem, contudo, o fato de que podem fragilizar ainda mais as fundações existentes tendo em vista que o processo de perfuração se dá através de circulação de água.

O presente trabalho permite a comparação de valores de forças de cravação de elementos de concreto e valores de N_{SPT} para o dado perfil.

2 Procedimentos

As estacas foram executadas para estabilização de recalques em residência tipo sobrado. As patologias encontradas consistiam em diversas fissuras com início próximo ao baldrame e atingindo abertura máxima na porção superior da parede. As fundações existentes consistiam em estacas escavadas manualmente com profundidade indefinida unidas por viga baldrame de pequenas dimensões. A edificação foi executada em sistema construtivo convencional (concreto armado).

Previamente ao início da execução das estacas Mega, foram executadas duas sondagens à percussão para reconhecimento do subsolo. O ensaio SP 2 foi executado a 0,80 m da estaca 2 e o ensaio SP 3 a 0,83 m da estaca 3. As sondagens foram executadas com perfuração através de trado helicoidal e, portanto, sem utilização de lavagem. Os dados de cravação foram obtidos apenas para as estacas 2 e 3 já que não foi executado ensaio de sondagem SPT nas proximidades das outras estacas de reforço executadas.

Foram utilizados segmentos pré-moldados de concreto, sem armadura, com 25 cm de diâmetro, 50 cm de comprimento e com um furo central de 7 cm de diâmetro, denominados elementos. Posteriormente escavou-se vala com 0,80 m de largura e profundidade necessária, que possibilitasse os trabalhos abaixo da viga baldrame, uma vez que é nela que a unidade hidráulica se apoiará para “empurrar” a estaca.

A execução das estacas Mega e leituras ocorreram da seguinte forma:

- a) Abertura da vala sob o baldrame e inserção do equipamento e elemento de concreto;
- b) Início do processo de cravação do primeiro elemento e leitura de força inicial;
- c) Cravação de 25 cm do elemento e leitura de força;
- d) Espera de 30 s e execução de nova leitura;
- e) Cravação total do elemento (50 cm) e leitura de força;
- f) Espera de 30 s e execução de nova leitura.
- g) Inserção de novo elemento de concreto e início de cravação com leitura de força;
- h) A cravação é interrompida, aguarda-se 30 s e nova leitura. Retorno ao item (b) e assim sucessivamente.

Para a execução da estaca 2, foram utilizados 9 segmentos pré-moldados de concreto e para a estaca 3, foram utilizados 10 segmentos. As informações relativas ao perfil estratigráfico próximo às estacas, ao N_{SPT} , às cotas de início das sondagens e das estacas e leituras de forças de cravação são apresentadas nas figuras 1 e 2.

Os valores de N_{SPT} referentes ao primeiro metro (de 1 a 1,45 m) foram obtidos previamente à escavação do solo. Os valores de N_{SPT} estão posicionados nas figuras 1 e 2 de forma a permitir comparação com os valores de forças de cravação. Ressalta-se que as forças de cravação indicadas nas figuras são mostradas na posição da extremidade inferior da estaca.

3 Resultados

As forças de cravação obtidas para a estaca 2 são apresentadas na Figura 1 juntamente com os resultados obtidos na sondagem SPT (estratigrafia e N_{SPT}) para comparação das forças necessárias para cravação de cada segmento com os valores de N_{SPT} obtidos. Optou-se por ilustrar os resultados dessa forma em detrimento a tabelas para melhor visualização das regiões de aplicação de golpes durante a sondagem e a posição da ponta da estaca Mega para cada medida.

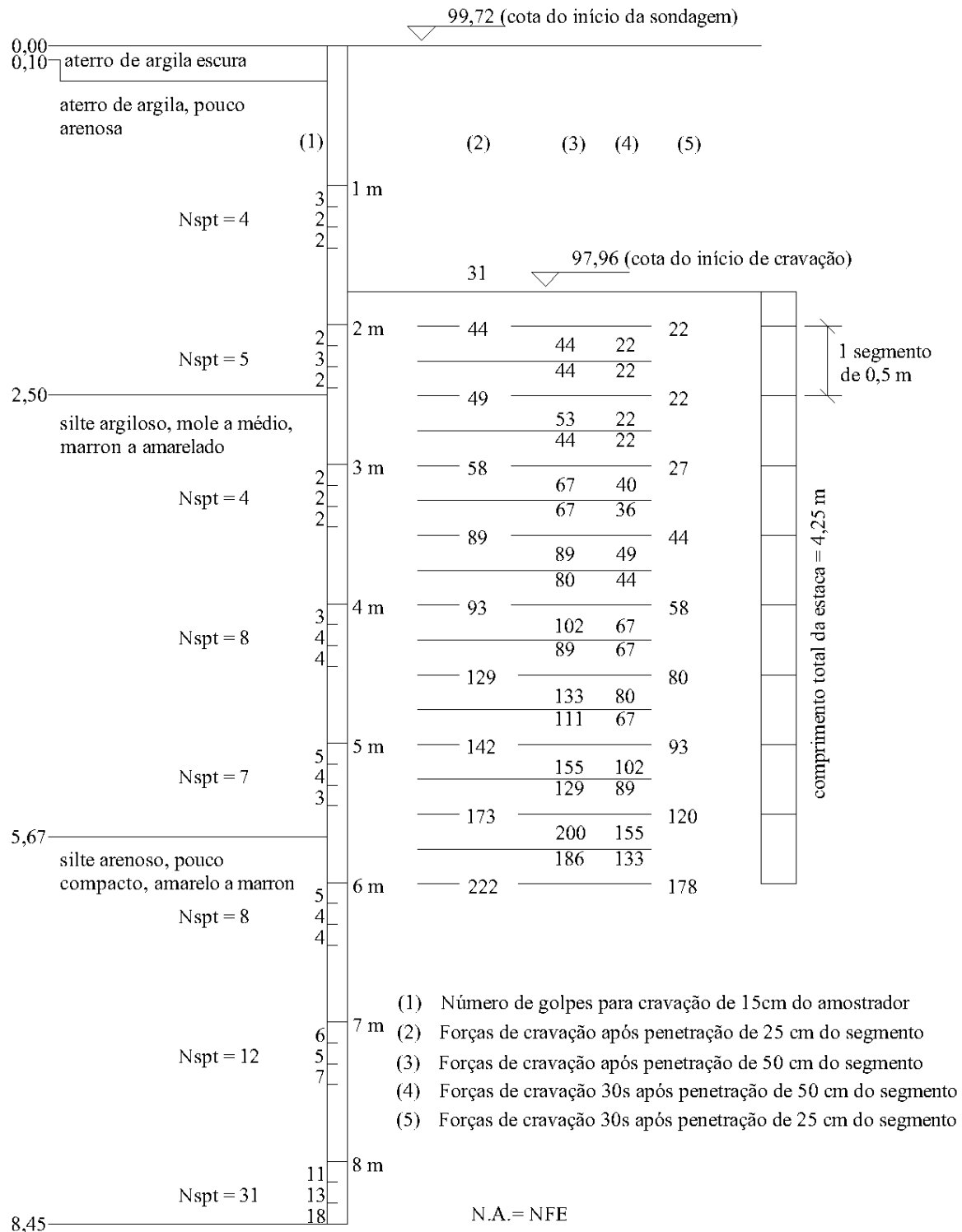


Figura 1. Cargas aplicadas na Estaca 2

A figura 2 apresenta os dados de cravação em função da profundidade da estaca para leituras imediatas e após 30 s.

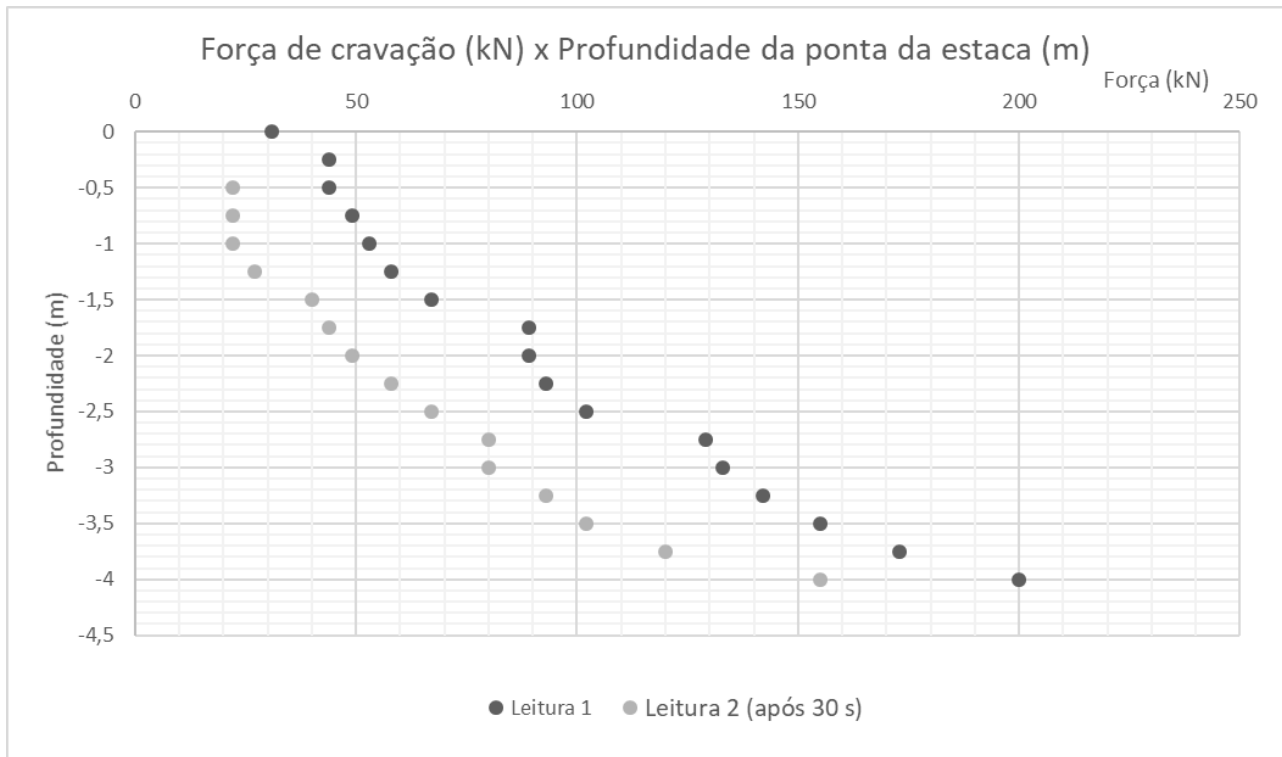


Figura 2: Força de Cravação (kN) x Profundidade da ponta da estaca (m) na Estaca 2

As forças de cravação obtidas para a estaca 3 são apresentadas na figura 3 juntamente com os resultados obtidos na sondagem SPT (estratigrafia e N_{SPT}).

Análise dos dados para esta estaca deve proceder da seguinte forma:

- Posicionado o primeiro segmento de 50 cm com a extremidade inferior na cota 98,09 m iniciou-se a cravação, lendo-se então o valor de 36 kN.
- Após penetração inicial de 25 cm fez-se nova leitura: 89 kN;
- Esperou-se então cerca de 30 segundos e nova leitura: 76 kN;
- Cravando-se até a penetração total do primeiro segmento de 50 cm, efetuou-se então, neste momento, nova leitura: 111 kN;
- Esperou-se 30 segundos após a cravação total do primeiro elemento e leu-se 93 kN;
- Retirou-se o cilindro hidráulico e colocou-se o segundo segmento;
- Início de cravação do segundo segmento, leitura de 102 kN; após 30 segundos: 71 kN;
- Cravou-se 25 cm do segundo segmento; leitura de 120 kN; após 30 segundos, leitura de 111 kN.
- Cravou-se 50 cm do segundo segmento; leitura de 120 kN; após 30 segundos, leitura de 115 kN;
- Retirou-se o cilindro hidráulico e colocou-se o terceiro segmento e assim sucessivamente.

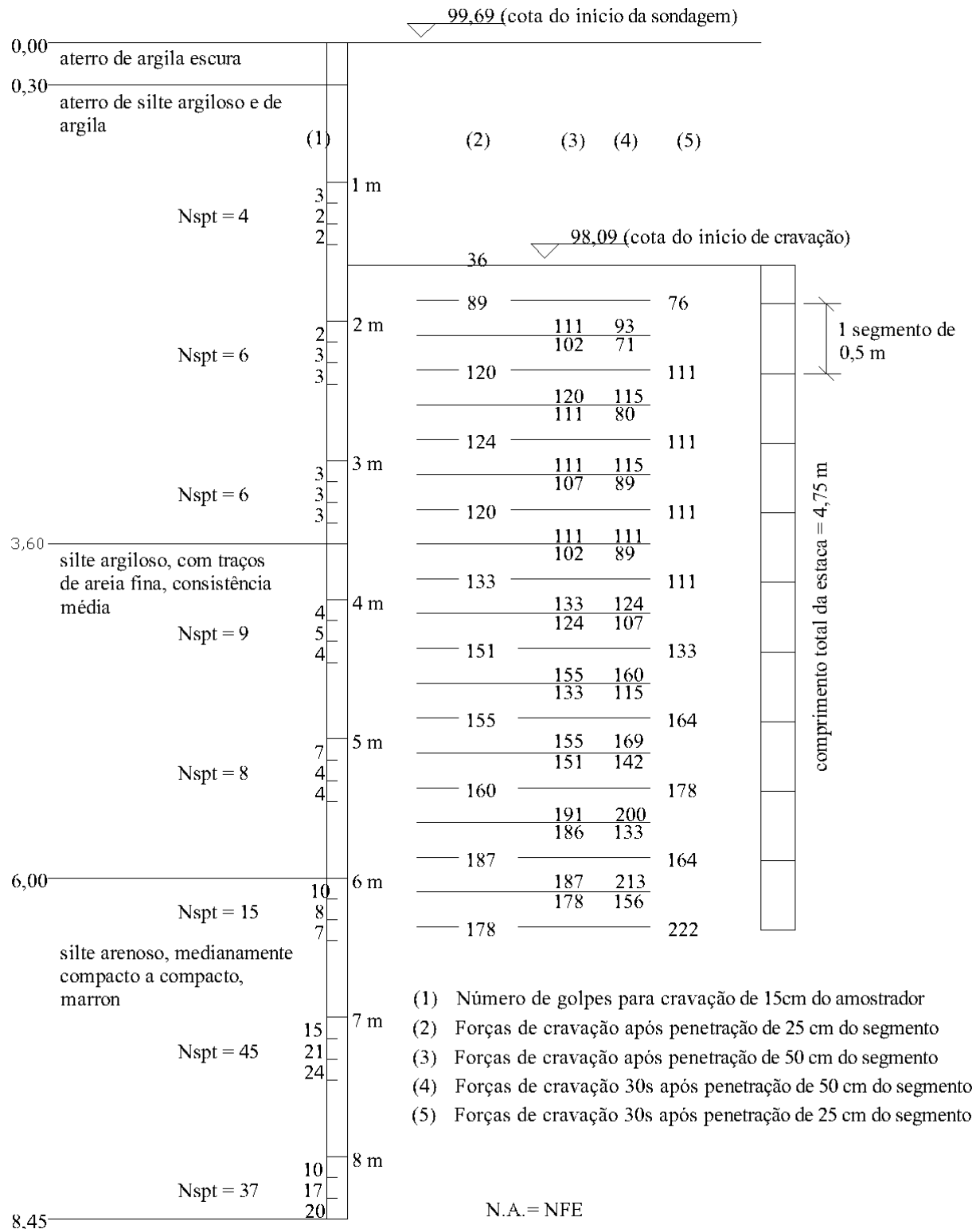


Figura 3. Cargas aplicadas na Estaca 3

A figura 4 apresenta os dados de cravação em função da profundidade da estaca para leituras imediatas e após 30 s.

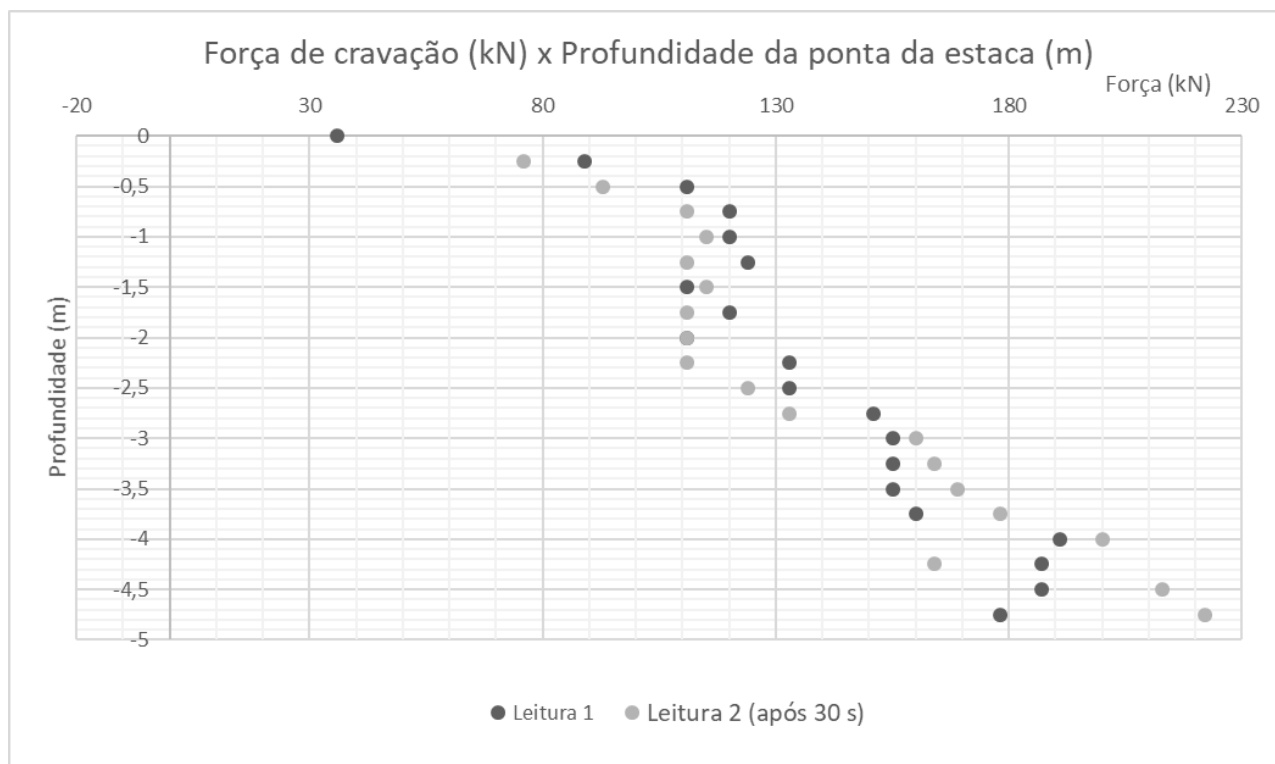


Figura 4: Força de Cravação (kN) x Profundidade da ponta da estaca (m) na Estaca 3

A espera de 30 segundos para as leituras das colunas (4) e (5) se fez necessária para obtermos uma leitura sem o efeito da velocidade de cravação, sendo, portanto, um valor mais confiável em termos de capacidade de carga para fundações.

A estaca Mega 2 (Figuras 1 e 3) apresentou as leituras após 30 segundos sempre menores que as primeiras, fato que poderia ser explicado como sendo uma acomodação do solo, isto é, o solo resiste mais durante a introdução do elemento e se acomoda após cessar a cravação.

Na estaca Mega 3 (Figuras 2 e 4) isso não ocorreu. Várias leituras após 30 segundos foram superiores às primeiras, sendo difícil explicar os motivos.

Sempre que foram atingidos valores da ordem de 150 kN e o macaco foi aliviado, notou-se movimentação para cima dos elementos já cravados (o solo empurrando os elementos) de 1 ou 2 centímetros.

As cargas de ruptura estimadas pelo método Décourt-Quaresma e obtidas em obra são apresentadas na tabela 1. Foram considerados $\alpha = 1$ e $\beta = 1$.

Tabela 1. Dados das estacas e cargas.

Estaca	Comprimento (m)	Décourt e Quaresma (1996)	Obtida em obra
2	4,25	198 kN	178 kN
3	4,75	310 kN	222 kN

Os níveis de carga foram mantidos em patamares inferiores às cargas de ruptura estimadas pelo método Décourt e Quaresma.

Considerações

Observa-se que ambas as estacas apresentam força de cravação ao final do comprimento (estaca 2 com 4,25 m e estaca 3 com 4,75m) de mesma ordem de grandeza. Os valores de Nspt apresentados para as proximidades da estaca 3 são relativamente maiores aos valores de Nspt às proximidades da estaca 2.

Para a estaca 2, a carga máxima obtida foi de 222 kN sendo que, após 30 s do final da cravação do último segmento, verifica-se uma redução na carga para 178 kN pela acomodação da estaca.

Para a estaca 3 houve, no entanto, houve aumento da carga final de 178 kN para 222 kN após 30 s do término de cravação do último segmento. Esse fenômeno ocorreu repetidas vezes ao longo do processo de cravação dessa estaca e pode estar relacionado a um efeito de cicatrização ou *setup* no solo adjacente à estaca. Esse aspecto fica nítido quando comparadas as figuras 2 e 4. Ressalta-se que o valor de Nspt medido a 0,80 cm abaixo da ponta da estaca 3 ao final da cravação é de 45 golpes, o que caracteriza um silte arenoso compacto e justifica o aumento de carga após 30 s pela recuperação do solo após uma deformação elástica. Na estaca 2 todas as forças medidas após 30 segundos foram inferiores às leituras iniciais.

O nível d'água não foi encontrado até 8,45m, profundidade máxima das duas sondagens. Como o solo não se encontra saturado, não se pode relacionar a variação de cargas lidas 30s após o carregamento à dissipação de pressão neutra.

Dada a baixa amostragem, não é objetivo do trabalho sugerir proposta de correlação entre cargas de cravação e valores de Nspt.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, A. B. DE N. T. **NBR 6122:2019 - Fundações - Projeto e Execução**. Rio de Janeiro 2019.

ALBIERO, J. H. **Patologia e Reforço das Fundações**. 3o Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE 3. **Anais...**São Paulo: ABEF e ABMS, 1996, v. 1, p. 87-101.

DONADON, E. F. **Comportamento de estacas “Mega” de concreto, implantadas em solo colapsível**. Dissertação de Mestrado. 162 p. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2009.

GOLOMBEK, S. **Reforço de Fundações**. 3o Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE 3. **Anais...**São Paulo: ABEF e ABMS, 1996, v. 1, p. 83-86.

HACHICH, W. et al. (EDS.). **Fundações Teoria e Prática**. 2ª ed. São Paulo: ABMS/ABEF, 2016.