



Análise de prova de carga estática em uma estaca hélice contínua instrumentada de 40 metros

Gabriela Menghini de Godoy

Estudante de graduação, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, Brasil,
gabrielaminglindegodoy@gmail.com.br

Jonatas Sosnoski

Doutorando, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil,
jonatas.sosnoski@posgrad.ufsc.br

André Luis Meier

Doutorando, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil,
de.luis.meier@gmail.com

Edgar Odebrecht

Doutor, Geoforma, Joinville, Brasil, edgar@geoforma.com.br

RESUMO: Neste trabalho é apresentado um estudo de caso, onde é analisado o comportamento de uma prova de carga estática instrumentada (PCE-I) em solo predominantemente arenoso, na cidade de Balneário Camboriú. Esse ensaio foi realizado em uma estaca hélice contínua com diâmetro de 0,6 metros e comprimento de 40 metros, que foi submetida a uma carga máxima de 7.000 KN. A transferência de carregamento foi medida por meio de uma haste instrumentada com *strain gauges* que foram implementadas ao longo do fuste. Após a obtenção dos dados, observou-se que houve majoritariamente ação de atrito lateral. Logo, estudou-se o comportamento de interação solo-estaca através de métodos semiempíricos (Aoki e Velloso - 1975, Bustamante e Gianeselli - 1982, Philipponnat - 1980) com base em sondagem Cone de Penetração Estática (CPT) em comparação com métodos que extrapolam a curva carga x recalque (Van Der Veen - 1953, NBR 6122 - 2022, Rigidez de Décourt - 1996, 2008), para obter possíveis cargas de rupturas. Observou-se que o método de Bustamante e Gianeselli (1982) apresentou melhor aproximação com a carga de ruptura convencional, com diferença de aproximadamente 4% a 12%.

PALAVRAS-CHAVE: Prova de carga instrumentada, Ensaio CPT, Capacidade de carga, Fundação profunda, Estaca hélice contínua, Solo arenoso.

ABSTRACT: This work presents a case study, which analyzes the behavior of a static instrumented load test (PCE-I) in predominantly sandy soil in the city of Balneário Camboriú. This test was carried out on a continuous auger pile with a diameter of 0.6 meters and a length of 40 meters, subjected to a maximum load of 7,000 KN. The load transfer was measured using an instrumented rod with strain gauges that were implemented along the shaft. After obtaining the data, it was observed that there was mostly lateral friction action, with mobilization of the negligible tip. Therefore, the soil-pile interaction behavior was studied using semi-empirical methods (Aoki and Velloso - 1975, Bustamante and Gianeselli - 1982, Philipponnat - 1980) based on the Cone Penetration Test (CPT) survey, in comparison with methods that extrapolate the load x settlement curve (Van Der Veen - 1953, NBR 6122 - 2022, Décourt Stiffness - 1996, 2008), in

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





order to obtain possible rupture loads. It was observed that the Bustamante e Gianceselli (1982) method showed a better approximation to the conventional failure load, with a difference of approximately 4% until 12%.

KEYWORDS: Instrumented load test, CPT test, Bearing capacity, Deep foundation, Continuous auger pile, Sandy soil.

1 Introdução

Segundo Velloso e Lopes (2010), uma fundação dimensionada de maneira adequada apresenta segurança ao estado de limite último – colapso da estrutura – e ao estado de limite de utilização – deslocamentos de serviço aceitáveis. Ainda de acordo com os autores, em um projeto de fundações, é necessário fazer a verificação em relação a perda de capacidade de carga do solo.

Conforme Cintra *et al.* (2013), os valores de capacidade carga em projeto são diferentes de quando as fundações estão executadas em obra. Além disso, observa-se que o valor médio de resistência obtido na prática do estaqueamento não coincide com o valor teórico estabelecido no projeto, o que inevitavelmente influencia o fator de segurança, podendo aumentá-lo ou diminuí-lo. Portanto, o fator de segurança também engloba esses dois tipos de valores: o teórico, utilizado durante o projeto, e o real, que reflete a execução do estaqueamento.

As provas de carga são realizadas para determinar a capacidade de carga, recalques das fundações e definir as cargas de serviço (VELLOSO; LOPES, 2010). Além disso, de acordo com Niyama, Aoki e Chamecki (1998), a prova de carga estática é um ensaio onde se estuda o comportamento de solo-fundação, que tem por finalidade a verificação do desempenho geotécnico da estaca, quanto à ruptura e aos recalques. Os autores ainda apontam que desde que tenham sido executadas provas de cargas previamente ao início do estaqueamento, é possível reduzir os coeficientes de segurança que são adotados em projeto.

Sob o contexto de prova de carga estática instrumentada, segundo Krasinski e Wiszniewski (2017), a tecnologia de instrumentação da estaca, geralmente constituída por *strain gauges*, consegue captar a deformação, e pela lei de Hooke, é possível obter a carga ao longo do fuste.

Este trabalho é baseado em um estudo de caso na cidade de Balneário Camboriú, onde foi realizada uma prova de carga estática em uma estaca hélice contínua instrumentada de 40 metros de profundidade, em um solo predominantemente arenoso. O objetivo principal foi analisar e comparar os métodos semiempíricos utilizados para estimar a capacidade de carga da estaca com a capacidade de carga de ruptura do elemento de fundação. Para isso, foi estudado o comportamento da interação solo-estaca utilizando métodos semiempíricos, como Aoki e Velloso (1975), Bustamante e Gianceselli (1982), e Philipponnat (1980), com base em sondagens cone de penetração estática (CPT). Além disso, foram analisadas as possíveis cargas de ruptura da estaca teste por meio de métodos que extrapolam a curva carga x recalque, como Van Der Veen (1953), NBR 6122 (2022) e rigidez de Décourt (1996, 2008).

2 Perfil geotécnico

Conforme Cintra *et al.* (2013), o cone de penetração estática (CPT) é considerado um ensaio de penetração estática, que permite a avaliação separada do atrito lateral e da resistência de ponta, diferentemente da sondagem de simples reconhecimento (SPT). Além disso, de acordo com os autores, embora o CPT forneça o perfil do subsolo, esse perfil é obtido de forma indireta,

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



uma vez que não há coletas de amostras de solo durante o ensaio. Schnaid e Odebrecht (2012) destacam que o ensaio CPT é uma das sondagens mais relevantes no contexto da investigação geotécnica. Esse ensaio fornece informações cruciais, incluindo a determinação estratigráfica do perfil do solo, as características dos materiais investigados, especialmente em depósitos de argilas moles, e a estimativa de capacidade de carga para as fundações

Na presente pesquisa foram realizadas investigações do subsolo por meio de ensaios de sondagem SPT, CPT e rotativa. Esses ensaios foram distribuídos ao longo do terreno, que possui uma grande extensão, e sua localização pode ser visualizada na figura 1.

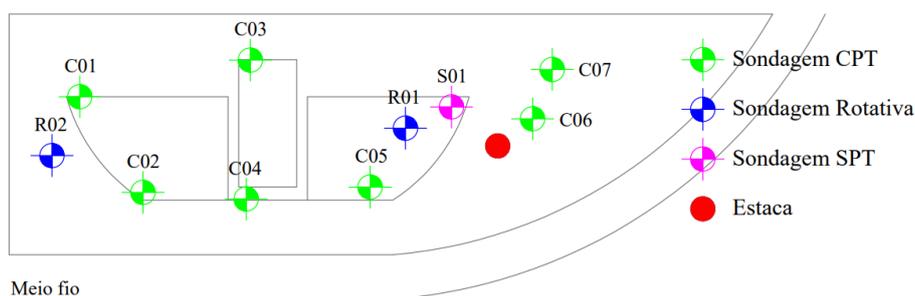


Figura 1. Pontos de sondagem SPT, CPT e rotativa.

Os pontos de sondagem mais próximos à estaca são o CPT 06 e CPT 07. Nestes pontos, identificou-se predominantemente solo arenoso. Além disso, os ensaios CPT 06 e CPT 07 foram executados até profundidades máximas de 30,20 metros e 27,20 metros, respectivamente. Para complementar essas informações, também foi realizado uma sondagem rotativa, que identificou camadas de pedregulhos a partir de 36,06 metros até 46,70 metros de profundidade. O perfil de sondagem pode ser observado na figura 2.

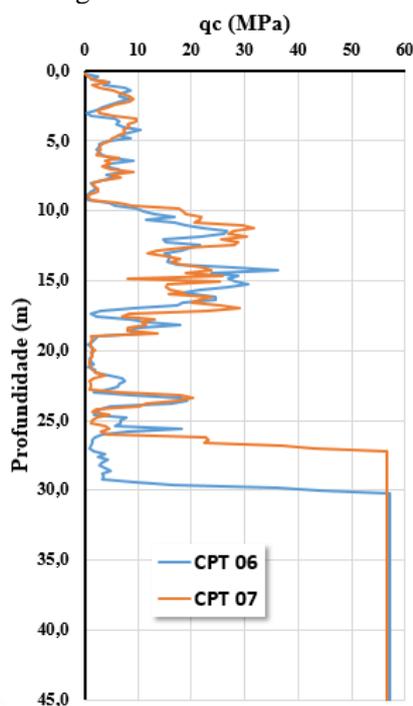


Figura 2. Sondagens CPT.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





Dessa forma, considerando que a estaca foi executada até uma profundidade de 40 metros, foram extrapolados os dados das últimas camadas de solo dos ensaios CPT 06 e CPT 07 até atingirem os 46,70 metros, comprimento total da camada indicado pela sondagem rotativa.

3 Instrumentação da estaca

Seguindo a pesquisa de Krasíński e Wiszniewski (2021), a instrumentação de estacas tem como propósito determinar os valores de atrito lateral e de resistência de ponta ao longo das diferentes camadas do solo. Essa técnica é realizada por meio da implementação de extensômetros elétricos de alta precisão que captam valores de deformação relativamente baixos.

Além disso, de acordo com Nienov (2016), a quantidade de pontos em que os extensômetros devem ser instalados ao longo da estaca é determinada com base na necessidade de obter informações sobre a interação solo-estaca, mas também deve ser suficiente para traçar a curva de transferência de carga ao longo da profundidade. Ainda de acordo com o autor, durante o processo de instrumentação de uma fundação é crucial que as barras instrumentadas sejam colocadas corretamente dentro da estaca. Isso é necessário para evitar danos durante o transporte e a inserção da armadura no elemento de fundação.

A execução da estaca foi realizada por meio de um equipamento de estaca hélice contínua monitorada que permite que a perfuração chegue até os 34 metros, e para chegar até os 40 metros, foi implementado um prolongador de 6 metros de comprimento. Após a execução do elemento de fundação, foi confeccionado um bloco de coroamento, para, em seguida, ser realizada a prova de carga estática.

Para avaliar o desenvolvimento das tensões ao longo da estaca, foram utilizadas barras instrumentadas com *strain gauges*. A estaca analisada foi instrumentada nas profundidades indicadas no gráfico 2.

4 Prova de carga estática

De acordo com a NBR 16903 (ABNT, 2020), a prova de carga estática consiste na aplicação de carga no topo da estaca a fim de registrar os deslocamentos correspondentes. Além disso, conforme Cintra *et al.* (2013), no ensaio de prova de carga há a mobilização das resistências do sistema, como o atrito lateral e a resistência de ponta, com o objetivo de manter o equilíbrio. Quando ocorre a ruptura, é indicativo de que as resistências foram totalmente mobilizadas, resultando em recalques contínuos.

Adicionalmente, é importante destacar que o ensaio deve ser interrompido quando a carga máxima programada é alcançada ou quando ocorre a ruptura. Nessas situações, é necessário realizar o descarregamento do ensaio, conforme NBR 16903 (ABNT, 2020).

De acordo com a NBR 16903 (ABNT, 2020), o sistema utilizado para aplicar a carga na prova de carga estática é constituído por bombas hidráulicas acionadas eletricamente ou manualmente. É importante ressaltar que esse sistema deve ter capacidade superior em pelo menos 10% à carga máxima estabelecida para o ensaio.

A NBR 16903 (ABNT, 2020) aponta que no sistema de prova de carga, há um sistema de reação ao entorno da estaca, que podem ser compostas por cargueira, estaca de reação ou tirantes. Estes sistemas de reação fixam a viga de reação que reage contra a estaca. No presente caso as estacas de reação utilizadas foram estacas helicoidais metálicas inseridas no terreno ao redor do elemento de fundação.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



No mesmo contexto, a NBR 16903 (ABNT, 2020) estabelece que a distância entre uma estaca de reação e o elemento ensaiado deve ser de no mínimo 3 vezes o diâmetro da estaca, e no mínimo 1,5 metros, considerando a distância de eixo a eixo. Essas diretrizes garantem uma distribuição adequada da carga e uma análise precisa durante o processo de ensaio.

Além disso, de acordo com a NBR 16903 (ABNT, 2020), durante cada etapa de aplicação de força, são registradas as leituras de deformação por meio de quatro deflectômetros mecânicos posicionados diametralmente opostos no bloco de coroamento.

Nessa obra foi realizado um ensaio de prova de carga estática instrumentada em uma estaca hélice contínua com diâmetro de 0,6 metros e 40 metros de comprimento. A estaca foi instalada no terreno com o uso de um trado contínuo de 34 metros e mais um prolongador de 6 metros. O consumo do concreto foi de 16m³ e o sobreconsumo de 41,47%. A capacidade de carga da estaca assim construída foi estimada em 7000 KN. A prova de carga foi concebida com 10 estágios iniciais de 300 KN e 8 estágios finais de 500 KN.

O resultado da prova de carga estática está presente no gráfico 1, sendo plotado curva x recalque da estaca teste, onde estão apresentadas as medidas de recalque dos estágios de carregamento e descarregamento do ensaio. Analisando o gráfico 1, pode-se observar que a curva não apresenta um comportamento com tendência assintótica com a vertical. Entretanto, para as cargas aplicadas, o comportamento da estaca é predominantemente elástico.

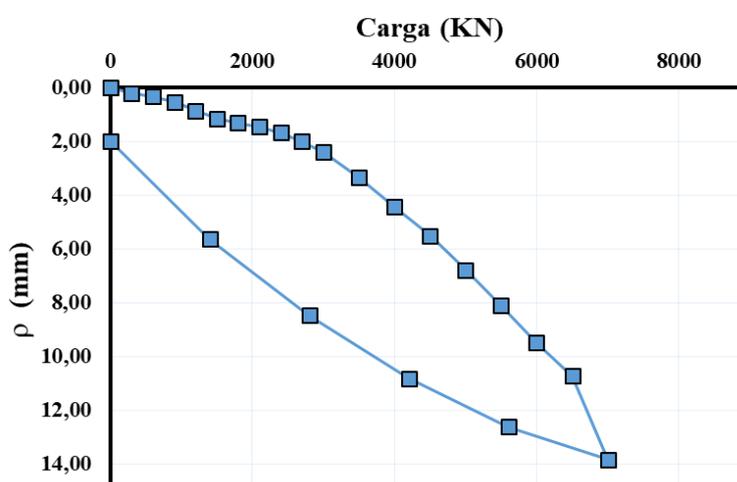


Gráfico 1. Curva carga x recalque da estaca teste.

O recalque observado no último estágio de carregamento foi de 13,82 mm, sendo equivalente a 2,3% do diâmetro da estaca. Além disso, pelo ensaio não apresentar uma ruptura no elemento de fundação, faz-se necessário os estudos, por meio de métodos, para estimar as cargas de ruptura, logo, foram utilizados os métodos de Van Der Veen (1953), NBR 6122 (ABNT, 2022) e Rigidez de Décourt (1996, 2008).

No gráfico 2 é visualizada a distribuição de carga ao longo da estaca. Essa análise auxilia no entendimento do comportamento da estaca e na avaliação de sua capacidade de suporte de carga ao longo de sua extensão. Nele, é possível observar que a mobilização de ponta foi insignificante, em torno de 2,6%.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



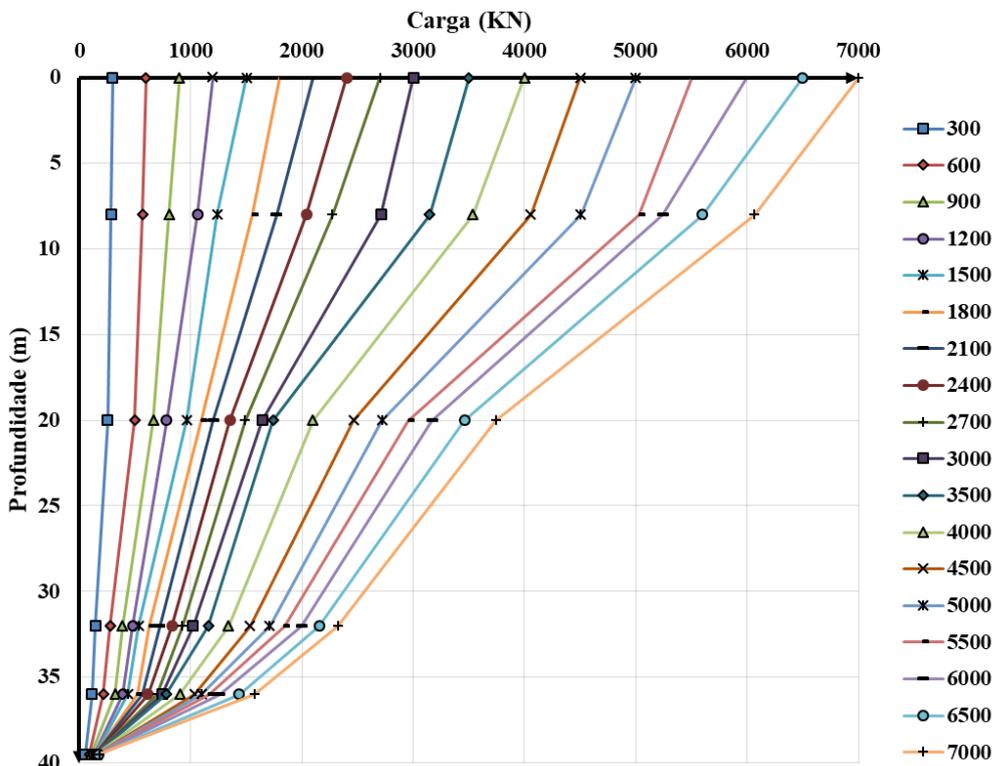


Gráfico 2. Carga x profundidade prova de carga estática.

5 Métodos para estimar a carga de ruptura estaca

Como a prova de carga estática instrumentada não atingiu a carga de ruptura da estaca, foi realizada uma estimativa dessa carga por meio dos seguintes métodos:

- Van der Veen (1953);
- NBR 6122 (ABNT, 2022);
- Décourt (1996, 2008).

No método da rigidez de Décourt (1996), é calculada a rigidez de estacas em diferentes estágios de carregamento. A rigidez é definida como a relação entre a carga aplicada no topo do elemento de fundação e o recalque gerado. Para aplicar o método, são realizados cálculos da rigidez da estaca em cada estágio de carregamento. Esses valores são então utilizados para criar um gráfico de carga aplicada *versus* rigidez. O ponto de ruptura física da estaca é determinado quando a rigidez se torna nula, indicando que a estaca atingiu seu limite de capacidade de carga.

Por outro lado, segundo Décourt (2008), quando a rigidez é nula, pressupõe-se que a deformação é infinita, logo, é calculada a carga de ruptura convencional da rigidez de Décourt (1996), que é determinada para uma deformação de 10% do diâmetro de estacas com seção circular. Além disso, é possível, com a aplicação desse método, identificar o domínio da resistência de ponta e do atrito lateral. Ainda mais, no trecho onde a transferência de ponta é dominante, a relação entre carga x recalque é uma curva e torna-se linear em um gráfico com eixos na escala logarítmica. Já quando a relação carga x rigidez é linear, demonstra que o domínio é de atrito lateral.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



6 Métodos semiempíricos para previsão da capacidade de carga

Cintra e Aoki (2010) destacam que quando aplicada uma carga vertical de compressão, são geradas forças resistivas, que incluem o atrito lateral e a resistência de ponta. Segundo os autores, a atuação do atrito lateral é exclusiva até atingir sua capacidade máxima, momento em que a resistência de ponta começa a ser mobilizada. Ainda mais, Velloso e Lopes (2010) apontam que uma das maneiras de estimar a capacidade de carga da estaca é por meio dos métodos semiempíricos, que se baseiam em ensaios de sondagem SPT e CPT.

A capacidade de carga pode ser expressa pela equação 1.

$$R = R_L + R_P = r_p \cdot A_p + U \cdot \sum (r_L \cdot \Delta_L) \quad (1)$$

Em que,

R – Capacidade de carga (KN);

R_L – Atrito lateral máximo (KN);

R_P – Resistência de ponta (KN);

r_p – Resistência por unidade de tensão (KN/m²);

A_p – Área da seção da base do elemento de fundação (m²);

U – Perímetro do fuste (m);

r_L – Resistência lateral unitária (KN/m²).

Δ_L – Trecho do comprimento da estaca onde a força lateral unitária da estaca é aplicada (m).

Além disso, de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2022), em uma estaca hélice contínua, deve ser indicada qual a contribuição da parcela de resistência de ponta. Neste trabalho não será levado em conta a resistência mobilizada pela ponta, uma vez que não se tem a certeza da eficácia do contato do contato solo-concreto na ponta da estaca.

7 Análise de resultados e discussão

7.1 Comparação entre os métodos de estimativa da carga de ruptura

Durante o processo de cálculo do método Van Der Veen (1953), buscou-se os possíveis valores de cargas de ruptura por meio de tentativas de ajuste de uma curva a uma reta, que evidenciava um fator r^2 mais próximo de 1. Com isso, chegou-se a um valor de 8050 KN. A extrapolação está evidenciada no gráfico 3.

No método da NBR 6122 (ABNT, 2022), que determina o valor da carga de ruptura convencionalizada, é realizada uma reta que intercepta a curva carga x recalque, logo, para que isso fosse garantido, foi utilizada a curva de extrapolação obtida pelo método de Van Der Veen (1953) e chegou-se a uma carga de ruptura equivalente a 8050 KN. A interceptação da reta com a curva está presente no gráfico 3.

Além disso, não foi possível a aplicação do método da rigidez de Décourt (1996, 2008), pois a prova de carga não atingiu a deformação que permite avaliar o domínio do atrito lateral e da ponta.

Logo, comparando as duas abordagens que foram possíveis os cálculos, observa-se que o método de Van Der Veen (1953) e o método da NBR 6122 (ABNT, 2022) chegaram em um mesmo valor de carga de ruptura.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



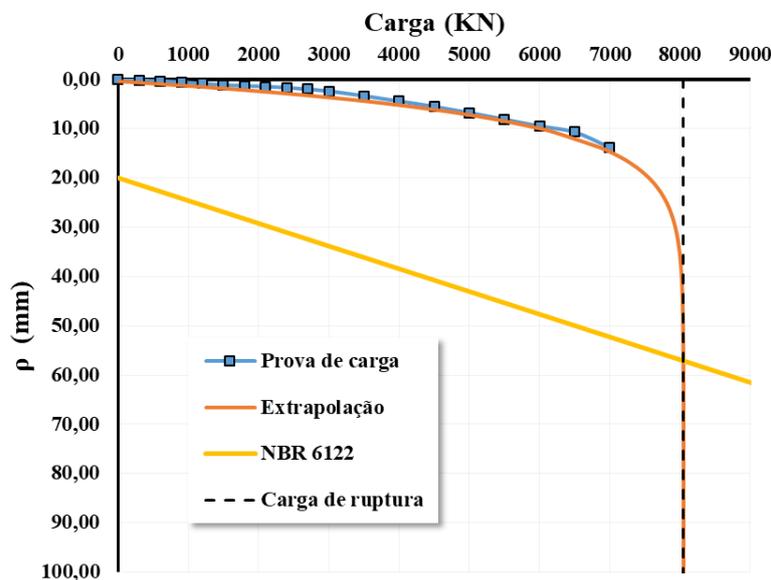


Gráfico 3. Extrapolação da curva carga x recalque por Van Der Veen (1953) e reta da NBR 6122 (ABNT, 2022).

7.2 Comparação entre os métodos semiempíricos

Neste trabalho foram utilizados os métodos de estimativa de capacidade de carga propostos por Aoki e Velloso (1975), Bustamante e Gianeselli (1982) e Philipponnat (1980) com base em sondagem CPT. Os resultados são apresentados no gráfico 4.

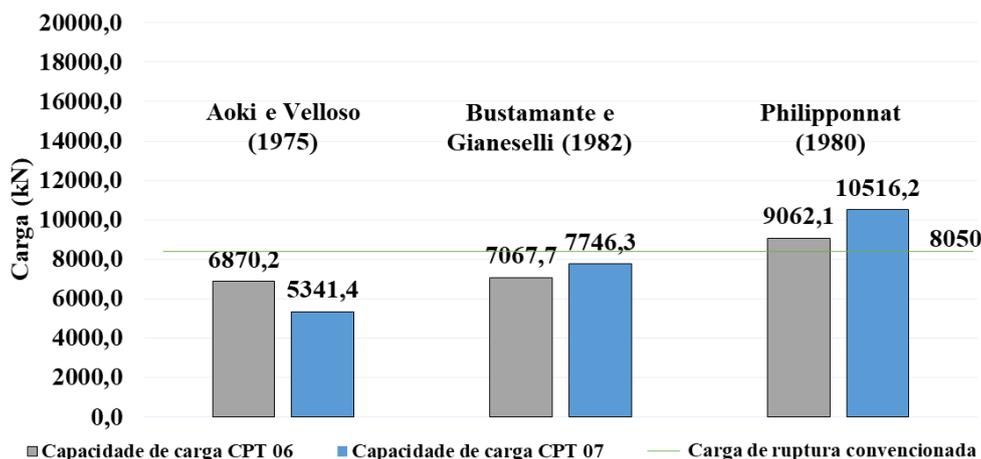


Gráfico 4. Comparação entre os métodos semiempíricos para previsão de capacidade de carga.

Analisando o gráfico, pode-se perceber que os métodos semiempíricos resultam em cargas de rupturas dispersantes entre si, cujos valores variam de 5341,4 KN (Aoki e Velloso – CPT 06) até 10516,2, KN (Philipponnat – CPT 07), o que resultou em uma diferença de quase o dobro de um método para outro.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



8 Conclusão

A prova de carga estática foi carregada até 7000 KN, ocasionando um recalque de 13,82 mm, onde houve mobilização maior de atrito lateral, diferente da resistência de ponta que foi insignificante – cerca de 2,6% do diâmetro da estaca.

Além disso, ao realizar as extrapolações para determinar a carga de ruptura, foi observado um valor de 8050 KN. Nesse contexto, o método de Bustamante e Ganeselli (1982) demonstrou uma maior proximidade com a carga de ruptura convencionada pela NBR 6122 (ABNT, 2022), apresentando uma variação de 7067,7 KN a 7746,3 KN, cerca de 4% e 12% de diferença.

Sob outra perspectiva, o método de Aoki e Velloso (1975) foi subestimado, apresentando uma variação de 15% a 34% quando comparadas a carga de ruptura convencionada. Já o método de Philliponnat (1980), foi superestimado, com diferença 13% e 31% entre a capacidade de carga estimada e a carga de ruptura convencionada.

Ademais, no método da NBR 6122 (ABNT, 2022), observou-se que o valor da carga de ruptura coincidiu com o obtido pelo método de Van Der Veen (1953). Isso se deve ao uso da curva carga x recalque extrapolada pelo método de Van Der Veen (1953), durante a aplicação do método da NBR 6122 (ABNT, 2022). Consequentemente, a interseção entre a linha definida pela norma e a curva carga x recalque ocorreu no ponto equivalente a 8050 KN.

No método da Rigidez de Décourt (1996, 2008) não foi possível determinar a carga de ruptura, já que durante o ensaio de prova de carga a estaca não atingiu as deformações necessárias para avaliar o domínio da resistência de ponta e do atrito lateral. Entretanto, embora a análise do método não esteja apresentada neste artigo, é possível encontrá-la em De Godoy (2023).

Conforme foi apresentado, a capacidade de carga da ponta da estaca é praticamente nula e em desacordo como o que preconiza os métodos semiempíricos. Esta observação vai de encontro com o item 8.2.1.2 da norma que recomenda não considerar a resistência de ponta da estaca hélice quando não se tem a certeza da eficácia do contato concreto solo na ponta da estaca. Além disso, a observação condiz com o estudo realizado, em que foi desprezada a resistência de ponta. Nesta hipótese o método de Bustamante e Ganeselli (1982) é bastante assertivo quando a estimativa da capacidade de carga última da estaca.

Por fim, a prova de carga estática instrumentada é a maneira mais adequada para compreender o comportamento de uma fundação em uma situação real, pois ela proporciona o atrito lateral atuante e a mobilização da resistência de ponta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aoki, N.; Velloso, D. A. (1975) *An approximate method to estimate the bearing capacity of piles*. In: PAN AMERICAN CSMFE, 5. 1975, Buenos Aires. Proceedings...Buenos Aires, v. 1, p.367-376.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022). NBR 6122: *Projeto e Execução de Fundações*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). NBR 16903: *Prova de carga estática em fundações*. Rio de Janeiro.
- Bustamante, M. Ganeselli, L. (1982) *Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT*. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 2., Amsterdam. Proceedings... Amsterdam, 1982. v. 2, p.493-500.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



- Cintra, José Carlos A.; Aoki, Nelson; Tshua, Cristina de H. C.; Giacheti, Heraldo Luiz. (2013) *Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos*. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1.
- Cintra, José Carlos A.; Aoki, Nelson. (2010) *Fundações por estacas: projeto geotécnico*. São Paulo: Oficina de Textos, 96 p.
- Décourt, L. (1996) *A ruptura de fundações avaliada com base no conceito de rigidez*. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, III SEFE, São Paulo. Anais. São Paulo: ABEF e ABMS, 1996, v.1, p. 215-224.
- Décourt, L. (2008) *Provas de carga em estacas podem dizer muito mais do que têm dito*. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE, 8, São Paulo. Anais... ABEF. v. 1, p. 221-245.
- De Godoy, Gabriela Menghini (2023) *Análise de prova de carga estática em uma estaca hélice contínua instrumentada de 40 metros*. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.
- Krasiński, Adam; Wiszniewski, Mateusz. (2017) *Static Load Test On Strumented Pile-field Data And Numerical Simulations*. *Studia Geotechnica Et Mechanica*. N.I, p. 17-25. 17. Disponível em: <https://sciencedirect.com/article/10.1515/sgem-2017-0026>. Acesso em: 10 maio 2023.
- Krasiński, Adam; Wiszniewski, Mateusz. (2021) *Identification of residual force in static load tests on instrumented screw displacement piles*. *Studia Geotechnica Et Mechanica*, [S.L.], v. 43, n. 4, p. 438-451, 1. Walter de Gruyter GmbH.
- Niyama, Sussumu; Aoki, Nelson; Chamecki, Paulo Roberto. (1998) *Verificação de desempenho*. In: Hachich, Waldemar; Falconi, Frederico F.; Saes, José Luiz; Frota, Régis G. Q.; Carvalho, Celso S.; Niyama, Sussumu (ed.). *Fundações: teoria e prática*. 2. ed. São Paulo: Pini. Cap. 20. p. 723-749.
- Nienov, F. A. (2016) *Desempenho de estacas escavadas de grande diâmetro em solo arenoso sob carregamento vertical*. 264f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Philipponnat, G., (1980) *Méthode pratique de calcul d'un pieu isolé à l'aide du pénétromètre statique*. *Revue Française de Géotechnique*, Issue 10, pp. 55-64.
- Schnaid, Fernando; Odebrecht, Edgar. (2012) *Ensaio de Campo e suas aplicações à engenharia de fundações*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos. 223 p.
- Van Der Veen, C. (1953) *The bearing capacity of a pile*. In: ICSMF, 3., Zurich.
- Velloso, Dirceu de Alencar; Lopes, Francisco de Rezende. (2010) *Fundações: critérios de projeto / investigação do subsolo / fundações superficiais / fundações profundas*. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos. 568 p.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

