XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.5/22

Análises de provas de carga em estacas hélice contínua monitorada de 40 metros de profundidade em Balneário Camboriú/SC

Gabriela Menghini de Godoy
Mestranda, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, gabriela.godoy@posgrad.ufsc.br

Gracieli Dienstmann
Professora, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, g.dienstmann@ufsc.br

Jonatas Sosnoski
Engenheiro civil, Geoforma, Joinville, Brasil, jonatas.sosnoski@gmail.com

Lucas Sacol Corrêa
Graduando, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, lucassacol2006@gmail.com

Cláudio Cesar Zimmermann
Professor, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, claudio.ufsc@gmail.com.br

RESUMO: Este trabalho apresenta a análise de duas provas de carga estática em estacas hélice contínua, PCE-01 e PCE-02, com diâmetro de 60 cm e comprimentos de 40,0 m e 40,7 m, respectivamente, executadas em Balneário Camboriú/SC. A estaca PCE-02 foi instrumentada em profundidade com *strain gauges* posicionados a 0, 10, 20, 30, 35 e 40 m, permitindo a avaliação do mecanismo de transferência de carga ao longo do fuste, enquanto a PCE-01 foi analisada a partir da curva carga x recalque no topo. Os ensaios seguiram a NBR 16903:2020, com carregamento até 9.000 kN, resultando em recalques máximos de 26,31 mm (PCE-01) e 25,22 mm (PCE-02). As cargas de ruptura foram estimadas por métodos de extrapolação da curva carga × recalque (Van der Veen modificado por Aoki, Chin-Kondner e NBR 6122:2022) e comparadas com estimativas obtidas por métodos semiempíricos baseados em ensaios de cone (CPT). Os resultados indicaram predominância da resistência por atrito lateral, com participação da ponta entre aproximadamente 5% e 13%, caracterizando as estacas como predominantemente de atrito. A comparação entre métodos evidenciou diferenças relevantes nas cargas estimadas, destacando-se o maior conservadorismo do método de Bustamante e Gianeselli e melhor concordância global do método de Philipponnat com as cargas extrapoladas.

PALAVRAS-CHAVE: Prova de carga, Estacas hélice contínua, Capacidade de carga, Extrapolação carga x recalque

ABSTRACT: This paper presents the analysis of two static load tests performed on continuous flight auger (CFA) piles, PCE-01 and PCE-02, with a diameter of 60 cm and lengths of 40.0 m and 40.7 m, respectively, executed in Balneário Camboriú, Brazil. Pile PCE-02 was instrumented along the shaft with strain gauges installed at depths of 0, 10, 20, 30, 35, and 40 m, allowing the evaluation of the load transfer mechanism along the pile, whereas PCE-01 was assessed based on the load–settlement curve measured at the pile head. The tests were conducted in accordance with NBR 16903:2020, with loading up to 9,000 kN, resulting in maximum settlements of 26.31 mm (PCE-01) and 25.22 mm (PCE-02). Ultimate loads were estimated using load–settlement extrapolation methods (Van der Veen modified by Aoki, Chin–Kondner and NBR 6122:2022) and compared with capacities predicted by CPT-based semi-empirical methods. The results indicated a predominance of shaft resistance, with toe contribution ranging from approximately 5% to 13%, characterizing the piles as predominantly frictional. The comparison among methods revealed significant differences in the estimated ultimate loads, with the Bustamante and Gianeselli method being more conservative and the Philipponnat method showing the best overall agreement with the extrapolated loads.

KEYWORDS: Pile load test, Continuous flight auger (CFA) piles, Ultimate bearing capacity, Load–settlement curve extrapolation

1 INTRODUÇÃO

O desempenho de fundações profundas depende da adequada avaliação da capacidade de carga do solo e do controle dos deslocamentos em serviço, especialmente em meios heterogêneos, nos quais incertezas associadas à caracterização geotécnica e aos métodos de cálculo influenciam as previsões de comportamento da fundação (Velloso; Lopes, 2010). Nesse contexto, as provas de carga estática constituem instrumentos fundamentais para a verificação da interação solo-fundação e da capacidade resistente das estacas (Niyama; Aoki; Chamecki, 1998).

A instrumentação de estacas em provas de carga amplia o nível de interpretação dos resultados, permitindo avaliar a distribuição de cargas ao longo do fuste e distinguir as parcelas de atrito lateral e de ponta (Krasiński; Wiszniewski, 2017). Por outro lado, em projeto, a capacidade de carga é usualmente estimada por métodos semiempíricos, cujos resultados podem diferir do comportamento observado em campo em função da variabilidade dos solos e das simplificações adotadas (Cintra *et al*., 2013).

Nesse panorama, a engenharia de fundações nacional tem demonstrado avanços significativos, impulsionados, entre outros fatores, pelas atualizações da ABNT NBR 6122. A norma passou a incorporar a possibilidade de redução dos fatores de segurança quando são executadas provas de carga, além de estabelecer a obrigatoriedade desse tipo de ensaio em obras com número elevado de estacas (tipicamente acima de 75 a 100 unidades, dependendo do tipo de fundação). Soma-se a isso a dinâmica de urbanização atual, em especial o ritmo crescente de edificações no município de Balneário Camboriú/SC. A cidade destaca-se no cenário nacional pelo intenso processo de verticalização urbana, concentrando alguns dos edifícios mais altos do país, o que impõe demandas significativas às fundações profundas, frequentemente executadas com grandes comprimentos para atendimento aos critérios de capacidade de carga e controle de recalques.

Diante desse cenário, o presente trabalho apresenta a análise de duas provas de carga estática realizadas em estacas hélice contínua com aproximadamente 40 m de profundidade, executadas em Balneário Camboriú/SC, sendo uma prova convencional e outra instrumentada em profundidade com *strain gauges*. Os resultados são analisados por meio de métodos de extrapolação da curva carga x recalque – método de Van der Veen modificado por Aoki (1976), método de Chin-Kondner (1970) e NBR 6122 (ABNT, 2022) – bem como a partir da análise do mecanismo de transferência de carga obtido na prova de carga instrumentada. Adicionalmente, os resultados são comparados com estimativas de capacidade de carga obtidas por métodos semiempíricos baseados em ensaios CPT, incluindo os métodos de Aoki e Velloso (1975), Bustamante e Gianeselli (1982) e Philipponnat (1980).

2 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSOLO

A caracterização geotécnica do subsolo foi realizada com base em oito ensaios de *Cone Penetration Test* (CPT) disponibilizados para a obra. Para as análises deste estudo, foram selecionados os ensaios CPT-07 e CPT-08, por apresentarem maior proximidade às estacas submetidas às provas de carga PCE-01 e PCE-02, respectivamente, sendo considerados representativos das condições geotécnicas locais. Os perfis obtidos nesses ensaios são apresentados na Figura 1.

De modo geral, os perfis investigados até aproximadamente 40 m de profundidade indicam a presença de camadas superficiais de aterro, seguidas por sequências de solos predominantemente arenosos com intercalações de argila e, em maiores profundidades, por solos siltosos com níveis de silte arenoso, silte argiloso e ocorrência de pedregulhos. Por questões de confidencialidade, a localização exata, o nome do empreendimento, entre outras informações, foram omitidos ao longo deste artigo.

3 ESTACAS TESTE

As estacas-teste analisadas correspondem a duas estacas hélice contínua, denominadas PCE-01 e PCE-02, executadas com diâmetro nominal de 60 cm. A estaca PCE-01 possui 40,0 m de comprimento, enquanto a PCE-02 apresenta 40,7 m. O esquema geral das estacas e a instrumentação adotada encontram-se ilustrados na

Figura 1.

A estaca PCE-01 não foi instrumentada, sendo submetida a uma prova de carga estática convencional. Com base na sondagem CPT-07, a ponta da estaca encontra-se apoiada em uma camada siltosa com presença de pedregulhos. Já a estaca PCE-02 foi instrumentada ao longo do fuste por meio de uma barra equipada com *strain gauges* posicionados nas profundidades de 0, 10, 20, 30, 35 e 40 m, permitindo a avaliação da distribuição de cargas em profundidade durante a prova de carga estática. O sensor instalado a 35 m de profundidade apresentou leituras inconsistentes ao longo do ensaio, motivo pelo qual foi desconsiderado nas análises subsequentes.

A instrumentação da estaca PCE-02 possibilitou a análise do mecanismo de transferência de carga ao longo do fuste, permitindo a avaliação das parcelas de resistência mobilizadas em diferentes camadas de solo, enquanto a estaca PCE-01 forneceu informações globais do comportamento carga x recalque para fins de comparação.

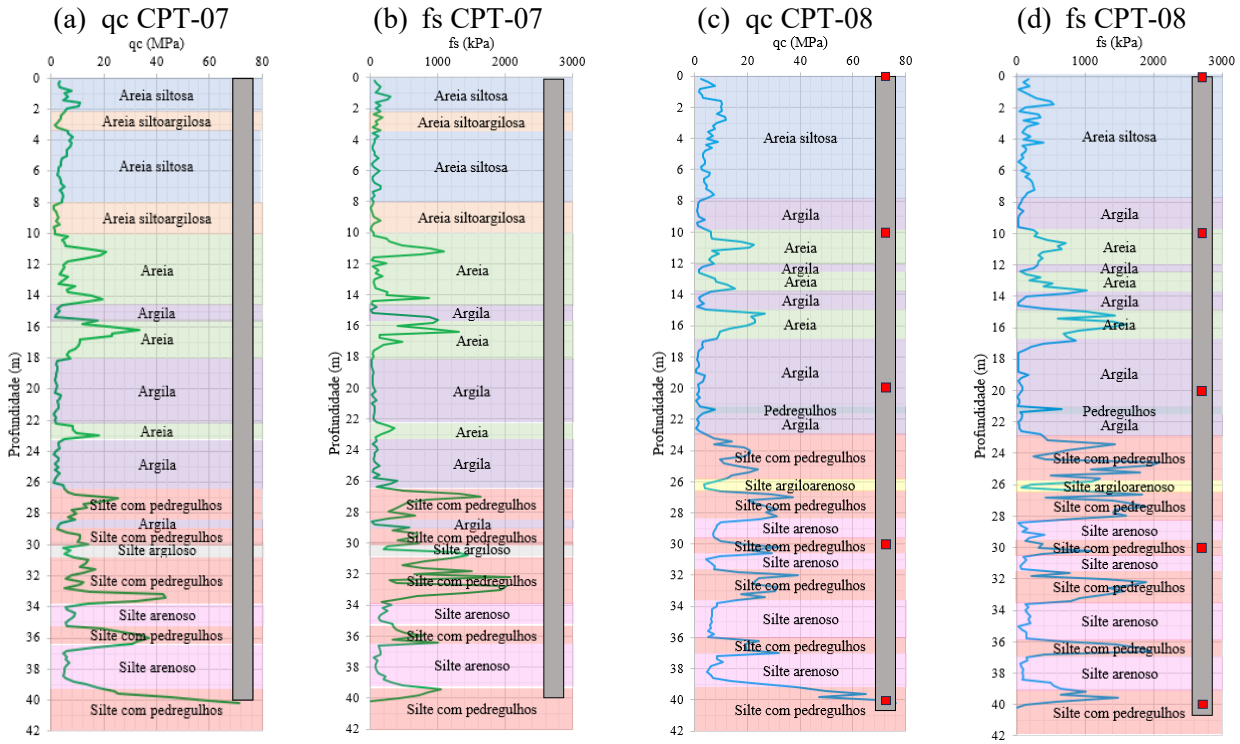


Figura 1. Perfis de sondagem, perfil das estacas teste e instrumentação PCE-02.

4 PROVA DE CARGA ESTÁTICA

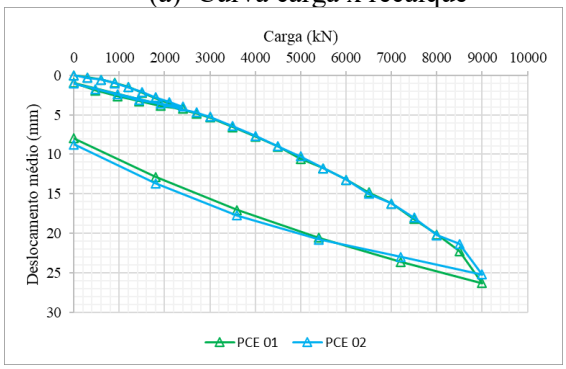
As estacas PCE-01 e PCE-02 foram submetidas a provas de carga estática com o objetivo de avaliar o comportamento carga x recalque e verificar o atendimento à carga de projeto. Ambas as estacas foram ensaiadas até a carga máxima de 9.000 kN, correspondente à carga projetada, não sendo observada ruptura geotécnica durante os ensaios.

A Figura 2 apresenta as curvas carga x recalque e carga x rigidez – sendo a rigidez definida pelo método de Décourt (1996), que consiste na razão entre a carga aplicada e o recalque correspondente –, obtidas no topo das estacas PCE-01 e PCE-02. Observa-se um comportamento global semelhante entre as duas estacas ao longo do carregamento, com evolução progressiva dos recalques à medida que a carga é incrementada.

Para a estaca PCE-01, o recalque máximo registrado ao final do ensaio foi de 26,31 mm, correspondente a aproximadamente 4,38% do diâmetro da estaca. De forma semelhante, a estaca PCE-02 apresentou um recalque máximo de 25,22 mm, equivalente a cerca de 4,20% do diâmetro. Ademais, a estaca PCE-02, instrumentada ao longo do fuste, permitiu a análise da distribuição da carga axial em profundidade durante o ensaio. A Figura 3 apresenta a evolução da carga axial ao longo da estaca para diferentes níveis de carregamento, bem como os valores de carga medidos em cada nível instrumentado e a respectiva parcela

mobilizada na ponta.

(a) Curva carga x recalque



(b) Curva carga x rigidez

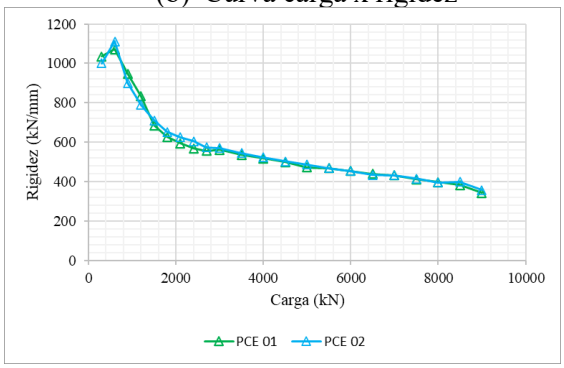
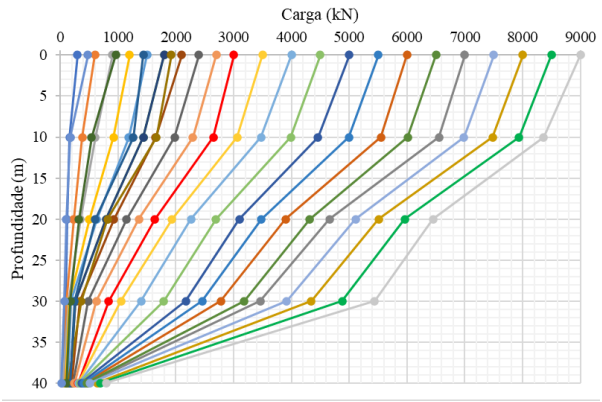


Figura 2. Curvas carga x recalque e carga x rigidez das provas de carga PCE-01 e PCE-02.



Carga topo (kN)	Carga no nível				% de ponta
	10m	20m	30m	40m (ponta)	
300	159	115	88	38	13%
480	172	101	74	23	5%
600	381	230	109	68	11%
900	604	349	142	47	5%
960	540	326	175	101	11%
1200	924	506	156	88	7%
1440	1266	609	247	167	12%
1500	1184	635	180	139	9%
1800	1440	793	267	174	10%
1920	1662	819	362	136	7%
2100	1649	931	344	201	10%
2400	1978	1145	482	229	10%
2700	2295	1363	625	245	9%
3000	2652	1636	838	311	10%
3500	3064	1932	1053	319	9%
4000	3472	2262	1396	323	8%
4500	3991	2697	1793	339	8%
5000	4461	3101	2173	367	7%
5500	4992	3478	2456	407	7%
6000	5549	3901	2775	427	7%
6500	6010	4315	3186	455	7%
7000	6552	4657	3459	484	7%
7500	6987	5110	3917	513	7%
8000	7482	5508	4344	639	8%
8500	7939	5962	4879	695	8%
9000	8364	6451	5437	796	9%

Figura 3. Distribuição de carga ao longo da profundidade e porcentagem de ponta da PCE-02.

Os resultados indicam uma mobilização progressiva do atrito lateral com o aumento da carga aplicada, enquanto a parcela de carga transferida à ponta permanece relativamente reduzida ao longo do ensaio, variando entre 5% e 13% da carga aplicada no topo da estaca, mesmo nos maiores níveis de carregamento.

5 EXTRAPOLAÇÃO DA CURVA CARGA X RECALQUE

A estimativa da carga última das estacas foi realizada a partir das curvas carga x recalque obtidas nas provas de carga estática das estacas PCE-01 e PCE-02, por meio dos métodos de Van der Veen modificado por Aoki (1976), Chin-Kondner (1970) e do critério da NBR 6122 (ABNT, 2022). A Figura 4 apresenta os ajustes obtidos para as duas estacas, enquanto os valores estimados de carga de ruptura, segundo cada método, são apresentados na Tabela 1.

Os resultados indicam que, para ambas as estacas, os diferentes critérios de extrapolação conduzem a estimativas distintas de carga de ruptura, sendo os valores mais conservadores associados ao método de Van der Veen modificado por Aoki (1976) e as maiores estimativas obtidas pelo método de Chin-Kondner (1970). O critério da NBR 6122 (ABNT, 2022) foi aplicado considerando o ponto de interseção entre as curvas extrapoladas por esses dois métodos, resultando em valores intermediários entre aqueles obtidos por Van der Veen e por Chin-Kondner.

Tabela 1. Cargas de ruptura estimadas pela extrapolação da curva carga x recalque.

Estaca	Cargas (kN)			
	Van der Veen modificado por Aoki (1976)	Chin-Kondner (1970)	NBR 6122 (2022) Van der Veen	NBR 6122 (2022) Chin-Kondner
PCE 01	12700	19502	12300	14400
PCE 02	12800	19045	12450	14300

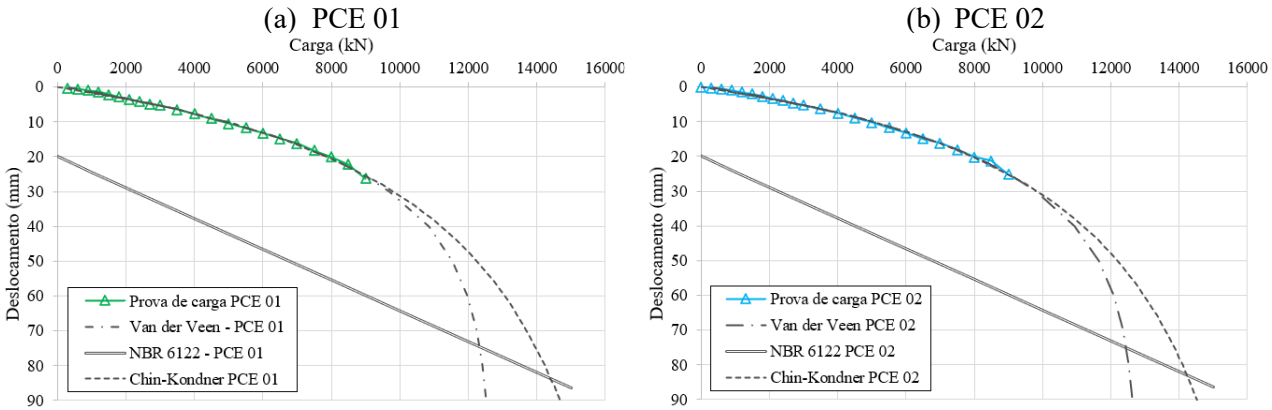


Figura 4. Extrapolação curva carga x recalque das estacas PCE-01 e PCE-02.

6 MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS PARA ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE CARGA

A capacidade de carga das estacas foi estimada por meio dos métodos semiempíricos de Aoki e Velloso (1975), Bustamante e Gianeselli (1982) e Philipponnat (1980), utilizando-se como referência os ensaios CPT-07 e CPT-08, associados, respectivamente, às estacas PCE-01 e PCE-02. As estimativas foram realizadas considerando um comprimento de estaca igual a 40 m, correspondente à profundidade das estacas ensaiadas. Para a aplicação dos métodos, considerou-se a contribuição de 20% da resistência de ponta no cálculo da capacidade de carga total, uma vez que a NBR 6122 (ABNT, 2022) recomenda ter cautela na consideração dessa parcela em estacas moldadas in loco quando não há garantia do contato efetivo concreto-solo na base.

A Figura 5 apresenta os valores de capacidade de carga total estimados para as duas estacas pelos diferentes métodos semiempíricos. Observa-se que o método de Aoki e Velloso (1975) forneceu valores de 9.942,0 kN para a estaca associada ao CPT-07 e 10.132,4 kN para a estaca associada ao CPT-08, próximos à carga máxima aplicada nas provas de carga estática. O método de Bustamante e Gianeselli (1982) apresentou estimativas inferiores, da ordem de 6.537,8 kN e 6.818,1 kN para os CPT-07 e CPT-08, respectivamente. Por sua vez, o método de Philipponnat (1980) resultou em valores mais elevados, correspondentes a 12.295,1 kN para o CPT-07 e 12.579,0 kN para o CPT-08.

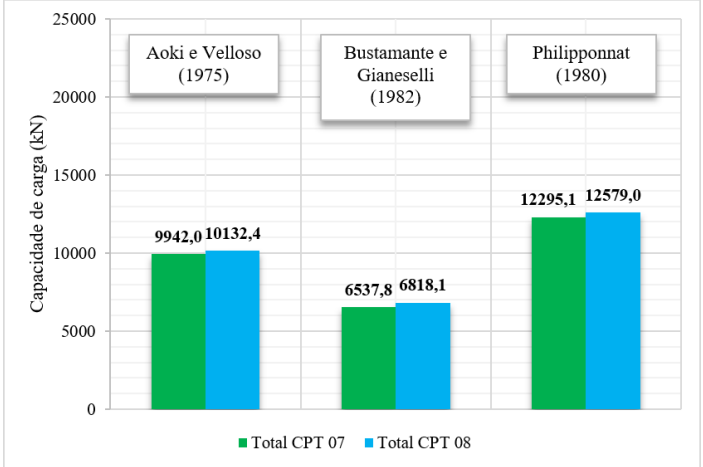


Figura 5. Capacidade de carga estimada pelos métodos semiempíricos.

7 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA CARGA DE RUPTURA

A Figura 6 apresenta a comparação entre as capacidades de carga estimadas pelos métodos semiempíricos, considerando 20% da resistência de ponta, e os valores de ruptura obtidos por extrapolação da curva carga x recalque das estacas PCE-01 e PCE-02, associadas, respectivamente, aos ensaios CPT-07 e CPT-08. As linhas horizontais representam as cargas de ruptura determinadas pelos métodos de extrapolação de Van der Veen modificado por Aoki (1976), Chin-Kondner (1970) e pelos critérios da NBR 6122 (ABNT, 2022).

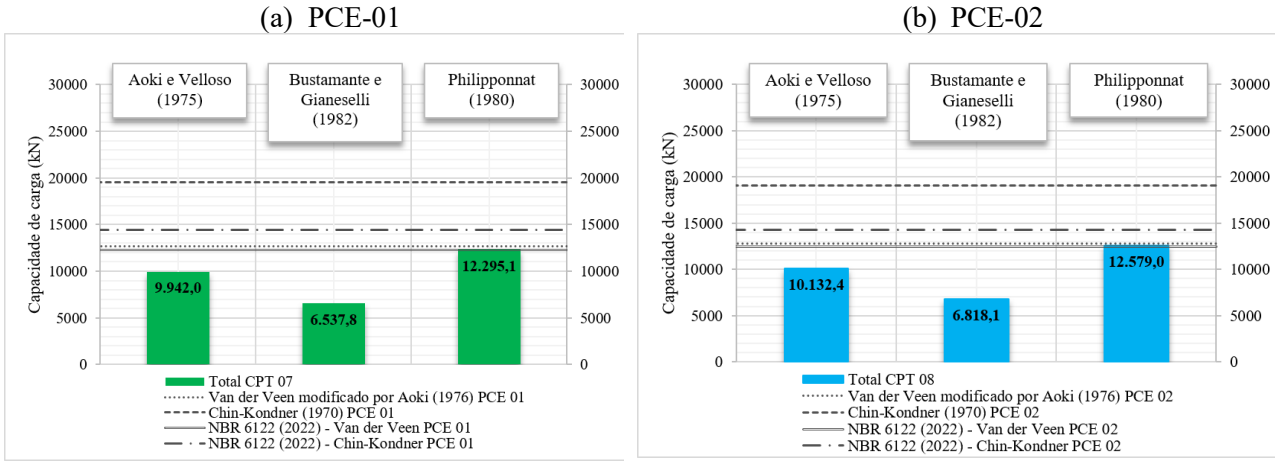


Figura 6. Comparação entre capacidades de carga estimadas por métodos semiempíricos e cargas de ruptura obtidas por extrapolação.

O método de Bustamante e Gianeselli (1982) apresentou comportamento mais conservador, enquanto o método de Philipponnat (1980) conduziu às maiores estimativas entre os métodos baseados em CPT. De modo geral, o método semiempírico que apresentou melhor concordância com os valores de carga de ruptura extrapolados foi o de Philipponnat (1980).

Verifica-se ainda que os valores de carga de ruptura determinados pelo método de Van der Veen modificado por Aoki (1976), bem como aqueles obtidos a partir do critério correspondente da ABNT NBR 6122 (2022), resultaram em estimativas mais conservadoras e mais próximas às fornecidas pelos métodos semiempíricos. Por outro lado, o método de Chin-Kondner (1970) conduziu a valores significativamente mais elevados, da ordem de quase o dobro daqueles estimados pelos métodos semiempíricos.

As Tabelas 2 e 3 apresentam as diferenças percentuais entre as capacidades de carga estimadas pelos métodos semiempíricos e aquelas obtidas por extrapolação da prova de carga para as estacas PCE-01 e PCE-02, respectivamente. Para a estaca PCE-01, as diferenças variaram de aproximadamente 0,04% a 66%, enquanto para a estaca PCE-02 situaram-se entre cerca de 1% e 64%, dependendo do método considerado. Em ambos os casos, os menores desvios em relação aos valores extrapolados foram obtidos pelo método de Philipponnat (1980), enquanto os maiores desvios corresponderam ao método de Bustamante e Gianeselli (1982), principalmente quando comparados aos valores obtidos pelo critério de Chin-Kondner (1970).

Tabela 2. Diferença percentual entre as capacidades estimadas pelos métodos semiempíricos e as cargas de ruptura extrapoladas para a estaca PCE-01.

	PCE 01			
Método semiempírico	Van der Veen modificado por Aoki (1976)	Chin-Kondner (1970)	NBR 6122 (ABNT, 2022) para Van der Veen	NBR 6122 (ABNT, 2022) para Chin-Kondner
Aoki e Velloso (1975)	21,72%	49,02%	19,17%	30,96%
Bustamante e Gianeselli (1982)	48,52%	66,48%	46,85%	54,60%
Philipponnat (1980)	3,19%	36,95%	0,04%	14,62%

Tabela 3. Diferença percentual entre as capacidades estimadas pelos métodos semiempíricos e as cargas de ruptura extrapoladas para a estaca PCE-02.

	PCE 02			
Método semiempírico	Van der Veen modificado por Aoki (1976)	Chin-Kondner (1970)	NBR 6122 (ABNT, 2022) para Van der Veen	NBR 6122 (ABNT, 2022) para Chin-Kondner
Aoki e Velloso (1975)	20,84%	46,80%	18,62%	19,14%
Bustamante e Gianeselli (1982)	46,73%	64,20%	45,24%	52,32%
Philipponnat (1980)	1,73%	33,95%	1,04%	12,03%

Além da estimativa da capacidade de carga total, a instrumentação da estaca PCE-02 permitiu avaliar o mecanismo de transferência de carga ao longo do fuste durante a prova de carga estática. Conforme apresentado na Figura 3, a parcela de carga mobilizada na ponta manteve-se reduzida ao longo de todo o ensaio, variando aproximadamente entre 5% e 13% da carga aplicada no topo. Esse comportamento evidencia que a transferência de carga ocorre predominantemente por atrito lateral.

Resultados análogos são observados na aplicação dos métodos semiempíricos com a adoção de uma menor parcela de resistência de ponta, nos quais a decomposição da capacidade de carga em parcelas de atrito lateral e de resistência de ponta indica contribuição majoritária do fuste.

A análise conjunta das extrapolações da prova de carga e das estimativas baseadas em CPT evidencia que a definição da contribuição relativa entre atrito lateral e resistência de ponta exerce influência direta nos resultados de capacidade de carga. Nesse sentido, a adoção de uma parcela reduzida de contribuição de ponta mostra-se compatível tanto com o comportamento observado experimentalmente quanto com as características do processo executivo da estaca hélice contínua, no qual a qualidade da ponta não é garantida. Essa constatação está em consonância com o item 8.2.1.2 da NBR 6122 (ABNT, 2022), que recomenda não considerar a resistência de ponta da estaca hélice contínua quando não se tem garantia da eficácia do contato concreto-solo na base da estaca.

8 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a análise de duas provas de carga estática em estacas hélice contínua com aproximadamente 40 m de comprimento, sendo uma convencional e outra instrumentada em profundidade, executadas em Balneário Camboriú/SC. Os resultados experimentais foram comparados com estimativas de capacidade de carga obtidas por métodos de extrapolação da curva carga x recalque e por métodos semiempíricos baseados em ensaios CPT.

As cargas de ruptura estimadas pelos métodos de extrapolação apresentaram diferenças significativas entre si, destacando-se os valores mais elevados obtidos pelo método de Chin-Kondner (1970) e estimativas mais conservadoras associadas ao método de Van der Veen modificado por Aoki (1976) e aos critérios correspondentes da NBR 6122 (ABNT, 2022). A comparação com os métodos semiempíricos indicou que o método de Bustamante e Gianeselli (1982) apresentou comportamento mais conservador, enquanto o método de Philipponnat (1980) forneceu estimativas mais próximas das cargas de ruptura extrapoladas, mostrando melhor concordância global com os resultados experimentais.

A instrumentação da estaca PCE-02 permitiu avaliar o mecanismo de transferência de carga ao longo do fuste, evidenciando que a maior parte da carga aplicada é mobilizada por atrito lateral, com participação reduzida da resistência de ponta, variando aproximadamente entre 5% e 13% da carga no topo.

A adoção de uma contribuição reduzida da resistência de ponta nas estimativas baseadas em CPT mostrou-se compatível tanto com o comportamento observado nas provas de carga quanto com as características do processo executivo da estaca hélice contínua. Essa observação está em consonância com as recomendações da NBR 6122 (ABNT, 2022), que indicam cautela na consideração da resistência de ponta quando não há garantia da eficácia do contato concreto-solo na base da estaca.

Os resultados obtidos reforçam a importância da realização de provas de carga estática, especialmente instrumentadas, como ferramenta para a compreensão do mecanismo de transferência de carga e para a calibração de métodos de previsão de capacidade de carga em estacas hélice contínua. Estudos adicionais,

envolvendo maior número de provas de carga e diferentes condições geotécnicas, podem contribuir para o aprimoramento da aplicabilidade dos métodos semiempíricos e dos critérios de extrapolação em projetos de fundações profundas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (FAPESC). Os autores também agradecem ao PET Engenharia Civil e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). NBR 16903: *Prova de carga estática em fundações*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022). NBR 6122: *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.

Aoki, N. (1976). *Considerações sobre a capacidade de carga de estacas isoladas*. Curso de Extensão Universitária em Engenharia de Fundações, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro.

Aoki, N.; Velloso, D. A. (1975). An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: *Pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 5., 1975, Buenos Aires. Proceedings… Buenos Aires, v. 1, p. 367–376.

Bustamante, M.; Gianeselli, L. (1982). Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT. In: *European Symposium on Penetration Testing*, 2., Amsterdam. Proceedings… Amsterdam, v. 2, p. 493–500.

Chin, F. K. (1970). Estimation of the ultimate load of piles not carried to failure. *Proceedings of the 2nd Southeast Asian Conference on Soil Engineering*, Singapore.

Cintra, J. C. A.; Aoki, N.; Tshua, C. H. C.; Giacheti, H. L. (2013). *Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos*. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1.

Krasiński, A.; Wiszniewski, M. (2017). *Static load test on instrumented pile: field data and numerical simulations*. Studia Geotechnica et Mechanica, n. I, p. 17–25.

Niyama, S.; Aoki, N.; Chamecki, P. R. (1998). *Verificação de desempenho*. In: Hachich, W.; Falconi, F. F.; Saes, J. L.; Frota, R. G. Q.; Carvalho, C. S.; Niyama, S. (ed.). Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini. Cap. 20, p. 723–749.

Philipponnat, G. (1980). Méthode pratique de calcul d'un pieu isolé à l'aide du pénétromètre statique. *Revue Française de Géotechnique*, n. 10, p. 55–64.

Velloso, D. A.; Lopes, F. R. (2010). F*undações: critérios de projeto | investigação do subsolo | fundações superficiais | fundações profundas*. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 568 p.