

# ANÁLISE DO CRITÉRIO DE PONDERAÇÃO DE CAPACIDADE DE CARGA DA NBR 6122:2019 EM FUNDAÇÕES POR ESTACAS

João Matheus de Almeida Delgado<sup>1</sup>, Augusto Montor de Freitas Luiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Engenharia Civil, Campus Apucarana, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.  
joaodelgado.eng@outlook.com

<sup>2</sup>Orientador, Mestre, Coordenação de Engenharia Civil, UTFPR. augustom@utfpr.edu.br

## RESUMO

A capacidade de carga das fundações profundas pode ser estimada por meio dos métodos semiempíricos e da realização de provas de carga em estacas. Para aplicação dos métodos semiempíricos conforme a NBR 6122:2019, é necessária a aplicação da ponderação das capacidades de carga de ponta, reduzindo a capacidade de carga total do sistema estaca-solo. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é relacionar os valores de capacidade de carga obtidos pelos ensaios bidirecionais de prova de carga com os valores obtidos pela aplicação de métodos semiempíricos. Para tanto, foram obtidas duas sondagens do tipo *Standard Penetration Test* e quatro dados de prova de carga do tipo bidirecional referentes a uma obra. Para estacas com ponta em solo argiloso, conforme sondagem SP A1, as cargas admissíveis dos ensaios bidirecionais resultaram em valores 4,87% superiores aos métodos semiempíricos, e 15,38% superiores aos mesmos métodos, porém com limitação da resistência de ponta conforme critério 8.2.1.2 da NBR 6122:2019. Para estacas com ponta em solo arenoso conforme sondagem SP A2, as cargas admissíveis dos ensaios bidirecionais resultaram em valores 6,67% superiores aos métodos semiempíricos e 45,48% superiores aos mesmos métodos, porém com limitação da resistência de ponta. É possível concluir que o critério de limitação da resistência de ponta da NBR 6122:2019 é benéfico e torna os valores obtidos pelos métodos semiempíricos compatíveis com os valores encontrados pelos ensaios bidirecionais, no entanto este mesmo critério se torna conservador quando aplicado a solos resistentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Capacidade de carga; Ensaio bidirecional; Métodos semiempíricos.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019), as provas de carga são ensaios realizados nos elementos a partir do carregamento da estaca ensaiada até que a carga atinja duas vezes a carga admissível prevista no projeto, constatando a real capacidade de carga do solo e adequando ao projeto geotécnico. Segundo a norma supracitada, as provas de carga devem ser especificadas na fase de projeto, sendo possível utilizar o fator de segurança global de 1,6 para as cargas admissíveis, ao invés de 2,0 para projetos sem provas de carga. Esta mudança pode causar uma economia considerável, com a diminuição de elementos de fundação e redução de insumos necessários na obra.

Segundo Hachich (1998), as provas de carga são destinadas para a verificação do comportamento de elementos de fundação isolados, e para a verificação da similaridade entre o comportamento projetado e o comportamento real dos elementos. O segundo caso tem como objetivo confirmar se o elemento suporta a carga de trabalho, respeitando os fatores de segurança e os limites de serviço da estrutura.

Os métodos semiempíricos são utilizados para o dimensionamento geotécnico de fundações e se baseiam em resultados provenientes de inúmeros projetos de fundações. O critério 8.2.1.2 da NBR 6122 (ABNT, 2019) pondera a capacidade de carga por ponta das fundações profundas quando aplicados os métodos semiempíricos. De acordo com o critério estipulado pela norma supracitada, a capacidade de carga por ponta for superior à capacidade por atrito lateral, a capacidade de carga total será igual a duas vezes a capacidade de carga por atrito lateral.

A análise comparativa dos valores obtidos entre os métodos semiempíricos e os ensaios de prova de carga confirmam, de acordo com Velloso e

Lopes (2010), o comportamento previsto no projeto de fundações, de maneira a melhorar a previsão do comportamento do sistema estaca-solo. Além disso, ainda segundo os autores Velloso e Lopes (2010), em situações em que não é possível prever o comportamento do solo, a realização de provas de carga é necessária para obtenção da capacidade de carga e execução das fundações.

Sendo assim, é importante relacionar os resultados dos métodos semiempíricos com as provas de carga via ensaio bidirecional, de forma a elevar a precisão dos dados e proporcionar mais confiabilidade e economia para o dimensionamento geotécnico via métodos semiempíricos. Portanto, o objetivo desta pesquisa é avaliar os resultados obtidos pela aplicação do critério 8.2.1.2 de limitação de resistência da NBR 6122 (ABNT, 2019).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com Fellenius (2020), o ensaio bidirecional, objeto de estudo deste trabalho, foi primeiramente realizado por Gibson e Devenny (1973), Amir (1983) e Horvath *et al.* (1983). Ainda segundo o mesmo autor acima citado, o ensaio foi também desenvolvido no Brasil, de maneira independente, por Elísio (1983; 1986), o que levou à utilização comercial pela empresa Arcos Engenharia de Solos LTDA, com sede em Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais. Segundo Fellenius (2020), este método de prova de carga é conhecido internacionalmente como “Osterberg Cell Test”. A Figura

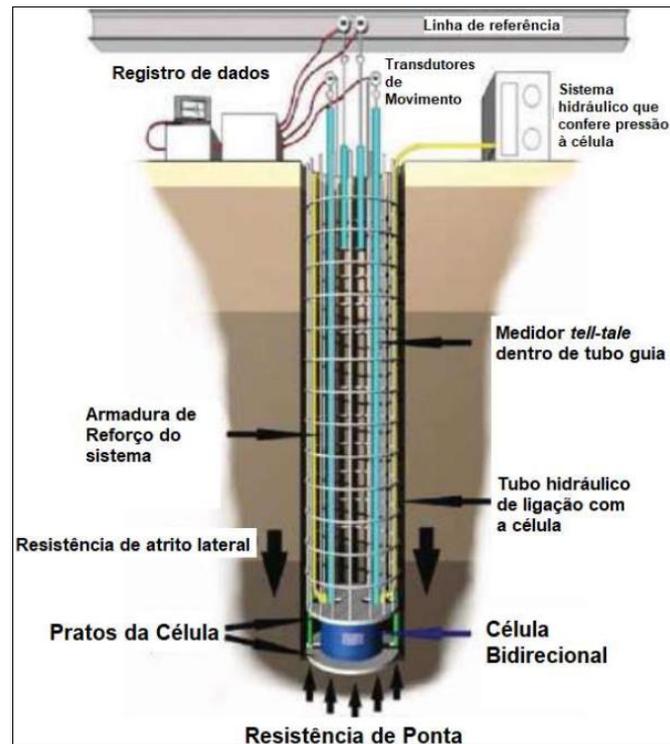
Segundo Dada *et al* (2019), o ensaio bidirecional idealizado pelo engenheiro Pedro Elísio consiste na instalação de uma ou mais células expansivas hidrodinâmicas no fuste da estaca, engastadas na armação, para acionamento do sistema após a concretagem, deslocando o trecho do fuste acima da célula para cima, e o trecho inferior à célula para baixo.

De acordo com Cruz (2017), a máxima capacidade de atrito lateral da estaca é aproveitada posicionando-se a célula na base da estaca. Segundo Pereira *et al* (2016), para o posicionamento da célula na estaca, busca-se o equilíbrio entre a resistência por atrito lateral acima da célula, somada ao peso próprio da estaca, com a parte inferior à célula, que possui resistências de ponta e atrito lateral. O sistema hidráulico é preenchido com água, fazendo com que a célula se expanda, empurrando o fuste para cima e a ponta para baixo (FELLENIUS, 2020). A Figura 1 evidencia a expansão gerada pelo sistema hidráulico em uma estaca, enquanto a Figura 2 apresenta o esquema de uma estaca instrumentada pelo sistema bidirecional.



**Figura 1:** Deslocamento na estaca causado pelo ensaio bidirecional

**Fonte:** Cruz (2017)



**Figura 2:** Instrumentação de estacas do ensaio bidirecional  
**Fonte:** Adaptado de Fellenius (2020)

A prova de carga via ensaio bidirecional resulta em valores de capacidade de carga de ponta e atrito lateral separados, sendo necessária a aplicação de métodos de construção de uma curva equivalente de prova de carga, que equipara a carga total com o deslocamento durante a realização do ensaio. Para isto, foram utilizados os métodos de Silva (1986), Massad (2015) e Falconi e Maset (2016). Na maioria dos ensaios, o sistema estaca-solo não é levado à ruptura, sendo necessária a utilização de extrapolação das curvas de carga *versus* deslocamento. Para a construção da curva, é necessário identificar os valores equivalentes de deslocamento de ponta e fuste, e fixados os valores, somar as cargas aplicadas a cada parcela. O resultado desta soma é uma curva equivalente e unificada, assim como uma prova de carga convencional. O critério de ruptura de fundações profundas proposto pela NBR 6122 (ABNT, 2019) bem como o método de Van der Veen (1953) foram utilizados para a obtenção da extrapolação das curvas equivalentes do ensaio bidirecional.

De acordo com Albuquerque (2001), a determinação da carga de ruptura de uma fundação pode ser obtida pelos métodos teóricos, que necessitam das propriedades geotécnicas do solo para sua aplicação, empíricos e semiempíricos, que utilizam ensaios de campo, sendo bastante empregados na estimativa da carga de ruptura das estacas. Segundo Velloso e Lopes (2010), os métodos semiempíricos se baseiam principalmente nos ensaios de campo SPT e CPT. Segundo Albuquerque (2001), os métodos semiempíricos têm sido muito utilizados no Brasil, devido à fácil aplicação, destacando-se os métodos de Aoki e Velloso (1975), Décourt e Quaresma (1978), Velloso (1981) e Meyerhof (1976).

Segundo Décourt *et al* (1998), a capacidade total de carga suportada pelas fundações é obtida pela soma entre as cargas suportadas pela ponta da estaca e pela resistência ao cisalhamento nas laterais da estaca, e podem ser obtidos pelos métodos diretos. A NBR 6122 (ABNT, 2019) determina que para utilização de métodos semiempíricos emprega-se fator global de segurança igual a 2,0, portanto, os métodos

utilizados na pesquisa utilizaram fator de segurança equivalente a 2,0 ainda que em alguns casos, como o de Décourt e Quaresma (1978) fosse possível a utilização dos fatores de segurança locais propostos pelo método.

Os métodos empregados na pesquisa foram os de Aoki e Velloso (1975), Décourt e Quaresma (1978), Teixeira (1996) e Antunes e Cabral (1996).

A metodologia proposta para este trabalho se iniciou com a obtenção de dados de campo, sendo estes os ensaios bidirecionais e ensaios SPT. Para que os resultados pudessem ser relacionados, foi necessária a obtenção de dados de provas de carga executados com a metodologia do ensaio bidirecional, bem como o diâmetro e profundidade da estaca ensaiada. Além destes dados, foi necessária a obtenção dos dados de investigação geotécnica do local onde foram executadas as estacas, para a caracterização do solo e utilização das correlações, de acordo com cada método semiempírico.

Os dados foram disponibilizados pela ARCOS Engenharia de Solos LTDA, uma empresa especializada no projeto e execução de fundações, que foi criada pelo Engenheiro Pedro Elísio Chaves Alves Ferreira da Silva, precursor do ensaio bidirecional no Brasil. Foram disponibilizados relatórios de sondagens de simples reconhecimento com SPT e os dados das provas de carga bidirecionais. Para este estudo, foram considerados os dados de uma obra que fez uso do sistema de fundações por hélice contínua monitorada e que dispunham dos dados mencionados anteriormente.

A Tabela 1 apresenta a padronização da nomenclatura das sondagens SPT utilizadas na obra fornecedora de dados da pesquisa, bem como a quantidade de provas de carga. É importante ressaltar que o diâmetro das estacas utilizadas para a pesquisa é igual a 80 centímetros.

**Tabela 1:** Padronização das nomenclaturas dos dados da obra

<b>Identificação da obra</b>	<b>identificação do furo de sondagem</b>	<b>identificação da prova de carga</b>
Obra A	SP A1	PCE A1-1
		PCE A1-2
	SP A2	PCE A2-1
		PCE A2-2

**Fonte:** Autores (2021)

Após a obtenção dos dados, foram aplicados aos ensaios de sondagem os métodos semiempíricos escolhidos para obtenção das capacidades de carga, sendo também aplicada a ponderação de resistências de ponta estipulada pela NBR 6122 (ABNT, 2019), e aos ensaios bidirecionais, foram aplicados os métodos de construção da curva equivalente do ensaio bidirecional para que fosse possível a obtenção das capacidades de carga. Desta forma, os valores obtidos por ambas as metodologias puderam ser comparados.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A Tabela 2 a seguir mostra dois tipos de resultados: as capacidades de carga obtidas pelos métodos semiempíricos e pela interpolação das curvas equivalentes construídas com os resultados bidirecionais, e as cargas admissíveis, resultantes da aplicação dos fatores de segurança estipulados pela NBR 6122 (ABNT, 2019).

**Tabela 2:** Capacidades de carga e cargas admissíveis obtidas pelos ensaios bidirecionais e métodos semiempíricos

Métodos de obtenção das capacidades de carga e cargas admissíveis		PCE A1-1 (kN)	PCE A1-2 (kN)	PCE A2-1 (kN)	PCE A2-2 (kN)	
Cargas Admissíveis	Semiempíricos	Aoki e Velloso (1975)	2056,93	2056,93	3966,45	3966,45
		Décourt e Quaresma (1978)	2917,49	2917,49	2810,68	2810,68
		Teixeira (1996)	3025,98	3025,98	3148,63	3148,63
		Antunes e Cabral (1996)	2627,63	2627,63	2856,34	2856,34
	Semiempíricos + Critério NBR 6122 (ABNT, 2019)	Aoki e Velloso (1975)	2056,93	2056,93	1901,04	1901,04
		Décourt e Quaresma (1978)	2349,91	2349,91	1801,18	1801,18
		Teixeira (1996)	2392,64	2392,64	1764,32	1764,32
		Antunes e Cabral (1996)	2138,80	2138,80	1691,43	1691,43
	Bidirecionais	Silva (1986)	2384,38	2718,75	3437,50	2928,13
		Falconi e Maset (2016)	2656,25	2625,00	3441,38	3485,00
		Massad (2015)	2656,25	2671,88	3365,63	3153,13
	Capacidades de Carga	Semiempíricos	Aoki e Velloso (1975)	4113,85	4113,85	7932,90
Décourt e Quaresma (1978)			5834,98	5834,98	5621,36	5621,36
Teixeira (1996)			6051,96	6051,96	6297,26	6297,26
Antunes e Cabral (1996)			5225,26	5225,26	5712,67	5712,67
Bidirecionais por Van der Veen (1953)		Silva (1986)	3815,00	4516,00	5500,00	4685,00
		Falconi e Maset (2016)	4250,00	4558,00	5507,00	5576,00
		Massad (2015)	4250,00	4538,00	5385,00	5045,00
Bidirecionais pela reta NBR 6122		Silva (1986)	-	4350,00	-	-
		Falconi e Maset (2016)	-	4200,00	-	-
		Massad (2015)	-	4275,00	-	-

Fonte: Autores (2021)

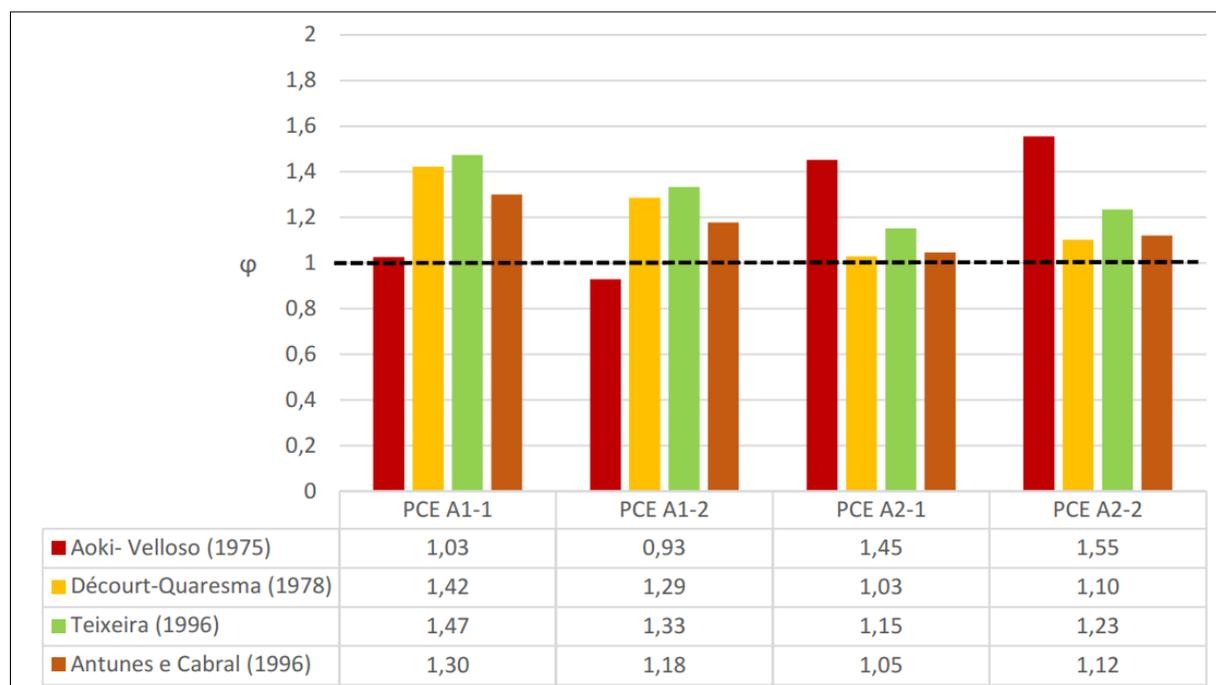
É possível constatar uma maior proximidade entre os valores obtidos por Silva (1986), Falconi e Maset (2016) e Massad (2015) ao método semiempírico de Aoki e Velloso (1975), mais conservador para a sondagem A1, porém o único inferior aos valores obtidos pelo ensaio bidirecional. Este valor está relacionado principalmente à camada de solo argilo-siltosa presente na cota de ponta da PCE A1-1 e PCE A1-2, minorando a resistência por área da base.

Aparentemente, analisando o ensaio bidirecional para a PCE A1-2, houve uma influência da camada mais compressível de solo argiloso presente na região das estacas, o que ocasionou em um deslocamento muito superior na ponta do elemento em relação ao fuste, e em relação às “pontas fictícias” das demais estacas. Uma

consideração a ser realizada é de que a camada de solo compressível está presente em maior quantidade na região da PCE A1-2, pois os deslocamentos de ponta registrados para a PCE A1-1 são muito inferiores aos da estaca PCE A1-2.

Para as provas de carga executadas próximas ao furo de sondagem A2, e que por este motivo foram aplicados os métodos semiempíricos para os valores de resistência do solo da sondagem, nota-se que o método de Décourt e Quaresma (1978) e Antunes e Cabral (1996) se aproximaram mais aos valores de capacidade de carga obtidos pelos três métodos aplicados aos ensaios bidirecionais. A capacidade de carga obtida pelo método de Aoki e Velloso (1975) é muito superior aos demais e isto se deve ao fato da alta resistência de ponta obtida pelo método, caracterizada por solo arenoso, presente na sondagem A2.

A Figura 3 apresenta os valores de  $\phi$ , que representa a razão expressa pelos valores de capacidade de carga de cada método semiempírico pela média entre os três métodos de obtenção da curva carga *versus* deslocamento.



**Figura 3:** Valores de  $\phi$  para os valores de capacidade de carga  
**Fonte:** Autores (2021)

Para a PCE A1-1 e PCE A1-2, notamos uma precisão maior para o método de Aoki e Velloso (1975) com  $\phi$  igual a 1,03 e 0,93, respectivamente. Analisando os resultados para a PCE A2-1 e PCE A2-2, vemos um aumento na precisão dos demais métodos semiempíricos, em especial os métodos de Décourt e Quaresma (1978) e Antunes e Cabral (1996), com 1,03 e 1,05 para a PCE A2-1 respectivamente, e 1,10 e 1,12 para a PCE A2-2, respectivamente.

É possível observar que a aplicação do critério de limitação da resistência de ponta da NBR 6122 (ABNT, 2019) reduz de forma significativa a dispersão das cargas admissíveis. Analisando os valores, onde foram utilizados os fatores de segurança apenas, temos uma carga admissível máxima de 3025,98 kN para o método de Teixeira (1996) e mínima de 2106,06 kN para o método de Aoki e Velloso (1975)., resultando em um coeficiente de variação de 15,32%. Ao se aplicar o critério de redução de resistência de ponta, observamos um coeficiente de variação de 5,71%, com desvio padrão de 129,59 kN, com uma média

de 2268,51 kN. É interessante ressaltar que apenas o método de Aoki e Velloso (1975) possui resistência de ponta inferior à resistência lateral, pois foi o único método que manteve sua carga admissível, independente da aplicação do critério de redução da resistência de ponta.

A Figura 5 apresenta os valores de  $f$  para a PCE A1-1 e a PCE A1-2, comparando a média de cada método semiempírico com a média dos resultados obtidos pelos métodos aplicados ao ensaio bidirecional. Considerando a limitação da resistência de ponta, temos que todos os métodos tem uma boa aproximação ao valor médio de carga admissível dos ensaios bidirecionais. Ao utilizar a resistência de ponta em sua totalidade, alguns métodos ultrapassam os valores obtidos pelos ensaios bidirecionais.

A metodologia de Aoki e Velloso (1975) é notavelmente mais conservadora, ao observarmos que independentemente da redução da resistência de ponta, os valores de carga admissível se mantêm inferiores aos do ensaio bidirecional. Os valores de  $\phi$  para o método são de 0,82 para a PCE A1-1 e 0,74 para a PCE A1-2, considerando ou não a limitação da resistência de ponta.

Os métodos de Décourt e Quaresma (1978), Teixeira (1996) são mais arrojados e possuem maior carga admissível em relação às médias de Silva (1986), Falconi e Maset (2016) e Massad (2015).

Ao aplicarmos o critério 8.2.1.2 da NBR 6122 (ABNT, 2019), ambos apresentam cargas admissíveis inferiores às provas de carga, com diferença mínima de 7% para o método de Teixeira (1996), e 8% para o método de Décourt e Quaresma (1978).



**Figura 4:** Valores de  $\phi$  para os valores de carga admissível  
**Fonte:** Autores (2021)

## 4 CONCLUSÃO

Os métodos semiempíricos aplicados confirmaram os resultados de carga esperados, baseados nos perfis de solo utilizados, com uma média de 5359,71 kN e 6391,05 kN para as sondagens SP A1 e SP A2 respectivamente. O método de Aoki e

Velloso (1975) registrou capacidades de carga mais conservadoras para as estacas apoiadas sobre solo argiloso, e mais arrojadas para as estacas apoiadas sobre solo arenoso, devido à grande sensibilidade na aplicação das correlações do método. A aplicação dos métodos de Décourt e Quaresma (1978), Antunes e Cabral (1996) e Teixeira (1996) resultou em capacidades de carga menor influência em relação aos tipos de solo, com uma tendência mais conservadora para o método de Antunes e Cabral (1996), específico para estacas hélice contínua.

Em relação às capacidades de carga, os métodos semiempíricos obtiveram valores entre 17% a 31% superiores aos ensaios bidirecionais, mostrando a necessidade da ponderação das resistências para aplicação dos métodos semiempíricos em uma faixa de valores mais próximos às provas de carga. Analisando as cargas admissíveis, para as estacas com ponta em solo argiloso, a média entre as provas de carga foi 4,87% superior aos métodos semiempíricos e 15,38% superior aos métodos semiempíricos com a aplicação da limitação de resistências de ponta enunciada pela NBR 6122 (ABNT, 2019), apresentando uma redução coerente com a capacidade de carga do solo.

Para as estacas com ponta em solo arenoso, a média de cargas admissíveis foi 6,67% superior aos métodos semiempíricos, e 45,48% superior aos métodos semiempíricos quando aplicada a ponderação sobre as resistências de ponta. Os resultados apontam para uma efetividade do critério 8.2.1.2 da NBR 6122 (ABNT, 2019) em limitar as capacidades de carga em solos menos resistentes para valores seguros, porém as resistências de ponta em solos mais competentes são subestimadas, ocasionando um subaproveitamento das capacidades de carga. No entanto, para confirmação deste comportamento, são necessários estudos mais aprofundados no sentido de analisar a competência de diversos tipos de solo, para aplicação da minoração de resistências proposta pela NBR 6122 (ABNT, 2019) e proposição de correlações de aumento da resistência de ponta para solos mais competentes.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. J. R. **Estacas escavadas, hélice contínua e ômega**: Estudo do comportamento à compressão em solo residual de diabásio, através de provas de carga instrumentadas em profundidade. 2001. 263 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.: [s.n.], 2001.

ANTUNES, W. R.; CABRAL, D. A. Capacidade de carga em estacas hélice contínua. **SEFE III**, São Paulo, p. 105-109, 1996.

AOKI, N.; VELLOSO, D. A. An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. **Proceedings of Panamerican CSMFE**, Buenos Aires, 1975. 367-376.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12131**: Estacas - Prova de carga estática. 2º ed. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13208**: Estacas - Ensaio de carregamento dinâmico. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. 3ª. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9607**: Prova de carga estática em estruturas de concreto - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 16 p. ISBN 978-85-07-08160-9.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6484**: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

CRUZ, F. V. A. S. Aplicação, Análise e Interpretação do Ensaio de Prova de Carga Estática, Realizado pelo Método Bidirecional. **Publicação Independente**, 2017.

DADA, T. L. **Ensaio bidirecional em estacas moldadas in loco**: técnicas de execução e métodos de interpretação, com aplicação a casos de obras. 2019. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotecnia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: [s.n.], 2019.

DÉCOURT, L.; QUARESMA, R. Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. **Anais do CBMSEF**, Rio de Janeiro, 1978. 45-53.

ELISIO, P. C. A. F. Celula Expansiva Hidrodinâmica - Uma nova maneira de executar provas de carga. **Publicação Independente**, Belo Horizonte, 1983. 106 p.

ELISIO, P. C. A. F. Celula expansiva hidrodinâmica: Uma nova maneira de executar provas de carga. **VIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, VIII COBRAMSEF**, Porto Alegre, 1986. 223-241.

FALCONI, F. F.; MASET, V. L. Análise prática de Resultados de Ensaio Bidirecionais. **COBRAMSEG**, Salvador, 2016.

FELLENIUS, B. H. **Basics of Foudation Design**. Eletronic Edition. ed. Sidney: [s.n.], 2020.

GIBSON, G. L.; DEVENNY, D. W. Concrete to bedrock testing by jacking from bottom of a borehole. **Canadian Geotechnical Journal**, 1973. 304-306.

HORVATH, R. G.; KENNEY, T. C.; KOZICKI, P. Methods of improving the performance of drilled piers in weak rock. **Canadian Geotechnical Journal**, 1983. 758-772.

MASSAD, F. On the Interpretation of the Bidirectional Static Load Test. **Soils and Rocks**, São Paulo, p. 249-262, Setembro-Dezembro 2015.

TEIXEIRA, A. H. Projeto e execução de fundações. **SEFE III**, São Paulo, 1996.

VAN DER VEEN, V. The bearing capacity of a pile. **Anais: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 3., v.2., 1953.**

VELLOSO, D. A. et al. **Instrumentação simples para provas de carga em tubulões e estacas escavadas**. Rio de Janeiro. Simpósio sobre instrumentação de campo em Engenharia de solos e fundações: [s.n.], 1975.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações:** critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficinas de Textos, 2010. ISBN 978-85-7975-013-7.