

Análise do Comportamento de Estacas Hélice Contínua em Terraços Marinhos na Cidade de João Pessoa

Fábio Lopes Soares

Professor Associado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, flseng@uol.com.br

Eduardo José de Santana Filho

Estudante de Graduação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, ejsantanaf@gmail.com

RESUMO: Este trabalho abrange um estudo do comportamento de estacas tipo hélice contínua, submetidas a um carregamento lento, executadas em dois empreendimentos residenciais adjuntos, localizados num bairro litorâneo na cidade de João Pessoa (PB), cujo solo é constituído por camadas de areia, areia siltosa, silte arenoso e argila siltosa com NSPT variando entre 2 até 35 e de um nível superficial do lençol freático entre 1,80m e 2,35m de profundidade. Visto que os dados fornecidos pelas provas de carga estática não fornecem diretamente as contribuições das parcelas de atrito lateral e resistência de ponta da estaca, recorreu-se ao Método de Van der Veen e ao Método da Rigidez de Décourt para um refino dos dados resultando, assim, numa análise mais detalhada. Desse modo, de posse dos resultados, foram realizadas comparações entre os valores esperados, adotando os métodos semi-empíricos convencionais, e os obtidos, verificando a acurácia dos métodos empregados.

PALAVRAS-CHAVE: Estaca Hélice Contínua, Atrito Lateral, Resistência de Ponta, Método de Van der Veen, Método da Rigidez.

ABSTRACT: This work includes a study of Augercast Piles' behavior, submitted to a Slow Maintain Load (SML) test, located in a coastal neighborhood in the city of João Pessoa (Brazil), whose soil is composed of layers of sand, silty sand, sandy silt and silty clay with NSPT ranging from 2 to 35 and a superficial water level of 1.80 m to 2.35 m depth. Since the provided results from the static loading tests aren't directly related for a lucid interpretation of the side friction and tip resistance contributions, were used Van der Veen's Method and Décourt's Stiffness Method to refine the obtained values, resulting in a more detailed analysis. Therefore, comparisons were made between the obtained results and the expected values from semi-empirical methods, verifying the accuracy of the both methods.

KEYWORDS: Augercast Pile, Side Friction, Tip Resistance, Van der Veen's Method, Stiffness Method.

1 Introdução

Atualmente, a cidade de João Pessoa (PB), devido ao acelerado processo de urbanização, possui uma área urbana que está praticamente consolidada, com isso, é inevitável o processo de verticalização de algumas regiões. Suprindo essa ampla demanda pela procura de imóveis, principalmente nas regiões próximas às praias, como também a viabilidade financeira do empreendimento, as edificações a cada dia tendem a um maior número de pavimentos, logo, exigindo do engenheiro geotécnico um grande conhecimento da constituição do terreno permitindo, assim, fornecer soluções viáveis para os mais diferentes cenários.

Segundo Barbosa (2015), João Pessoa é constituída por quatro unidades geológicas: Formação Barreiras, Gramame, Beberibe e os Aluviões e sedimentos de praia (Terraços Marinheiros), como é mostrado na Tabela 1 e Figura 1:

Tabela 1. Quantitativo em área das unidades geológicas em João Pessoa.

Fonte: Adaptado de Barbosa (2015).

Classes	Área em km ²	Área em %
Aluviões e sedimentos de praia	71,79	33,9
Formação Barreiras	136,57	64,6
Outros (Formação Beberibe, Gramame)	3,11	1,5
Total	211,47	100

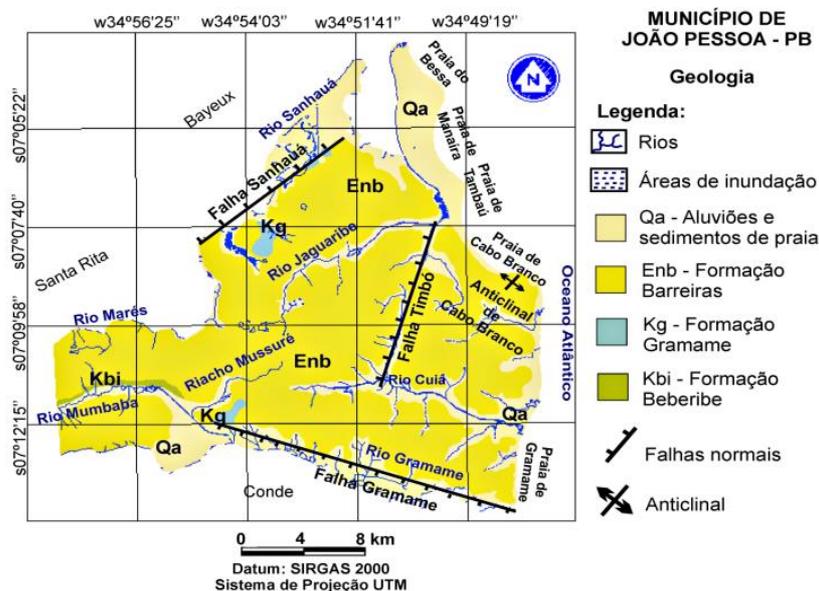


Figura 1. Mapa geológico de João Pessoa. Fonte: Barbosa (2015)

Após o devido entendimento a respeito da geomorfologia do município, inúmeras soluções podem ser adotadas, porém, são poucas que se mantêm competitivas em aspectos de custo, qualidade e produtividade. As estacas hélice contínua preenchem estes requisitos, para grandes empreendimentos, com numerosas vantagens: Alta produtividade e capacidade de carga, ausência de vibrações e a existência de um controle tecnológico durante a sua execução.

Portanto, este artigo analisará o comportamento de estacas hélice contínua de dois empreendimentos, distintos e praticamente vizinhos, através de dados obtidos das provas de carga estática. Comparando, ao final, os valores obtidos por métodos semi-empíricos, comumente usados na geotecnia, com os resultados alcançados pelos Métodos de Van der Veen e da Rigidez.

2 Área de Estudo

2.1 Localização e Característica

A área de localiza-se em Tambaú, mostrado na Figura 2, bairro litorâneo da capital paraibana, que geologicamente está confinado entre o mar e a formação barreiras. Em termos de elevação, todo o bairro é relativamente plano, resultante da presença de sedimentos que constituem os terraços marinhos.

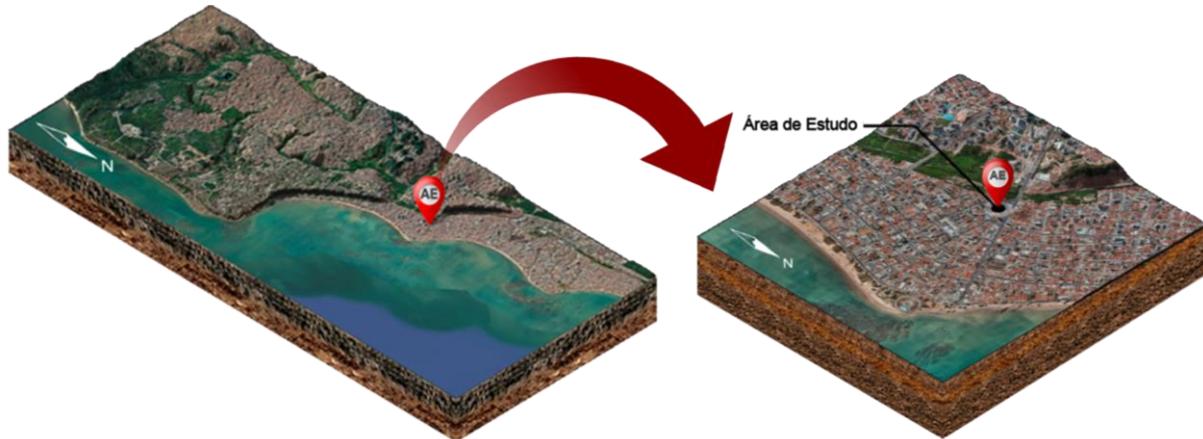


Figura 2. Litoral de João Pessoa (esq) e detalhe do bairro de Tambaú e Área de Estudo (AE) (dir).

Foram estudados os comportamentos de estacas hélice contínua de dois empreendimentos distintos, porém, relativamente próximos, detalhe para a Figura 3. As semelhanças nos tipos das estacas, nos diâmetros e nos perfis do solo da região permitiram um mapeamento do desempenho das fundações, possibilitando a comparação de diversos métodos de previsão de carga.

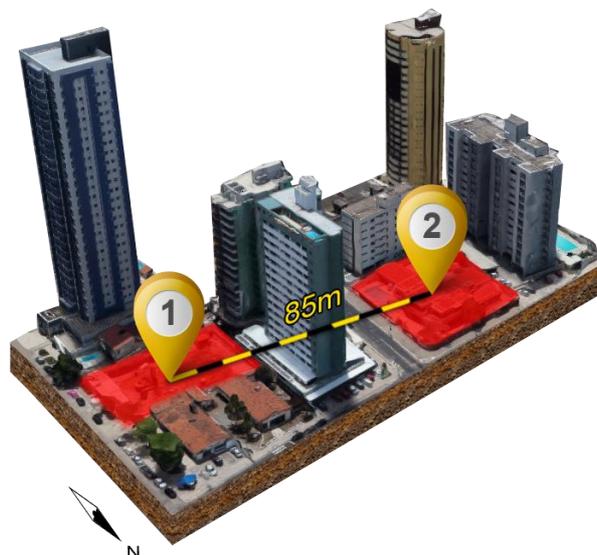


Figura 3. Detalhe da proximidade dos empreendimentos em estudo.

2.2 Investigação Geotécnica

Foram realizados três furos de sondagens do tipo SPT em ambos os terrenos. Visando abranger uma maior região, permitindo uma compreensão na disposição do solo, as escavações foram dispostas de forma espaçada e na diagonal de cada terreno. Podemos ver a disposição de cada furo na Figura 4.

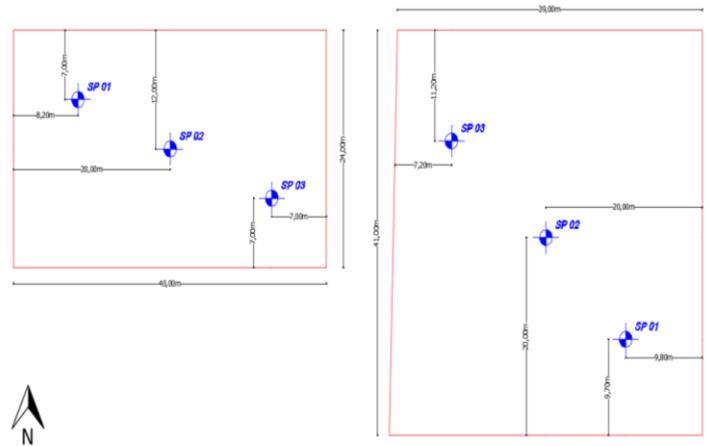


Figura 4. Distribuição das sondagens SPT: Empreendimento 1 (esq) e 2 (dir).

No Empreendimento 1, as três sondagens SPT mostraram que a composição do solo é de camadas de areias siltosas próximas variando de 5,50 a 9,20 metros e siltes arenosos em regiões próximas à rocha calcária. A respeito do Empreendimento 2, duas das três sondagens SPT indicaram um solo majoritariamente composto por areias siltosas com intercaladas presenças de finas camadas de argilas siltosas. A terceira camada, mostrada à direita na Figura 5, aparece isenta de argilas. Em ambos os empreendimentos os níveis do lenço freático no solo variaram entre 1,80 e 2,35m, com profundidades maiores para o segundo empreendimento.

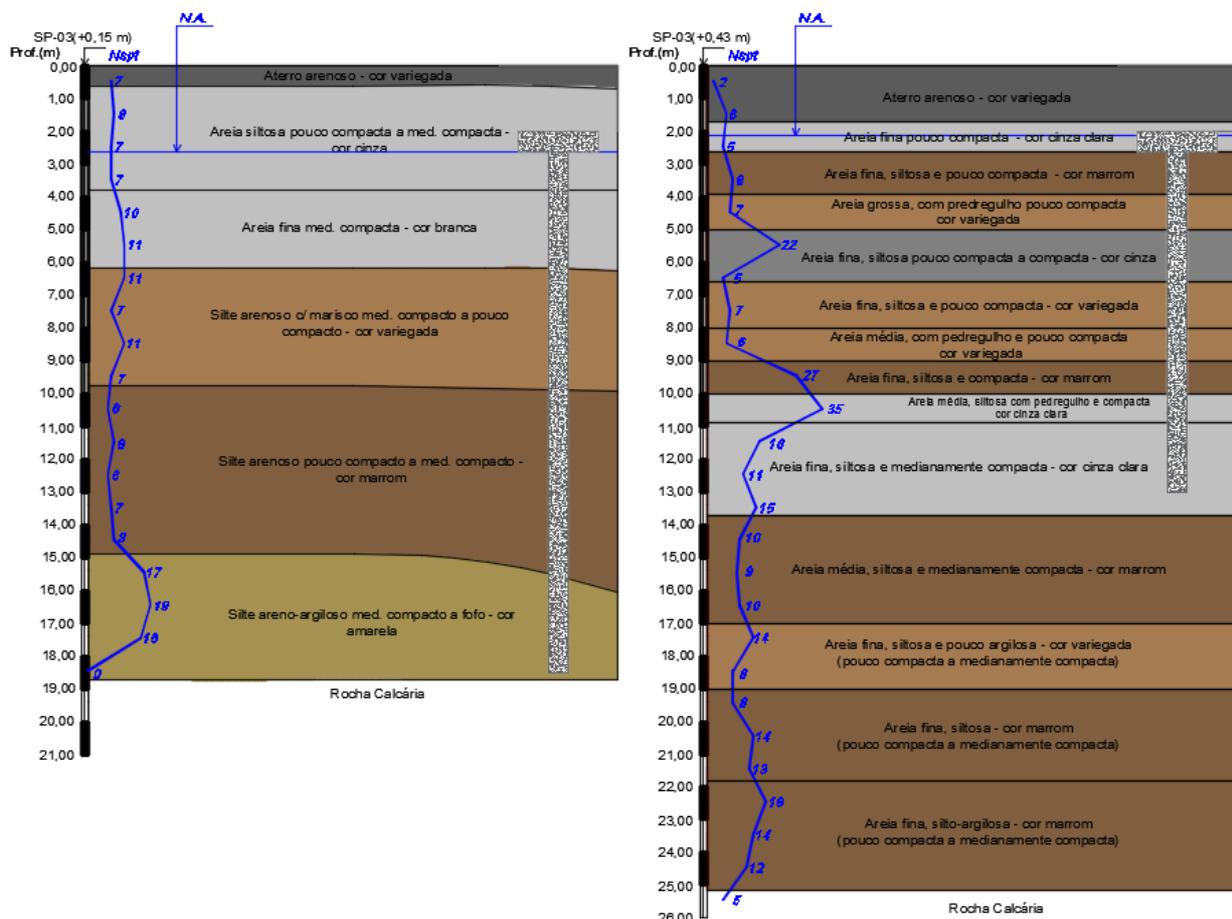


Figura 5. Esquema do perfil geotécnico do SPT dos dois empreendimentos (ambos SP-03). SP-03 do Empreendimento 1 (esq) e SP-03 do Empreendimento 2 (dir).

3 Prova de Carga

3.1 Características das Estacas

A prova de carga é um procedimento empregado para a avaliar a capacidade de carga de uma estaca. Consistindo em submetê-la a um carregamento estático crescente enquanto são conhecidos os deslocamentos, a prática deste ensaio, mostrada na Figura 6, obedece aos requisitos de qualidade para a compreensão do desempenho da fundação. Em seguida, a Tabela 2 detalha as características das estacas.



Figura 6. Vistas dos sistemas de reação do Empreendimento 1 (esq) e Empreendimento 2 (dir).

Tabela 2. Comparativo entre as duas estacas estudadas dos dois empreendimentos.

Característica	Empr. 1	Empr. 2
Tipo de Estaca	Hélice Contínua	Hélice Contínua
Comprimento Executado (m)	16,50	11,00
Diâmetro (mm)	600	600
Carga Máxima Atingida no Ensaio (kN)	2000	2400
Recalque Total (mm)	27,145	24,350
Recalque Permanente (mm)	22,190	19,900
Recalque Elástico (mm)	4,955	4,450

3.2 Curvas Carga x Recalque e Rigidez

Com os dados das provas de carga, foram plotadas as curvas de Carga x Recalque, representadas nas Figuras 7 e 8, e ainda com o artifício da extrapolação de Van der Veen, obteve-se a provável carga de ruptura da estaca. No caso da estaca teste do Empreendimento 1, Figura 7, este valor atingiu 2237 kN. O elemento de fundação investigado no segundo empreendimento, pelo procedimento de extrapolação de Van der Veen, atingiu uma carga de ruptura de 2947 kN, representado pela Figura 8.

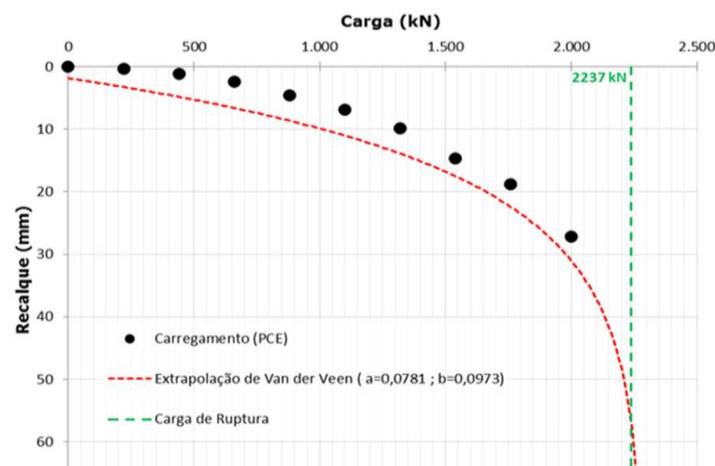


Figura 7. Comportamento da curva Carga x Recalque do Empreendimento 1.

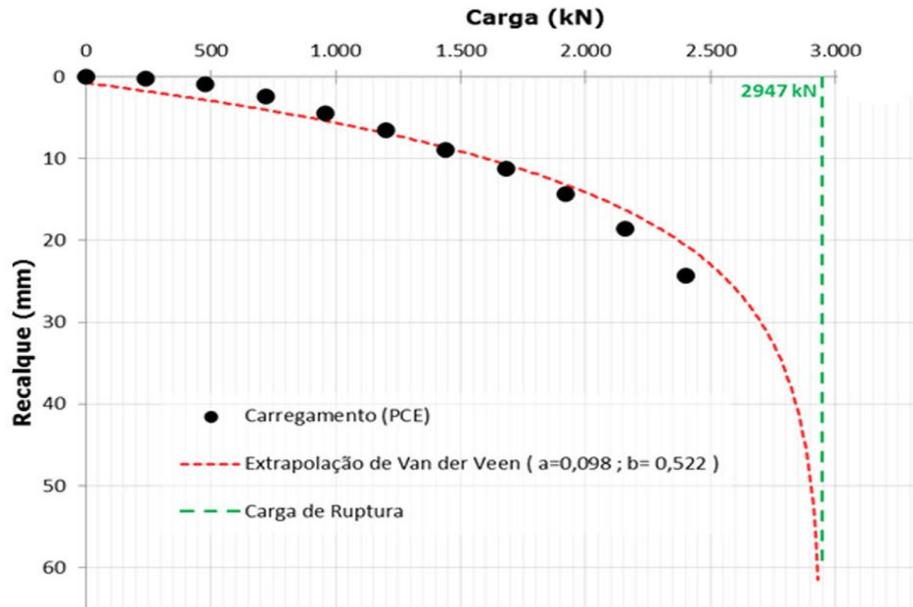


Figura 8. Comportamento da curva Carga x Recalque do Empreendimento 2.

Da mesma forma que as curvas Carga x Recalque, a elaboração dos gráficos Carga x Rigidez foi possível através dos dados das provas de carga. O Método de Décourt permite a separação das contribuições total e lateral das estacas, onde podemos analisar nos gráficos das Figuras 9 e 10.

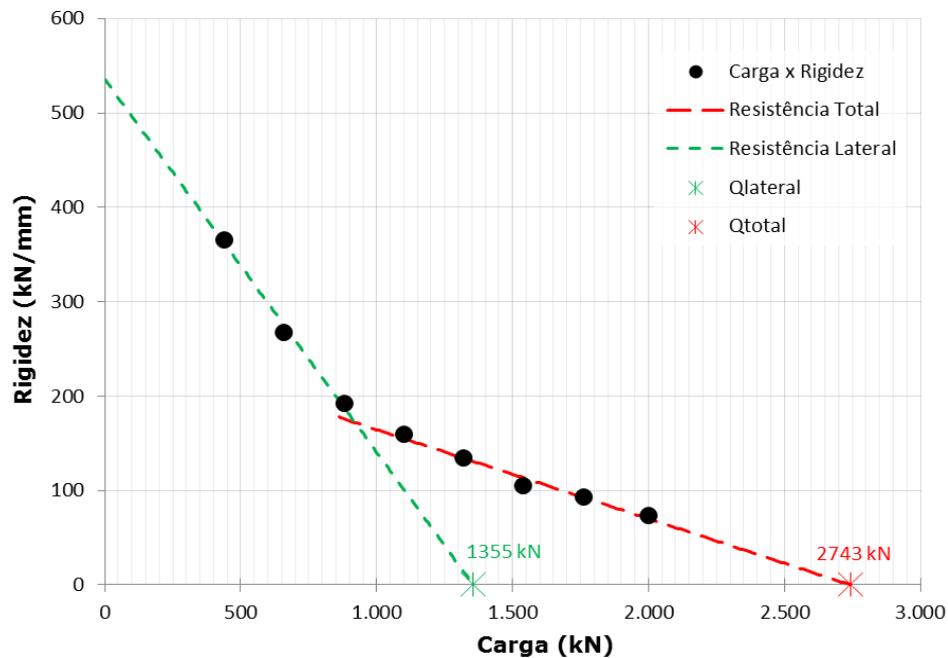


Figura 9. Comportamento da curva Carga x Rigidez do Empreendimento 1.

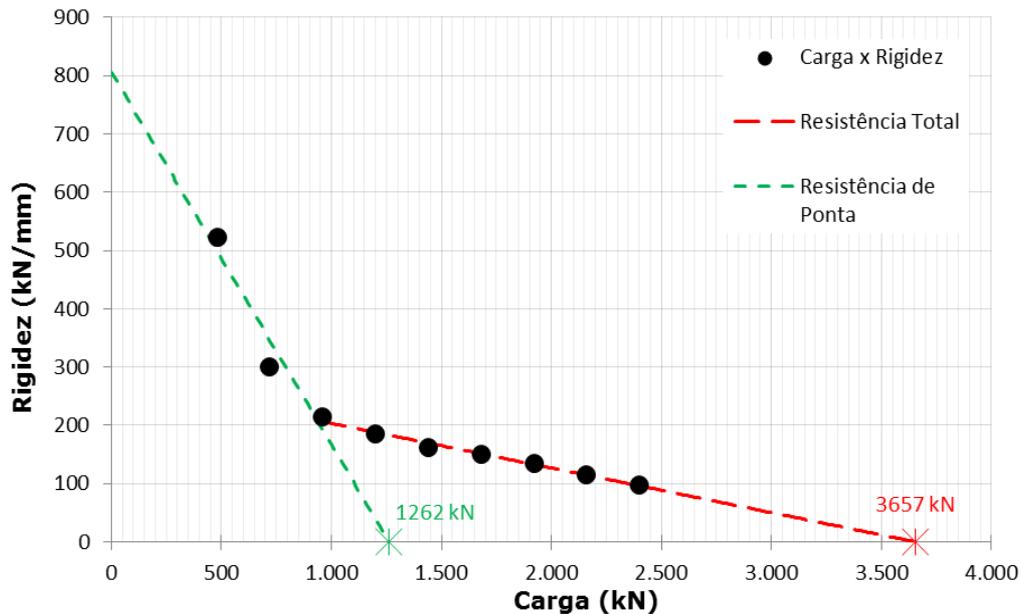


Figura 10. Comportamento da curva Carga x Rigidez do Empreendimento 2.

4 Resultados

De posse dos resultados dos ensaios SPT, foram calculadas as resistências laterais e de ponta, utilizando alguns métodos semi empíricos amplamente utilizados no Brasil. Pelos gráficos das Figuras 9 e 10, foram obtidos os valores das contribuições pela Rigidez de Décourt, como é mostrado nas Tabelas 3 e 4:

Tabela 3. Resultados da estaca do Empreendimento 1 pelos Métodos Semi Empíricos e o da Rigidez.

Contribuições	Aoki Velloso (1975) [Mod. Lopes]	Método de Alonso (1996)	Décourt Quaresma (1996)	Rigidez de Décourt
Resistência Lateral (kN)	1003,9	1109,1	1333,8	1355,1
Resistência de Ponta (kN)	1360,7	1555,1	371,1	1388,0
Resistência Total (kN)	2364,6	2664,2	1704,9	2743,1

Tabela 4. Resultados da estaca do Empreendimento 2 pelos Métodos Semi Empíricos e o da Rigidez.

Contribuições	Aoki Velloso (1975) [Mod. Lopes]	Método de Alonso (1996)	Décourt Quaresma (1996)	Rigidez de Décourt
Resistência Lateral (kN)	1088,1	1023,3	1150,1	1262,0
Resistência de Ponta (kN)	1357,2	949,6	407,2	2395,0
Resistência Total (kN)	2445,3	1972,6	1557,3	3657,0

Devido aos distintos comprimentos das estacas, foi utilizado o parâmetro do atrito lateral, o qual é dado pela Equação 1.

$$f_s = \frac{Q_{Lateral}}{A_{Lateral}} \quad (1)$$

Os resultados para os Empreendimentos 1 e 2 são mostrados, respectivamente, nas Figuras 11 e 12:

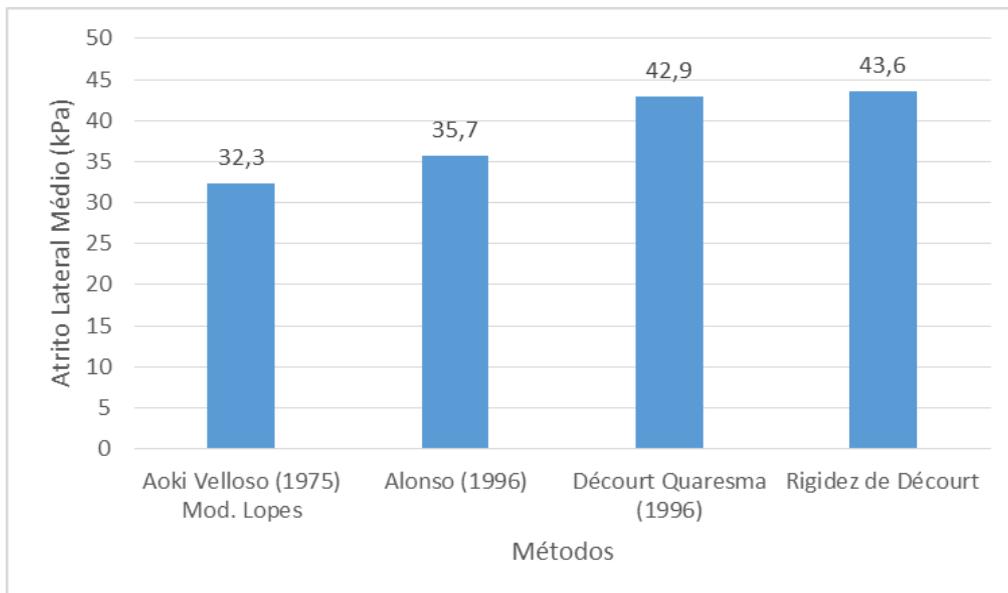


Figura 11. Comparação entre os atritos laterais médios das estacas do Empreendimento 1.

No Empreendimento 1, pela Figura 11, temos que o método semi empírico de Décourt Quaresma (1996) foi o que mais se aproximou, chegando a 98% do atrito lateral médio encontrado pelo Método da Rigidez. Seguido por Alonso (1996) com 82%, acompanhado por Aoki Velloso (1975) Modificado por Lopes com 74%.

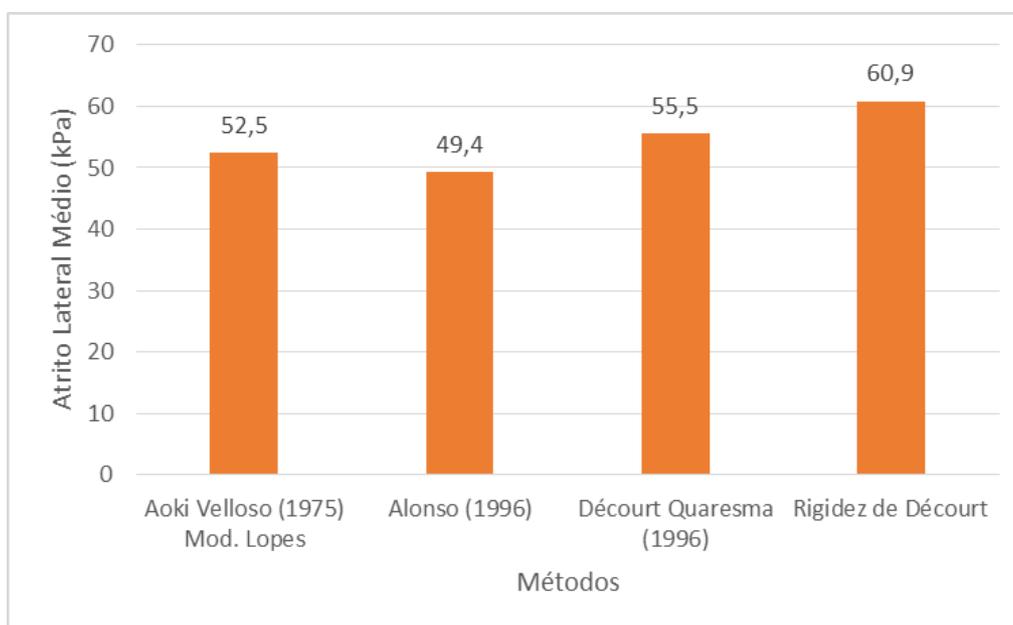


Figura 12. Comparação entre os atritos laterais médios das estacas do Empreendimento 2.

No Empreendimento 2, pela Figura 12, temos novamente que o método semi empírico de Décourt Quaresma (1996) foi o que mais se aproximou, chegando a 91% do atrito lateral médio encontrado pelo Método da Rigidez. Seguido por Aoki Velloso (1975) Modificado por Lopes com 86%, acompanhado por Alonso (1996) com 81%.

5 Conclusões

Levando em conta a extrapolação pelo Método de Van der Veen para a obtenção do limite da capacidade de carga das estacas e o Método da Rigidez para o valor da resistência lateral, foi possível a análise entre os resultados reais das provas de carga e os estimados através dos métodos semi empíricos.

Neste estudo, os resultados obtidos pelos métodos semi empíricos empregados, forneceram valores próximos de atritos laterais médios comparados com o Método da Rigidez, oriundos de provas de carga localizadas em lotes relativamente próximos. No entanto, na resistência de ponta, a discordância entre os valores dos métodos é mais evidente.

A minuciosidade do comportamento de ponta nas estacas hélice contínua, dependente de fatores executivos e de adequada classificação do solo, influencia diretamente, em termos do tamanho da variação, a capacidade de carga prevista.

A notável dispersão no desempenho da resistência de ponta dos métodos analisados, expande oportunidades para estudos futuros a respeito deste efeito, nas estacas hélice contínua, visando um equilíbrio entre as majorações e minorações de comportamentos adotados.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à ENGEObASE - Engenharia De Fundações LTDA e à Construtora CONSERPA pela colaboração na coleta dos dados e execução para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, U. R. (1996). Estacas hélice contínua com monitoração eletrônica: previsão da capacidade de carga através do ensaio SPTT. In: 3º SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA. São Paulo, 2: 141-151.
- Aoki, N; Velloso, D.A. (1975). An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: V CONGRESO PANAMERICANO DE MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES – PASSMFE, Buenos Aires, Argentina, 1975. Buenos Aires, 1975.
- Barbosa, T. S. (2015). *Geomorfologia Urbana E Mapeamento Geomorfológico Do Município De João Pessoa - PB, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba / UFPB, 116 p.
- Décourt, L. e Quaresma, A. R. (1978). Capacidade de carga de estacas a partir de valores SPT. Proc. VI COBRAMSEF, Rio de Janeiro, 45-53
- Décourt, L. (1996). A ruptura de fundações avaliada com base no conceito de rigidez. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS - SEFE III. São Paulo: ABEF/ABMS, v. 1, p. 215-224.
- Van Der Veen, C. (1953). “The Bearing Capacity of a Pile”. In: 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, Zurich, 1953, 2: 84-90.