

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Previsão e Análise da Capacidade de Carga de Estaca Hélice Contínua por Métodos Semiempíricos e Relação com Prova de Carga Estática na Cidade de Boa Vista-RR

Mesaque Vilmar Silvestre Viegas
UFRR, Boa Vista, Brasil, mesaquevs@gmail.com

Prof^a. Dr^a. Mariana Ramos Chrusciak
UFRR, Boa Vista, Brasil, marychrusciak@gmail.com

RESUMO: Estudos relacionados a determinação da capacidade de carga, apesar de amplamente investigado, sempre são atuais uma vez que a comunidade acadêmica busca constante melhoria e validação dos modelos empregados. Neste sentido, este trabalho busca interpretar os resultados obtidos por quatro métodos semiempíricos, para uma estaca do tipo hélice-contínua, comparando-os com uma prova de carga realizada na região central da cidade de Boa Vista-RR. Para esta análise, dados de ensaios de campo in situ (SPT) foram coletados, na região em que a estaca foi ensaiada, e métodos consagrados de dimensionamento de capacidade de carga em estaca calculados. A partir dos resultados, foi constatado que os métodos apresentaram resultados com diferenças significativas entre as resistências de ponta, lateral e total, principalmente devido as hipóteses utilizadas por eles, bem como as incertezas empíricas envolvidas nos métodos, reforçando a importância da utilização do fator de segurança. Além disso, quando comparado a prova de carga, o método que mais se aproximou ao valor resistido pela estaca foi o de UFRGS (Lobo, 2005). Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996) foram os mais conservadores e o de Aoki-Velloso (1975) um método intermediário em relação a estes. Desta forma, reforça-se a importância de estudos relacionados aos métodos de dimensionamento de capacidade de carga de fundações profundas, principalmente em estacas, em nível regional, buscando aprimorar os métodos de dimensionamento gerais a tal realidade, minimizando incertezas empregadas nos ensaios de campo, prova de carga e métodos construtivos.

PALAVRAS-CHAVE: Prova de carga, Métodos de dimensionamento Semiempíricos, Hélice contínua, Boa Vista-RR.

ABSTRACT: Studies related to the determination of load capacity, despite being widely investigated, are always current since the academic community seeks constant improvement and validation of the models used. In this sense, this work seeks to interpret the results obtained by four semi-empirical methods, for a continuous-helical pile, comparing them with a load test carried out in the central region of the city of Boa Vista-RR. For this analysis, data from in situ field tests (SPT) were collected, in the region where the pile was tested, and established methods of sizing the pile load capacity were calculated. According to the results, it was found that the methods presented results with significant differences between the point, lateral and total resistances, mainly due to the hypotheses used by them, as well as the empirical uncertainties involved in the methods, reinforcing the importance of using the factor of security. In addition, when compared to the load test, the method that came closest to the value resisted by the pile was that of UFRGS (Lobo, 2005). Décourt-Quaresma (1978) and Teixeira (1996) were the most conservative and that of Aoki-Velloso (1975) was an intermediate method in relation to them. In this way, it reinforces the importance of studies related to the methods of dimensioning the load capacity of deep foundations, mainly in piles, at a regional level, seeking to improve the general dimensioning methods to this reality, minimizing uncertainties used in field tests, load testing and construction methods.

KEYWORDS: Load test, Semi-Empirical Methods, Continuous Flight Auger Pile, Boa Vista-RR.

1 Introdução

Existem inúmeras ferramentas e métodos para realizar a análise de estacas e sua interação com o solo em que



estas são assentadas. E mesmo que constantemente discutidos (e a consequente ruptura do elemento de transferência (e.g. NOTTINGHAM, 1975; MEYERHOF, 1976; ALTAEE *et al.*, 1992; JARDINE *et al.*, 2005; FELLENIUS & SIEGEL, 2008; SCHMERTMANN & SCHMERTMANN, 2012; NIENOV, 2016; SESTREM, 2018; CHRUSCIAK, 2020), estudos relacionados a modelagem desta interação, são relevantes, principalmente no que tange as metodologias empíricas e semi-empíricas, para sua constante validação e melhorias de cunho região.

Em se tratando de estacas hélice contínua, as regras empíricas continuam desempenhando o principal papel frente às demais (ALONSO, 1983; DÉCOURT *et al.*, 1998; CINTRA *et al.*, 2010; CUNHA, 2016; MARAGON, 2018; MARQUES, 2018; SOUSA, 2018). Por esta razão, um dos pontos cruciais, é a avaliação minuciosa do solo, realizada por meio de ensaios de campo como SPT, CPT, palheta, entre outros, ou ensaios de laboratório, para que a tomada de decisão das considerações de cada método com segurança, principalmente quando avaliadas as suas hipóteses.

A depender da região do Brasil, principalmente em zonas de menor densidade demográfica, informações referentes ao substrato, bem como o emprego de fundações profundas é pouco empregado. Esta é a realidade cidade de Boa Vista – Roraima, Brasil, que tem entrado em processo de verticalização mais recentemente. E, por esta razão, é pertinente quando empregadas, uma documentação, e também validação das hipóteses das considerações de projeto.

Neste sentido, foi realizado uma edificação de grande porte e complexidade na região central da cidade, e na margem de um rio. Neste caso, foi utilizado de fundações profundas do tipo estaca hélice contínua, e o substrato avaliado por meio de ensaios SPT em pontos estratégicos e ensaio de prova de carga em estacas. Desta forma este trabalho relata o substrato da região, a avaliação por meio da prova de carga da fundação do empreendimento e ainda confronta diferentes métodos de dimensionamento a estes resultados.

2 Metodologia

A empresa responsável pela obra realizou tanto os ensaios de investigação geotécnica quanto a prova de carga. Sendo então a metodologia deste trabalho organizada no sentido de inicialmente analisar os dados da investigação geotécnica e construtivos da estaca. Seguidos da definição de que métodos seriam utilizados para a avaliação dos dados, e posterior avaliação da prova de carga.

2.1 Investigação Geotécnica

Foram realizados cinco furos de sondagem, do tipo Standard Penetration Test (SPT). Os furos SP-02, SP-04, SP-05 e SP-06, situados no local da fundação, e o furo SP-09 no local em que foi realizada a prova de carga. A estimativa da capacidade de carga da estaca foi determinada a partir do furo de sondagem realizado no local da prova de carga, e os demais furos utilizados, neste trabalho, para o traçado do perfil do solo. Na Figura 1 são apresentados os valores dos números de golpes ao longo da profundidade, conforme os relatórios de sondagem, de todos os furos executados, bem como da média destes.

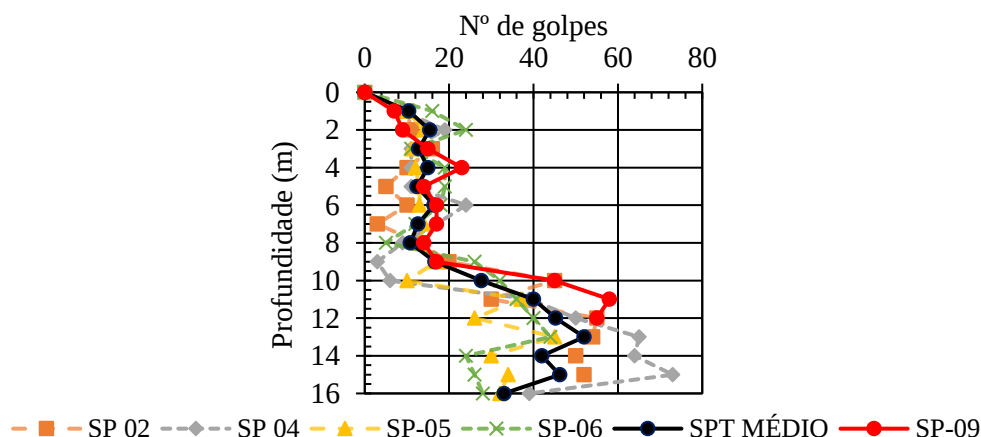


Figura 1. Variação do nº de golpes nas sondagens SP-02, SP-04, SP-05, SP-06 e SP-09, e média.



2.2 Dados da estaca

Conforme o projeto estrutural fornecido, as estacas de reação e ensaiada utilizadas na prova de carga possuíam as características conforme a Tabela 1, sendo todas do tipo hélice contínua.

Tabela 1. Características das estacas

Comprimento (m)	De reação	Ensaiada
Diâmetro (cm)	40	60
Comprimento (m)	10	10
fck (Mpa)	30	30

2.2 Métodos semiempíricos

Na busca de soluções mais precisas, vários autores nas últimas décadas criaram diferentes modelos físicos e matemáticos, com a finalidade de descrever o comportamento da transferência de carga de uma estrutura para o solo, avaliando os estados limites últimos e de serviço do elemento que realiza a transferência, formulando teorias de capacidade de carga última.

Neste trabalho, quatro métodos semiempíricos brasileiros foram utilizados, são eles: Aoki-Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1978), Teixeira (1996) e UFRGS (Lobo, 2005). Todos estes métodos realizam previsões a partir dos resultados do ensaio SPT.

2.4 Prova de carga

A prova de carga analisada foi, conforme relatório, do tipo Estática a Compressão, sendo realizada com base na norma NBR 16903 (ABNT, 2020) e todos os equipamentos calibrados previamente à realização do ensaio. A relação das variações de carga e recalque obtidos no ensaio, a partir dos dados fornecidos pelo consórcio Sanches Tripoloni e Coema, são apresentadas na Figura 2. A carga máxima aplicada na estaca foi de 200 toneladas força e o recalque máximo registrado foi de 4,38 milímetros.

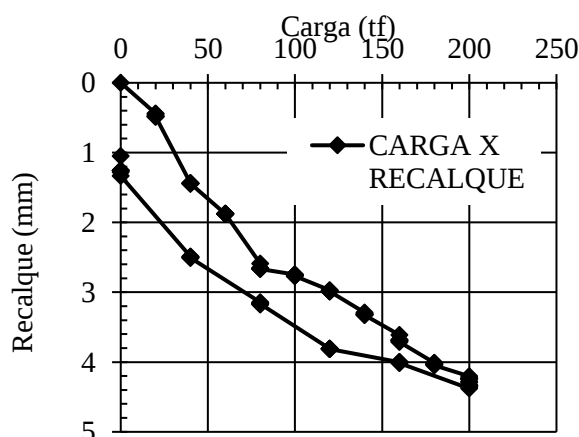


Figura 2. Carga x Recalque da estaca analisada.

3 Resultados

3.1 Ensaios de Campo

Com base nos furos de sondagem, um perfil do solo foi ilustrado e é apresentado na Figura 3. O solo é predominantemente argiloarenoso na cor vermelha. Nos furos SP-02 e SP-04, após os 4 metros iniciais, foram



observadas algumas camadas de areia intercaladas, variando em aspecto, de fino a grosso. Além de uma camada de argila plástica, que também esta presente em uma fina camada no furo SP-05.

A penúltima camada é composta por fragmentos de basalto com argila pouco arenosa, com variações de cores, a espessura desta camada está em torno de 2 a 3 m e varia entre as profundidades de 14 e 17 metros. A última camada é composta por diabásio com alguns fragmentos de basalto (rocha).

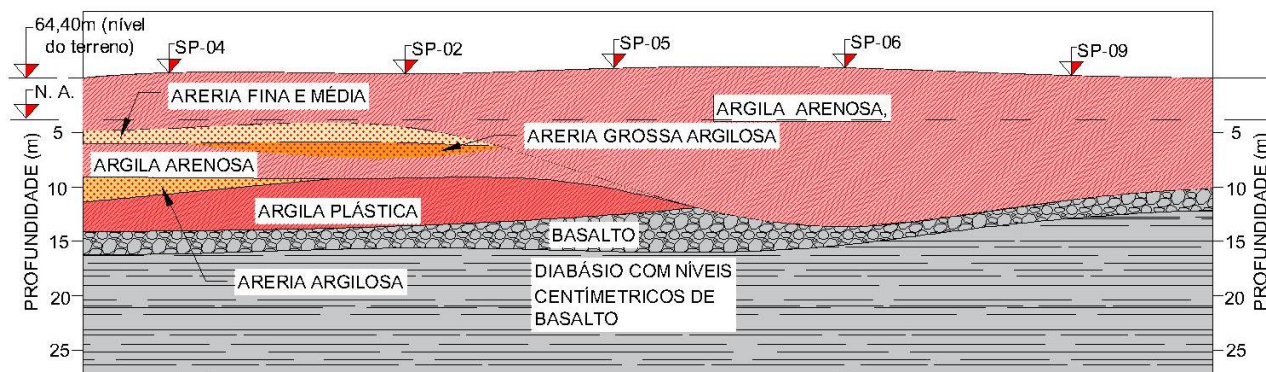


Figura 3. Perfil do solo estimado pelos furos realizados na região do empreendimento.

3.2 Prova de carga

Conforme exposto no item 2.4, a curva de carga x recalque obtida no ensaio foi apresentada na Figura 2. Esta curva não aparenta ruptura com aspecto bem definido, como os diagramas que apresentam uma ruptura nítida. Assim, a curva que mais se assemelha é a que apresenta características de uma ruptura física, pois não foi alcançado o valor de ruptura estimado no ensaio.

O recalque máximo observado no ensaio foi de 4,38 milímetros, inferior ao valor empregado nas práticas internacionais, de 10% do diâmetro efetivo da estaca, sendo neste caso $10\% \times D = 10\% \times 600\text{mm} = 60\text{mm}$. O critério utilizado pela empresa executora do ensaio para o carregamento máximo, conforme consta no relatório de ensaio, foi atingir o dobro do valor da carga de trabalho da estaca, que neste ensaio foi de 200 toneladas.

O critério utilizado para a carga máxima escolhido atende o item 9.2.2.1 da norma NBR 6122 (ABNT, 2019), já que o valor mínimo exigido é levar o ensaio à 1,6 vezes a carga admissível de projeto. Porém, ressalta-se que este valor poderia ser escolhido de maneira mais criteriosa, visando levar o ensaio a uma carga mais elevada e assim obter um diagrama de carga x recalque mais definido.

3.3 Métodos semiempíricos

Os valores das estimativas de resistência de ponta da estaca ao longo da profundidade, obtidos pelos métodos Aoki-Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1978), Teixeira (1996) e UFRGS (Lobo, 2005), a partir dos ensaios de sondagem SPT são apresentados na Figura 4 (a). Já as estimativas de resistências laterais, são expostas na Figura 4 (b).

As estimativas de ponta obtidas pelos métodos de Aoki-Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996), apresentam valores mais convergentes entre si. Até 4 metros de profundidade existe um aumento da resistência de ponta ao longo da profundidade, seguido de uma faixa constante entre as profundidades de 5 a 8 metros.

O método UFRGS (Lobo, 2005), apesar de apresentar o mesmo padrão de curva dos demais métodos de estimativa, resistência linear crescente até 4 m aumento seguido de faixa constante, apresenta valores superiores aos demais métodos.

A partir da profundidade de 10 metros é notório, em todos os métodos, a ocorrência de aumento de resistência, uma vez que se iniciam as camadas de basalto e posteriormente diabásio (rocha), conforme o perfil geotécnico, que são bem mais resistentes que as primeiras camadas de argila, com baixo número de golpes.



Além disto, destaca-se que nos métodos de Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978) não são previstos coeficientes para rochas, e o padrão de solo da região, sendo utilizados os maiores valores correspondente a um solo mais resistente e com descrições mais próximas ao solo da região.

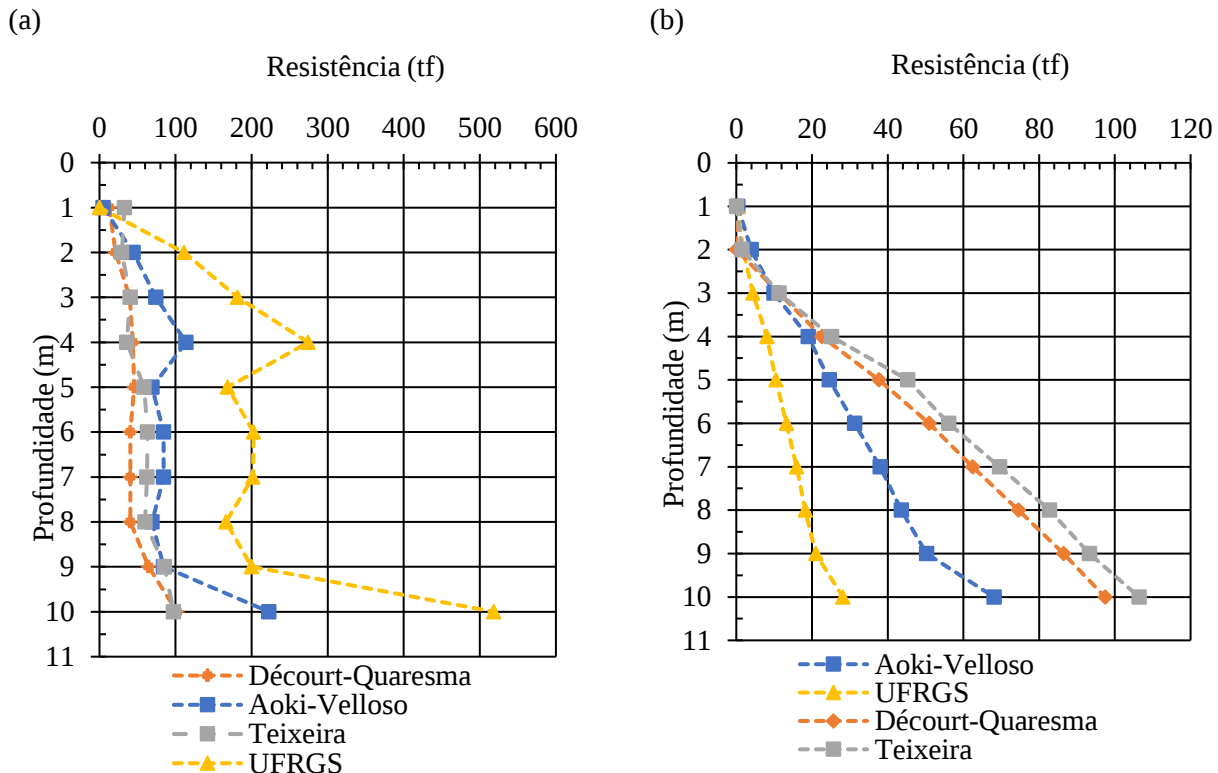


Figura 4 – Estimativas das resistências: (a) de ponta e (b) laterais; obtidos pelos métodos semiempíricos.

Quanto as estimativas de resistências laterais ao longo da profundidade, todos os métodos apresentam uma similaridade de curvas crescentes, com inclinações aproximadamente constantes. O método de Teixeira (1996) e Décourt-Quaresma (1978) apresentam valores de estimativas muito próximos, enquanto os dos métodos de UFRGS (Lobo, 2005) e Aoki-Velloso (1975), diferentes, sendo o método UFRGS (Lobo, 2005) com menores valores estimados.

Nos métodos de UFRGS (Lobo, 2005), Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978), assim como na resistência de ponta, próximo à profundidade de 10 metros as resistências laterais aumentaram, esse comportamento também justificado pela presença da camada de rocha.

Em termos de análise geral dos métodos em si, observa-se que Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996) penalizam mais a resistência de ponta, devido suas hipóteses, que os métodos de Aoki-Velloso (1975) e UFRGS (Lobo, 2005), tornando a análise da estaca como uma estaca flutuante. Já os métodos Aoki-Velloso (1975) e UFRGS (Lobo, 2005) tendem a uma interpretação de uma estaca de ponta, uma vez que são métodos desenvolvidos inicialmente para estacas cravadas.

Em vias gerais, estacas hélice contínua, por serem estacas escavadas, sofrem penalização da resistência de ponta, devido as inseguranças no seu processo contrutivo, e são consideradas majoritariamente estacas que trabalham por atrito lateral (SOUSA *et al.*, 2018). Porém, é importante destacar que as últimas camadas do solo deste trabalho possuem característica de alta resistência, o que justifica os altos valores encontrados na resistência de ponta com os métodos utilizados.

3.4 Comparação

Após as estimativas dos valores de resistência lateral e resistência de ponta individualmente, foi obtida a resistência total da estaca por cada método. Os valores de capacidade de carga obtidos nos métodos

semiempíricos e o valor resistido pela estaca estão ilustrados na Figura 5 (a), já os valores resistidos com o fator de segurança estão ilustrados na Figura 5 (b).

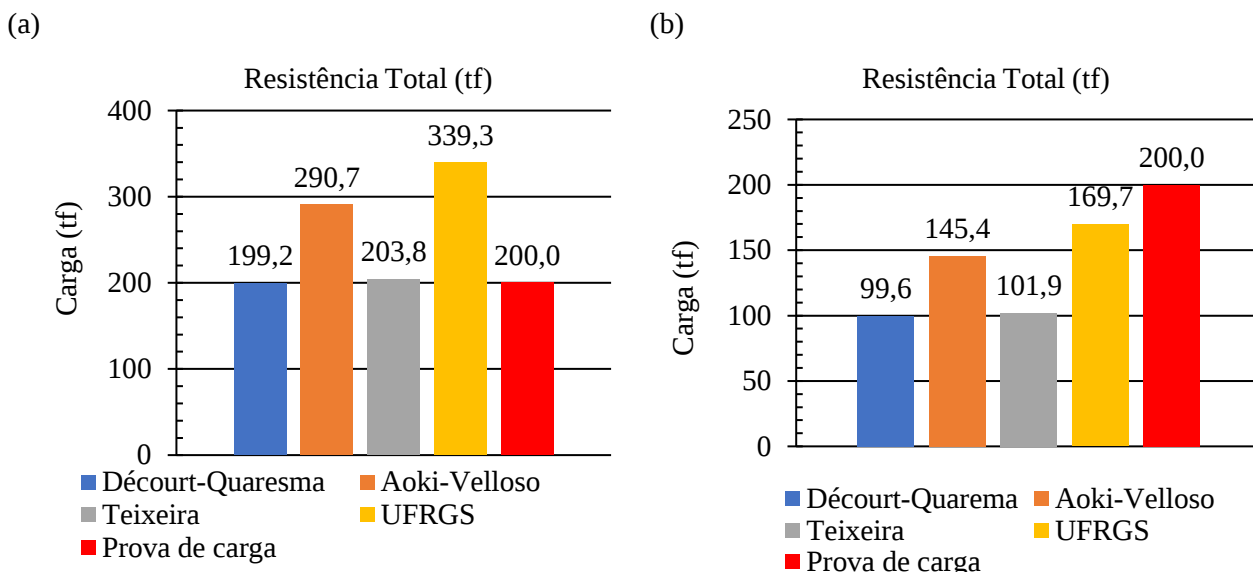


Figura 5. Comparação entre os valores obtidos nos métodos semiempíricos e a carga resistida pela estaca: (a) sem considerar fator de segurança, e (b) considerando fator de segurança.

Observa-se que os valores dos métodos de Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996) são próximos, e consideravelmente distintos dos valores encontrados nos métodos de Aoki-Velloso (1975) e UFRGS (Lobo, 2005).

Os valores obtidos em todos os métodos superaram o valor máximo registrado na prova de carga, exceto o método de Décourt-Quaresma (1978). Esse método, ainda, foi o que mais se aproximou ao da prova de carga, apresentando uma diferença de pouco menos de 1 tonelada (variação de 0,41% em relação à prova de carga), sendo o mais preciso desta análise. Os demais métodos aumentaram de 2% a 70% em relação ao valor suportado.

Ou seja, quando avaliados os métodos puros, sem considerações de segurança, estes preveem valores superestimados, em alguns casos de até 70% acima do encontrado. Por esta razão, uma outra análise, agora considerando os fatores de segurança global, fornecido pelo item 6.2.1.1.1 da norma NBR 6122 (ABNT, 2019) com o valor igual a 2 quando usado de métodos semiempíricos ou analíticos, é apresentada na Figura 5 (b).

Considerando agora os fatores de segurança nos métodos, assim como visto para a análise sem esta consideração, foi observada ainda uma considerável variabilidade de resultados, o que pode ser justificado pelas distintas considerações adotadas nos métodos. Esta variabilidade torna a escolha da capacidade de carga mais criteriosa, em vista da variância dos resultados.

Os métodos de Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996) continuam próximos, e consideravelmente distintos dos valores encontrados nos métodos de Aoki-Velloso (1975) e UFRGS (Lobo, 2005). E ainda, todos os métodos apresentam valores menores de resistência total que a da prova de carga, ressaltando a importância de considerar uma carga significativa na execução da prova de carga, com o objetivo de apurar melhor a verdadeira capacidade de carga da estaca.

Desta forma, dentre os métodos utilizados, vale destacar que os mais conservadores foram os de Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996) e o método com maior precisão o de UFRGS (Lobo, 2005), quando considerado o fator de segurança. Uma das possíveis justificativas para os valores diferentes obtidos no dimensionamento quando comparado ao valor registrado na prova de carga pode ser verificado pelos parâmetros adotados nos métodos, já que é sabido que a maioria das provas de cargas que compõe o banco de dados destes métodos se concentram nas regiões sul e sudeste, e a prova de carga analisada, realizada na região norte.

É importante destacar que as últimas camadas do solo possuem característica de alta resistência, o que justifica os altos valores encontrados na resistência de ponta com os métodos utilizados. Além disso,



historicamente os métodos aqui utilizados foram formulados com base em estacas cravadas, como por exemplo o de Aoki-Velloso, em que nas suas formulações dedicaram uma considerável capacidade de carga para a ponta da estaca, entretanto, a estaca do tipo hélice contínua é do tipo escavada, que trabalha majoritariamente por atrito lateral (SOUSA, T. C et al, 2018).

Outro fator que pode ter impactado nesta diferença são os possíveis erros empregados nos ensaios de campo e de estaca, sendo estes nos processos executivos ou na escolha dos critérios utilizados. Reforça-se que a prova de carga é o ensaio que mais apresenta segurança em um projeto de fundações, porém na maior parte dos casos é pouco explorado. Ademais, poderia ter se utilizado de ensaios mais sofisticados, tanto para análise do solo, como um ensaio do tipo CPT (Cone penetration Testing), tanto para a prova de carga, realizando um ensaio instrumentado ao longo do corpo da estrutura.

4 Conclusão

Mediante o exposto no trabalho, foi possível desenvolver o perfil de solo da região estudado, a partir da coleta de dados dos ensaios de campo, sendo percebido que o solo apresenta uma camada de aterro com solo predominante argiloarenoso. Além disso, com o perfil de solo pode-se perceber que os fragmentos de rocha são atingidos a partir de 10 metros de profundidade.

Com a avaliação dos métodos de dimensionamento de capacidade de carga realizada na cidade de Boa Vista, este trabalho permitiu confirmar a importância do coeficiente de segurança na utilização destes métodos, diante das incertezas do embasamento empírico utilizado. Pois, mesmo apresentando semelhanças no processo de dimensionamento estes métodos possuem diferenças significativas nos resultados de resistência de ponta e lateral da estaca.

Os resultados demonstram que este trabalho está alinhado com estudos anteriores relacionados a variabilidade de previsões, visto que os valores encontrados apresentaram padrões arrojados, onde estudos anteriores já demonstraram esse fato para os mesmos métodos aplicados a uma estaca hélice-contínua. Mostrando a relevância de se realizar estudos mais detalhados com fundações profundas utilizando de estacas do tipo hélice contínua, pois pesquisas visando aprimorar os parâmetros utilizados nos métodos de previsão de carga podem tornar mais precisa a determinação da capacidade de carga e mais entendível o sistema estaca-solo.

Em conclusão, se reforça a importância de se estudar esse tipo de tema, principalmente na região norte, visto que nessa região é perceptível o crescimento de obras que necessitam de fundações profundas, sendo necessário acompanhar tanto os processos de dimensionamento como execução destes serviços de infraestrutura visando entender e interpretar a relação solo-estaca e aprimorar as técnicas de previsibilidade, para a realidade local. Importante também aprimorar os métodos de dimensionamento aos tipos de estacas mais utilizadas atualmente, principalmente as do tipo escavada, perfeição dos coeficientes de solo utilizados nas regiões trabalhadas e analisando a trabalhabilidade do sistema estaca-solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. *NBR 6122: Projeto e execução de fundações- Versão corrigida, incorpora a Errata 1*, de 15.12.2021. Rio de Janeiro, 2021.
- _____. *NBR 16903: Solo – Prova de carga estática em fundação profunda*. Rio de Janeiro, 2020.
- _____. *NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2020.
- ALTAEE, A., FELLENIUS, B.H., EVGIN, E. Axial load transfer for piles in sand. I: Tests on an instrumented precast pile. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 29, n.1, p. 11-20, 1992.
- ALONSO, Urbano Rodrigues. *Exercícios de Fundações*. São Paulo. Bluscher, 1983.
- AOKI, N., VELLOSO, D.A. (1975) An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: 5th pan American conference on soil mechanics and foundation engineering, Buenos Aires. *Anais...*, v.1.



- CINTRA, José Carlos A; AOKI, Nelson. *Fundação por estacas: projeto geotécnico*. São Paulo. Oficina dos Textos, 2010;
- CHRUSCIAN, M.R. (2021) *Transferência de carga na interface solo-concreto de estacas em solo arenoso*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 232 p.
- CUNHA, Pedro Dia da. (2016) *Capacidade de carga em estacas de fundação: comparação entre métodos de dimensionamento e resultados de provas de carga*. Trabalho de diplomação. Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.
- DÉCOURT, L.; ALBIERO, J. H.; CINTRA, J. C. A. (1998) *Análise e projeto de fundações profundas*. 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.
- DÉCOURT, L. & QUARESMA, A.R. (1978) Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. In: 6º Congresso Brasileiro de Mecânica dos solos e Engenharia de Fundações – COBRAMSEG, Rio de Janeiro. *Anais...*, vol. 1, p. 45-53.
- FELLENIEUS, B.H.; SIEGEL, T.C.S. Pile drag load and downdrag in a liquefaction event. *Journal of Geotechnical and Environmental Engineering*, v. 134, n. 9, p. 1412-1416, 2008.
- JARDINE, J., CHOW, F., OVERY, R., AND STANDING, J. *ICP design method for driven piles in sands and clays*. Thomas Telford Publishing Ltd., London, 105 p, 2005.
- LOBO, O. B. (2005) *Método de Previsão de Capacidade de Carga de Estacas: Aplicando os conceitos de energia do ensaio SPT*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.
- MARAGON, M. (2018) *Unidade 06: Capacidade de fundações profundas. Geotecnia de Fundações e obras de Terra*. Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, Juiz de Fora.
- MARQUES, J. A. F. et al. *Avaliação da transferência de carga de estacas hélice contínua com ponta em rocha*. Maceió, Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2018.
- MEYERHOF, G.G., (1976) Bearing capacity and settlement of pile foundations. The Eleventh Terzaghi Lecture. *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, vol. 102, No. GT3, 1976, pp. 195-228
- NIENOV, F. A. (2016) *Desempenho de estacas escavadas de grande diâmetro em solo arenoso sob carregamento vertical*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 267 p.
- NOTTINGHAM, L.C., (1975). *Use of quasi-static friction cone penetrometer data to predict capacity of displacement piles*. Ph.D. thesis, Dept of Civil Engineering, Univ. of Florida, 553 p.
- TEIXEIRA, A. H. (1996) Projeto e execução de fundações. In: III Seminário de engenharia de fundações especiais e geotecnia - SEFE III, São Paulo. *Anais ... ABMS*. V.1, p 33-50.
- SESTREM, L.P. (2018). *Mecanismos de transferência de carga em estacas escavadas em solos arenosos através de provas de carga instrumentadas*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 265 p.
- SCHMERTMANN, J.H. and SCHMERTMANN, C.P., (2012) Testing and Remediation Observational Method for the Design and Construction of Pile Foundations. The Role of Full- Scale Testing in Foundation Design, *ASCE Geotechnical Special Publication*, Ed. by M.H. Hussein, R.D. Holtz, K.R. Massarsch, and G.E. Likins, GSP 227, pp. 349 -361.
- SOUSA, T. C, MONTEIRO, F. F., AGUIAR, M. F. P., DIAS, I. L. (2018) Capacidade de Carga de Estacas Hélice Contínua Monitorada em Obras de Fortaleza. In: XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2018. *Anais ... ABMS*.