



Esforço de Instalação: Uma Alternativa para o Controle de Execução de Estacas tipo Hélice Contínua

Alessandro Lopes Silveira
Engenheiro Civil, Cooparroio, Rio Grande, Brasil, axirel@gmail.com

Antônio Marcos de Lima Alves
Professor Associado, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande, Brasil,
antonioalves@furg.br

RESUMO: O esforço de instalação é um parâmetro proposto para análise de dados de execução de estacas hélice de deslocamento (tipo Ômega). É baseado na velocidade de penetração da ferramenta de perfuração, e na pressão do fluido do motor, responsável pela geração do torque na ferramenta. Neste trabalho, apresenta-se uma aplicação do cálculo do esforço de instalação em uma obra com fundações compostas por estacas tipo hélice contínua, cujo processo executivo apresenta similaridades em relação à estaca Ômega. A motivação para tal aplicação se deu por conta da falha do transdutor de velocidade de rotação da ferramenta de perfuração, que impediu a adoção do método tradicional de controle de estacas tipo hélice contínua por meio do trabalho de perfuração (conhecido como método SCCAP). Os resultados do estudo indicaram boas correlações estatísticas entre o esforço de instalação e a capacidade de carga geotécnica das estacas, prevista por métodos semiempíricos tradicionalmente empregados no Brasil. Tem-se, portanto, um método alternativo para o controle executivo de estacas tipo hélice contínua, permitindo a avaliação da homogeneidade do estaqueamento e o estabelecimento de critérios de paralisação da perfuração, em analogia ao emprego da nega em estacas cravadas.

PALAVRAS-CHAVE: Esforço de instalação, Estaca hélice contínua, Controle executivo.

ABSTRACT: The installation effort is a proposed parameter for data analysis of Omega-type piles. It is based on the penetration speed of the drilling tool, and on the engine fluid pressure, responsible for generating torque in the tool. In this article, an application of the installation effort calculation is presented in a project with foundations composed of continuous flight auger (CFA) piles, whose executive process presents similarities in relation to the Omega pile. The motivation for this application was due to the failure of the drilling tool's rotational speed transducer, which prevented the adoption of the traditional method of control of CFA piles through drilling work (known as the SCCAP method). The results of the study indicated good statistical correlations between the Installation Effort and the geotechnical load capacity of the piles, predicted by semi-empirical methods traditionally used in Brazil. There is, therefore, an alternative method for the executive control of continuous flight auger piles, allowing the evaluation of the homogeneity of the piling and the establishment of criteria for stoppage of drilling, in analogy to the use of the set for driven piles.

KEYWORDS: Installation effort, Continuous flight auger pile, Executive control.

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





1 Introdução

A estaca hélice contínua (*continuous flight auger pile*) é executada através de introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo e de diâmetro constante. Aperfuração é então preenchida com concreto, injetado através da haste central do trado simultaneamente à sua retirada, e a armadura é sempre colocada imediatamente após a concretagem da estaca.

As estacas tipo hélice contínua surgiram na década de 1970 nos Estados Unidos, sendo posteriormente adotadas amplamente em toda Europa e Japão, vindo para o Brasil apenas a partir da década de 1980 (Velloso e Lopes, 2011). Seu grande crescimento se deve a vantagens como: alta produtividade, baixo nível de vibração e custo relativamente baixo. Este tipo de estaca difere das chamadas estacas hélice de deslocamento (*screw piles*) principalmente pelo nível de deformação imposto ao terreno, que é bem mais baixo (Basu *et al.*, 2010).

Os equipamentos para execução de estacas do tipo hélice contínua tiveram um crescente desenvolvimento ao longo dos anos, e as exigências normativas também foram sendo aprimoradas. A NBR 6122 (ABNT, 2019) trata de algumas características mínimas, estabelecidas de modo a assegurar a boa execução das estacas, tais como torque e força de arranque compatíveis com a resistência do solo a ser perfurado, e com o diâmetro estabelecido em projeto. Além disso, a NBR 6122 exige que os equipamentos devem realizar monitoramento eletrônico a partir de sensores instalados na perfuratriz, de forma a obter informações como: pressão, velocidade de avanço do trado, rotação do trado, sobreconsumo de concreto, entre outros dados.

Os dados coletados durante a execução de estacas perfuradas podem ser utilizados na avaliação da sua resistência geotécnica. Segundo Mezquita e Mazo (2017), em se tratando de estacas hélice de deslocamento, existem atualmente três linhas de análise. A primeira linha relaciona-se ao cálculo do trabalho (ou energia) de perfuração, a partir das medidas de velocidade de penetração, velocidade de rotação e torque da ferramenta de perfuração, sendo fortemente baseada no trabalho de Teale (1965), com contribuições importantes de Van Impe (1988), Cock e Imbo (1994) e Bottiau *et al.* (1998). A segunda linha de análise baseia-se em uma combinação do torque da ferramenta de perfuração com a sua velocidade de penetração, sendo baseada principalmente nos trabalhos de NeSmith (2003), NeSmith e NeSmith Jr (2006) e NeSmith e NeSmith Jr (2008). A terceira linha de análise, baseada somente no torque aplicado durante a perfuração, tem como principais norteadores os trabalhos de Krasinski (2015) e Sakr (2015).

No que tange as estacas tipo hélice contínua, o método SCCAP (Silva e Carvalho, 2010, Silva *et al.*, 2012, Silva *et al.*, 2013, Silva e Carvalho, 2014a, Silva e Carvalho, 2014b, Silva *et al.*, 2014) segue a linha de análise baseada no cálculo do trabalho de perfuração, a partir do produto entre a força tangencial exercida na extremidade do helicóide e o percurso do helicóide. Silva *et al.* (2012) demonstram que a formulação deduzida é compatível com aquela desenvolvida anteriormente por Van Impe (1988).

A aplicação do método SCCAP, como todo método baseado no trabalho de perfuração, exige a medição de três grandezas: velocidade de penetração, da velocidade de rotação e do torque da ferramenta de perfuração. Porém, na obra abordada no presente trabalho, ocorreu a falha do transdutor que mede a velocidade de rotação do trado helicoidal. Assim, apenas a velocidade de penetração e o torque na ferramenta foram medidos.

Assim, na impossibilidade de aplicação do tradicional método SCCAP a esta obra, foi buscado algum outro método de controle executivo, que prescindisse da velocidade de rotação. O método escolhido foi aquele baseado no esforço de instalação, proposto por NeSmith (2003) para estacas hélice de deslocamento (tipo Ômega).

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



2 Materiais e Métodos

2.1 Esforço de Instalação

O esforço de instalação é um parâmetro proposto por NeSmith (2003) (também NeSmith e NeSmith Jr, 2006; NeSmith e NeSmith Jr, 2008), para o controle executivo de estacas hélice de deslocamento do tipo Ômega. É calculado com base na velocidade de penetração da ferramenta de perfuração, e na pressão do fluido do motor, responsável pela geração do torque na ferramenta. Estes dados executivos também são corriqueiramente registrados por sensores e computador durante a execução de estacas tipo hélice contínua, o que levou à ideia do cálculo do mesmo parâmetro neste tipo de estaca.

O cálculo do esforço de instalação (*IE*, do inglês *Installation Effort*) é baseado em três fórmulas, sendo a primeira fórmula usada para calcular o índice de velocidade de penetração (*Penetration Rate Index – PRI*), que é igual ao inverso da raiz quadrada da velocidade de penetração (v_p) normalizada por uma velocidade-base (v_{p_Base}), conforme Equação 1. A velocidade-base sugerida por NeSmith (2003) é de 6,1 m/min (ou 366 m/h).

$$PRI = \frac{1}{\sqrt{\frac{v_p}{v_{p_Base}}}} \quad (1)$$

A segunda fórmula (Equação 2) é usada para calcular o índice de torque (*Torque Index – TI*), onde é utilizado o valor da pressão do fluido hidráulico da perfuratriz (P_{fh}), normalizado por um valor básico (P_{Base}) igual a 100 bar. NeSmith (2003) indica que α é igual a 2,78 e β é igual a 1,36.

$$TI = \alpha \cdot \left(\frac{P_{fh}}{P_{Base}}\right)^\beta \quad (2)$$

Após o cálculo dos valores para o índice de velocidade de penetração (*PRI*) e para o índice de torque (*TI*), pode-se então calcular o esforço de instalação (*IE*), pelo produto dos dois índices anteriores (Equação 3).

$$IE = PRI \cdot TI \quad (3)$$

Um análise dimensional das Equações 1, 2 e 3 mostra que *PRI*, *TI* e *IE* são grandezas adimensionais.

2.2 Descrição da Obra Analisada

A obra abordada neste trabalho localiza-se na cidade de Pelotas/RS. Trata-se de uma obra residencial em alvenaria estrutural, composta por duas torres de apartamentos, sendo o bloco A composto por 8 pavimentos e um total de 192 unidades de apartamentos e o bloco B composto por 5 pavimentos e um total de 120 unidades de apartamentos. Cada bloco é subdividido em quatro quadrantes, denominados por Q1, Q2, Q3 e Q4. Foram utilizados neste trabalho apenas os dados do bloco B, sendo que cada quadrante foi considerado uma região representativa, visando a análise do comportamento das fundações.

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



As estacas adotadas para fundação do empreendimento são do tipo hélice contínua, com diâmetros de 30 cm e 40 cm, assentadas em uma profundidade em torno de 15 m. A carga vertical máxima de trabalho é de 391 kN (estacas com 30 cm de diâmetro) e 567 kN (estacas com 40 cm de diâmetro). Os quadrantes Q1 e Q4 do bloco B possuem cada um total de 87 estacas, sendo 77 estacas com o diâmetro de 30 cm e 10 estacas com o diâmetro de 40 cm. O quadrante Q2 possui um total de 58 estacas, sendo 52 estacas com um diâmetro de 30 cm e 6 estacas com um diâmetro de 40 cm. O quadrante Q3 possui um total de 64 estacas, sendo 56 estacas com um diâmetro de 30 cm e 8 estacas com um diâmetro de 40 cm. Como as estacas com diâmetro de 40 cm eram em número reduzido, seus dados não foram utilizados no presente estudo.

As sondagens de simples reconhecimento com SPT indicam uma camada superficial de argila arenosa (camada I), mole, com número de golpes (N_{spt}) em torno de 2, até uma profundidade em torno de 5 m, seguida de uma camada de areia argilosa medianamente compacta (camada II), com N_{spt} em torno de 12 golpes, até uma profundidade em torno de 10 m. Por último, aparece uma camada de areia compacta (camada III), com N_{spt} entre 20 e 40 golpes, até profundidades entre 15 m e 20 m (impenetrável).

Na Figura 1(a) encontra-se um resumo dos resultados das sondagens, correspondente à média dos valores de N_{spt} em cada quadrante do bloco B. Na Figura 1(b) encontra-se um gráfico com os valores médios acumulados de N_{spt} ao longo da profundidade, também divididos por quadrante. Observa-se uma tendência de mudança na inclinação (taxa de crescimento) da curva ΣN_{spt} x profundidade em cada uma das três camadas, refletindo a mudança de resistência e de comportamento geomecânico.

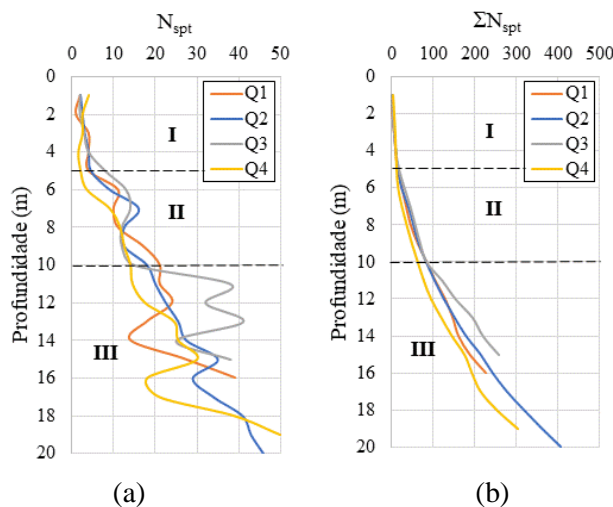


Figura 1. (a) Valores médios de N_{spt} ; (b) Valores médios acumulados de N_{spt} .

2.3 Estimativa de Capacidade de Carga

Visando a correlação estatística entre o esforço de instalação e a capacidade de carga (geotécnica) das estacas tipo hélice contínua, foram empregados no presente trabalho métodos semiempíricos de estimativa de capacidade de carga de estacas, baseados na sondagem com SPT, que ainda é o ensaio mais utilizado para projetos de fundações no Brasil. Foram adotados os métodos semiempíricos de Aoki e Velloso (1975), Décourt e Quaresma (1978), Alonso (1996), Antunes e Cabral (1996), Gotlieb *et al.* (2000), Vorcaro e Velloso (2000) e Kárez and Rocha

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



(2000). Os diversos métodos foram programados em planilha eletrônica, possibilitando o cálculo da resistência por ponta e por atrito lateral nas estacas, a cada metro de profundidade. O valor da resistência de ponta foi limitado ao valor da resistência por atrito lateral, conforme preconizado na norma NBR 6122 (ABNT, 2019).

3 Resultados

3.1 Capacidade de Carga das Estacas

Na Tabela 1 encontram-se os valores de capacidade de carga encontrados para estacas de 30 cm de diâmetro, na profundidade de 15 m, estimados a partir de métodos semiempíricos com os valores médios de N_{spt} em cada quadrante. Ressalta-se que, no método de Gotlieb et al. (2000), são estimados os valores de carga admissível (Q_{adm}), e não carga de ruptura (R). Assim, neste método, os valores de Q_{adm} foram multiplicados por um fator de segurança igual a 2, para estimativa da carga de ruptura R . A seguinte simbologia foi adotada:

- AV – Método de Aoki e Velloso (1975);
- DQ – Método de Décourt e Quaresma (1978);
- A – Método de Alonso (1996);
- AC – Método de Antunes e Cabral (1996);
- G – Método de Gotlieb *et al.* (2000);
- VV – Método de Vorcaro e Velloso (2000);
- KR – Método de Kárez e Rocha (2000).

Tabela 1. Capacidade de carga R estimada (em kN).

Quadrante	AV	DQ	A	AC	G	VV	KR
Q1	1077	872	1135	1060	915	1308	1426
Q2	1241	918	1283	1179	1049	1600	1724
Q3	1281	1004	1548	1310	1272	1932	1975
Q4	944	727	1092	1023	872	1265	1446

Pode-se observar que, neste caso, as capacidades de carga estimadas através dos métodos de Vorcaro e Velloso (2000) e Kárez e Rocha (2000) foram em geral muito superiores aos resultados dos demais métodos, o que levou à decisão de excluir das análises subsequentes os resultados daqueles dois métodos.

3.2 Cálculo do Esforço de Instalação das Estacas

A partir dos dados medidos de velocidade de penetração (v_p) e pressão no fluido hidráulico do motor (p_{fh}) das 262 estacas com 30 cm de diâmetro do bloco B, obtidos dos relatórios de monitoramento de execução, foram calculados o esforço de instalação (IE) e o esforço de instalação acumulado ao longo da profundidade (CIE) aplicando-se as Equações 1, 2 e 3. Na Figura 2 encontra-se um exemplo dos gráficos criados para cada uma das estacas analisadas, sendo que as linhas verticais pontilhadas em vermelho nos gráficos (a) e (b) indicam os valores básicos de p_{fh} (100 bar) e v_p (366 m/h) sugeridos por NeSmith (2003).

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



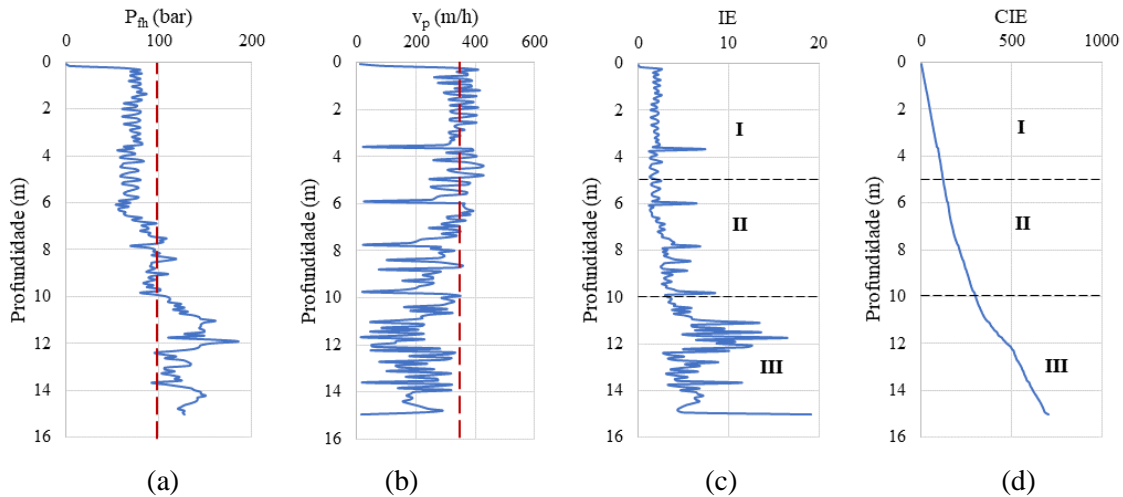


Figura 2. Dados de execução da estaca P81- Q4: (a) Pressão no fluido hidráulico; (b) Velocidade de penetração; (c) Esforço de instalação; (d) Esforço de instalação acumulado.

É possível observar, no gráfico (c) da Figura 2, um crescimento na magnitude do esforço de instalação à medida que o trado helicoidal atravessa as camadas I, II e III descritas anteriormente. O gráfico (d) da mesma figura mostra uma mudança de inclinação no gráfico do esforço de instalação acumulado ao longo da profundidade, de forma similar à mudança de inclinação do ΣN_{spt} mostrada na Figura 1(b). Esses resultados sugerem que o esforço de instalação calculado está conseguindo capturar corretamente as variações de resistência do terreno, conforme indicadas nos boletins de sondagem com SPT.

Na Figura 3 é mostrado um gráfico de contornos (obtido por krigagem ordinária) do esforço de instalação acumulado (CIE) na profundidade de 15 m, para o quadrante Q4. Os pontos em preto representam as estacas com diâmetro de 30 cm. Percebe-se que o canto inferior direito da área de Q4 exigiu maiores esforços de instalação para alcançar a profundidade de projeto de 15 m. Neste sentido, o CIE pode cumprir o mesmo papel da nega nas estacas cravadas: indicar a homogeneidade do estaqueamento ou localizar a profundidade da camada resistente.

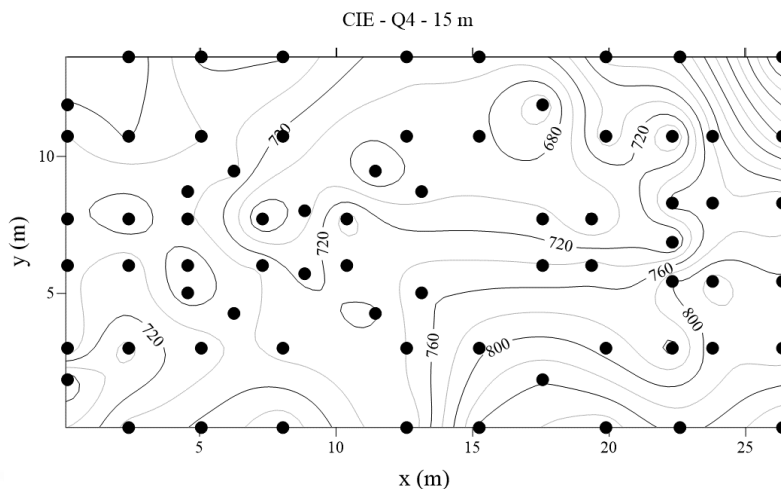


Figura 3. Esforço de instalação acumulado – Quadrante Q4 – Profundidade de 15 m.

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





3.3 Correlação entre Esforço de Instalação e Capacidade de Carga

Visando a obtenção de uma correlação estatística entre o esforço de instalação acumulado (*CIE*) e a capacidade de carga geotécnica (*R*) prevista para as estacas, optou-se neste trabalho por tomar valores de *CIE* de cada estaca em quatro profundidades: 3 m, 7 m, 11 m e 15 m. Em cada quadrante, para cada uma das profundidades escolhidas, foi realizada uma análise estatística básica composta do cálculo de média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) de *CIE*, usando como base de dados os valores de cada estaca.

Na Tabela 2 apresentam-se, como exemplo, as estatísticas de *CIE* para o quadrante Q4.

Tabela 2. Estatísticas de *CIE* – Q4.

Profundidade (m)	3	7	11	15
Média	67	171	418	754
Desvio Padrão	9	19	38	62
CV	13%	11%	9%	8%

Ao analisar o coeficiente de variação de *CIE*, nota-se o seu decréscimo com o aumento da profundidade. Assim, o esforço de instalação acumulado tendeu, neste caso, a uma maior uniformização com a profundidade perfurada.

Na Tabela 3 consta, como exemplo, os dados de *CIE* médio versus *R* previsto pelos métodos semiempíricos, para o quadrante Q4.

Tabela 3. *CIE* versus *R* – Quadrante Q4.

Prof. (m)	<i>CIE</i> Médio	<i>R</i> (kN)						
		AV	DQ	A	AC	G	VV	KR
3	67	60	73	60	52	63	3	91
7	171	212	194	210	183	147	55	249
11	418	516	419	529	420	420	374	682
15	754	944	727	1092	872	872	1265	1446

Nas Figuras 4 e 5 constam os gráficos correlacionando *CIE* e *R* para os quatro quadrantes do bloco B, correspondentes às estacas de 30 cm de diâmetro. Estes gráficos foram chamados de “curvas de perfurabilidade”, análogos às curvas de cravabilidade de estacas cravadas.

Os pontos correspondentes à média das previsões de *R* (excluindo-se os resultados dos métodos de Vorcaro e Velloso (2000) e Kárez e Rocha (2000), que destoaram dos demais) foram correlacionados com os valores médios de *CIE* através de um ajuste linear, com intercepto na origem do gráfico. As equações de ajuste, bem como os respectivos coeficientes de determinação (r^2), encontram-se também nas Figuras 4 e 5. Observa-se um excelente ajuste entre os valores médios de *R* e *CIE*, com r^2 em torno de 0,99. O alto coeficiente de determinação atesta a forte correlação entre o esforço de instalação acumulado e a capacidade de carga prevista para as estacas.

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



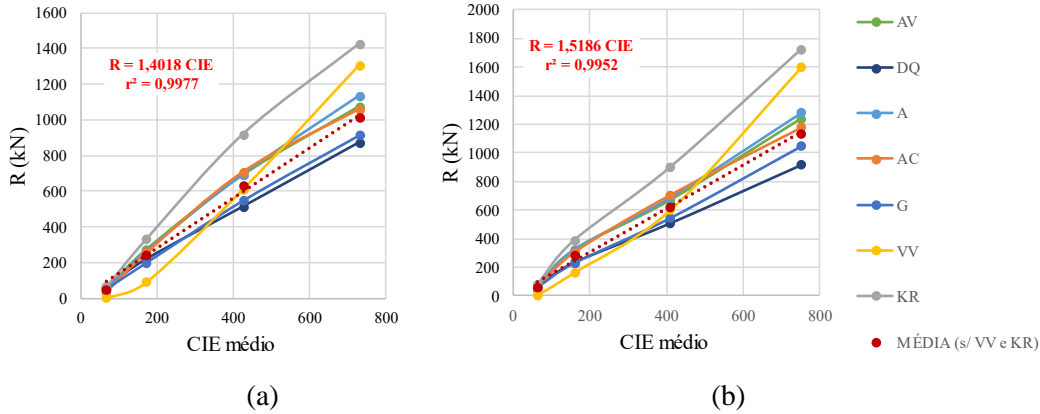


Figura 4. Curvas de perfurabilidade: (a) Quadrante Q1; (b) Quadrante Q2.

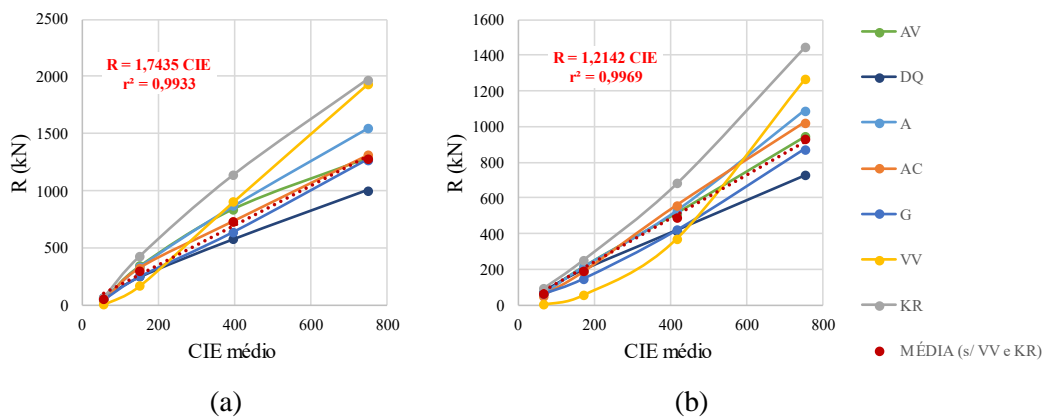


Figura 5. Curvas de perfurabilidade: (a) Quadrante Q3; (b) Quadrante Q4.

4 Considerações Finais

Este trabalho demonstrou o potencial de aplicação de um método originalmente proposto para estacas Ômega, baseado no cálculo do esforço de instalação (*IE*), para o controle de execução de estacas do tipo hélice contínua, bem como para correlação com a sua capacidade de carga geotécnica. Em especial, fica evidente a possibilidade de utilização do esforço de instalação acumulado como critério de controle de homogeneidade do estaqueamento e detecção da superfície resistente do terreno.

AGRADECIMENTOS

À empresa ACPO, que gentilmente cedeu os dados analisados no presente trabalho.

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



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2019). NBR 6122. *Projeto e Execução de Fundações*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 120 p.
- Alonso, U.R. (1996) Estacas hélice contínua com monitoração eletrônica: previsão da capacidade de carga através do ensaio SPT-T. In: *Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia – SEFE 3*, São Paulo: ABMS, pp. 141–151.
- Antunes, W.R. e Cabral, D.A. (1996) Capacidade de carga de estacas hélice contínua. In: *Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia – SEFE 3*, São Paulo: ABMS, pp. 105–110.
- Aoki, N. e Velloso, D.A. (1975) An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: *Proc., 5th Pan-American Conf. of Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Buenos Aires, pp. 367–376.
- Basu, P., Prezzi, M. e Basu, D. (2010) Drilled Displacement Piles – Current Practice and Design. *DFI Journal - The Journal of the Deep Foundations Institute*, 4(1), pp. 3–20.
- Bottiau, M., Meyus, I. e Callens, S. (1998) Screw-in energy measurements for on-site control of the bearing capacity of Omega piles. In: *7th International Conference and Exhibition on Piling and Deep Foundations*, Vienna.
- Cock, F. e Imbo, R. (1994) Atlas screw pile : A vibration-free, full displacement, cast-in-place pile : Design and construction of auger cast piles. *Transportation Research Record*, 1447, pp. 49–62.
- Décourt, L. e Quaresma, A.R. (1978) Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. In: *Proc., VI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações*. Rio de Janeiro, pp. 45–53.
- Gotlieb, M., Penna, A.S.D., Romano Jr, R. e Rodrigues, L.H.B. (2000) Um método simples para avaliação da tensão admissível no topo de estacas tipo hélice contínua. In: *Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia – SEFE 4*, São Paulo: ABMS, pp. 312–319.
- Kárez, M.B. e Rocha, E.A.C. (2000) Estacas hélice contínua – previsão da capacidade de carga. In: *Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia – SEFE 4*, São Paulo: ABMS, pp. 274–278.
- Krasiński, A. (2015) The analysis of soil resistance during screw displacement pile installation. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 36(3), pp. 49–56.
- Mezquita, J.M.C. e Mazo, C.O. (2017) Analysis of correlation between the installation parameters in screw piles and their bearing capacity resistance. In: *19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Seoul, pp. 2751–2754.
- NeSmith, W.M. (2003) Installation effort as an indicator of screw pile capacity. In: *Deep Foundations on Bored and Augered Piles (BAP IV)*, Ghent, pp. 177–181.

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



- NeSmith, W.M. e NeSmith Jr, W.M. (2006) Application of data acquired during drilled displacement pile installation. In: *GeoCongress 2006: Geotechnical engineering in the information technology age*, American Society of Civil Engineers, pp. 1–6.
- NeSmith, W.M. e NeSmith Jr, W.M. (2008) Installation effort: current calculation methods and uses in design and construction in the USA. In: *5th International Symposium on Deep Foundations on Bored and Auger Piles (BAP V)*, Ghent, p. 6.
- Sakr, M. (2015) Relationship between installation torque and axial capacities of helical piles in cohesionless soils (Retracted). *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29(6).
- Silva, C.M. e Carvalho, J.C. (2010) Monitoramento e controle de qualidade dos estaqueamentos tipo hélice contínua durante a execução da obra. In: *XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Gramado: ABMS, p. 12.
- Silva, C.M. e Carvalho, J.C. (2014a) Estacas tipo hélice contínua, o monitoramento e os critérios de paralização da escavação. In: *XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Goiânia, p. 8.
- Silva, C.M. e Carvalho, J.C. (2014b) Metodologia SCCAP aplicada aos estaqueamentos tipo hélice contínua. *Concreto e Construções*, pp. 78–85.
- Silva, C.M., Carvalho, J.C. e Cavalcante, A.L.B. (2013) Energy and reliability applied to continuous flight auger pilings - the SCCAP methodology. In: *18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Paris, pp. 2807–2810.
- Silva, C.M., Carvalho, J.C. e Cavalcante, A.L.B. (2014) The SCCAP methodology applied to design continuous flight auger pilings. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 19, pp. 16909–16919.
- Silva, C.M., Cavalcante, A.L.B. e Carvalho, J.C. (2012) On modelling continuous flight auger pilings by means of energy. *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 1(9).
- Teale, R. (1965) The concept of specific energy in rock drilling. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 2(1), pp. 57–73.
- Van Impe, W.F. (1988) Considerations on the auger pile design. In: *1st International Geotechnical Seminar on Deep Foundations on Bored and Auger Piles*, Ghent, pp. 193–218.
- Velloso, D.A. e Lopes, F.R. (2011) *Fundações*, Oficina de Textos, São Paulo, 568 p.
- Vorcaro, M.C. e Velloso, D.A. (2000) Avaliação de carga última em estacas hélice contínua por regressão linear múltipla. In: *Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnica – SEFE 4*, São Paulo: ABMS, pp. 315–330.

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

