



Um Estudo de Estaca Metálica Helicoidal em Sistemas de Reação de Provas de Cargas

Juliane Andréia Marques Hoss

Profª Adjunto Ufal, Responsável Técnico da AGM, Maceio, Brasil, Juliane.marques@ctec.ufal.br

Matheus Chaves de Amorim Lúcio

Engº Civil, UFAL, Maceió, Brasil, matchavessl@gmail.com

Gabriela Silveira de Azevedo

Engº Civil, UFAL, Maceió, Brasil, gabriela.azevedo@ctec.ufal.br

Wislayne Souza Alves

Graduanda, UFAL, Maceió, Brasil, wislayne.alves@ctec.ufal.br

Milton Nunes Filho

Engº Civil, UFAL, Maceió, Brasil, miltonnunes92@gmail.com

RESUMO: O objetivo do presente artigo é avaliar a viabilidade da reutilização de estacas metálicas helicoidais para compor o sistema de reação de provas de carga estáticas ou ensaios de placa. A estaca helicoidal foi confeccionada com tubos vazados de aço carbono reutilizáveis, com diâmetro externo de 90 mm, diâmetro interno de 76 mm, parede de 7,0 mm e 6,0 m de comprimento. Foi composta por uma seção guia de 2,0 m e extensores também de 2,0 m, totalizando um comprimento de 6,0 m. Três hélices foram soldadas ao tubo, a primeira com 0,30 m de diâmetro, a segunda com 0,25 m e a última com diâmetro de 0,20 m. Os resultados de prova de carga à tração foram comparados aos obtidos pelos métodos teóricos e semi-empíricos, mostrando que os métodos semi-empíricos foram os que mais se ajustaram aos valores dos ensaios, devido ao espaçamento (S) entre as hélices ser maior que a média dos três diâmetros (D) das hélices ($S/D \geq 3$).

PALAVRAS-CHAVE: Estacas helicoidais, provas de carga à tração, resistência à tração.

ABSTRACT: The objective of this article is to evaluate the feasibility of reusing helical metal piles to compose the reaction system for static load tests or plate tests. The helical pile was made with reusable hollow carbon steel tubes, with an outer diameter of 90 mm, an inner diameter of 76 mm, a wall of 7.0 mm and a length of 6.0 m. It was composed of a guide section of 2.0 m and extenders also of 2.0 m, totaling a length of 6.0 m. Three helices were welded to the tube, the first with a diameter of 0.30 m, the second with a diameter of 0.25 m and the last with a diameter of 0.20 m. The results of the tensile load test were compared to those obtained by theoretical and semi-empirical methods, showing that the semi-empirical methods were the ones that best adjusted to the test values, due to the spacing (S) between the helices being greater than the average of the three diameters (D) of the propellers ($S/D \geq 3$).
Resumo do artigo na lingua inglesa seguindo as mesmas regras do RESUMO em português.

KEYWORDS: Helical piles, tensile load tests, tensile strength.

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





1 Introdução

As estacas metálicas helicoidais, segundo Rabello (2008), assemelham-se a um grande saca-rolhas. Elas são cravadas no solo mediante a aplicação de um torque. Essa estaca é composta de duas partes: a primeira, denominada seção guia formada por um tirante ou tubo ao qual são soldadas de três a seis chapas de aço na forma de hélices, com diâmetros variando de 20 cm a 35 cm; e uma segunda, que corresponde a extensão, constituída do mesmo material e diâmetro da seção guia.

A seção guia é a parte da estaca que efetivamente transfere a carga ao solo e cada hélice tem a função de transmitir uma determinada porção de carga. A quantidade de hélices é que vai determinar a capacidade total da estaca. O tudo de extensão serve para encaminhar a estaca até a profundidade de projeto.

Neste trabalho é apresentado um estudo do comportamento à tração de uma estaca metálica helicoidal executada no Campo Experimental de Geotecnia da Universidade Federal de Alagoas (CEG/UFAL), na cidade de Maceió. Tal estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de carga da estaca e sua viabilidade de reutilização.

2 Metodologia

Com o objetivo de fazer a investigação do subsolo, foram realizadas sondagens a percussão com medida do SPT (*Standard Penetration Test*). As sondagens não detectaram a presença do NA, o que de certa forma era esperado já que na parte alta da cidade de Maceió, têm-se sedimentos do Terciário da Formação Barreiras, com o lençol freático em profundidades superiores a 30 m. A análise das sondagens SPT indicou que o subsolo tem predominância de argila com a presença de silte e areia, com consistência mole à dura (figura 1).

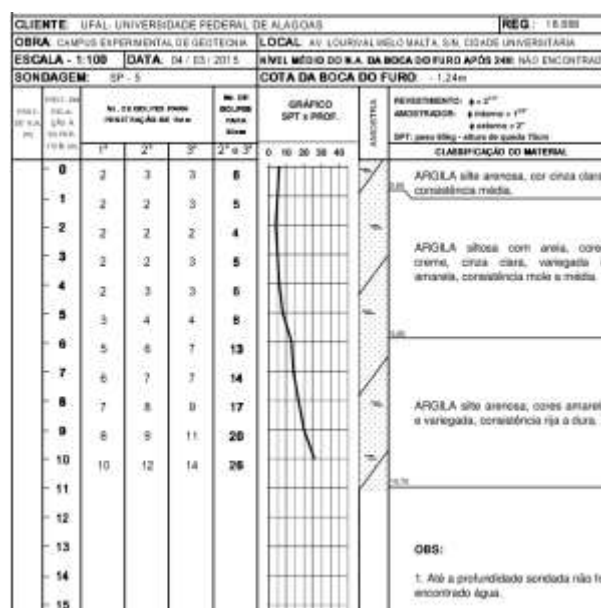


Figura 1. Perfil típico do subsolo local do ensaio (Filho, 2016).

A configuração das hélices foi baseada nos resultados obtidos por Tsuha (2007), Santos (2013) e Filho (2014) nos quais foram mostrados que a configuração com três hélices em formato

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





cônico apresenta maior resistência à tração, além de se obter menores deslocamentos de solo.

A estaca ensaiada ET-1 (figura 2) consistia em um tubo vazado de diâmetro interno de 76 mm, diâmetro externo de 90 mm, parede de 7 mm e 6 m de comprimento. É composta de maneira semelhante por uma seção guia de 2 m, extensores de também 2 m, totalizando um comprimento de 6 m. As dimensões são apresentadas na tabela 1. A convenção de símbolos utilizada é mostrada na figura 3.

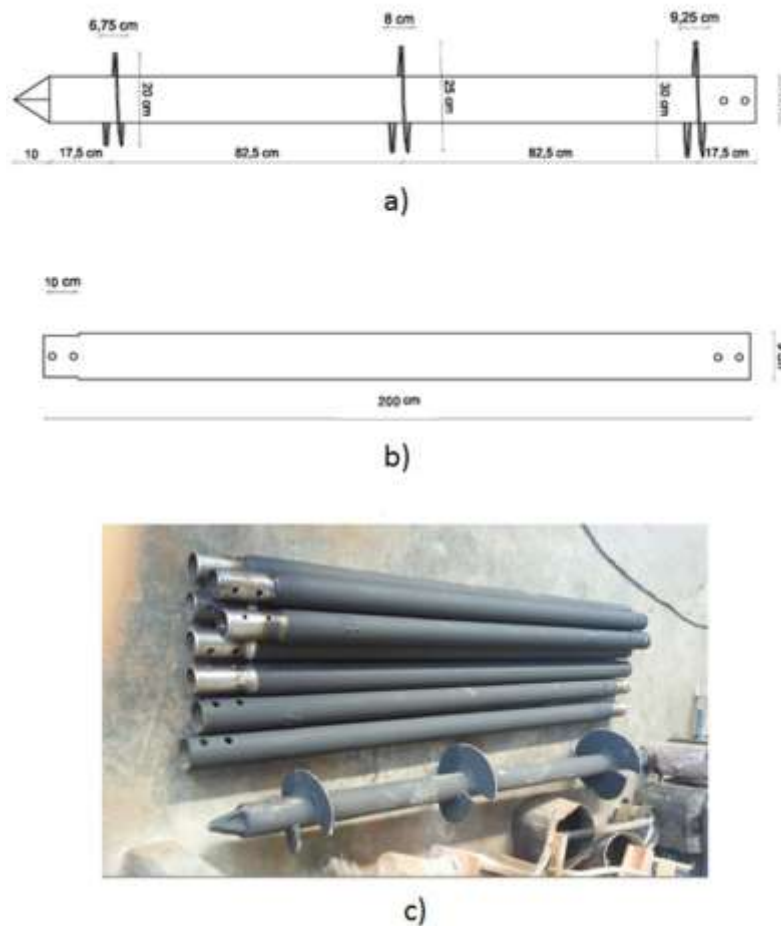


Figura 2. a) Projeto da seção guia da ET-1, b) Projeto da haste de extensão e c) Seção guia e hastes de extensão ET-1 (Filho, 2016).

Tabela 1. Dimensões da estaca (Filho, 2016).

Nº de Hélices	Diâmetro do tubo (mm)	Propriedades das hélices (mm)			Espaçamento entre hélices (mm)	Passo 1 (P1) (mm)	Passo 2 (P2) (mm)	Passo 3 (P3) (mm)
		D1	D2	D3				
3	90,00	200,00	250,00	300,00	825,00	65,00	80,00	92,50

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



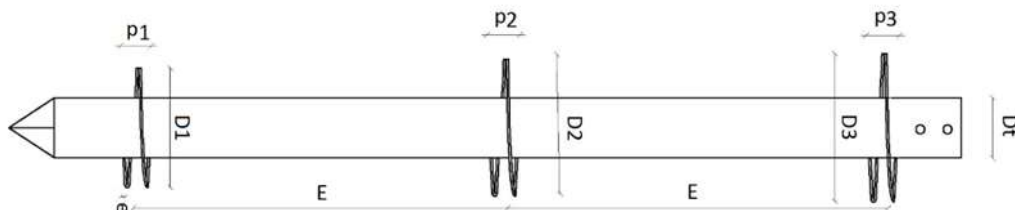


Figura 3. Modelo de estaca ensaiada (Filho,2016).

A prova de carga à tração na estaca ET-1 foi realizada com carregamento rápido, seguindo as prescrições da NBR 12131/2006 (norma vigente à época da pesquisa). O carregamento foi em estágios iguais e sucessivos durante 10 minutos, independentemente da estabilização dos deslocamentos.

O sistema de reação consistia em um perfil I metálico. O carregamento foi realizado por um macaco hidráulico vazado que trabalha à tração com capacidade de 60 tf (figura 4), conectado a uma bomba manual. Os deslocamentos foram medidos por extensores analógicos de cursor de 50 mm e precisão de 0,01 mm e as cargas aplicadas a partir de uma célula de carga.



Figura 4. Ligação da estaca ET-1 com a luva metálica, o perfil metálico e o macaco hidráulico vazado (Filho, 2016).

A etapa seguinte à prova de carga foi a extração da estaca, uma vez que, um dos objetivos da pesquisa foi a verificação da reutilização das estacas. Sendo reutilizáveis, estas estacas podem compor, por exemplo, o sistema de reação de ensaios de placas.

A extração da estaca metálica helicoidal foi por meio de um motor hidráulico acoplado ao caminhão com trado mecanizado. O motor desenvolve um movimento de rotação no sentido contrário ao de instalação. Não ocorreu nenhum imprevisto durante a extração da ET-1, como

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



mostrado na Figura 5. Sendo assim, a estaca ET-1 apresentou-se capaz de ser reutilizável em outros ensaios.



Figura 5. Estaca ET-1 após extração (Filho, 2016).

3 Resultados e Discursões

O resultado da prova de carga à tração da ET-1 é apresentado na Figura 6, onde, para uma carga de 20 tf o deslocamento vertical foi de 86,07 mm. Em virtude da relação entre os deslocamentos da estaca e o diâmetro médio das hélices, 34,4%, se adotou a capacidade de carga como sendo a carga última do ensaio. Além disso, foi aplicado o critério D/10 como estimativa da capacidade de carga.

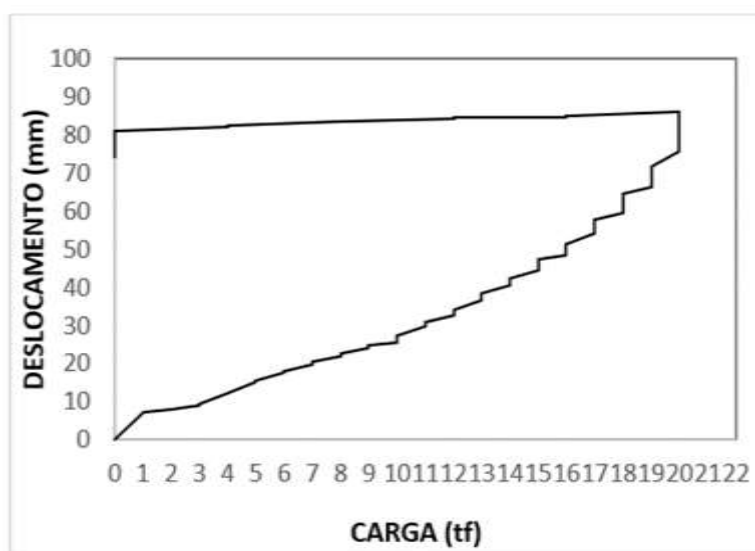


Figura 6. Deslocamento vertical da ET-1 (Filho, 2016).

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





O critério D/10 tem origem nos estudos de Zhang (1999) em estacas multi-helicoidais. Esses estudos mostraram que a carga do ensaio correspondia ao deslocamento do topo da estaca igual a 10% do diâmetro médio dos helicoides. Esse método é análogo ao proposto por Terzaghi em 1942, em que a capacidade de carga de uma placa carregada, quando a ruptura física não é notada, é a carga correspondente a um deslocamento equivalente a 10% do seu diâmetro. O resultado da capacidade de carga da estaca obtida a partir da interpretação da curva carga x deslocamento é apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Resultado da capacidade de carga à tração da estaca.

Estaca	Diâmetro médio das hélices (mm)	Diâmetro da estaca (mm)	Qensaio (tf)	Q(D/10) (tf)
ET-1	250	90	20	9,2

O resultado de campo foi comparado com alguns métodos de previsão de capacidade de carga. O embasamento teórico e detalhes dos cálculos de cada método são apresentados em Filho (2016). Na tabela 3 verificam-se as cargas à tração estimadas pelos seis métodos analisados (Qest). Os métodos 1, 2 e 3 têm embasamento teórico nas formulações de Terzaghi sobre capacidade de carga de elementos de fundação direta, enquanto os métodos 4, 5 e 6 são baseados na formulação semi-empírica proposta por Dércourt e Quaresma em 1978.

Ao analisar os valores pelo critério D/10, observa-se que o critério apresenta resultados conservadores em relação aos valores estimados em comparação aos outros métodos, o que pode ter ocorrido devido às previsões calculadas com parâmetros de solo íntegro, visto que a estaca causa a perda de grande parte da resistência do solo durante sua penetração. Deve-se calcular um fator de correção para correlacionar a resistência do solo íntegro com o solo perturbado.

Tabela 3. Capacidade de carga à tração pelos métodos analisados (Filho, 2016).

Método	Qest (tf)
1 – Método do cilindro	14,77
2 – Método da capacidade de cargas individuais	10,36
3 – Método teórico de cisalhamento	12,74
4 – Método empírico de capacidade de carga	19,35
5 – Método empírico com cilindro de cisalhamento	19,84
6 – Método empírico com troco de cone de cisalhamento	27,13

Da análise da tabela 3 tem-se que os métodos teóricos (Método 1, Método 2, e Método 3) apresentam valores conservadores quando comparados à carga última de ensaio (Qensaio = 20tf). Já os métodos baseados em formulações empíricas apresentaram valores mais ajustados ao valor medido em campo. Porém a consideração da superfície de cisalhamento em tronco de cone (Método 6) superestimou a capacidade de carga à tração (Qest = 27,13).

As análises indicaram, com base nos estudos de Tsuha (2007) e Filho (2014), que o espaçamento entre as hélices sendo maior que 3 vezes o diâmetro médio das hélices, a estimativa da capacidade de carga da estaca é melhor representada considerando a contribuição individual de resistência de cada hélice.

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



4 Conclusões

Foi apresentado o resultado de prova de carga à tração de uma estaca metálica helicoidal executada em solo da Formação Barreiras, não saturado. A estaca testada foi designada como ET-1. A configuração dos helicoides foi baseada nos resultados obtidos por Tsuha (2007), Santos (2013) e Filho (2014). O ensaio realizado na ET-1 apresentou um valor de carga última de 20 tf e um deslocamento vertical máximo de 87,07 mm.

Comparando o valor da carga última do ensaio da estaca ET-1 (Qensaio = 20tf) com métodos teóricos e métodos empíricos de estimativa de capacidade de carga, verifica-se que os melhores ajustes foram obtidos da aplicação dos métodos empíricos considerando a contribuição individual de resistência de cada hélice. Os métodos teóricos se mostraram conservadores, valores bem abaixo da carga última de ensaio.

Os métodos teóricos de previsão são diretamente dependentes dos parâmetros do solo, como coesão e ângulo de atrito. A falta de coeficientes que possam relacionar os valores dos parâmetros geotécnicos de amostras indeformadas com os parâmetros do solo alterados pelo processo de instalação das estacas certamente pode ter influenciado no resultado final. A pesquisa ainda constatou a viabilidade de reutilização das estacas metálicas helicoidais representando uma alternativa econômica e sustentável em sistemas reativos de provas de carga.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à empresa AGM Geotécnica Ltda pelo apoio na realização da pesquisa, e a Universidade Federal de Alagoas pelo incentivo à prática de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). NBR 12131. *Estaca – prova de carga estática: método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- Décourt, L.; Quaresma, A R.(1978) Capacidade de Carga em Estacas a Partir de Valores de SPT. In: VI COBRAMSEF. Vol. 1. p.45-53.
- Filho, J.M.S.M.(2014) Efeito da instalação de estacas helicoidais em solo tropical. Tese (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos-SP, 121p.
- Filho, M.N.(2016) Estudos sobre estacas metálicas helicoidais em sistemas de reação de provas de carga. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL, 90p.
- Rebello, Y.C.P.(2008) Fundações - guia prático de projeto, execução e dimensionamento. Ziguarte Editora. 4ª ed. São Paulo.
- Santos, T.C.(2013) Efeito da configuração das hélices na capacidade de carga à tração de estacas metálicas helicoidais em solo tropical. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos-SP, 171p.
- Tsuha, C.H.C.(2007) Modelo teórico para controle da capacidade de carga à tração de estacas metálicas helicoidais em solo arenoso. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos-SP, 245p.

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





sefe 10

04 a 07
dezembro/2023
São Paulo

Zhang, D.J.Y.(1999) Predicting capacity of helical screw piles in Alberta soils. M. Sc. E. Thesis.
University of Alberta, 273p.

10º SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA

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



Realização:



Avenida Rebouças, 353, Sala 74 A
Cerqueira César, São Paulo/SP, 05401-900
Telefone: (11) 3052-1284
E-mail: abef@abef.org.br

Organização:



Avenida T-9, 2310 - Ed. Inove Intelligent Place
Sala B7D1, Jardim América, Goiânia/GO, 74255-220
E-mail: secretaria@qeeventos.com.br
Site: www.qeeventos.com.br