



## Comparação do Desempenho de Estaca Hélice Contínua Com Ponta em Solo de Baixa Resistência e Alta Resistência

Juliane Andréia Marques Hoss

Prof<sup>a</sup> Adjunto UFAL, Responsável Técnico da AGM, Maceió, Brasil,  
juliane.marques@ctec.ufal.br

Matheus Chaves de Amorim Lúcio

Eng<sup>o</sup> Civil, UFAL, Maceió, Brasil, matheus.lucio@ctec.ufal.br

Iany Andrade dos Santos

Eng<sup>a</sup> Civil, UFAL, Maceió, Brasil. Ianyandrade@hotmail.com

**RESUMO:** O objetivo do presente trabalho é fazer uma análise comparativa do desempenho de estacas hélice contínua com ponta apoiada em solo arenoso saturado de baixa resistência ( $N_{spt} = 4$ ) e de alta resistência ( $N_{spt}$  acima de 30). As estacas tinham o mesmo diâmetro, 0,50 m e comprimentos de 12,0 m e 17,0 m, no solo com a ponta em  $N_{spt} 4$  e  $N_{spt}$  acima de 30, respectivamente. Foram executadas provas de carga estáticas, onde se aplicou mais que o dobro da carga admissível das estacas. Na estaca de 17,0 m, a carga aplicada foi de 270 tf, e recalque máximo de 47,46 mm. Já na estaca de 12,0 m, o carregamento foi até 260 tf e o recalque total de 68,57 mm. Percebe-se que a diferença entre os recalques foi de 44,55%, e ainda ao se comparar os recalques correspondentes às cargas de trabalho tem-se para a estaca longa (17,0 m) 7,0 mm e já para a estaca mais curta (12,0 m) 4,5mm, valores compatíveis com a prática de projetos em estacas hélice contínua.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estaca hélice contínua, prova de carga, resistência de ponta, atrito lateral, carga admissível.

**ABSTRACT:** The objective of this work is to make a comparative analysis of the performance of continuous flight auger piles with tip supported in saturated sandy soil of low resistance ( $N_{spt} = 4$ ) and of high resistance ( $N_{spt}$  above 30). The piles had the same diameter, 0.50 m, and lengths of 12.0 m and 17.0 m, in the ground with the tip at  $N_{spt} 4$  and  $N_{spt}$  above 30, respectively. Static load tests were performed, where more than twice the admissible load of the piles was applied. On the 17.0 m pile, the applied load was 270 tf, and maximum settlement of 47.46 mm. On the 12.0 m pile, the loading was up to 260 tf and the total settlement of 68.57 mm. It can be noticed that the difference between the settlements was 44.5%, and even when comparing the settlements corresponding to the work loads, we have for the long pile (17.0 m) 7.0 mm and for the pile shorter (12.0 m) 4.5 mm, values compatible with the practice of continuous flight auger piles designs.

**KEYWORDS:** continuous flight auger pile, load test, tip strength, side friction, allowable loads.

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 monitorada é um tipo de estaca executada em grande escala em vários países com destaque especial para o Brasil, o país que mais se executa hélice contínua no mundo. Segundo a NBR 6122 (2019) é uma estaca moldada in loco a qual se forma pela perfuração do solo com uma haste central equipada com hélices contínuas na extremidade que, durante a perfuração, o solo é removido e o concreto é injetado gradualmente à medida que a haste é içada. Imediatamente após a concretagem insere-se a armadura da estaca, finalizando a execução.

A capacidade de carga de uma fundação pode ser definida como a carga transmitida pelo elemento de fundação que pode levar à perda do equilíbrio estático, provocar deslocamentos perigosos para a segurança ou deformações excessivas. Para o cálculo da capacidade de carga, a NBR 6122 (2019) determina a utilização de métodos teóricos, métodos semi-empíricos e provas de carga. Dentre os métodos citados, os métodos semi-empíricos são mais comumente utilizados para previsão de capacidade de carga, como o Método de Décourt & Quaresma (1978) e o Método de Antunes & Cabral (1996).

Com o objetivo de se analisar a capacidade de carga e o recalque correspondente de estacas hélice contínua com ponta apoiada em solo arenoso saturado de baixa resistência ( $N_{spt} = 4$ ) e de alta resistência ( $N_{spt}$  acima de 30), foram executadas duas estacas com o mesmo diâmetro, 0,50 m, e comprimentos de 12,0 m e 17,0 m, no solo com a ponta em  $N_{spt} 4$  e  $N_{spt}$  acima de 30, respectivamente. As provas de carga estáticas mostraram que a diferença entre recalques máximos foi de 44,5%, da estaca mais curta (12,0 m) para a estaca mais longa (17,0 m). O presente artigo apresenta a metodologia utilizada bem como uma análise conjunta desses resultados.

## 2 Metodologia de pesquisa

### 2.1 Área de Estudo, Características das Estacas e Provas de Carga

A área de estudo localiza-se no bairro de Pajuçara, cidade de Maceió-AL (Figura 1). A obra em questão é um hotel de alto padrão situado à beira mar da praia de Pajuçara.

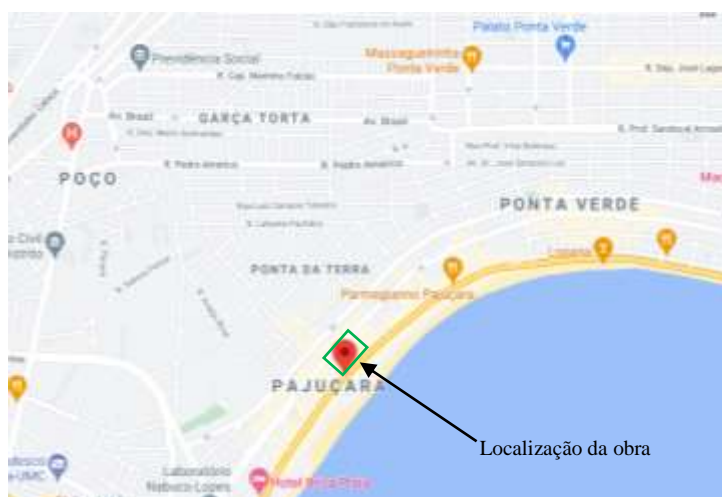


Figura 1. Localização do Empreendimento (Google Maps, 2021).

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





Sondagens realizadas no terreno indicaram um subsolo predominantemente arenoso, com baixa resistências em profundidades inferiores a 14 m. Para a análise proposta foram executadas duas estacas hélice contínua monitorada, sendo uma delas a estaca padrão (EST-74) utilizada na obra, e a outra, uma estaca idealizada para fins de estudos (EST-129). As estacas estão dispostas nas figuras 2 e 3, situadas com o furo de sondagem mais próximo delas.

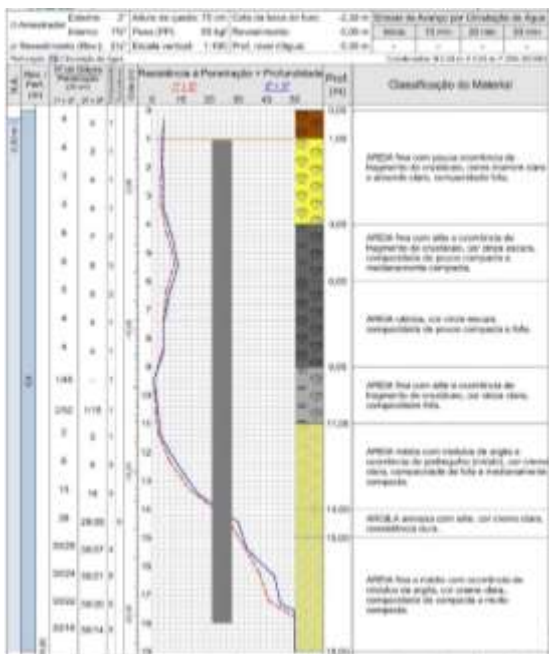


Figura 2. Disposição da EST-74 no perfil de sondagem mais próximo (AGM, 2019).

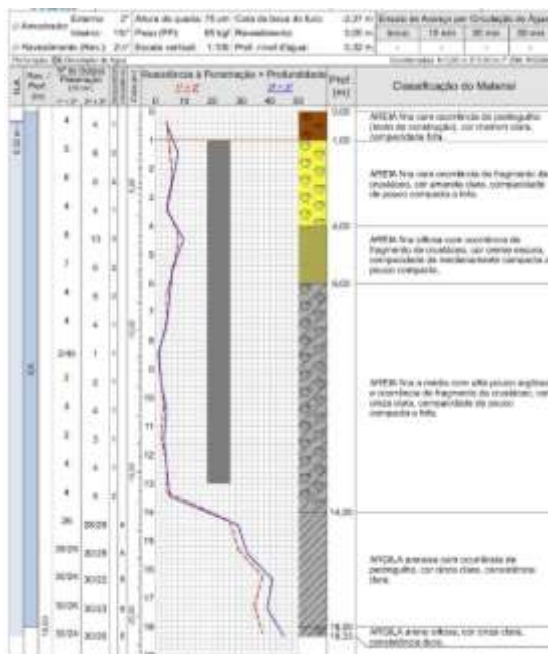


Figura 3. Disposição da EST-129 no perfil de sondagem mais próximo (AGM, 2019).

Na tabela 1 são apresentados os dados bases para a execução das estacas. Deve atentar-se, que há alteração apenas no comprimento da estaca, para possibilitar maior semelhança entre as duas estacas em questão.

Tabela 1. Dados bases de execução das estacas (Santos, 2021).

Estaca	Comprimento (m)	Diâmetro (m)	Armadura	Estribo	Comprimento Armado (m)
EST-74	17,0	0,50	5 Ø 20 mm	Ø 6,3 mm	6,0
EST-129	12,0	0,50	5 Ø 20 mm	Ø 6,3 mm	6,0

Os ensaios das provas de cargas verticais à compressão, executados nas EST-74 e EST-129 foram realizados de acordo com a NBR 12131/2006, visto que na data de execução a norma em vigência era a de 2006. As de prova de carga foram realizadas durante a execução da fundação.

Em relação a estaca EST-74, a carga de projeto foi de 110 tf e sua carga máxima aplicada foi de 270 tf, para o sistema de reação foram utilizadas quatro estacas tipo hélice contínua (EST-72, EST-73, EST-75 e EST-76), diâmetro de 0,50 m e comprimento de 17,0 m, armada com tirante

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



monobarra DW Ø36 mm para uma carga máxima de tração de 75 tf. A figura 4 apresenta a locação da estaca 74 que foi ensaiada.

Em relação à estaca EST-129, a carga de projeto foi de 80 tf e sua carga máxima aplicada foi de 260 tf, para o sistema de reação foram utilizadas quatro estacas tipo hélice contínua (EST-127, EST-128, EST-130 e EST-131), diâmetro de 0,50 m e comprimento de 17,0 m, armada com tirante monobara DW Ø32 mm para uma carga máxima de tração de 65 tf. A figura 5 apresenta a locação da estaca 129 que foi ensaiada.

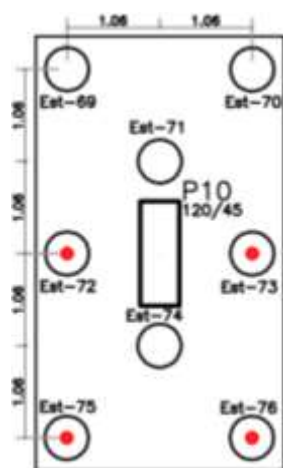


Figura 4. Locação das estacas de reação e EST-74 ensaiada (AGM, 2020).

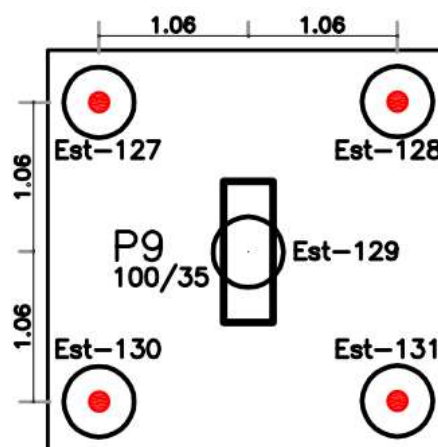


Figura 5. Locação das estacas de reação e EST-129 ensaiada (AGM, 2020).

O carregamento foi realizado em estágios com tempo mínimo de duração de 30 minutos para cada estágio. Em cada um deles foram medidos os recalques correspondentes aos tempos de 0, 2, 4, 8, 15 e 30 minutos. Os ensaios das EST-74 e EST-129 foram realizados em 9 e 10 estágios, respectivamente.

## 2.2 Metodologia para as Análises de Cálculo

Na estimativa de capacidade de carga das estacas, foram utilizados os métodos semi-empíricos de Décourt-Quaresma (1978) e Antunes e Cabral (1996), e a partir dos resultados do ensaio de prova de carga, foi traçada a curva carga x recalque.

Para aplicação do método de Décourt-Quaresma, foram adotados os valores apresentados na tabela 2, enquanto para o método de Antunes e Cabral, foram adotados os valores apresentados na tabela 3.

Tabela 2. Parâmetros Método Décourt-Quaresma (Santos, 2021).

Estaca	EST-74	EST-129
Coefficiente dependente do tipo de solo e estaca ( $\alpha$ )	0,3	0,3
Coefficiente dependente do tipo de solo e estaca ( $\beta$ )	1	1
Coefficiente característico do solo (C)	400 kPa	400 kPa

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



Tabela 3. Parâmetros Método Antunes e Cabral (Santos, 2021).

Estaca	EST-74	EST-129
Coefficiente dependente do tipo de solo e estaca ( $\beta_1$ )	4,5%	4,5%
Coefficiente dependente do tipo de solo e estaca ( $\beta_2$ )	2,25	2,25

### 3 Resultados e Discussões

Na tabela 4 pode-se observar os resultados de resistências de ponta, resistência lateral e resistência total entre as duas estacas pelo método de Décourt e Quaresma. Comparando os valores finais da resistência de ponta, tem-se para a EST-129 uma resistência de 9,41 tf que é cerca de onze vezes menor que a resistência proporcionada pela EST-74, que atingiu um valor de 105,84 tf. Já em relação aos valores finais de resistência lateral, tem-se para a EST-129 uma resistência de 50,27 tf que é cerca de duas vezes menor que a resistência proporcionada pela EST-74, que atingiu um valor final de 106,82 tf. Por fim, comparando os valores finais da carga última, tem-se para a EST-129 uma resistência de 59,68 tf que é cerca de quatro de vezes menor que a resistência proporcionada pela EST-74, que atingiu um valor final de 212,66 tf.

Ao verificar a influência da ponta em relação à resistência total, obteve-se que para a EST-74, um valor considerável de 49%. Já para a EST-129, a mesma relação obteve apenas 15% de influência da resistência total.

Tabela 4. Resultados do Método Décourt e Quaresma (Santos, 2021).

Estaca	Resistência de Ponta (tf)	Resistência Lateral (tf)	Resistência Total (kN)
EST-74	105,84	106,82	212,66
EST-129	9,41	50,27	59,68

A tabela 5 apresenta os mesmos resultados anteriores, porém utilizando o método de Antunes e Cabral. A EST-129 obteve valores finais de 0,17 tf, 36,05 tf e 36,22 tf, enquanto a EST-74 obteve valores finais de 1,99 tf, 157,52 tf e 159,51 tf para resistência de ponta, lateral e última, respectivamente. Assim a EST-129 apresentou uma resistência de ponta quase 11 vezes menor e uma resistência lateral e carga última cerca de 4 vezes menor, em relação a EST-74.

Ao verificar a influência da ponta em relação à resistência total, obteve-se para as duas estacas, valores baixos, sendo em torno de 1% e 0,5%, valores irrisórios para a carga total.

Tabela 5. Resultados do método Antunes e Cabral (Santos, 2021).

Estaca	Resistência de Ponta (tf)	Resistência Lateral (tf)	Resistência Total (tf)
EST-74	1,99	157,52	159,51
EST-129	0,17	36,05	36,22

Por meio dos dados das provas de carga foi possível traçar as curvas carga x recalque (Figura 6), para a EST-74, o ensaio teve uma carga aplicada de 270 tf, o que proporcionou um recalque total de 47,46 mm referente a esse carregamento, mas que posteriormente atingiu o equilíbrio mantendo um recalque permanente de 41,88 mm. Já para EST-129, o ensaio teve um

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



carga aplicada de 260 tf, o que proporcionou um recalque total de 68,57 mm referente a esse carregamento, mas que posteriormente atingiu o equilíbrio mantendo um recalque permanente de 63,39 mm. Nota-se que a estaca de maior comprimento, EST-74, sofre um carregamento 3,8% maior que a de menor comprimento, EST-129, entretanto, apresenta um recalque total 44,5% menor.

Ao se aplicar o método de extrapolação de Van Der Veen (1953) às curvas carga x recalque das duas estacas, verificou-se o valor de 307 tf para a EST-74 e o valor de 294 tf para a EST-129, de carga última. Fazendo-se um comparativo com os métodos semiempíricos (Tabelas 4 e 5) observa-se que os métodos ofereceram valores conservativos para a carga última das estacas, principalmente o método Antunes e Cabral (1996), com valor até 8 vezes menor que o gerado por Van Der Veen.

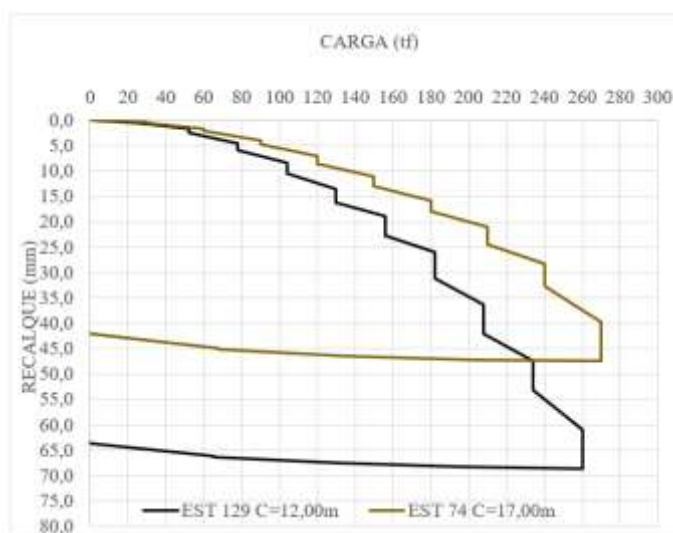


Figura 6. Comparação das curvas carga x recalque (Santos, 2021).

#### 4 Conclusões

Neste trabalho, foram empregados os dados de um caso de obra para a análise do desempenho de fundações em estacas hélice contínua monitorada, com pontas assentes em solo de baixa resistência (Nspt 4) e solo de alta resistência (Nspt 30). O objetivo foi comparar o efeito do embutimento da ponta em solo resistente com a estaca praticamente sem ponta.

As sondagens de simples reconhecimento com SPT indicaram um subsolo predominantemente arenoso, com pouca ocorrência de argila e silte. As estacas tinham o mesmo diâmetro, 0,50 m, porém comprimentos diferentes, 12,0 m e 17,0 m, no solo com a ponta em Nspt 4 e Nspt 30, respectivamente. A estaca com 12,0 m foi projetada com carga admissível de 80 tf e a estaca de 17,0 m a carga admissível foi 110 tf.

Para a comparação do desempenho das estacas foram executadas provas de carga estáticas, carregamento lento. Em ambas as estacas foi aplicada mais que o dobro da carga admissível com intuito de se verificar o comportamento da estaca para elevados carregamentos e se ter uma definição da curva carga x recalque.

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





Os resultados das provas de carga indicaram que a maior discrepância comparando as estacas, se deu em relação ao recalque. Percebe-se que a diferença entre os recalques foi de 44,5%, mas ambos se mantiveram compatíveis com a prática de projetos para estaca hélice contínua. Nesse intuito a pesquisa foi válida pois ao se comparar os recalques correspondentes às cargas de trabalho tem-se para a estaca longa em torno de 7,0 mm e já para a estaca mais curta em torno de 4,5 mm, valores compatíveis com a prática de projetos em hélice contínua.

Além desse fato, verificou-se pelos métodos semi-empíricos que o atrito lateral para as estacas, pelo método de Antunes e Cabral (1996), chegou a ser 99% do valor total da resistência, enquanto para o método de Décourt e Quaresma (1978), obteve-se também relevância da resistência de ponta, principalmente para a estaca apoiada em solo de Nspt 30, chegando a 49% da resistência total.

Rotineiramente, na elaboração de um projeto de fundação, precisa-se trabalhar com estacas de menor carga para suportar pilares com cargas mais baixas, por exemplo, pilares de periferia. Para não se lançar uma estaca profunda com custos bem maiores, trabalha-se com estacas mais curtas com carga admissível reduzida. Contando basicamente com o atrito lateral.

#### 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

- Antunes, W.R & Cabral, D.A. (1996). *Capacidade de carga em estacas hélice contínua*. 3º Seminário de Engenharia de Fundações e Geotecnia. São Paulo, 2: 105 - 109.
- AGM Geotécnica (2019) – Relatório Técnico de Sondagem de Simples Reconhecimento com medida de SPT. 18p.
- AGM Geotécnica (2020) – Relatório Técnico de Prova de Carga Estática – Est.74 e Est.129. 40p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010). NBR 6122: *Projeto e Execução de Fundações*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). NBR 12131. *Estacas- Prova de carga estática: método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1983). NBR 8036. *Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios*. 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.
- Santos, I. A. (2021) *Comparação do Desempenho de Estaca Hélice Contínua com Ponta em Solo de Baixa Resistência e Alta Resistência*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 63p.

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

