

CARGA DE RUPTURA DE ESTACAS ESCAVADAS A SECO COM ANEIS POR MÉTODOS DE EXTRAPOLAÇÃO DA CURVA CARGA X RECALQUE

LEONARDO BARROS DANTAS BRANDÃO*; JULIANE ANDRÉIA FIGUEIREDO MARQUES²;
ANA BEATRIZ ARAÚJO NOBRE DIAS³

¹Engenheiro Civil, UFAL, Maceió-AL, leodantasbrandao@gmail.com;

²Dra. em Engenharia Civil, Prof. Adj. CTEC, UFAL, Maceió-AL, julianemarques@hotmail.com;

³Engenheira Civil, UNB, Brasília-DF, eng.beatriznobre@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: O aumento da demanda de grandes edifícios na parte alta de Maceió-AL fez necessário o desenvolvimento de novas técnicas para a execução de fundações profundas em seu solo predominantemente coesivo. Estacas escavadas a seco com trado mecanizado geralmente apresentam produtividade relativamente alta, não produzem vibrações e usam pouca força de trabalho, mas também têm baixa resistência devido ao seu processo executivo. As estacas escavadas a seco com anéis foram desenvolvidas no intuito de aumentar a capacidade desse tipo de fundação, reduzir os recalques e gerar economia. Os anéis são executados com uma peça chamada "ponteiro" acoplada ao trado, que aumenta o diâmetro do eixo ao longo da perfuração em profundidades determinadas. Os valores de capacidade apresentados neste trabalho foram obtidos a partir de métodos baseados na extrapolação da curva "carga x recalque" para duas estacas: uma com anéis e outra sem anéis. Com base nos resultados encontrados, podemos concluir que, nesta situação em particular, os anéis aumentaram a capacidade de carga das estacas em cerca de 55%.

PALAVRAS-CHAVE: Estacas escavadas, anéis, capacidade de carga, extrapolação.

LOAD BEARING CAPACITY OF BORED PILES WITH RINGS OBTAINED BY THE METHODS OF EXTRAPOLATION OF THE LOAD-MOVEMENT CURVE

ABSTRACT: The demand of large buildings in the uptown area of Maceió-AL, in Brazil, made the development of new techniques to perform deep foundations in its particular type of soil, composed of sediments from Barreiras Formation. Dry bored piles, commonly used in other regions of Brazil, such as the southeast and midwest, generally have relatively high productivity, they do not produce vibrations and use few workforce, but they also have low resistance due to enforcement proceedings. Dry bored piles with rings were developed in order to increase the capacity of this type of foundation, reduce settlements and generate savings. The rings are executed with a part called "pointer" coupled to the auger, which enlarges the shaft diameter along the perforation in determined depths. The capacity values presented in this paper were obtained from methods based on the extrapolation of the curve "stress vs. settlements" for two piles: one dry bored with rings and one without them. Based on the results measured, we could conclude that, in this particular situation, the rings increased the total shaft resistance in around 55% when compared to traditional dry bored piles without rings.

KEYWORDS: dry bored piles, rings, load bearing capacity, extrapolation.

INTRODUÇÃO

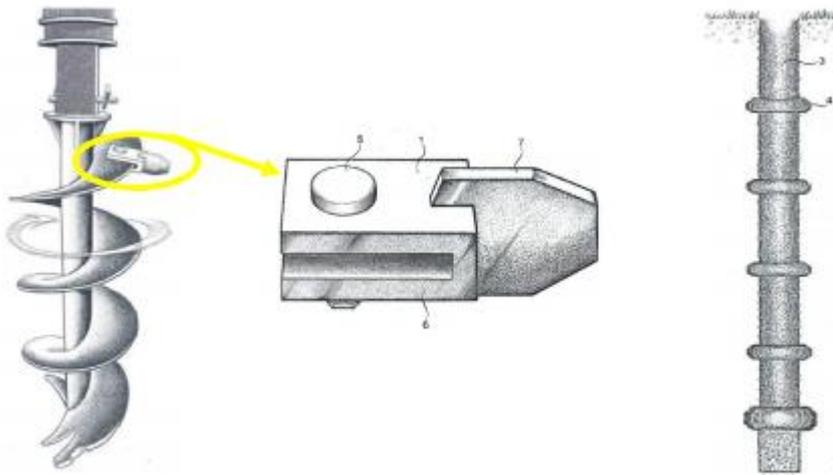
A cidade de Maceió, a partir de meados de 2007, apresentou uma crescente demanda de construções de grande porte na parte alta da cidade. Até então a prática de fundações nessa região composta por sedimentos da Formação Barreiras, era a execução manual de tubulões a céu aberto com base alargada.

Nos projetos de tubulões já eram projetados rasgos, com aproximadamente 10 cm de largura e 10 cm de profundidade, executados com a mesma ferramenta de escavação utilizada pelos poceiros na escavação do tubulão. Esses rasgos tinham o objetivo final de aumentar a segurança geral da fundação e foram a primeira inspiração para a concepção dos anéis. Essa forma executiva serviu como a primeira inspiração para o desenvolvimento dos anéis.

Estacas escavadas a seco, em geral, possuem produtividade relativamente alta (cerca de 10 a 15 estacas podem ser executadas em um dia), não produzem vibrações e utilizam pouca mão de obra, porém têm capacidade de carga relativamente baixa, já que a parcela de resistência de ponta é reduzida, ou até desprezada, devido ao seu processo executivo, que tem como consequência a presença de solo solto no fundo do furo (Marques et al., 2012).

Marques et al. (2012) comentam ainda que a estaca escavada a seco com anéis foi desenvolvida com o intuito de aumentar a capacidade de carga desse tipo de fundação, reduzir recalques e gerar maior economia para o executante. Os anéis são executados com uma peça denominada “ponteiro” (figura 1), com comprimento entre 10 e 12 cm, acoplada ao trado de perfuração, e provoca ranhuras (15 a 20 cm) ao longo do fuste em profundidades pré-determinadas.

Figura 1. Detalhe do ponteiro acoplado ao trado e estaca executada com anéis.



De acordo com Velloso e Lopes (2002), a capacidade de carga, nos métodos estáticos, é determinada a partir de formulações que analisam a estaca ao mobilizar a resistência ao cisalhamento do solo. Essa resistência é encontrada a partir de ensaios de laboratório ou in situ.

A determinação da capacidade de carga de uma estaca pode ser feita por métodos teóricos, os quais, segundo Velloso e Lopes (2002), utilizam soluções teóricas de capacidade de carga e parâmetros do solo. Cintra e Aoki (2010) destacam a existência de diversos desses métodos na literatura, principalmente pela dificuldade em ajustar um modelo ideal para a ruptura. Os autores lembram ainda que grande parte deles são ineficazes, principalmente se tratando de estacas em areia. Os métodos mais amplamente utilizados para essa finalidade são os semi-empíricos e os que se utilizam da extrapolação da curva carga x recalque, obtida a partir dos resultados dos ensaios de prova de carga (CINTRA, 2013).

O presente trabalho apresenta uma análise da carga de ruptura de 1 estaca escavada a seco com anéis ao comparar os valores obtidos para ela por 4 métodos de extrapolação de curvas carga x recalque com os encontrados para 1 estaca lisa, ou seja, sem anéis. Os métodos utilizados no trabalho foram o Método de Van der Veen (1953), o Método da Rigidez de Décourt (1996), o Método da ABNT (2010) e o Método de Davisson (1972).

MATERIAL E MÉTODOS

Para as análises apresentadas nesse trabalho, foram selecionadas duas estacas escavadas a seco: uma com anéis (EA) e uma sem anéis (EL), com diâmetros de 600mm e comprimentos de 8m, executadas na mesma região, que haviam sido submetidas à prova de carga estática. O material para a análise faz parte de um banco de dados da empresa *AGM Geotécnica LTDA*, de estacas executadas e ensaiadas por ela. Para cada estaca, foram aplicados os métodos de Van der Veen (1953), da Rigidez de

Décourt (1996), da ABNT (2010) e de Davisson (1972) com o intuito de obter as cargas de ruptura, a partir da extrapolação da curva carga x recalque.

A partir dos dados gráficos, o Método de Van der Veen realiza uma previsão do “mergulho” da curva, isto é, de quando a curva se torna assintótica. Para este valor de carga, a ruptura geotécnica acontece, portanto, esse valor representa a carga de ruptura da estaca (BRANDÃO, 2016).

O método da Rigidez de Décourt, por sua vez, determina a carga de ruptura da estaca a partir da análise da curva carga x rigidez, em que a rigidez é obtida pela razão entre carga e recalque. O valor da carga de ruptura é o valor da carga para quando a rigidez é nula (BRANDÃO, 2016).

O valor da carga de ruptura, pelo método da ABNT (2010), é definido como a carga correspondente à interseção da curva x recalque com a reta de equação 1, abaixo.

$$\rho = \frac{D}{30} + Q * \frac{L}{AE} \quad (1)$$

Em que ρ é o recalque (mm), D é o diâmetro da estaca (mm), Q é a carga de ruptura (kN), L é o comprimento (mm), A é a área da seção transversal (mm²) e E é o módulo de elasticidade (kN/mm²).

A formulação (equação 2) do Método de Davisson para a obtenção da carga de ruptura é similar à equação do Método da ABNT. Ele pressupõe que a carga é dada pela interseção de uma equação que depende do diâmetro da estaca e que excede a compressão elástica da estaca em 4mm com a curva carga x recalque (TORRES, 2018).

$$\rho = \left(\frac{D}{120} + 4 \right) + Q * \frac{L}{AE} \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra os valores obtidos de carga de ruptura obtidos para a estaca escavada a seco com anéis (EA) e a sem anéis (EL) para cada um dos 4 métodos de previsão de carga analisados: Van der Veen (VDV), Rigidez (RIG), ABNT, Davisson (DAV) e Chin, bem como o valor da carga máxima aplicada no ensaio de prova de carga (PCmax) e o valor percentual do ganho de carga ao comparar EA com EL para cada um dos métodos.

Tabela 1. Valores de carga de ruptura.

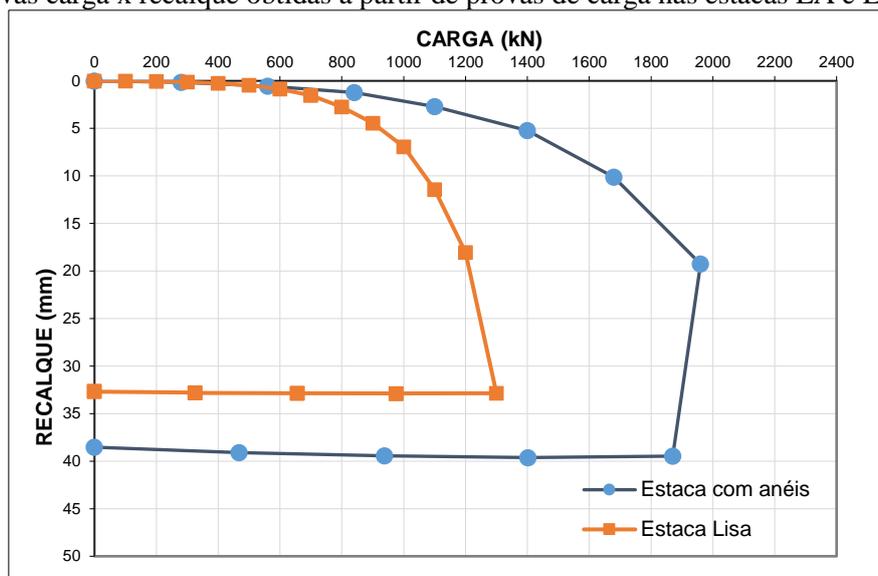
Estaca	PCmax	Carga de Ruptura (kN)			
		VDV	RIG	ABNT	DAV
EA	1960,0	1966,0	2065,5	1920,0	1696,0
EL	1300,0	1310,0	1335,5	1225,0	1072,5
%EA/EL-100	51%	50%	55%	57%	58%

De acordo com a tabela, observa-se que o valor máximo de carga de ruptura foi encontrado pelo método da Rigidez (2065,5 kN para EA e 1335,5 para EL) e o menor, pelo método de Davisson. Tanto Davisson quanto o ABNT são métodos reconhecidos pela literatura como mais conservadores no sentido de determinação da carga de ruptura, os quais possuem inclusive formulações semelhantes para a obtenção das cargas de ruptura, assim como o método da Rigidez em geral fornece valores mais altos (BRANDÃO, 2016).

O percentual de ganho de carga médio, obtido a partir da média ponderada dos percentuais de ganhos pelos 4 métodos, foi de 55%, sendo o menor valor, 50% de Van der Veen, o mesmo utilizado por projetistas desse tipo de fundação. O ganho de carga chega a 730 kN se considerarmos o método da Rigidez, 676 kN, a média entre todos os métodos.

A figura 2 mostra as curvas carga x recalque obtidas após a aplicação das provas de carga em ambas as estacas.

Figura 2. Curvas carga x recalque obtidas a partir de provas de carga nas estacas EA e EL.



Analisando a curva referente à estaca lisa, observa-se um “mergulho” mais acentuado da curva entre os valores de carga de 1200 kN e 1400 kN, ou seja, um aumento considerável no recalque, que passou de 18 mm com a carga 1200 kN para 33 mm em 1300 kN. Pode-se imaginar que a ruptura geotécnica aconteceu nesse intervalo, bem como mostram os métodos.

Com relação à curva carga x recalque da estaca com anéis, que logo após o último carregamento (1960 kN) o valor do recalque aumentou consideravelmente, sendo encontrado, na primeira medida do descarregamento (1870 kN), um valor de 39,48 mm, bem superior aos 19,26 mm encontrados no último carregamento. Imagina-se que a ruptura aconteceu próximo ao valor de 1960 kN.

CONCLUSÃO

O aumento da demanda por construções de grande porte na parte alta da cidade de Maceió, com solo de característica coesiva, chamou atenção da necessidade de novas tecnologias em se tratando de engenharia de fundações. As estacas escavadas mecanicamente a seco se mostraram promissoras, porém, devido a sua capacidade de carga, melhoramentos nelas eram necessários. Os anéis ao longo do fuste foram uma solução concebida para essa finalidade.

O trabalho visou apresentar uma análise das cargas de rupturas de uma estaca escavada a seco com anéis e outra sem anéis obtidos por 4 métodos de extrapolação de curvas carga x recalque, plotadas como resultados das provas de carga: o Método de Van der Veen (1953), o Método da Rigidez de Décourt (1996), o Método da ABNT (2010) e o Método de Davisson (1972).

O método de Van der Veen apresentou resultados mais próximos dos valores de parada do ensaio, os da ABNT e de Davisson se mostraram conservadores e o da Rigidez resultou nos valores mais altos para as 2 estacas.

Ao comparar os valores encontrados para as estacas com anéis com os das estacas lisas, observou-se que o ganho de carga médio, foi de 55%. Van der Veen apresentou o menor valor de porcentagem de ganho de carga, 50%, que é o mesmo utilizado pelos projetistas.

A curva carga x recalque da estaca lisa permite inferir que a ruptura geotécnica aconteceu entre os valores de carga de 1200 kN e 1400 kN, em que se observa uma variação grande do recalque (de 18 mm com a carga 1200 kN para 33 mm em 1300 kN). Já a curva da estaca com anéis, mostra um aumento considerável no recalque logo após o último carregamento (1960 kN), o que sugere que a ruptura aconteceu próximo ao valor de 1960 kN.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (2010). Projeto e Execução de Fundações: NBR 6122/10. Rio de Janeiro.

- BRANDÃO, L. B. D. (2016) Estudo da Capacidade de Carga de Estacas Escavadas a Seco com Anéis. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia (CTEC), Universidade Federal de Alagoas, Maceió.
- CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; TSUHA, C. H. C.; GIACHETI, H. L. (2013). Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 144 p.
- CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. (2010). Fundações por estacas: projeto geotécnico. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 96 p.
- DÉCOURT, L. (1996) Análise e Projeto de Fundações Profundas. Estacas. In: HACHICH W., FALCONI, F.F., SAES, J.L., FROTA, R.G.Q., CARVALHO, C.S., NIYAAMA, S. Fundações Teoria e Prática. 1. ed. São Paulo: Editora Pini.
- MARQUES, J.A.F., MARQUES, A.G.; MARQUES, R.F. (2012). Estacas Escavadas com Trado Mecanizado, com Anéis ao Longo do Fuste. In: XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (XVI COBRAMSEG), Porto de Galinhas/PE.
- TORRES, G. H. F. S. (2018) Instrumentação em Estacas Escavadas a Seco com e sem Anéis. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.
- VAN DER VEEN (1953). The Bearing Capacity of a Pile. In: 3 rd ICSMFE. vol. 2. p.84-90.
- VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. (2002). Fundações Profundas. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Vol. 2, 472 p.