XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.5/90

Proposta para Determinação da Curva Carga Recalque em Estacas por Meio do Método dos Elementos Finitos Unidimensional

Henrique Dinis
Professor Pesquisador, Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil, henrique.dinis@mackenzie.br

Kamila Rodrigues Cassares Seko
Professora Pesquisadora, Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil, kamila.seko@mackenzie.br

RESUMO: A determinação da curva carga-recalque em estacas trata-se de um problema complexo, seja pela quantidade de parâmetros e variáveis que envolve, ou mesmo, quanto à pouca previsibilidade no comportamento das estacas mediante a deformabilidade do solo. A resolução envolve modelos axissimétricos, dificultando a aplicação de formulações analíticas de cunho prático. Comumente, a curva carga-recalque é estabelecida pelo ajuste de curvas de forma pré-estabelecida, a exemplo, a proposta de Van der Veen (1953). O problema encontra boa solução por métodos numéricos de análise unidimensional, desde que sejam admitidos, como coeficientes de rigidez do solo, isoladamente, o cisalhamento ao longo do fuste e a resistência de ponta da estaca. Randolph e Wroth (1978) apresentam proposta, neste sentido, com formulações independentes para estabelecimento destas grandezas. Este trabalho propõe, a partir das rigidezes estabelecidas por Randolph e Wroth e da rigidez estrutural da estaca, um modelo para previsão de recalques pelo MEF– Método dos Elementos Finitos, unidimensional, considerando para limites de plastificação do solo, os parâmetros estabelecidos por Aoki e Velloso (1975), com aprimoramentos, utilizados na determinação da capacidade de carga em estacas. O trabalho apresenta e detalha a resolução do método proposto e uma aplicação prática para a previsão da curva carga-recalque, confrontando o resultado com curva experimental obtida por prova de carga, tendo apresentado semelhança.

PALAVRAS-CHAVE: Recalque em Estacas, Curva Carga-Recalque, Previsão de Recalques, Estacas Carregadas Axialmente.

ABSTRACT: Determining the load-settlement curve for piles is a complex problem, both due to the number of parameters and variables involved. Solving this involves axisymmetric models, hindering practical analytical formulations. Commonly, the load-settlement curve is established by fitting pre-established curves, such as the proposal by Van der Veen (1953). The problem finds a good solution using one-dimensional numerical analysis methods, provided that the shear along the shaft and the pile tip resistance are admitted as separate soil stiffness coefficients. Randolph and Wroth (1978) present a proposal, in this sense, for independent formulations to establish these quantities. This work proposes, based on the stiffness values established by Randolph and Wroth and the structural stiffness of the pile, a model for predicting settlements using the one-dimensional Finite Element Method (FEM), considering, for soil plasticity limits, the parameters established by Aoki and Velloso (1975) with improvement used in determining the load-bearing capacity of piles. It presents and details the solution of the proposed method and a practical application for predicting the load-settlement curve, comparing the result with an experimental curve obtained by load testing.

KEYWORDS: Settlement in Piles, Load-Settlement Curve, Settlement Prediction, Axially Loaded Piles.

1 INTRODUÇÃO

A previsão e controle de recalques em estacas é de extrema importância para garantir a integridade estrutural das fundações e das estruturas, assim como, a funcionalidade das construções. Destaca-se que a

capacidade de carga da estaca está relacionada à segurança contra a ruptura do solo e a deformações excessivas. Tendo em conta a grande variabilidade dos fatores inerentes à previsão da capacidade de carga das estacas, a NBR 6122 (2022) propõe a execução de ensaios de prova de carga em estacas, como meio de balizar estatisticamente os resultados de previsão da capacidade de carga, quando realizadas por meio de métodos semiempíricos. Para melhor interpretação dos resultados dos ensaios de prova de carga, utiliza-se, normalmente, curvas carga *x* recalque, analiticamente propostas por alguns autores, como exemplo, a proposta de Van Der Veen (1953).

Quanto à previsão dos recalques, propriamente, há vários métodos na literatura, abordando cada um deles, conceitos teóricos particulares, para sua resolução. A exemplo, o método de Poulos e Davis, de 1980, utiliza as equações de Mindlin para determinar as deformações no solo, em compatibilidade ao deslocamento da estaca, a partir de deformações causadas ao longo do fuste e ao nível da ponta, a agirem no solo de forma conjunta. Partindo de outra conceituação, pelo método de Randolph & Wroth (1978), utilizado para o desenvolvimento deste trabalho, a transferência de carga ao solo por uma estaca, submetida ao carregamento axial, ocorre em parte, por meio do atrito lateral ao longo do fuste, a partir da propagação de deformações aos solos pelo efeito de cisalhamento, e de outra, em função da resistência de ponta, onde as tensões geram deformações por compressibilidade do solo, efeitos que são tratados de forma independente. À medida que a carga vertical é aplicada no topo da estaca, ocorre uma mobilização progressiva das resistências por atrito lateral e da ponta, proporcionalmente à rigidez relativa a cada um destes efeitos. Somente após o esgotamento da resistência por atrito, a resistência de ponta passa então a ser mobilizada de forma majoritária, até seu esgotamento, estabelecendo a capacidade de carga da estaca. Entretanto, há que se considerar, neste processo, a plastificação do solo mediante o efeito de cisalhamento ou compressibilidade, que ocorrem gradativamente, como também, a deformação elástica da própria estaca, em função de sua flexibilidade, que acaba interagindo com as duas rigidezes anteriormente citadas, ao se estudar o equilíbrio das deformações e tensões. Salienta-se, quanto à análise de recalques, que estes estão intimamente ligados aos estados limites de serviço.

A previsão da magnitude de recalques de estacas sujeitas aos esforços de compressão axial é um campo da pesquisa ainda em desenvolvimento, pois a literatura apresenta metodologias de cálculo de recalque que ainda não são consideradas soluções satisfatórias e definitivas.

A estimativa dos valores dos recalques em estacas está relacionada à hiperestaticidade que envolve o problema, tendo em vista que em estacas isoladas, o recalque por carga axial depende diretamente da rigidez relativa entre as deformações axial da estaca e por compressibilidade do solo, diante do processo de transferência de carga, tratando-se de um problema complexo e com diversos outros fatores intervindo. Dinis (2025) apresenta, em proposta de método para previsão de recalques em estacas, critérios para considerar as propriedades dos solos que constituem cada camada do subsolo e as características estruturais elásticas da estaca, em referência ao método proposto neste trabalho. Para a maioria dos métodos que se propõem solucionar o questionamento citado, a teoria clássica da elasticidade é considerada como base das propostas de cálculo, onde simplificações são adotadas com o objetivo de viabilizar o cálculo dos recalques, para sua praticidade, apresentando, de forma geral, boa margem de aceitabilidade.

Este trabalho propõe uma metodologia para prever a curva carga-recalque para estacas carregadas axialmente, exemplificada por meio de um caso real, comparando seu resultado à curva carga-recalque resultante da prova de carga estática realizada.

A metodologia empregada propõe a modelagem da estaca por meio do Método dos Elementos Finitos – MEF, unidimensional, tratando o solo como meio elástico e considerando a flexibilidade estrutural da estaca, corrigindo-se, então, ao longo do carregamento, a rigidez dos elementos solo, para considerar sua gradativa plastificação. Dessa forma, considera-se o comportamento não linear do recalque.

2 MÉTODO

A resolução do método proposto utiliza como conceito e premissa, que as deformações no solo ocorrem em dois substratos distintos sobrepostos, a camada de solo ao longo do fuste e a dos solos abaixo da ponta, tendo-se utilizado o método de Randolph & Wroth (1978), para previsão dos recalques. Quanto ao modelo físico e analítico de transferência de carga, por este método, assume-se que as deformações do solo ao longo do fuste w_τ, causadas por tensões de cisalhamento puro "τ_0" e as do contato ponta-solo w_p, pelo efeito de

compressibilidade do solo, ao se compatibilizar as cargas de transferência da estaca para o solo, resultam em um recalque final para uma estaca rígida: $w = w_\tau = w_p$ e carga total constituída pelas parcelas: $Q = Q_{lat} + Q_p$.

As expressões apresentadas por Randolph e Wroth em 1978, indicadas a seguir, consideram a condição de meio semi-infinito, solo homogêneo e estaca rígida, na determinação de cada uma destas parcelas. Caso a estaca seja flexível (compressível), ou o solo estratificado, a tensão cisalhante que irá ocorrer ao longo do fuste irá variar com a profundidade, havendo assim, sobreposições das deformações ao cisalhamento ao longo do fuste da estaca. Ver Figura 1. Para a proposta deste método, este efeito é desconsiderado.

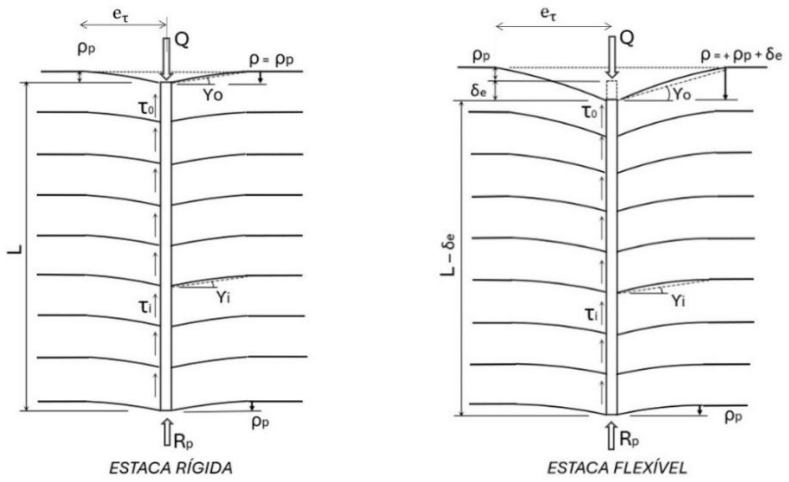


Figura 1. Modelo de comportamento de solo para recalques em estacas isoladas.
Fonte: Dinis (2024)

Para as deformações por cisalhamento, segundo Randolph e Wroth (1978), a expressão utilizada no cálculo da parcela do recalque considera o comprimento total da estaca, fornecendo a deformação total por cisalhamento do solo, em proporção à transferência de carga do fuste ao solo. Desprezando-se a sobreposição de deformações, que ocorre com estacas flexíveis e de eventual estratificação do solo, pode-se aplicar a formulação, como a seguir:

$$w_\tau = \frac{Q_w \cdot \zeta}{2 \cdot \pi \cdot G \cdot L} \quad (1)$$

Sendo:
L: comprimento do fuste da estaca.
ζ: constante função da relação entre o raio de influência das deformações por cisalhamento no solo e o raio da estaca, assumindo-se, por recomendação do próprio método, como sendo ~4.
G: módulo de elasticidade transversal ou módulo de cisalhamento do solo.

A expressão da deformação do solo, pelo efeito de ponta, é similar ao do recalque de uma placa rígida aplicada sobre o solo, como a seguir:

$$w_p = \frac{Q_p\,(1 - \nu)}{4 \cdot r_o \cdot G} \quad (2)$$

Sendo:
r_o: raio da estaca.

Considerando a estaca rígida, o recalque total da estaca será o mesmo que do fuste ou da ponta:

$$w = w_\tau = w_p \quad (3)$$

Assume-se, assim, como modelo numérico de resolução, a premissa de que a mobilização do solo ao cisalhamento ocorre de forma linear. Admite-se, por outro lado, que a deformação do solo da ponta ocorra em proporcionalidade direta à sua compressibilidade, no caso, também de forma linear.

Para adaptação da resolução a estacas flexíveis (compressíveis) e solo estratificado, adotou-se, como configuração geral, modelo de processamento pelo MEF – Método de Elementos Finitos, unidimensional, compondo-se por barras e nós, simulando a rigidez do solo por meio de vínculos elásticos (molas), segundo o modelo de WINKLER (1867), como representado na Figura 2. O comprimento do fuste *L* é subdividido em *n* segmentos de comprimento *e*, que correspondem às barras entre os nós que contém as molas.

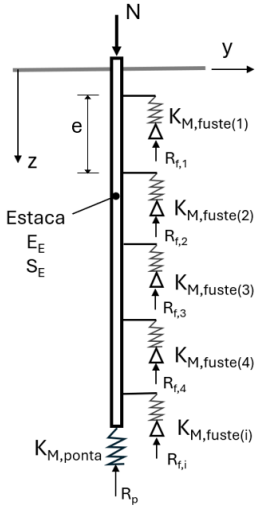


Figura 2. Modelo de Winkler para determinação de recalques em estacas isoladas flexíveis.
Fonte: Dinis (2024)

Para a determinação da rigidez das molas, utilizou-se as expressões de Randolph e Wroth, fazendo w_τ ou $w_p = 1{,}0$, obtendo-se o valor de Q_{lat} ou Q_p, que corresponde ao valor da rigidez de cada mola, $K_{M,lat}$ ou K_{Mp}. Assim:

$$K_{M,lat} = \frac{2.\pi.G.e}{\zeta} \tag{4}$$

$$K_{M,p} = \frac{4.r_o.G}{(1-\nu)} \tag{5}$$

Sendo:
e: distância entre os nós.
G = E / 2 (1 + ν).
ζ: por recomendação do próprio método, assumido como sendo ~4.
r_o: raio da estaca.

3 LIMITES DE PLASTIFICAÇÃO DO SOLO

Mesmo para as cargas de serviço, é possível ocorrer o rompimento da ligação solo-fuste já na mobilização da resistência ao atrito lateral, ou mesmo, da resistência de ponta, neste caso, para recalques mais elevados, como evidenciado por diversas provas de carga. Cabe, assim, a consideração da plastificação na previsão de recalques, devendo haver ponderações na escolha do critério a ser adotado. Castelli & Motta (2003) apresentam em seu trabalho para a previsão de recalque em estacas isoladas, o modelo de Winkler, prevendo a deformabilidade das molas segundo curvas tipo p-y, que preveem a plastificação gradual do solo com a deformação. No entanto, devido às dificuldades em se impor curvas tipo p-y, nos softwares de MEF de uso corrente, admite-se, como simplificação do método, adotar uma curva linear com patamar horizontal bem definido, para a plastificação.

Para a consideração dos valores da plastificação do solo, se utilizará como demonstração do método proposto, na definição do patamar de escoamento, os valores limites determinados pelas expressões e

parâmetros (aprimorados após a publicação do método) fornecidos por Aoki & Velloso (1975), segundo método para previsão da capacidade de carga de estacas. Neste sentido, cabe colocar, que métodos propostos por outros autores podem ser aplicados igualmente, mediante expressões e parâmetros próprios a cada um. Deve-se ter o cuidado com particularidades com cada um destes métodos, que podem exigir eventuais adaptações nos parâmetros a serem aplicados. Como exemplo, o caso do método de Décourt e Quaresma, de 1978, em que ponderações pela aplicação de fatores de segurança próprios, podem interferir na interpretação e avaliação dos limites de plastificação.

A expressão para a capacidade de carga da estaca, segundo Aoki & Velloso, está representada, a seguir:

$$Q_{lim} = \frac{K.N_{SPT,p}}{F_1}.A_p + \frac{U}{F_2}.\sum_{1}^{n}(\alpha.K.N_{SPT,L}.\Delta_L) \quad (6)$$

Sendo:
Q_{lim}: Capacidade de carga da estaca
Δ_L: Espessura da camada
K; α; F_1 e F_2: como a seguir:

Tabela 1. Método Aoki e Veloso - Coeficiente K e razão de atrito α

Solo	K (MPa)	α (%)	Solo	K (MPa)	α (%)
Areia	1,00	1,40	Silte Argiloso	0,23	3,40
Areia Siltosa	0,80	2,00	Silte Argiloarenoso	0,25	3,00
Areia Siltoargilosa	0,70	2,40	Argila	0,20	6,00
Areia Argilosa	0,60	3,00	Argila Arenosa	0,35	2,40
Areia Argilossiltosa	0,50	2,80	Argila Arenossiltosa	0,30	2,80
Silte	0,40	3,00	Argila Siltosa	0,22	4,00
Silte Arenoso	0,55	2,20	Argila Siltoarenossa	0,33	3,00
Silte Arenoargiloso	0,45	2,80			

Fonte: Adaptado de Aoki & Velloso (1975).

Tabela 2. Método Aoki e Veloso - Fatores de correção F_1 e F_2

Tipo de Estaca	F1	F2
Metálica	1,75	3,50
Pré-Moldada	1+ D/0,8	2 F1
Franki	2,50	5,00
Escavada	3,00	6,00
Hélice Contínua	2,00	4,00
Raiz	2,00	4,00

Fonte: Adaptado de Aoki & Velloso (1975).

As cargas limites de escoamento do solo, mediante plastificação, a serem utilizadas como patamares de escoamento, são determinadas, então, como a seguir:

$$Q_{lim,p} = \frac{K.N_{SPT,p}}{F_1}.A_p \quad (7)$$

$$Q_{lim,lat} = \frac{U}{F_2}.\alpha.K.N_{SPT,L}.e \quad (8)$$

4 RESOLUÇÃO

Foi utilizada, como exemplo de aplicação do método, uma estaca tipo Hélice Contínua, Φ 350 mm, com comprimento de 14,0 m, cujo ensaio de prova de carga foi extraído, a título de exemplo, de Barros (2012).

O subsolo apresenta estratificações, constituído por solos siltosos e arenosos. O Módulo de Elasticidade para cada camada específica de solo foi determinado em função de suas características e do N_{SPT}, como sugerido por Teixeira e Godoy (1996), ver Tabela 3, cuja expressão para a estimativa de seu valor vale:

$$Es = \alpha . K . N_{SPT} (MPa) \quad (9)$$

Tabela 3. Coeficientes para estimativa do módulo de elasticidade do solo: α e K.

α	K		
	Areias	Siltes	Argilas
Areia: 3	Areia: 0,90	Silte: 0,35	Argila: 0,20
Silte: 5	Siltosa: 0,70	Arenoso: 0,45	Siltosa: 0,22
Argila: 7	Argilosa: 0,55	Argiloso: 0,25	Arenosa: 0,30

Fonte: Adaptado de Teixeira e Godoy (1996)

O perfil da sondagem e a determinação dos coeficientes de rigidez do solo, segundo as expressões de Randolph e Wroth, estão apresentados na Figura 3.

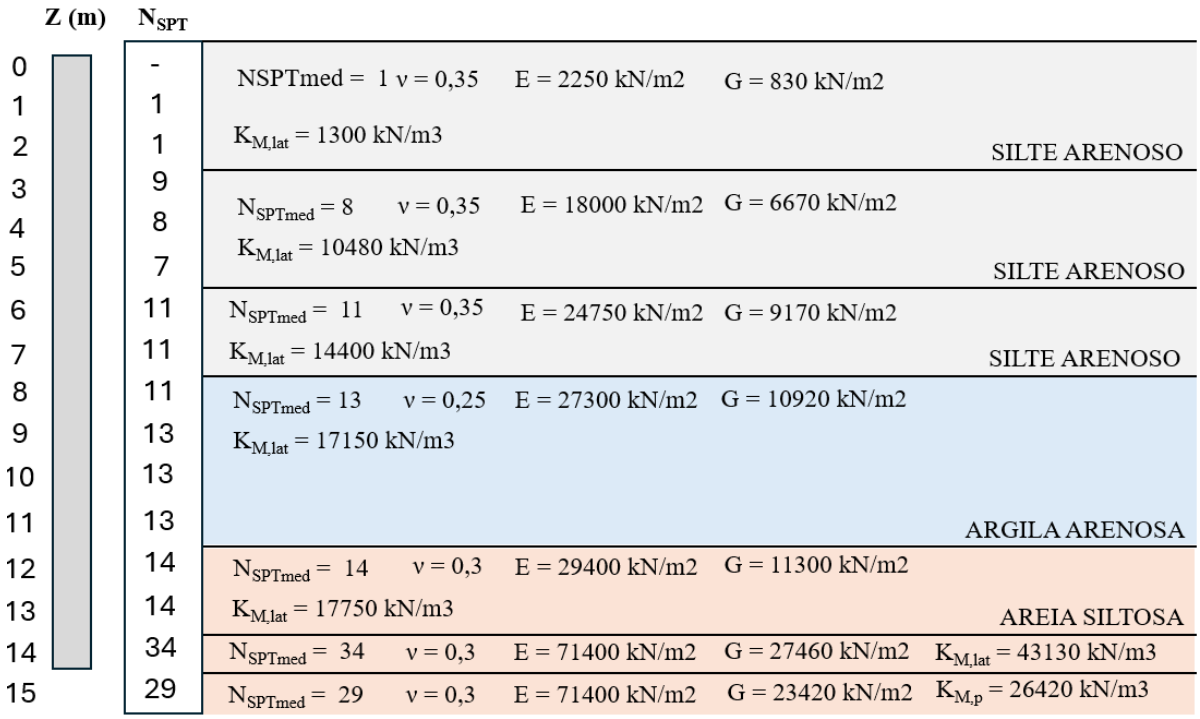


Figura 3. Determinação dos coeficientes de rigidez do solo, segundo Randolph e Wroth (1978).

Para a determinação da curva carga-recalque da estaca, inicialmente, estimou-se a capacidade de carga da estaca, segundo Aoki & Velloso (1975) com aprimoramentos, obtendo-se o valor de 1860 kN. Para o valor limite da carga para previsão do recalque máximo, no entanto, se assumiu o limite da carga efetivamente obtido no ensaio de prova de carga da estaca ensaiada, de 1400 kN.

As cargas limites da transferência de carga do fuste para o solo, como a da ponta, utilizadas como limites de plastificação, foram também determinadas segundo os parâmetros fornecidos pelo método de Aoki e Velloso.

A seguir, para a aplicação do método proposto, foi efetuado o processamento pelo MEF unidimensional, a partir do modelo representado na Figura 2, aplicando-se incrementos sucessivos de carga de 200 kN, até atingir a carga total de 1400 kN. Em cada etapa de carregamento, ao se obter reações no solo que ultrapassaram o limite de plastificação imposto, estas foram substituídas pelo valor limite (de plastificação), desativando-se

a rigidez da respectiva mola, reprocessando-se, então, em uma 2ª iteração, obtendo-se as novas reações. Os resultados estão apresentados no Quadro 1, como segue:

Quadro 1. Determinação das reações nos nós e previsão dos recalques "w".

Carga		200 kN		400 kN		600 kN				800 kN				1000 kN	
Nó						1ª Iteração		2ª Iteração		1ª Iteração		2ª Iteração			
	R_{lim} Aoki (kN)	K_{Mola} kN/m	R_M kN	K_{Mola} kN/m	R_M kN	K_{Mola} kN/m	R_M kN	K_{Mola} kN/m	R_M kN	K_{Mola} kN/m	R_M kN	K_{Mola} kN/m	R_M kN	K_{Mola} kN/m	R_M kN
1	**3,3**	1300	1,3	1300	2,6	1300	3,9	- 3,3	3,3	- 3,3	3,3	- 3,3	3,3	- 3,3	3,3
2	**3,3**	1300	1,3	1300	2,6	1300	3,9	- 3,3	3,3	- 3,3	3,3	- 3,3	3,3	- 3,3	3,3
3	**26,6**	10480	9,8	10480	19,6	10480	29,4	- 26,6	26,6	- 26,6	26,6	- 26,6	26,6	- 26,6	26,6
4	**26,6**	10480	9,8	10480	19,6	10480	29,4	- 26,6	26,6	- 26,6	26,6	- 26,6	26,6	- 26,6	26,6
5	**26,6**	10480	9,8	10480	19,6	10480	29,4	- 26,6	26,6	- 26,6	26,6	- 26,6	26,6	- 26,6	26,6
6	**36,5**	14400	12,8	14400	25,6	14400	38,4	- 36,5	36,5	- 36,5	36,5	- 36,5	36,5	- 36,5	36,5
7	**36,5**	14400	12,8	14400	25,6	14400	38,4	- 36,5	36,5	- 36,5	36,5	- 36,5	36,5	- 36,5	36,5
8	**30,0**	17150	14,7	17150	29,4	17150	44,1	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0
9	**30,0**	17150	14,7	17150	29,4	17150	44,1	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0
10	**30,0**	17150	14,7	17150	29,4	17150	44,1	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0
11	**30,0**	17150	14,7	17150	29,4	17150	44,1	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0	- 30,0	30,0
12	**61,5**	17750	14,5	17750	29,0	17750	43,5	17750	56,4	17750	90,6	- 61,5	61,5	- 61,5	61,5
13	**61,5**	17750	14,5	17750	29,0	17750	43,5	17750	56,4	17750	90,6	- 61,5	61,5	- 61,5	61,5
14	**149,5**	43130	37,4	43130	74,8	43130	112,2	43130	128,9	43130	208,4	- 149,5	149,5	- 149,5	149,5
P	**1308,0**	26420	21,4	26420	42,8	26420	64,2	26420	82,5	26420	133,5	26420	251,4	26420	451,4
w (mm)		0,99		1,98		3,72				10,4				18,3	

Carga	1200 kN	1400 kN
R_{Mp}	651,4	851,4
w (mm)	26,1	33,9

O resultado plotado em gráfico está representado na Figura 4, a seguir, sobreposto ao ensaio da prova de carga efetuada para a situação exposta, como apresentada em Barros (2012).

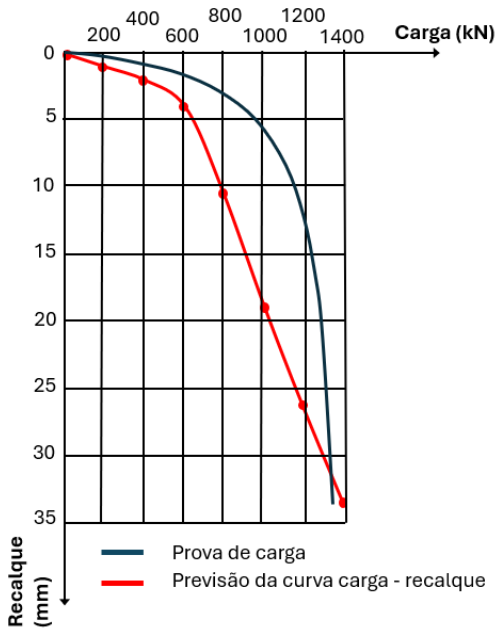


Figura 4. Previsão da curva carga - recalque.

Verifica-se pelos gráficos da Figura 4, que a curva obtida pela aplicação do método proposto é sensivelmente mais abatida que a do ensaio de prova de carga utilizado, apresentando recalques que se tornam mais defasados, à medida que ocorre a plastificação das molas. Pode-se alegar, como justificativa ao resultado, que os parâmetros utilizados relativos à resistência lateral, no método de Aoki e Velloso, de 1975, aprimorado, em se referindo às condições deste ensaio, especificamente, se mostraram conservadores, ou seja, levaram o

solo à plastificação com valores inferiores aos que ocorreram efetivamente. Por outro lado, as formulações de Randolph e Wroth (1978) se mostraram também conservadoras, evoluindo as deformações além das do ensaio no trecho elástico-linear.

CONCLUSÃO

A curva carga-recalque, como retro análise, trata-se de um instrumento eficaz para se detectar distorções nos resultados de provas de carga. O método proposto por este trabalho visa contribuir como mais um instrumento de análise desta questão. Por possibilitar a escolha de métodos tradicionais de previsão de capacidade de carga em estacas, na composição do modelo de processamento para parametrizar os limites de plastificação do solo, permitiu-se, pelo trabalho em questão, não somente a análise da curva carga-recalque do ensaio, mas também, das características de desempenho do método escolhido para o modelo, no caso, o método de Aoki e Velloso, de 1975, aprimorado.

Como resultado da aplicação do método proposto, em retro análise à curva carga-recalque da prova de carga utilizada, como referência, obteve-se a semelhança entre as curvas, validando a proposta. No entanto, deve-se observar, que os parâmetros do solo foram obtidos a partir do N_{SPT}, que leva, por si só, a distorções, dificultando o balizamento do método, em função dos resultados. Também, deve-se considerar que os resultados de ensaios de prova de carga não refletem exatamente o trabalho da estaca-solo, como decorrência de vários fatores, relativamente a características específicas do próprio solo, como também, por questões da execução da estaca, ou da própria prova de carga. Verificou-se, por outro lado, um conservadorismo, relativamente aos parâmetros de plastificação relativos ao atrito lateral do solo com o fuste, sugeridos por Aoki e Velloso.

Propõe-se, como prosseguimento às pesquisas, a aplicação de outros métodos de previsão de capacidade de carga na parametrização dos limites de plastificação do solo, ou de outras referências, possibilitando maior amplitude de análise, quanto aos resultados fornecidos pelo método proposto.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022). NBR 6122. *Projeto e execução de fundações.* Rio de Janeiro.

Aoki, N., 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: International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. p. 367-376.

Barros, N. B. F. (2012) *Previsão de recalque e análise de confiabilidade de fundações em estacas hélice contínua*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos / USP, 252 p.

Castelli, F., Motta E. (2003) *Settlement Prevision of Piles under Vertical Load*. In: Geotechnical Engineering. n. 156.

Dinis, H. (2024) *Interação solo-estrutura: Uma abordagem metodológica ao projeto de fundações*. Blücher, São Paulo.

Dinis, H. (2025) *Estacas Isoladas: Proposta de Método para Previsão de Recalques Axiais*. In: Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas – XVI CBPE. Rio de Janeiro. Anais...

Randolph, M. F., Wroth, C.P. (1978) *Analysis of Deformation of Vertically Loaded Piles*. In: Journal of Geotechnical Engineering Division, v. 104.

Teixeira, A. H.; Godoy, N. S. (1996) *Análise, projeto e execução de fundações rasas*. In: Hachich, W. et al. (ed.). Fundações: teoria e prática. Pini, São Paulo.

Van Der Veen, C. (1953) *The bearing Capacity of a pile.* In III International Conference on Soil Mech. And Found Engineering, Zurich, v.2, p. 125-151.

Winkler, E. (1867) *Die lehre von der elastizität und festigkeit.* Dominicus, Praga.