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/COBRAMSEG2026.5/49

Correlações Tentativas para Emprego das Leis de Camberfort na Previsão do Comportamento de Estacas

Luis Felipe de Oliveira Pedra
Mestre em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UERJ, Rio de Janeiro, Brasil, luispedra18@outlook.com

Bernadete Ragoni Danziger
Professora Titular PGECIV, UERJ, Rio de Janeiro, Brasil, bernadeterd@hotmail.com

RESUMO: O projeto de fundações envolve a estimativa da capacidade de carga para a verificação da segurança à ruptura (ELU) e a estimativa de recalques para a carga de serviço (ELS). O comportamento do elemento de fundação é obtido através de ensaios, como provas de carga estáticas. O modelo de Massad (1992) permite a interpretação de provas de carga, incluindo todos os trechos da curva. O modelo permite a separação das parcelas de atrito e ponta, além da carga residual aprisionada na ponta, caso presente. O modelo de Massad (1992) se baseia nas leis de Camberfort (1964). Estas leis descrevem a interação solo-estaca, caracterizando a função de transferência de carga ao longo do fuste e da ponta da estaca. Assim, com base na interpretação das provas de carga pelo modelo de Massad (1992), é possível isolar os parâmetros das Leis de Camberfort ajustados a cada ensaio. Foi selecionado um banco de dados de provas de carga, obtido da literatura, o que permitiu a interpretação dos ensaios pelo modelo de Massad e a obtenção dos parâmetros das leis de Camberfort para diferentes tipos de estacas embutidas em diferentes tipos de solos. Foram, assim, estabelecidas correlações que permitem o emprego das leis de Camberfort na previsão da curva carga-recalque.

PALAVRAS-CHAVE: modelo de Massad; leis de Cambefort; transferência de carga; prova de carga.

ABSTRACT: Foundation design involves the estimation of bearing capacity and settlements under service loads. The complete behaviour of the foundation elements can be ideally obtained through load tests. Massad's model (1992) interprets load tests, adjusting all segments of the measured curve. The model allows separation of shaft friction and end bearing components, as well as the residual load trapped at the pile tip, if present. Massad's model (1992) is based on Camberfort's laws (1964), which describe soil-pile interaction, defining the load transfer function along the shaft and the pile tip. Based on the interpretation of load tests by Massad's model, it is possible to isolate the Camberfort law parameters, adjusted to each section of the loading test curve. A database of load tests was compiled and interpreted, which allowed the adjustment of the Camberfort's parameters for different piles embedded in different soils. Tentative correlations were established, aiming at the use of Camberfort's laws for the prediction of the load-settlement curve in foundation design.

KEYWORDS: Massad model; Cambefort's laws; load transfer; load test.

1 1 INTRODUÇÃO

O projeto de fundações envolve a estimativa da capacidade de carga para a verificação da segurança à ruptura, Estado Limite Último, ELU, e a estimativa de recalques para a carga de serviço, Estado Limite de Serviço, ELS. Apenas através de ensaios, como provas de carga, é possível obter, para um dado elemento de fundação embutido num maciço de solo, ou rocha, o seu comportamento nas várias etapas de carregamento: tanto na ruptura como para carga de serviço. Um dos modelos de interpretação de provas de carga capazes de reproduzir a forma da curva, e não apenas a carga de ruptura, é o de Massad (1992, 1993), exemplificado por Massad e Lazo (1998), Fonseca et al. (2007), entre outros.

O modelo matemático proposto por Massad (1992) permite a separação das parcelas de atrito e ponta mobilizadas nas provas de carga, além da carga residual aprisionada na ponta, quando presente. Além disso, é possível se proceder ao ajuste da curva carga-recalque em todos os seus trechos, simulando o ensaio realizado tanto no carregamento quanto no trecho de descarregamento. Massad (1992) se baseia nas leis de Camberfort (1964), que descrevem a interação solo-estaca. As Leis de Camberfort definem a função de transferência de carga ao longo do fuste e da ponta da estaca. Assim, com base na interpretação das provas de carga pelo modelo matemático de Massad, é possível isolar os parâmetros das Leis de Camberfort ajustados a cada ensaio.

A partir da interpretação do ensaio pelo modelo matemático de Massad foi possível isolar os parâmetros das leis de Camberfort (1964) em diferentes ensaios reunidos pelos autores e analisados neste artigo. Uma vez retroanalisados estes parâmetros, foi possível estabelecer algumas correlações entre estes e ensaios de campo, separando as estacas em cravadas e escavadas e a natureza predominante do solo no trecho de embutimento da estaca. Estas correlações permitem o emprego das leis de Cambertfort, não apenas como base para a interpretação de ensaios realizados, como também em previsões do comportamento por ocasião do projeto.

2 MODELO MATEMÁTICO DE MASSAD (1992, 1993)

Massad (1992) desenvolveu um modelo matemático abrangente, fundamentado nas leis de Cambefort, para interpretar provas de carga estáticas em estacas escavadas e cravadas. Esse modelo analítico inclui a consideração de cargas residuais na ponta das estacas, que costumam surgir em estacas cravadas e escavadas, nestas últimas após submetidas a um carregamento prévio. Inicialmente concebido para solos relativamente homogêneos, Massad (1993) estendeu o método, adaptando-o a estacas com embutimento em camadas de solo mais resistentes. Massad (1992) introduziu o coeficiente μ para quantificar a influência da carga residual:

$$\mu = 1 + \frac{P_h}{A_{lr}} = 1 + \frac{f_{res}}{f_{máx}} \qquad (1)$$

A primeira Lei de Cambefort trata da transferência de carga por atrito unitário, considerado uniforme em todo o trecho do fuste, como se fosse uma camada homogênea. O valor $f_{máx}$ corresponde ao atrito disponível mobilizado para um deslocamento y_1, enquanto f_{min} é o atrito lateral unitário negativo (f_{res}). A segunda Lei de Cambefort está relacionada à transferência de carga pela ponta. A Figura 1 ilustra as Leis de Camberfort revisadas por Massad (1992) de modo a contemplar a presença de cargas residuais na ponta.

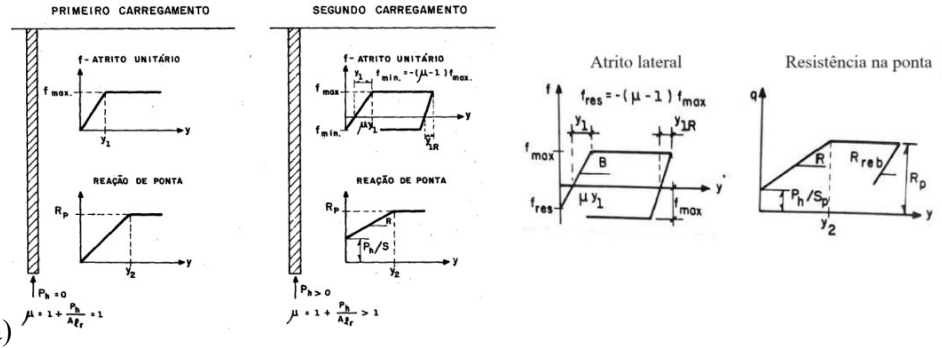


Figura 1. Relações de Camberfort modificadas para estacas escavadas (a) Relações de Camberfort modificadas para estacas cravadas (MASSAD, 1992); (b) (MASSAD e LAZO, 1998)

As Leis de Cambefort indicam, num primeiro carregamento de uma prova de carga em estacas escavadas, a não ocorrência da carga residual. Por esta razão, ambas as curvas partem da origem e o valor de μ é igual a 1, já que o valor de P_h, carga residual na ponta, é nulo (Figura 1(a)). As Leis de Cambefort foram adaptadas por Massad (1992) ao segundo carregamento, situação em que as cargas residuais estão, em geral, presentes. Cabe observar que, na primeira Lei de Cambefort, o atrito lateral unitário parte de um valor inicial, neste caso, negativo. Algo similar ocorre na segunda Lei de Cambefort: uma parte da resistência unitária disponível — especificamente a resistência residual unitária na ponta, cujo valor é P_h/S — já está mobilizada,

mesmo com deslocamento nulo da ponta no segundo carregamento, conforme ilustrado na Figura 1(a).

De forma análoga à Figura 1(a), Massad reescreve as relações de Cambefort para as estacas cravadas, na Figura 1(b). Como P_h é uma carga, e não uma tensão, Massad (1992) dividiu-a pela área S da seção da ponta da estaca na segunda Lei de Cambefort por ele adaptada. Neste caso, como o valor de P_h é maior que zero, o valor de μ é superior a um.

A rigidez da estaca, como elemento estrutural (como se fosse um pilar sem considerar a contenção lateral do solo), é designada por K_r, sendo:

$$K_r = \frac{ES}{h} \tag{2}$$

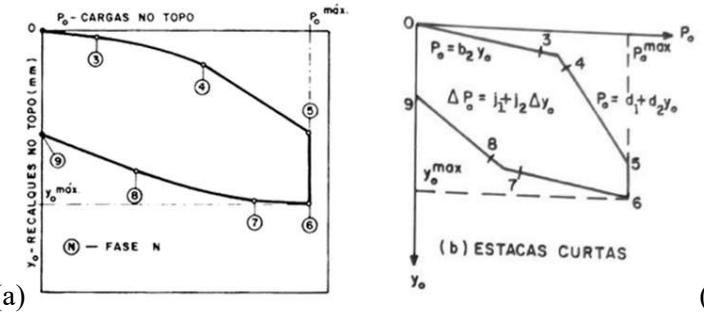
E é o módulo de elasticidade do material da estaca, S a área de sua seção transversal, suposta constante, e h a profundidade do embutimento. O valor de K_r, no SI, é dado em kN/m.

Massad (1992) introduz o coeficiente adimensional, rigidez relativa solo x estaca (k), utilizado nas equações de seu modelo, que controla o comportamento das estacas em compressão axial, indicando se elas apresentarão comportamento compressível ou rígido. A estaca é dita longa ou flexível se $k \geq 8$, isto é, ela precisa se deformar muito para que o atrito lateral se esgote em toda a sua profundidade. Caso o valor de $k \leq 2$, a estaca é classificada como curta ou rígida, na qual o atrito lateral se esgota subitamente do topo à base da estaca. Para os casos em que k apresenta valor intermediário ($2 < k < 8$), Massad (1992) recomenda cautela nas aplicações. O valor de k está relacionado ao deslocamento necessário (y_1) para mobilizar o atrito lateral total (A_{lr}):

$$k = \frac{A_{lr}}{K_r y_1} = 4\left(\frac{h}{D}\right)^2 . \left(\frac{BD}{E}\right) \tag{3}$$

D é o diâmetro da estaca, B é o parâmetro da primeira lei de Camberfort, vide Figura 1, e as demais variáveis já definidas anteriormente.

A Figura 2(a), apresenta o modelo desenvolvido por Massad (1992), para as estacas que apresentam comportamento flexível. Observa-se o desenvolvimento do trecho 3-4, que representa a mobilização do atrito lateral. Massad e Lazo (1998) desenvolveram o método das duas retas para simular o comportamento de estacas rígidas ou curtas (Figura 2(b)). Os autores propuseram um método gráfico, de simples aplicação, restrito ao caso de estacas rígidas.



(a) (b)

Figura 2. Curva carga x recalque teórica modelada por Massad (1992), estacas flexíveis (a) ; Curva carga x recalque teórica modelada por Massad e Lazo (1998), estacas rígidas (b).

Para cada trecho da curva, seja de uma estaca flexível ou rígida, foram desenvolvidas equações para representar o seu comportamento quando carregada.

3 RETROANÁLISE DOS COEFICIENTES DAS LEIS DE CAMBEFORT

A primeira Lei de Cambefort está relacionada à mobilização do atrito lateral unitário. Massad (1992) designou este coeficiente angular por B. Já a segunda Lei de Camberfort é a obtida para representar a transferência de carga pela ponta, sendo o coeficiente angular designado por R (ver Figura 1b). Embora as

unidades de ambos os parâmetros sejam padronizadas em kN/m³ pelo Sistema Internacional, os autores consideram, nesta análise, os parâmetros de Camberfot em kPa/mm, em conformidade com as retroanálises realizadas por Massad em seus estudos. Tal escolha justifica-se, pois correlaciona a tensão aplicada (kPa) e os recalques observados (mm).

Para determinar o coeficiente B, é preciso analisar o trecho da curva em que o atrito lateral é desenvolvido. Nas estacas flexíveis, o trecho analisado é o 0-3 e 3-4, onde ocorre o avanço da mobilização do atrito ao longo do fuste, do topo à ponta. Para as estacas rígidas, esse efeito ocorre no trecho 0-3, visto que o trecho 3-4 praticamente não se desenvolve. Tem-se a Equação 4:

$$B = \frac{f_{máx}}{y_1} \tag{4}$$

O coeficiente angular da segunda Lei de Cambefort é responsável pela mobilização da carga na ponta da estaca. Este coeficiente pode ser definido, em estacas flexíveis, no trecho 4-5 da Figura 2, onde ocorre a mobilização da resistência de ponta ao longo do trecho pseudo-elástico. Utiliza-se a Equação 5 para determinar seu valor:

$$\frac{P_0 - \mu A_{lr}}{y_o - \frac{\mu A_{lr}}{2 K_r}} = \frac{1}{\frac{1}{K_r} + \frac{1}{RS}} \tag{5}$$

Contudo, para as estacas curtas, a formulação referente ao referido intervalo pode ser simplificada conforme a equação 6:

$$RS = \frac{1}{\frac{1}{d_2} - \frac{1}{K_r}} \tag{6}$$

Cabe destacar que o primeiro autor reuniu um banco de dados muito mais extenso do que o selecionado na análise apresentada a seguir. Isso se deveu, principalmente, às seguintes razões:

i) Muitos dos ensaios disponíveis não atingiram um nível de deslocamento suficiente para a caracterização do ponto 4 na curva medida, indicador da mobilização plena do atrito lateral. Esta é uma das premissas do modelo de Massad (1992, 1993) para a determinação da parcela de atrito, A_{lr}, da curva do ensaio.

ii) Alguns dos ensaios apresentaram, no trecho do fuste, camadas com resistências muito diferentes entre si, o que também se distanciava da premissa do método que considera, em todo o trecho do fuste, um atrito lateral uniforme.

Do banco de dados de ensaios obtidos da literatura foram selecionadas para a análise pelo método de Massad 14 provas de carga, em que a base de dados foi construída a partir de dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso e artigos já publicados, O banco de dados reunido inclui estacas cravadas (metálicas e pré-moldadas de concreto) e escavadas (hélice contínua e raiz) de diversos comprimentos e seções. Visando aumentar o número de ensaios, o banco de dados reunido pelos autores foi complementado com os dados de Martins (2024), que também procedeu à análise de provas de carga pelo método de Massad (1992), além de alguns casos divulgados pelo próprio autor do modelo, Massad (1992, 1993), Massad e Lazo (1998), Fonseca et al. (2007). Um total de 35 provas de carga foram interpretadas e tiveram seus parâmetros B e R de Camberfort isolados como base para a continuidade das análises.

O leitor interessado na interpretação detalhada das provas de carga pode encontrar o material completo em Pedra (2026), uma vez que a limitação do espaço não permitiu ilustrar todos estes resultados.

Para este grupo de 27 provas de carga selecionadas, o ponto 4 da curva da Figura 2 foi bem caracterizado e o atrito lateral unitário disponível foi considerado razoavelmente uniforme.

Dando prosseguimento à separação do conjunto de dados, procurou-se caracterizar a natureza predominante do solo e o valor do N_{SPT} ao longo do fuste, para o estabelecimento da correlação que determina

o valor do parâmetro B, da primeira lei de Camberfort (1964). Da mesma forma, no trecho da ponta da estaca, procurou-se caracterizar a natureza do solo na região da ponta de cada uma das estacas, para a determinação de R, da segunda lei de Camberfort (1964). Na caracterização da natureza do solo, em função de sua granulometria, foi utilizada a mesma notação de Aoki e Velloso (1975) na designação da natureza do solo, qual seja: 1 para areia; 2 para silte; e 3 para argila. Exemplo: 123 = areia silto-argilosa; 120 = areia siltosa; e assim para as demais naturezas de solo, de acordo com a análise tátil visual obtida nas diversas sondagens. A Talela 1 reúne os resultados do banco de dados interpretados pelos autores, acrescidos de resultados publicados anteriormente, para posterior estabelecimento das correlações.

Tabela 1. Coeficientes B e R - parcial

Estacas	Tipo	B (kPa/mm)	R (kPa/mm)	Solo fuste	Solo ponta	N_{SPT} fuste	N_{SPT} ponta
PCE-19	Hélice contínua	60,7	13	120	123	10	15
PCE-54		35,4	37	120	120	10	28
PCE-97		37,9	36	20	123	10	19
CA 1	Pré-moldada de concreto	5,2	89	120	120	7	30
P2		5,7	23	120	123	14	28
NA 1		27,9	37	120	120	15	21
RJ PI-4		53,0	67	120	312	10	23
TP	Metálica	10,6	63	130	130	23	33
EPM4		3,2	58	100	320	10	6
EPM5		5,6	29	100	320	15	6

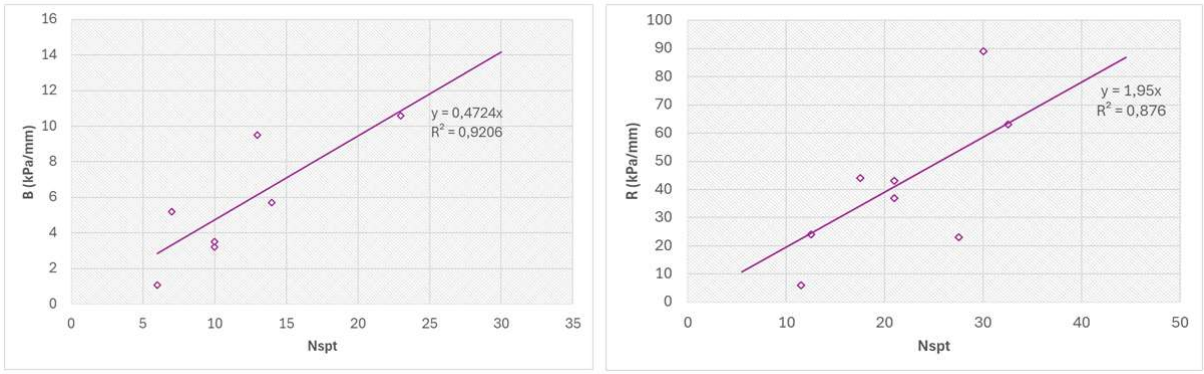
Para o trecho do fuste foram determinados o valor médio do N_{SPT} e a natureza do solo predominante. No trecho da ponta, foi considerado um valor médio de N_{SPT}, entre a região compreendida até a profundidade de 3D, abaixo do nível da ponta, e 8D acima do nível da ponta, sendo D o diâmetro da estaca ou diâmetro equivalente. Também se determinou, para o trecho da ponta, a natureza do solo predominante. No caso de estaca não circular, utilizou-se para valor o diâmetro D equivalente a menor dimensão da seção transversal da estaca. No caso do banco de dados analisado por Martins (2024), em que havia resultados de ensaio CPT, foi utilizada a relação de $K = q_c / N_{SPT}$ para a obtenção do N_{SPT} correspondente.

4 CORRELAÇÃO ENTRE O N_{SPT} E OS COEFICIENTES DE CAMBEFORT

Na análise dos dados, estes foram separados pelo tipo de execução da estaca e pela natureza predominante do solo. Os valores dos parâmetros B e R foram expressos em kPa/mm. Os pares ordenados (N_{SPT}, B) e (N_{SPT}, R) foram plotados para a observação da dispersão dos valores e escolha da curva tentativa para o estabelecimento da correlação. Optou-se por uma correlação simples, do tipo linear passando pela origem. À medida que mais ensaios forem sendo analisados e o banco de dados for estendido, outros tipos de correlações poderão ser estabelecidos.

Apresentam-se, a seguir, os resultados referentes às estacas cravadas instaladas em camadas de predominância arenosa, ao longo do fuste (a) e da ponta (b), Figura 3.

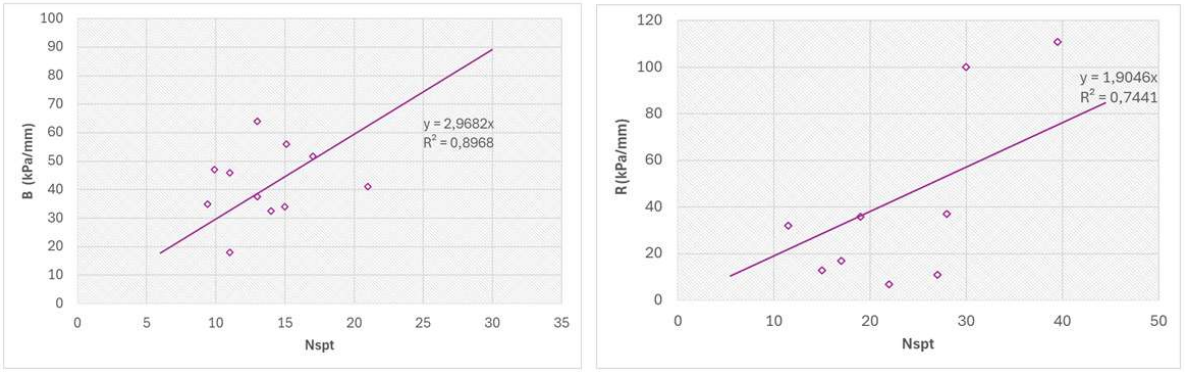
A análise estatística encontrou, na determinação de B, um coeficiente de correlação r = 0,81. Para a correlação do parâmetro R, o coeficiente de correlação foi r = 0,94. Os valores da inclinação da reta de correlação passando pela origem estão apresentados no interior da Figura 3 e na Tabela 2 que resume os resultados.



(a) (b)

Figura 3. N_{SPT} x B – estaca cravada, fuste em areia (a); N_{SPT} x R – estaca cravada, ponta areia (b)

A análise subsequente aborda estacas escavadas em solo arenoso.

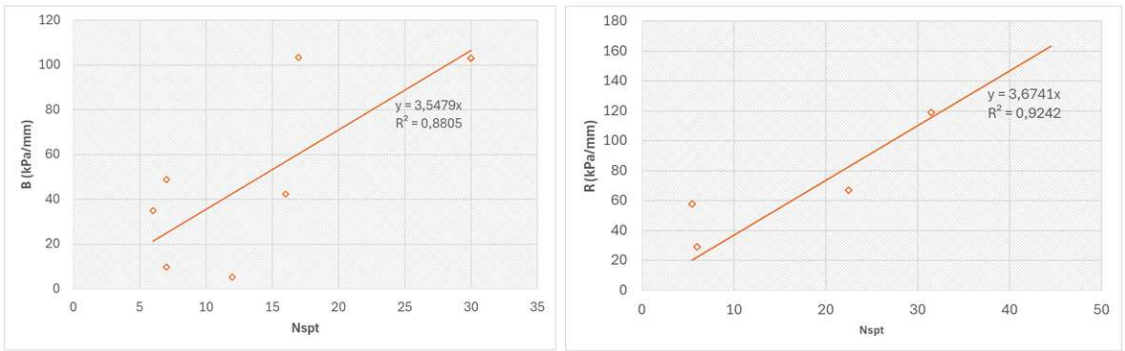


(a) (b)

Figura 4. N_{SPT} x B – estaca escavada, fuste em areia (a); N_{SPT} x R – estaca escavada, ponta areia (b)

Para o parâmetro B, em kPa/mm, e estacas escavadas, a análise estatística revelou um coeficiente de correlação r = 0,95, indicando um ajuste linear forte e significativo para este subconjunto do banco de dados. Para o parâmetro R, a análise de regressão resultou em um coeficiente de correlação r = 0,86. Da mesma forma, os valores da inclinação da reta de correlação passando pela origem estão apresentados no interior da Figura 4 e na Tabela 2, que resume os resultados.

A seguir, procedeu-se à análise das estacas em solos argilosos, separando-as no trecho do fuste (parâmetro B) e na ponta (parâmetro R). Diferentemente da abordagem adotada para os horizontes arenosos, a análise em solos argilosos não contemplou a separação por método executivo. Tal escolha fundamentou-se na reduzida densidade amostral disponível para este tipo de solo, o que poderia comprometer a qualidade da análise. Os resultados estão ilustrados na Figura 5 e resumidos na Tabela 2.



(a) (b)

Figura 5. N_{SPT} x B – estaca fuste em argila (a); N_{SPT} x R – estaca ponta argila (b)

Realizou-se uma análise de regressão linear para investigar a correlação entre as variáveis B e N_{SPT}, em que o coeficiente de correlação obtido foi r = 0,94, evidenciando um ajuste estatístico de elevada significância para a correlação passando pela origem. Para o parâmetro R, obteve-se um coeficiente de correlação r = 0,96, o que indica um ajuste satisfatório do modelo. Os autores esperavam um valor de coeficiente de correlação menor para os solos argilosos, em relação aos solos arenosos, porém tal não se confirmou. Uma possível razão pode ter sido o número muito reduzido de ensaios reunidos neste grupo. Como já destacado, à medida que o banco de dados se tornar mais extenso, estes resultados poderão ser atualizados, na expectativa de reduzir a incerteza e estabelecer funções mais representativas do comportamento das variáveis.

A Tabela 2 resume os resultados das correlações obtidas neste estudo inicial, separando as estacas cravadas e escavadas, bem como a natureza do solo predominante na região do fuste, para o parâmetro B, e na região da ponta, para o parâmetro R.

Tabela 2. Correlações entre o N_{SPT} e os coeficientes de Camberfort

Correlação Valores de R e B em (kPa/mm)		**R**	**Natureza** Solo	**Parcela** Resistente	**Método executivo**
N_{SPT} x B	$B = 0{,}5 \times N_{SPT}$	0,81	Areia	Fuste	Cravada
N_{SPT} x R	$R = 2{,}0 \times N_{SPT}$	0,94	Areia	Ponta	Cravada
N_{SPT} x B	$B = 3{,}0 \times N_{SPT}$	0,95	Areia	Fuste	Escavada
N_{SPT} x R	$R = 1{,}9 \times N_{SPT}$	0,86	Areia	Ponta	Escavada
N_{SPT} x B	$B = 3{,}6 \times N_{SPT}$	0,94	Argila	Fuste	Cravada/Escavada
N_{SPT} x R	$R = 3{,}7 \times N_{SPT}$	0,96	Argila	Ponta	Cravada/Escavada

Para estacas cravadas em solo arenoso, o valor de R (segunda lei de Camberfort), foi superior ao de B (primeira lei de Camberfort), exceto para as escavadas em solo arenoso. Já nos solos de natureza argilosa, embora R tenha sido superior a B, ambos os parâmetros apresentaram valores muito próximos.

Os autores esperavam valores de B e R superiores para estacas cravadas em horizonte arenoso, em relação às escavadas, por conta do efeito de execução. O efeito da execução de estacas cravadas em areia resulta na redução do índice de vazios e aumento da compacidade do solo nas proximidades do fuste das estacas, sendo esperados valores maiores de B para estacas cravadas e menores para as escavadas. Como ainda há poucos resultados, o aumento do banco de dados no futuro poderá reduzir a incerteza das correlações.

Interessante comparar os resultados encontrados no presente artigo com alguns resultados de análises anteriores publicados por Massad e colaboradores. Os valores obtidos de B e R em artigos de Massad e colaboradores, indicam valores situados na mesma faixa encontrada neste trabalho. Porém, enquanto a correlações obtidas acima indicaram valores de R inferiores para estacas cravadas e superiores para as escavadas em areia, em desacordo com a expectativa dos autores, tendência contrária ocorreu com os demais valores indicados na literatura, embora os trabalhos da literatura não tenham reunido o banco de dados para estabelecimento de correlações.

Para estacas cravadas em solos arenosos, os valores obtidos por Massad e colaboradores situam-se na faixa entre 8,4 e 33,2 kPa/mm, para B, e 13 e 965 kPa/mm, para R. Para as estacas escavadas, a variação compreendeu o intervalo de 16,0 a 37,6 kPa/mm, para B, e 7 a 363 kPa/mm, para R. Para solos de natureza argilosa, não foi encontrado nenhum registro para comparação. Estes são valores individuais, não correlacionados ao N_{SPT}.

Souza (2023) apresentou faixa de valores de R obtida de sua experiência, sem explicitar o tipo de solo, indicando cerca de 100 kPa/mm para estacas escavadas e 500 kPa/mm a 1000 kPa/mm para estacas cravadas, predominantemente de atrito e de ponta, respectivamente.

Cabe destacar que, pelo exposto, mesmo com o cuidado de selecionar apenas parte dos ensaios disponíveis, como se ressaltou no item 3 deste artigo, os valores obtidos neste trabalho são apenas indicativos,

ou seja, correlações tentativas. Faz-se necessário o aumento do banco de dados para obtenção de maior confiabilidade das correlações.

5 CONCLUSÃO

A utilização das Leis de Cambefort (1964), como premissa do modelo de Massad (1992), permite a reprodução de curvas simuladas muito próximas às obtidas nas provas de carga do banco de dados analisado. Conclui-se, assim, que as leis idealizadas por Camberfort (1964) continuam válidas e úteis para emprego na atualidade. A separação entre a mobilização do atrito lateral e a resistência de ponta, possível de ser obtida pelo modelo de Massad quando o ensaio é levado até um nível de deslocamento suficiente, fornece a base teórica necessária para isolar as componentes de rigidez do sistema fundação-solo, ou seja, os parâmetros B e R de Camberfort (1964). A capacidade do modelo matemático de Massad de identificar as parcelas de atrito lateral, parcela de ponta e carga residual aprisionada na ponta, nos ciclos de carga e descarga dos ensaios, surge como um diferencial para o entendimento do comportamento de provas de carga. Conclui-se, portanto, que os modelos estabelecidos por Cambefort (1964) permanecem como relevantes na prática de fundações, permitindo uma comparação entre as premissas de projeto e os resultados de campo.

Uma vez selecionados os ensaios que atenderam às premissas básicas do modelo matemático, os ensaios foram interpretados e individualizadas as parcelas de atrito lateral, resistência de ponta e a carga residual. Em seguida, foram reunidos os parâmetros de Camberfort para solos arenosos e argilosos e estacas cravadas e escavadas e estabelecidas as correlações.

Embora os valores de B e R encontrados tenham se aproximado da faixa de valores publicados na literatura, as correlações ainda têm caráter indicativo. A expectativa de valores de R e B maiores em estacas cravadas não se verificou, causando certa estranheza. O banco de dados será estendido, oportunamente, na tentativa de aumentar a confiabilidade das correlações apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOKI, N.; VELLOSO, D. A. *An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. Proceedings*. 5th Pan American CSMFE, Buenos Aires, v. 1, p. 367-376, 1975.

CAMBEFORT, H. *Essai sur le Comportement em Terrain Homogéne des Pieux Isolés et des Groupes de Pieux.* Annales de L'institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, Série: SOLS ET FONDATIONS (44), Paris, 1964.

FONSECA, A. V.; SANTOS, J. A.; ESTEVES, E. C.; MASSAD, F. *Analysis of piles in residual soil from granite considering residual loads.* Solos e Rochas, v.30, p.63 – 80, 2007.

MARTINS, B. N. *Interpretação de provas de carga em estacas pelo modelo matemático de Massad contemplando cargas residuais.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UERJ, Rio de Janeiro, 2024.

MASSAD, F. (1992). *"Sobre a Interpretação de Provas de Carga em Estacas, Considerando as Cargas Residuais de Ponta e a Reversão do Atrito Lateral. Parte I".* Revista Solos e Rochas, 15(2):103-115, S. P.

MASSAD, F. (1993). *Sobre a Interpretação de Provas de Carga em Estacas, Considerando as Cargas Residuais na Ponta e a Reversão do Atrito Lateral. Parte II.* Revista Solos e Rochas, 16 (2): 93- 112, S. Paulo.

MASSAD, F.; LAZO, G. (1998) *Método Gráfico para Interpretar a Curva Carga Recalque de Provas de Carga Verticais em Estacas Rígidas ou Curtas.* XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, vol III:1407- 1414, Brasília, Brasil.

PEDRA, L. F. O. *Aplicação das equações de Camberfort na previsão do comportamento das estacas carregadas.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UERJ, Rio de Janeiro, 2026.

SOUZA, R. N. (2023). *Previsão de curva carga-recalque de estacas com base no Método das Duas Retas.* Seminário de Engenharia de Fundações Especiais – SEFE 10, ABMS, São Paulo.