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/COBRAMSEG2026.5/80

Métodos Semiempíricos Baseados no SPT em um Banco de Dados de Casos Brasileiros: Capacidade de Carga Total de Estacas Escavadas

Yuri Barbosa
Pós-doutorando, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, yuri.barbosa@usp.br

Alan Henrique Carneiro Brito
Doutorando, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, alanhenrique@usp.br

Ana Clara Takada Orsini
Aluna de graduação, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, anaclaratakadaorsini@usp.br

Marianna Nascimento de Carvalho
Aluna de graduação, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, mariannacarvalho@usp.br

Marcos Massao Futai
Professor titular, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, futai@usp.br

RESUMO: O Brasil conta com uma vasta experiência na execução de provas de carga e utilização do ensaio SPT para determinação da capacidade de carga de fundações profundas. Muitos trabalhos focam na adequação dos métodos semiempíricos para previsão de capacidade de carga. Entretanto, esses trabalhos levam em consideração poucas metodologias, ou apenas as mais empregadas. Por essa razão, o presente artigo tem como objetivo a construção de um banco de dados com 138 provas de carga instrumentadas realizadas em estacas escavadas para avaliação de 16 métodos semiempíricos baseados no SPT. O banco de dados foi construído a partir de publicações desses ensaios realizados no Brasil (artigos, dissertações e teses). Neste trabalho, apenas a capacidade de carga total foi analisada, resultando em um total de 2208 estimativas performadas. A reta de melhor ajuste, a média e o desvio padrão do viés (razão entre capacidades de carga medida e prevista) e o diagrama de Taylor (2001) foram os critérios adotados para rankeamento dos métodos. As propostas de Antunes e Cabral (1996), Teixeira (1996) e Décourt e Quaresma (1978) apresentaram os melhores desempenhos entre as metodologias analisadas para o banco de dados em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Banco de Dados, Métodos Semiempíricos, Capacidade de Carga Total, Prova de Carga, Solos Tropicais.

ABSTRACT: Brazil has extensive experience in the execution of pile load tests and in the use of the SPT for determining the bearing capacity of deep foundations. Numerous studies have focused on adapting semi-empirical methods for predicting bearing capacity. However, these studies typically consider only a limited number of methodologies, or only those most commonly employed. For this reason, the present paper aims to construct a database comprising 138 instrumented load tests performed on bored piles in order to evaluate 16 SPT-based semi-empirical methods. The database was compiled from published Brazilian case histories, including journal articles, master's dissertations, and doctoral theses. In this study, only the total bearing capacity was analyzed, resulting in a total of 2,208 predicted values. The best-fit line, the mean and standard deviation of the bias (defined as the ratio between measured and predicted bearing capacities), and the Taylor diagram (2001) were adopted as criteria for ranking the methods. The approaches proposed by Antunes and Cabral (1996), Teixeira (1996), and Décourt and Quaresma (1978) showed the best performance among the methodologies evaluated for the database considered.

KEYWORDS: Database; Semi-empirical methods; Total bearing capacity; Load test; Tropical soils.

1 INTRODUÇÃO

A organização sistemática e a consolidação de bancos de dados vêm assumindo importância crescente no âmbito da pesquisa científica atual, em diferentes campos do conhecimento. Na engenharia de fundações, em particular, a reunião de extensos conjuntos de dados oriundos de provas de carga em estacas tem possibilitado avanços expressivos em diversas linhas de investigação. Esses acervos têm sido amplamente utilizados em estudos voltados à comparação e hierarquização de métodos de estimativa da capacidade de carga (Golafzani et al., 2020a, 2020b; Heidari e Ghazavi, 2021), bem como na calibração e recalibração de fatores de resistência adotados em projetos geotécnicos (Pari et al., 2019; Roshani et al., 2025; Zhang et al., 2025). Além disso, tais bases de dados têm subsidiado análises de confiabilidade aplicadas a problemas geotécnicos (AbdelSalam et al., 2015; Golafzani et al., 2020a, 2020b). Mais recentemente, esses repositórios também têm servido de suporte para aplicações consistentes de tomadores de decisão multicritério (Golafzani et al., 2022) e para o desenvolvimento de abordagens baseadas em aprendizado de máquina, com destaque para técnicas não-supervisionadas empregadas na previsão tanto da capacidade de carga (Pham et al., 2020; Shoaib e Abu-Farsakh, 2024) quanto do comportamento carga-recalque das estacas (Abu-Farsakh e Shoaib, 2024; Al-Awad et al., 2024; Nguyen et al., 2024). A ampla gama de análises viabilizadas por esses bancos decorre, sobretudo, da multiplicidade de variáveis associadas à interação solo-estrutura, que tornam o comportamento do sistema inerentemente complexo, incluindo características do solo, tipo de estaca e aspectos geométricos. Soma-se a isso o progresso de técnicas experimentais que permitem a separação das contribuições de resistência por atrito lateral e por ponta, como as provas de carga estática instrumentadas, ampliando de forma significativa o escopo investigativo dessas bases de dados.

Paralelamente, o Brasil tem uma vasta experiência no dimensionamento de estacas escavadas a partir do *Standard Penetration Test* (SPT). Atualmente, os métodos mais empregados são o de Aoki e Velloso (1975) e o de Décourt e Quaresma (1978), sendo os primeiros desenvolvidos em âmbito nacional, mas usando dados apenas regionais. Ao longo desses quase 50 anos, novos métodos foram sendo desenvolvidos, a destacar: modelos desenvolvidos a partir da recalibração dos fatores de métodos já existentes, como os de Alonso (1981), Laprovitera (1988) e Monteiro (1997) que sugeriram novos coeficientes a partir da metodologia de Aoki e Velloso (1975); modelos desenvolvidos a partir da aplicação dos conceitos de energia envolvidos na cravação do amostrador durante o ensaio SPT, como a proposta de Lobo (2005); modelos desenvolvidos para tipos específicos de estacas escavadas, como os de Antunes e Cabral (1996) e o de Karez e Rocha (2000), voltados para estacas do tipo hélice contínua; e métodos obtidos por meio de regressão linear, como a sugestão de Vorcaro e Velloso (2000). Com exceção das metodologias de Aoki e Velloso (1975) e Décourt e Quaresma (1978), muitos desses métodos ainda não são utilizados no exterior apesar do tempo considerável das publicações, carecendo de publicação e citação que os empreguem. Além disso, ainda não há trabalhos na literatura que investigue quantitativamente a capacidade de todos esses métodos na predição da capacidade de carga de estacas escavadas.

Com base nisso, o presente trabalho tem como principal objetivo apresentar um banco de dados de provas de carga instrumentadas em estacas escavadas e avaliar o potencial de 16 métodos semiempíricos baseados no SPT de estimar a capacidade de carga total dessas estruturas. As metodologias foram avaliadas de acordo com a média e desvio padrão do viés (razão entre capacidades de carga medida e prevista) de cada caso do banco e com base na localização no Diagrama de Taylor. O banco de dados também comporta as resistências lateral e de ponta de cada caso, mas apenas a total foi selecionada para análise neste artigo. O potencial dos 16 métodos para previsão da resistência de cada parcela separadamente será abordado em trabalhos futuros.

2 METODOLOGIA

Um total de 177 provas de carga instrumentadas foi levantado a partir da literatura, extraído de 32 publicações, incluindo teses, dissertações, artigos de congresso e periódicos científicos. Após a consolidação da base de dados, foram adotados critérios para a filtragem dos casos incluídos, como segue: (*i*) a carga de ruptura foi definida como aquela correspondente a um deslocamento equivalente a 10% do diâmetro da estaca. Nos casos em que a carga máxima registrada no ensaio não atingiu esse limite, aplicou-se o método de extrapolação proposto por Van der Veen (1953). Adicionalmente, os casos em que a carga de ruptura obtida

por extrapolação excedeu em mais de 40% o valor máximo atingido experimentalmente foram excluídos do banco de dados; (*ii*) casos de estacas cravadas e/ou ensaiadas à tração também foram removidos do banco. Ao final, restaram 138 provas de carga instrumentadas cujas estatísticas são apresentadas na Figura 1 a seguir, revelando um banco formado principalmente por estacas dos tipos hélice contínua e escavada de concreto, com diâmetro médio de 0,60 m e comprimentos entre 10 e 30 m em solos mistos e arenoso dos Estados de Goiás e São Paulo.

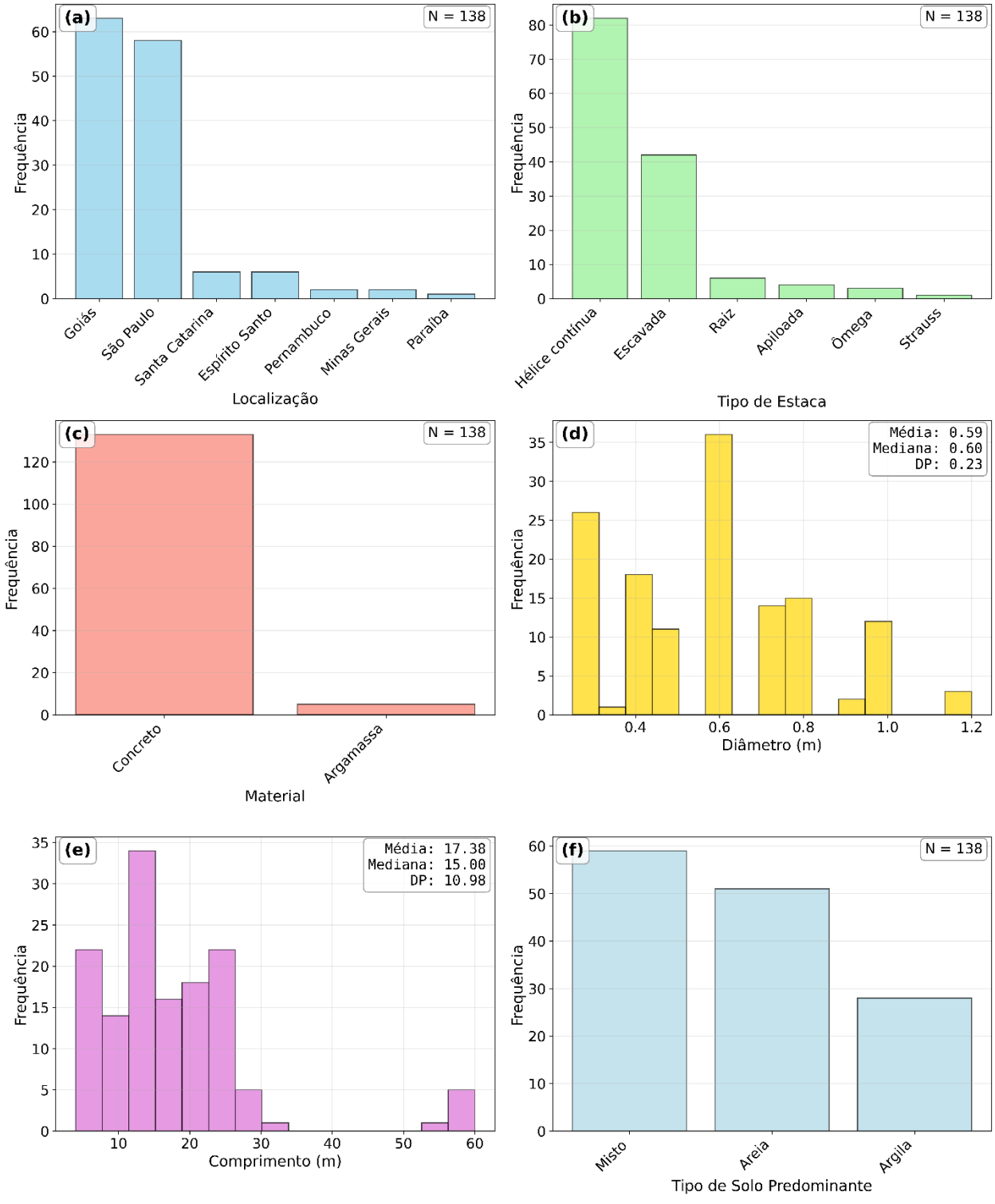


Figura 1. Informações do banco de dados: (a) localização, (b) tipo de estaca, (c) material da estaca, (d) diâmetro, (e) comprimento, e (f) tipo de solo predominante.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta as relações entre capacidades de carga prevista e estimada para os 16 métodos analisados. É mostrado também a linha 1:1, que separa as tendências de superestimar ou subestimar a resistência total por meio da localização do ponto à esquerda ou à direita da reta, respectivamente. Por meio da figura é possível indicar que os métodos de Laprovitera (1988), Meyerhof (1976), Milititsky e Alves (1985), Vorcaro e Velloso (2000) e Robert (1997) tendem a subestimar a capacidade de carga total para a maioria dos casos analisados, enquanto a proposta de Karez e Rocha (2000) propende a superestimá-la. As demais metodologias não apresentam essas tendências quando analisadas qualitativamente.

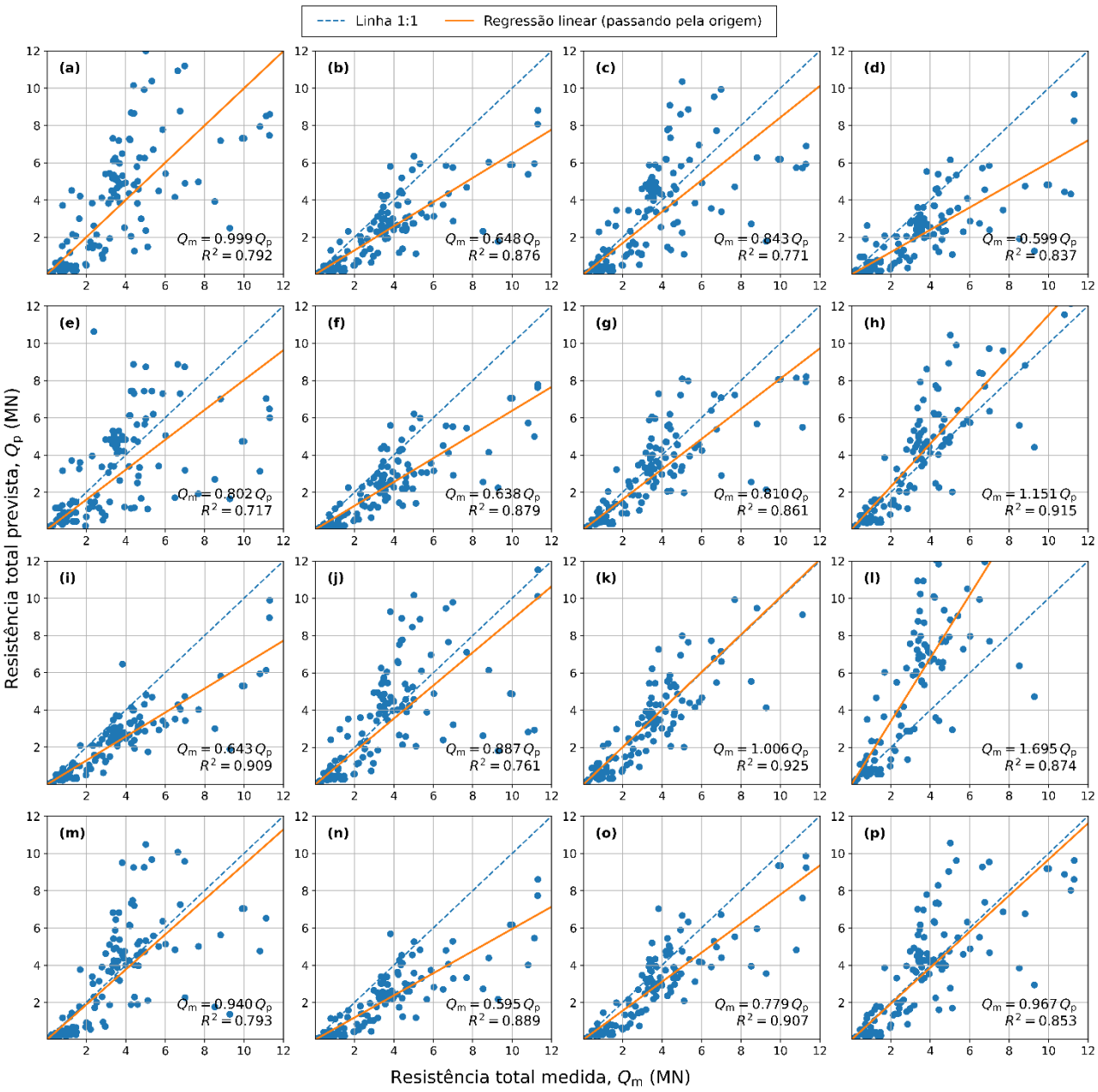


Figura 2. Resistencências total medida em função da prevista pelos métodos de (a) Aoki e Velloso (1975), (b) Laprovitera (1988), (c) Alonso (1981), (d) Meyerhof (1976), (e) Velloso (1981), (f) Milititsky e Alves (1985), (g) Décourt e Quaresma (1978), (h) Teixeira (1996), (i) Vorcaro e Velloso (2000), (j) Lobo (2005), (k) Antunes e Cabral (1996), (l) Karez e Rocha (2000), (m) Shioi e Fukui (1982), (n) Robert (1997), (o) Bazaraa e Kurkur (1986), e (p) Monteiro (1997).

Na Figura 2 também são apresentadas as retas de melhor ajuste para cada método analisado, que passa pela origem dos eixos. Esse critério estabelece que o método apresenta melhor desempenho quanto mais próximo à unidade é o coeficiente angular (a), sendo o R^2 usado apenas como critério de desempate. De acordo com essa avaliação, os métodos de Aoki e Velloso (1975), Antunes e Cabral (1996) e Monteiro (1997) se destacam enquanto os de Meyerhof (1976), Robert (1997) e Karez e Rocha (2000) apresentam pior performance. Vale destacar que os métodos de Antunes e Cabral (1996) e Karez e Rocha (2000) foram desenvolvidos para aplicação em estacas do tipo hélice contínua (que representa aproximadamente 60% do banco de dados), fato este que não garante o melhor ou pior desempenho do método. O mesmo raciocínio se aplica para as propostas de Aoki e Velloso (1975) e Vorcaro e Velloso (2000), que apresentam coeficientes específicos para estacas dos tipos hélice contínua e escavada (por volta de 88% do banco de dados). Esse fato pode ser explicado devido às variabilidades do solo e processos executivos da estaca que varia entre o presente banco de dados e o utilizado para desenvolver e/ou validar cada metodologia de previsão. O critério adotado também tem influência nesse tipo de resposta, motivo pelo qual foram adotados diferentes critérios para avaliação neste trabalho. De modo geral, a maioria dos métodos resultou em a menor que 1, indicando tendência a subestimar a resistência total. Isso pode ser explicado pelo fato da maioria dos casos ser dos Estados de São Paulo e Goiás, típicos de solos laterizados e já apontados por Décourt (2018) como um tipo de solo ainda pouco explorado pelos métodos de previsão, que tendem a subestimar sua real resistência.

A Figura 3 mostra os valores de média (μ) e desvio padrão (σ) do viés (λ_R), que é a relação entre capacidades de carga prevista e medida. Esse critério é avaliado de acordo com a proximidade da média ao valor unitário, o que indica estimativa exata da resistência. Desvio padrão próximo de zero indica melhor desempenho do método, sendo utilizado apenas como medida de desempate. De acordo com esse critério, as propostas de Teixeira (1996), Antunes e Cabral (1996) e Décourt e Quaresma (1978) foram os que melhor performaram na previsão da capacidade de carga total, enquanto os métodos de Meyerhof (1976), Milititsky e Alves (1985) e Robert (1997) apresentaram médias mais distantes da unidade. Um ponto a se destacar da Figura 3 é que, com exceção da formulação de Karez e Rocha (2000), os demais métodos tenderam a subestimar a capacidade de carga total das estacas, resultando em $\lambda_R > 1$. Essa resposta corrobora com a conclusão do critério anterior e com Décourt (2018).

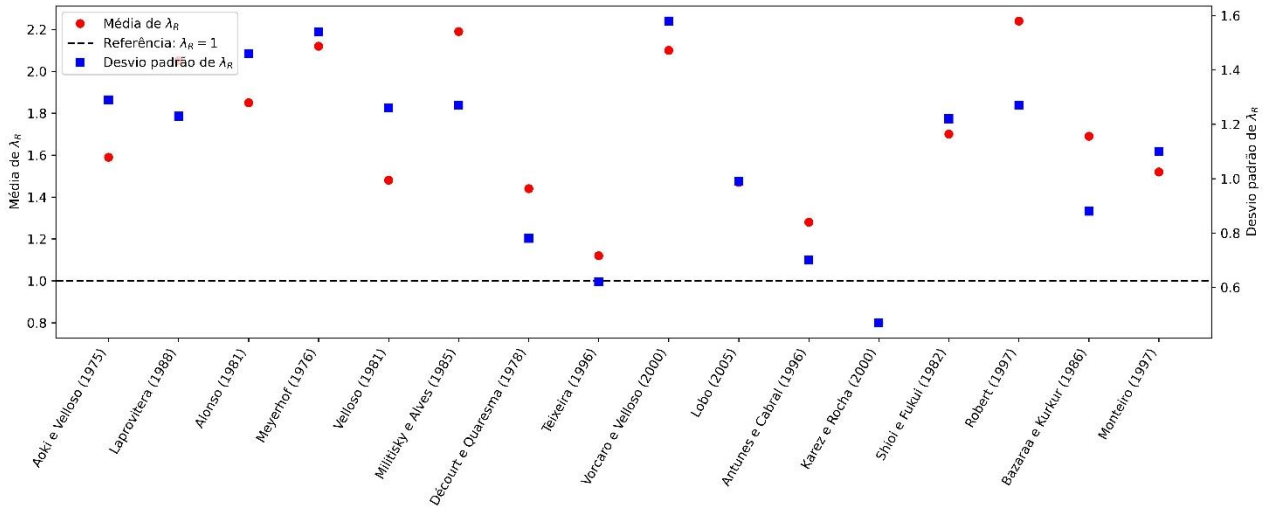


Figura 3. Média e desvio padrão de λ_R para cada método.

A Figura 4 dispõe a localização de cada metodologia dentro do Diagrama de Taylor (2001). Nesse critério, a raiz do erro médio quadrado centralizado (cRMS) é relacionada ao coeficiente de correlação e desvio padrão, e uma maior proximidade ao ponto experimental indica melhor desempenho do método. Esse critério indica que os métodos de Antunes e Cabral (1996), Bazaraa e Kurkur (1986) e Vorcaro e Velloso (2000) configuram como os mais eficientes e os de Lobo (2005), Velloso (1981) e Karez e Rocha (2000) os menos eficientes. Da Figura 4 também pode se observar a existência de um grupo de métodos com performances semelhantes, com desvio padrão, coeficiente de correlação e cRMS variando entre 1500 e 3000 kN, 0,6 e 0,85, e 1000 e 2000 kN, respectivamente.

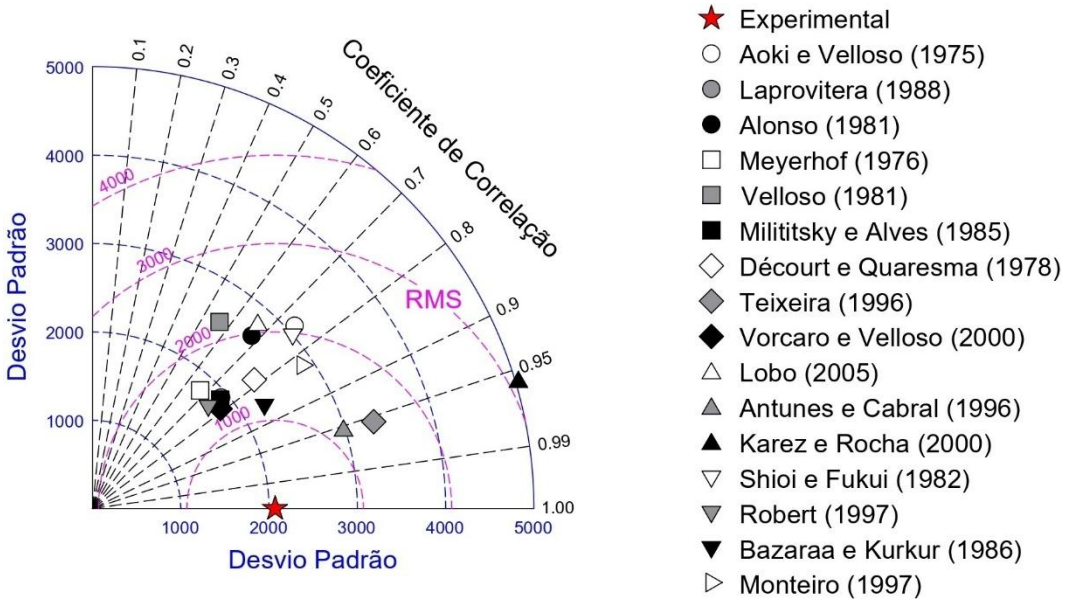


Figura 4. Diagrama de Taylor para os métodos baseados no SPT.

A Tabela 1 a seguir resume em valores os três critérios avaliados e suas métricas, apresentando o rank geral para cada critério e o ranqueamento final para cada método. Para o cálculo do rank final, somou-se os ranks de cada critério e as metodologias que apresentaram menor valor, configuraram como um melhor desempenho global. Essa análise resultou na classificação dos métodos de Antunes e Cabral (1996), Décourt e Quaresma (1978) e Teixeira (1996) como os de melhores desempenhos e os de Robert (1997), Meyerhof (1976) e Karez e Rocha (2000) como os piores para o banco de dados investigado.

Tabela 1. Avaliação dos critérios e ranqueamento final de cada método.

Métodos	Melhor ajuste da reta			λ_R			Diag. Taylor		Rank final
	a	R^2	Rank	μ	σ	Rank	cRMS	Rank	
Aoki e Velloso (1975)	0,999	0,792	1	1,59	1,29	8	2080	13	6
Laprovitera (1988)	0,648	0,925	2	2,05	1,23	12	1396	6	11
Alonso (1981)	0,843	0,853	3	1,85	1,46	11	1974	11	10
Meyerhof (1976)	0,599	0,793	4	2,12	1,54	14	1584	9	16
Velloso (1981)	0,802	0,761	5	1,48	1,26	6	2204	15	12
Mililitsky e Alves (1985)	0,638	0,915	6	2,19	1,27	15	1380	4	13
Décourt e Quaresma (1978)	0,810	0,771	7	1,44	0,78	4	1476	7	3
Teixeira (1996)	1,151	0,861	8	1,12	0,62	1	1488	8	2
Vorcaro e Velloso (2000)	0,643	0,717	9	2,10	1,58	13	1288	3	9
Lobo (2005)	0,887	0,907	10	1,47	0,99	5	2086	14	7
Antunes e Cabral (1996)	1,006	0,876	11	1,28	0,70	3	1172	1	1
Karez e Rocha (2000)	1,695	0,909	12	0,80	0,47	2	3104	16	14
Shioi e Fukui (1982)	0,940	0,879	13	1,70	1,22	10	1982	12	8
Robert (1997)	0,595	0,837	14	2,24	1,27	16	1388	5	15
Bazaraa e Kurkur (1986)	0,779	0,889	15	1,69	0,88	9	1182	2	5
Monteiro (1997)	0,967	0,874	16	1,52	1,10	7	1652	10	4

3 CONCLUSÕES

O estudo apresentou como principal novidade a construção de um banco de dados robusto e sistematizado, composto por 138 provas de carga estática instrumentadas em estacas escavadas realizadas no Brasil, permitindo a avaliação simultânea e quantitativa de 16 métodos semiempíricos baseados no SPT para estimativa da capacidade de carga total. A análise envolveu um número expressivo de previsões (2.208), o que conferiu maior consistência estatística às comparações. A metodologia adotada baseou-se na aplicação de

critérios complementares de desempenho: a análise da reta de melhor ajuste entre valores medidos e previstos, a avaliação estatística do viés (média e desvio padrão da razão entre capacidade medida e prevista) e o posicionamento dos métodos no Diagrama de Taylor. A combinação desses critérios permitiu um ranqueamento global das metodologias, reduzindo a dependência de um único indicador de desempenho.

As discussões evidenciaram que os métodos de Antunes e Cabral (1996), Décourt e Quaresma (1978) e Teixeira (1996) apresentaram melhor desempenho global para o banco de dados analisado, enquanto outras propostas mostraram limitações significativas. A depender do critério adotado, observou-se uma tendência generalizada de subestimação da capacidade de carga atribuída principalmente à predominância de solos lateríticos, cuja resistência nem sempre é adequadamente capturada por métodos clássicos baseados no SPT. Também, concluiu-se que metodologias desenvolvidas para condições ou tipos específicos de estacas não garantem desempenho superior quando aplicadas a um conjunto de dados mais amplo e heterogêneo, reforçando a importância de avaliações independentes baseadas em bancos de dados extensos. A aplicação de outros critérios, a análise dos métodos considerando tipos específicos de estacas e/ou solos do banco de dados e a avaliação multicritério considerando apenas capacidades de carga lateral e de ponta são sugestões para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AbdelSalam, S.S., Baligh, F.A., El-Naggar, H.M. (2015) A database to ensure reliability of bored pile design in Egypt. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering*, 168(2), p. 131-143.

Abu-Farsakh, M.Y., Shoaib, M.M. (2024) Machine learning models to evaluate the load-settlement behavior of piles from cone penetration test data. *Geotechnical and Geological Engineering*, 42(5), p. 3433-3449.

Al-Awad, K., Fattah, M.Y., Al-Zuheriy, A.S.J. (2024) Estimation of the settlement of pile head using ANN and multivariate linear regression based on the results of load transfer method. *Open Engineering*, 14(1), p. 20240026.

Alonso, U.R. (1981) Estimativa da curva carga-recalque de estacas a partir dos resultados de sondagens à percussão. *Revista Solos e Rochas*, 4, p. 19-32.

Antunes, W.R., Cabral, D.A. (1996) Capacidade de carga de estacas hélice contínua. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE 3, São Paulo. *Anais...* ABMS. v. 2, p. 105-109.

Aoki, N. Velloso, D.A. (1975) An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Buenos Aires. *Anais...* Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos y Ingeniería de Fundaciones. p. 367-376.

Bazaraa, A.R., Kurkur, M.M. (1986) N-values used to predict settlements of piles in Egypt. In: Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering, New York. *Anais...* ASCE. p. 462-474.

Décourt, L. (2018) Design of shallow foundations on soils and rocks on basis of settlement considerations. In: Innovations in geotechnical engineering. p. 342-357.

Décourt, L., Quaresma, A.R. (1978) Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica - COBRAMSEG, Rio de Janeiro. *Anais...* ABMS. p. 45-53.

Golafzani, S.H., Chenari, R.J., Eslami, A. (2020a) Reliability based assessment of axial pile bearing capacity: static analysis, SPT and CPT-based methods. *Georisk: Assessment and management of risk for Engineered Systems and Geohazards*, 14(3), p. 216-230.

Golafzani, S.H., Eslami, A., Chenari, R.J. (2020b) Probabilistic assessment of model uncertainty for prediction of pile foundation bearing capacity; static analysis, SPT and CPT-based methods. *Geotechnical and Geological Engineering*, 38(5), p. 5023-5041.

Golafzani, S.H., Eslami, A., Chenari, R.J. (2022) Optimized selection of axial pile bearing capacity predictive methods based on multi-criteria decision-making (MCDM) models and database approach. *Soft Computing*, 26(12), p. 5865-5881.

Heidari, P.E., Ghazavi, M. (2021) Statistical evaluation of CPT and CPTu based methods for prediction of axial bearing capacity of piles. *Geotechnical and Geological Engineering*, 39(2), p. 1259-1287.

Karez, M. Rocha, E.A.C. (2000) Estacas tipo hélice contínua: previsão da capacidade de carga. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE 4, São Paulo. *Anais...* ABMS. p. 274-278.

Laprovitera, H. (1988) *Reavaliação do método semi-empírico de previsão de capacidade de carga de estacas a partir de banco de dados*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 213 p.

Lobo, B.O. (2005) *Método de previsão de capacidade de carga de estacas: aplicação dos conceitos de energia do ensaio SPT*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 121 p.

Meyerhof, G.G. (1976) Bearing capacity and settlement of pile foundations. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 102(3), p. 197-228.

Milititsky, J., Alves, I. (1985) Discussions – Section 3.3: building foundations. In: International Conference on Geomechanics in Tropical Lateritic and Saprolitic Soils, Brasília. *Anais…* ABMS. p. 45-48.

Monteiro, P.F. (1997) Capacidade de carga de estaca – método de Aoki-Velloso. Relatório técnico interno – Estacas Franki Ltda.

Nguyen, T., Ly, D.K., Shiau, J., Nguyen-Dinh, P. (2024) Optimizing load-displacement prediction for bored piles with the 3mSOS algorithm and neural networks. *Ocean Engineering*, 304, p. 117758.

Pari, S.A.A., Habibagahi, G., Ghahramani, A., Fakharian, K. (2019) Reliability-based calibration of resistance factors in LRFD method for driven pile foundations on inshore regions of Iran. *International Journal of Civil Engineering*, 17(12), p. 1859-1870.

Pham, T.A., Ly, H.B., Tran, V.Q., Giap, L.V., Vu, H.L.T., Duong, H.A.T. (2020) Prediction of pile axial bearing capacity using artificial neural network and random forest. *Applied Sciences*, 10(5), p. 1871.

Robert, Y. (1997) A few comments on pile design. *Canadian Geotechnical Journal*, 34(4), p. 560-567.

Roshani, P., Sedano, J.A.I., Rezvani, R., Tutunchian, M.A. (2025) Recalibration of LRFD resistance factors for driven steel piles at end of drive conditions in Alberta, Canada. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*, 11(1), p. 04024077.

Shioi, Y., Fukui, J. (1982) Application of N-value to design of foundations in Japan. In: European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam. *Anais…* [s.n.]. v. 1, p. 159-164.

Shoaib, M.M., Abu-Farsakh, M.Y. (2024) Exploring tree-based machine learning models to estimate the ultimate pile capacity from cone pentration test data. *Transportation Research Record*, 2678(1), p.136-149.

Taylor, K.E. (2001) Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106(D7), p. 7183-7192.

Teixeira, A.H. (1996) Projeto e execução de fundações. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE 3, São Paulo. *Anais...* ABMS. p. 33-50.

Van der Veen, C. (1953) The bearing capacity of pile. In: International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering - ICSMFE 3. *Anais…* ISSMGE. p. 84-90.

Velloso, P.P.C. (1981) Estacas em solo: dados para a estimativa do comprimento. In: Ciclo de Palestras sobre Estacas Escavadas, Rio de Janeiro. *Anais...* Clube de Engenharia.

Vorcaro, M.C., Velloso, D.A. (2000) Avaliação de carga última em estacas escavadas por regressão linear. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE 3, São Paulo. *Anais...* ABMS. v. 2, p. 331-344.

Zhang, Y., Huang, J., Giacomini, A., Xie, J., Lu, J. (2025) Robust calibration of shaft and base resistance factors for piles based on multiobjective optimization. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 151(3), p. 04024169.