



Análise da Capacidade de Carga de Estaca Escavada Curta Utilizando o Ensaio DPL

Rogério Saraiva Júnior

Mestrando, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil, rogeriosj14@gmail.com

Jean Rodrigo Garcia

Professor, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil, jean.garcia@ufu.br

RESUMO: A estimativa da capacidade de carga através de métodos semiempíricos, fundamentados em resultados de ensaios de campo, tem sido uma prática amplamente adotada ao longo do tempo. No entanto, para pequenas construções, a sondagem SPT do terreno nem sempre é uma prática comum. Nesse contexto, o uso de sondagens mais simples e acessíveis economicamente podem servir de alternativa a obtenção de parâmetros necessários ao projeto de fundações. Nesse sentido, analisa-se neste artigo, o uso do ensaio DPL (*Dynamic Penetration Light*) para estimativa da capacidade de carga de uma estaca escavada mecanicamente à trado e instrumentada, com 0,25 m de diâmetro e 4 m de comprimento, instalada em solo tropical na cidade de Uberlândia (MG). Esses resultados são então comparados àqueles obtidos com SPT (*Standard Penetration Test*) e prova de carga estática (PCE). As estimativas obtidas por métodos semiempíricos mostram precisão aceitável em relação à prova de carga, validando pontualmente o uso da sondagem DPL como alternativa técnica mais acessível para a população. Essa técnica pode tornar o projeto de fundação mais confiável e eficiente, contribuindo para o desenvolvimento urbano sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Estaca escavada curta, ensaio DPL, correlação, capacidade de carga.

ABSTRACT: Estimate of load capacity through semi-empirical methods, based on field test results, has been a widely adopted practice over time. However, for small constructions, Standard Penetration Test (SPT) of the ground is not always a common practice. In this context, the use of simpler and economically accessible soil tests can serve as an alternative to obtaining parameters required for foundation design. In this article, the use of the Dynamic Penetration Light (DPL) test is analyzed for estimating the load capacity of a bored and instrumented pile with a diameter of 0.25 meters and a length of 4 meters, installed in tropical soil in the city of Uberlândia (MG). These results are then compared to those obtained with SPT and static load tests. The estimates obtained through semi-empirical methods show an acceptable accuracy compared to the static load test, partially validating the use of the DPL test as a more accessible technical alternative for the population. This technique can make foundation design more reliable and efficient, contributing to sustainable urban development.

KEYWORDS: Short bored pile, DPL test, correlation, bearing capacity.

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





1 Introdução

As investigações geotécnicas são uma parte essencial da elaboração correta e otimizada de projetos de fundações para obras de diferentes tamanhos. Esses ensaios fornecem aos projetistas parâmetros que permitem a avaliação adequada da fundação necessária para suportar eficiente e seguramente a superestrutura. No entanto, para construções de menor porte, é comum haver pouca ou nenhuma investigação do solo. Há muito tempo, considerando as características heterogêneas dos maciços de solo, Terzaghi & Peck (1987) alertaram que um projeto de fundações não pode ser feito de maneira inteligente e satisfatória sem que o projetista tenha conhecimento, ao menos razoável, das características físicas do solo envolvido. Diante disto, fica evidente a necessidade de realizar estudos adequados para compreender a variação e o comportamento mecânico dos solos que servem de suporte para as fundações, sendo as sondagens SPT e DPL algumas das investigações mais comuns realizadas no Brasil.

As sondagens à percussão *in situ* têm sido amplamente utilizadas na engenharia geotécnica e de fundações para investigações e análises de solos, em via de serem aplicadas em projetos de fundações. A sondagem DPL (*Dynamic Penetrometer Light*), caracterizada como uma sondagem à percussão, consiste em soltar um martelo de uma altura padronizada e medir o número de golpes necessários para se atingir uma penetração de 10 cm da ponteira do equipamento no solo (N_{10}). Em termos comparativos, a sondagem DPL se assemelha à sondagem SPT (*Standard Penetration Test*) por serem investigações geotécnicas com os mesmos modelos de ensaio, porém com maior energia de penetração nessa última, devido a maior massa e altura da queda do martelo. Por outro lado, a sondagem DPL proporciona uma maior discretização da resistência mecânica do solo sondado ao longo de sua profundidade, permitindo detalhes em intervalos de 10 cm, em comparação com os índices de resistência intercalados a cada 100 cm, obtidos no ensaio SPT.

Martins & Miranda (2003) relatam que a sondagem DPL é utilizada na Europa para correlacionar com as capacidades de carga das fundações. No Brasil, destacam-se os estudos pioneiros de Nilsson (2003), que desenvolveu um equipamento de sondagem DPL, denominado DPL Nilsson. Nilsson (2004) afirma que, de forma geral, se a escolha entre SPT e DPL for feita em uma obra, é recomendável o uso do DPL para solos com $N_{SPT} < 4$, solos com granulometria fina, argilas porosas e quando é necessário realizar vários furos de sondagem devido à heterogeneidade das camadas investigadas.

2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo correlacionar dados de sondagem SPT com sondagens DPL, ambas realizadas em solo tropical na região de Uberlândia (MG), a fim de subsidiar e calibrar o uso de parâmetros do DPL no dimensionamento de pequenas construções. Para tanto, compara-se o dimensionamento de uma estaca escavada de 0,25 m de diâmetro e 4 m de comprimento, usando estimativas de capacidade de carga provenientes de métodos semiempíricos, com uma prova de carga estática e lenta (PCE) realizada na mesma estaca. A capacidade de carga estimada da estaca foi obtida, através dos métodos semiempíricos, com índices N_{SPT} e N_{10} .

Ao final, espera-se obter uma compreensão mais clara sobre a precisão das equações de correlação utilizadas entre SPT e DPL. Essas conclusões serão fundamentais para aprimorar os

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



métodos de dimensionamento e proporcionar maior confiabilidade nas futuras análises de capacidade de carga em solos tropicais na região de Uberlândia.

3 *Dynamic Penetrometer Light*

O ensaio DPL (*Dynamic Penetration Test*) consiste em registrar a quantidade de golpes necessários para a penetração de uma ponteira em forma de cone, com 35,7 mm de diâmetro, no solo. Esse registro é realizado através da queda livre de um martelo com massa de 10 kg caindo de uma altura de 50 cm. As hastes que compõem o equipamento possuem 1 m de comprimento e possuem ranhuras a cada 10 cm. A resistência à penetração é definida como a quantidade de golpes necessários para a penetração de 10 cm da ponteira cônica no solo, sendo denominado N_{10} . As características geométricas e de peso do equipamento estão dispostas na norma europeia EN ISO 22476-2 (2005), enquanto o método de ensaio é preconizado pela ISSMFE (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering) em 1989. Para ilustrar o equipamento e sua ponteira cônica, foi elaborada a Figura 1, por Castello et. al (2001).

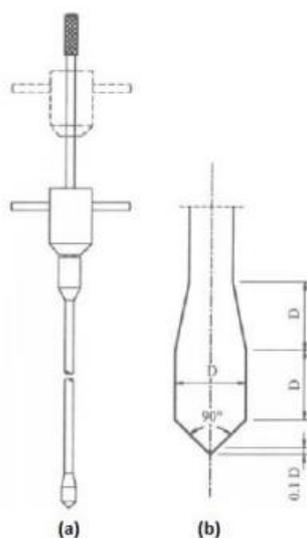


Figura 1. Detalhamento (a) equipamento DPL; (b) ponteira cônica.

O critério de parada proposto por Nilsson (2004) para o ensaio DPL consiste em três condições possíveis: (1) O ensaio é encerrado quando o valor de resistência à penetração N_{10} atinge 100 golpes, (2) O ensaio é interrompido se o valor de N_{10} alcançar 80 golpes por três vezes consecutivas e (3) O ensaio é finalizado caso o valor de N_{10} chegue a 60 golpes por cinco vezes consecutivas.

Comparativamente à sondagem SPT, a sondagem DPL apresenta algumas vantagens significativas, tais como: alta mobilidade do equipamento devido à sua pequena dimensão e peso, possibilidade de maior discretização das camadas de solo investigado o que permite uma análise mais detalhada, Maior velocidade de execução, possibilitando a realização de mais furos de sondagem em menor tempo. No entanto, é importante destacar que a sondagem SPT também possui vantagens distintas em relação ao DPL. A sondagem SPT é capaz de penetrar camadas em que o DPL não possui energia de cravação suficiente para atingir. A sondagem SPT permite a

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



coleta de amostras do solo sondado, o que é útil para análises laboratoriais mais aprofundadas. Em resumo, ambas as sondagens têm suas particularidades e aplicações específicas, e a escolha entre elas dependerá das necessidades e objetivos do estudo geotécnico em questão.

4 Correlações entre N_{10} e N_{SPT}

De fato, as sondagens DPL e SPT diferem significativamente nos níveis de energia aplicados durante o ensaio. O ensaio SPT utiliza cerca de 10 vezes mais energia do que o DPL, considerando apenas a contribuição do martelo. Enquanto o martelo do DPL emite 50 Joules, o SPT descarrega 480 Joules por golpe (NILSSON, 2004).

Devido à discrepância entre os níveis de energia aplicados, vários autores estabeleceram parâmetros para correlacionar ambos os ensaios. Uma dessas correlações é representada pela Equação 1, que descreve o método matemático utilizado para se obter índices N_{10} a partir do N_{SPT} e vice-versa.

$$N_{10} = b * N_{SPT} + a \quad (1)$$

Santos (2017) realizou uma compilação de parâmetros de correlação entre os índices dos ensaios DPL e SPT (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre índices N_{10} e N_{SPT} .

Referência	Coeficientes		Região/Observação
	<i>a</i>	<i>b</i>	
Nilsson (2004)	-	6	Curitiba: argila orgânica arenos e silte argiloso
	-	3,4	Curitiba: argila siltosa da UFPR
	- 30	7,5	São José dos Pinhais: argila siltosa vermelha
	-	2,5	Campinas: argila siltosa com areia e silte argiloso com areia
	4,5	0,54	Londrina (Datapoli): argila siltosa porosa vermelha escura
	-	1,0	Londrina (UEL): argila siltosa porosa vermelha
Azevedo e Guimarães (2009)	- 2,11	1,02	Rondônia e Mato Grosso do Sul: solo sobre rochas graníticas e arenitos
Sanchez <i>et al.</i> (2010)	0,3755*	0,5933*	Curitiba, Cascavel, Guaira, São José dos Pinhais e Figueira: solos de diferentes formações geológicas
	- 0,36644**	0,6062**	
	- 1,6854***	0,1972***	
Rodriguez e Albuquerque (2011)	1,77	1,03	Campinas: argila siltosa coluvionar
	6,37	0,34	Campinas: silte argiloarenoso residual
Ibrahim e Nyaoro, 2011 <i>apud</i> Lingwanda <i>et al.</i> , 2014	-	1,0	Areia argilosa
Lingwanda <i>et al.</i> , 2014	-	1,03	Tanzânia: areia argilosa de grãos finos a médios (D_{50} entre 0,16 a 0,60 mm e médio de 0,38 mm)

*Média a cada metro do DPL **Média dos últimos 30 cm do DPL ***Soma dos últimos 30 cm do DPL

A norma alemã DIN 1054 (2003) sugere os valores de $b = 0,71$ e $a = 0$ para solos granulares acima do nível d'água, quando $3 \leq N_{10} \leq 50$. Para solos finos de baixa e média plasticidade acima do nível d'água, a mesma norma sugere os valores de $b = 1,67$ e $a = 0$, quando $2 \leq N_{10} \leq 30$. É importante ressaltar que as proposições desta norma não foram desenvolvidas considerando as características de solos tropicais, como os solos encontrados no Brasil.

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



Sanchez et. al (2011), em seu estudo, analisaram uma forma diferente de correlacionar os índices N_{10} e N_{SPT} utilizando correlações lineares, como demonstrado na Equação 1. No entanto, eles inseriram o parâmetro N_{10} de três maneiras distintas na correlação: a média entre todos os parâmetros N_{10} obtidos a cada metro de profundidade; a média entre os valores de N_{10} obtidos nos últimos 30 cm de cada metro de profundidade; a soma dos valores de N_{10} obtidos durante a penetração dos últimos 30 cm da haste em cada metro de profundidade.

5 Capacidade de carga de estacas a compressão

Os métodos de previsão de capacidade de carga são baseados em relações construídas a partir de um modelo matemático que utiliza informações obtidas de ensaios realizados em amostras de solo representativas. Em geral, os parâmetros do modelo são relacionados ao tipo de solo e sua respectiva compacidade para areias ou consistência para argilas (OLIVEIRA, 2022).

A capacidade de carga de estacas geralmente é calculada pela Equação 2.

$$Q_u = U * \sum r_l * \Delta l + r_p * A_p \quad (2)$$

Os métodos semiempíricos que utilizam a Equação 2 para estimar a capacidade de carga última das estacas apresentam variação na determinação dos índices r_l e r_p que representam o atrito lateral unitário e tensão normal unitária de ponta, respectivamente. Nesse artigo foram utilizados dois métodos consagrados propostos por Aoki & Velloso (1975) e Décourt & Quaresma (1978, 1996).

6 Metodologia

Inicialmente, os ensaios de caracterização do solo, utilizados para analisar a estaca escavada analisada neste trabalho, foram realizados por Oliveira (2022) no Campo Experimental de Mecânica dos Solos e Fundações da Universidade Federal de Uberlândia (CEMSF). Esses ensaios incluíram a determinação da granulometria, limites de Atterberg, peso específico e parâmetros mecânicos do solo, como ângulo de atrito, coesão e sucção matricial. Os detalhes que envolvem os ensaios de caracterização podem ser obtidos no trabalho deste autor.

Após a realização da caracterização do solo local, foi realizada uma sondagem SPT no CEMSF, cujos resultados foram utilizados para dimensionar a estaca escavada através de métodos semiempíricos e correlações com o ensaio DPL.

Em seguida, a estaca escavada foi executada e submetida a uma prova de carga estática e lenta por Oliveira (2022).

O equipamento DPL utilizado nesta pesquisa foi adquirido conforme dimensões padrão preconizadas pela EN ISO 22476-2 (2005). O programa de sondagens DPL contou com seis sondagens ao todo, realizadas entre outubro de 2022 a maio de 2023. As sondagens tiveram como critério de parada as sugestões estabelecidas por Nilsson (2004).

Os procedimentos para correlacionar as sondagens SPT e DPL, bem como seus índices seguiram as propostas de Sanchez et. al (2011), resultando em três equações preliminares de correlação.

Com as equações de correlação obtidas, foi possível determinar os valores de N_{SPT} utilizando os índices N_{10} do ensaio DPL. Em seguida, foram calculadas as capacidades de carga

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



última estimada pelos métodos semiempíricos com os índices N_{SPT} correlacionados e com os índices N_{SPT} obtidos pelo próprio ensaio SPT.

Finalmente, por meio de análises comparativas, foi possível entender a eficácia de cada abordagem de dimensionamento (índices correlacionados ou padrão) e método semiempírico utilizado.

7 Resultados

7.1 Caracterização geotécnica

O perfil geotécnico do solo é composto por camadas de areias argilosas, com parcela de silte, que se estendem até a profundidade de 6 metros. Essas camadas estão sobrejacentes a uma camada de areia silto-argilosa de 1 m de espessura. A Figura 2 ilustra o perfil geotécnico do solo do CEMSF, incluindo o perfil da sondagem SPT e o perfil médio das seis sondagens DPL.

Através da Figura 2, nota-se que tanto a sondagem SPT quanto as sondagens DPL apresentam uma uniformidade da resistência mecânica do solo até uma profundidade de 4 metros. Após esse ponto, há um aumento da resistência mecânica do solo, o que ocorre devido à presença da camada entre 4 e 5 metros de profundidade.

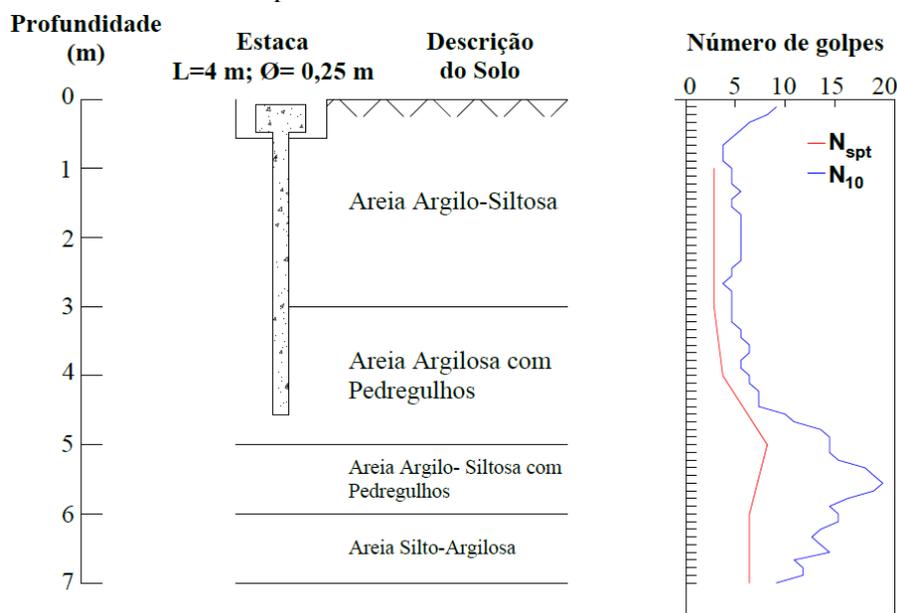


Figura 2. Perfil geotécnico, índices N_{SPT} e índices N_{10} do solo do CEMSF.

7.2 Correlações

Foi realizada uma análise de regressão linear para correlacionar os índices N_{10} e N_{SPT} . A média dos resultados das seis sondagens DPL realizadas no CEMSF foi considerada, e a metodologia foi aplicada a cada metro de profundidade. A Equação 3 representa a correlação obtida pela primeira metodologia (DPL_med_1m) que considera a média entre todos os valores de N_{10} compreendidos em um metro.

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



$$DPL_med_1m \rightarrow N_{10} = 1,7625 * N_{SPT} + 1,8775 \quad (R^2 = 0,8093) \quad (3)$$

A Equação 4 descreve a segunda metodologia (DPL_med_30cm), que considera a média entre os valores de N_{10} obtidos nos últimos 30 cm de cada metro de profundidade.

$$DPL_med_30cm \rightarrow N_{10} = 1,9893 * N_{SPT} + 0,7432 \quad (R^2 = 0,9660) \quad (4)$$

A Equação 5 apresenta a terceira metodologia (DPL_sum_30cm) que considera a soma dos valores de N_{10} obtidos na penetração dos últimos 30 cm de cada metro de profundidade.

$$DPL_sum_30cm \rightarrow N_{10} = 5,9680 * N_{SPT} + 2,2296 \quad R^2 = 0,9660) \quad (5)$$

Dentre todos as metodologias analisadas, a segunda e a terceira apresentam os maiores valores de R^2 e, conseqüentemente, os melhores coeficientes de determinação.

7.3 Capacidade de carga última

7.3.1 Prova de Carga Estática

A prova de carga estática e lenta da estaca escavada estudada foi executada por Oliveira (2022), próxima ao ponto onde ocorreu a sondagem SPT, seguindo as diretrizes estabelecidas na NBR 12131, que aborda provas de carga em estacas. Os intervalos de carregamento foram definidos em 5 kN, a fim de obter o maior número de pontos na curva carga-recalque.

É importante destacar que esta estaca não foi levada à ruptura durante a PCE, pois Oliveira (2022) a ensaiou novamente na condição inundada a fim de avaliar os efeitos de colapsibilidade do solo na fundação. Por isso, alcançado o recalque necessário para convencionar a ruptura da estaca, aproximadamente 12 mm (0,05 d), o ensaio foi interrompido e efetuado o descarregamento. A Figura 3 apresenta a curva carga-recalque obtida durante a realização da PCE.

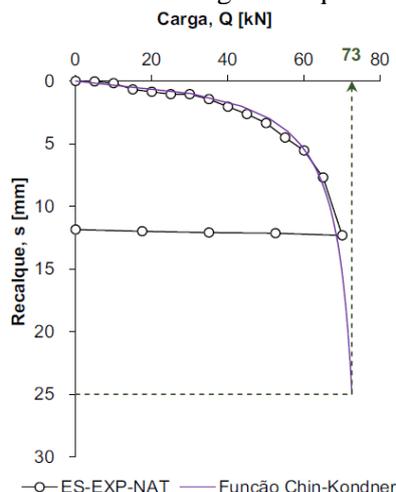


Figura 3. Curva carga-recalque obtida via PCE para a estaca escavada.

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



A carga de ruptura convencionada para a estaca foi de 73 kN. As curvas carga-recalque da prova de carga foram traçadas juntamente às suas respectivas funções extrapoladoras usando o modelo de Chin-Kondner (1970), demonstrando significativa concordância com os pontos de carga e recalque obtidos na prova de carga estática realizado por Oliveira (2022). De maneira geral, a estaca ensaiada à compressão axial (ES-EXP-NAT) não apresentou a chamada ruptura nítida, necessitando ser convencionada por meio de extrapolação (OLIVEIRA, 2022).

7.3.2 Métodos semiempíricos

O cálculo das capacidades de carga últimas (Q_u) foram realizados pelos métodos de Aoki & Velloso (1975) e Décourt & Quaresma (1978). A Tabela 2 apresenta os dados obtidos em comparação aos valores fornecidos pelo cálculo baseado no ensaio SPT, além de apresentar as variações de cada carga de ruptura obtida em relação à PCE.

Tabela 2. Comparação das capacidades de carga obtidas.

Método semiempírico	Q_u (kN)				
	PCE	SPT	DPL_med_1m	DPL_med_30cm	DPL_sum_30cm
Aoki & Velloso (1975)	73	66	65	76	69
Décourt & Quaresma (1978)		63	66	71	67

Afere-se que, de certa forma, as capacidades de carga estimadas pelo método de Aoki & Velloso (1975), fazendo-se uso das metodologias 1 e 2 de correlação, foram as mais precisas em relação ao resultado obtido em prova de carga. No entanto, a metodologia 3 de correlação apresentou as estimativas menos precisas.

Para o solo de Uberlândia-MG e região, nos dimensionamentos de estacas escavadas, os parâmetros “a” igual a 0,7432 e “b” igual a 1,9893, aplicados na Equação 1, apresentaram os melhores resultados para correlacionar os índices N_{10} e N_{SPT} .

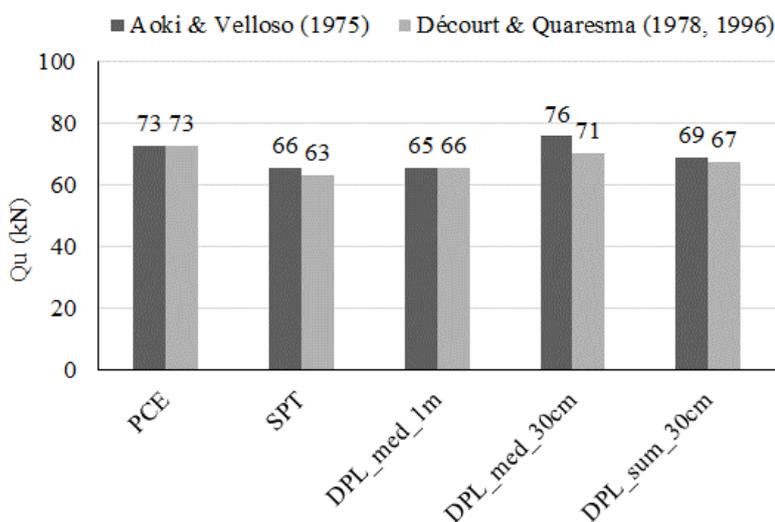


Figura 4. Capacidades de carga últimas estimadas por cada metodologia de cálculo.

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





8 Conclusão

O presente estudo buscou entender e elaborar equações de correlações entre os índices dos ensaios SPT e DPL, além de avaliar a precisão de cada uma destas equações em relação a uma prova de carga estática realizada em estaca escavada, utilizando métodos semiempíricos.

Por meio dos cálculos realizados, constatou-se que as estimativas da capacidade de carga por métodos semiempíricos, a partir dos resultados de DPL e SPT, subestimaram em 4 % e superestimaram em 13 % quando comparado com os resultados da prova de carga estática. A melhor estimativa com menor variação percentual em relação a PCE ocorreu para a metodologia 2 (DPL_{med_30cm}) que considera a média entre os valores de N_{10} obtidos nos últimos 30 cm de cada metro de profundidade.

No entanto, recomenda-se que, ao se dimensionar estacas escavadas na região de Uberlândia/MG, baseado nos resultados obtidos nesse trabalho, priorizar a média entre os valores de N_{10} obtidos nos últimos 30 cm de cada metro para posterior, correlação com aos índices N_{SPT} .

Ademais, é necessário ter cautela ao se utilizar os parâmetros de correlação sugeridos, uma vez que estes foram desenvolvidos com sondagens DPL realizadas em diferentes períodos do ano. Para aprimorar este estudo e torná-lo mais preciso, sugere-se que outros estudos sejam conduzidos, a fim de contribuir com a base de dados utilizada na formulação dessas equações de correlação.

Com base nos resultados obtidos, sugere-se a equação $N_{10} = 1,9893 * N_{SPT} + 0,7432$, para se correlacionar os índices N_{10} e N_{SPT} quando em solo de Uberlândia (MG) e região com características geológicas e geotécnicas semelhantes.

Importante salientar que testes comparativos com resultados de prova de carga são imprescindíveis para a validação e o uso adequado de correlações semiempíricas. Ainda, vale ressaltar que a aplicação do ensaio DPL oferece informações valiosas, mas não substitui a necessidade de realizar ensaios SPT correspondentes em cada situação específica de obra.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) [código de financiamento 001]; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo CNPq 404634/2021-4); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG-APQ-00335-21) e pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aoki, N., Velloso, D.A. (1975) An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. In: PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING, 5, Buenos Aires. *Anais...* p. 367-376.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). NBR 12131. *Estacas- Prova de carga estática: método de ensaio*. Rio de Janeiro.

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



- Castello, R.R., Polido, U.F., Bicalho, K.V. (2001) Recalques observados de sapatas em solos terciários de São Paulo. *Solos e Rochas*, 24 (2), p.143-153.
- Chin, F.K. (1970) Estimation of the ultimate load of piles from tests not carried to failure. *2nd Southeast Asian Conference on Soil Engineering - Singapore*.
- Décourt, L. (2016) Análise e Projeto de Fundações Profundas. In: Falconi, F.F. et. al (Eds.). *Fundações: teoria e prática*. 3 ed. de. São Paulo: Pini, 2016, p. 802.
- 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 de Fundações, p. 45-53.
- Deutsches Institut Fur Normung (2003). DIN 1054. *Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau*. Berlin.
- International Organization for Standardization (2005). EN ISO 22476-2. *Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 2: Dynamic probing*.
- International Society for Soil Mechanics and Foundations Engineering (1989). ISSMF. *International reference test procedure for dynamic probing (DP)*. Linköping.
- Martins, J.B., Miranda, T.F.S. (2003) Ensaio de Penetração nos Solos Graníticos da Região Norte de Portugal – Algumas Correlações. *Revista UM n°17 – Engenharia Civil – Universidade do Moinho - Portugal*, p.8-10.
- Nilsson, T.U. (2003) Experiências iniciais com o DPL Nilsson. In: SEMINÁRIO DE GEOTECNIA DO CENTRO OESTE, I, 2003, Cuiabá. *Anais eletrônicos CD ROM* Cuiabá: ABMS. 4p.
- Nilsson, T.U. (2004) Comparações entre DPL Nilsson e SPT. In: IV SIMPÓSIO DE PRÁTICA DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA DA REGIÃO SUL, 2004, 8p.
- Oliveira, E. A. S. (2022) *Análise experimental e numérica do comportamento de sapata estaqueada em solo tropical*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 151 p.
- Sanchez, P.F., Boszczowski, R.B., Lacerda, L.A., Loyola, R.D. (2011) Estudo da viabilidade do uso do Penetrômetro Dinâmico Leve (DPL) para projetos de fundações de linhas de transmissão em solos do estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 2011, Gramado. *Anais...* p. 1-8.
- Santos, M. (2017) *Correlações entre sondagem de simples reconhecimento e resultados de ensaios de campo (spt, cpt, dp) para diferentes subsolos arenosos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, 173 p.
- Terzaghi, K., Peck, R.B. (1987) *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed., McGraw Hill, New York, NY, USA, 685 p.

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

