

Rocha, G.L.A.¹; Nascimento, M. R.²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Cunha, F. R. L.³

Professor Me., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

[^1 gjg.eng.gustavorocha@gmail.com](mailto:gjg.eng.gustavorocha@gmail.com); [^2 matheusgnt@hotmail.com](mailto:matheusgnt@hotmail.com); [^3 prof.flavio.ricardo@gmail.com](mailto:prof.flavio.ricardo@gmail.com)

RESUMO: O ensaio de prova de carga é realizado com base na ABNT NBR 16903:2020, buscando validar o dimensionamento das fundações, conseqüentemente gerando mais segurança para a obra. Para a concepção do projeto de fundação, utiliza-se os métodos semiempíricos, os quais são desenvolvidos a partir das provas de carga e ensaios de sondagem SPT, através de um tratamento estatístico. Assim, é válido fazer o ensaio de prova de carga, pois há variação geológica de uma região para outra. O presente trabalho teve como objetivo principal fazer um estudo comparativo entre o resultado da prova de carga realizada em uma obra na cidade de Goiânia, com os métodos semiempíricos. Através dos resultados obtidos segundo as metodologias de cálculo, o método Aoki-Velloso foi o mais assertivo para o caso estudado, observando que as variações de quanto a área e perímetro da estaca, podem gerar diferença significativas no resultado.

Palavras-chaves: prava de carga, perfil metálico, capacidade de carga, métodos semiempíricos, recalque.

ABSTRACT: The load proof test is performed based on ABNT NBR 16903:2020, seeking to validate the dimensioning of the foundations, consequently generating more safety for the work. For the conception of the foundation project, semi-empirical methods are used, which are developed from load tests and SPT drilling tests, through a statistical treatment. Thus, it is valid to carry out the proof of load test, as there is geological variation from one region to another. The present work had as main objective to make a comparative study between the result of the load test carried out in a construction site in the city of Goiânia, with the semi-empirical methods. Through the results obtained according to the calculation methodologies, the Aoki-Velloso method was the most assertive for the case studied, noting that variations in the area and perimeter of the stake can generate significant differences in the result.

Keywords: load bar, metal profile, load capacity, semi-empirical methods, settlement.

Área de Concentração: 03 – Geotécnica

1. INTRODUÇÃO

Desde a concepção do projeto até a execução de uma obra de fundação, todas as etapas requerem conhecimentos específicos e apropriados, além da experiência e vivência dos profissionais envolvidos.

Vem se observando uma tendência do aumento da verticalização das obras de engenharia, fato este que determina das cargas no solo transmitidas pelas fundações. Logo, uma nova exigência de carregamento vem gerando um aumento na complexidade das análises geotécnicas.

A partir dos métodos semiempíricos disponíveis é possível estimar a capacidade de carga da estaca e seu recalque elaborando por exemplo uma curva

carga x recalque, mantendo assim um controle da fundação executada e auxiliando no pré-dimensionamento dos elementos de fundação.

Este artigo buscou estudar um ensaio de prova de carga estática realizado em campo, e fazer a utilização dos métodos semiempíricos para comparar com os resultados da prova de carga, assim como as avaliações dos recalques.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. ABNT NBR 6122:2019

Segundo a ABNT NBR 6122:2019 - Projeto e execução de fundação, que especifica os critérios a serem analisados no projeto e execução de fundações na engenharia civil, é obrigatório a execução de provas de carga estática de desempenho caso a obra atenda as condições da Tabela 6.

Quando atingido o limite de exigibilidade de provas de carga de desempenho (ver Anexo 1 Tabela Quantidade de provas de carga), o número de provas de carga deve ser estabelecido da seguinte forma: calcular 1 % do número total de estacas da obra, arredondando para uma casa decimal, e em seguida arredondar o número obtido, com uma casa decimal, para o número inteiro mais próximo, considerando que o dígito 5 sempre é arredondado para cima. (ABNT NBR 6122:2019 - Projeto e execução de fundação, 2019, p 39)

2.2. ABNT NBR 16903:2020 - Prova de carga estática em fundações profundas

Segundo a ABNT NBR 16903:2020, basicamente uma prova de carga estática resume em aplicar esforços a uma fundação profunda, registrando os deslocamentos.

Para a realização do ensaio é de suma importância que o projeto especifique a carga máxima de trabalho e a carga máxima de ensaio, apresentando a locação, detalhamento das estacas, contemplando, seus diâmetros, comprimentos e armadura.

Compõem a aparelhagem utilizada no ensaio de prova de carga estática em fundações profundas, medidores de força, conjunto hidráulico, célula de carga, medidores de deslocamentos, sistema de aplicação de carga

2.3. Métodos de previsão de capacidade de carga

Da maneira estatística que foram criadas as formulações para determinação da capacidade de carga, não é recomendado aplicá-las em todo tipo de solo ou estaca. Por esse motivo autores criaram métodos e correlações semiempíricas juntamente com resultados de provas de carga para ajustar essas formulações a fim de obter um resultado mais fiel a situação à qual forem inseridas.

2.3.1. Método Aoki-Velloso (1975) apud Cintra e Aoki (2010)

A partir da fundamentação teórica do método, obtém-se a Equação 1.

$$R = \frac{K N_p}{F_1} A_p + \frac{U}{F_2} \sum_1^n (\alpha K N_L \Delta_L) \quad (1)$$

Sendo:

R = carga de ruptura (kN);

K = coeficiente de correlação quanto ao tipo de solo (kPa);

N_p = N_{SPT} médio na cota de apoio;

N_L = N_{SPT} médio ao longo da camada;

F_1 = coeficiente de correção da resistência de ponta devido ao tipo de estaca utilizada;

F_2 = coeficiente de correção da resistência lateral devido ao tipo de estaca utilizada;

U = perímetro da estaca (m);

A_p = área da ponta da estaca (m²);

α = coeficiente de relação entre a resistência de ponta e lateral (%);

ΔL = comprimento das camadas (m).

2.3.2. Método Décourt-Quaresma (1978) apud Cintra e Aoki (2010)

Conforme proposto no método, a partir da Equação 2 é possível calcular a capacidade de carga de uma estaca como um elemento de fundação.

$$R = \beta 10 \left(\frac{N_L}{3} + 1 \right) U L + \alpha C N_p A_p \quad (2)$$

Sendo:

R = carga de ruptura (kN);

U = perímetro da estaca (m);

A_p = área da ponta da estaca (m²);

N_p = N_{SPT} próximo a ponta da estaca;

N_L = N_{SPT} médio ao longo do fuste desprezando o primeiro e último metro da estaca;

ΔL = comprimento das camadas (m);

α = coeficiente de resistência de ponta para o tipo de estaca utilizada;

β = coeficiente de resistência lateral para o tipo de estaca utilizada;

C = coeficiente de correlação entre a resistência de ponta e o N_{SPT} (kPa).

2.3.3. Método de Teixeira (1996) apud Cintra e Aoki (2010)

De acordo com Teixeira, a capacidade de carga em uma estaca pode ser obtida através da Equação 3.

$$R = \alpha N_p A_p + \beta N_L U L \quad (3)$$

Sendo:

R = carga de ruptura (kN);

U = perímetro da estaca (m);

A_p = área da ponta da estaca (m²);

N_p = N_{SPT} médio em um intervalo de quatro diâmetros acima e um diâmetro abaixo da ponta;

N_L = N_{SPT} médio ao longo do fuste;

L = comprimento da estaca (m);

α = coeficiente de resistência de ponta para o tipo de estaca e solo (kPa);

β = coeficiente de resistência lateral para o tipo de estaca utilizado.

2.4. Método de previsão de recalque

Segundo ABNT NBR 6122:2019 - Projeto e execução de fundação, o recalque é algo presente em todo elemento estrutural. Portanto, pode ser de maior ou menor grau considerando o solo e tipo de fundação executada.

Devido a sua importância em elementos de fundação, o recalque da estaca deve ser estudado e podendo até ser calculado a previsão de deslocamento máximo que este elemento pode sofrer e deformação na estrutura geral.

2.4.1. Poulos e Davis (1980) apud Magalhães (2005)

De acordo com o método, o recalque de uma estaca pode ser calculado através da Equação 4.

$$\rho_{solo} = \frac{P \times I}{D \times E_s} \quad (4)$$

Onde:

ρ_{solo} = previsão de recalque da estaca (mm);

P = carga de trabalho da estaca (kN);

I = fator de influência da estaca;

D = diâmetro equivalente da estaca (m);

E_s = módulo de elasticidade do solo (MPa).

O fator de influência depende do tipo da estaca, se a mesma é considerada como flutuante ou apoiada na camada impenetrável a percussão. O fator de influência pode ser determinado utilizando as Equações 5 e 6.

- Estaca flutuante

$$I = I_1 \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_v \quad (5)$$

- Estaca de ponta

$$I = I_1 \cdot R_k \cdot R_b \cdot R_v \quad (6)$$

Sendo:

I_1 = fator de influência para estaca incompressível;

R_k = correção devida à compressibilidade;

R_v = correção do coeficiente de Poisson;

R_h = correção em função da presença de estrato rígido;

R_b = correção da estaca sobre a camada mais rígida, adotando-se $R_b = 1$ no caso de perfil metálico.

Os valores referente as incógnitas podem ser consultados no Anexo C – Tabela B1 a B4.

Para acesso aos ábacos é necessário determinar o E_s através da Equação 7 e definir o valor ν_s . (MAGALHÃES, 2005).

$$E_s = K_s \cdot N_{SPT}' \quad (7)$$

Sendo:

E_s = módulo de elasticidade do solo (MPa);

K_s = constante da variação do módulo de elasticidade com camadas semelhantes com variação entre 2 e 5;

N_{SPT}' = média aritmética dos valores de N_{SPT} numa mesma camada de solo;

ν_s = coeficiente de Poisson para a variação de volume do solo.

Através da Equação 8 pode ser calculado o coeficiente de rigidez da estaca, que também é um parâmetro para acesso ao ábaco.

$$K = \frac{E_{PM}}{E_s} \cdot R_A \quad (8)$$

Onde:

K = compressibilidade relativa;

E_{PM} = módulo de elasticidade do material da estaca, neste caso perfil metálico (MPa);

E_s = módulo de elasticidade do solo (MPa).

R_A = relação entre a área da estaca e sua área circunscrita.

3. METODOLOGIA

3.1 Localização da obra

A obra onde foi realizado o ensaio está localizada no Setor Central ao lado da Marginal Botafogo na cidade de Goiânia-GO.

Pela sondagem tipo SPT executada na obra, o terreno predominantemente é classificado como uma argila arenosa com o nível de água bastante superficial, com profundidade de aproximadamente 3 metros após o rebaixamento para a execução do subsolo e blocos de fundação.

3.2 Características da estaca

A estaca ensaiada se trata de um perfil metálico com bitola HP 200x53. A mesma foi cravada à percussão com um equipamento de bate-estacas com peso de martelo 4,3 toneladas. Com nega de projeto de 3mm/10 golpes.

3.3 Dados fornecidos pelo fabricante – ESTACAS METÁLICAS GERDAU 9ª Edição 2018

- Perímetro U_{real} : 120 cm;

- Área Bruta A_s – área real de ponta: 68,1 cm²;
- Carga Admissível Estrutural: 120 tf.

3.4 Montagem do ensaio

Após a cravação da estaca para a execução do ensaio e quatro estacas de reação, foi preparada a cabeça dos perfis para soldagem dos arranques como mostra na Figura 1. Após o nivelamento da cabeça dos perfis foram instaladas as vigas de apoio e montada a estrutura de travamento, conforme mostrado na Figura 2.

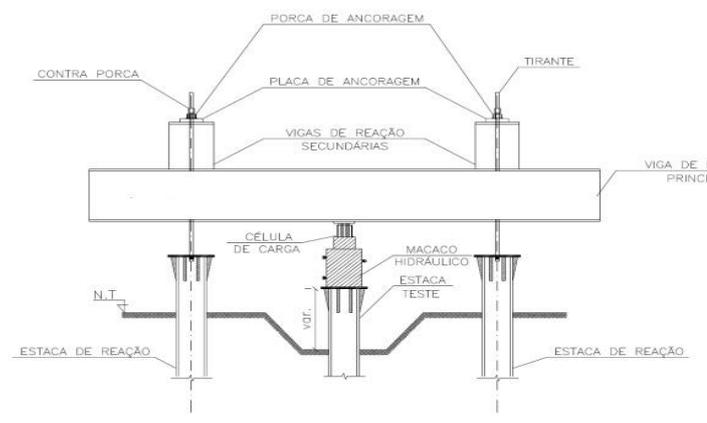
Foi feita também a escavação de aproximadamente 60cm ao redor da estaca de ensaio e soldada a chapa para nivelamento do perfil e posteriormente montada os atuadores hidráulicos e deflectômetros podendo ser observado na Figura 3.

Figura 1 – Solda de topo em estaca de reação



Fonte: autores

Figura 2 – Sistema de travamento do ensaio



Fonte: Fundatest (2020)

Figura 3 – Sistema de carregamento e deflectômetros



Fonte: autores

3.5 Execução do ensaio

3.5.1 Procedimento

Após a montagem de todo o equipamento para o ensaio foram zerados os deflectômetros para começar os estágios de carregamento. Considerando que o ensaio foi feito afim de fazer a verificação da fundação já executada.

Utilizando o processo executivo descrito na ABNT NBR 16903:2020, foi observado os itens que foram seguidos na realização do ensaio em campo, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Processo executivo do ensaio

Critérios	Conforme	Não conforme
Aparelhagem	x	
Projeto de prova de carga	x	
Entorno	x	
Carregamento	x	
Descarregamento	x	
Medição dos deslocamentos	x	
Monitoramento do sistema de reação	x	

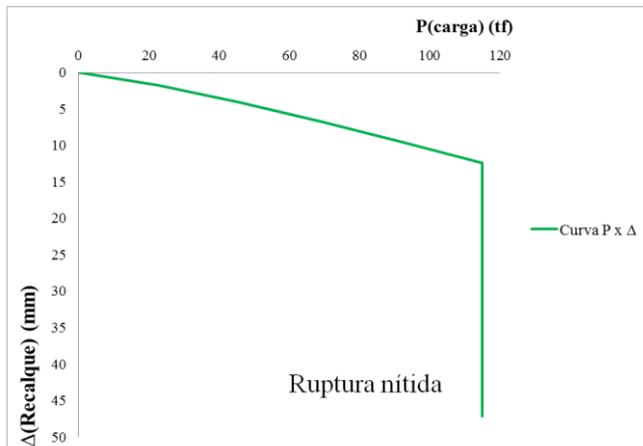
Fonte: autores

3.5.2 Carregamento

Foram previstos 10 estágios de carregamentos, cada um com 10% da carga de ensaio sendo adicionados progressivamente ao estágio anterior. Como previsto em projeto a carga de trabalho da estaca sendo de 117 ton, logo, a carga de ensaio sendo 234 ton. O ensaio foi iniciado com o primeiro estágio de carregamento com 23 ton. Após a estabilização de cada estágio adicionou-se mais 23 ton a cada etapa. O carregamento findou-se na quinta etapa, quando foi observada uma ruptura

nítida na estaca, conforme mostrado na curva carga-recalque na Figura 4.

Figura 4 – Curva carga x recalque



Fonte: autores

Caso não houvesse uma ruptura nítida, poderia ter sido adotado o método descrito na ABNT NBR 6122:2019, que para o caso estudado considerando a curva carga x recalque e reta elástica, seria $R=95$ ton. Como não foi o caso, não é possível utilizar a interpretação da norma para definir a capacidade de carga.

Neste caso quando é caracterizado uma ruptura nítida, considera-se a capacidade de carga conforme observado na curva carga x recalque do ensaio, sendo $R=115,05$ ton e recalque como mostram as Figuras 5 e 6.

Figura 5 – Carregamento real da estaca no momento da ruptura nítida (tf)



Fonte: autores

Figura 6 – Deflectômetro (mm)



Fonte: autores

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Capacidade de carga

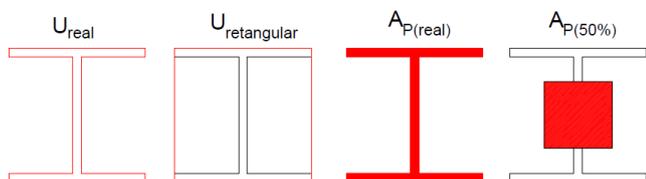
Conforme disponibilizado pela obra, foi utilizado para fins de cálculo das variáveis N_L e N_P , o laudo de Sondagem SPT adotando-se o furo mais próximo à estaca de ensaio executada, como segue no Anexo A. Foi desconsiderado em todos os métodos de cálculo a profundidade 3 metros referente ao aterro que foi removido antes da data de execução do ensaio.

Para obter-se a estimativa da capacidade de carga teórica utilizou-se as particularidades de cada método quanto à forma de análise da capacidade de carga de ponta e lateral, também foi utilizada as correções devido ao perfil do solo e tipo da estaca para cada método. Para cálculo da resistência lateral e cota de apoio, utilizou-se o comprimento total cravado da estaca ensaiada sendo $\Delta L = 19,87$ m.

Também foram adotadas quatro hipóteses de cálculo variando o perímetro e área da ponta da estaca conforme mostra a Figura 7, o que é comumente realizado em escritórios de engenharia a fim de obter a melhor aproximação do valor real obtido no Ensaio PCE. Essa variação, pouco estudada, se faz de extrema importância para encontrar a melhor aproximação de como ocorre o carregamento

estaca-solo em fundações. Os valores das dimensões e de cada hipótese de cálculo pode ser observado na Tabela 2.

Figura 7 – Hipóteses de cálculo



Fonte: autores

Utilizando as premissas no Item 2 deste trabalho, sendo adotada as Equações 1, 2 e 3 foram calculadas a previsão da capacidade de carga, conforme a equação e aos métodos que lhe são atribuídos.

Tabela 2 – Dimensões e hipóteses de cálculo

$U_{real} = 1,2 \text{ m}$		$A_{P(50\%)} = 0,021114 \text{ m}^2$	
$U_{retangular} = 0,822 \text{ m}$		$A_{P(real)} = 0,00681 \text{ m}^2$	
I	II	III	IV
$U_{real} \times A_{P(50\%)}$	$U_{real} \times A_{P(real)}$	$U_{retangular} \times A_{P(50\%)}$	$U_{retangular} \times A_{P(real)}$

Fonte: autores

4.1.1. Método Aoki-Velloso

Seguindo a Equação 1 e fatores de correções sugeridos no Anexo B – Tabela A1 e A2 foram obtidos os seguintes valores na Tabela 3.

$$N_L = 17;$$

$$N_P = 40;$$

$$F_1 = 1,75;$$

$$F_2 = 3,5;$$

$$K = 350 \text{ kPa};$$

$$\alpha = 2,4\%.$$

4.1.2 Método Décourt-Quaresma

Usando a Equação 2 e fator de correção C sugerido no Anexo B – Tabela A3 foram obtidos os seguintes valores na Tabela 3. Como este método foi desenvolvido previamente para estacas cravadas, os fatores de correção $\alpha = \beta = 1$.

$$N_L = 17;$$

$$N_P = 40;$$

$$C = 120 \text{ kPa};$$

$$\alpha = 1;$$

$$\beta = 1.$$

4.1.3 Método de Teixeira

Utilizando a Equação 3 e fatores de correções sugeridos no Anexo B – Tabela A4 e A5 foram obtidos os seguintes valores na Tabela 3.

$$N_L = 17;$$

$$N_P = 21,6;$$

$$\alpha = 210 \text{ kPa};$$

$$\beta = 4.$$

Tabela 3 – Resultado da capacidade de carga para hipóteses de dimensões e métodos semiempíricos (tf)

	I	II	III	IV
Método Aoki-Velloso	114,17	102,73	83,53	72,09
Método Décourt-Quaresma	169,35	162,31	119,28	112,24
Método Teixeira	171,72	165,23	120,64	114,15
Média	151,75	143,42	107,82	99,49

Fonte: autores

Conforme pode-se observar na Tabela 3, as variações quanto ao perímetro e área de ponta são de extrema influência no resultado da previsão da capacidade de carga.

Logo, considerando a capacidade de carga pelo método da ABNT NBR 6122:2019, mostrado na Figura 4, as hipóteses III e IV do Método de Aoki-Velloso (1975) foram as que apresentaram a melhor coerência.

A comparação também pode ser feita através da capacidade de carga real do ensaio, conforme mostrado na Figura 5, onde todas as hipóteses do método de Aoki-Velloso (1975) poderão ser adotadas. Também é possível observar que a hipótese de cálculo IV do método de Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996) também podem ser adotadas. E também o mais usual em escritórios de engenharia, a média dos métodos estudados, hipótese III, poderá ser considerado. Estando todas a favor da segurança.

4.2. Previsão de recalque

Por determinação do E_{PM} disponibilizado pelo fabricante da estaca, adota-se $E_{PM} = 205$ GPa.

Adotando a capacidade de carga da estaca conforme Figura 5 e avaliação de desempenho conforme descrito na ABNT NBR 6122:2019, será considerado a carga aplicada na estaca sendo $R = 57,5$ ton, com o recalque $\rho_s = 5,4$ mm neste ponto para comparação com o método de Poulos e Davis (1980).

4.2.1. Método de Poulos e Davis

Foram adotadas hipóteses de variação quanto ao fator de correção para obter o E_s , como pode ser observado na Equação 7 e juntamente com a variação de v_s para concluir qual hipótese foi a mais assertiva para o caso estudado. Sendo elas observadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados para previsão de recalque (mm)

Es (MPa)	v_s		
	0,2	0,3	0,4
2.N _{SPT}	2,35	2,44	2,53
3.N _{SPT}	1,82	1,89	1,96
4.N _{SPT}	1,52	1,57	1,63
5.N _{SPT}	1,34	1,39	1,43

Fonte: autores

Conforme observado na Figura 4 e considerando o ensaio com uma verificação, nenhuma das hipóteses para previsão de recalque colocadas na Tabela 4 foram satisfatórias, visto que não chegaram próximo ao valor obtido na prova de carga. Ficando assim em desfavor da segurança.

5. CONCLUSÕES

Uma maneira de assegurar a fundação executada, conhecendo sua real capacidade e auxiliando na elaboração do projeto, é através de provas de carga. Nas provas de carga é possível validar um projeto de fundação já elaborado ou então auxiliar no projeto ainda na etapa de concepção, obtendo-se um projeto com mais segurança e menos imprevistos, economizando assim diretamente, tempo e dinheiro.

Para determinar a capacidade de carga foram utilizados métodos semiempíricos, sendo eles: Aoki-Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996). Com variações relativas ao perímetro da estaca e área da ponta, a seguir serão levantadas as principais conclusões.

Conforme comparado com a Figura 5, quanto a real capacidade de carga do solo, o método Aoki-Velloso (1975) e Teixeira (1996) são os mais eficazes para o caso estudado, utilizando a hipótese I no caso de Aoki-Velloso, sendo o perímetro real da estaca e área da ponta 50% da área retangular e utilizando a hipótese IV no caso de Teixeira, sendo o perímetro retangular e área de ponta real. Também conforme o mais usual em escritórios de engenharia para os projetos de fundações, a média dos métodos estudados, hipótese III, obteve-se um resultado satisfatório quanto a previsão da capacidade de carga.

Portanto, a utilização somente dos métodos semiempíricos para a previsão da capacidade de carga nem sempre é suficiente para obter um bom resultado. Porém, a maneira usual para dimensionamento das fundações utilizando a média dos métodos universais de previsão da capacidade de carga obteve-se um resultado coerente com a real capacidade do solo e a favor da segurança.

Aplicando a metodologia de previsão de recalque não obteve-se um resultado a favor da segurança. Esse desacerto na previsão de recalque pode estar relacionado ao tipo da estaca, pois o método utilizado tem uma melhor precisão de resultados utilizado estacas de seção cheia.

Como observado, o ensaio teve seu rompimento antes da carga de trabalho descrita em projeto, assim, é possível que o edifício entrasse em colapso total ou parcial caso não fosse executada a prova de carga e tomado as devidas providências.

6. AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos à Deus, por nos dar força, saúde e paciência para chegarmos até aqui, superando os desafios encontrados em nossa trajetória.

Aos nossos pais e amigos somos gratos por todo apoio e incentivo durante esta jornada.

Ao nosso professor e orientador, Flávio Ricardo Leal da Cunha pelas orientações e sugestões no decorrer deste artigo.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16903: 2020: Prova de carga estática em fundação profunda. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: 2019: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.

BERBERIAN, D. Engenharia de fundações. 2. ed. Brasília: Infrasolo, 2015.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. Fundações por estacas: projetos geotécnicos. 01. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

Entenda tudo sobre a prova de carga estática em fundações. APL Engenharia. 2018. Disponível em : <https://blog.apl.eng.br/entenda-tudo-sobre-a-prova-de-carga-estatica-em-fundacoes>. Acesso em: 03 nov. 2020.

MAGALHÃES, P. H. L. Avaliação dos métodos de capacidade de carga e recalque de estacas hélice contínua via provas de carga. 2005. 243 f. Dissertação de mestrado – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MARCHEZINI, S. F. Comparação entre Métodos estatísticos e dinâmicos de previsão de capacidade de carga em estacas assentes em solo tropical. 2013. 171 f. Dissertação de mestrado – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. 03. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ANEXO A – LAUDO DE SONDAAGEM SPT

Obra:		SP 03	
Local:			
Rel. nº:	013-18	Data:	05/02/2018
		Cota do furo:	-0,25

PERFIL GEOTÉCNICO

Nível d'água	Amostra	Profundidade (m)	Penetração: SPT - N golpes/30cm		GRÁFICO					CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	Tipo de Solo	Consistência / Compacidade
			----- 1ª + 2ª penetrações									
			----- 2ª + 3ª penetrações									
Nº DE GOLPES												
		1ª+2ª	2ª+3ª	10	20	30	40	50				
	00	-1,00									---	-----
		-2,00	6	8							1	Média(o)
		-3,00	8	12							1	Rija(o)
		-4,00	13	11							1	Rija(o)
		-5,00	9	8							1	Média(o)
		-6,00	8	6							1	Média(o)
		-7,00	11	15							1	Rija(o)
		-8,00	9	15							1	Rija(o)
		-9,00	14	19							1	Rija(o)
		-10,00	11	18							1	Rija(o)
		-11,00	13	19							1	Rija(o)
		-12,00	13	22							1	Dura(o)
		-13,00	13	17							1	Rija(o)
		-14,00	14	18							1	Rija(o)
		-15,00	9	13							1	Rija(o)
		-16,00	9	11							1	Rija(o)
		-17,00	13	15							1	Rija(o)
		-18,00	14	18							1	Rija(o)
		-19,00	12	17							1	Rija(o)
		-20,00	13	16							1	Rija(o)
		-21,00	13	17							1	Rija(o)
	21	-22,00	17	27							1	Dura(o)
		-23,00	19	38/25							1	Dura(o)
		-24,00	34	46/27							1	Dura(o)
		-25,00	37	50/23							1	Dura(o)
		-26,00	37	48/20							1	Dura(o)
		-27,00										

Obs.:O nível d'água foi encontrado, verificado em 09/02/2018 às 16:30 horas.

ANEXO B – INCÓGNITAS REFERENTES À CADA MÉTODO DE PREVISÃO DA CAPACIDADE DE CARGA

- Aoki-Velloso (1975)

Tabela A1 – Coeficiente F_1 e F_2 para correção quanto ao tipo de estaca

Tipo de estaca	F_1	F_2
Franki	2,50	5,0
Metálica	1,75	3,5
Pré-moldada	1,75	3,5

Fonte: Cintra e Aoki (2010), Tabela 1.4, p. 25

Tabela A2 – Coeficiente K e a razão de atrito α

Solo	K (MP _a)	α (%)
Areia	1,00	1,4
Areia siltosa	0,80	2,0
Areia siltoargilosa	0,70	2,4
Areia argilosa	0,60	3,0
Areia argilossiltosa	0,50	2,8
Silte	0,40	3,0
Silte arenoso	0,55	2,2
Silte arenoargiloso	0,45	2,8
Silte argiloso	0,23	3,4
Silte argiloarenoso	0,25	3,0
Argila	0,20	6,0
Argila arenosa	0,35	2,4
Argila arenossiltosa	0,30	2,8
Argila siltosa	0,22	4,0
Argila siltoarenosa	0,33	3,0

Fonte: Cintra e Aoki (2010), Tabela 1.3, p. 25

- Método Decourt-Quaresma (1978)

Tabela A3 – Coeficiente característico do solo

Tipo de solo	C (kPa)
Argila	120
Silte argiloso *	200
Silte arenoso *	250
Areia	400

Fonte: Cintra e Aoki (2010), Tabela 1.6, p. 27

- Método de Teixeira (1996)

Tabela A4 – Coeficiente de correção α

Solo (4 < N _{SPT} < 40)	Coeficiente de correção α			
	Pré-moldada e perfil metálico	Franki	Escavada a céu aberto	Raiz
Argila siltosa	110	100	100	100
Silte argiloso	160	120	110	110
Argila arenosa	210	160	130	140
Silte arenoso	260	210	160	160
Areia argilosa	300	240	200	190
Areia siltosa	360	300	240	220
Areia	400	340	270	260
Areia com pedregulhos	440	380	310	290

Fonte: Cintra e Aoki (2010), Tabela 1.9, p. 30

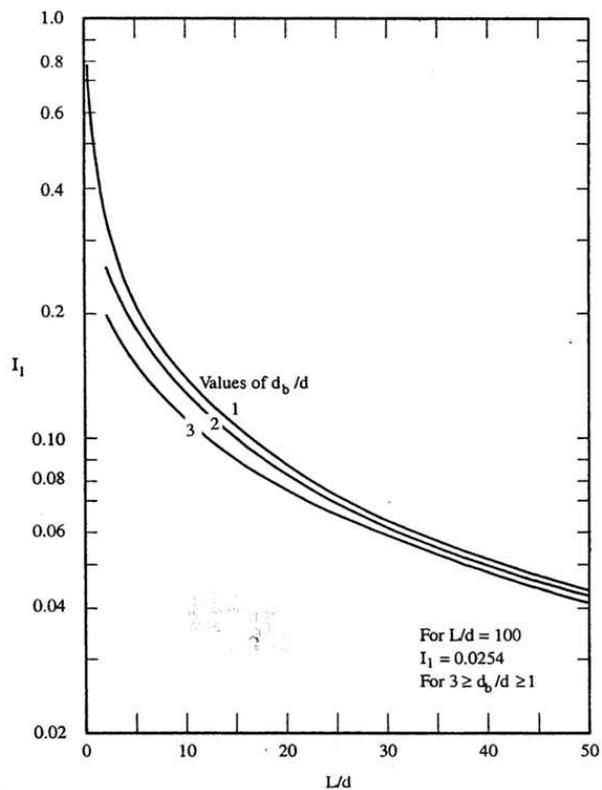
Tabela A5 – Coeficiente de correção β

Tipo de estaca	β (kPa)
Pré-moldada e Perfil metálico	4
Franki	5
Escavada a céu aberto	4
Raiz	6

Fonte: Cintra e Aoki (2010), Tabela 1.10, p. 30

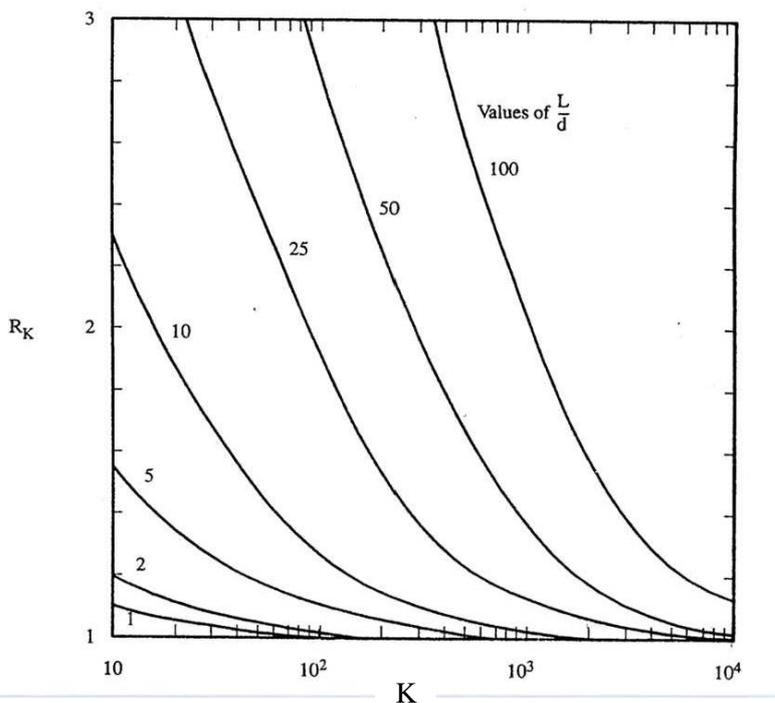
ANEXO C – ÁBACOS PARA CÁLCULO DO FATOR DE INFLUÊNCIA NO MÉTODO DE POULOS E DAVIS PARA ESTACAS FLUTUANTES

Tabela B1 – Fator de influência para estaca incompressível



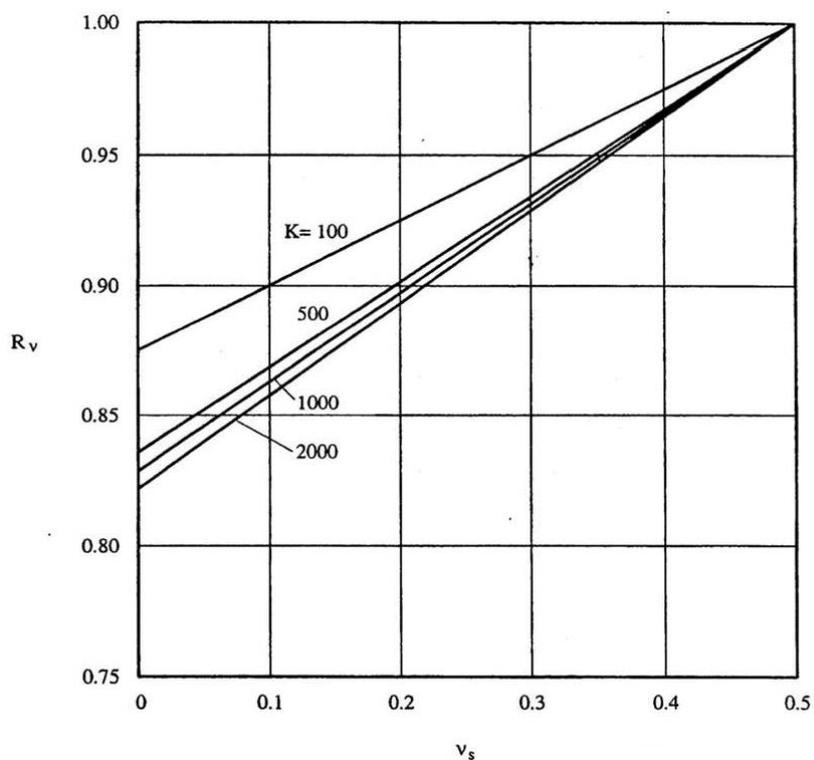
Fonte: Poulos e Davis, 1974

Tabela B2 – Fator de correção devido à compressibilidade da estaca



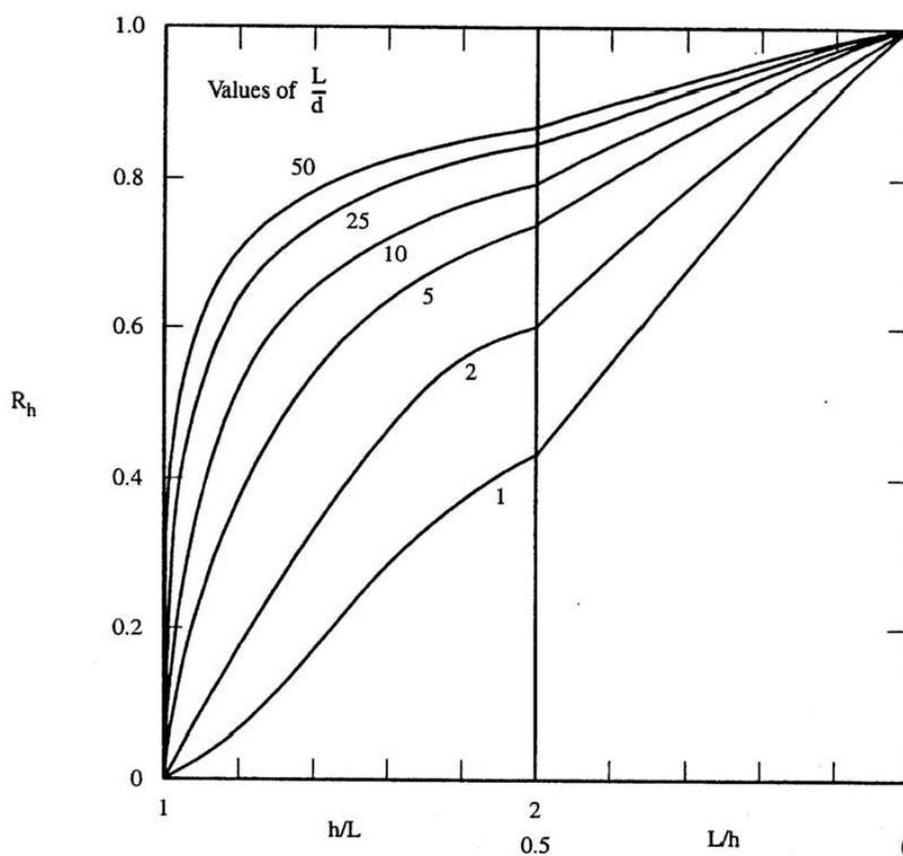
Fonte: Poulos e Davis, 1974

Tabela B3 – Fator de correção devido ao coeficiente de Poisson



Fonte: Poulos e Davis, 1974

Tabela B4 – Fator de correção em função da presença do estrato rígido



Fonte: Poulos e Davis, 1974