

ESTIMATIVA DA CARGA DE TRABALHO DE ESTACAS COM BULBOS, BASEADA EM MÉTODO SEMI-EMPÍRICO

MARQUES, J.A.F.¹ MARQUES, A.G.² MARQUES, R.F.³

Resumo: Este trabalho tem por objetivo apresentar o método semi-empírico MCP (Metodologia de Cálculo Proposta) versão 2004, a qual foi baseada na instrumentação em profundidade e da extração do terreno, de cinco estacas-teste, executadas em Maceió-Al. Por meio desse método semi-empírico foi possível estimar a capacidade de carga de estacas escavadas de pequeno diâmetro (máximo de 45cm), com bulbos, executadas nas cidades de Maceió, Recife, Aracaju e João Pessoa. A formulação original da MCP (versão 1997) foi objeto de uma Dissertação de Mestrado na EESC-USP em 1997, sendo aprimorada recentemente, com respaldo científico, através de uma pesquisa de doutorado desenvolvida na Escola Politécnica da USP-EPUSP. Analisaram-se provas de carga comuns executadas em estacas com um ou dois bulbos, e estimou-se a carga de trabalho dessas estacas através da MCP. Os valores estimados foram comparados com os obtidos através das provas de carga, demonstrando uma boa consistência dos resultados.

Palavras-Chave: Estacas com bulbos, capacidade de carga, método semi-empírico.

INTRODUÇÃO

Em meados da década de 80, desenvolveu-se na cidade de Maceió-Al, um tipo de estaca escavada denominada Estaca Rotativa-Injetada, a qual é conhecida atualmente como Estaca Escavada de Pequeno Diâmetro, com Bulbos. Essas estacas são executadas através da perfuração do solo, com circulação de lama estabilizadora, preenchida com argamassa fluida pelo método de concretagem submersa, após a instalação da armação.

A falta de experiência e do conhecimento quanto ao desempenho dessas estacas implicaram, naturalmente, nos primeiros anos, em projetos de fundações na maioria das vezes, muito conservadores. O processo de execução com peças cortantes e bombas capazes de provocarem pequenas e grandes rupturas hidráulicas ao longo da perfuração, com a conseqüente variação do diâmetro do fuste e a capacidade de atravessar estratos de alta resistência à penetração, como o arenito, por exemplo, transmitiam segurança na previsão da capacidade de carga. Por outro lado, nos terrenos em que a natureza do subsolo não permitia a variação natural do fuste, pela capacidade erosiva da bomba, resultavam estacas de baixa capacidade de carga.

Há anos que a capacidade de carga dessas estacas é estudada. Em Marques (1997), mostrou-se que, quando essas estacas passam de uma camada de areia de baixa compacidade (fofa) para uma de compacidade superior a medianamente compacta, elas apresentam uma capacidade de carga maior que as estacas correntes. No citado trabalho, fotos de estacas extraídas mostram que o diâmetro do fuste das estacas escavadas, em areias de baixa compacidade, aumenta consideravelmente e nas areias de boa compacidade (ou argilas) o diâmetro do fuste é aproximadamente igual ao da peça cortante. Em conseqüência desse fato, tem-se o efeito do afunilamento de fuste que é o responsável pelo aumento da capacidade de carga. A necessidade de se ter uma melhor capacidade de carga, independentemente da ocorrência ou não do efeito de afunilamento, fez surgir a estaca escavada com múltiplas bases (ou bulbos). Os bulbos são alargamentos propositais ao longo do fuste da estaca, em pontos pré-determinados, quando há a transição de camadas de baixa compacidade (areia fofa, por exemplo) para camadas de alta compacidade. São executados substituindo-se a peça de perfuração por um “bico” (com inclinação próxima a 90°) inclinado e, com a haste de perfuração em movimento rotativo, faz-se incidir sobre as paredes do furo jatos do fluido de perfuração. Dessa forma provocam-se rupturas hidráulicas localizadas com o conseqüente alargamento do fuste. Ainda em Marques (1997) foi estabelecida a MCP, Metodologia de Cálculo Proposta, para previsão de carga de ruptura dessas estacas, com base nos dados de SPT.

¹ Juliane A.F. Marques, D.Sc. pela EPUSP; responsável técnica da AGM Geotecnica Ltda. juliandr@usp.br

² Abel Galindo Marques, M.Sc., Professor Adjunto da UFAL. Diretor da AGM Geotécnica Ltda. agmgeotecnica@veloxmail.com.br

³ Ricardo F. Marques, Mestrando pela UFPE. ricardofmarques@hotmail.com

Em Marques (2004) fêz-se um estudo detalhado do comportamento desse tipo de estaca, por meio da instrumentação no topo e em profundidade de cinco estacas-teste, com 30cm de diâmetro nominal e 9m de comprimento, executadas num terreno localizado na orla marítima da cidade de Maceió-Al. Dentre as cinco estacas-teste, tinham-se: duas estacas com dois bulbos, um estaca com bulbo superior, uma estaca com bulbo inferior e uma estaca sem bulbo. Em virtude do solo de baixa resistência na cota da ponta das estacas, houve o aumento natural do diâmetro do fuste a partir dos 5m até uns 9m de profundidade (cota de assentamento das estacas-teste).

As estacas-teste foram submetidas a provas de carga instrumentadas à compressão axial, lentas e rápidas. Posteriormente foram extraídas do terreno, revelando aspectos interessantes da geometria dos bulbos e fuste em função dos tipos de solos atravessados. Todas essas informações formaram a base para as modificações na MCP versão 1997, dando origem a MCP versão 2004, a qual será exposta no presente trabalho.

APERFEIÇOAMENTOS FEITOS NO MÉTODO MCP, VERSÃO 1997

Apresenta-se, de forma resumida, a proposta inicial da MCP (Metodologia de Cálculo Proposta), dissertação defendida em 1997 na Escola de Engenharia de São Carlos. Trata-se de uma adaptação do método de previsão de capacidade de carga Décourt-Quaresma (1978), levando-se em conta as características e peculiaridades das estacas escavadas de pequeno diâmetro, com e sem bulbos, e as características geológicas e geotécnicas das regiões estudadas (Maceió, Aracaju e Recife). Foram propostos novos limites dos valores de SPT, além de algumas modificações na fórmula do cálculo da adesão lateral.

Para solos não coesivos, muito fofos a pouco compactos, considerou-se um aumento médio do diâmetro do fuste da estaca, em torno de 30%, que se inicia e termina nas imediações das divisas entre camadas com as citadas compacidade e camadas com compacidade maiores.

O efeito do afunilamento do fuste foi adicionado ao cálculo da resistência de ponta. Este efeito ocorre quando há transição de um solo de baixa compacidade para um de alta compacidade, ocasionando uma variação natural do diâmetro do fuste. Para isso, soma-se ao valor da resistência de ponta convencional, a resistência devido ao afunilamento do fuste, a qual se obtém multiplicando-se a capacidade de carga do solo, nas imediações em que ocorre a variação do diâmetro do fuste, pela área da coroa circular. Esta coroa circular tem para diâmetro interno, o valor do diâmetro nominal da estaca e para externo, o valor do diâmetro interno, acrescido de, aproximadamente, 30%.

Foram propostos valores para o fator característico dos solos (C) ajustados com provas de carga executadas nas regiões estudadas (ver Marques, 1997).

Limitou-se o SPT médio ao longo do fuste (SPT_m_f) em 20, para as regiões sedimentares do Quaternário e do Terciário, e no cálculo da capacidade de carga do solo na ponta da estaca, limitou-se a média dos três valores de SPT (SPT_m_p) em 15. Para o efeito de afunilamento adotou-se a média entre os dois SPTs, registrados no trecho em que ocorre a variação do diâmetro do fuste, mantendo-se o limite $SPT_{m_a} = 20$, para $SPT > 20$. No caso de alargamento proposital do fuste (bulbo), considerou-se $SPT = 20$, para $SPT \geq 20$.

Para o cálculo da resistência de ponta em Aracaju, aplicou-se a expressão de Décourt-Quaresma, introduzindo-se porém um limite para o SPT médio na ponta da estaca: $SPT_{m_p} \leq 15$ quando solo for areia pura e $SPT_{m_p} \leq 10$ para os demais solos. Não se considerou limite inferior para o SPT, em nenhum caso.

MÉTODO MCP, VERSÃO 2004

As provas de carga instrumentadas, executadas nas em cinco estacas-teste, e a sua posterior extração, forneceram informações valiosas para o aperfeiçoamento da MCP, versão 1997. As variações do perfil geotécnico da pequena área ($\cong 25m^2$) na qual as estacas-teste foram executadas, representaram diferenças não esperadas entre as geometrias das estacas, e enriqueceram as informações obtidas nos ensaios de campo. Essas variações, que se tornaram conhecidas somente após a realização de mais 4 furos de sondagens (totalizando 5 furos), destacaram-se nos primeiros 2m e a partir dos 6m de profundidade. Nas Figuras 1 e 2 apresentam-se os perfis de sondagem SP-01 e SP-04, respectivamente, do referido terreno, nos quais observam-se diferenças de resistência, por exemplo, a 2m de profundidade, e a ocorrência de silte argiloso no furo SP-01 a partir dos 6m e no SP-04 a partir dos 9m.

A instalação da ponta das estacas no silte argiloso mole, fato nunca ocorrido nos projetos de fundações com esse tipo de estaca, resultou em dados novos, importantes para o aperfeiçoamento da MCP. O fator característico do silte argiloso (mole) que era 120 mudou para um valor máximo de 100 podendo variar entre 80 e 100, a depender da consistência, indicada pelo SPT.

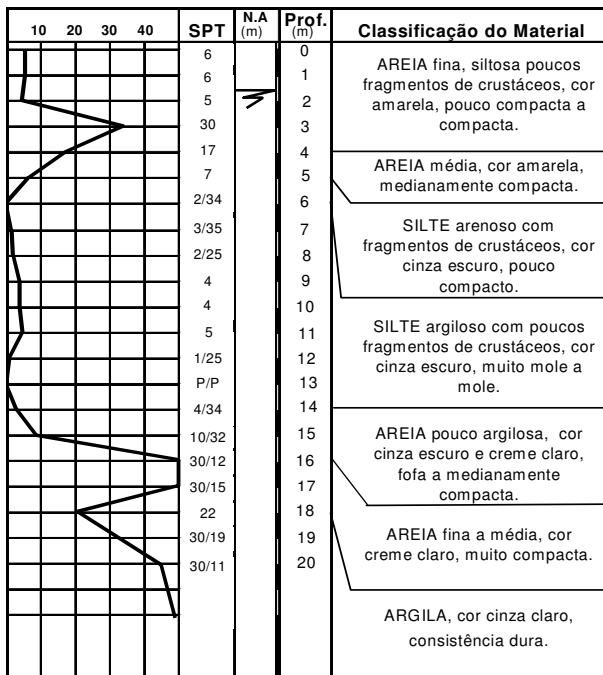


Figura 1. Sondagem SP-01 - Maceió.

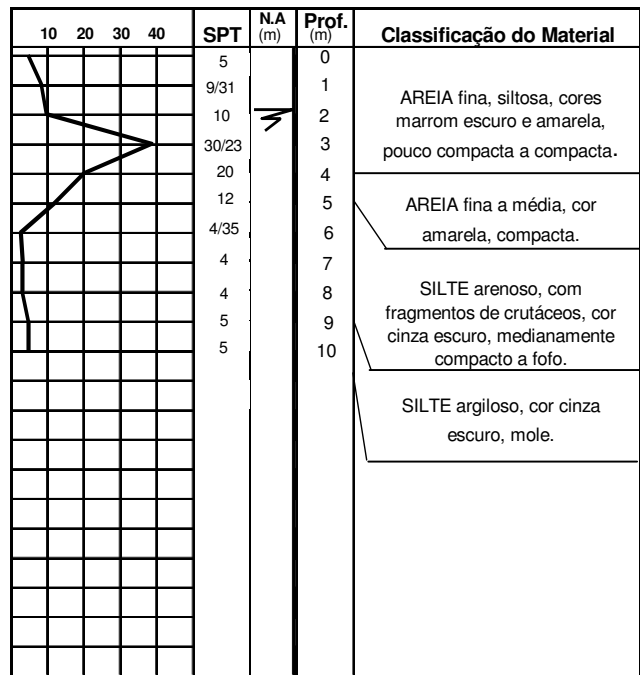


Figura 2. Sondagem SP-04 - Maceió.

Após análises detalhadas dos resultados da instrumentação, do formato geométrico das estacas ensaiadas, do perfil geotécnico do subsolo da área, em que as estacas-teste foram executadas, e da observação dos resultados de outras 30 provas de carga, propõe-se a MCP versão 2004:

1) Adota-se o modelo de cálculo do método Décourt (1996) para o cálculo do atrito lateral máximo ($f_{máx}$), e da tensão de ruptura de apoio, (q_b) tensão de bulbo e (q_p) tensão de ponta, dados por:

$$f_{máx} = 10\beta \left(\frac{SPTm_f}{3} + 1 \right), \text{ em kPa;} \quad (1)$$

$$q_b = \alpha.C.SPTm_b, \text{ em kPa;} \quad (2)$$

$$q_p = \alpha.C.SPTm_p, \text{ em kPa,} \quad (3)$$

Contudo, operam-se adaptações, principalmente nos valores do fator característico dos solos (C), nos limites dos valores de SPT e na fórmula do cálculo da adesão lateral, em alguns casos.

2) Para as estacas sem bulbos, nas camadas de solos muito fofos a pouco compactos, considera-se um aumento médio no diâmetro do fuste (para fins de cálculo de resistência de apoio) em torno de 50% (30 a 70%), que se inicia e termina nas imediações das divisas entre camadas com as citadas compacidades e camadas com compacidades maiores.

No cálculo da resistência de ponta e lateral, adota-se o critério de cálculo citado no item 1, considerando no cálculo de resistência lateral o diâmetro nominal da estaca, e quando o afunilamento for na ponta (ver Figura 3A) considera-se um diâmetro de ponta que pode variar entre 1,3 a 1,7 o diâmetro do fuste, a depender dos SPTs. Para esse intervalo de variação de diâmetro de fuste estima-se valores de SPTs entre 10 e 5, respectivamente. Quando o afunilamento ocorre em algum trecho do fuste distante da ponta, em torno de 3 vezes o diâmetro do fuste (ver Figura 3B), calcula-se a resistência de ponta com o diâmetro do fuste e o efeito de afunilamento multiplicando-se a capacidade de carga do solo, nas imediações em que ocorre a variação do diâmetro do fuste, pela área da coroa circular. Esta coroa circular tem, para diâmetro interno, o valor do diâmetro nominal da estaca e, para externo, o valor do diâmetro interno, acrescido de, aproximadamente, 50% (variando entre 30 e 70%, conforme já citado).

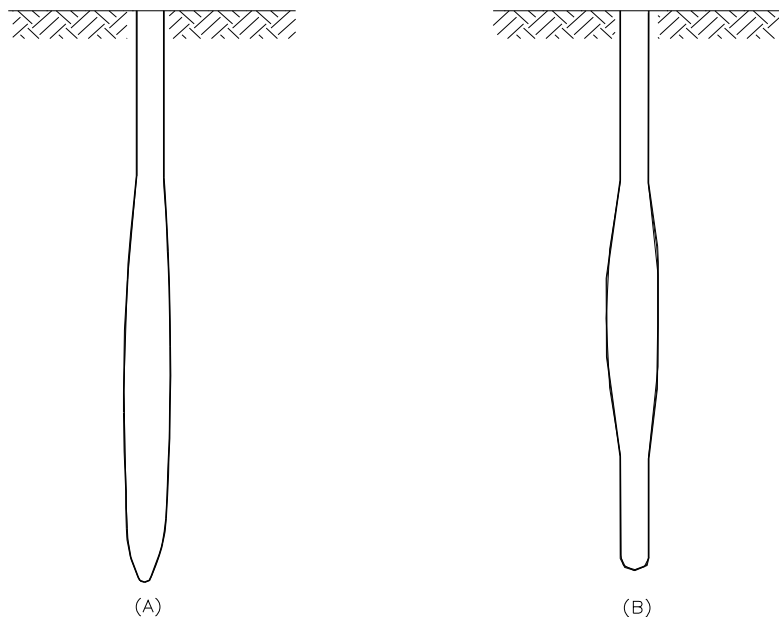


Figura 3. Afunilamento em estacas sem bulbo: a) na ponta da estaca; b) próximo à ponta.

Para as estacas com bulbos, o cálculo da resistência de apoio é feito de forma análoga, considerando-se para diâmetro interno da coroa circular, o diâmetro nominal da estaca, e , e o externo, o diâmetro adotado em projeto para o bulbo, que normalmente pode variar entre 1,2 e 2,5 vezes o diâmetro nominal da estaca (ver Tabela 1).

Um ponto crucial para a aplicação da MCP é o conhecimento do diâmetro dos bulbos. A extração das estacas-teste e as análises cuidadosas dos perfis de sondagens permitiram construir a Tabela 1, de forma empírica, válida para uma pressão de 0,4MPa incidente sobre a parede do furo, para a formação do bulbo. A formulação dessa tabela teve como base estacas com diâmetros nominais entre 30 e 40cm.

A adoção de um valor para os diâmetros exige do projetista experiência e muito bom senso, pois esse valor é fundamental no resultado final da capacidade de carga da estaca. Por esta razão recomenda-se a análise cuidadosa dos perfis de sondagem, observando-se: transição de camada e os valores de SPTs nesses trechos; a ocorrência ou não de misturas de argilas nas areias, se o terreno tem formação errática ou não, etc. Essas considerações implicaram nas relações entre SPTs e diâmetro dos bulbos apresentadas na Tabela 1.

As relações apresentadas são válidas para os terrenos arenosos, siltosos e/ou pouco argilosos moles ou muito moles do Quaternário. Para terrenos argilosos não submersos, ou argilas de consistência iguais ou superiores às de médias consistência, os diâmetros dos bulbos são bem menores que os recomendados, ainda não se tem dados suficientes para se estabelecer uma relação empírica mais confiável com os SPTs.

Tabela 1. Estimativa do diâmetro do bulbo em função do SPT.

SPTs	Diâmetro do bulbo
$N < 5$	$2D_n \leq D_b \leq 2,5D_n$
$5 \leq N \leq 12$	$1,4D_n \leq D_b < 2D_n$
$12 < N \leq 20$	$D_b \cong 1,3D_n$
$N > 20$	$D_b \leq 1,2D_n$

Legenda: D_b – Diâmetro do bulbo; e
 D_n – Diâmetro nominal da estaca.

3) Novos valores para os fatores característicos do solo (C) com introdução de intervalos de valores para C apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Novos valores do fator característico dos solos (C) (Marques, 2004).

PERÍODO GEOLÓGICO: QUATERNÁRIO		
TIPO DE SOLO	Fator Característico (C), em kPa	
	MACEIÓ / RECIFE	ARACAJU
Rocha calcária arenítica, alterada	220 a 300	220 a 300
Areias (finas e grossas)	190 a 220	160 a 200
Areias siltosas (com ou sem argila) e Areias cálcicas	140 a 180	130 a 160
Areias argilosas (com ou sem silte)	100 a 130	100 a 120
Siltes arenosos (com ou sem argila)	90 a 130	90 a 110
Silte argiloso (com ou sem areia)	80 a 100	80 a 100
Argila, Argila siltosa ou arenosa	80 a 90	80 a 90
PERÍODO GEOLÓGICO: TERCIÁRIO (FORMAÇÃO BARREIRAS)		
TIPO DE SOLO	Fator Característico (C), em kPa	
	MACEIÓ / RECIFE / ARACAJU	
Areia argilosa ou Argila arenosa (com ou sem silte)	140 a 160	
Areia siltosa (com ou sem argila)		
Silte argiloso (com ou sem areia)	130 a 150	
Argila siltosa (com ou sem areia)		

4) Limita-se cada SPT, ao longo do fuste, a um valor de 15 no cálculo de resistência lateral, e adota-se $\beta=0,85$ como fator de minoração no cálculo de $f_{m\acute{a}x}$.

5) Quando o bulbo é executado próximo à ponta da estaca (uma distância de até 3 vezes o diâmetro do fuste, da ponta da estaca à base do bulbo, aproximadamente) considera-se bulbo e ponta uma única base de apoio, tornando-se SPT máximo de 15 no cálculo de q_b . Quando a distância entre bulbo e ponta for maior que a citada, separa-se bulbo e ponta e adota-se SPTs máximos de 20 e 15, para o cálculo de q_b e q_p , respectivamente.

6) Tanto para estacas com bulbo quanto sem bulbo, estas com afunilamento, a contribuição para a capacidade de carga dos bulbos e do trecho com afunilamento é calculada tomando-se a média entre os dois SPTs, registrados no trecho em que ocorre a variação do diâmetro do fuste, mantendo-se o limite $SPTm_a = 20$, para $SPTm_a > 20$.

7) Para a cidade de Aracaju, no cálculo do atrito lateral máximo, utiliza-se a fórmula:

$$f_{m\acute{a}x} = 10 \cdot \beta \cdot \left(\frac{SPTm_f}{5} + 1 \right), \text{ com } \beta=0,85 \text{ e } SPTm_f \leq 15 \quad (4)$$

8) Não se considera limite inferior para o SPT, em nenhum caso.

A quase totalidade dessas estacas, analisadas e tomadas como base para o estabelecimento das metodologias de cálculo apresentadas nesse trabalho, foram executadas em sedimentos do Quaternário. Para os sedimentos do Terciário, como os da formação Barreiras, é necessário a realização de provas de carga em estacas instrumentadas, para se ter resultados mais compatíveis com esse tipo de solo.

A análise minuciosa dos perfis de sondagem, por um projetista experiente, pode em algumas situações considerar o efeito de afunilamento no cálculo da capacidade de carga da estaca, além da participação dos bulbos nesse cálculo. Podem ocorrer, num mesmo terreno, trechos em todos os perfis, em que se tem pequenas transições de camadas com SPTs de 3 ou 4 para 12 e o conseqüente afunilamento. E por outras razões (dois bulbos já projetados na estaca em outros pontos, por exemplo) um projetista menos atento, pode não considerar esse afunilamento. Este é um exemplo em que numa estaca pode-se, eventualmente, ter a participação do efeito de afunilamento, mais o dos bulbos e mais o da ponta, na resistência de apoio de uma estaca desse tipo.

Para exemplificar o que foi exposto acima, destacam-se duas estacas (M5 e M6) executadas em Maceió, cujos perfis de sondagens estão apresentados na Figura 4.

Na Figura 4-a verifica-se o trecho do afunilamento que se inicia em torno dos 3m, na transição do SPT de 10 para 2 golpes, e termina em torno dos 10m, na transição do SPT de 3 para 14 golpes. Neste caso, no cálculo da resistência de apoio, somam-se as contribuições das resistências dos dois bulbos mais a da ponta e do afunilamento. Considerou-se um diâmetro de 60cm (D_a) para o trecho de afunilamento correspondente a um aumento de 50% em relação ao diâmetro nominal da estaca ($D_n=40$ cm). Na Figura 4-b, a estaca tinha diâmetro nominal de 40cm e o diâmetro do afunilamento foi considerado 60cm ($D_a=1,5D_n$).

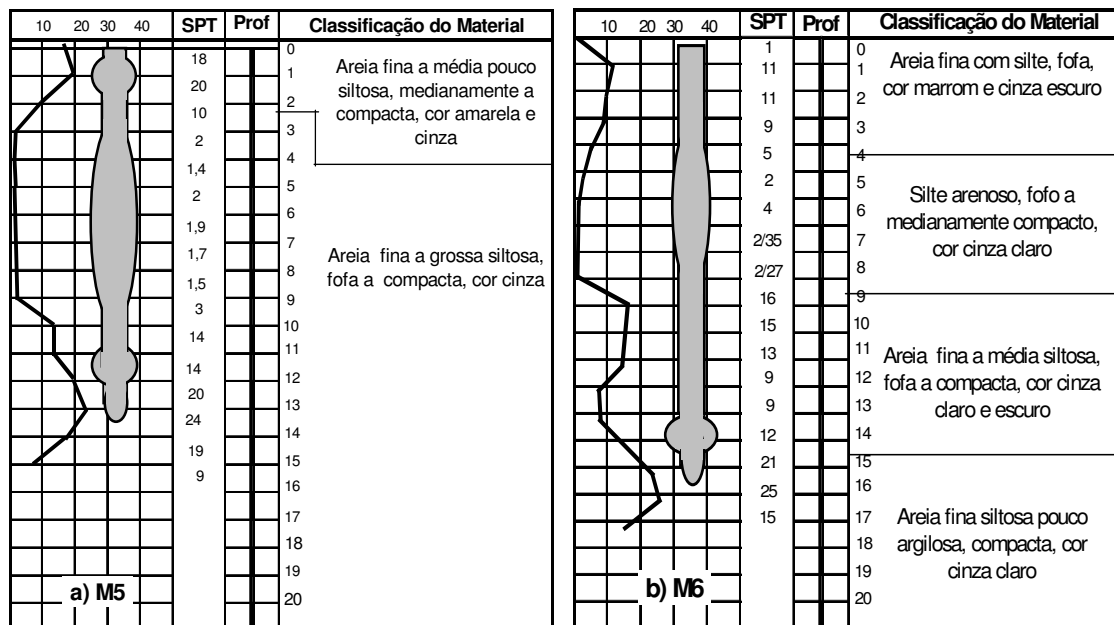


Figura 4. Perfis de sondagem das estacas: a) M5; b) M6.

ESTIMATIVA DA CARGA DE TRABALHO SEGUNDO A MCP

A MCP, versão 2004, foi aplicada às 30 estacas analisadas e às 5 estacas-teste, para estimativa da carga de trabalho, e tendo como base as recomendações da norma NBR-6122/96 (itens 5.1, 5.5.2 e 5.6.2.2), atendendo aos critérios de ruptura e recalques.

Para atender o critério de ruptura, as cargas de trabalho foram estimadas de dois modos. Primeiro, através da MCP, com coeficiente de segurança igual a 2. Segundo, através dos resultados das provas de carga, usando coeficiente de segurança igual a 1,6. A Figura 5 mostra que os valores das cargas de trabalho obtidas nas provas de carga são maiores que os obtidos pela MCP, com exceção da estaca M3. Ainda na Figura 5, os símbolos em bolinhas cheias correspondem às 5 estacas-teste; verifica-se, novamente, o bom ajuste da MCP com os valores obtidos nos ensaios.

Para atender o critério de recalque da NBR-6122/96 (item 5.5.2), adotou-se um coeficiente de segurança de 2,5 nas estimativas das cargas de trabalho pela MCP. Os correspondentes valores de carga de trabalho obtidos através das provas de carga, para um recalque admissível de 20mm, estão apresentados na Tabela 3. A Figura 6 permite atestar o acerto na escolha do coeficiente de segurança de 2,5. Os símbolos em bolinhas cheias correspondem às 5 estacas-teste.

A Tabela 3 resume os valores de carga de trabalho obtidos através da MCP e das provas de carga, de acordo com os critérios descritos acima.

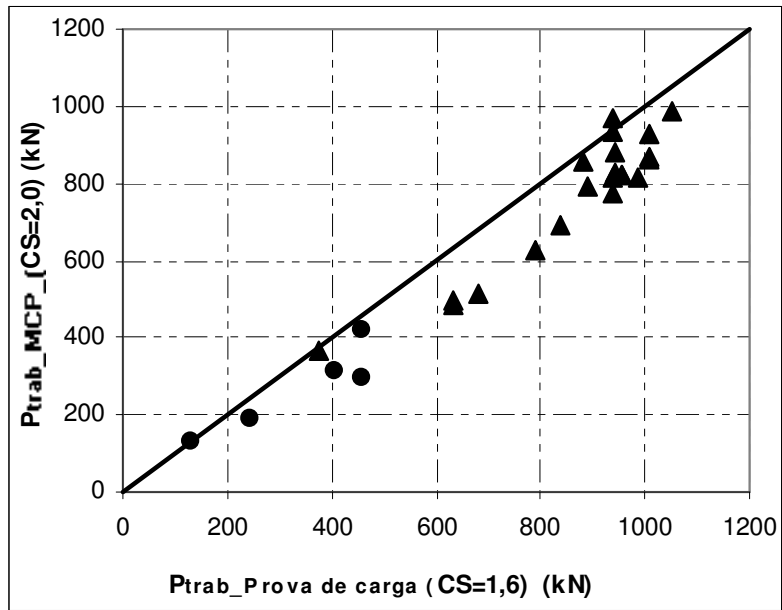


Figura 5. Carga de trabalho segundo a MCP (coeficiente de segurança = 2,0) versus carga de trabalho segundo a prova de carga (coeficiente de segurança = 1,6).

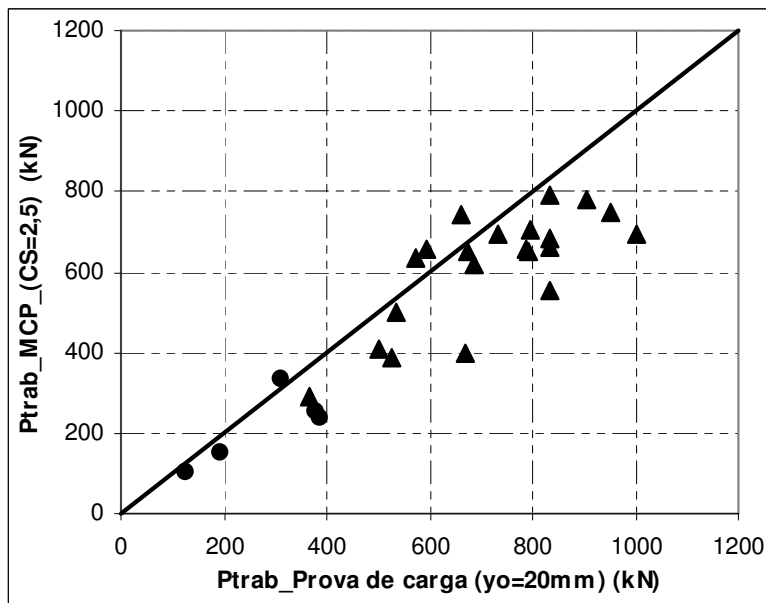


Figura 6. Carga de trabalho segundo a MCP (coeficiente de segurança = 2,5) versus carga de trabalho segundo a prova de carga (recalque admissível de 20mm).

Tabela 3. Valores de carga de trabalho da MCP e das provas de carga, segundo os critérios de ruptura e recalque.

Estaca	$P_o^{m\acute{a}x}$ (kN)	$y_o^{m\acute{a}x}$ (mm)	P_o^{trab} (20mm) (kN)	P_o^{trab} (cs=1,6) (kN)	P_{MCP}^{rup} (kN)	P_{MCP}^{trab} (cs=2,0) (kN)	P_{MCP}^{trab} (cs=2,5) (kN)
M1	1501	23,72	953	938	1866	933	746
M2	1580	40,64	793	988	1630	815	652
M3	1501	29,32	907	938	1944	972	778
M4	1817	12,69	-	-	2366	1183	946
M5	1501	35,68	673	938	1626	813	650
M6	1264	54,03	533	790	1256	628	502
M7	1422	38,88	573	889	1585	793	634
M8	1342	25,19	833	839	1379	690	552
M9	1506	2,15	-	-	2351	1176	940
M10	1682	45,2	833	1051	1977	989	791
J11	1580	12,81	-	-	2006	1003	802
J12	1501	48,51	687	938	1547	774	619
A13	1013	13,75	-	-	1491	746	596
A14	1013	20,51	670	633	998	499	399
A15	1506	32,78	833	941	1660	830	664
A16	1013	49,86	527	633	973	487	389
A17	1506	43,71	797	941	1758	879	703
A18	1506	21,23	-	-	2010	1005	804
M19	1531	45,72	593	957	1643	822	657
M20	1600	16,5	-	-	2316	1158	926
M21	1613	41,31	733	1008	1740	870	696
A22	1090	55,00	500	681	1029	515	412
A23	1531	42,06	787	957	1638	819	655
A24	1410	27,83	833	881	1709	855	684
R25	600	29,90	367	375	732	366	293
R26	1060	12,19	-	-	1354	677	542
R27	900	4,25	-	-	1181	591	472
R28	1612	24,15	1000	1008	1732	866	693
M29	1667	9,55	-	-	2407	1204	963
M30	1613	44,74	660	1008	1859	923	744

CONCLUSÕES

Um dos objetivos da pesquisa de Marques (2004) foi o aperfeiçoamento da MCP (Metodologia de Cálculo Proposta), dando origem ao Método MCP, versão 2004.

A variabilidade do subsolo da pequena área ($\cong 25m^2$) na qual as estacas-teste foram executadas, e a posterior extração das mesmas produziram informações importantes sobre a geometria e a forma de

transferência de carga desse tipo de estaca, fundamentais no melhoramento da metodologia de cálculo proposta (MCP).

A ponta das estacas-teste apoiada num solo de baixa resistência revelou importantes conhecimentos da resistência de ponta. Foram estabelecidos novos intervalos de variação para o fator característico do solo segundo a MCP. Os resultados da instrumentação indicaram, por exemplo, que siltes argilosos moles, e muito moles, têm diferentes fatores característicos de solo.

A instrumentação das estacas-teste forneceu valores de fator característico do solo de $C=170\text{kPa}$ para a areia siltosa onde estavam apoiados os bulbos superiores, e para o silte argiloso na ponta das estacas o valor de $C=120\text{kPa}$. Esses valores se encontram dentro dos intervalos de variação do fator característico do solo, propostos pela MCP. No caso do silte argiloso o valor máximo proposto pela MCP é de $C=100\text{kPa}$. Entretanto observou-se que parte das estacas-teste apresentou a superfície de ruptura da ponta embutida em silte argiloso e silte arenoso, cujo valor máximo proposto para este último, pela MCP, foi de 130kPa .

A MCP, que primordialmente foi fundamentada nos resultados de 25 provas de carga, com a pesquisa de Marques (2004) acrescentaram-se os resultados de mais 30 provas de cargas comuns (a maioria com grandes recalques) e mais as 5 estacas-teste instrumentadas, as quais foram ensaiadas até a ruptura. Em decorrência disto, tem-se que a MCP é produto das análises dos resultados de 55 provas de cargas não instrumentadas, e 5 instrumentadas.

As cargas de trabalho segundo a MCP, para atender o critério de ruptura da NBR-6122/96, foram obtidas com um coeficiente de segurança igual a 2. Para atender o critério de recalque, preconizado pela referida norma (item 5.5.2), adotou-se um coeficiente de segurança igual a 2,5. Essas estacas necessitam de grandes recalques para atingirem a carga máxima, daí a adoção de um coeficiente de segurança igual a 2,5 para se obter uma carga de trabalho que atenda aos critérios de ruptura e de recalques.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (1996).: Projeto e Execução de Fundações: NBR 6122/96. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (1991). Estacas. Prova de Carga Estática: NBR 12131/91. Rio de Janeiro.
- DÉCOURT, L. (1996) Análise e Projeto de Fundações Profundas. Estacas. In: HACHICH, W., FALCONI, F.F., SAES, J.L., FROTA, R.G.Q., CARVALHO, C.S., NIYAAMA, S. Fundações Teoria e Prática. 1. ed. São Paulo: Editora Pini. Cap8.1. p.265-301.
- DÉCOURT, L. & QUARESMA, A R. (1978). Capacidade de Carga em Estacas a Partir de Valores de SPT. In: VI COBRAMSEF. vol. 1. p.45-53.
- MARQUES, J.A.F. (2004). Estudos de Estacas Escavadas de Pequeno Diâmetro, com Bulbos, Instrumentadas em Profundidade, em Terrenos Sedimentares. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 319p.
- MARQUES, J.A.F. (1997). Execução e Previsão de Capacidade de Carga de Estacas Rotativas-Injetadas. EESC, São Carlos, dissertação (mestrado), 124p.