

RELATOS DE OBRAS EM ESTACAS ESCAVADAS COM BULBOS, BLOCO-SAPATA E
ARMAÇÃO COM TELA NYLON.

*CASE STUDIES OF BUILDINGS WITH BORED UNDERREAMED PILES,
SHALLOW-BLOCKS AND NYLON SCREEN PROTECTED REINFORCEMENT.*

GALINDO MARQUES, ABEL*
FIGUEIREDO MARQUES, JULIANE ANDRÉIA**

RESUMO

Neste trabalho relatam-se experiências com fundações sobre estacas escavadas de pequeno diâmetro (200 a 400 mm), com bulbos, comprimentos variáveis entre 2,7 m e 15 m, projetadas para trabalharem solidariamente com o bloco de coroamento, tipo bloco-sapata, o qual transmite parte da carga ao solo próximo à superfície. Relata-se também sobre provas de carga em grupo de estacas escavadas com bulbos executadas em solos de baixo suporte de carga. Por fim são apresentadas provas de carga desse tipo de estacas com armadura protegida com telas de nylon e resultados de testes de resistência realizados em laboratório em corpos de prova moldados com tela. Essa tela tem por objetivo preservar a integridade do núcleo da seção do fuste da estaca, no caso de ocorrer um desmoronamento da parede do furo (caso de solos arenosos e de alta permeabilidade) após o preenchimento do fuste com argamassa ou o seu estrangulamento por camadas espessas de solos altamente plásticos e fluidos.

ABSTRACT

This paper describes case studies of foundations with small diameter bored piles (200 to 400 mm), with bulbs, variable sizes between 2,7 m and 15 m, designed to work as a single entity with the shallow block, which transmits part of the load to the soil near to the surface. It also describes load tests of groups of bored underreamed piles inserted into soil of low bearing capacity. Load tests of this kind of piles, reinforced with nylon screens are described. Finally the results of testing the resistance in the laboratory of the mortar with screens are presented. This screen has the objective of preserving the integrity of the pile's shaft core, when the wall is punctured or strangled just after the pile is filled with mortar. Punctures are especially common with sandy soil with high permeability. Strangulation is common with plastic and thick fluid ground layers.

(*) *M.Sc., Prof. Adjunto, Universidade Federal de Alagoas – UFAL / Diretor da AGM Geotécnica Ltda*

(**) *M.Sc., Doutoranda, Escola Politécnica de São Paulo – USP, juliandr@usp.br*

1. INTRODUÇÃO

Inicialmente relatam-se sobre resultados de duas provas de carga em bloco sapata sobre estaca escavada de 400mm, sendo uma estaca de 16,0m de comprimento e outra de 2,9m. Em seguida apresentam-se estacas escavadas (com bulbo) de 250mm de diâmetro executadas de forma semi-manual, com pequeno trado mecânico, cujas provas de carga revelaram capacidade de carga muito superior ao convencional de estacas executadas com trado. Depois mostram-se resultados de provas de carga, executadas em estacas trabalhando individualmente e em grupo de estacas, instaladas em solo de baixa capacidade de carga. Por último apresentam-se os resultados de ensaios de laboratório em amostras, e provas de carga em estacas com armação protegida com tela de nylon comum.

Os casos de obra aqui apresentados têm em comum um tipo de estaca escavada conhecida apenas em alguns estados do norte e nordeste brasileiro. Esta estaca é executada por meio de perfuratrizes comuns, utilizando-se brocas para a perfuração e lama bentonítica para estabilização do furo. Concluído o furo, alarga-se o diâmetro deste, em pontos estratégicos (1 ou 2 pontos), fazendo-se incidir sobre a parede do furo um jato de lama em circulação num plano horizontal. Após a limpeza do fundo do furo, coloca-se a armação e injeta-se argamassa fluida, pelo mesmo processo da estaca raiz, preenchendo-se toda a perfuração no sentido fundo-boca do furo (MARQUES, 1997). Ao final tem-se a estaca com o formato mostrado na Figura 1.

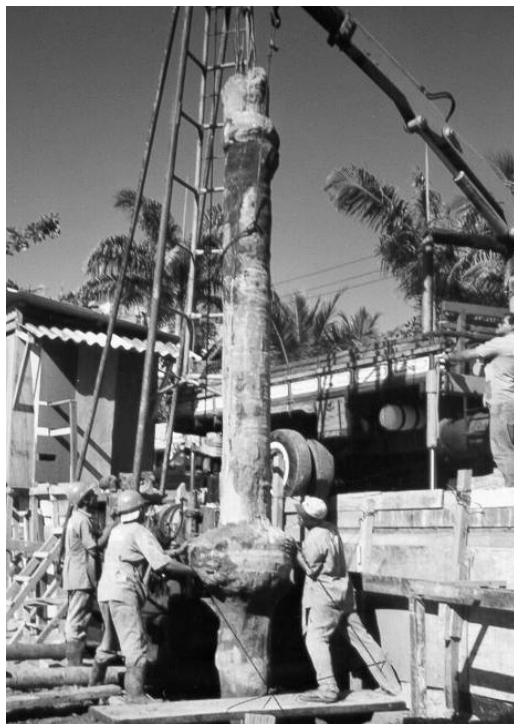


Figura 1 – Formato final de uma estaca extraída com um bulbo próximo à ponta.

2. PRIMEIRO CASO

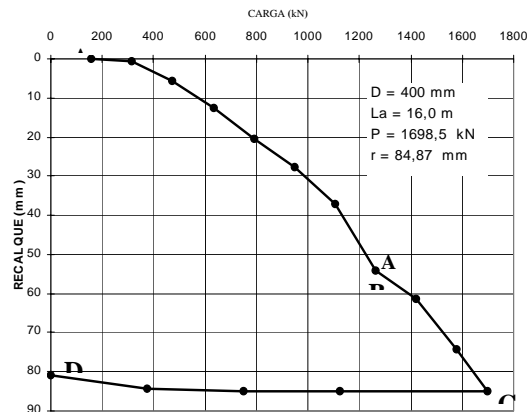
Trata-se de um bloco-sapata com dimensões de base de 1,5m x 1,5m, sobre estaca escavada com bulbos, comprimento de 16m e diâmetro de 400mm, formando uma estaca-T. Propositadamente o bloco-sapata apoiou-se na profundidade de 2,5m, onde se tem a transição de argila arenosa muito mole para areia fina siltosa fofa com SPT de 1 a 2 golpes (Figura 2a).

Com objetivo de se obter a carga absorvida pela estaca nos primeiros 50mm de recalque, apoiou-se o bloco-sapata sobre um isopor de 50mm de espessura. A Figura 2b apresenta a curva carga x recalque do conjunto bloco-sapata/estaca (estaca T). Até o ponto A dessa curva, teve-se tão somente a participação da estaca isoladamente. A partir do ponto A o bloco-sapata apoiou-se no solo e o conjunto passou a absorver a carga solidariamente. Aplicando-se VAN der VEEN (1953) às duas situações, encontra-se carga de ruptura de 2060 kN para a estaca trabalhando isoladamente, e para o conjunto bloco-sapata/estaca 2730 kN (MARQUES & MARQUES, 2000).

Este resultado mostra que mesmo nos terrenos de baixíssima capacidade de carga a contribuição do bloco-sapata é considerável. Neste caso, teve-se um ganho de mais de 30% na carga de ruptura da estaca. Este fato é relevante nos projetos de fundações de estruturas que admitem recalques maiores.



(a)



(b)

Figura 2 – (a) Perfil do terreno da estaca M1; (b) Curva carga x recalque do bloco-sapata/estaca

2. SEGUNDO CASO

Este caso também trata de bloco-sapata sobre estaca (estaca-T), porém há algumas peculiaridades interessantes que o caso anterior não tem. A estaca-T foi projetada para 2,9m de

comprimento, diâmetro de 400mm e um bulbo próximo à ponta. As dimensões do bloco-sapata foram de 1,3m x 1,3m, apoiado numa areia fina com SPT de 6 golpes e o solo da ponta da estaca foi uma areia fina compacta, submersa. O isopor sob o bloco-sapata tinha espessura de 60mm.

O primeiro detalhe deste caso está no comprimento da estaca (2,9m) e carga de ruptura (1090 kN), explícita, registrada na prova de carga (Figura 3a). O segundo detalhe está na curva apresentada na Figura 3b, a qual representa uma nova prova de carga onde aplicou-se carga no elemento bloco-sapata/estaca desde o estágio zero até atingir 1506 kN (limite do sistema de reação), obtendo-se um recalque de apenas 27,03mm e carga de ruptura (segundo VAN der VEEN, 1953) superior a 2481 kN.

O detalhe final está na diferença entre custo financeiro de uma fundação sobre bloco-sapata/estaca (estaca-T) e uma sapata simples. No Nordeste Brasileiro, uma estaca-T com as citadas dimensões custa em torno de US\$ 200 e uma sapata simples projetada para uma carga de trabalho de 1250 kN e pressão admissível do terreno de 0,15 MPa, custa em torno de US\$ 880, representando um valor superior a quatro vezes.

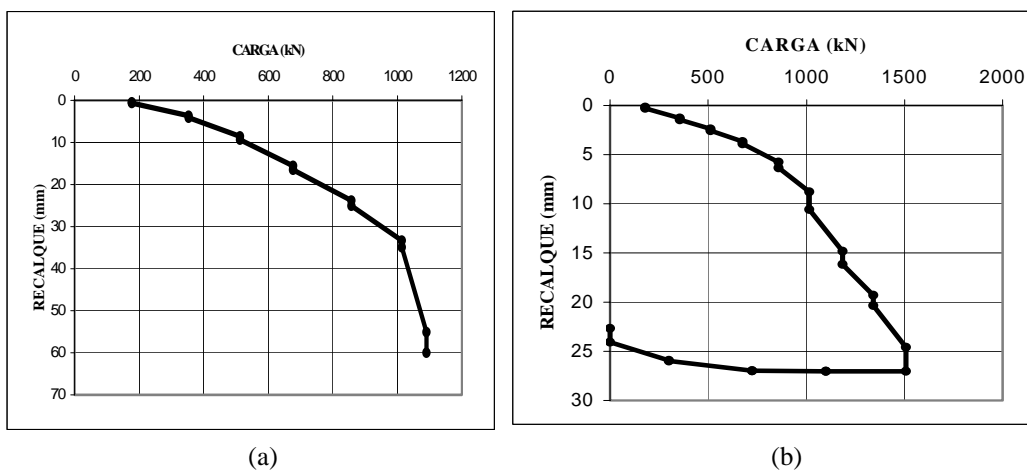


Figura 3 – (a) Curva carga x recalque da estaca E2; (b) Curva carga x recalque do bloco-sapata/estaca.

3 TERCEIRO CASO

Neste caso destacam-se a excelente capacidade de carga (> 1100 kN) de estacas com diâmetro de 25 cm (comprimento de 8 m) executadas de forma semi-manual, a simplicidade e praticidade de execução dessas estacas.

A obra na qual essas estacas foram empregadas, tratava-se do reforço das fundações (e estrutura) de um estádio de futebol na cidade de Aracaju-Se. Devido à grande dificuldade de acesso à maioria dos locais de execução das estacas, projetou-se para o reforço das fundações

dos pilares de difícil acesso, estacas executadas com trado semimecanizado (Figura 4), com diâmetro de fuste e de bulbo (próximo à extremidade) de 25 cm e 60 cm, respectivamente, para carga de trabalho de 300kN. Para os pilares de fácil acesso, adotou-se estacas com diâmetro de fuste de 35cm, bulbo de 70cm e carga de trabalho de 450kN, executadas com máquinas perfuratrizes. Os perfis típicos do subsolo da área em que está localizado o citado estádio, são os apresentados nas Figuras 5a (SP-4) e 5b (SP-1). Os furos de sondagem desses perfis distam-se entre si uns 220m, situam-se em lados opostos em relação ao centro do campo de futebol, e nesses locais foram executadas as provas de carga, cujos os resultados são mostrados no Quadro 1.



Figura 4 – Trado semimecanizado.

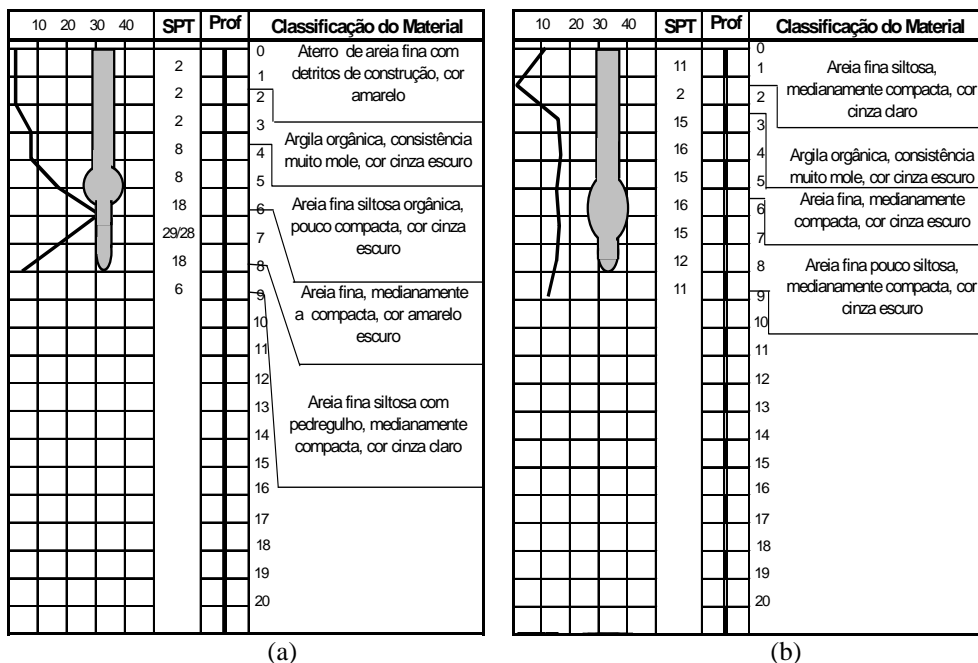


Figura 5 – (a) Perfil de sondagem SP4; (b) Perfil de sondagem SP1

No total foram ensaiadas dez estacas, sendo quatro à compressão e seis à tração. Com objetivos de estudos, a carga de ensaio dessas estacas foi superior a recomendada pela Norma NBR-6122. Por equívoco de entendimento entre o consultor e o executor das provas de carga, a estaca C2 deveria ter sido submetida a mesma carga de trabalho da estaca C4, 1506 kN, que era o limite do sistema reativo da montagem da prova de carga. Pares de estacas submetida à tração serviram de reação nas provas de carga à compressão formando os seguintes conjuntos: T1C2T2; T2C1T3; T4C4T5 e T5C3T6.

Os recalques no Quadro 1 correspondem ao primeiro carregamento a qual cada uma foi submetida. No segundo carregamento (recarregamento) os recalques dessas estacas foram, reduzidos, em média, 30%.

Quadro 1 – Características das estacas e das provas de carga.

Estaca	Sondagem	D (m)	L (m)	Pe (kN)	ρ_t (mm)	ρ_p (mm)
C1	Figura 5a	0,25	8,0	1013	20,51	16,5
C2	Figura 5a	0,35	8,0	1013	13,75	11,09
C3	Figura 5b	0,25	8,0	1013	49,86	41,61
C4	Figura 5b	0,35	8,0	1506	32,78	25,56
T1	Figura 5a	0,40	10,0	506,5	6,45	3,79
T2	Figura 5a	0,40	10,0	506,5	9,63	7,79
T3	Figura 5a	0,40	10,0	506,5	7,72	4,90
T4	Figura 5b	0,40	11,0	753	5,49	2,60
T5	Figura 5b	0,40	11,0	753	1,69	1,68
T6	Figura 5b	0,40	11,0	506,5	2,11	1,35

Obs.1: D – diâmetro nominal da estaca

L – comprimento da estaca

Pe – carga máxima de ensaio

ρ_t – recalque total

ρ_p - recalque permanente

Obs.2: As estacas C1, C2, C3 e C4 são de compressão e as estacas T1, T2, T3, T4, T5 e T6 são de tração.

As Figuras 6a e 6b mostram as curvas carga x deformação das provas de carga das estacas C1 e C3, respectivamente. O diâmetro do bulbo de uma estaca de 25cm, pode variar entre 50cm a 70cm, a depender da compacidade da areia em que foi executado o bulbo, quanto mais fofa a areia maior a escavação realizada pelo jato do fluido que incide sobre a parede do furo. Em função de observações e experiências com bulbos de estacas extraídas e dos resultados de recalque das provas de carga, o diâmetro do bulbo da estaca C3 deve ser em torno de 50cm e da estaca C1 é superior a esse valor (em torno de 70cm).

Segundo VAN der VEEN (1953), a carga de ruptura tanto da estaca C1 como a da estaca C3 é de 1100kN. Partindo-se do conhecimento corrente de que o recalque, desse tipo de estaca, correspondente à carga de ruptura, situa-se num valor mínimo de 10% do diâmetro da base, conclui-se que a carga de ruptura da estaca C1 é bem superior a 1100kN. Como apenas a curva carga x recalque da estaca C3, apresenta condições favoráveis de observação da carga de

ruptura por extrapolação, não se apresenta no Quadro 1 cargas de ruptura das dez estacas ensaiadas.

Finalmente como resultado positivo dessa experiência, verifica-se que estacas de 25cm de diâmetro, que antes eram executadas com trado para cargas máximas de 100kN, quando executadas com bulbos, em terrenos de perfis geotécnicos favoráveis e com trados semimecanizados, podem ser projetadas para cargas de trabalho superiores a 500kN.

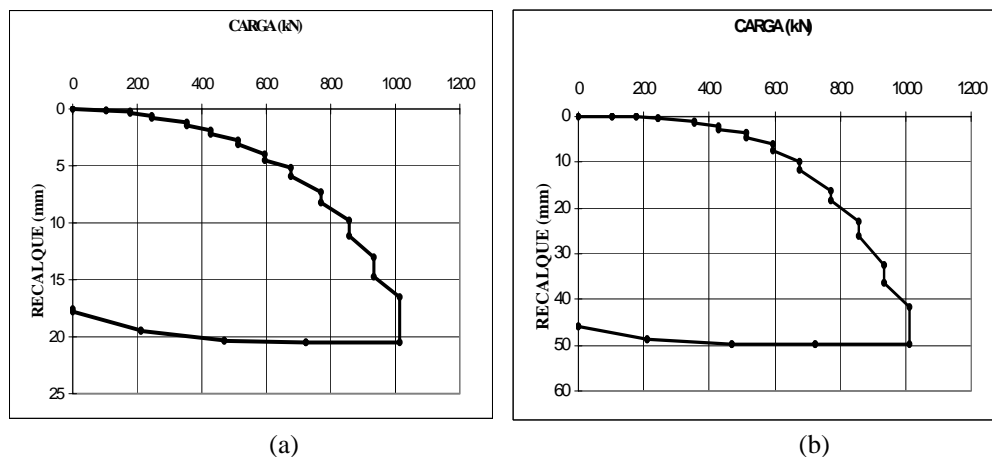


Figura 6 – (a) Curva carga x recalque da estaca C1; (b) Curva carga x recalque da estaca C3

4 QUARTO CASO

Trata-se de resultados de provas de carga em estacas de 20cm de diâmetro e comprimento de 9, 11 e 13m executadas num terreno, cujo o perfil típico do subsolo é o apresentado na Figura 7. As estacas das provas de carga, E1 e E2, cujos resultados são apresentados no Quadro 2, têm comprimento de 9m e um bulbo próximo à ponta de diâmetro em torno de 50cm. Elas fazem parte de um conjunto de 216 estacas espaçadas de 1,8m, projetadas para funcionarem como redutores de recalques de um reservatório apoiado em um aterro compactado de 2m de altura. Cada estaca tem uma placa de coroamento de concreto armado, de 0,7m x 0,7m e altura de 10cm, que funciona como captél para receber parte da carga transmitida pelo aterro.

A estaca E1 foi ensaiada, individualmente, rompeu com 185kN e em seguida manteve uma carga de ruptura de 130kN. A estaca E2 fez parte de um bloco rígido de 8 estacas submetido à prova de carga. As estacas distavam entre si de 1,8m em todas as direções, e o bloco de coroamento apoiou-se nas placas engastadas nas cabaças das estacas citadas anteriormente. Uma camada de areia de 10cm de espessura preencheu o espaço entre as placas. Devido a limitação do sistema reativo da prova de carga, as estacas receberam uma carga total de 2222 kN (recalque de 2mm) cabendo 277 kN para cada estaca, aproximadamente.

A estaca E3, com 11m de comprimento, foi projetada para as fundações de um tanque de mel de forma semelhante às estacas E1 e E2, com carga de trabalho (200kN) maior que as das estacas E1 e E2 (150kN). Foi também ensaiada num grupo de 5 estacas, espaçadas entre si de 1,4m, e

coroadas com um bloco rígido de 1,1m de altura. O conjunto foi submetido a um carregamento total de 1858kN, correspondendo 372kN para cada estaca. A estaca E4, sem placa engastada no topo, foi projetada com 13m de comprimento (arrasado 12,5m), carga de trabalho 220kN e foi submetida, sozinha, a uma carga de ensaio de 340kN.

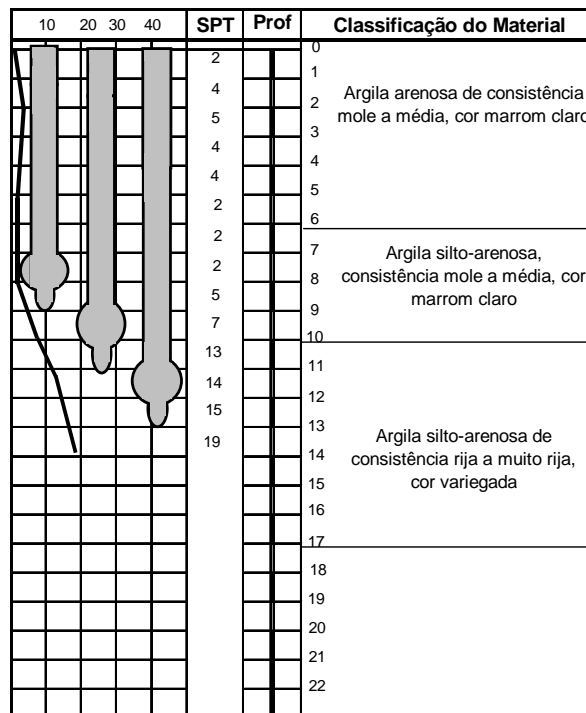


Figura 7 – Perfil do subsolo das estacas E1, E2 e E3.

Quadro 2 – Resultados das provas de carga.

Estaca	D (m)	L (m)	Pe (kN)	ρ (mm)
E1	0,20	9,0	185	42,33
E2	0,20	9,0	277	2,06
E3	0,20	11,0	372	2,48
E4	0,20	12,5	340	3,13

Obs: D – diâmetro nominal da estaca

L – comprimento da estaca

Pe – carga máxima de ensaio

ρ – recalque

Não são apresentadas aqui, as cargas de ruptura das estacas E2, E3 e E4 obtidas por métodos de extrapolação, pois devido a não definição da curva carga x recalque, resultados extrapolados não são confiáveis, segundo DÉCOURT & NYAMA (1996).

5. TELA DE NYLON

Com o objetivo de se evitar a redução do diâmetro do fuste ou até mesmo o seu estrangulamento, tem-se utilizado tela de nylon (Figura 8) envolvendo as armaduras das estacas escavadas com utilização de lama bentonítica. A redução ou estrangulamento do fuste pode ocorrer principalmente em estacas escavadas de grande diâmetro, quando são executadas em terrenos com espessas camadas de argila muito mole ou camadas de areia grossa ou pedregulhosas, submersas. Nas estacas de pequeno diâmetro ($d \leq 40\text{cm}$), a redução ou estrangulamento do fuste, pode ocorrer em terrenos arenosos durante a retirada do tubo utilizado no preenchimento do fuste e, por acidente, este bate na parede do furo ocasionando um desmoronamento localizado.

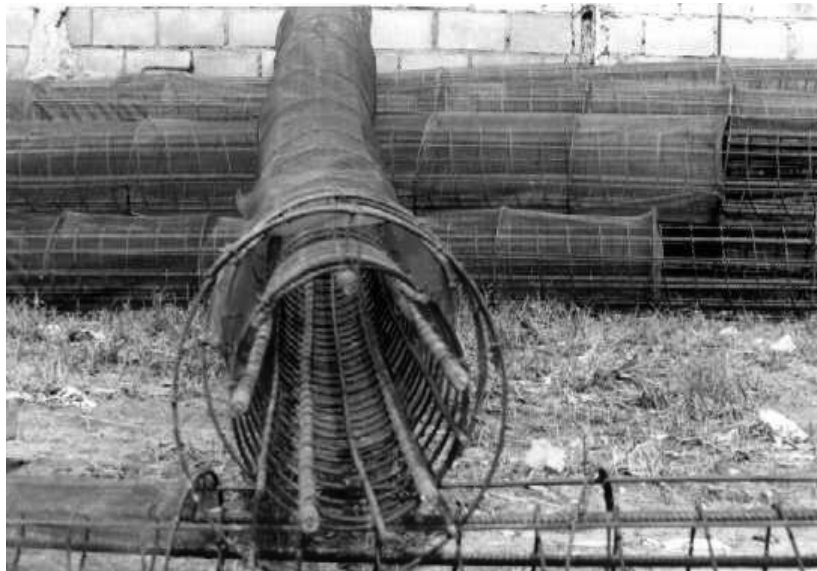


Figura 8 – Detalhe da armação da estaca envolta pela tela de nylon.

O Quadro 3 apresenta resultados de provas de carga em estacas com e sem tela, executadas em terrenos de perfis semelhantes, e de amostras de diâmetro natural ensaiadas em laboratório, com e sem tela. Os resultados mostram que a presença da tela dentro das estacas, ou dos corpos de prova, submetidas à compressão axial, é desprezível.

As cargas aplicadas nos corpos de prova (n^{os} 1 a 10) são de ruptura, e das estacas são cargas atingidas nos ensaios, não são de ruptura. As amostras n^{os} 1 a 6 tiveram pressão de ruptura média de 23 Mpa e as amostras de n^{os} 7 a 10, 10,5 Mpa. Esses resultados comprovam que a insignificância da influência da tela, na carga de ruptura estrutural, permanece independentemente da resistência do material que compõe o fuste ser maior ou menor.

Quadro 3 – Resultados de ensaios em estacas e amostras, com e sem tela de nylon.

Elemento Ensaiado	Nº	Diâmetro(m)		Comprimento (m)	Carga Aplicada (kN)	
		Armação tela	Amostra ou Estaca		Sem tela	Com tela
Amostras de Laboratório	1	-	0,25	0,30	1165	-
	2	-	0,25	0,30	1178	-
	3	-	0,25	0,30	1175	-
	4	0,15	0,25	0,30	-	1142
	5	0,15	0,25	0,30	-	1148
	6	0,15	0,25	0,30	-	1151
	7	-	0,30	0,30	746	-
	8	-	0,30	0,30	743	-
	9	0,20	0,30	0,30	-	738
	10	0,20	0,30	0,30	-	734
Estacas	11	-	0,40	5,00	1506	-
	12	0,30	0,40	6,00	-	1506
	13	-	0,40	10,50	1501	-
	14	0,30	0,40	14,00	-	1685

REFERÊNCIAS

ABNT/NBR 6122 (1996). Projeto e Execução de Fundações.

MARQUES, J.A.F. & MARQUES, A.G. (2000). Resultados de Provas de Carga em Estacas Escavadas Injetadas com Bulbos. In: SEFE IV, 2000, São Paulo. v 1. p.260-273.

MARQUES, J.A.F. (1997). Execução e Previsão de Capacidade de Carga de Estacas Rotativas-Injetadas. EESC, São Carlos, dissertação (mestrado), 124p.

NIYAMA, S.; AOKI, N.; CHAMECHI, P.R. (1996). Verificação de desempenho. In: Hachich et al. editores; Fundações Teoria e Prática, ed. PINI. Cap. 20. p.723-751.

VAN DER VEEN (1953). The Bearing Capacity of a Pile. In: 3 rd ICSMFE. Vol. 2. p.84-90.