

Alluvial Anker como Alternativa para Fundações em Argila Mole

Max Barbosa
Solotrat Centro-Oeste Ltda., max@solotrat.com.br

George J. T. de Souza
Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda., georgeteles@solotrat.com.br

Alberto Casati Zirlis
Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda., zirlis@solotrat.com.br

Cairbar Azzi Pitta
Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda., azzi@solotrat.com.br

Cassio Miari
Torc Terraplenagem, Obras Rodoviárias e Construções Ltda., cm@trier.eng.br

Alexandre Lemos
Torc Terraplenagem, Obras Rodoviárias e Construções Ltda., alexandrelemos@torc.com.br

Josias Sampaio
DER DF, josiascavalcante@bol.com.br

Samuel Dias
DER DF, samueld.jr@brturbo.com.br

RESUMO

O uso de estacas Alluvial Anker para fundações em solos moles se mostra uma solução interessante e com vantagens técnicas, econômicas e ambientais em relação às estacas pré-moldadas. Neste artigo estão descritos: o conceito e a sequência executiva destas estacas; dois tipos de aplicação em uma mesma obra; e a prova de carga das estacas realizada nas estacas.

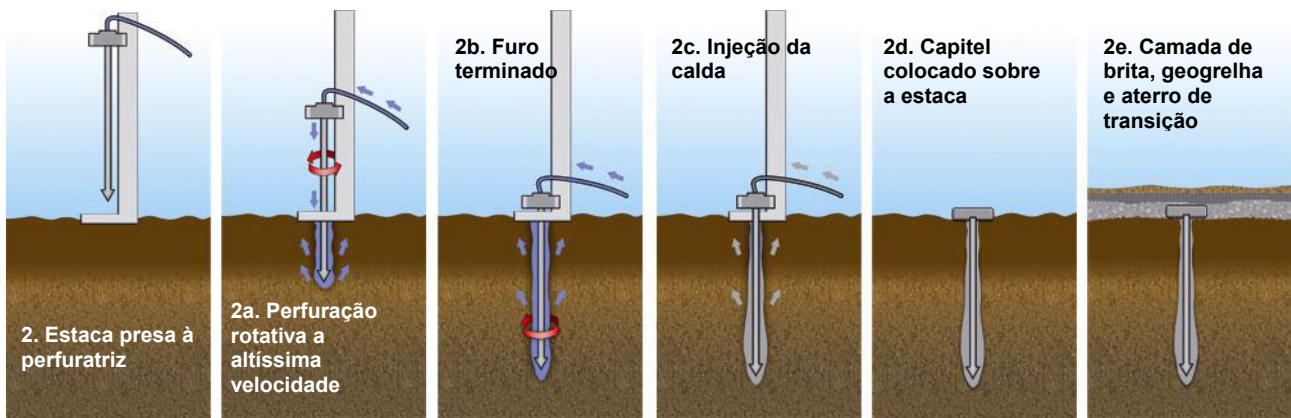
PALAVRAS-CHAVE: estaqueamento de solos moles; reforço de argilas moles; alluvial anker; fundações em argilas moles.

1 CONCEITO

Como o uso da Alluvial Anker ainda não está disseminado, segue um rápido conceito desta técnica. Trata-se de uma estaca de pequeno diâmetro, moldada no local. Um tubo de aço sem costura (2½" de diâmetro), de comprimento 50 cm superior à profundidade do furo, com ponta cortante (Figura 1), é instalado no solo a altíssima velocidade através de rotação. Os 50 cm excedentes servem de suporte para os capitéis e para auxiliar as operações de injeção.



Figura 1. Detalhe da ponta cortante da Alluvial Anker.



Figuras 2, 2a, 2b, 2c, 2d e 2e. Sequência executiva da instalação da estaca alluvial anker, colocação do capitel, aterro de brita, geogrelha e aterro de transição.

Durante a instalação é feita a injeção do fluido cimentante, que funciona como elemento de refrigeração da ferramenta de corte e de retirada do resíduo de perfuração. Para garantir a formação de um bulbo de maior diâmetro, nos últimos três metros a injeção da calda de cimento deve ser mais demorada. A quantidade estimada de cimento absorvido é de dois sacos por metro linear de estaca. Para um melhor entendimento do processo, veja as Figuras 2 a 2e, acima.

Opcionalmente, pode se usar água como fluido refrigerante e de limpeza, e depois se fazer a injeção da calda de cimento.

Depois de executadas as estacas, um capitel de concreto armado pré-moldado ou de chapa de aço é colocado sobre cada estaca. Entre os capitéis, e na mesma altura destes, é colocado um aterro de brita. Sobre a brita é colocada uma geogrelha, seguida de um aterro de transição, que funciona como dissipador de tensões.

2 ESTUDOS PRELIMINARES

A obra sobre a qual este artigo discorre, de propriedade do DER/DF (Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal), foi alvo de análises preliminares, que tinham como objetivo definir a melhor técnica a ser utilizada, aliada ao menor preço de execução.

Estas análises foram realizadas pelo Laboratório de Geotecnia do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília e pela Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (Finatec).

O relatório final desta análise, que constatou a presença de solos moles no local

da obra (Figuras 3 e 4) foi publicado em novembro de 2005 (G.RE.JC – 23A/05) sob o título *Apresentação da Análise de Alternativas e Definição do Projeto de Fundações do Aterro de Acesso ao Viaduto Situado na Interseção da DF-079 com a DF-085*.

A análise considerou quatro soluções possíveis: por pré-carregamento; por troca de solo de fundação; por estaqueamento; e pela utilização de drenos verticais e geossintéticos.

Durante a análise, foi verificada a necessidade de se executar também uma proteção para a adutora do sistema de abastecimento de água, que corre paralelamente à linha do viaduto projetado, e que poderia sofrer danos caso os deslocamentos hori-

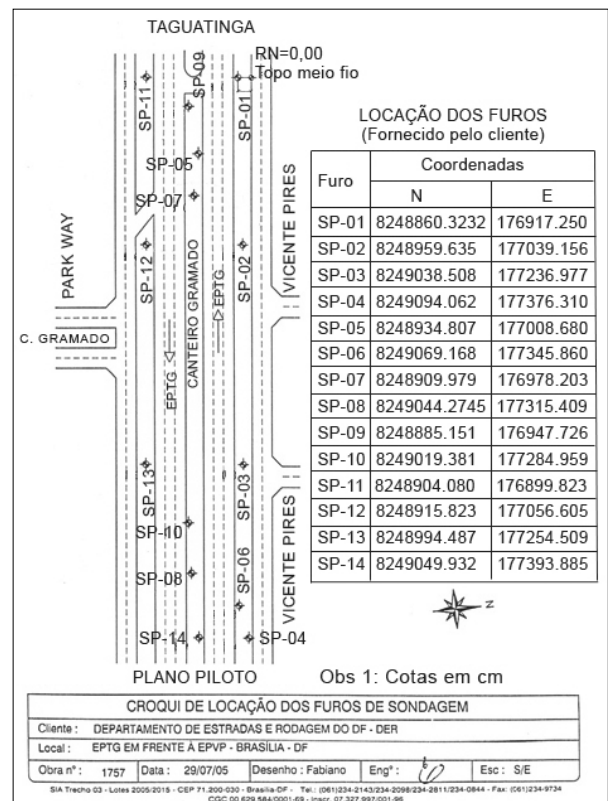


Figura 3. Locação dos furos de sondagem.

zontais nas obras do acesso fossem grandes.

A solução por troca de solo foi descartada devido à profundidade da escavação necessária, que demandaria taludes mais abatidos e, conseqüentemente, maiores áreas laterais para a escavação. Convém observar também o impacto ambiental provocado por essa solução (não citado na análise), mas que já fora apontado no artigo *Sobre a Prática Brasileira de Projeto Geotécnico de Aterros Rodoviários em Terrenos com Solos Muito Moles*, de Sandro S. Sandroni: “Esse partido de projeto praticamente deixou de ser utilizado em larga escala por acarretar problemas ambientais. O transporte da lama em vias públicas e a disposição final do material escavado, costumam esbarrar em fortes restrições”.

A solução de pré-carregamento sofreu as seguintes observações: “Para o tipo de solo existente no local da obra, colapsível e não saturado, o pré-carregamento induzirá um colapso no maciço de fundação. Recalques futuros poderiam ainda ocorrer em consequência do aumento de saturação do solo pela mudança do nível do lençol freático ou por um aumento da umidade devido a agentes externos, como chuvas ou vazamentos de tubulações. Além disso, o trabalho de retirar o pré-carregamento, acima da altura de aterro projetada, demanda custo e tempo”.

Assim, a análise concluiu pelos geodrenos verticais, em algumas áreas da obra, e pelo estaqueamento em outras áreas. Este artigo foca as duas áreas onde a opção foi pelo estaqueamento.

Até pela pouca divulgação das estacas alluvial anker, a indicação inicial foi para as

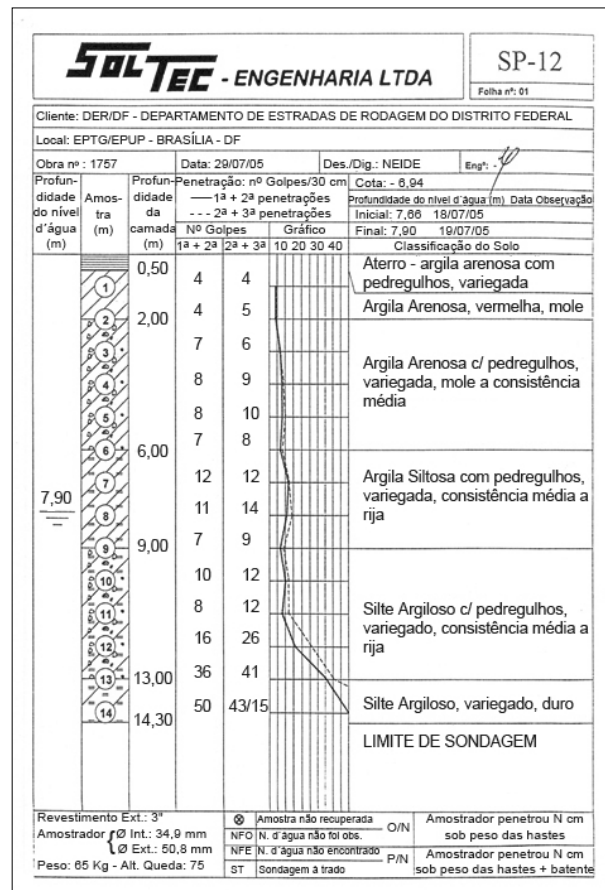


Figura 4. Resultado da sondagem do Furo 12, próximo a adutora.

estacas pré-moldadas, com diâmetro de 30 cm. Porém, o projeto do DER-DF apontou para o uso da Alluvial Anker no lugar das pré-moldadas, por não vibrar e ser mais barata.

3 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

As sondagens a percussão revelaram, nas proximidades do local do aterro, a presença de solo comum na região do Distrito Federal: com espessa camada laterítica, baixa capacidade de suporte e comportamento colapsível.



Figura 5. Visão geral do encontro entre viadutos, antes de ser iniciado o estaqueamento com Alluvial Anker.

4 AS OBRAS

O viaduto interseção da DF-085 com a DF-079 situa-se próximo da região de Vicente Pires e dará acesso à cidade de Águas Claras. Paralelamente ao viaduto, existem vias de acesso para quem deseja passar por baixo do mesmo, em função do destino desejado (Figura 5, na página anterior).

No local onde será construído o viaduto existe ainda, paralelo ao mesmo, a presença de uma adutora do sistema de abastecimento de águas, que alimenta algumas regiões do Distrito Federal. Os possíveis deslocamentos horizontais gerados pela obra não poderiam danificar a adutora.

4.1 Proteção da adutora

A solução encontrada para proteção de parte da adutora, obedecendo a estimativa de melhor técnica e preço, foi a da construção de um cavalete, constituído por estacas Alluvial Anker. Este cavalete é de concreto armado e foi construído conforme o projeto (Figura 6).

As estacas Alluvial Anker foram perfeitamente engastadas em solo competente, atravessando a camada de argila mole, e sem deslocamentos relativos entre elas e o solo. Para melhorar a amarração do topo das estacas e dar maior proteção à adutora, foi executada uma viga de coroamento. As estacas foram posicionadas com 10° de inclinação com a vertical (Figuras 7 e 8).

Para reduzir os deslocamentos verticais, executou-se também uma vala de proteção com dois metros de profundidade, entre o aterro e a tubulação da adutora.

Durante todo o período da obra foi feito monitoramento topográfico dos deslocamentos do tubo.

Cabe salientar ainda a presença de uma linha de alta tensão sobre a adutora, que limitou a velocidade da execução das obras, além dos riscos decorrentes para os trabalhadores.



Figura 6. Instalação das estacas alluvial anker para proteção da adutora.

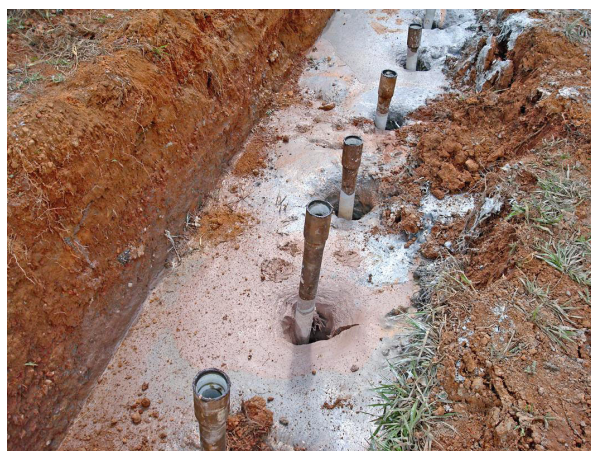


Figura 7. Detalhe das estacas sobre as quais seria feita a viga de concreto.

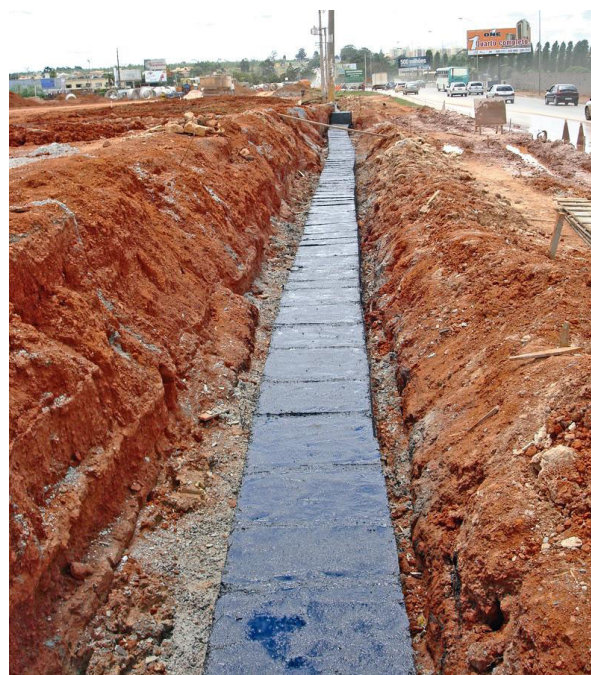


Figura 8. Viga de concreto sobre as estacas.

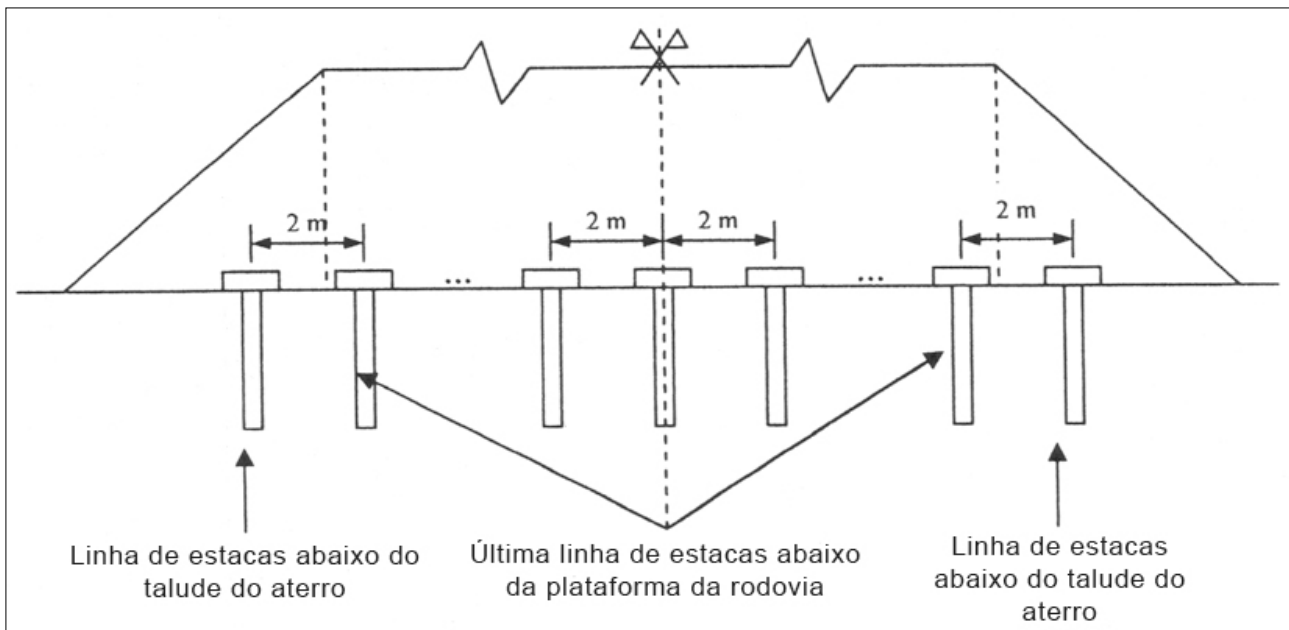


Figura 9. Desenho esquemático da posição das estacas no encontro dos viadutos.

4.2 Fundações do aterro de acesso ao viaduto

O estaqueamento com Alluvial Anker também foi o indicado para as fundações do aterro de acesso ao viaduto, com profundidade média de 12 m e espaçamento entre estacas de 2 m (Figuras 9 e 10).

Para melhorar a transferência de carga para as estacas, foram colocados capitéis de concreto armado com as seguintes dimensões: 0,60 x 0,60 x 0,40 m.

Entre os capitéis foi lançada uma camada de solo granular com espessura de 0,50 m, compactado a uma energia de compactação Proctor intermediário (Figuras 11 e 12). Esta camada tem por objetivo melhorar o efeito de arqueamento do solo, minimizando as

transferências de tensões para o solo da fundação.

Para evitar trincas, foram executadas ainda, além da região estaqueada, três linhas de estacas, que protegem as estacas abaixo do aterro de esforços horizontais (Figura 9).



Figura 10. Parte das estacas instaladas no local do futuro acesso ao viaduto.



Figura 11. Lançamento da brita.



Figura 12. Estacas com capitéis e camada de brita.

5 PROVAS DE CARGA

Uma das provas de carga a compressão foi feita em uma estaca Aluvial Anker embaixo do viaduto Torc, lado Taguatinga, na rodovia DF 085 (EPTG), no município de Brasília (DF), em março de 2008.

O ensaio foi executado conforme prescrições das Normas Brasileiras NBR-6122 e NBR-12131, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

A estaca AAE5 tem por carga de trabalho 30 tf a compressão, diâmetro mínimo de perfuração de 130 mm, profundidade de 12 m, sendo 1,5 m em solo comum com SPT médio de oito golpes, 9 m em solo mole com SPT médio de três golpes e 1,5 m em solo comum com SPT médio de doze golpes, conforme mostra reprodução de boletim executivo desta estaca (Figura 13).

A reação da carga foi obtida com a utilização de duas estacas laterais, n^{os} AAE4 e AAE6, com as mesmas características da estaca de ensaio, espaçadas a 2 m (Figura 14).

A estrutura de reação consistiu em uma viga metálica conectada às estacas de reação

boletim de execução de ALUVIAL ANKER		
Obra: VIADUTO DF 085 / DF 079	Local: Brasília DF	
Cliente: TORC TERRAPLENAGEM	Carga: 30 ton	
Estaca: AAE 05	Inclinação: VERTICAL	
PERFURAÇÃO		
Data: 11/2/2008	Profundidade: 12,00 m	
Hora início: 09:15	Hora término: 09:25	
TUBO SCH		
Diâmetro externo: 78 mm	Diâmetro interno: 73 mm	
Trecho perfurado de: 0,00 a 12,00 m		
Método: Wídia	Diâmetro sapata: 130 mm.	
INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO		
Data: 11/2/2008	Hora Início: 09:25	Hora término: 09:30
Traço (vol.): 50 kg cimento	25 lts água	
O VOLUME DE UM TRAÇO (01 SC DE CIMENTO) MISTURADO NA OBRA É DE: 40,87 lts DE CALDA		
TRAÇOS INJETADOS = 6,0 TRAÇOS (B).		
VOLUME TOTAL TEÓRICO: 159,28 lts		
VOLUME REAL A X B = 40,87 X 6,00 = 245,24 lts		
EXCESSO DE CALDA: 53,97 %		
Ø REAL: 16,13 cm		Obs: 1000 cm ³ = 1Lts.
ARMAÇÃO		EQUIPAMENTOS:
TOPO:	PRINCIPAL	Perfuratriz: PHD
Ø: 95 mm	SCH 3"	Bomba d'água perfuração: KSB
C/ 50 cm		Bomba injetora: PUZTMEISTER
		Bomba d'água abastecimento: JACUZZI
		Bomba d'água limpeza: JACUZZI
Obs:		
visto SOLOTRAT		visto CLIENTE
		visto FISCALIZAÇÃO

Figura 13. Boletim de execução da estaca AAE5.

por intermédio de duas barras de aço Rocsolo com diâmetro de 1 3/4".

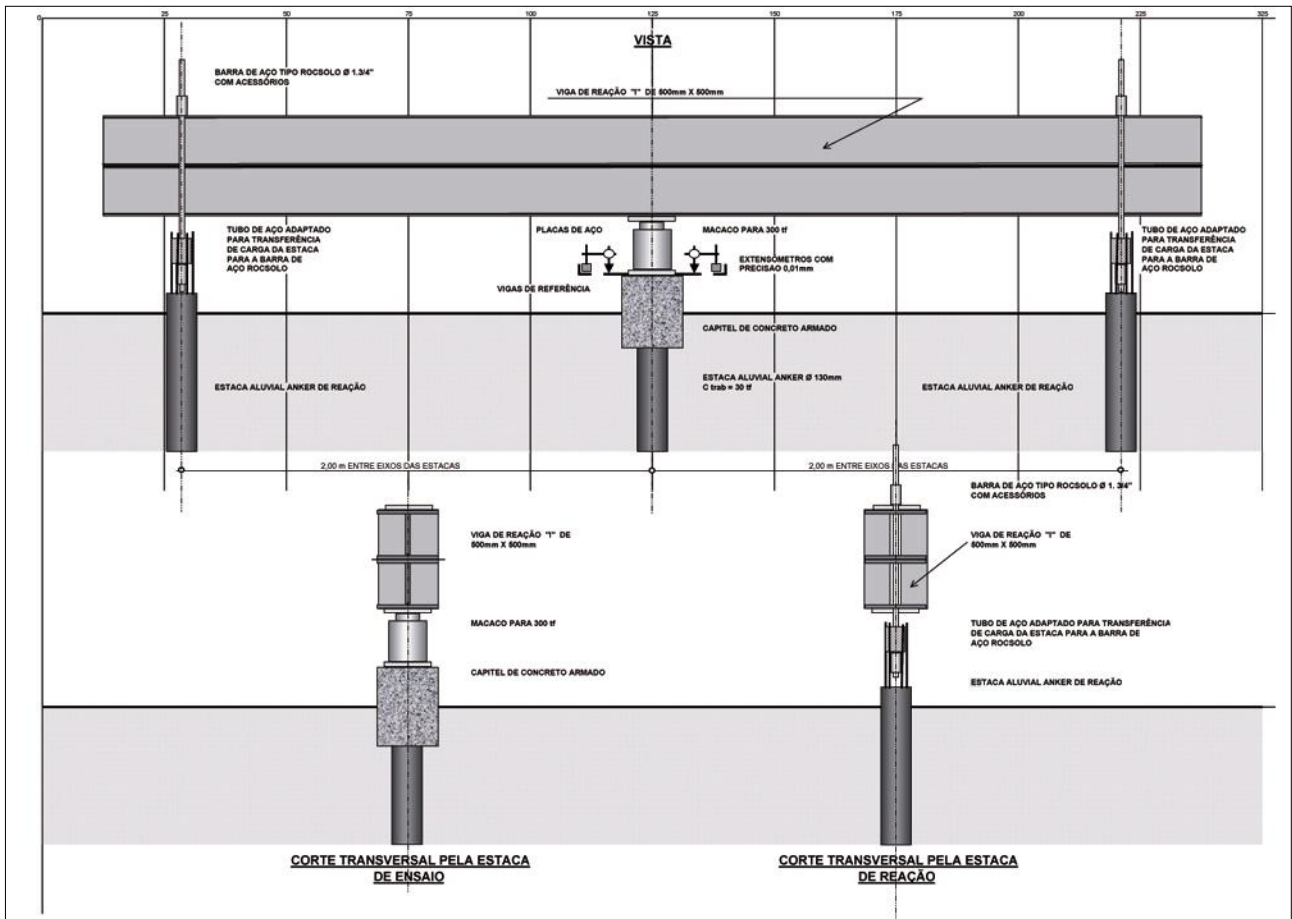


Figura 14. Esquema dos ensaios das estacas-teste e de reação.

No intuito de se evitar movimentações laterais da estaca durante a realização do ensaio, bem como proteger a cabeça da estaca, foi colocado um capitel de concreto armado sobre a estaca para apoio do macaco.

Um macaco hidráulico Rudloff nº 023 foi instalado entre a viga de reação e a estaca AAE5, envolta pelo capitel, de maneira a comprimi-la quando acionado o sistema.

O carregamento do ensaio foi feito em sete estágios de 10 tf e um estágio de 20 tf, totalizando 90 tf, superior a duas vezes a carga de trabalho, e o descarregamento foi feito em quatro estágios de 22,5 tf.

O tempo de estabilização das leituras em cada estágio obedeceu aos critérios estabelecidos pela Norma Brasileira NBR-12131 da ABNT (Figura 17).

A Norma Brasileira NBR-6122 prevê a carga de trabalho com base na carga de ruptura dividida pelo fator de segurança igual a dois. O ensaio foi conduzido à ruptura, conforme sugestão da NBR-6122, e atingiu a carga de 90 ton, estabilizando-se com 80 ton.

A carga de ensaio se limitou a 90 tf, conforme gráfico mostrado na Figura 18, indica como fator de segurança o valor igual a: $90 \text{ tf} / 30 \text{ tf} = 3,0 > 2,0$. Nas Figuras 19 e 20, estão as deformações nas estacas de reação.

O ensaio demonstra que a capacidade de carga da estaca Aluvial Anker AAE5 atende

PROVA DE CARGA A COMPRESSÃO EM ESTACA RAIZ

ENSAIO LENTO - NBR-6122

ESTACA Nº:	ESTACA ø:	CARGA TRABALHO (tf)				
AAE5	130 mm	30,00				
ESTÁGIO	CARGA (tf)	HORA	TEMPO (min)	Deformações (mm)		
				L1	L2	Lmed
09/03/08	0,0	17:18	-	0,00	0,00	0,00
1	10,0	17:20	0	0,20	0,20	0,20
		17:50	30	0,20	0,20	0,20
2	20,0	18:00	0	0,38	0,38	0,38
		18:30	30	0,40	0,40	0,40
3	30,0	18:40	0	0,80	0,80	0,80
		19:10	30	1,00	1,00	1,00
4	40,0	19:15	0	1,30	1,35	1,33
		19:45	30	1,40	1,40	1,40
5	50,0	19:50	0	2,37	2,57	2,47
		20:20	30	2,49	2,64	2,57
6	60,0	20:30	0	3,42	3,60	3,51
		21:00	30	3,57	3,80	3,69
7	70,0	21:15	0	4,56	4,76	4,66
		21:45	30	4,92	5,02	4,97
8	90,0	21:50	0	5,61	5,71	5,66
		10:20	11:30	5,93	6,01	5,97
9	67,5	11:20	0	5,43	5,55	5,49
		11:35	15	5,71	5,85	5,78
10	45,0	11:40	0	4,50	4,60	4,55
		12:03	15	4,83	4,91	4,87
11	22,5	12:05	0	3,39	3,49	3,44
		12:20	15	3,77	3,79	3,78
12	0,0	12:25	0	1,44	1,10	1,27
		13:00	75	1,69	1,42	1,56

Figura 17. Relatório da prova de carga da estaca AAE5.

perfeitamente ao prescrito nas Normas Brasileiras NBR-6121 e NBR-12131.

A análise dos resultados aliada às considerações acima nos conduz a afirmar

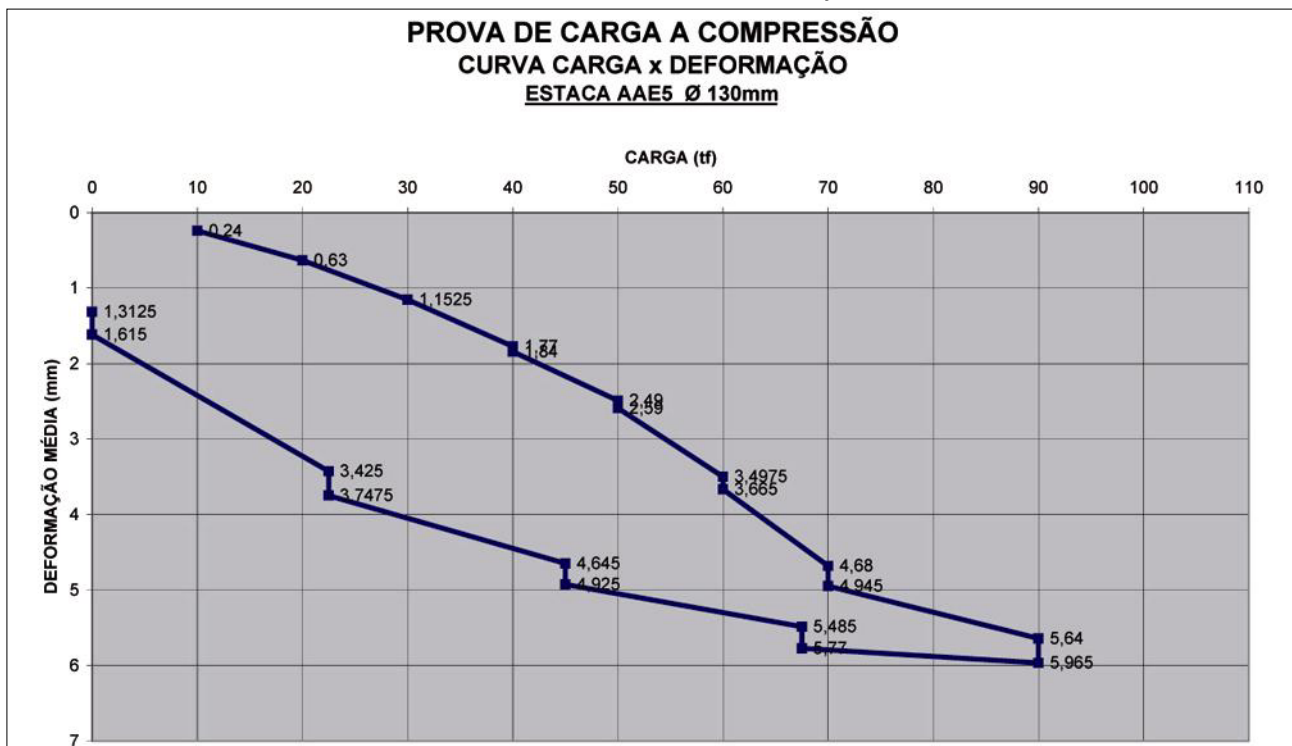
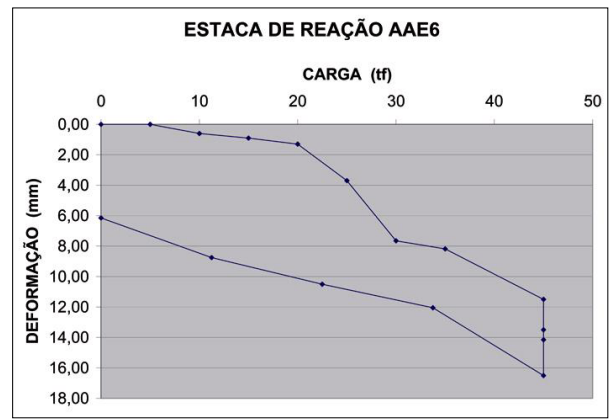
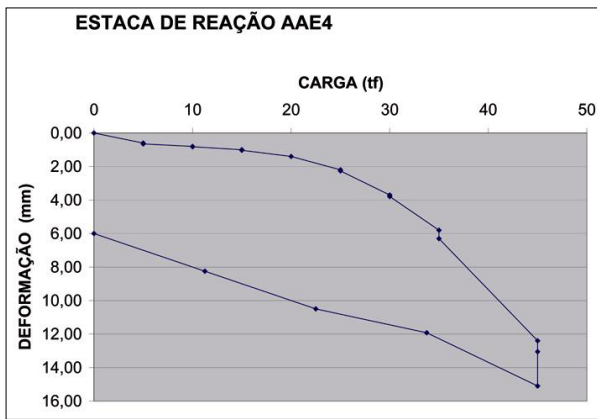


Figura 18. Gráfico da deformação da estaca-teste AAE5.



Figuras 19 e 20. Gráficos da deformação das estacas de reação AAE4 e AAE6

que as estacas Aluvial Anker, representadas neste ensaio pela estaca AAE5, estão perfeitamente aptas para serem utilizadas com a carga de trabalho prevista.

As estacas AAE4, AAE5 e AAE6 foram executadas embaixo de um pé direito limitado em 4 m (viaduto), sendo perfuradas com três tubos SCH 40 de 3" com comprimentos de 4 m, com dois pontos de emendas com solda (Figuras 21 e 22).

As estacas AAE4, AAE5 e AAE6 foram executadas com circulação de água até o término, sendo imediatamente injetadas pelo próprio tubo a partir do fundo com calda de cimento com fator $a/c = 0,5$. A injeção de calda permaneceu até a saída do refluxo na cota da boca do furo.

6 CONCLUSÃO

As estacas alluvial anker mostram-se uma opção rápida e segura para execução de fundações em solos argilosos moles. Quando confrontadas com as estacas pré-moldadas, de uso mais comum em solos com estas condições, elas são mais baratas, a execução é

mais rápida, e sua instalação é feita sem vibração no solo.

7 BIBLIOGRAFIA

- Sandroni, S.S. (2006) Sobre a Prática Brasileira de Projeto Geotécnico de Aterros Rodoviários em Terrenos com Solos Muito Moles, no 13º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos, Curitiba (PR).
- DNER (1998) Projeto de Aterros sobre Solos Moles para Obras Viárias, Rio de Janeiro (RJ).
- Carvalho, J.C. de; Palmeira, E.M.; Araújo, G.L.S. (2005) Apresentação da Análise de Alternativas e Definição do Projeto de Fundações do Aterro de Acesso ao Viaduto Situado na Interseção da DF-079 com a DF-085, Brasília (DF).



Figura 21. Vista geral da montagem da prova de carga.



Figura 22. Instrumentação vertical e horizontal da estaca-teste.