

Solo Grampeado -Aspectos Executivos do Chumbador

George Joaquim Teles de Souza, Cairbar Azzi Pitta, Alberto Casati Zirlis
Diretores da Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda

Resumo: Ao se pesquisar qual a causa para a ruptura de um talude, descobre-se sempre vários motivos, que somados resultam no acidente.

Quando a solução aplicada anteriormente ao acidente foi o Solo Grampeado, deve-se obrigatoriamente analisar como foram os detalhes executivos do Chumbador, do sistema de drenagem e do revestimento do paramento. Visando colaborar no estudo de uma destas causas, vamos aqui abordar alguns detalhes executivos do Chumbador.

1. ACIDENTES EM OBRAS DE SOLO GRAMPEADO

A divulgação de acidentes ocorridos em obras executadas para arrimos de terra, é muito rara, até porque não são muitos, além do que a intenção do em divulgar o evento é mínima ou inexistente. Tecnicamente seria desejável e muito proveitoso que estes acidentes pudessem ser objeto de estudos e que suas causas fossem amplamente divulgadas. Acidentes em obras de Solo Grampeado, por ser uma técnica relativamente nova, são mais difíceis ainda. Porém ilustramos 4 casos a seguir, sendo dois casos nossos e dois outros que não temos outras informações que não fotos:

1.1 Obras executadas pela SOLOTRAT:

1.1.1 P.M. de Taboão da Serra, SP, Rua da Prata, Abril 2000. Neste caso o projeto previa implantar um arrimo que permitisse recompor o leito da rua de montante e a implantação de avenida de pista dupla junto ao seu pé. Durante a construção, parte do aterro de reconstituição do talude em sacos de solo-cimento caiu. Isto se deveu a ocorrência de elevadas precipitações pluviométricas, sem que o sistema de drenagem interna e externa do arrimo estivesse pronto. Porém o maciço de solo permaneceu estável. Os trabalhos foram refeitos e a obra entregue. Esta obra foi executada pela Solotrat.



Foto 1 – Queda de Talude – Taboão da Serra - SP



Foto 2 – Início das Obras - Taboão da Serra - SP



Foto 3 – Obra em Taboão da Serra - SP



Foto 4 – Obra Finalizada – Taboão da Serra - SP

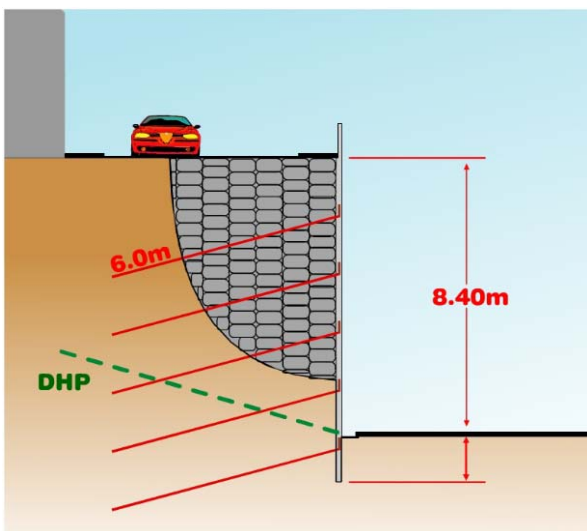


Fig.1-Corte Esquemático - Taboão da Serra -

1.1.2 Stiefel- Av. JK, Guarulhos, SP, Agosto 1999.

Neste caso houve a queda de parte do revestimento de concreto projetado, após 6 meses da entrega da contenção em Solo Grampeado, porém o maciço com paramento vertical e sobrecarga nada sofreu. O motivo do acidente, ocorrido durante período de chuvas, foi de que todo o sistema de drenagem, por tiras verticais de dreno fibroquímico instalado entre o concreto projetado e o maciço, teve sua saída junto à base do muro propositalmente vedada, criando-se a carga hidráulica entre o maciço e o paramento de concreto. Esta obra foi executada pela Solotrat.



Foto 5 – Stiefel – Guarulhos - SP



Foto 6 – Obra Finalizada – Stiefel - Guarulhos SP

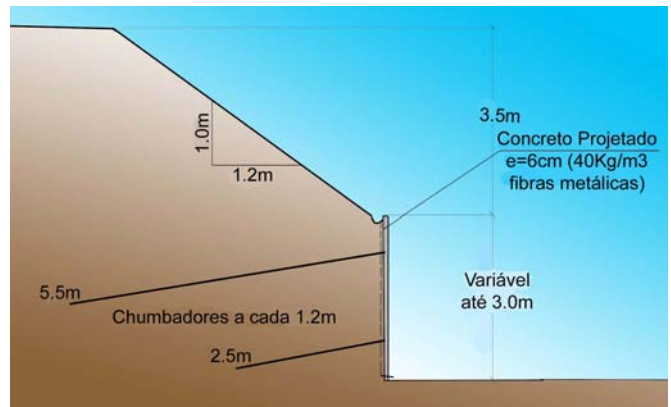


Fig.2-Corte Esquemático – Stiefel – Guarulhos - SP

1.2 Estas obras estavam sendo executadas em Salvador e em São Paulo. Os motivos para sua queda devem ser estudados e divulgados para que executores e projetistas retirem daí lições úteis e que a solução de contenção em Solo Grampeado seja preservada de eventuais erros cometidos.

1.2.1 – Obra na Avenida Vasco da Gama em Salvador.



Foto 7 – Obra em Salvador - BA

1.2.2 – Obra Rodovia Raposo Tavares, Centro, Cotia, SP, Abril 2005. Este caso chama muita atenção face ao elevado transito desta rodovia, sua proximidade ao anel viário e à cidade de São Paulo. Soma-se ainda que a Solotrat particularmente participou da concorrência para este arrimo. Vê-se uma grande ruptura, que ocorreu após o término da construção.



Foto 8 – Obra na Rod. Raposo Tavares – Cotia - SP



Foto 9 – Obra Rod. Raposo Tavares – Cotia - SP

2. DESENVOLVIMENTO DO SOLO GRAMPEADO NO BRASIL

Estes autores tem participado desde 1976 durante a construção da rodovia dos Imigrantes em São Paulo, intensamente, do desenvolvimento do Solo Grampeado no Brasil, como um método seguro para contenção permanente de taludes. Hoje registra-se cerca de 100.000 m² de obras por estes autores executadas. Além da proficiente execução, tem-se tentado divulgar esta experiência, sempre que descobre-se consistência técnica em procedimentos executivos.

Um histórico bibliográfico destes autores, mostra as evoluções sobre este tema:

- em 1992 no “primeiro COBRAE”, e em 1996 no livro “Fundações Teoria e Prática”; em que fizemos relatos de obras executadas e seus detalhes executivos.
- em 1998 na edição inicial do “Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos da ABEPF”; em que foram escritos os procedimentos executivos para o Chumbador e o Concreto Projetado.
- em 2000 no SEFE IV; em que se apresentou ensaios de arrancamento em chumbadores , mostrando a importância da injeção.
- em 2003 em evento no SINDUSCON-SP; em que apresentamos muitas obras urbanas permanentes e com grandes alturas, obras instrumentadas, concreto projetado com fibras de aço e polipropileno, algumas comparações com obras internacionais.
- Desde 1998, temos mantido o site: www.solotrat.com.br , atualizado com os casos de obra mais importantes e informações técnicas pertinentes.
 - Em 2003, edição e distribuição gratuita de um Manual Técnico de execução de todos os serviços geotécnicos executados pela Solotrat, incluindo o Solo Grampeado.

3. ENSAIOS – CAMPO DE PROVAS SOLOTRAT

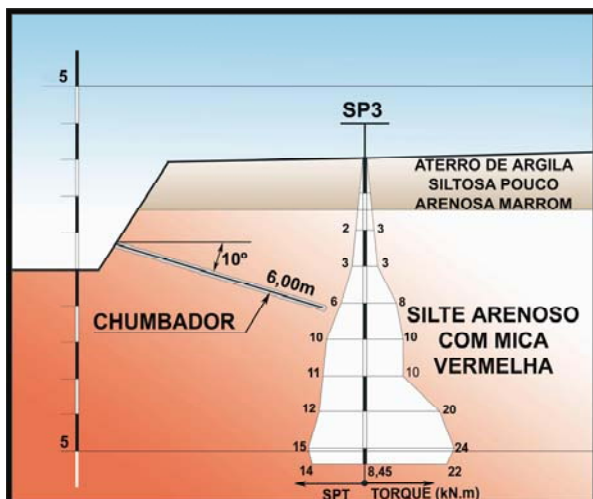


Foto 10 – Campo de provas da Solotrat

Visando ilustrar detalhes da construção de Grampos, executou-se no campo de provas da Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda, na cidade de São Paulo, 12 chumbadores.

O objetivo principal foi poder identificar as diferenças de comportamento dos Grampos, escavando-os e examinando detalhes para diferentes estágios de injeção. Finalmente executou-se ensaios de tração para as mesmas condições.

Os Grampos foram executados num solo residual, caracterizado como silte arenoso. As sondagens com ensaio SPT e SPT-T, executadas pela Geocontractor, ilustram o local.



Executou-se 12 chumbadores com diâmetros de perfuração de 75mm, comprimento de 6,0m,

armadura de 16mm com centralizadores a cada 2m, inclinados de 15 graus, separados em três grupos, a saber:

- 1° - Injetados só com bainha.
- 2° - Injetados com bainha e primeira fase de injeção.
- 3° - Injetados com bainha e duas fases de injeção.

O fluido da injeção foi resultante da mistura com características coloidais de água/cimento na proporção A/C=0,5, feita em misturador duplo horizontal de alta turbulência.

A bainha foi injetada de modo ascendente, e as fases, com pressão máxima de 2Mpa e volume limitado a 20 litros por fase.

4.1 - Grampos com injeção de bainha;



Foto 11 – Chumbador 1 injetado só com bainha



Foto 12 – Chumbador 04 injetado só com a bainha

Após a escavação cuidadosa dos chumbadores constatamos o que segue:

- A exudação da calda de cimento provoca um vazio em grande parte do furo.
- Devido a esta exudação a calda não reconstitui totalmente o desconfinamento provocado pela perfuração.
- Se a injeção do chumbador não promove um perfeito preenchimento do furo e até um perfeito preenchimento do mesmo o grampo tem sua função prejudicada.

Apresentamos fotos dos chumbadores escavados e cuja injeção foi feita somente com bainha:



Foto 13– Chumbador 01 parcialmente escavado



Foto 14– Chumbador 04 parcialmente escavado
3.2– Grampos com injeção de bainha e uma só fase de injeção com calda colorida;



Fotos 15– Chumbador 03 injetado com bainha e 1 fase



Foto 16– Chumbador 06 injetado com bainha e 1 fase

Após a escavação cuidadosa dos chumbadores constatamos o que segue:

- A injeção da primeira fase, após a bainha, promove o preenchimento dos vazios causados pela exsudação da calda de bainha. Este fato está comprovado pela coloração diferente da calda de injeção de 1ª fase.
- Esta injeção de primeira fase reconstitui o desconfinamento provocado pela perfuração e inicia o processo de tratamento do entorno do grampo, melhorando sensivelmente as características geológico-geotécnicas do maciço.
- Com o cuidado de se executar a injeção, sob pressão desta 1ª fase, tem-se certeza de que o grampo está interagindo com o solo, de forma a transformar o chumbador de elemento passivo para ativo.
- Esta interatividade promove a diminuição das deformações da contenção.
- Os ensaios de arrancamento comprovam esta melhoria, identificado pelo ganho de capacidade de ancoragem, e por conseguinte melhoria do maciço, em função das injeções, conforme planilha abaixo e trabalho desses autores, publicado no SEFE IV (referência bibliográfica 3).

Apresenta-se fotos dos chumbadores escavados e cuja injeção foi feita com bainha e 1 fase de injeção:



Fotos 17– Chumbador 03 parcialmente escavado



Fotos 18– Chumbador 06 parcialmente escavado



Fotos 19– Chumbador 03 injeção da 1ª fase complementa a bainha

3.3 Grampos com injeção de bainha e duas fases de injeção com caldas de cores diferentes;



Foto 20 – Chumbador 02 injetados com bainha e 2 fases



Foto 21 - Chumbador 05 injetado com bainha e 2 fases

Para estes grampos valem as mesmas observações do item anterior.

Apresenta-se fotos dos chumbadores escavados e cuja injeção foi feita com bainha e 2 fases de injeção:



Fotos 22– Chumbadores 02 parcialmente escavado



Fotos 23– Chumbador 02 parcialmente escavado



Fotos 24– Chumbador 05 parcialmente escavado com clacagens diversas

3.4 Executaram-se estes seis grampos com a finalidade exclusiva de ensaiá-los a tração tendo as mesmas características de execução da injeção dos grampos que foram escavados.



Fotos 25– Ensaio de arrancamento

- Dois grampos onde somente foi executada a bainha;
- Dois grampos onde foi executada a bainha e a injeção de uma fase com calda de cor diferente;
- Dois grampos onde foi executada a bainha e duas fases de injeção com caldas de cores diferentes;

Os resultados dos ensaios de arrancamento são:

Chumbador	Tipo de injeção	arrancamento		média(kN/m)	aumento de carga comparado a bainha (%)
		carga total (kN)	carga/m(kN/m)		
n.º 7	bainha	50,1	8,4	7,3	100
n.º 8	bainha	37,6	6,3		
n.º 12	bainha + 1 fase	100,0	16,7	13,0	178
n.º 10	bainha + 1 fase	56,4	9,4		
n.º 9	bainha + 2 fases	62,7	10,5	11,5	157
n.º 11	bainha + 2 fases	75,2	12,5		

Planilha 1 – Comparação de aumento de resistência ao arrancamento

Conforme a planilha 1, se pode observar a importância da injeção de fases. O enfoque nestes ensaios é da melhora relativa tendo em vista que o subsolo local, tem baixas características de resistência.

4. CONCLUSÕES

A escolha da solução de contenção permanente em Solo Grampeado, tem recebido recentemente elevadas aplicações na área urbana imobiliária e industrial.

Na opinião destes autores o item de maior relevância dentre as causas para queda de arrimo construído pela técnica de Solo Grampeado, é a má execução do chumbador. Não se pode deixar de executar uma perfuração sem que a cavidade permaneça estável até a conclusão da injeção e principalmente que as injeções sejam realizadas em no mínimo em 3 fases: bainha, primeira fase e segunda fase. Na planilha 1, pode-se comparar o aumento de resistência ao arrancamento, certamente pelo efeito da injeção.

Não se pode executar uma obra em Solo Grampeado, sem que o método construtivo seja programado detalhadamente e adaptado às condições encontradas no campo. Ou seja, que se garanta a estabilidade de todas as fases intermediárias.

A drenagem geral da área que abrange o arrimo deve ser cuidadosamente detalhada, e com muita atenção executada e ajustada às condições reais de fluxos de águas observáveis durante os trabalhos.

A execução de drenos subhorizontais curtos em áreas de presença do lençol freático, durante o processo de escavação, facilita a injeção de fases e a melhoria a estabilidade do solo envoltório.

Especial atenção deve ser dada a drenagem da base, bem como aquela interna por meio de drenos de paramento, garantindo a captação e escoamento das águas do maciço contido.

A execução de paredes em Solo Grampeado requer cuidado especial por ser um processo com grande interação entre projetista e executor.

Diferentemente de uma cortina atirantada onde os tirantes são testados um a um, a parede em Solo Grampeado precisa que o chumbador seja bem feito, esteja no comprimento projetado, sua injeção de bainha preencha totalmente o espaço gerado pela perfuração e que injeções complementares sejam feitas de acordo com o terreno arrimado.

Como proposta de melhoria de eficiência da injeção, sugere-se a colocação de mangueiras com válvulas setorizadas, ou seja uma para cada trecho. Por exemplo, dividindo-se o chumbador em duas ou três faixas de injeção.

Casos especiais em solos de argila mole, devem ser tratados com injeções setorizadas. A associação dessas injeções com a aplicação de drenos operacionais curtos, acelerarem o adensamento dessas argilas, possibilitando ganhos

instantâneos na estabilização durante o processo de escavação.

5. BIBLIOGRAFIA

1. ZIRLIS, A.C.; PITTA, C.A.; SOUZA, G.J.T e Oliveira, M.(1992)-Soil Nailing: Chumbamento de Solos, Experiência de uma Equipe na Aplicação do Método. In: COBRAE – Conferência Brasileira de Encostas, vol. 1 – Rio de Janeiro, pp. 81 a 99
2. ZIRLIS, A.C.(1998)-Reforço do Terreno-Solo Grampeado, Livro: Fundações Teoria e Prática, PINI- ABMS-ABEF, Capítulo 18.3.1, São Paulo, p. 641-642 e 656-668.
3. ZIRLIS, A.C. PITTA, C.A.(2000)-Chumbadores Injetados: A Qualidade do Solo Grampeado. SEFE IV- Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, julho Vol.2, p.541-547.
4. ZIRLIS, A.C.; PITTA, C.A.; SOUZA, G.J.T (2003)-Solo Grampeado - Alguns detalhes executivos – Ensaios - Casos de Obra. Workshop-Solo Grampeado: Projeto, Execução, Instrumentação e Comportamento, ABMS-Sinduscon-SP, pp. 01 a 20