

Chumbadores Injetados: A Qualidade do Solo Grampeado

Autor: Geólogo Cairbar Azzi Pitta, Diretor Solotrat Engenharia Geotécnica
Eng. Alberto Casati Zirlis, Diretor Solotrat Engenharia Geotécnica.

1. Sinopse

A injeção de chumbadores é fundamental para a eficiente estabilidade de maciço em solo pela Técnica de Solo Grampeado. Não deve ser considerado como chumbador, aquele cuja injeção não foi adequadamente realizada.

2. Histórico

A estabilização de solos pela Técnica de Solo Grampeado teve seu início no Brasil na década de 70. As primeiras contenções foram executadas com a simples cravação de barras de aço, ou com a perfuração em diâmetro muito próximo ao da barra e a injeção executada sem a preocupação de controle de qualidade. Na superfície do talude aplicava-se tela, imersa ou não em concreto projetado.

Esse processo foi evoluindo com o estudo dos comprimentos, diâmetros do furo e barra, proteção contra corrosão, centralizadores e injeção. A prática atual brasileira é a de se executar chumbadores moldados no solo e não cravados. No que se refere à injeção, várias preocupações se sucederam ao longo desse período, tais como o uso da adequada relação água cimento, aditivos expansores, injeção de bainha fases por tubo auxiliar, centralizadores, proteção anticorrosiva.

Até hoje, na maioria dos casos de obra, a injeção não é considerada de vital importância. Visa-se somente a fixação da barra ao solo e nunca tratamento de consolidação por injeção. Observa-se maior ênfase às características da barra de aço e diâmetro da perfuração. Não há normas para ensaios de acompanhamento e raramente há alguma solicitação em projeto.

3. Aplicação

As características dos solos sedimentares e saprolíticos no Brasil, viabilizam a ampla aplicação do processo de estabilização por grampeamento, usualmente a custos menores que outros sistemas tais como: cortinas atirantadas, gabiões, estruturas de concreto, etc. Compreende uma perfuração, barra de aço, injeção de calda de cimento e concreto projetado. Estes são os elementos necessários para uma contenção de alta produtividade, econômica e aplicável na grande maioria de nossas encostas a serem escavadas ,em taludes já escavados ou até rompidos.

4. O Chumbador Injetado

4.1 Montagem – A barra de aço usualmente tem diâmetro de 10 a 25mm com proteção anticorrosiva, dobrada na extremidade (para diâmetros até 20mm), com cerca de 20cm, e com centralizadores a cada 2,0m. A aplicação de placa e porca ocorre para diâmetros da barra iguais ou superiores a 22mm quando não é possível dobrá-la.

Adjacente a barra instala-se um ou mais tubos de injeção perdidos, com diâmetro de 10 a 15mm providos de válvulas a cada 0,5m, até 1,5m abaixo da boca do furo.

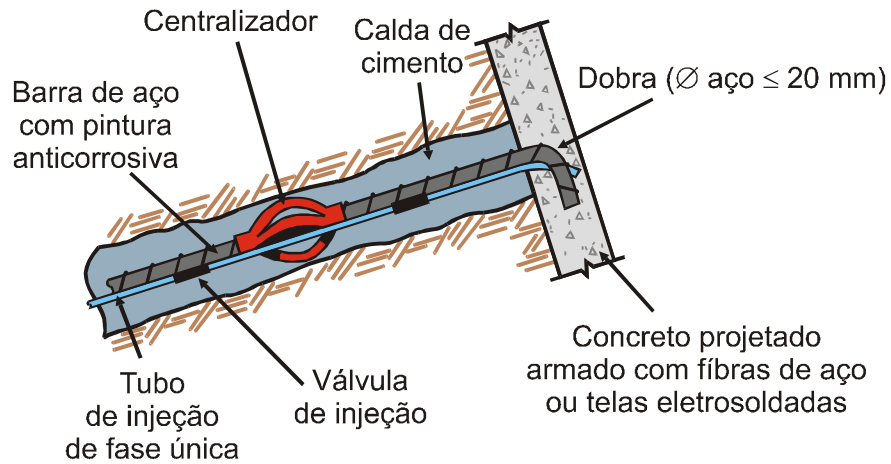


FIG. I. Detalhe do Chumbador

4.2 Perfuração – perfura-se o solo com diâmetro próximo a 75mm. Instala-se então a estrutura metálica dotada de tubo de injeção.

4.3 Injeção - injeta-se a bainha pelo tubo auxiliar removível, de forma ascendente, com calda de cimento fator água/cimento próximo de 0,5 (em peso), proveniente de misturador de alta turbulência até o seu extravasamento na boca do furo. Como uma boa alternativa, pode-se preencher o furo com calda e então introduzir o reforço metálico.

Após um mínimo de 12 horas, reinjetar o chumbador pelo tubo de injeção perdido, anotando-se a pressão máxima de injeção e o volume de calda absorvida. Não se executa a reinjeção, a não ser que hajam dois ou mais tubos de injeção perdidos. Caso isso ocorra, a reinjeção deve ser executada após um mínimo de 12 horas. A pressão máxima de injeção, via de regra, não ultrapassa a 1,5 MPa. Terminada a injeção, retirar o bico injetor, dobrando o tubo de injeção de forma a confinar a pressão de injeção.

4.4 Boletim – Conforme boletim abaixo anotam-se todos os dados de execução.

OBRA -		N.º									
BOLETIM DE CONTROLE DE EXECUÇÃO DE CHUMBADOR											
CARACTERÍSTICAS CHUMBADOR	PERFURAÇÃO	∅(mm)	comprimento (m)		ang. c/ horiz.						
	PARTE METÁLICA	Aço	∅ (mm)	comprimento (m)							
	PROTEÇÃO ANTICORROSIVA	TIPO									
		Espaçador ∅	a cada (m)								
	INJEÇÃO	Traço da Bainha	Fator A/C =								
	Traço da Fase	1sc cimento + litros água + litros solo = litros calda									
Vol - Volume Injetado em sacos		Pa - Pressão de Abertura (Kg/cm2)				Pi - Pressão de Injeção (Kg/cm2)					
DATA	N.º CHUMBADOR	INJEÇÃO				DATA	N.º CHUMBADOR	INJEÇÃO			
		BAINHA		FASE ÚNICA				BAINHA		FASE ÚNICA	
		Vol	Pa	Pi	Vol			Vol	Pa	Pi	Vol
OBS.:											
TAB. I. Boletim de Injeção											

5. Interpretação da Perfuração e Injeção

Durante a perfuração para implantação de um chumbador injetado, deve-se reconhecer três informações de suma importância:

- perda do fluido de perfuração;
- ocorrência de vazios;
- reconhecimento de litologias.

Assim ao término da perfuração ter-se-á o real conhecimento do estado do maciço.

Ao se injetar calda de cimento, as regiões no entorno da ancoragem que oferecem menor resistência, solos mais fracos ou com descontinuidades, serão consolidadas.

Após as injeções, pode-se mapear as áreas de maior risco, baseados nos volumes e pressões de injeção e num ato contínuo, aplica-se a densidade exata de ancoragens de forma a se obter a estabilidade estimada no projeto.

6. Pesquisa em Verdadeira Grandeza

Visando avaliar o efeito da injeção, foram executados ensaios de arrancamento de chumbadores, com e sem injeção. Os taludes de solo silto argiloso e argilo arenoso, tinham inclinação 85 e 50 graus, respectivamente.

Foi utilizado aço CA-50 com diâmetro de 20mm com proteção anticorrosiva e espaçadores plásticos: 4 no de 6m e 2 no de 4m. A inclinação era de 5° com a horizontal descendente, em furo de 75mm de diâmetro. Após a instalação da barra, injetou-se a bainha de forma ascendente via tubo auxiliar, com calda fator a/c = 0,50, até a mesma extravasar pela boca do furo. No solo silto argiloso o comprimento da barra foi de 4,0m e no argilo arenoso de 6,0m.

As injeções de pressão também com fator a/c = 0,50 em peso, foram realizadas em uma única fase, após 2 dias da execução da bainha. Obteve-se como pressão máxima de injeção 1,5 MPa. O tubo era de plástico de 9mm de diâmetro, com válvulas a cada 0,5m até 1m da superfície, conforme dados abaixo:

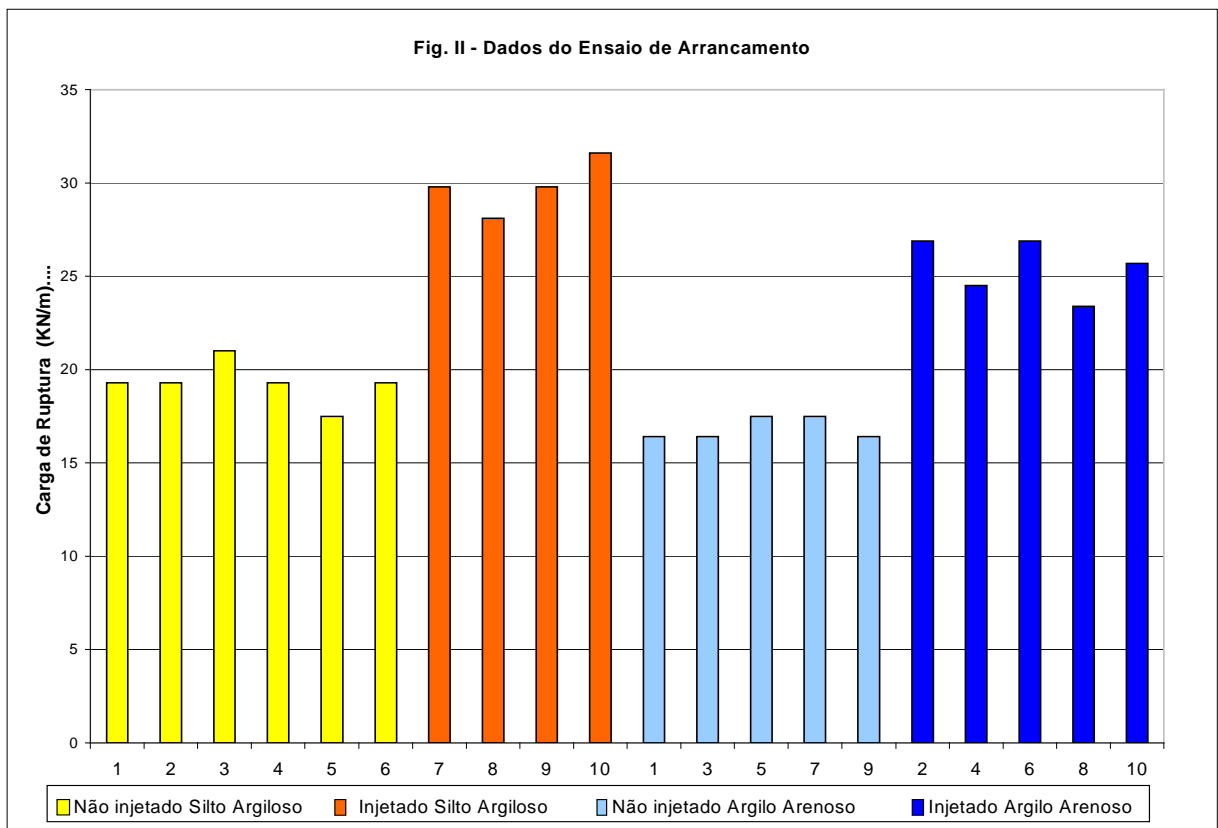
Silto Argiloso l = 4m						
Chumbador	Bainha (litros)	Fase Única		Carga Rutura (KN)	Carga Rutura por Metro Linear do Chumbador (KN/m)	
		Volume (litros)	Pressão (MPa)			
Só Bainha	1	35		7,7	19	
	2	60		7,7	19	
	3	40		8,4	21	
	4	85		7,7	19	
	5	50		7,0	18	
	6	90		9,7	24	
Bainha + Fase Única	7	45	65	1,5	11,9	
	8	50	50	1,5	11,2	
	9	70	80	1,2	11,9	
	10	60	70	1,5	11,2	

TAB. II Características dos Chumbadores para o ensaio em solo Silto Argiloso

Argilo Arenoso l = 6m						
Chumbador	Bainha (litros)	Fase Única		Carga Rutura (KN)	Carga Rutura por Metro Linear do Chumbador (KN/m)	
		Volume (litros)	Pressão (Mpa)			
Só Bainha	1	40			9,8	16
	3	50			9,8	16
	5	35			10,5	18
	7	40			10,5	18
	9	40			9,8	16
Bainha + Fase Única	2	45	70	1,2	16,1	27
	4	50	50	1,5	14,7	25
	6	60	90	1,0	16,1	27
	8	35	40	1,5	14,0	23
	10	40	50	1,5	15,4	26

TAB. III. Características dos Chumbadores para ensaios em solo Argilo Arenoso

Os resultados dos ensaios de arrancamento se encontram no gráfico abaixo:



A análise dos ensaios comparativos dos chumbadores, injetados e não injetados, mostra ganho médio em torno de 50% na capacidade de carga de aderência barra ao solo.

Após os ensaios, foi feita escavação do talude onde constatou-se a ocorrência de planos de injeção preenchendo fissuras e vazios do solo, promovendo o seu adensamento.

As fotos abaixo mostram o comportamento lamelar dessas injeções.



Foto 1 – Camadas de injeção de calda de cimento em sedimento terciário de São Paulo (Apud. Guimarães, J.D.)

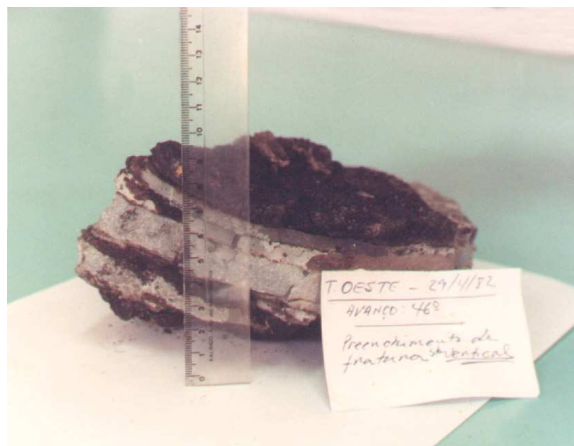


Foto 2 – Camadas de injeção de calda de cimento em solo aluvionar de São Paulo consolidado por injeção (Apud. Guimarães, J.D.)



Foto 3 – Amostra escavada de Chumbador injetado com calda de cimento.

7. Conclusões

Obteve-se inegável melhoria na capacidade de ancoragem do chumbador injetado, justificando o custo operacional deste serviço. No entanto, mais significativo que esse ganho de aderência, é o conhecimento, via pressão e volume de injeção, do estado do solo envolvente à ancoragem.

Normalmente, as características geomecânicas adotadas para as análises de estabilidade, advém de sondagens SPT, executadas perpendicularmente às estruturas de ancoragem necessitando portanto de extrapolação para representar a massa de solo. Essas sondagens, por serem puntiformes, pouco podem evidenciar determinadas características do maciço, principalmente quanto às fácies de sedimentação e “cripto - fissuras”, que quando em planos concordantes com a face do talude, muito prejudicam sua estabilidade.

Na medida em que se tem o comportamento geomecânico do maciço via injeção, e com as melhorias propiciadas pela mesma, como adensamento do solo, colagem das fissuras e a maior aderência barra solo, é de se esperar que os resultados encontrados nos ensaios comparativos mostrem melhor capacidade de aderência, portanto exigindo maior energia para o arrancamento dos chumbadores injetados.

Conclui-se que o ato de injetar um chumbador não se resume somente à melhoria de ancoragem do mesmo.

Quando se aplica a injeção de fluídos cimentantes, pode-se “sentir” o comportamento dessas discontinuidades tectônicas ou litológicas e de vazios. Muito mais que isso é a confirmação do estado em que a encosta se encontrava, nas suas feições estruturais e a “certeza” de que o solo pós tratamento estará estável. Pode-se, talvez, esquecer os planos de rutura imaginados nas análise e a necessidade das barras de aço. Sendo neste caso, os chumbadores dispensáveis, servindo apenas para aumentar o fator de segurança da contenção.

A aplicação dos valores obtidos nos ensaios de arrancamento, como parâmetros de análise de estabilidade nas fórmulas matemáticas, deve ser extremamente criteriosa, pois no solo grampeado a estabilidade do talude está muito mais relacionada com o comportamento do maciço como um todo do que a atuação de um elemento isoladamente. Se não fosse a injeção, não se conseguiria redistribuir e equilibrar os esforços na massa de solo.

A tendência nessa evolução da Técnica do Solo Grampeado é a substituição da calda de cimento por solo/cimento, cuja resistência e plasticidade se adequa perfeitamente com o conceito de solo tratado e apresenta características geomecânicas mais próximas do maciço oferecendo substantiva redução de custos.

Bibliografia:

Guimarães, J.D., Consolidação de solos por injeções: discussão sobre uma prática bem sucedida que não está de acordo com as teorias clássicas existentes, pp. 99 a 107, 1984.

Oliveira, M. e Ferreira, A.A., Consolidação de solo aluvionar mole. Relato de um Tratamento por injeção de cimento para escavação de túnel urbano na cidade de São Paulo. Anais Simpósio sobre escavações subterrâneas, vol. 1, pp. 335 – 353, 1982.

Zirlis, A. C.; Fundações Teoria e Prática, Capítulo 18 – Reforço do Terreno – Solo Grampeado, Editora Pini, 2ª edição 1998, pág. 641 a 642 e 656 a 668.

Zirlis, A.C.; Pitta, C.A.; Souza, G.J.T e Oliveira, M., 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, 1992..