

Contenções emergenciais e preventivas em cortes de estrada de acesso a aterro sanitário, mantém o grande fluxo diuturno de caminhões pesados

Guilherme Augusto Chaves Zacchello

Engenheiro Civil, Solotrat Engenharia Geotécnica, São Paulo, Brasil, guilherme.chaves@solotrat.com.br

Sheila Henn Moura

Tecnóloga, Solotrat Engenharia Geotécnica, São Paulo, Brasil, sheila@solotrat.com.br

Ricardo Brendolan

Engenheiro Civil, Solotrat Engenharia Geotécnica, São Paulo, Brasil, ricardo@solotrat.com.br

George Joaquim Teles de Souza

Engenheiro Civil - Diretor, Solotrat Engenharia Geotécnica, São Paulo, Brasil, georgeteles@solotrat.com.br

RESUMO: Sabe-se que o desenvolvimento das cidades passa, quase que exclusivamente, pela fluidez de suas estradas e rodovias. Com isso, qualquer adversidade que interfira nesses processos pode acarretar em inúmeros prejuízos. O objetivo deste artigo é apresentar um estudo de caso de uma contenção emergencial de um talude de corte rompido e outras contenções preventivas na estrada de acesso a aterro sanitário, no município de Caieiras, SP. Serão abordadas as patologias encontradas no solo local, assim como os motivos que levaram ao colapso e os riscos de novos escorregamentos. Como solução para a obra, foram utilizadas as técnicas de Solo Grampeado, onde serão explicados os motivos dessa escolha, assim como detalhar todo o processo construtivo, como a perfuração do solo com ar comprimido, a montagem e instalação dos chumbadores, a drenagem do solo, o paramento em concreto projetado com tela metálica, além das dificuldades encontradas na execução dos trabalhos.

PALAVRAS-CHAVE: contenção, solo grampeado, talude, drenagem.

ABSTRACT: The development of cities depends almost exclusively on fluidity of their roads and highways and any adversity on this process can lead to countless losses. The objective of this article is to present case of an emergency containment of a broken cut slope and other preventive restraints on the road to access landfill, in Caieiras-SP. The problems found in the soil, the reasons of the collapse and the risks of new landslides, will be explained. As well, the use of Soil Nailing and the construction process, such as drilling, anchors installation, soil drainage, the concrete wall with metallic screen, besides the difficulties found.

KEYWORDS: containment, soil nailing, slope, drainage, consolidation.

1 Introdução

Os desastres naturais, além de acarretar inúmeros danos ambientais e humanos, trazem também grandes prejuízos sócioeconômicos para a sociedade. No Brasil, os mais comuns são relacionados a adversidades climáticas. Os elevados índices pluviométricos, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, em períodos relativamente curtos, colocam sempre o meio ambiente em desequilíbrio, e somando o despreparo no monitoramento e prevenção por parte das autoridades competentes, temos cada vez mais eventos catastróficos como esse.

O caso estudado mostra o rompimento de um talude de corte em beira de estrada, no município de Caieiras, SP, local onde são recorrentes os registros de escorregamentos de terra, ocasionando grandes transtornos à mobilidade de caminhões, pelo fato de tratar-se de uma via de acesso a um aterro sanitário. Serão abordados os estudos geológicos locais, a escolha do Solo Grampeado como contenção definitiva, assim como as técnicas utilizadas na execução dos serviços.



Foto 1: Taludes de corte rompidos em beira de estrada



Foto 2: Talude rompido já com a estrada de acesso liberada

2 Metodologia

Para a escolha da contenção a ser empregada na obra, foram determinantes alguns aspectos, como o prazo bastante curto para a execução dos serviços, área limitada para canteiro de obras, que impossibilitou o uso de equipamentos de grande porte, bem como o deslocamento de materiais e insumos.

Somando esses aspectos, buscou-se uma contenção que garantisse minimizar o risco de novas movimentações do talude, evitando assim novas interdições na estrada e paralisações nos serviços de coletas de lixo.

2.1 Estudos preliminares e características do solo

Conforme análise dos perfis de sondagem, foram encontrados 03 tipos de solo. Uma pequena camada superficial de solo residual maduro e jovem (solo eluvial), uma grande faixa de alteração de rocha seguida de rocha alterada mole.

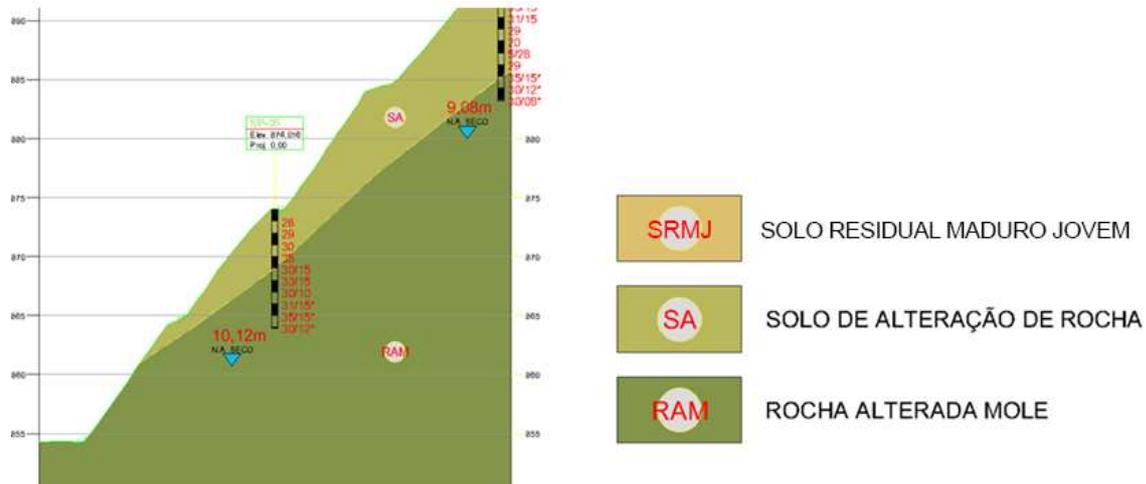


Figura 1: Seção do talude de corte, com a indicação do tipo de solo

Na figura 2, pode-se verificar que a cunha de rompimento se deu na faixa de alteração de rocha.

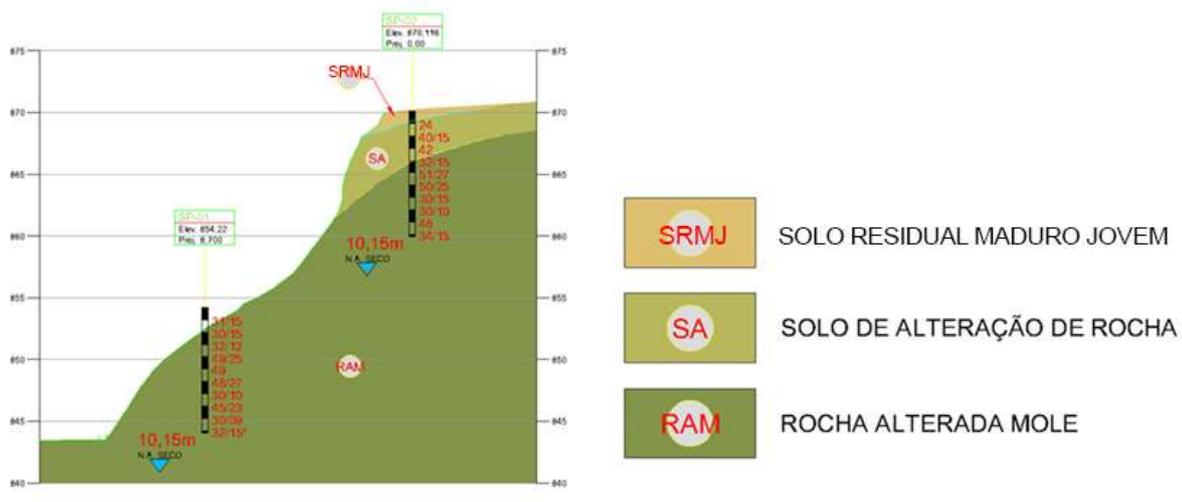


Figura 2: Seção do talude rompido, com a indicação do tipo de solo

2.2 Ensaio de Carga e Arrancamento

Antes da definição do projeto a ser executado, foram realizados 06 ensaios de carga e arrancamento em grampos testes, com o intuito de se aferir a adesão com o solo / grampo. A adesão mínima esperada era de 150 kPa.

Para os ensaios foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Conjunto de protensão hidráulico composto por macaco + bomba + manômetro;
- Mesa de apoio com dimensões: 94 cm (comprimento) x 21 cm (altura) x 16 cm (largura);
- Deflectômetro com precisão 0,01 mm e Base magnética;
- Vigas de madeira com dimensões: 60 cm (comprimento) x 15 cm (largura) x 5 cm (espessura).



Foto 3: Montagem típica do conjunto de protensão



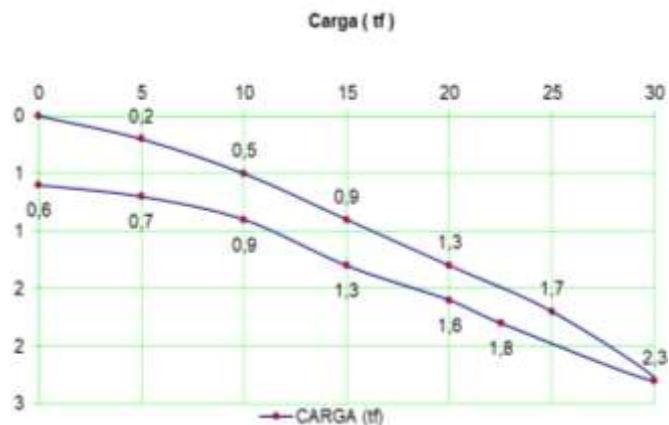
Foto 4: mesa de apoio sobre as vigas de madeira

Abaixo, seguem os dados obtidos no ensaio no grampo 05, este com 4,0 m ancorado e 1,0 m livre, com uma barra de aço rocsolo 1” (Carga de escoamento = 31,9 ton)

Tabela 1: Leituras de campo do ensaio de arrancamento no grampo 05

Pressão (kg/cm ²)	CARGA (tf)	LEITURA CAMPO (mm)	DESLOCAMENTO (mm)
0	0	16,3	0,0
25	5	16,5	0,2
60	10	16,8	0,5
80	15	17,2	0,9
120	20	17,6	1,3
150	25	18,0	1,7
180	30	18,6	2,3
160	22,5	18,1	1,8
145	20	17,9	1,6
110	15	17,6	1,3
80	10	17,2	0,9
45	5,0	17,0	0,7
0	0,0	16,9	0,6

Gráfico 1 Grampo 05 - Deslocamento (mm) X Carga (tf)



Com o auxílio do deflectômetro, realizou-se a leitura do deslocamento do aço a cada 5,0 toneladas. Para efeito de segurança, o ensaio dos grampos foram feitos com carga máxima de 30 toneladas, valor este referente a 95% da carga de escoamento do aço.

2.3 Projeto Executivo

Após o estudo de estabilidade do talude, considerando os ensaios de cargas, foi escolhido como contenção a técnica do solo grampeado, com grampos sub-horizontais ao longo do talude rompido, paramento em concreto projetado armado com tela metálica e drenagem superficial de paramento e de superfície. Como o projetista não participou da montagem deste artigo não entraremos em detalhes sobre os cálculos e verificações de projeto.

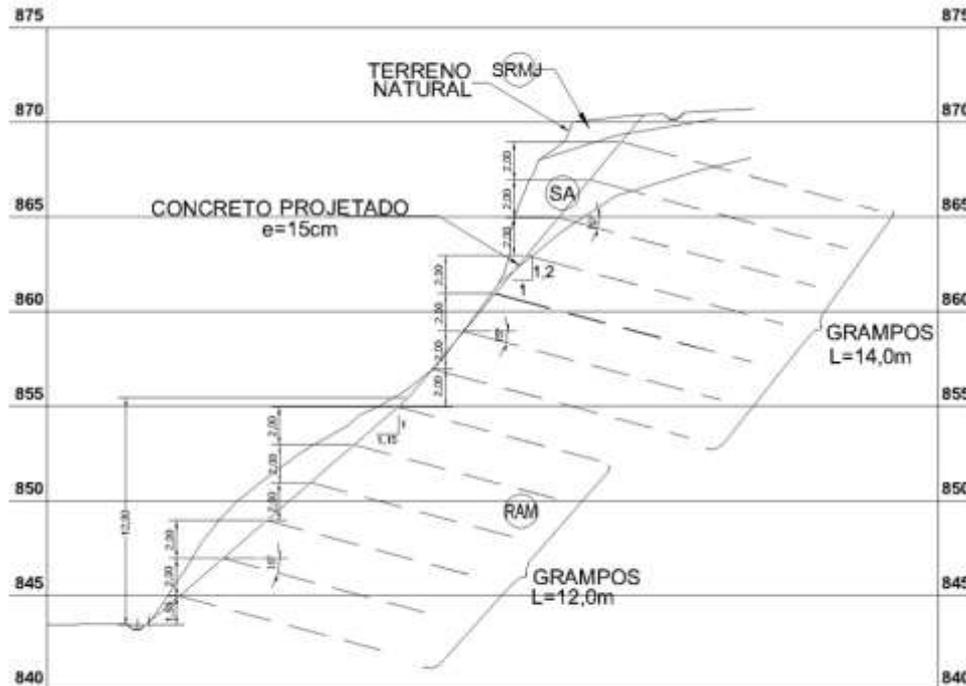


Figura 3: Seção do talude rompido, com os grampos

3 Solo Grampeado

Solo grampeado é uma técnica de melhoria de solos, que permite a contenção de taludes por meio da execução de grampos, concreto projetado e drenagem. Os grampos promovem a estabilização geral do maciço, o concreto projetado dá estabilidade local junto ao paramento e a drenagem age em ambos os casos (Manual de Serviços Geotécnicos Solotrat, 2018, pag. 05).

3.1 Equipamentos utilizados

Para a execução do solo grampeado, foram necessários alguns equipamentos específicos.

- Betoneira
- Gerador de energia
- Compressor 900 pcm
- Bomba de concreto projetado CP-6
- Misturador duplo para calda de cimento
- Bomba de injeção de calda de cimento com estabilizador de pressão
- Bombas d'água
- Perfuratriz manual pneumática

3.2 Perfuração do solo

Para a execução da perfuração em solo, foram utilizadas as perfuratrizes manuais, com ar para a lavagem dos furos. Nos locais onde foram encontrados perfis de rocha alterada, optou-se pela utilização de perfuratriz manual pneumática. No caso da perfuração em rocha, o furo se dava por concluído ao se alcançar 1,0 m de ancoragem nesse material, caso contrário, se respeitou os comprimentos pré-definidos em projeto.

3.3 Grampos Injetados

Foram utilizadas barras de aço de 1" (25mm) Rocsolo, com roscas laminadas a frio e emendas feitas com luvas, e carga de trabalho permanente prevista de 14 tf. As barras foram montadas com espaçadores a cada 2,0m, de forma a garantir seu recobrimento e afastamento da parede do furo.

Nas cabeças dos grampos foram utilizadas placas de aço, travadas com porcas. O aperto das porcas se deu através de torquímetros, aplicando uma carga de 1 tf.m.

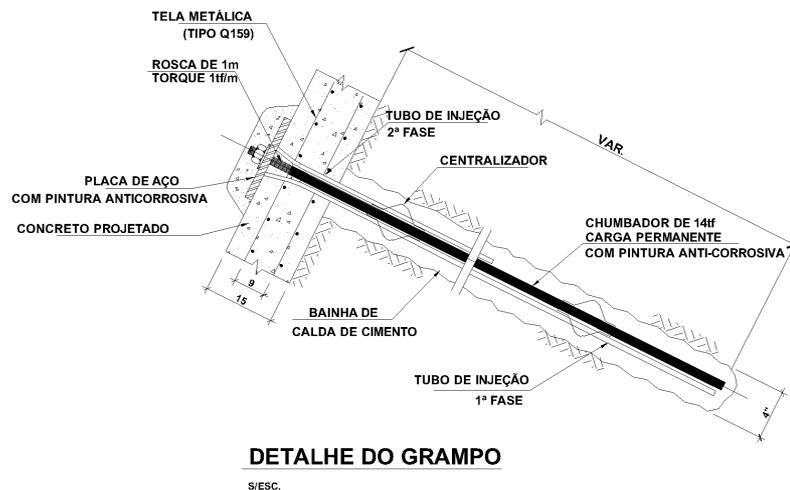


Figura 4: Detalhe de montagem dos grampos injetados

O preenchimento do furo (bainha) foi feito com calda de cimento (fator A/C de 0,5), de baixo para cima, com o auxílio de tubo de PVC rígido de pequeno diâmetro, introduzido no interior do furo. As injeções ao longo do furo foram setorizadas em duas mangueiras de injeção (mangueiras de polietileno de 8mm de diâmetro), com válvulas de injeção instaladas a cada 50 cm permitindo uma injeção mais uniforme, conforme detalhe abaixo.

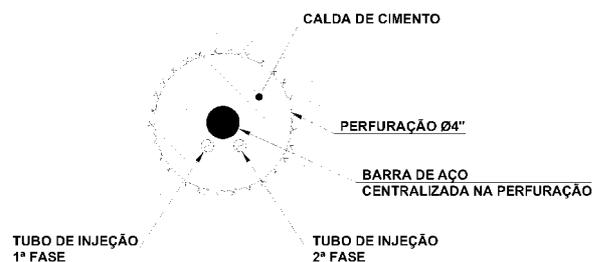


Figura 5: Detalhe do preenchimento do furo

3.4 Paramento em Concreto Projetado

O concreto projetado foi lançado por via seca, com a adição da água no bico de projeção, com espessura de 15 cm. O lançamento se deu com ar comprimido, com grande energia, devido à grande distância entre a bomba de projetado e a superfície do talude rompido.

O traço do concreto, para um $F_{ck} \geq 20,0$ Mpa, utilizado na obra foi o seguinte: Areia: 1150 Kg; Brita 0 (pedrisco limpo): 750 Kg; Cimento: 350Kg; Fator Água / Cimento: 0,5

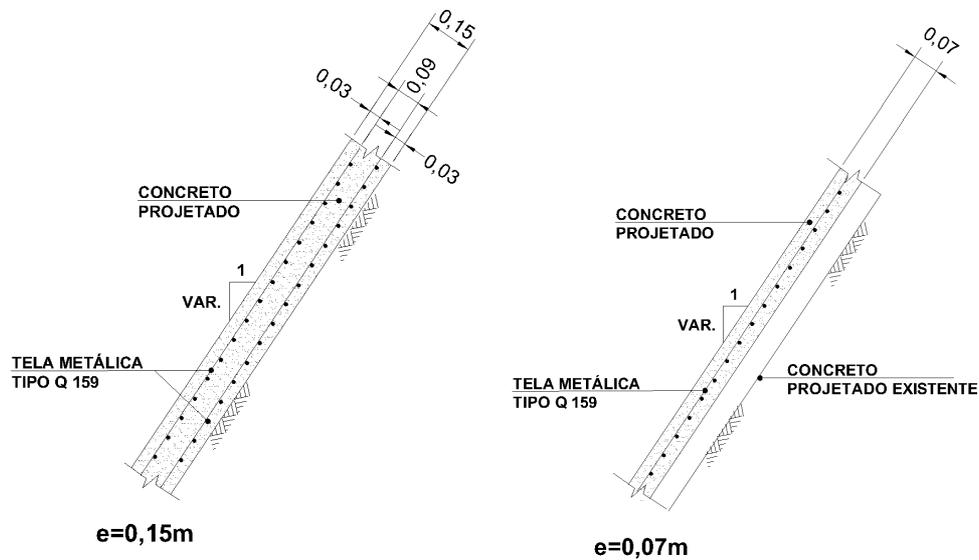


Figura 6: Detalhe de corte do Paramento em Concreto Projetado, armado com tela

A armação do paramento se fez com o uso de telas Q159, sendo utilizadas 2 telas no trecho rompido, com o paramento de 15 cm, e 1 tela no trecho do talude em corte existente.

Foi realizada também a execução de juntas secas transversais a cada 15m, com a colocação de uma manta geotêxtil junto ao terreno, com uma largura de 0,50m.

Para a proteção das placas e porcas dos grampos, foram projetadas cabeças de concreto armado, conforme figura abaixo:

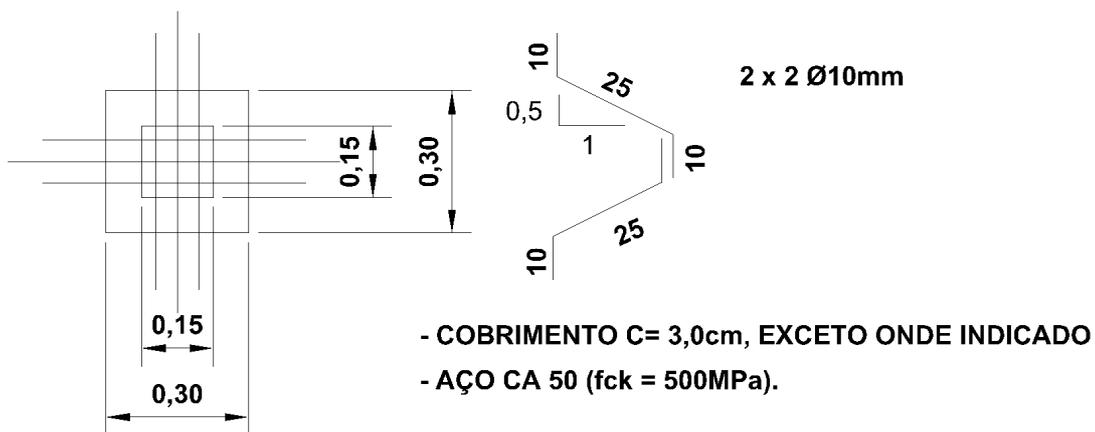


Figura 7: Detalhe da armadura da cabeça dos grampos

3.5 Drenagem

Foi utilizado uma manta geotêxtil entre o paramento de concreto projetado e o solo, de 0,20 m de largura, da crista até o pé do talude, com espaçamento de 1,00 m entre as faixas.

A manta foi utilizada na separação da camada do solo com o paramento, funcionando de maneira semelhante a um filtro, deixando a água entrar no dreno e bloqueando a passagem de partículas. Com isso, os tubos de drenagem ficam limpos, aumentando a sua vida útil.

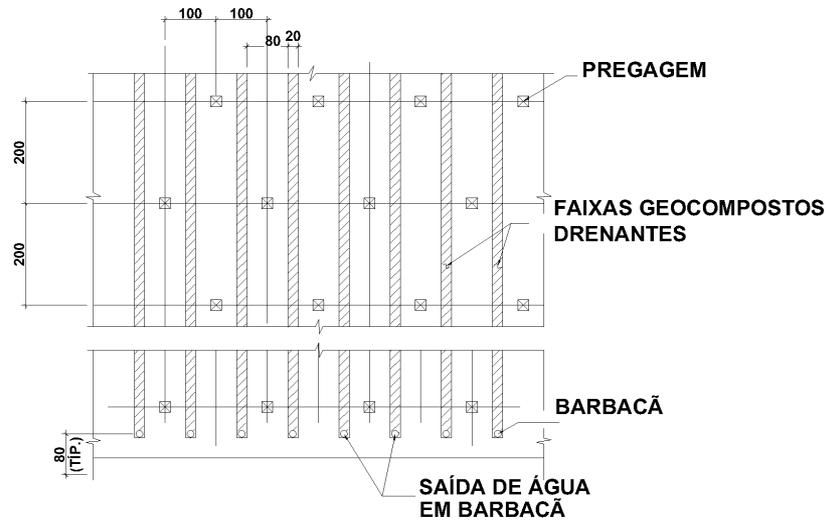


Figura 8: Instalação da manta geotêxtil ao longo do paramento de concreto projetado

Essa manta promove o adequado fluxo de água vinda do topo do talude, ou de um eventual lençol freático, eliminando a saturação do solo, diminuindo consideravelmente a força de empuxo do talude no paramento.

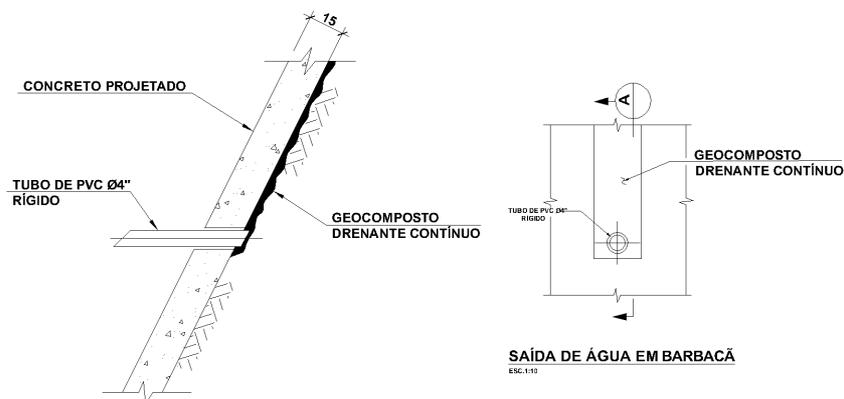


Figura 9: Detalhe da manta geotêxtil atrás do paramento

Também foram realizados consertos em canaletas pré-existentes no local. Para a desaceleração da água proveniente das chuvas, foi executado uma série de dissipadores com o objetivo de se reduzir a velocidade da água, fazendo uma perfeita destinação nas canaletas ao pé do talude.

4 Considerações finais

Este artigo propôs um estudo de caso real de um talude rompido de corte, mostrando a melhor solução encontrada para a estabilização do mesmo, através da técnica de Solo Grampeado. A escolha se deu devido ao grande limitante que era a restrição da geometria do terreno, ao lado da rodovia de acesso ao aterro sanitário, e com grande fluxo de caminhões.

Além da geometria, outros fatores foram predominantes na escolha da técnica, como a relativa facilidade na execução e seu baixo custo em comparação com outras técnicas, como a cortina atirantada.

O estudo preliminar do solo é de extrema importância para que a contenção em Solo Grampeado seja eficaz, pois baseado nos dados obtidos, é possível se calcular e definir os comprimentos dos grampos e suas

multiplas fases, oferecendo maior confiança na capacidade de ancoragem, além do perfeito tratamento do solo.



Foto 4: Contenção em Solo Grampeado finalizada

Para auxiliar na análise preliminar, a execução de testes em grampos, instalados previamente, não necessariamente integrantes da malha de projeto, permitem um melhor afinamento no projeto, já que nos dão como resultado a aderência entre grampo e solo.

Por fim, o sucesso dessa técnica como contenção permanente, vem em grande parte, da perfeita interação entre projetista e executor, onde a boa prática executiva, como o respeito aos comprimentos dos chumbadores e as multiplas injeções, está diretamente ligada a um projeto bem elaborado, baseado em estudos minuciosos do comportamento do solo e as necessidades da obra.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a todos os colaboradores da empresa Solotrat Engenharia Geotécnica, pelo empenho e estímulo demonstrado no dia a dia, e quem sem eles, direta ou indiretamente, esse artigo não seria possível.

Agradecemos também à Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia - ABEF - pelo incentivo e grande ajuda com o fornecimento de material para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF – Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia. Manual de execução de fundações e geotecnia: Práticas recomendadas. Editora Pini. 1. Edição. São Paulo, 2012

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012). NBR 14026: 2012. *Concreto projetado - Especificação*. Rio de Janeiro.

PITTA, Cairbar Azzi; SOUZA, George Joaquim Teles de; ZIRLIS, Alberto Casati; *Alguns Detalhes da Prática de Execução do Solo Grampeado*, 2013. p. 1 – 25.

PITTA, Cairbar Azzi; SOUZA, George Joaquim Teles de; ZIRLIS, Alberto Casati; *Solo Grampeado - Aspectos Executivos do Chumbador*, 2005. p. 1 – 10.

PITTA, Cairbar Azzi; SOUZA, George Joaquim Teles de; ZIRLIS, Alberto Casati; *Solo Grampeado. Alguns Detalhes Executivos. Ensaios – Casos de Obras*. 2003. p. 1 – 20.

9º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia
3ª Feira da Indústria de Fundações e Geotecnia
SEFE 9 – 4 a 6 de junho de 2019, São Paulo, Brasil
ABEF



SILVA, Danilo Pacheco; ALONSO, Thiago de Paula; PITTA, Cairbar Azzi; SOUZA, George Joaquim Teles de; ZIRLIS, Alberto Casati; *Solo Grampeado: A Arte de Estabilizar, uma Técnica Moderna e Eficaz*. 2010. p. 1 – 13.

SOLOTRAT ENGENHARIA GEOTÉCNICA. *Manual de Serviços Geotécnicos*. 6. Edição. São Paulo: Solotrat Engenharia Geotécnica, 2018. p. 4 – 21.