

Contenção Em Solo Grampeado Com Trecho Em Argila Orgânica

Antônio Felipe de Miranda

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

George Joaquim Teles de Souza

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

Ricardo Brendolan

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

José Eduardo Moeller Hosken

Engenheiro Civil, Diretor, MHosken Consultoria de Fundações e Mecânica dos Solos, Santo André, Brasil, hosken@mosken.com.br

RESUMO: Para a construção de um edifício residencial na região do Tatuapé em São Paulo, foram previstos 2 subsolos para vagas de garagem do empreendimento. No local do empreendimento as sondagens encontraram a presença de argila orgânica até a profundidade média de 2,50 metros, argila silto arenosa entre as profundidades médias de 2,50 metros a 4,00 metros e areia fina e média entre as profundidades médias de 4,00 a 9,00 metros. O nível do lençol freático estava localizado a cerca de 1,00 metro de profundidade. A obra foi realizada através da técnica de solo grampeado. Este artigo abordará sobre o processo executivo, etapas construtivas, dificuldades de execução e também a eficiência do solo grampeado, que se adequa a qualquer situação.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Grampeado, Drenagem, Contenção de talude

ABSTRACT: For the construction of a residential building in the Tatuapé, region of São Paulo, two basements were planned for the development's parking spaces. At the project site, the surveys found the presence of organic clay up to an average depth of 2.50 meters, sandy silt clay between average depths of 2.50 meters to 4.00 meters and fine and medium sand between average depths of 4.00 to 9.00 meters. The water table level was located at about 1.00 meters deep. The work was carried out using the nailed soil technique. This article will address the executive process, constructive stages, execution difficulties and also the efficiency of nailed soil, which is suitable for any situation.

KEYWORDS: Soil Nailing, Drainage, Slope Containment

1 Introdução

Foi necessário a realização de uma contenção para a implantação de edifício residencial no bairro Tatuapé, em São Paulo. O edifício necessitou de dois níveis de subsolo para a distribuição das vagas de garagem. Para o início dos estudos sobre o tipo de contenção a ser utilizada e viabilidade da obra, foi realizada uma campanha de sondagem no local. A figura 1 apresenta o trecho do relatório de um ponto de sondagem realizado no local.

Este trabalho leva em conta somente as atividades de execução da contenção em solo grampeado e não mostra detalhes da concepção do projeto da contenção.

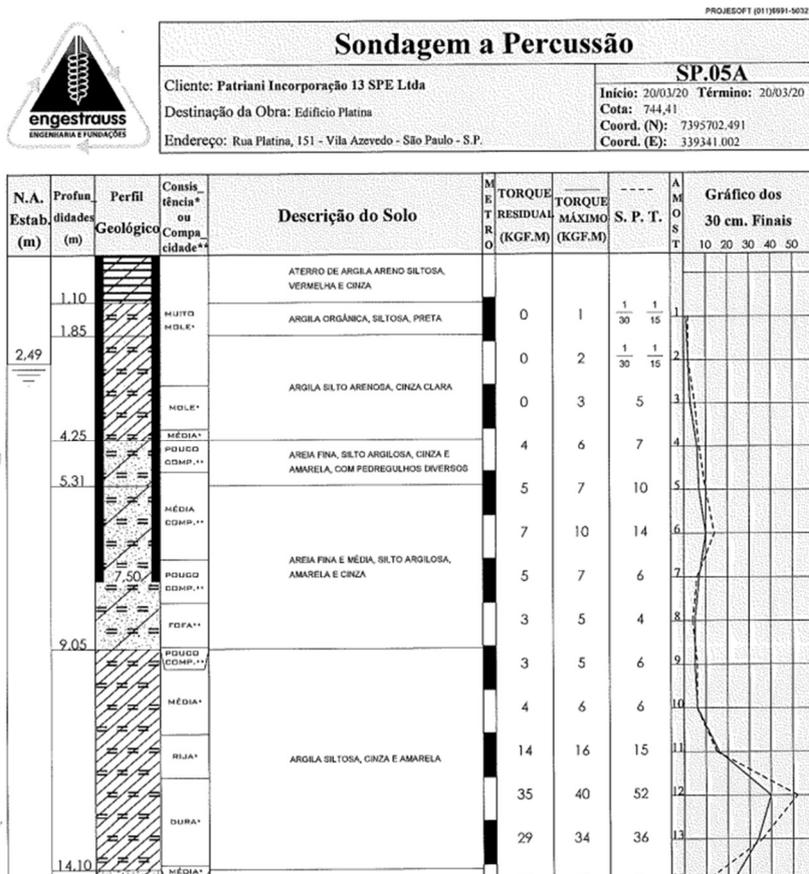


Figura 1. Relatório de sondagem

Conforme visto através da Figura 1, o terreno apresenta o nível d'água na profundidade em torno de 2,50 metros e características de solo de forma variadas, alterando entre argila e areia, apresentando trecho em argila orgânica.

Tendo em vista as características do solo, o método de contenção proposto foi o de solo grampeado. O projeto foi dimensionado para ser executado com grampos sub-horizontais injetados em malha de 0,85 metros na horizontal e 0,75 metros na vertical e com utilização de armação composta por 1 barra de aço CA-50 ϕ 16 mm. A Figura 02 apresenta um trecho do projeto da contenção onde é mostrado o espaçamento dos grampos.

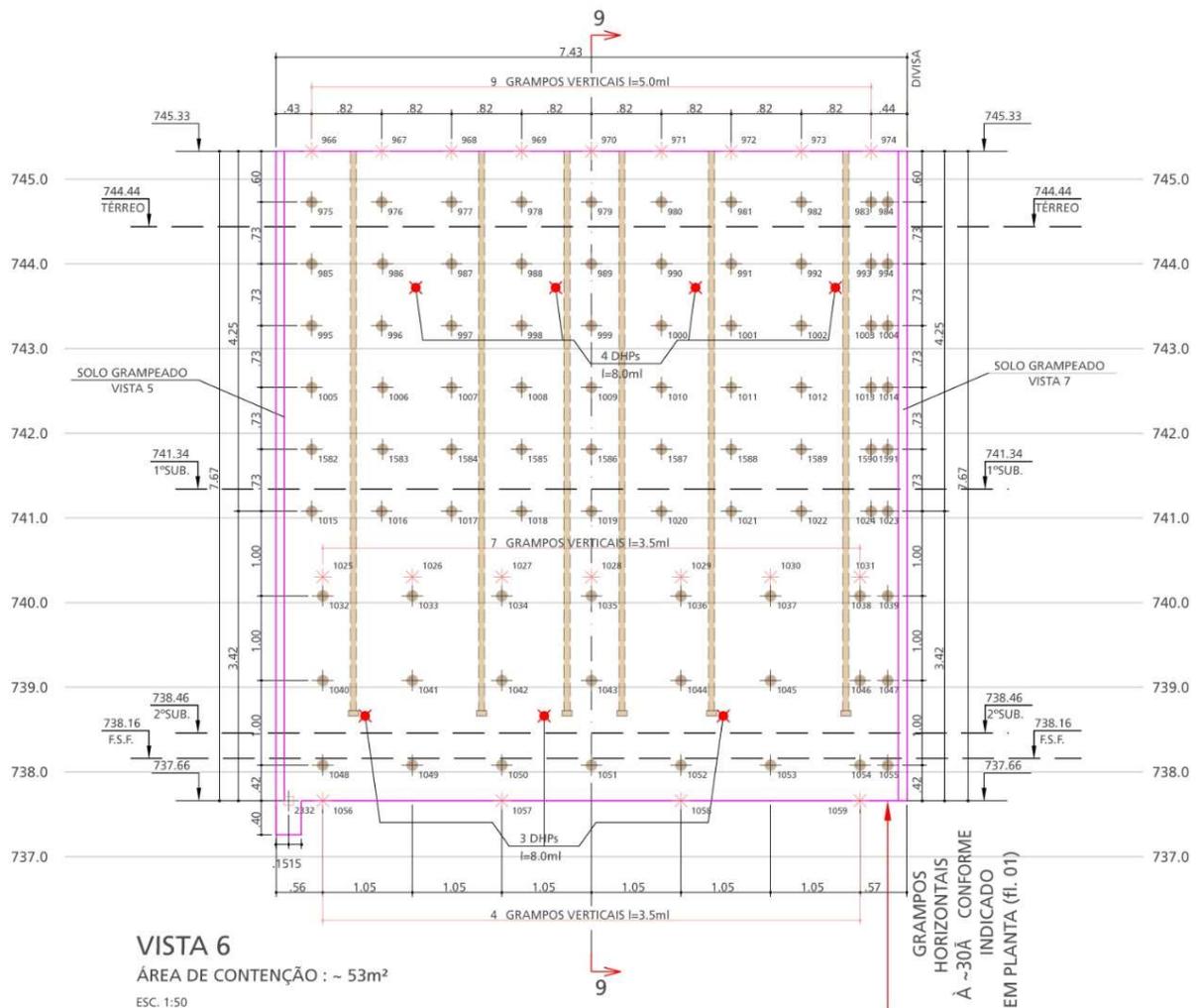


Figura 02: Recorte do projeto

Para o revestimento da face da contenção foi utilizado concreto projetado via seca $f_{ck}=20$ MPa, preparado *in loco*, provido de fibra sintética de polipropileno na proporção de 6 kg/m^3 e com espessura de 10 centímetros. Devido às características do terreno, o projeto também considerou a utilização de tela metálica soldada nervurada com espaçamento longitudinal e transversal de 10 centímetros e peso de $2,20 \text{ kg/m}^2$.

Como o método de cálculo adotado pelo projeto trata o solo grampeado como bloco monolítico, logo não considera que o paramento tem função estrutural. Os grampos possuem sua ponta dobrada e embutida no paramento de concreto projetado. A Figura 3 apresenta o corte 9-9 do projeto.

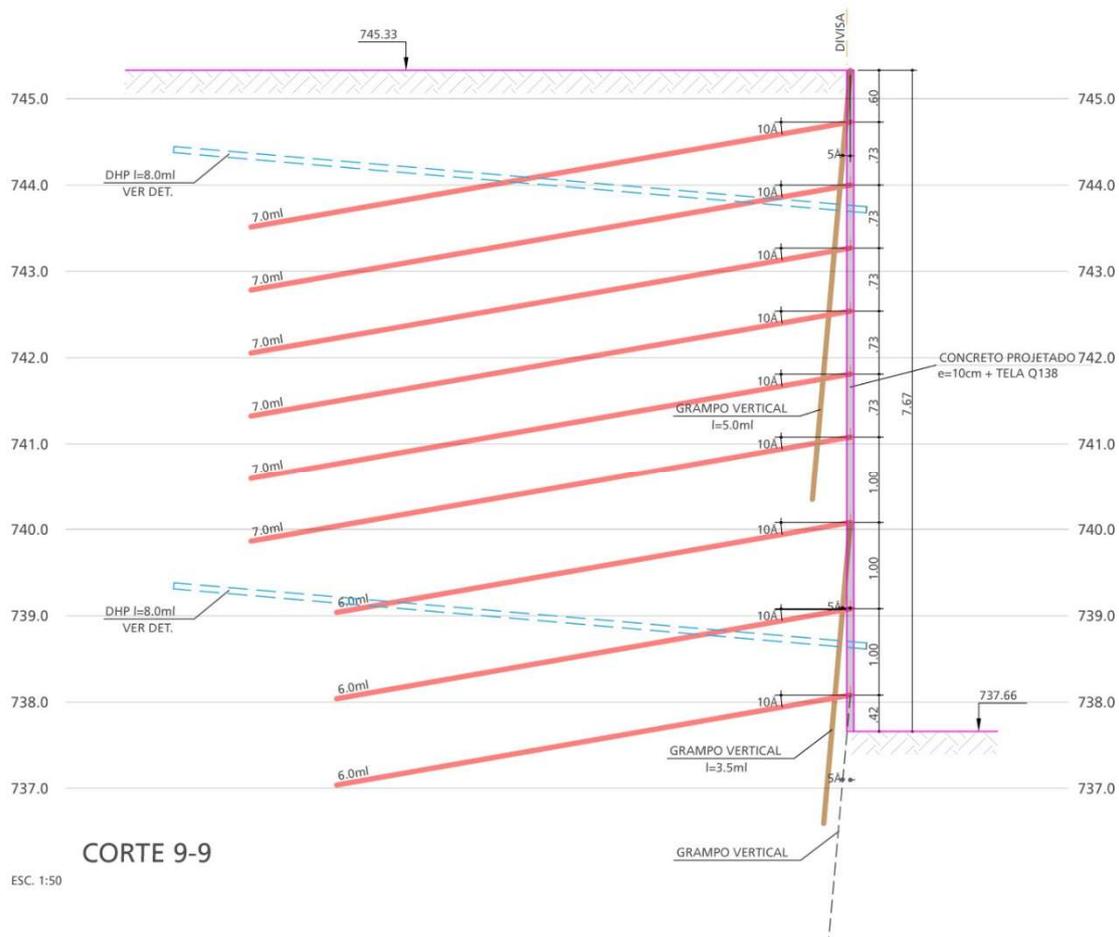


Figura 3. Corte 9-9 do projeto

Conforme apresentado pela Figura 3, os grampos sub-horizontais instalados na obra possuíam profundidade de 7,0 metros nas 6 primeiras linhas e 6,0 metros nas três linhas finais da contenção. Para melhorar as condições do terreno durante a escavação, foram também instalados grampos verticais injetados, conforme mostrado na figura 3.

2 Metodologia executiva

2.1 Processos construtivos

Antes do início das escavações foram executados os grampos verticais injetados. A injeção setorizada melhora as características geotécnicas do solo, pré comprimindo o terreno, reduzindo deformações e criando uma condição mais segura às escavações para abertura dos nichos. A Figura 4 apresenta a perfuração de grampos verticais.



Figura 4. Perfuração de grampos verticais

Após os grampos verticais estarem com as injeções realizadas, dá-se início à abertura de escavações conforme as delimitações do projeto. Para orientar as escavações e facilitar o acompanhamento, garantindo o alinhamento e a prumada da obra, são instalados gabaritos ao longo do perímetro da contenção. A Figura 05 apresenta um trecho da obra com o início das escavações para o solo grampeado.



Figura 5. Início das escavações para o solo grampeado

É possível notar através da Figura 05 que, no trecho apresentado, os grampos sub-horizontais já foram concluídos garantindo a estabilidade da escavação, e que o trecho já conta com a tela metálica instalada. Está sendo instalado o sarrafo que delimita a crista da contenção. Durante a execução da obra foi encontrada presença de água, conforme a sondagem já havia mostrado. A junção dessa presença de água no terreno e a baixa qualidade do solo resultou em grandes dificuldades executivas para a obra, com grande número de deslocamentos de solo durante as escavações. Esses deslocamentos causaram retrabalho na execução e também sobreconsumo de concreto. A Figura 6 apresenta um trecho com o solo trincado, onde está prestes a ocorrer o deslocamento e o local após a ocorrência do mesmo. Também é possível observar o dreno horizontal profundo (DHP) com surgência de água.



Figura 6. Trinca onde ocorrerá deslocamento e talude após a ocorrência

Após ser constatado o deslocamento do solo, é preciso realizar a limpeza do material rompido, como mostra a Figura 6 acima, e a posterior aplicação de uma camada de concreto projetado inibindo a evolução da erosão e protegendo o local para a instalação da tela metálica adicional. Esta além ajudar no suporte da próxima camada de concreto projetado que será aplicada para preencher o vazio resultante do deslocamento do solo, serve de reforço estrutural localizado. A Figura 07 apresenta o trecho já com a tela instalada.



Figura 7. Trecho já com a tela metálica instalada

É necessário que as ações para correção do deslocamento sejam tomadas de forma rápida, tendo em vista que este pode ter continuidade e ocasionar danos à contenção executada acima do local deslocado. A evolução da erosão pode vir a causar vazios atrás do paramento de concreto já finalizado, no trecho superior ao trecho rompido.

Uma forma de reduzir os deslocamentos do solo foi rebaixar a escavação no centro da obra, rebaixando o nível do lençol freático e reduzindo o surgimento de água nas escavações para a contenção. A Figura 08 apresenta um trecho da obra com a escavação realizada. É possível notar a presença de água na escavação.



Figura 8. Escavação no centro da obra para rebaixar o lençol freático

Através da figura acima, pode-se também notar a cor escura do solo no trecho da argila orgânica. Como também é possível observar a mudança de tonalidade no trecho em argila orgânica, que apresenta a tonalidade preta e o trecho em argila silto arenosa que apresenta a tonalidade cinza clara.

Como medida de controle de qualidade da execução, foram realizados ensaios de arrancamento em alguns grampos de teste, de forma a aferir os valores esperados de suporte de carga por metro linear de grampo. Foram executados 3 ensaios de arrancamento de forma a verificar a resistência dos grampos em diferentes tipos de solo. A Figura 9 apresenta o ensaio de arrancamento sendo realizado.



Figura 9. Ensaio de arrancamento

O ensaio de arrancamento como pode ser visto através da Figura 9 é realizado através de um conjunto hidráulico, macaco-bomba-manômetro, que deve ser previamente calibrado em laboratório. De modo a distribuir a concentração de cargas resultantes do ensaio, também são utilizados uma mesa de protensão e pranchas de madeira, para que, dessa forma, a carga fique dividida em uma área maior. Para se acompanhar os deslocamentos do grampo são utilizados dois relógios comparadores com precisão de 0,01 milímetros. A execução do ensaio se dá através do carregamento do grampo por estágios e a leitura da deformação nos estágios de carregamento previamente definidos. A Figura 10 apresenta o boletim do ensaio de arrancamento realizado no trecho de argila orgânica.

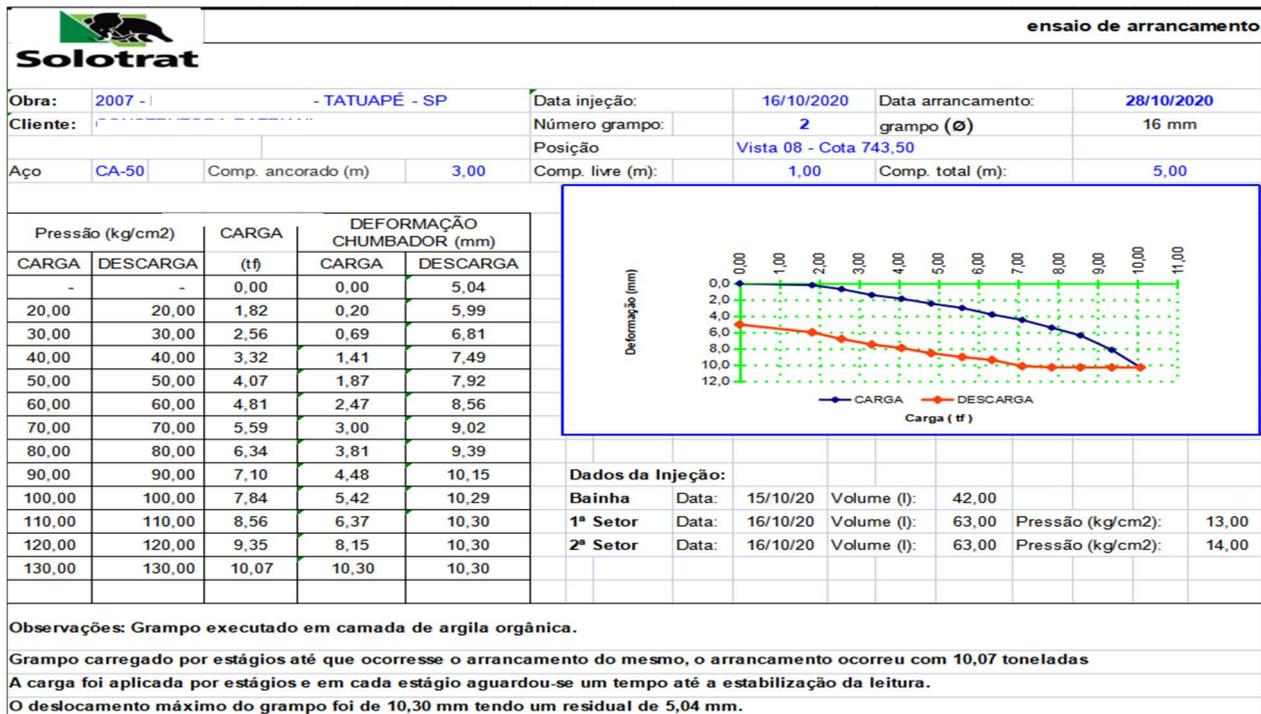


Figura 10. Boletim de ensaio de arrancamento em grampo executado em argila orgânica

Os resumos dos ensaios de arrancamento executados na obra estão apresentados na Tabela 01.

Tabela 1. Resumo dos ensaios de arrancamento realizados

Tipo de solo	Carga do arrancamento (tf)	q _s de ensaio (kPa)	Deformação máxima (mm)	Deformação residual (mm)
Argila orgânica	10,07	104,78	10,30	5,04
Areia fina silto-argilosa	13,13	136,62	11,79	4,45
Areia siltosa	13,89	144,53	14,01	6,89

Ao avaliar a Tabela 01 acima é possível notar que o grampo ensaiado no trecho de argila orgânica apresenta um valor de q_s satisfatório, sendo o valor de 104,78 kPa. Porém ao se comparar com os outros solos presentes na obra, temos que o grampo na argila orgânica apresenta um valor de q_s 23,3% menor que o valor de q_s da areia fina silto argilosa, e apresenta um valor de q_s 27,5% menor que o valor de q_s da areia siltosa.

3 Conclusão e considerações finais

Conclui-se que o tipo de solo, seja ele argiloso, siltooso, argilo siltooso ou com predominância de areia, interfere no resultado do ensaio de arrancamento. Sendo necessário executar as injeções setorizadas nos grampos, do mesmo jeito que um tirante precisa de injeção no bulbo para que a ancoragem funcione.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). NBR 16920-2. Muros e taludes em solos reforçados - Parte 2: Solos Grampeados. Avenida Treze de Maio, 13 - 28º andar - Centro, Rio de Janeiro/RJ.
- Souza, G.J.T.; Pitta, C.A.; Zirlis, A.C. (2013) *Alguns detalhes da prática de solo grampeado*. In: VI COBRAE – CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS – 2013, Angra dos Reis/RJ. Anais ABMS. p. 1-25.
- SOLOTRAT ENGENHARIA GEOTÉCNICA, Manual de Serviços Geotécnicos. 6ª Edição. P. 5 - 21. Solotrat Engenharia Geotécnica, 2018. São Paulo/SP.