



Aspectos Técnicos de Escavação de Grande Porte em Solo Grampeado no RS: Projeto, Obra e Monitoramento Geotécnico

Tiago Proto Silva

FGEO ENGENHARIA LTDA, Rio de Janeiro, Brasil, tiagoproto@fgeo.com.br

Leonel Dias de Araujo Mello

UERJ, Rio de Janeiro, Brasil, leomello.lm.94@gmail.com

Matheus Faria Peçanha Sardinha

UERJ, Niterói, Brasil, matheussardinha@outlook.com

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo relatar o procedimento executivo e o sistema de monitoramento geotécnico de uma obra de escavação em solo residual e rocha basáltica, com cerca de 30 m de profundidade, localizada no município de Bento Gonçalves-RS. Dentre as técnicas utilizadas, destacam-se a execução de solo grampeado de caráter provisório e reforço de muro de arrimo com tirantes provisórios e perfis metálicos. O monitoramento geotécnico, a fim de se monitorar possíveis movimentações, se deu a partir da leitura de inclinômetros, marcos superficiais e tell-tales instalados nos taludes a serem contidos. Foram realizados ensaios de cisalhamento direto e de arrancamento de grampos. O método executivo utilizado e o monitoramento geotécnico permitiram o ritmo contínuo das obras e o acompanhamento do desempenho durante toda a fase de implantação. O monitoramento se deu de forma satisfatória, garantindo a segurança quanto à estabilidade e integridade de toda a escavação.

PALAVRAS-CHAVE: Escavação; Solo grampeado; Monitoramento Geotécnico; Instrumentação.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta um caso de obra em solo grampeado apresentando o comportamento tensão-deformação de um talude de escavação a partir dos dados obtidos em uma obra de contenção localizada na Rua General Osório, 477, na cidade de Bento Gonçalves/RS.

Essa obra, cuja planta de situação está representada na figura 1, foi realizada com o objetivo de se construir um hospital com 8 níveis de subsolo, destinados principalmente ao estacionamento do empreendimento.

O empreendimento seguirá a proposta de “Hospital-Dia”, sendo pioneiro na região da Serra Gaúcha.

O maciço, composto por solo residual e rocha basáltica foi contido e estabilizado através da execução de solo grampeado com face em

concreto projetado, nas 4 faces de escavação, permitindo uma otimização na utilização do espaço.

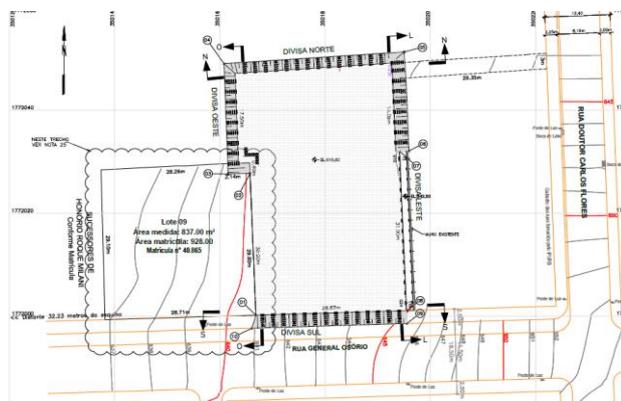


Figura 1. Planta de situação.

A figura 2 demonstra uma visão geral da obra em seu estágio final de implantação do trecho de escavação em solo residual.



Figura 2. Foto aérea da obra

O projeto englobou cerca de 1500 m² de contenção, com 4060 m de grampos distribuídos nas faces de escavação.

Simultaneamente à execução, foi realizada uma campanha de monitoramento e instrumentação geotécnica, através do uso de Inclínômetros, Marcos Superficiais e Tell-tales.

Das quatro faces monitoradas, a face leste exigiu maior atenção durante a implantação da obra. Primeiramente, é a face que possui maior altura de escavação (cerca de 30m na junção entre as faces leste x sul, sendo 14 metros em solo/rocha alterada e 16 metros em rocha sã). Ademais, é a face de maior proximidade com residências vizinhas, que se localizavam junto à divisa.

Além disso, na face leste, havia um muro de concreto armado pré-existente, atuando como contenção lateral de uma casa vizinha à obra, tendo 30 m de comprimento, com início na parte central da face e término no canto Leste x Sul (junto à via). Este muro foi reforçado com 23 tirantes provisórios de 18 m de comprimento, sendo 10 m de trecho livre e 8 m ancorados, divididos em duas linhas paralelas, que podem ser observados na seção transversal ilustrada na figura 3.

Os tirantes foram consolidados ao muro através do uso de vigas metálicas, cuja função é distribuir uniformemente as cargas dos tirantes ao longo de todo o muro.

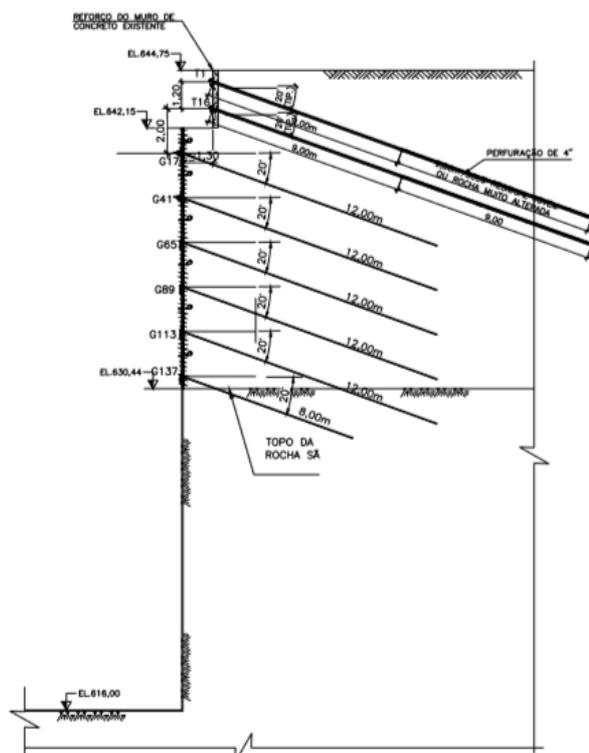


Figura 3. Seção Transversal da face leste.

A obra em referência foi projetada, executada e monitorada pela empresa FGEO ENGENHARIA LTDA, permitindo o acompanhamento sistêmico da implantação e a tomada de decisões imediata quanto ao avanço e velocidade de escavação.

A escavação e execução da estrutura de contenção do maciço terroso foram realizadas em 105 dias corridos, contados os prazos de mobilização e desmobilização da obra. O monitoramento da instrumentação dar-se-á continuamente até o término das escavações em rocha.

2 GEOLOGIA LOCAL

O estado do Rio Grande do Sul é constituído por um relevo composto por rochas cuja origem ou transformação decorrem por diferentes períodos geológicos. Em tempos cenozoicos, houve uma gama de processos magmáticos, metamórficos e sedimentares, aliados aos movimentos



tectônicos, que foram engendrando uma crosta cada vez mais diferenciada e mais estável, com predomínio, de modo geral crescente, da atividade sedimentogênica sobre as atividades ígneo-metamórficas.

A região faz parte da composição geológica do afloramento rochoso denominado Serra Geral, composta por rochas magmáticas extrudidas por sucessivos derrames basálticos intercalados com formações de arenitos, englobando regiões do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Cerca de 90% dos basaltos da Serra Geral são basaltos toleíticos, seguido de aproximadamente 7% do volume total de andesitos-toleíticos e 3% de riocacitos-riolitos (Piccirillo & Melfi, 1988). As rochas magmáticas básicas apresentam cores variando entre cinza escuro, cinza médio e cinza acastanhado. Texturalmente são afíricas a subafíricas, por vezes porfiríticas, com fenocristais e/ou microfenocristais de augita e de plagioclásio.

3 INVESTIGAÇÃO DE CAMPO

Para a caracterização do material, adoção de parâmetros de resistência e realização do projeto, foi feita uma campanha prévia de sondagens mistas no local, contendo 5 furos e totalizando cerca de 42 m perfurados em solo e 33 m em rocha aterada e sã.

Assim como previsto pela análise e estudo geológico da região, o terreno sondado é constituído por rocha basáltica, tendo como camadas sobrejacentes alterações de rocha intemperizadas, solo residual jovem e aterro. A camada de solo é tipicamente composta por argila areno-siltosa e o aterro com maior conteúdo de matérias orgânicas e material depositado. A camada de solo está entre 10,0 a 14,0 metros de profundidade (figura 4). O nível d'água encontrado foi em torno de 10 metros de profundidade do nível do terreno, na transição entre a camada de rocha sã e solo.

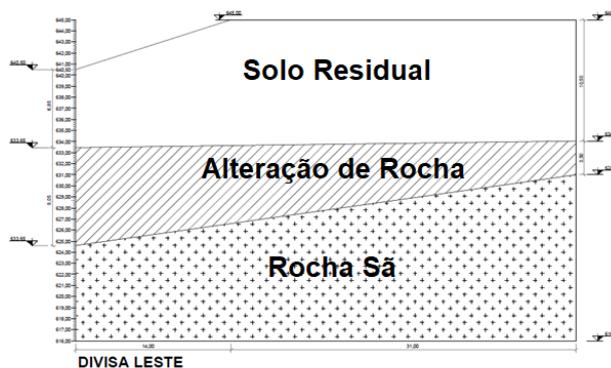


Figura 4. Estratigrafia da face leste.

A partir dos dados dos ensaios de sondagem mista e dos estudos bibliográficos de parâmetros de resistência da região, referentes a materiais de mesma natureza, foram realizadas as análises de estabilidade preliminares, a fim de se definir o projeto básico de estabilidade. Os parâmetros de resistência de interface solo-grampo foram estimados em 120 kPa, baseado na experiência anterior dos projetistas em casos semelhantes.

Paralelamente aos serviços de mobilização de obra, foram executados 2 ensaios de arrancamento em grampos-piloto, a fim de se calibrar os parâmetros adotados. Ao longo do andamento da obra foram realizados mais 2 ensaios de arrancamento, com o intuito de se aferir os resultados encontrados, além de se observar uma possível variação em função da mudança do horizonte de solo em camadas inferiores. A figura 5 ilustra a execução dos ensaios iniciais em campo.

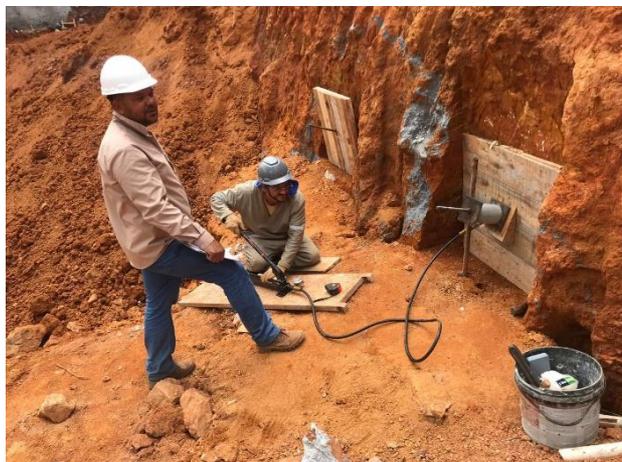


Figura 5. Execução do ensaio de arrancamento.



Os ensaios de arrancamento foram realizados seguindo os procedimentos, instruções e análises feitas por Proto Silva (2005) e Springer (2006). A figura 6 ilustra o resultado de um destes ensaios.

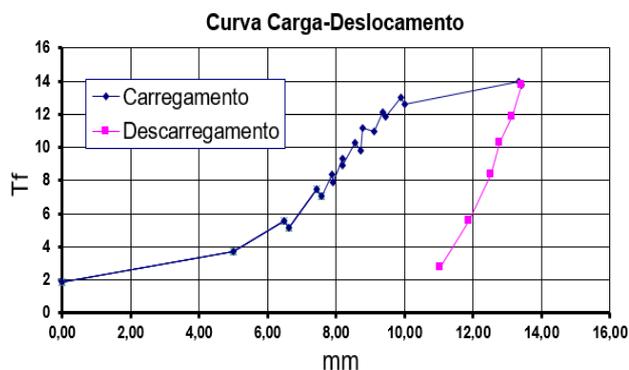


Figura 6. Gráfico resultante do ensaio de arrancamento a 6 m de profundidade na face Oeste – mm x Tf.

Os parâmetros encontrados no ensaio de arrancamento demonstraram grande razoabilidade em relação à literatura nacional para solo residual, chegando a valores de q_s entre 150 kPa e 200 kPa. Ressalta-se que estes valores foram superiores aos adotados no projeto inicial, proporcionando fatores de segurança globais mais elevados e maior confiabilidade no processo.

4 PROCEDIMENTO EXECUTIVO

A execução da técnica de solo grampeado foi realizada com perfuração prévia, de 75mm de diâmetro. Em seguida, foi realizada a inclusão de grampos, que são elementos lineares passivos, semi-rígidos e resistentes à flexão composta, utilizando barras de aço modelo CA 50 de 20 mm de diâmetro e inclinação de 20° em relação à horizontal, variando o comprimento de 4 m a 12 m de acordo com a profundidade e distribuição de projeto, com espaçamento vertical e horizontal igual a 2 m. Tais detalhes também podem ser vistos na figura 3.

As etapas executivas do processo de solo grampeado foram:

i. Escavação – (a) Escavação mecanizada em nichos e bancadas de escavação para evitar o desconfinamento do solo e permitir o acesso dos equipamentos de perfuração; (b) Acerto manual das faces do talude para permitir o posicionamento da armadura de face do concreto projetado e evitar o sobre consumo do mesmo.

ii. Perfuração - (a) Posicionamento da perfuratriz; (b) Verificação do ângulo de inclinação de acordo com a característica do furo (condições de projeto); (c) Realização da perfuração em solo/rocha alterada com perfuratriz roto-percussiva, com utilização de brocas apropriadas e ar comprimido para acionamento do equipamento e limpeza do furo.

iii. Armação – (a) Montagem/instalação dos grampos nos furos, até a profundidade alcançada durante a perfuração, apoiando-se no fundo do furo. Por se tratar de uma obra provisória, os grampos não sofreram tratamento anti-corrosivo. Os mesmos foram munidos de elementos centralizadores, espaçados entre si a cada 1,5 m ao longo de toda a barra, a fim de garantir cobertura adequada, evitando o contato solo-barra.

iv. Injeção dos Grampos – (a) Injeção de bainha com nata de cimento (com fator água/cimento igual à 0,5 em peso), realizada sempre de forma ascendente, com o auxílio de agulha de injeção, até completo preenchimento do espaço compreendido entre as paredes do furo e a superfície exterior do grampo.

v. Concreto Projetado e Armadura – (a) Montagem e instalação em tela de aço CA-60 tipo Q-138, disposta no talude com o emprego de distanciadores, com o objetivo de garantir o afastamento da camada de concreto à face do talude; (b) Aplicação de concreto projetado por via úmida em 2 camadas de 5 cm totalizando aproximadamente 10 cm de espessura na superfície do talude, com resistência característica de 25 MPa.



5 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Para a caracterização do solo e aferição dos parâmetros de resistência ao cisalhamento foram realizados ensaios laboratoriais que também ocorreram em paralelo às etapas iniciais de obra. As amostras indeformadas foram devidamente coletadas, acondicionadas e transportadas para o laboratório, a fim de preservar as características originais do solo.

O solo residual basáltico retirado foi submetido ao Ensaio de Cisalhamento Direto respeitando a ASTM D3080 - 04 - "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions". Seus resultados foram de grande razoabilidade e compatíveis com os valores inicialmente adotados e referenciados na bibliografia de terrenos próximos à região de implantação da obra.

A figura 7 ilustra a curva típica de um dos ensaios de cisalhamento direto.

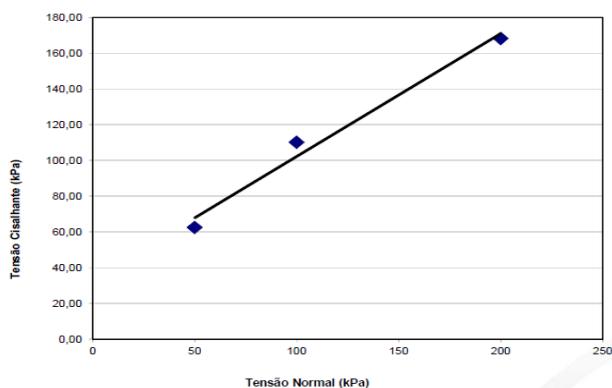


Figura 7. Gráfico resultante do ensaio de cisalhamento direto da amostra 01 - casa amarela.

A tabela 01 apresenta os resultados obtidos referentes aos 3 pontos de amostragem, apresentando os parâmetros de resistência do material analisado. A AM01 e AM02 são os parâmetros de resistência do mesmo ponto, porém a AM01 foi ensaiada na condição de umidade natural, enquanto que a AM02 foi ensaiada na condição inundada (assim como a AM03). pois a variação do nível d'água pode alterar a resistência do meio, sendo necessária uma análise da condição saturada do material.

Tabela 1. Tabela resumo dos resultados do ensaio de cisalhamento direto.

Amostra	AM01	AM02	AM03
Coesão - c (kN/m ²)	33,6	20,9	19,0
Ângulo de Atrito - Φ ($^{\circ}$)	34,5	25,5	37,0

6 MODELO GEOTÉCNICO

A avaliação das condições de segurança dos taludes foi realizada a partir de análises de estabilidade baseadas na Teoria do Equilíbrio Limite, onde fatores de segurança globais (FS) foram calculados com o auxílio do programa "SLIDE 6.0" (ROSCIENCE). O método de cálculo empregado para a determinação do FS foi o Método de Bishop Simplificado, admitindo-se superfícies de ruptura circulares.

O modelo constitutivo selecionado para representar os materiais do maciço foi o modelo elasto-plástico, delimitado pelo critério de ruptura de Mohr-Coulomb. As análises foram realizadas em termos de tensões totais.

Foram analisadas 2 (duas) seções transversais críticas representativas do local, faces Leste e Sul, implementando-se uma solução de estabilização global do talude, associada a tratamento superficial e adoção de sistema de drenagem superficial (barbacãs) e profunda (DHPs). Estas soluções de contenção/melhoria da estabilidade do talude têm por objetivos propiciar um aumento das condições de segurança do maciço, indicadas por fatores de segurança (FS) satisfatórios (conforme Norma Técnica ABNT – NBR 11682 – "Estabilidade de Encostas"), para uma condição "provisória".

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade (tabela 2) foram estimados com base nos resultados dos ensaios de cisalhamento direto realizados e referências bibliográficas que citam materiais semelhantes, como Proto Silva (2005) e Lima (2007).



Tabela 2. Parâmetros geotécnicos adotados.

Material	γ_n (kN/m ³)	Coesão (kPa)	ϕ (°)
Alteração de Basalto			
Silto Arenoso-Argiloso	19	19	34,5
Basalto extremamente Alterado	20	25	40
Basalto São	∞	∞	∞

É importante citar que a resistência ao arrancamento solo-grampo adotado no projeto foi de 120 kPa, ligeiramente abaixo da média dos resultados encontrados nos ensaios realizados em campo.

Os estudos de estabilidade (figura 8) foram realizados para condição de operação normal do sistema de drenagem, com presença de NA próxima ao contato solo-rocha ($FS_{adm} = 1,30$ para condição de estabilidade provisória, associada a projeto de instrumentação dos taludes e extenso programa de monitoramento geotécnico da obra).

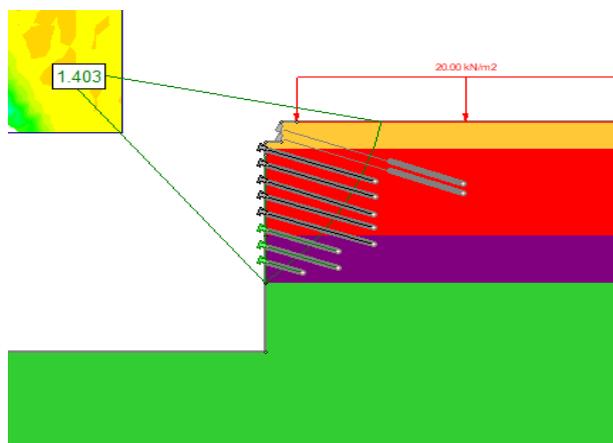


Figura 8. Seção geotécnica desfavorável - face leste.

As superfícies freáticas empregadas nas análises foram inferidas com base nos resultados das sondagens realizadas e observações de campo. As análises de estabilidade foram realizadas considerando-se a hipótese de carregamento drenado.

O fator de segurança adotado inicialmente foi satisfatório e aferido posteriormente com parâmetros de resistência ao arrancamento dos grampos e de resistência do solo nos ensaios de campo e de laboratório realizados ao decorrer da obra.

7 INSTRUMENTAÇÃO DE CAMPO

Para a análise de deslocamento horizontal das paredes de contenção foi prevista a instalação de 4 inclinômetros, 2 Tell-tales e 30 marcos superficiais distribuídos pelas 4 faces de escavação, a fim de se monitorar o comportamento do maciço.

Sendo uma escavação vertical em solo grampeado com profundidade de até 30 metros, entende-se que o controle da magnitude dos deslocamentos é imprescindível para o sucesso e segurança da obra.

7.1 Inclinometria

A inclinometria prevista para o monitoramento da obra apresenta 4 linhas de medição, divididos nas quatro faces de escavação, sendo:

i. Incl-01 (Norte)

Data da instalação: 07/02/19
 Perfuração: 8,0m em solo e 18,0m em rocha
 Comprimento total do furo: 26 m
 Comprimento total do inclinômetro: 24,5m

ii. Incl-02 (Leste)

Data da instalação: 11/02/19
 Perfuração: 12,0m em solo e 19,0m em rocha
 Comprimento total do furo: 31,0m
 Comprimento total do inclinômetro: 29,0m

iii. Incl-03 (Sul)

Data da instalação: 13/02/19
 Perfuração: 9,0m em solo e 22,0m em rocha
 Comprimento total do furo: 31,0m



Comprimento total do inclinômetro: 29,0m

iv. Incl-04 (Oeste)

Data da instalação: 06/02/19

Perfuração: 8,5 m em solo e 16,5 m em rocha

Comprimento total do furo: 25,0m

Comprimento total do inclinômetro: 23,5m

O plano de monitoramento por inclinometria prevê leituras a cada 2 dias por todo o período das obras de escavação, tanto na parte em solo como também na escavação em rocha.

Por dificuldades de logística e de cronologia de obra, a instalação dos inclinômetros foram realizadas após o início da escavação. Sendo assim, o controle de alerta de deformação foi feito não somente por deslocamento absoluto, já que não foi medido o zero antes do início da escavação, mas também por velocidade de deslocamento, o que seria mais viável para o caso em questão.

Após 105 dias do início da execução da estrutura de contenção, as obras de estabilização da parte em solo foram concluídas, sendo que a escavação em rocha segue em andamento na ocasião da publicação do presente artigo.

Conforme foi observado em campo, o inclinômetro Incl-02 apresentou inicialmente incompatibilidade nos resultados dos deslocamentos horizontais em profundidade.

Uma verificação mais detalhada constatou um problema na conexão do primeiro segmento do tubo guia, que se encontrava desalinhado em relação ao segundo segmento. Por esta razão, as leituras (indicadas na Figura 9) consideram os deslocamentos horizontais a partir da profundidade de 2,50 m.

É interessante notar que os deslocamentos horizontais foram máximos próximo ao topo da escavação (“terço superior”), como é de se esperar em geral para escavações verticais em solo grampeado.

De um modo geral, os resultados apresentados pelos inclinômetros indicam um bom funcionamento da instrumentação e ilustram que há um aumento dos deslocamentos

horizontais, conforme o avanço da escavação, com valores maiores de deslocamentos nos inclinômetros Incl-02 e Incl-03 (nos “setores leste e sul” das escavações, respectivamente).

As movimentações apontadas pelo Incl-02 (parede Leste) e Incl-03 (parede Sul) na direção principal podem ser vistas na figura 9.

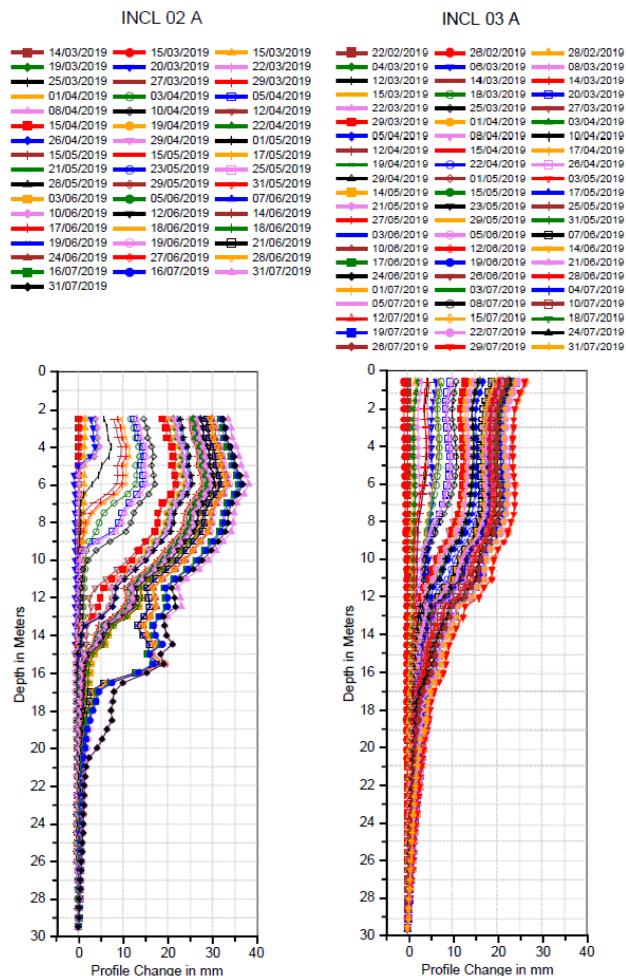


Figura 9. Deslocamento Horizontal do Incl-02 Incl-03 na direção A.

7.2 Marcos superficiais

No total, foram instalados 30 (trinta) marcos superficiais (MS). O objetivo do monitoramento geotécnico com marcos superficiais é de acompanhar os valores dos deslocamentos, de regiões localizadas no maciço, fornecidos por leituras topográficas com precisão.

Para as medições, é necessária a implantação de uma referência de nível, instalada no terreno



natural, em local afastado da influência da implantação das estruturas, ou alternativamente considerando-se uma referência de nível (“indeslocável”) já existente no local do monitoramento geotécnico.

As movimentações horizontais e verticais da face estão sendo fornecidas através de marcos superficiais e levantamento topográfico em 3 direções (X, Y e Z), seguindo a convenção ilustrada na figura 11. Os deslocamentos na superfície do terreno podem ser obtidos por nível óptico.

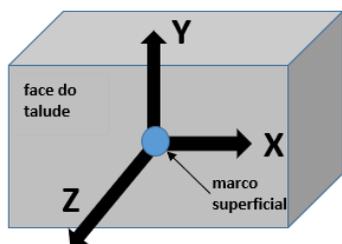


Figura 10. Convenção para leituras dos Marcos Superficiais

A figura 11 apresenta tipicamente as medições de deslocamentos verticais e horizontais dos marcos superficiais em operação (por face instrumentada). De um modo geral, observa-se que não há variação significativa nas medições, com o avanço das escavações.

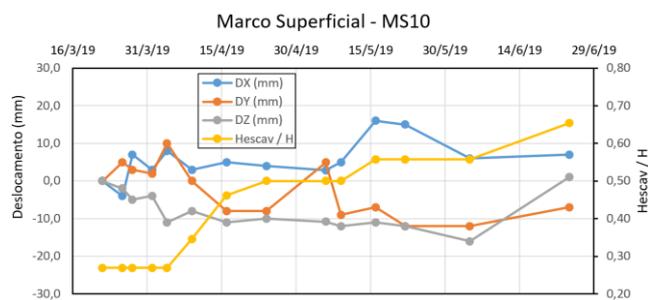


Figura 11. Deslocamentos fornecidos pelos Marcos Superficiais – Face Leste.

7.3 Tell tales

Assim como os inclinômetros, os “tell tales” permitem interpretar a movimentação e comportamento de uma estrutura de solo grampeado, além de detectar eventuais planos de

ruptura, acusando a sua provável posição.

O instrumento prevê o posicionamento de barras de aço de diferentes comprimentos na mesma cota, com um trecho da barra na parte externa do furo, em conjunto a uma referência externa, fixada na parede do muro. Mede-se, portanto, a distância entre a barra de aço e a referência para se identificar os deslocamentos horizontais. Também podem ser feitos por fios de aço.



Figura 12. Tell tales em barra de aço.

Nesta obra, os tell-tales foram instalados com o objetivo de monitorar os deslocamentos horizontais de pontos específicos em uma mesma cota do talude.

A face Leste foi escolhida como local preferencial para o controle de movimentações, devido à sua importância e suas características críticas (como a proximidade da casa vizinha). Nesta face, foram instalados 2 tell tales, nas profundidades de 3,50 m e 11,20 m em relação ao nível do terreno.

A perfuração dos tell-tales se deu da mesma forma que a perfuração dos grampos, com furos de 75mm de diâmetro, porém com inclinação de 15° em relação à horizontal, também descendente.

O Tell-tale superior (TT1) consiste num conjunto de 3 vergalhões tipo CA50 de 10 mm de espessura, unidos e dispostos paralelamente, possuindo, cada um, comprimentos diferentes (5m, 10m e 19m), sendo estas as suas profundidades em relação à face do talude. Para fora do talude, foram deixados 10cm de cada vergalhão em relação à parede, apoiados sobre



um vergalhão em “u” chumbado à parede, que serve de referência externa para as medições dos deslocamentos.

Já o Tell-tale inferior (TT2) consiste num conjunto de 2 vergalhões, de comprimentos iguais a 4m e 8m, com as mesmas especificações do tell-tale superior.

Foram feitos gráficos comparativos entre as leituras da inclinometria e a dos tell-tales, conforme visto na figura 12.

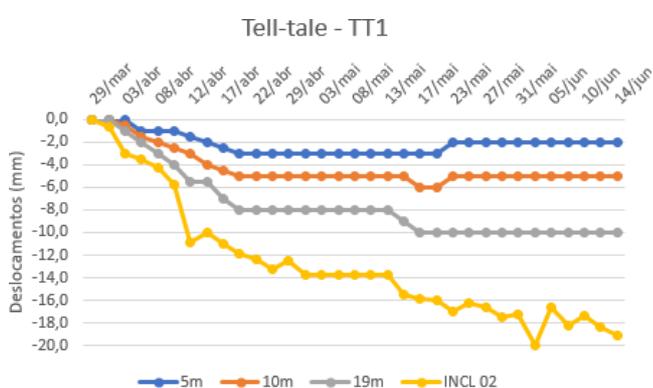


Figura 13. Gráfico comparativo entre os deslocamentos apontados pelo tell-tale TT1 e o inclinômetro Incl-02.

Percebeu-se, que existe uma tendência de similaridade entre os comportamentos informados pelo vergalhão de 19 m do TT1 e pelo INCL 02 (parede Leste) na leitura de mesma cota (3,5 m), apesar de não acusarem valores absolutos semelhantes para os deslocamentos (provavelmente devido à influência de fatores como dilatação, atrito do trecho livre, possíveis deformações dos vergalhões, mudança de angulação em relação ao referencial, entre outros).

Porém, a leitura dos tell-tales foi considerada precisa, devido à boa compatibilidade com o comportamento acusado pela inclinometria, mostrando-se, portanto, eficiente para sinalizar alertas de movimentações mais significativas do maciço.

8 ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO

Ao se iniciar uma obra de escavação, começam as deformações no maciço onde certa massa foi

deslocada, podendo estas continuarem progredindo após o término da obra.

As movimentações durante ou imediatamente após a escavação ocorrem devido ao desconfinamento do material e acomodação à nova face do maciço, sendo que a maioria das deformações acontecem nesse estágio. Entretanto, as deformações posteriores à execução podem estar associadas à relaxação de tensões e movimentações de “creep”, as quais podem causar aumento nas forças axiais nos grampos.

Como o solo grampeado é executado de cima para baixo, seguindo o sentido progressivo da escavação, seus maiores deslocamentos horizontais ocorrem ao topo da face de escavação, regredindo até a base da estrutura de contenção.

Clouterre (1991) descreveu experimentos que definiriam a magnitude destes deslocamentos. Segundo as observações de campo, no estágio final da construção, estes deslocamentos variam entre 0,10%H e 0,30%H, sendo reduzidos à medida que se distanciam da face. Além disso, Lima (2007) propôs novos valores para solos residuais até 0,50%H.

Em análise aos resultados dos instrumentos utilizados para monitorar o deslocamento horizontal do maciço, pode-se concluir que houve total semelhança de comportamento e velocidade de deformação em todas as faces de escavação estudadas.

Os resultados obtidos tiveram grande razoabilidade e se assemelham aos previstos em análise prévia para o dimensionamento da estrutura de contenção em solo grampeado. Além disso os resultados estariam dentro dos padrões citados na literatura, em estudos à esse tipo de contenção.

Os deslocamentos horizontais máximos da estrutura grampeada foram cerca de 0,19%H e aconteceram no terço superior, próximo ao topo do talude. Portanto, pode-se afirmar que todos os resultados foram de extrema confiabilidade, segurança e dentro dos padrões desejados.



9 CONCLUSÕES

O método executivo implementado pela FGEO ENGENHARIA LTDA foi de extrema eficácia e rapidez, com a fase de contenção em solo sendo finalizada em apenas 105 dias. Todos os serviços foram realizados adotando-se práticas seguras, sob orientação de profissionais experientes.

Quanto ao monitoramento geotécnico, foram tomadas todas as precauções necessárias através da realização de procedimentos adequados, que geraram resultados consistentes e dados confiáveis. Através da instrumentação e seus alertas contínuos, o avanço da escavação pôde ocorrer de forma controlada e segura.

Os dados de ensaios de campo e os parâmetros de deformação obtidos, além da confiabilidade por parte do cliente, foram essenciais para a realização de um projeto dinâmico, onde se permitiu a redefinição do modelo do projeto concomitantemente ao andamento da obra.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), que possibilitou juntamente com a FGEO ENGENHARIA LTDA e os órgãos de fomento à pesquisa, o desenvolvimento deste trabalho. Acredita-se que a parceria entre a indústria e a instituições de pesquisa é uma excelente forma de desenvolvimento e apoio mútuo.

Agradecemos ao Prof. Dr. André Pereira Lima pela disponibilidade e pelo auxílio prestado ao projeto de pesquisa, através da participação direta no processo de acompanhamento e orientação relacionada à obra, contribuindo com experiência na área geotécnica.

À Prof^a Dr^a Ana Cristina Castro Fontenla Sieira por ter tornado possível a realização desta pesquisa, sendo a responsável pelo convênio estabelecido entre instituição de ensino (UERJ) e a FGEO ENGENHARIA, além de contribuir com sua experiência em casos similares.

Agradecemos, também, à Forma Espaços Imobiliários Ltda pela confiança depositada em nosso trabalho e pela disponibilidade da obra para o desenvolvimento desta importante pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação brasileira de normas técnicas NBR 116 82: Estabilidade de encostas, 2009.
- BOEHL, P. E. G.; KORF, E. P.; STREHL, M.; TORTELLI, L. Parâmetros Geotécnicos de um Solo Residual Basáltico da Região do Alto Uruguai/RS, XVIII COBRAMSEG, 2016. Belo Horizonte, 6p.
- CLOUTERRE. Recommendations Clouterre 1991 – Soil nailing recommendations for designing, calculating, constructing and inspecting earth support systems using soil nailing, French National Project Clouterre, English Language Translation, 1991. 302p.
- CLOUTERRE. Additif 2002 aux recommandations Clouterre 1991, Projet National Clouterre II, Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées, 2002. 217p.
- DIGITILT INCLINOMETER PROBE MANUAL - SLOPE INDICATOR COMPANY. 2011, 14p. Disponível em: <www.slopeindicator.com>. Acesso em 01 de março de 2019.
- FEIJÓ, R. L.; ERHLICH, M. Resultados do monitoramento de uma obra experimental em solo grampeado, IV COBRAE, Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, ABMS, 2005. v. 2, Salvador, pp. 633-642.
- FGEO ENGENHARIA LTDA. Interpretação dos resultados do monitoramento geotécnico da escavação em solo grampeado, Relatórios de obra, Bento Gonçalves-RS, 2019.
- LIMA, A. P. Comportamento de uma escavação grampeada em solo residual de gnaíse. Tese de doutorado em Engenharia Civil: Departamento de engenharia Civil, PUC-Rio, 2007. Rio de Janeiro, RJ. Orientador: Alberto S. F. J. Sayão; co-orientadora: Anna Laura L. S. Nunes. v.1, 431p.
- MELFI, A.J., PICCIRILLO, E.M. & NARDY, A.J.R. (1988). Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin: an introduction. In: Piccirillo, E.M. & Melfi, A.J. (Eds.). The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo, USP, 1988.
- PROTO SILVA, T. Resistência ao arrancamento de grampos em solo residual de gnaíse, Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, 2005. Rio de Janeiro, 140p.
- SPRINGER, F. O. Ensaios de arrancamento de grampos em solo residual de gnaíse, Tese de Doutorado, PUC-Rio, 2006. Rio de Janeiro, 310p.