

Estabilização da Antiga Pedreira Limoeiro Através de Solo Grampeado em Salvador/Bahia

Maysa Pinto Saba Freitas
Faculdade Área 1, Salvador, Brasil, maysapsf@gmail.com

Aline Passos de Azevedo
Faculdade Área 1, Salvador, Brasil, aazevedo2@area1.edu.br
Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Salvador, Brasil, aazevedo@uneb.br

RESUMO: A ocupação espontânea na cidade de Salvador, Bahia, também é encontrada em áreas de antigas pedreiras, cujas principais características são o risco geológico devido à ausência de recuperação do ambiente degradado, agravados pela ação antrópica, pela infraestrutura básica deficiente, e associados ainda à intensa precipitação pluviométrica em alguns períodos do ano. Assim, foi escolhido o local da antiga pedreira Limoeiro, localizada no bairro da Palestina, em Salvador/BA, para realizar o presente estudo de caso a cerca do método executivo e alguns aspectos do projeto de solo grampeado que foi executado no local. Através de pesquisa bibliográfica, consulta ao Plano Diretor de Encostas da cidade e levantamento de dados no local, foi possível produzir o presente trabalho, cujo objetivo é mostrar a versatilidade da aplicação de solo grampeado em locais de difícil acesso e em detrimento de outras soluções.

PALAVRAS-CHAVE: Pedreira, Estabilização de encostas, Risco geológico, Solo grampeado.

1 INTRODUÇÃO

A ocupação espontânea na cidade de Salvador caracteriza-se, principalmente, por invasões de áreas de risco geológico e de áreas de preservação ambiental pertencentes ao Poder Público, tais como os fundos de vales sujeitos a alagamentos, as encostas ou as áreas de pedreiras abandonadas. Esta ocupação é uma das consequências relacionadas ao quadro socioeconômico da população cada vez mais pauperizado, a falta de acesso a áreas urbanas apropriadas e é marcada pela ação antrópica e infraestrutura urbana deficiente, que por sua vez desencadeiam processos erosivos e a instabilidade dos taludes, que são agravadas pela precipitação pluviométrica intensa. Esta combinação resulta em acidentes que podem trazer grandes perdas sociais e materiais.

As áreas de pedreiras abandonadas configuram um tipo de ocupação de área de risco peculiar na cidade de Salvador. Elas estão

presentes tanto na periferia quanto no miolo da cidade, e sua principal característica é a ausência de recuperação do ambiente degradado, apresentando um grande risco à população que ali passa a residir, em assentamentos subnormais, ou seja, padrão construtivo precário e carente de infraestrutura urbana.

Dentre as melhorias de infraestrutura urbana, podem ser feitas a pavimentação de vias, construção de acessos adequados, serviços de esgotamento sanitário, drenagem, estabilizações e contenções de encostas.

Desta forma, foi realizado um estudo de caso a fim de apresentar os aspectos de um projeto e execução de estabilização de uma área de risco localizada em uma região de pedreira abandonada, a pedreira Limoeiro, localizada no bairro da Palestina, situada na cidade de Salvador/Bahia.

Para a realização deste trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica sobre contenções e estabilização de encostas, e sobre o local de

estudo escolhido. Também houve pesquisas sobre a ocupação em áreas de pedreiras e consulta ao Plano Diretor de Encostas de Salvador – PDE (2004), bem como visitas à Pedreira Limoeiro e consulta ao projeto executivo da obra realizada.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de risco, antiga pedreira Limoeiro, está localizada nas proximidades da Rodovia BR-324, no bairro da Palestina. De acordo com o PDE (2004), a área de risco é delimitada pela poligonal apresentada na figura 1, e engloba também a Rua Getúlio Vargas, Rua Marajás e Travessa Marajás.



Figura 1. Localização da área.
Fonte: www.google.com.br/maps

2.1 Dados Disponíveis

Para fundamentar o projeto de contenção, no qual se optou por solo grampeado, foi necessário conhecer exatamente o local no qual será feito o trabalho. Assim, houve o estudo topográfico, uso de sondagens e ensaios como o de caracterização do solo, compressão triaxial e cisalhamento direto, visando obter os parâmetros necessários para o projeto.

Segundo o PDE (2004), importante ferramenta que apresenta inúmeros pontos considerados de risco na cidade de Salvador, enumerando-os de 001 a 433, a pedreira Limoeiro é identificada como a área de número 013, e consiste em um paredão rochoso, coberto por uma capa de solo, em forma de anfiteatro.

Ainda de acordo com o PDE (2004), a região está inserida no domínio geológico do embasamento cristalino (talude e fundo do talvegue), formado por rochas de alto grau de metamorfismo, genericamente chamadas de

granulito, de idade Pré-cambriana, e no domínio das coberturas Terciárias do Grupo Barreiras (linha de cumeada), como pode ser visto na figura 2.

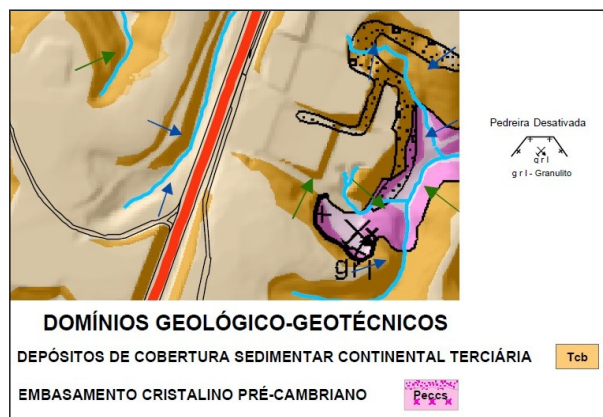


Figura 2. Domínio geológico-geotécnico. Modificado de PDE (2004).

A pedreira apresenta um perfil de alteração constituído por rocha pouco fraturada (face de lavra), saprolito, solo residual jovem, solo residual maduro (figura 3).



Figura 3. Frente de lavra da antiga pedreira. Fonte: Elaborado pelos autores (2015).

De acordo com a topografia disponibilizada, os taludes em solo têm inclinação entre subvertical e setenta graus, e alturas variando de zero a 15m. Já a parte rochosa do talude, possui uma altura de cerca de 20m, subvertical.

Posteriormente, complementou-se o levantamento topográfico, e também foram executadas quatro sondagens complementares.

Inicialmente, no anteprojeto, foram executados três furos de sondagem de simples reconhecimento, limitados a 8,45m de profundidade. Os furos SP-01 e 03 atingiram o

topo rochoso entre 1,7 e 2,7m, e uma delas não atingiu o impenetrável. As sondagens complementares foram paralisadas somente após atingir o impenetrável, encontrando-o entre 11 e 17m. A sondagem SP-013-104 foi locada do lado esquerdo da área e foi interrompida a 10,45m e apresenta a configuração vista na figura 4.

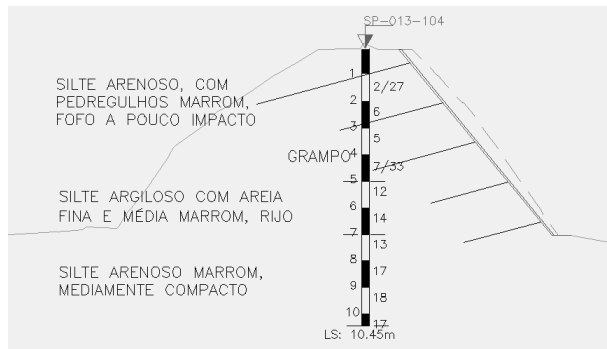


Figura 4. Seção transversal em SP-013-104. Fonte: Adaptado de Projeto Executivo PDE 013 (2014).

Nas sondagens, o solo se apresentou entre fofo a de mediana compactidade, com predominância de solos silto-arenosos e silto-argilosos. Não foi observado nível d'água em nenhuma das sondagens.

Para subsidiar os estudos de estabilidade do talude no Projeto Executivo, foram coletadas três amostras indeformadas para obtenção de parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo local.

Os parâmetros geotécnicos obtidos dos ensaios de compressão triaxial, realizados sobre dois blocos coletados na área em questão, e dos resultados obtidos em ensaios de cisalhamento direto, executados em corpos de prova moldados a partir de um bloco indeformado coletado em profundidade aproximada de 2,4m, foram utilizados para o dimensionamento das contenções do Projeto Executivo.

O solo apresentou uma quantidade de material passando na peneira 200 de cerca de 60%. O índice de plasticidade médio foi de 14%, sendo o material classificado pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos - SUCS como um silte de baixa plasticidade (ML).

Na tabela 1 são apresentados os parâmetros obtidos nos ensaios.

Tabela 1. Parâmetros do solo.

Bloco de solo	Ensaio	γ (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)
BL-01 (Triaxial)	Saturado	18,0	30,0	10
	Natural	17,8	1,6	30
BL-02 (Triaxial)	Saturado	17,8	8,0	18
	Natural	17,7	20,0	28
BL-03 (Cis. direto)	Inundado	18,0	69,0	18
	Natural	18,0	109,0	29

Fonte: Adaptado de Projeto Executivo PDE 013 (2014).

Dessa forma, foram adotados os seguintes valores, para a camada superior: $\gamma = 18\text{kN/m}^3$; $\phi = 18^\circ$; $c = 10\text{kPa}$. Para a camada inferior: $\gamma = 18\text{kN/m}^3$; $\phi = 25^\circ$; $c = 60\text{kPa}$.

2.2 Situação Encontrada

A área de risco PDE 013 – Pedreira Limoeiro é composta por um talude contínuo, no qual foi possível observar diversas rupturas superficiais ao longo do mesmo, principalmente na parte superior. Inicialmente, o talude se encontrava com uma densa cobertura vegetal, inclusive com árvores frutíferas de grande porte, que impediam a sua completa visualização.

Na parte inferior do talude da pedreira, verificou-se a presença de colúvio/talús, decorrente das rupturas sucessivas da encosta, e também grandes quantidades de entulho e lixo, lançados pelos próprios moradores das residências da parte superior. O esgoto e a drenagem pluvial estavam sendo lançados diretamente sobre o talude, o que comprometia ainda mais a estabilidade e a ocorrência de erosões superficiais.



Figura 5. Situação anterior à intervenção. Fonte: Projeto Executivo PDE 013 (2014).

A área apresentava um alto risco para as edificações, todas na parte superior do talude, com distâncias variando entre zero à 6m em relação à linha de cumeeada do talude.

As edificações existentes na área de risco são construídas em alvenaria de bloco cerâmico com estrutura de concreto e fundações em sua maioria superficiais. Foram observadas edificações com um a dois pavimentos.

3 SOLO GRAMPEADO

A Engenharia Geotécnica conta com diversos tipos de contenções e estabilizações disponíveis. Uma das soluções mais empregadas atualmente para a estabilização de encostas é a técnica conhecida como Solo Grampeado, devido às suas vantagens de custo e rapidez, mesmo em locais de difícil acesso.

A técnica de Solo Grampeado, também conhecida como Soil Nailing vem sendo muito utilizada desde 1970 como estabilização temporária ou permanente de taludes e escavações, e tem se mostrado muito eficiente.

O solo grampeado consiste no reforço proveniente da introdução de grampos (hastes passivas semirrígidas) que são posicionados no maciço de forma a introduzir esforços resistentes de tração e cisalhamento. A resistência dos grampos está relacionada ao atrito mobilizado ao longo do mesmo, cujas direções são opostas na zona instável e na zona resistente.

A partir dos dados disponibilizados foi feita uma avaliação das possíveis soluções para a estabilização dos taludes além da drenagem pluvial das obras projetadas.

A área foi subdividida em painéis, A, B, C e D. Para a estabilização dos taludes, foi proposta a construção de solo grampeado em todos os trechos, desde a crista até o contato solo-rocha. Na figura 6 está representada a planta baixa geral do projeto.

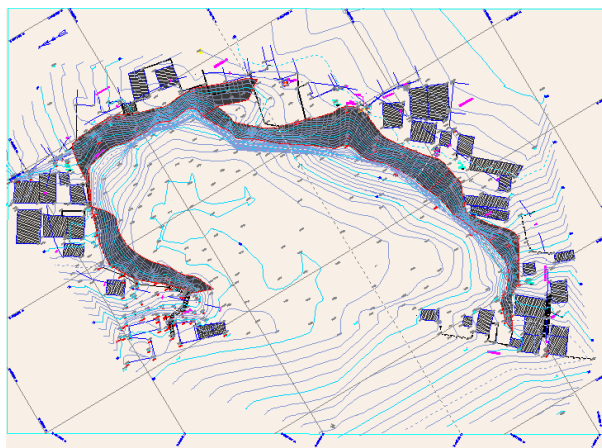


Figura 6. Planta baixa. Fonte: Adaptado de Projeto Executivo PDE 013 (2014).

No painel A foram adotados grampos com comprimento variando (da parte superior para a inferior) de 6 a 3m, afastados de 1,50m na vertical e 1,50m na horizontal. Nos painéis B, C e D foram adotados grampos, de forma análoga, com comprimento variando de 8 a 4m, afastados de 1,40m na vertical e 1,40m na horizontal.

A face do talude foi revestida com concreto projetado, com $f_{ck} > 25\text{MPa}$ e espessura de sete centímetros. Para combater os efeitos de fissuração do concreto, utilizou-se tela metálica eletrosoldada com $0,97\text{kg/m}^2$ de aço (Q-61). Entre os grampos e a 50cm do pé do talude foram implantados drenos curtos para a drenagem do tardoz.

Devido à sua localização, foi necessária a utilização de um sistema específico para realizar o trabalho de forma descendente. Foram utilizadas técnicas de alpinismo industrial, sendo necessária a implantação de uma Linha de Vida, feita através da ancoragem de pilaretes a uma profundidade de 2 m, dotados de hastes, espaçando-os ao longo da crista do talude. Permitindo assim, que o colaborador realize as tarefas ao longo do paredão rochoso de forma eficiente e segura (Figura 7).



Figura 7. Colaborador utilizando técnicas de rapel.
Fonte: <http://www.secom.ba.gov.br>.

Os pilaretes da linha de vida tiveram as funções de servir de base para os trabalhos de limpeza e remoção da vegetação dos taludes, guiar a montagem dos andaimes e, também para a segurança durante a execução das etapas do solo grampeado.

Após implantação da linha de vida, pôde-se dar início aos serviços de limpeza e remoção de vegetação. Esta operação gerou um volume de bota-fora acima do esperado.

Os andaimes, em estruturas tubulares, foram montados de forma descendente a partir de uma estrutura auxiliar, sendo ancorados ao maciço, progressivamente, por meio de perfuração a trado (sub-horizontalmente, a 2 m de profundidade) e concreto, conforme o avanço das linhas de trabalho. A estrutura dos andaimes pode ser observada na figura 8 e na figura 9, bem como as diversas frentes de trabalho.



Figura 8. Andaimos e sua estrutura auxiliar. Fonte: Elaborado pelos autores (2016).



Figura 9. Ancoragem dos andaimes e diversas frentes de trabalho. Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Foi feita a locação dos furos e perfuração através de um equipamento de pequeno porte, denominado Perfuratriz Solo Grampeado (PSG 4”).

Os grampos, composto por uma barra de aço de Ø 20mm, revestida por pintura anticorrosiva em resina epóxica, dotada de mangueira cristal em polipropileno com válvulas de injeção com espaçamento de 50cm e centralizadores, são previamente montados em outro local, chegando ao canteiro de obra prontos para serem inseridos nas perfurações realizadas.

Após a perfuração, realizou-se a bainha, preenchendo o furo com calda de cimento no traço de 0,5 (fator água/cimento em peso), de baixo para cima através de tubulação auxiliar, até preencher a cavidade. Só então, a barra de aço preparada anteriormente, é introduzida.

Paralelamente, para o sistema de drenagem, foram implantados drenos curtos, perfurados e revestidos por manta geotêxtil, com 60cm de comprimento e 75mm de diâmetro.

Complementando a drenagem, foram executadas canaletas trapezoidais de concreto e interligando-as aos dispositivos de captação e caixas de passagem através de tubos de PEAD (Polietileno de Alta Densidade).

A tela de aço eletrosoldada foi posicionada sobre o talude através de fixadores. O concreto projetado foi executado por via seca, ou seja, a adição de água à mistura de cimento e agregados é feita somente junto ao bico de projeção.

O controle da qualidade do concreto se deu pela ruptura de corpos de prova prismáticos, moldados a cada utilização de cem sacos de cimento, com 7, 14 e 28 dias, conforme NBR 5738 (2015).

Também foram realizados ensaios de arrancamento de dois chumbadores por painel durante a execução. O valor mínimo adotado para a resistência do grampo por metro foi de 15kN/m e em média de 20kN/m.

Após a finalização do trabalho, as estruturas tubulares provenientes dos andaimes são aparadas, e a parte ancorada é perdida.

A figura 10 mostra o aspecto final da intervenção.



Figura 10. Situação após intervenção.
Fonte: <http://www.secom.ba.gov.br>.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de solo grampeado na estabilização de encostas traz como vantagem a sua fácil adaptação, requerendo assim que o projeto se adeque às condições encontradas no local, a fim de garantir a segurança construtiva em todas as etapas do trabalho e a estabilidade do maciço.

Através do acompanhamento da execução da contenção da Pedreira Limoeiro foi possível observar outros diversos aspectos vantajosos da sua execução, mesmo diante de um local de difícil acesso. A solução permitiu manter diversas frentes de trabalho, a utilização de equipamentos de pequeno porte, resultando em uma maior celeridade do trabalho.

As áreas de pedreiras representam um grupo de risco muito relevante na cidade de Salvador/BA em função de suas feições

geológico-geotécnicas particulares, que muitas vezes não são devidamente recuperadas quanto à degradação ambiental, associadas à ocupação subnormal, onde passam a surgir diversos fatores predisponentes à instabilidade. Assim, é de grande importância a realização de intervenções e melhorias urbanas nesses locais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Concreta Tecnologia em Engenharia Ltda., pelas informações prestadas.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015). *NBR5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*, Rio de Janeiro, 9 p.
- Clouterre, Projet National (1991). *Recommandations CLOUTERRE: pour la conception, le calcul, l'exécution et le contrrôle des soutènements réalisés par clouage des sols*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- Concreta Tecnologia em Engenharia e Ecla Engenheiros Consultores Ltda. (2014). *Projeto Executivo PDE 013*, Salvador.
- GEO-RIO – Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (2014). *Manual Técnico de Encostas*, Rio de Janeiro, v. 1.
- Ortigão, J. A. R.; Palmeira, E. M. (1992). Solo grampeado: técnica para estabilização de encostas e escavações. In: *I COBRAE-Conferência Brasileira de Encostas, Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, v. 1, p. 57–74.
- Ortigão, J. A. R.; Zirlis, A. C.; Palmeira, E. M. (1993) Experiência com solo grampeado no brasil-1970-1993. *Solos e rochas*, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 291–304.
- Plano Diretor de Encostas – PDE (2004) *GEOHIDRO/SEMIN- Secretaria Municipal Do Saneamento, Habitação E Infra Estrutura Urbana*, Salvador.
- Silva, R.C. (2010). *Análise do Comportamento de Estruturas de Solo Grampeado através da Monitoração de Obra e Modelos Físicos (Escala 1:1)*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 367 p.
- Springer, F. O. (2006). *Ensaio de arrancamento de grampos em solo residual de gnaissse*. Tese de Doutorado, PUC-Rio, 310 p.