

SOLOS GRAMPEADOS - COMPRIMENTOS MÁXIMOS DE GRAMPOS NOS SOLOS A LESSE DA FALHA DE SALVADOR (BA)

*João Carlos Baptista Jorge da Silva**

RESUMO — O artigo trata de um estudo sobre o comprimento máximo de grampos na utilização da técnica de solo grampeado para estabilização de taludes de solos localizados a lesse da falha de Salvador, região responsável por mais de 60 % dos eventos catastróficos envolvendo ruptura de encostas. São analisadas, pelo método de Bishop Simplificado, 30 áreas de encostas, além de ser apresentado um levantamento bibliográfico de mais 8 eventos acontecidos naquela cidade. O trabalho visa a otimização de custos para estabilização de encostas nas áreas de ocupação desordenada de baixa renda, alertando para adoção de cu-nhas potenciais de ruptura de grande profundidade.

PALAVRAS-CHAVE:- Solo grampeado; Grampos; Estabilização de en-costa.

1 INTRODUÇÃO

A técnica do solo grampeado ou chumbamento de solos vem sendo utilizada há cerca de quatro décadas. Trata-se de uma estabilização temporária ou permanente de taludes por meio de introdução de reforço no subsolo, aliado ao revestimento com tela metálica. Sua origem remonta às minas de exploração de minérios que, a partir da década de 50, teve um grande incremento na utilização para estabilização de túneis e emboques de túneis, principalmente na França, Alemanha e Áustria.

* Prof. Adjunto. DTEC (UEFS). Prof. Assistente IV. Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia. E-mail: jcarlos@ufba.br
Universidade Estadual de Feira de Santana – Dep. de Tecnologia. Tel./Fax (75) 3224-8056 - BR 116 – KM 03, Campus - Feira de Santana/BA – CEP 44031-460. E-mail: tec@uefs.br

Uma das primeiras utilizações dessa técnica foi na França, em 1972, pela empresa Bouygues, com experiência adquirida no NATM, e em consórcio com a Soletanche, aplicou o sistema “soil nailing” para um talude ferroviário próximo a Versailles. Foram taludes em arenitos com inclinação de 70° e área total de 12 000 m² (ZIRLIS, 1988).

O desenvolvimento dessa tecnologia na Alemanha Ocidental tem seu início em 1975, através de uma associação dirigida pela empresa Karl Bauer AG, a Universidade Karlsruhe e o Ministério de Pesquisa e Tecnologia, através de um programa de 4 anos para análise de 8 modelos em escala real.

No Brasil, desde 1966, a empresa suíça Rodio Perfurações e Consolidações já aplicava concreto projetado e tela metálica para estabilização de taludes na barragem de Xavantes. A partir de 1972, em todos os túneis da Rodovia dos Imigrantes, foram aplicados mais de 100 000 tirantes de resina em rocha alterada úmida. Já em 1983, a mesma tecnologia foi utilizada em solos saprolíticos, com alturas de até 26 m, no estado do Rio de Janeiro (ZIRLIS, 1988).

Não existe um consenso sobre o histórico da aplicação da técnica do solo grampeado na cidade de Salvador. No entanto, a partir dos anos 90, ocorreu um “boom” de obras, principalmente aliado às condições ideais de solos e topografia, além do relativo baixo custo da solução.

Salvador tem hoje de 30% a 40% de sua população habitando áreas de urbanização espontânea, não planejada, descontrolada, sem saneamento básico e sem drenagem.

As habitações são improvisadas e de baixo padrão. Em adensamento progressivo, os habitantes ocupam as áreas necessárias ao escoamento pluvial nas baixadas e escavam perigosamente as encostas para ampliar suas casas.

Com a ocupação explosiva das encostas, os acidentes não mais estão confinados à Grande Falha e, sim, espalhados à lesse dessa área. O que se tem observado é que são pequenas rupturas localizadas no solo argiloso residual da decomposição “in-situ” do cristalino, mas que, entretanto, provocam inúmeras perdas humanas e materiais nos barracos situados imediatamente abaixo e acima da cunha de ruptura.

Por excesso de precaução e algumas vezes desconhecimento de todos os fatores envolvidos nas rupturas, os projetistas de obras de contenção admitem superfícies de ruptura extremamente profundas, o que gera comprimentos de chumbadores (ou grampos) inadmissivelmente longos. Mesmo em taludes razoavelmente inclinados são adotados grampos com comprimentos entre 0,7 e uma vez a altura do talude.

O presente trabalho consistiu num estudo de 30 áreas em encostas de Salvador. Em todas predomina a ocorrência do solo argiloso médio a rijo, residual da decomposição “in-situ” do cristalino (Figura 1). A maior parte das áreas estudadas é de projetos para estabilização de encostas de áreas carentes da Prefeitura Municipal de Salvador. Com relação a topografia, todos os taludes analisados possuem inclinações entre 55° e 75°.

Nas áreas são selecionadas uma ou mais seções críticas de escorregamento e efetuadas análises de estabilidade, considerando parâmetros de cisalhamento obtidos de amostras inundadas e na umidade natural. Nas análises são observadas as profundidades máximas das cunhas de deslizamento críticas, com objetivo de redução dos comprimentos dos tirantes, no caso de utilização de solo grampeado.

2 PRINCÍPIO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO SOLO GRAMPEADO

O comportamento mecânico do solo grampeado está baseado na idéia que o solo atrás do talude possa ser subdividido em duas zonas: a primeira, mais próxima da superfície do talude, denominada de zona ativa, limitada pela superfície potencial de ruptura, e a segunda, passiva, onde os grampos deverão ser fixados.

Todos os modelos de análise e métodos para dimensionamento possuem como base as propriedades mecânicas do solo e dos reforços. A maioria deles é baseada na análise do equilíbrio limite, onde a superfície potencial de ruptura é examinada. Existem ainda alguns métodos baseados nas tensões internas

(JURAN et al., 1988) e teoria de escoamento (ANTHOINE, 1990 apud FEIJÓ; EHRLICH, 2002).

Entre alguns métodos baseados na teoria do equilíbrio, podem ser citados: Stocker e outros (1979); Gigan (1986); Jewell e Schlosser (1982).

Dentro dessa técnica, é comum a adaptação de programas de estabilidade existentes para incorporar a presença de grampos (ou chumbadores) no cálculo do coeficiente de segurança (PALMEIRA; VIEIRA, 1988); Juran e Elias (1988).

O método ainda mais utilizado nesta prática é o de Bishop Simplificado (PALMEIRA; VIEIRA, 1998), segundo o qual a contribuição de cada chumbador pode ser levada em conta de duas diferentes formas:

(a) A contribuição de cada grampo para o crescimento do fator de segurança é calculado como o somatório dos momentos de cada força dos chumbadores com base no centro do círculo adotado;

(b) A força de cada grampo é incluída na equação de equilíbrio das fatias cujas bases são interceptadas pelos chumbadores.

Essas duas diferentes aproximações conduzirão a valores ligeiramente diferentes de fatores de segurança para um mesmo círculo estudado. Retroanálises, no entanto, conduzem à adoção da segunda alternativa.

Um outro problema envolve o valor da força em cada chumbador. É obvio que a força deverá ser inferior ao limite de adesão ao longo do comprimento de ancoragem. No entanto, se esses valores forem elevados, podem causar problemas de convergência na iteratividade do método de estabilização ou mesmo, conduzir a um mecanismo inconsistente de ruptura.

Diferentes resultados também podem ser obtidos se for ou não considerada a rigidez à flexão do grampo. No entanto, a contribuição dessa flexão não é muito significativa, cerca de 10 % a 15 % para grampos de pequeno diâmetro, o que sob o aspecto prático não apresenta preocupação (SCHLOSSER, 1991).

Sejam programas específicos para dimensionamento de estruturas em solo grampeado, sejam programas de estabilidade adaptados, todos apresentam, invariavelmente, proble-

mas de precisão. Conseqüentemente, em face da utilização generalizada pelo meio técnico de programas adaptados, optamos pelo método de Bishop Simplificado, e o grampo é então tomado como infinito e, atribuída a tensão necessária para atingir um determinado coeficiente de segurança, é calculado o espaçamento dos grampos ou vice-versa. Daí, tendo a força em cada grampo, dimensiona-se o comprimento necessário para absorver essa força após a cunha crítica de ruptura. O enfoque desses métodos é similar aos procedimentos convencionais de análise de estabilidade de taludes, adaptados de forma a levar em consideração a contribuição dos reforços.

Apesar das aproximações, esse método possui uma série de vantagens, tais como: análise externa e interna, consideração do nível d'água e heterogeneidade do solo e análises de superfícies diversas, que não necessariamente passam pelo pé do talude.

3 ANÁLISES DE CASOS HISTÓRICOS

A seguir, são apresentadas algumas análises de casos históricos existentes na bibliografia e em relatórios técnicos emitidos por entidades da Cidade de Salvador. A maior preocupação é a identificação das profundidades máximas das cunhas de deslizamento ocorridas.

Os primeiros problemas relacionados com instabilidade de encostas em Salvador datam do século XVI. Textos escritos por emissários enviados pela Coroa Portuguesa para o Brasil já relatavam os enormes escorregamentos na área da falha da cidade. Nos finais do século XVIII, vários escorregamentos foram relatados na área da atual Ladeira dos Passos e da Montanha, com dezenas de mortos (SILVA, 1994).

Na história recente da cidade, com a ocupação desordenada, o número de acidentes cresceu assustadoramente. Só para citar alguns: Túnel Américo Simas (1971), Av. Frederico Pontes (1971, 1972 e 1978), Avenida do Contorno (1969), Baixa do Fiscal (1968), Motel Mustang (1991), Lobato (1993), Retiro (1995), Parque São Brás (1995), São Gonçalo do Retiro (1995), Cajazeiras VI (1995) e Barro Branco (San Martin).

3.1 TÚNEL AMÉRICO SIMAS

Na noite do dia 27 de abril de 1971, após as chuvas excepcionais que, nos três dias anteriores, atingiram 500 mm de precipitação, ocorreu um escorregamento de grandes proporções no desemboque do Túnel Américo Simas. O volume do material deslocado afetou a parte posterior das casas situadas à Rua Joaquim Távora. O material deslocado constituía-se de solo superficial argilo-arenoso, incluindo parte superficial da rocha completamente alterada. Como consequência do escorregamento, ficaram interditados o túnel e parte do trânsito pela Avenida Frederico Pontes. O frigorífico da CASEB sofreu pesados danos materiais (MENEZES et al., 1978).

A área era reconhecidamente instável, onde já haviam ocorrido problemas que determinaram a construção de estrutura de contenção a montante da saída do túnel. O desmoronamento apresentava a forma clássica de uma superfície circular e largura máxima de cerca de 42m. A superfície inferior do escorregamento achava-se acima da cota 30 m, e esse nível foi, aparentemente, controlado pela cortina de contenção existente, além da presença da rocha, que resistiu ao deslocamento.

As causas que provocaram o fenômeno foram, provavelmente, as mesmas dos rompimentos em encostas de Salvador, em geral: precipitação anormalmente alta nos dias antecedentes ao fenômeno, declividade muito elevada da encosta, propriedades do material e condição de drenagem. Além dessas causas, um condicionamento geológico, típico, observado nas encostas de Salvador: a superfície de escorregamento coincide com a superfície de contato entre a rocha alterada e o "solo". Essa superfície, definida pela capa superior de alteração da rocha, apresenta uma caolinização evidente. A direção do escorregamento corresponde, grosso modo, ao plano de fratura dominante que, no local, coincide com a superfície superior da camada de alteração da rocha.

3.2 JULIÃO

Em 10 de abril de 1975, após um período de intensas e prolongadas chuvas, ocorreu um grande escorregamento no trecho do Julião, situado na linha de falha de Salvador. Esse acidente foi descrito em Presa e Silva (1978) e não foi o primeiro dessa natureza ocorrido naquela área.

O escorregamento mobilizou, aproximadamente, 3.000 m³ de material terroso da encosta, através de uma superfície com diretriz circular passando na cobertura de solo residual, tangenciando o contato solo-rocha, no pé do talude e expondo o saprolito em alguns pontos. A profundidade máxima da superfície de ruptura era de 6,5m.

O movimento de terra provocou a destruição de um muro de arrimo secular e de dois pequenos prédios antigos da Rua Julião. Fez cinquenta vítimas e causou a interdição, por alguns meses, de três Ruas.

As principais causas do escorregamento podem ser atribuídas à rigorosa geometria da encosta (cerca de 50°), a ação da água (escoamento e infiltração), a problemas de degradação do manto de alteração (alteração nas propriedades de resistência e permeabilidade), aos severos condicionamentos geológicos e ao deficiente revestimento vegetal do talude.

Todavia, a ruptura foi condicionada por importantes ações decorrentes da ocupação pelo homem, tais como: falta de drenagem da área, inexistência de sistema de esgotamento sanitário, imprópria deposição de lixo sobre a encosta, cortes abusivos, aterros e sobrecargas no talude e colmatação dos drenos do secular muro de arrimo existente.

3.3 ALTO DO BOM VIVER - LOBATO

O evento, conhecido como ruptura do Lobato, ocorreu em 26 de março de 1992, envolvendo um volume aproximado de solo de 6.800 m³ e cerca de 12.000 t de massa. Causou prejuízos materiais e ceifou onze vidas humanas. Esse escorregamento foi amplamente documentado em CEPED (1992) e Santos e outros (1992).

A superfície de ruptura assumiu uma forma circular na parte superior do talude, com 7 m de profundidade máxima, e aproximadamente plana na parte inferior. São sólidas as evidências que justificam a subdivisão da ruptura de 26/03/92 em duas etapas. Na primeira, a porção da encosta situada em frente à Rua dos Unidos correu em forma de massa fluida, com elevada umidade e baixa consistência, transladando-se até as posições mais distantes do pé da encosta. Na segunda, a porção da encosta situada à direita da cunha escorregou com um pequeno retardo em relação à primeira etapa, com maior consistência, indo acomodar-se sobre a massa rompida do corrimento imediatamente anterior, em uma posição intermediária situada desde o pé da encosta.

Todas as causas clássicas de condicionantes estiveram presentes no evento, tais como: falta de drenagem da área, inexistência de sistema de esgotamento sanitário, imprópria deposição de lixo sobre a encosta, cortes abusivos, aterros e sobrecargas no talude. No entanto a ruptura, em sua primeira etapa, ocorreu em consequência da descarga pontual da água no contato entre as intrusões e a predominante matriz do solo residual do granulito.

3.4 BAIXA DO FISCAL

Em junho de 1968, ocorreu uma movimentação de solo e de rocha na encosta que domina a Baixa do Fiscal, no trecho compreendido entre as Ruas Pereira Franco e Coronel Pedro Ferrão. A parte superior da encosta era, desordenadamente, ocupada por população de baixa renda, sendo que as casas essendiam-se até suas bordas; várias delas ruíram e foram deslocadas quando o acidente ocorreu.

A cunha deslocou-se com a formação de uma superfície circular, tendo sido precedida por movimentação lenta, como atestaram várias cicatrizes existentes no solo local, anteriores ao deslocamento da massa de solo e de rocha, bem como rachaduras nas paredes das casas edificadas na porção superior da encosta. O plano inferior de deslocamento coincidiu com o horizonte de blocos da rocha, seixos e matacões na base do talude natural, entre o solo e a rocha.

A interação de diversos fatores foi responsável pelo deslizamento de terra na Baixa do Fiscal e, entre eles, como na maioria dos casos ocorridos em Salvador, dessacam-se: geometria do talude natural, zoneamento de materiais com permeabilidades diferentes, estruturação do maciço, devido a relíquias das feições da rocha regional; condições de drenagem superficial deficientes, ocupação desordenada do solo e precipitação pluviométrica anormalidade elevada.

3.5 COSME DE FARIAS

Um talude de aproximadamente 30 m de altura e inclinação de 45°, situado na Av. Gerson, bairro de Cosme de Farias, sofreu uma ruptura em 06 de outubro de 1989, documentada em CEPED (1989). A ruptura ocorreu de forma circular com espessura máxima de 2,5 m. As causas identificadas, além das clássicas condicionantes de deslizamentos, uma contribuição pontual de água foi desencadeadora do processo de ruptura.

3.6 LIBERDADE

Um talude de aproximadamente 25 m de altura e inclinação de 45°, situado no bairro da Liberdade, sofreu uma ruptura em 25 de novembro de 1990, vitimando 5 pessoas, documentada em CEPED (1990). A ruptura ocorreu de forma circular com espessura máxima de 3,0 m.

Todas as causas clássicas de condicionantes estiveram presentes no evento, tais como: falta de drenagem da área, inexistência de sistema de esgotamento sanitário, imprópria deposição de lixo sobre a encosta, cortes abusivos, aterros e sobrecargas no talude. No entanto, uma contribuição pontual de água também foi desencadeadora do processo de ruptura.

3.7 CONJUNTO SÃO BRAZ

Um talude suave, situado ao fundo do Conjunto São Braz, no bairro da Federação, sofreu uma ruptura em 1995, levando consigo um muro de arrimo de pedra argamassada com 4 m de

altura que protegia o estacionamento. A queda da contenção atingiu, além de veículos, a parede do apartamento térreo, vitimando um morador. A cunha formada tinha aparência circular com profundidade máxima de 3,0 m e envolvia o solo residual maduro e uma camada de aterro proveniente da implantação do acesso ao conjunto habitacional. As causas prováveis foram a existência de um ponto localizado de contribuição de água, a presença do material de aterro lançado sem os cuidados necessários de compactação e a colmatação dos drenos do muro de arrimo existente.

3.8 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Alguns dados comuns podem ser observados nos eventos que vêm de ser relatados:

a) todos os acidentes envolveram a maioria das denominadas causas comuns existentes nas áreas de encostas de Salvador, são elas: falta de drenagem da área, inexistência de sistema de esgotamento sanitário, imprópria vegetação e deposição de lixo sobre a encosta, cortes abusivos, aterros e sobrecargas no talude;

b) as cunhas de ruptura são aproximadamente circulares;

c) embora a maior frequência do fator chuva como evento desencadeante do processo de ruptura, uma contribuição pontual de água foi preponderante em pelo menos 7 dos casos relatados nos últimos 10 anos;

d) as cunhas formadas nos deslizamentos na área da falha de Salvador tiveram profundidade máxima em torno de 7,0 m, enquanto as demais tiveram profundidade máxima de até 4,0 m, apenas, em média. Isso é facilmente justificável pelas dimensões que envolvem os escorregamentos na zona da falha;

e) pelo menos 60 % dos eventos catastróficos são relatados fora da área da falha de Salvador, no entanto, face às dimensões dos deslizamentos e a forma de ocupação, os eventos relatados na falha produzem muito mais danos materiais e vítimas fatais.

4 ANÁLISE DA PROFUNDIDADE DOS GRAMPOS

Dois fatores determinam o comprimento total dos grampos: o primeiro, a profundidade da cunha de deslizamento crítica que deverá ser transpassada pelos chumbadores e segundo, o comprimento necessário para que os grampos transmitam suas tensões ao solo por adesão lateral (comprimento ancorado).

4.1 PROFUNDIDADE DA CUNHA DE DESLIZAMENTO CRÍTICA

Em face de maior ocorrência de eventos catastróficos e obras públicas de contenção de encostas nas áreas fora da zona da falha de Salvador, foram selecionadas 30 áreas para estudo, situadas a leste da zona de falha (Figura 1).

Em todas as áreas selecionadas, segundo sondagens à percussão, predominam solos residuais do embasamento cristalino, cuja rocha matriz é, quase sempre, o gnaisse. A espessura de solo intemperizado sempre foi superior a 15 m e o nível d'água raramente foi encontrado e, quando identificado, foi apenas pelas sondagens situadas ao pé do talude. O valor do Índice de Resistência à Penetração (SPT) desses solos é normalmente superior a 10. Em relação à topografia, todos os taludes analisados possuíam inclinações entre 55° e 75°. Os grampos foram inseridos no programa padronizando uma malha de 1,5 m X 1,5 m.

Nas áreas selecionadas, foram obtidos um ou mais blocos indeformados que foram ensaiados no Laboratório de Geotecnia da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento foram obtidos de ensaio de cisalhamento direto consolidado lento, com amostras na umidade natural (58 amostras) e ensaios de cisalhamento direto consolidado rápido e triaxial consolidado não-drenado, com amostras previamente inundadas / saturadas (85 amostras). As áreas em estudo são identificadas na Figura 1.

Para a análise de estabilidade dos taludes, utilizou-se o método de Bishop Simplificado, supondo a hipótese de ruptura do tipo circular, a qual é característica de massas aproxima-

damente homogêneas e como observado na maior parte dos escorregamentos catalogados. Foram efetuadas análises de estabilidade em uma ou mais seções de uma mesma área, dependendo da topografia e das dimensões da área.

Duas condições foram analisadas. A primeira, com referência à situação natural do solo, considerando sua não-saturação. Nesse caso, foram utilizados parâmetros obtidos de ensaio de cisalhamento direto consolidado lento, com amostras na umidade natural. Na segunda análise, procurou-se simular a condição crítica de redução substancial dos efeitos da sucção no solo, utilizando-se parâmetros de resistência obtidos de ensaios de cisalhamento direto consolidado rápido e triaxial consolidado não drenado, com amostras previamente inundadas / saturadas. Os parâmetros foram adotados, nas análises de estabilidade, a partir da média dos resultados observados nos vários blocos ensaiados numa mesma área. Em alguns casos, foram descartados valores incoerentes ou que se afastavam muito da média. Os ensaios triaxiais apresentaram três grandes problemas que limitaram em muito a aplicação desses recursos no trabalho: a dificuldade de moldagem de CP's no material residual, a representatividade dos CP's moldados e os resultados obtidos em termos de envoltórias.

As prospecções foram orientadas de modo a se obter elementos técnicos associados aos aspectos de: diferenciação dos solos envolvidos, identificação dos perfis de intemperismo de cada solo e das estruturas reliquias e identificação das singularidades geológicas mais importantes que poderiam influenciar as rupturas.

Foi utilizado o Programa PC-SLOPE, que realiza até 30 interações para sua convergência. Em cada seção selecionada foram estudadas até 120 superfícies de escorregamento, e cada superfície foi subdividida em 20 fatias.

Nas figuras 2 e 3 são mostradas as profundidades máximas das cunhas críticas obtidas nas 30 áreas analisadas através do método de Bishop Simplificado, considerando a utilização de parâmetros de resistência ao cisalhamento obtidos em amostras na umidade natural e inundadas, respectivamente.

No caso de amostras na umidade natural, 73 % das cunhas tiveram profundidade máxima de até 5,0 m. Na análise utilizando parâmetros inundados, o percentual eleva-se para 89 %.

Dessa forma, fora da área da falha são comuns movimentos de massa, geralmente com pequenas profundidades e grandes extensões. Os movimentos colocam a descoberto, nas encostas, os horizontes de material mais grosseiro, de baixa coesão e com permeabilidade elevada, que passam a ser rapidamente destruídos pela erosão, continuando, quando cuidados adicionais não são tomados, o processo de degradação das encostas.

Os resultados corroboram as análises dos casos históricos de rupturas em Salvador, cujas profundidades máximas observadas nas cunhas de deslizamento na área fora da falha tiveram profundidade máxima em torno de 4,0 m.

4.2 COMPRIMENTO ANCORADO

Foram efetuados ensaios de arrancamento em 5 grampos inseridos à profundidade de 3 a 10 m (CONCRETA, 2001). Os chumbadores atenderam ao processo executivo, consistindo em perfurar o solo com diâmetro de 10 cm (4 “), com auxílio de trado manual, sendo efetuada a limpeza do furo, colocação de uma barra central de CA-50 e, em seguida, preenchimento integral do mesmo com calda de cimento.

A fixação dos chumbadores ao solo se deu através de nata de cimento injetada com fator água cimento de A/C de 0,5. A injeção da nata foi efetuada através de bomba mecânica de baixa pressão, com utilização de mangote de injeção. Os ensaios foram efetuados na área n. 29 (vide Figura 1), região do Iguatemi.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Embora os resultados não sejam conclusivos, uma vez que os dados e quantidades de ensaios são insuficientes e retratem apenas uma área de Salvador, a carga de trabalho dos grampos por unidade de comprimento é de 10,0 KN/m em média.

Considerando uma malha de grampos de 1,5 m X 1,5 m, na grande maioria dos casos estudados, tem-se uma carga de trabalho máxima de 50 KN por chumbador (para atingir o fator

de segurança mínimo admissível), o que retrataria um comprimento ancorado não maior que 5,0 m, ou não mais do que 10,0 m de comprimento total.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização da solução em solo grampeado para estabilização de taludes de média inclinação (entre 55° e 75°) é muito comum entre os projetistas em Salvador. Na aplicação dessa solução em taludes de solos localizados a leste da falha dessa cidade, região responsável por mais de 60 % dos eventos catastróficos em encostas, devido à pequena profundidade da superfície de escorregamento, os grampos, na imensa maioria dos casos, não deveriam ter comprimentos maiores que 10,0 m. Ressalta-se que o custo do grampeamento representa pelo menos 70 % do custo final dessa operação.

Em face do pequeno número de dados disponíveis para adesividade dos grampos nesses solos, é recomendado que, antes da execução de cada novo serviço de contenção de encostas, sejam efetuados ensaios de arrancamento de grampos, com a finalidade de confirmar os parâmetros utilizados para dimensionamento do comprimento ancorado pós-cunha. Qualquer ligeira redução no comprimento dos grampos seria largamente justificada em face do número de unidades utilizadas.

Em adição, recomenda-se, também, uma análise considerando a inclinação do talude e a profundidade da cunha de deslizamento.

SOIL NAILING - MAXIMUM NAIL LENGHT IN THE SOIL OF EAST SALVADOR SCARP (BA)

ABSTRACT — *This paper studies the maximum length of nails in the technique of soil nailing for stabilization of slopes. It relates to the analysis of slope stability in 30 areas locked in the east side of Salvador scarp. These areas are responsible for more than 60 % of the catastrophic events in the city. In addition to that, bibliography on other eight events*

is presented. All this study has aimed the optimization of costs of slope stabilization in low rent areas, alerting to adoption of potential wedges in deep landslides.

KEY WORDS: *Soil nailing; Nails; Slope stabilization.*

REFERÊNCIAS

BISHOP, A. W. "The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slopes". **Geotechnique**, v. 5, p. 7-17, 1995.

CEPED. **Análise de estabilidade do Talude de Cosme de Farias**. Camaçari, 1989. Relatório Técnico.

CEPED. **Relatório Técnico Preliminar de visita do Escorregamento do Talude do Bairro da Liberdade - Salvador**. Camaçari, 1990.

CEPED. **Ruptura da Encosta do Lobato**. Camaçari, 1992. Relatório Técnico Final.

CEPED. **Análise de estabilidade da Ruptura de Talude do Parque São Braz - Federação - Salvador**. Camaçari, 1995. Relatório Técnico.

CONCRETA. **Catedral da Fé - Iguatemi. Boletim de Protensão de Tirantes**. Salvador: CONCRETA Tecnologia em Engenharia, 2001.

EHRlich, M. **Sistemas de contenção**. Rio de Janeiro: ABNT. 1995. 29p.

FEIJÓ, R. L; EHRlich, M. **Solo grampeado: conceitos fundamentais e métodos de análise**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002.

GIGAN, L. P. Applications du clouage en soutènement: parametres de conception et de dimensionnement des ouvrages. **Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées**, 147, pp. 51- 64, 1986.

JEWELL, R. A.; PEDLEY, M. J. **Soil nailing desing: the role of bending stiffness: soil mechanics Report n. 101/90**, OUEL. Univer-sities de Oxford: Inglaterra, 1990.

JURAN, I et al. **Manual of practice for soil nailing**. Report FHWA: RD89-198, prepared by Earth Engineering and Sciences Inc, for US FHWA - Federal Highway Administration. 1988.

JURAN, I.; ELIAS, V. **Kinematical limit analysis approach for design of nailed retaining structures**. Symp. on Theory and Practice of Earth Reinf. FuKuoca, 1988.

MENEZES, M. S. de S.; et al. **Problemas de estabilidade das encostas da cidade do Salvador**. Salvador: Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CREA-BA. Salvador.

PALMEIRA, E. M. e VIEIRA, G. R. **Some Aspects Related to the Stability Analysis of Soil Nailed Structures**. In: PAN-AM, 2., 1988, Rio de Janeiro; COBRAE, 2., 1988, Rio de Janeiro. Anais. 1988.

PRESA, E. P.; SILVA, J. C. F. da. Escorregamento no Maciço do Julião - Salvador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2., 1978, Salvador. **Anais....** Salvador: 1978. v.2, p.-165-184.

SANTOS, L. A. de O. et al. **Condicionamento geológico de uma ruptura de encostas na falha de Salvador**. In: CONFERENCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS - COBRAE, 1, p. 799-817. 1992, Rio de Janeiro.

SCHLOSSER, F. **Discussion: "The multicriteria theory in soil nailing"**. Ground Engineering, 1991.p 30-33.

SCHLOSSER, F. **Behavior and design of soil nailing**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT DEVELOPMENTS IN GROUND IMPROVEMENT TECHNIQUES. 1982, Bangkok. Proceeding... Bankok, 1982. p 399-413.

SILVA, J. C. F. da. **Encostas do Salvador: uma abordagem sócio-ambiental**. 1994. 74p. Trabalho final (Especialização em Gestão Ambiental) - UCSal, Salvador.

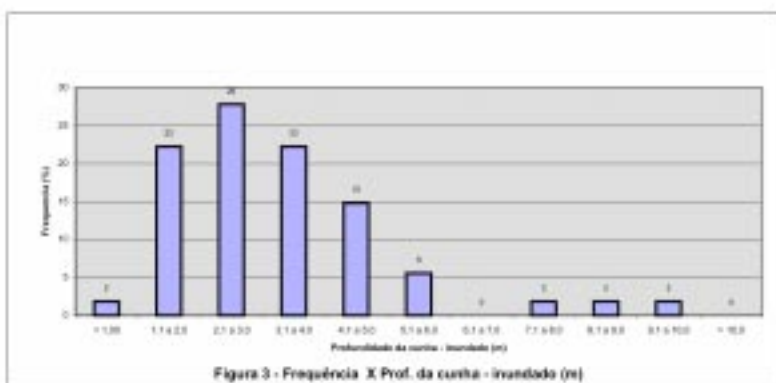
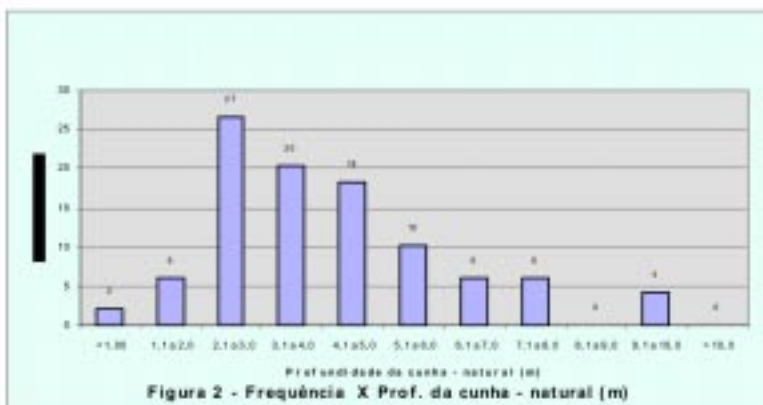
STOCKER, M. F.; et al. **Soil Nailing**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL REINFORCEMENT, 1979. Paris. v. 2, p. 463 a 474.

ZIRLIS, Alberto C. **Soil nailing: Chumbamento de solos: alguns aspectos dessa recente técnica de contenção**. Salvador, 1988. 18p. Palestra realizada na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

ANEXOS



Figura 1 - Localização das áreas estudadas



Grupo	Comprimento (m)	Carga de Trabalho (KN)	Carga de arrancamento (KN)
02 – cima	6,0	70	100
02 – baixo	3,0	30	60
01 – baixo	4,0	70	100
03 – cima	4,0	30	60
01 – cima	3,0	40	60

Tabela 1 -Carga de trabalho e arrancamento dos grampos
Grupo Comprimento (m) Carga de Trabalho (KN).