

EVOLUÇÃO DE VOÇOROCA E ESCORREGAMENTOS DE TERRA EM CABECEIRAS DE DRENAGEM NA CONCAVIDADE TRÊS BARRAS, BANANAL, SP: UM ESTUDO NA INTERFACE GEOMORFOLÓGICA-GEOTÉCNICA.

FONSECA, A.P. ⁽¹⁾

(1) CEFET-RJ, ana_paula_fonseca@yahoo.com.br

COELHO NETTO, A.L. ⁽²⁾

(2) IGEO/UFRJ, ananetto@acd.ufrj.br

LACERDA, W.A. ⁽³⁾

(3) COPPE/UFRJ, willy@coc.ufrj.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo dos mecanismos envolvidos na evolução da movimentação ocorrida na Concavidade Três Barras, baseada em instrumentações instaladas na área (inclinômetros e piezômetros), levantamentos topográficos e observações de campo. Os estudos foram divididos em monitoração do movimento, estudos das características geotécnicas e geológicas dos solos e rochas locais envolvidos no fenômeno, e uma tentativa de explicação geotécnica dos movimentos. Por aproximadamente 20 anos foram realizadas observações de campo do local em estudo. Estas observações mostraram que os escorregamentos instalados na área foram iniciados com o descalçamento progressivo no pé da encosta, provocado tanto pela erosão interna quanto pela ação das águas superficiais, devidas à chuva. Provavelmente o mecanismo envolvido no escorregamento de uma das massas escorregadas (massa A) seja de aplicação mais geral para compreensão da geomorfologia atual das encostas da região de Bananal, quando a erosão chega a cabeceira de drenagem detona escorregamentos retrogressivos, quase sempre conchoidais. O mecanismo do escorregamento da outra massa instável (massa B), envolvendo uma camada planar ao longo da xistosidade do gnaiss bandado alterado é um caso particular, que não deve ser extrapolado para outras cabeceiras sem um reconhecimento geotécnico-geológico do subsolo, em cada local. No monitoramento da área observou-se que os inclinômetros I01, I02 e I03 mostraram um deslocamento médio de 1 cm/ano e que as superfícies de cisalhamento estão a 14 metros, 21,5 metros e a 20 metros de profundidade, respectivamente.

Palavras-chave: Voçoroca, Escorregamento, Instrumentação.

INTRODUÇÃO

A evolução dos canais erosivos do tipo voçoroca já foi amplamente estudada na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, porém o fenômeno de escorregamentos de terras desencadeado quando a voçoroca chega à cabeceira de drenagem tem sido pouco estudado. Estes escorregamentos frequentemente intensificam a erosão (o solo fica mais exposto ao escoamento superficial) e aumentam consideravelmente o volume de solo carregado para os rios.

O principal objetivo deste trabalho é o estudo do fenômeno a partir do momento que o canal atinge a porção superior da cabeceira de drenagem. Focaliza-se um caso de voçoroca na localidade Três Barras onde o canal, já estabelecido, atingiu a porção superior

da cabeceira de drenagem, detonando escorregamentos. Vale ressaltar que estes escorregamentos, junto com outros mecanismos erosivos secundários, são comuns em outras cabeceiras de drenagem, e podem alcançar e rebaixar os divisores de águas.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área estudada é insere-se num vale de 1ª ordem (STRAHLER, 1952) tributário do rio Bananal, na porção superior da concavidade que recebeu o nome Três Barras. Está situada próxima à cidade de Bananal, em São Paulo, junto à divisa com o Rio de Janeiro, no Médio Vale do Paraíba do Sul. Esta concavidade é acessada pela à estrada SP 066 e dista cerca de 4 km do centro da cidade, conforme pode ser visto na Figura 1.

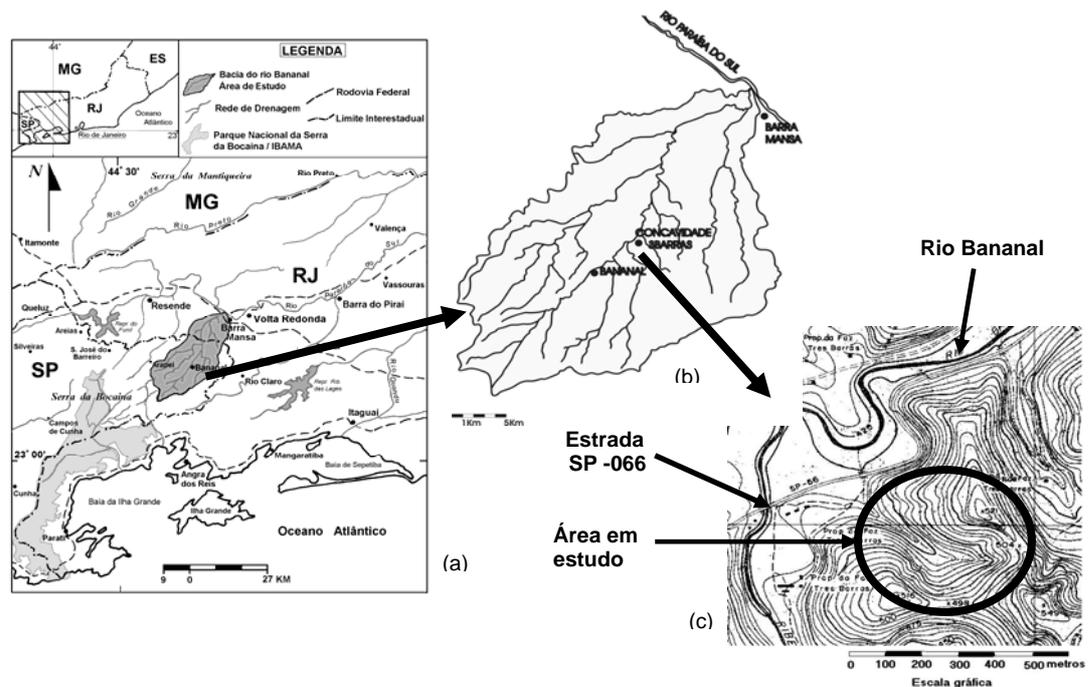


Figura 1: Localização da bacia do rio Bananal e da área em estudo.

PERFIS GEOTÉCNICOS DO LOCAL

Foram traçados quatro perfis geotécnicos, que estão apresentados na Figura 2 e cujas seções podem ser vistas nas Figuras 3 e 4. Nestas mesmas figuras também são apresentados os níveis piezométricos mais altos medidos. O subsolo consiste basicamente de camadas de argila arenosa em processo de laterização sobre o solo residual de gnaíse areno-siltoso

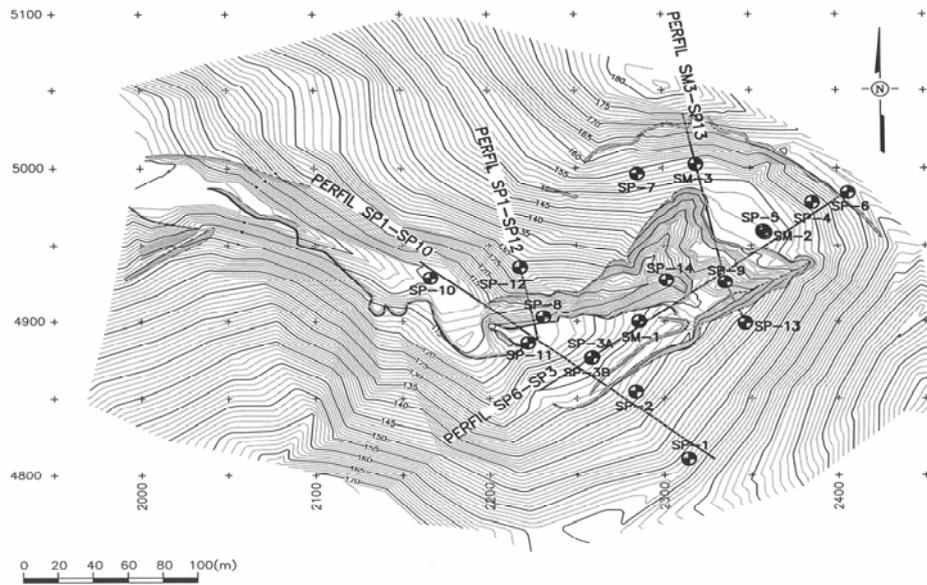


Figura 2: Topografia do local em estudo com os perfis geotécnicos e os pontos de sondagem marcados.

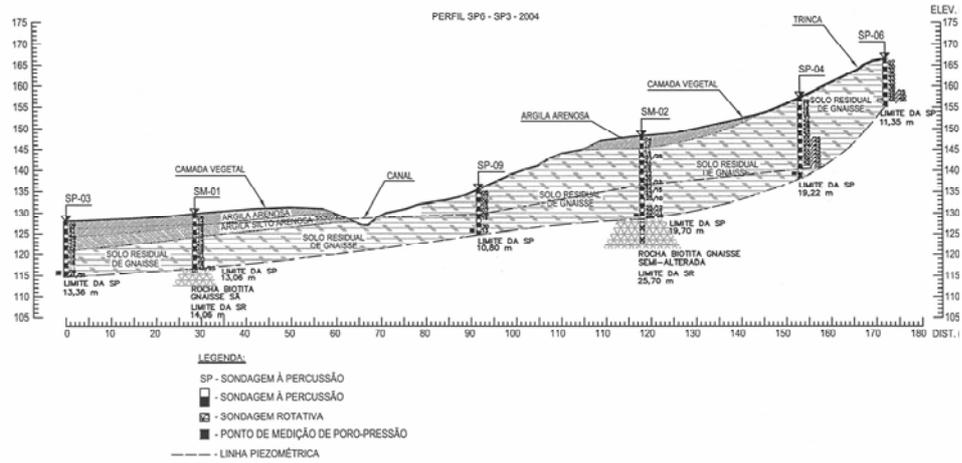


Figura 3: Perfil geotécnico SP3-SP6 do local em estudo

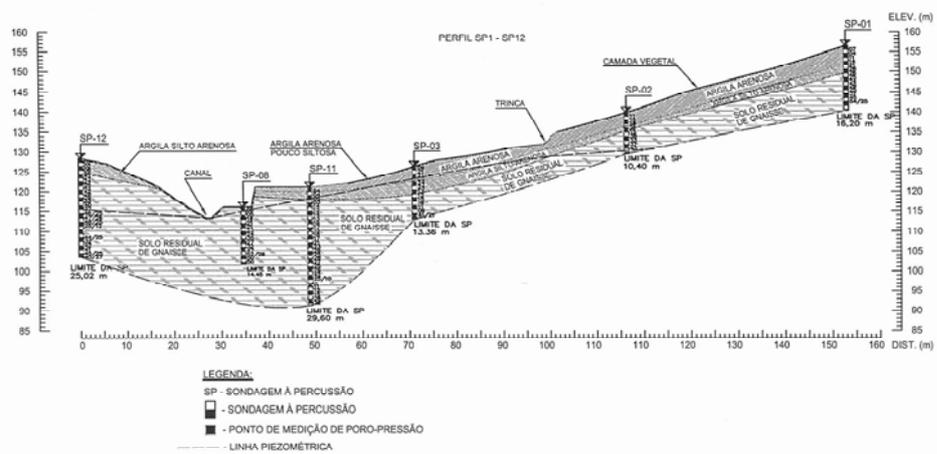


Figura 4: Perfil geotécnico SP12-SP1 do local em estudo

INSTRUMENTAÇÃO INSTALADA

A encosta foi instrumentada com 14 piezômetros tipo Casagrande e 3 inclinômetros. Nos furos de sondagem a percussão – SP - e sondagem mista – SM - (Figura 2) foram instalados, respectivamente, os piezômetros e inclinômetros. Os inclinômetros servem para medir os deslocamentos das duas principais massas em escorregamento (massa A e B), conforme pode ser visto na Figura 5, e fornecem indicação da profundidade em que se encontra a superfície de ruptura. No caso em estudo esta profundidade fica no contato do solo com a rocha subjacente.

A Figura 5 também apresenta os deslocamentos medidos na profundidade da superfície de ruptura e nas Figuras 6 e 7 são apresentados os perfis com os deslocamentos medidos em cada inclinômetro. Os deslocamentos medidos foram, em média, de 1 cm por ano.

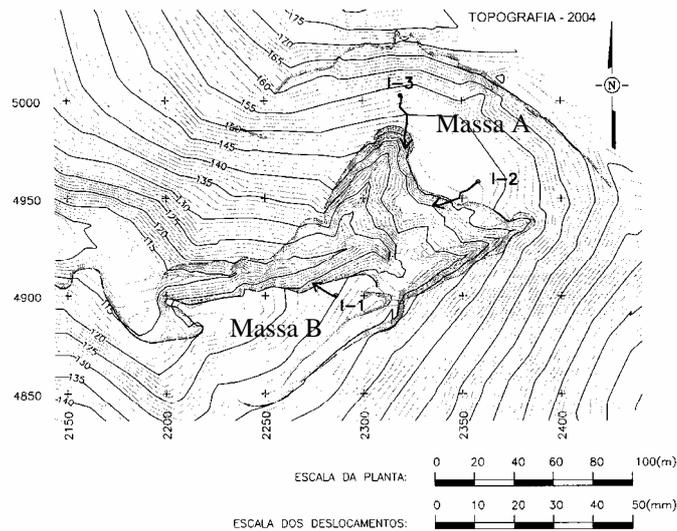


Figura 5: Deslocamentos medidos na profundidade da superfície de ruptura (representadas pelas setas indicadas).

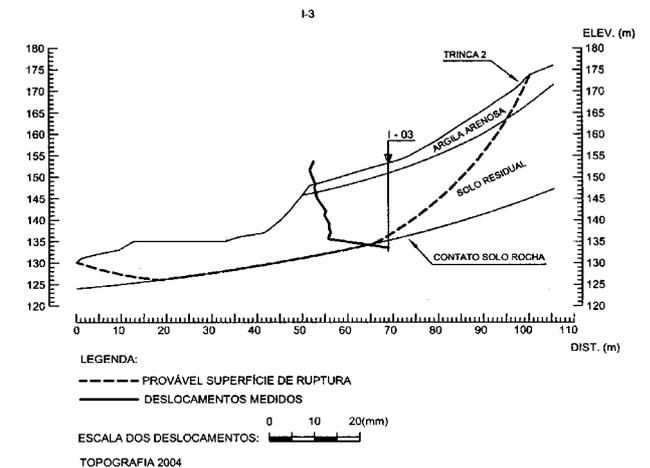
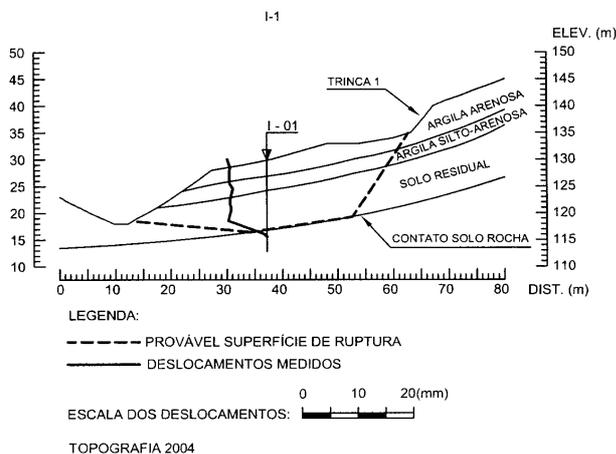


Figura 6: Deslocamentos medidos nos inclinômetros I01 e I03

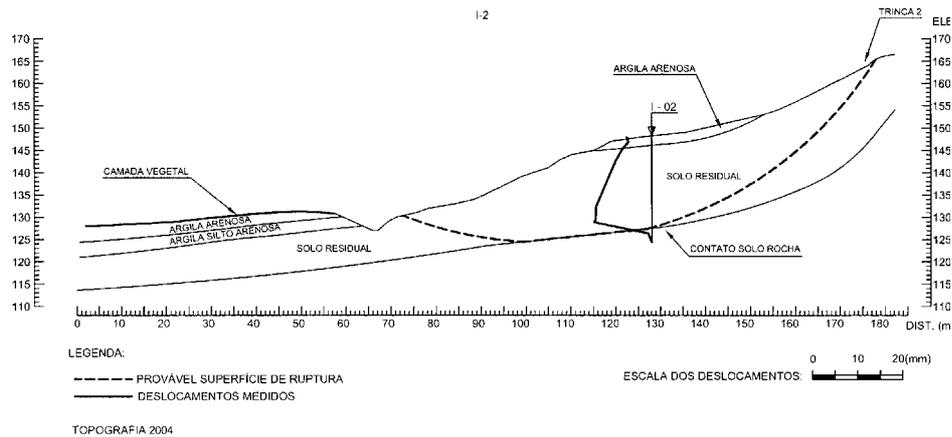


Figura 7: Deslocamentos medidos no inclinômetro I02.

Descrição da hipótese de movimentação:

Baseado nos instrumentos instalados (piezômetros e inclinômetros), em observações de campo durante 15 anos, em pesquisas sobre evoluções de voçorocas na região da bacia do rio Bananal e em uma análise computacional simples através de um programa de equilíbrio limite (GEOSLOPE) foi formulada a hipótese de movimentação ocorrida na área. Segundo COELHO NETTO *et al.* (1988), o modelo evolutivo de voçorocamentos na bacia do rio Bananal consiste principalmente na progressão regressiva, relacionada com a exfiltração de fluxos sub-superficiais nas paredes da voçoroca, causando o solapamento destas. Esta exfiltração pode estar associada ao aquífero regional ou a níveis suspensos de saturação. No caso presente, a exfiltração da água está relacionada ao aquífero regional.

O local em estudo é uma concavidade estrutural ajustada (CEA) à rede de canais (COELHO NETTO, 2003), sendo larga na porção superior e estreita na base e está topograficamente ajustada ao fundo do vale fluvial principal drenado pelo rio Bananal. A origem e formação destas concavidades são fortemente controladas pelas estruturas geológicas subjacentes.

Segundo ROCHA LEÃO (2005), o aprofundamento e crescimento regressivo das voçorocas em cabeceiras de drenagem do compartimento de colinas da bacia do rio Bananal estão associadas principalmente à exfiltração do aquífero regional através de fraturamentos subverticais ou seja, sob o forte controle lito-estrutural, como no caso em estudo.

Favorecido pelas prováveis fraturas geológicas, no eixo da concavidade Três Barras há artesianismo, mensurado nos piezômetros Pz 10 e Pz 14. Provavelmente este fenômeno,

está associado ao aquífero regional já que as cargas de pressão não respondem as flutuações das chuvas locais. Outras áreas monitoradas na região da Bacia do rio Bananal também apresentam artesianismo no eixo da voçoroca (AVELAR e COELHO NETTO, 1992).

O fenômeno do artesianismo acelera a erosão interna devido ao aumento do fluxo de água subterrânea. O fluxo de água superficial carrega o material erodido e o material que deslizou devido ao descalçamento causado pela erosão interna, é depositado em locais com cotas mais baixas. Quando a erosão remontante em uma concavidade atinge a base da cabeceira de drenagem, que possui uma topografia mais íngreme, descalça a encosta, ativando escorregamentos que podem atingir o divisor de águas e mudar a morfologia do local.

No caso presente, o escorregamento da massa A é típico de um escorregamento ativado pelo voçorocamento, onde a erosão subterrânea descalça o talude, ocasionando deslizamentos. Já o escorregamento da massa B é um caso particular do local em estudo, pois o perfil geotécnico-geológico favorece o escorregamento planar em uma das laterais da voçoroca, devido ao mergulho das camadas do gnaiss bandado.

O início do movimento de massa estudado deu-se com a inserção do canal através da erosão interna e superficial do solo causadas pelos fluxos de água sub-superficial e superficial. Estes escorregamentos devem-se a descalçamentos ocasionados pelo processo de erosão.

Com a formação de um canal pela erosão, a massa B, favorecida pelo mergulho da rocha, desloca-se como se fosse uma placa, formando uma fenda de tração. A abertura da fenda de tração é maior nas proximidades do ponto SP9 onde mede cerca de 12 metros, e menor nas proximidades do ponto de sondagem SP11. Provavelmente este deslocamento em forma de “leque” é devido à camada micácea alterada situada acima de um veio planar de quartzo ao longo da qual a massa B se movimenta.

Atualmente há dois dígitos de erosão que favorecem a instabilização da massa entre eles. Há vários degraus de escorregamento, mostrando que a movimentação da massa A é “retrogressiva”. Atualmente, este escorregamento é bastante profundo, tendo cerca de 22 metros de profundidade no ponto do inclinômetro I 02, e está quase atingindo a crista da encosta. Foi constatado, por meio de observação de campo, que o deslocamento da massa B precedeu aos escorregamentos rotacionais da massa A

CONCLUSÕES

As evidências de campo indicavam que os escorregamentos foram iniciados com o descalçamento progressivo no pé da encosta, provocado tanto pela erosão interna quanto pela ação das águas superficiais, devidas à chuva. Os escorregamentos podem ser individualizados como massa A, com superfície de cisalhamento com formato côncavo, e massa B, planar, com superfície de escorregamento formada ao longo de uma das camadas alteradas do gnaiss bandado.

Este estudo é importante no sentido em que esta “voçoroca” ainda está em seus estágios iniciais, e a compreensão de seus mecanismos pode ajudar a entender a gênese e a evolução do voçorocamento na região, que apresenta inúmeras encostas já estabilizadas naturalmente.

Acredita-se que o mecanismo envolvido no escorregamento da massa A seja de aplicação mais geral para compreensão da geomorfologia atual das encostas da região de Bananal. O mecanismo do escorregamento da massa B, envolvendo uma camada planar ao longo da xistosidade do gnaiss bandado alterado é um caso particular, que não deve ser extrapolado para outras cabeceiras sem um reconhecimento geotécnico-geológico do subsolo, em cada local.

BIBLIOGRAFIA

- AVELAR, A. de S., COELHO NETTO, A.L. 1992, “Fluxos d’água subsuperficiais associados a origem das formas côncavas do relevo”. *I Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas*, v.2, pp.709-720, Rio de Janeiro.
- COELHO NETTO, A.L., 2003, “Evolução de cabeceira de drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): A formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural”. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.4, n.2, pp.118-167.
- COELHO NETTO, A.L., FERNANDES, N.F., DEUS, C.E., 1988, “Gullyng in southeastern Brazil Plateau, SP”. *International Association of Hydrological Scientist Publication*, v.174, pp.35-42.
- ROCHA LEÃO, O.M., 2005, *Evolução regressiva da rede de canais por fluxos de água subterrânea em cabeceiras de drenagem: bases geo-hidroecológicas para recuperação de áreas degradadas com controle de erosão*. Tese de Doutorado, IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro.
- STRAHLER, A.N., 1952. “Dynamic basis of Geomorphology”. *Geologic Society of America Bulletin*, 63, p. 923-938,