

CONSIDERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS A PROPÓSITO DOS MOVIMENTOS DE MASSA OCORRIDOS NO RIO DE JANEIRO

MARIA REGINA MOUSINHO DE MEIS¹

JORGE XAVIER DA SILVA²

I — *Introdução*

Os trópicos úmidos são considerados como uma das regiões onde as vertentes estão mais intensamente sujeitas aos movimentos de massa. A abundância das precipitações ao lado da existência de espessos mantos de alteração promoveriam as condições ideais para a ativação destes processos (LEOPOLD, 1964 — 341). Verifica-se, na realidade, que testemunhos da ação dos movimentos de massa estão presentes nas vertentes do Brasil Oriental sob a forma de cicatrizes e depósitos (colúvio e talus). No entanto, grande parte destes movimentos são considerados como pleistocênicos ou sub atuais e relacionados a condições ambientais ou morfoclimáticas diferentes das atuais (TRICART, 1959; AB'SABER, 1962; BIGARELLA *et alii*, 1965; MOUSINHO e BIGARELLA, 1965 entre outros). Sob as condições climáticas atuais (clima Af de KOPPEN), estando as vertentes em equilíbrio com a cobertura vegetal original, a ação dos movimentos de massa fica normalmente restrita a zonas de fortes declives. Entretanto, sendo rompido o equilíbrio da encosta por desmatamento e obras de engenharia, a ação humana passa a interagir com características geológico-geomorfológicas para promover o aparecimento de pontos susceptíveis à ocorrência dos movimentos de massa.

A urbanização das vertentes do maciço cristalino, provocada pela expansão da cidade do Rio de Janeiro, deu grande efetividade aos movimentos de massa na remoção do manto de alteração das encostas. Grandes deslizamentos tornaram-se freqüentes no verão, causando danos materiais e perda de vidas.

Interessam particularmente ao estudo dos movimentos de massa recentes, no Rio de Janeiro, as precipitações tombadas em janeiro de

¹ Do Instituto Brasileiro de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro e Conselho Nacional de Pesquisas.

² Do Instituto Brasileiro de Geografia e Univ. Federal do R. de Janeiro.

NOTA: Colaboraram no presente trabalho e merecem, portanto, os agradecimentos dos autores os seguintes especialistas: Prof. JOÃO JOSÉ BIGARELLA pela revisão e críticas apresentadas ao texto — ao Prof. BIGARELLA e aos pesquisadores do Laboratório de Sedimentologia da Comissão da Carta Geológica do Paraná também são devidas as análises granulométricas para a determinação de características texturais dos materiais afetados pelos movimentos de massa; Dra. RITA ALVES BARBOSA, do Departamento Nacional da Produção Mineral, pela realização de análises petrográficas; desenhistas F. BARBOSA LERTE e ZAKHIA F. ELIAS, do Instituto Brasileiro de Geografia, pela elaboração das ilustrações.

1966 e fevereiro de 1967. Janeiro de 1966 apresentou pluviosidade excepcionalmente elevada, mesmo se a compararmos com a dos meses mais chuvosos registrados em amostragem levantada no Observatório do Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura para os últimos 11 anos. O total de 617,6 mm sobressai em relação ao índice máximo mensal anterior, correspondente a janeiro de 1962. O mês de fevereiro de 1967, com total de 432 mm também representa um dos meses de mais forte pluviosidade (fig. 1).

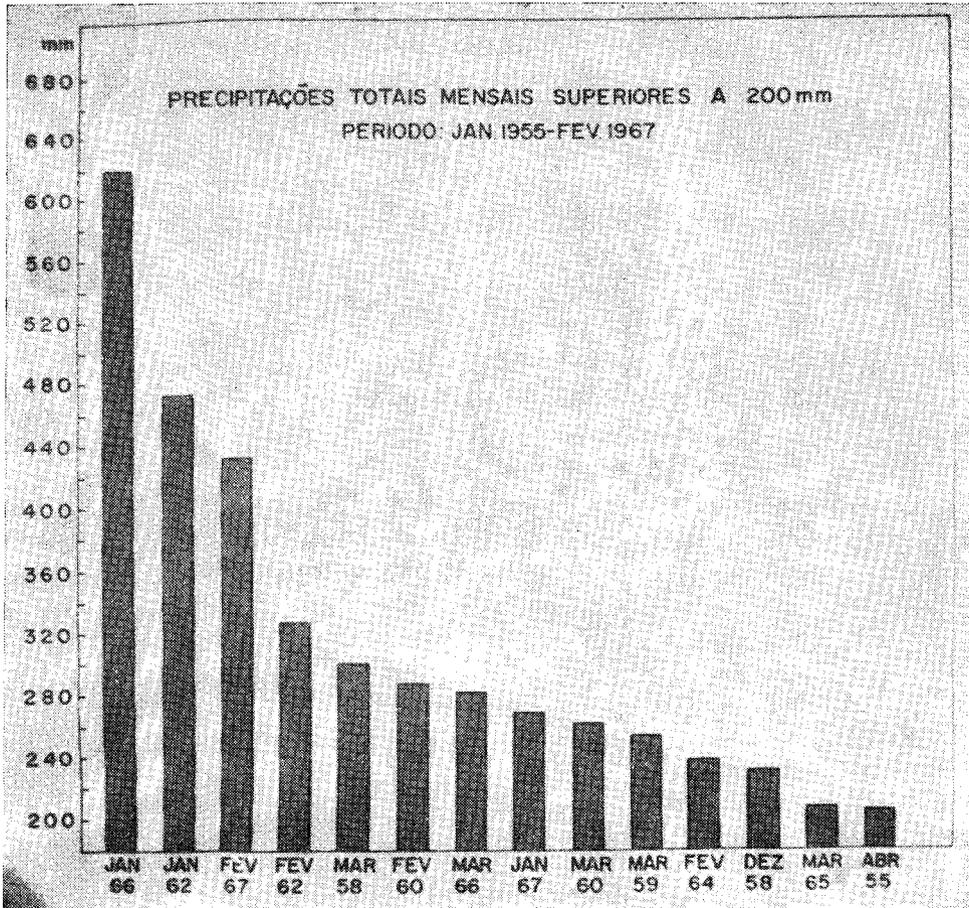


Fig. 1

A importância das precipitações de janeiro de 1966, cresce ao se apreciar a concentração das chuvas. Foram registrados 472,0 mm em apenas 72 horas consecutivas. Segundo levantamento do Instituto dos Arquitetos do Brasil (1966), as chuvas dos dias 10, 11, 12 e 13 de janeiro de 1966 alcançaram os maiores índices dos últimos cem anos para o Rio de Janeiro. Por outro lado, os 299,5 mm registrados em 48 horas nos dias 19 e 20 de fevereiro de 1967 também testemunham forte concentração das chuvas (fig. 2).

A ocorrência em série de movimentos de massa nas vertentes da Guanabara à época das fortes chuvas de janeiro de 1966 e fevereiro de 1967 demonstra a estreita ligação entre as precipitações intensas e os processos de desnudação que atuaram sobre as vertentes.

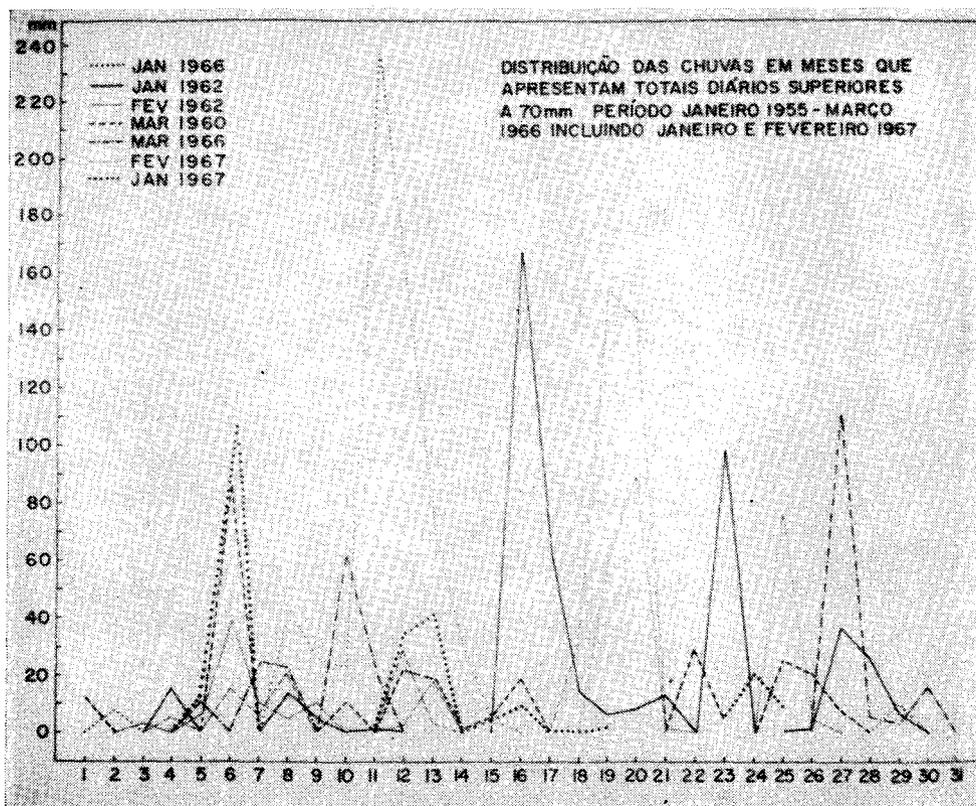


Fig. 2

II. ANÁLISE DOS MOVIMENTOS DE MASSA

A análise dos movimentos de massa ocorridos na Guanabara em janeiro de 1966 e fevereiro de 1967 (fig. 3) indica que sua localização é determinada essencialmente pela interação da estrutura geológica, formas topográficas e modificações introduzidas pelo homem. Na realidade, a circulação das águas, o intemperismo e a criação de planos internos de deslizamento estão condicionados à presença de diáclases retilíneas e curvas nas rochas cristalinas, à exceção dos casos em que os movimentos interessam depósitos de talus. O estudo das relações espaciais existentes entre a superfície da encosta, a rede de diáclases e as obras de engenharia (arruamentos, edificações, desmontes e aterros) permite a compreensão dos processos geomorfológicos responsáveis pelos movimentos de massa.

Nas rochas cristalinas da Guanabara, submetidas a condições climáticas tropicais úmidas, o armazenamento das águas pluviais é favo-

1) Características apresentadas

LOCAL	TOPOGRAFIA	LITOLOGIA	ESTRUTURA
Estrada das Furnas, 1 580	Reentrância pouco acentuada na vertente direita do vale do rio da Cachoeira. A baixa encosta, ligeiramente convexa e com declive geral de cerca de 25° apresenta patamar pouco marcado. O regato de Santo António corre na parte mais inferior da reentrância erosiva.	Predominam tonalitos. Afloram também em área próxima ao movimento de massa rochas gnáissicas. Verifica-se ainda a ocorrência de diques de intrusivas básicas em avançado estado de alteração. Não foi localizado o contato gnaiss-tonalito.	Rocha fracionada por rede de diáclases retilíneas de densidade variável, gerando blocos rochosos de diferentes volumes.
Rua Santo Amaro, 210	Depressão em ferradura com abertura para a rua Santo Amaro. Declive geral das encostas da depressão: 30-35°. Direção do eixo longitudinal da depressão: NE-SW. Declive ao longo deste eixo: cerca de 15°. A sudoeste a encosta da depressão encontra-se com o paredão rochoso da escarpa nordeste do morro de Nova Cintra.	Biotita gnaiss rico em filões de quartzo e intrusões pegmatíticas. Leptinitos ocorrem em elevação próxima.	A rede de diáclases retilíneas se adensa na zona axial da depressão. Direção e mergulho dos gnaisses muito variáveis no local, por se tratar de área perturbada. Depressão segue linha de falhamento já mapeada por Haberlehnner (1966)
Rua Belisário Távora, 581.	Encontro de duas vertentes que formam ângulo de cerca de 90° entre si. Um paredão rochoso convexo de direção E-W com cerca de 45° de declive geral (A) intercepta vertente de direção N-S e cerca de 33° de declive (B), mais retilínea. Vide fig 10	Leptinitos ricos em granada cortados por intrusões pegmatíticas. Filões de quartzo com 2 a 5 cm de espessura. Granitização acompanha intrusões.	Direção dos gnaisses: N20°E e mergulho de cerca 33°S. O paredão (A) apresenta sistema de diáclases curvas sub-paralelas à encosta. A vertente B mostra densa rede de diáclases retilíneas quase verticais (mergulho de 80°N) e direção de cerca de N30°W. Outro sistema de diáclases retilíneas, menos importante, acompanha a direção dos gnaisses. Diáclases curvas penetram para o interior da vertente. O declive da média encosta é superior ao mergulho destas diáclases que, consequentemente, são truncadas pela topografia.
Anveida Niemeyer	Vertente sul, batida pelo mar, da Pedra dos Dois Irmãos. Direção da encosta: N65°W. Declividade variando entre 25° e 35°, pois a forma é convexa.	Microclina gnaisses de textura facoidal cortados por intrusões pegmatíticas e diques de diabásio de 20 a 30 cm de largura.	A direção do gnaiss é de cerca de N85°W e o mergulho varia em torno de 33°S. Diáclases curvas de direção N85°W e mergulho de cerca de 34°S (coincidem portanto com a direção e mergulho do gnaiss) são obliquamente cortadas pela encosta. As diáclases curvas dão origem a lajes de 2-3m de espessura. Diáclases retilíneas ocorrem com fraca densidade.
Rua Benjamin Batista, esquina com Abade Ramos	Paredão rochoso convexo com declive médio de cerca de 39°. Ao seu sopé observa-se a baixada que envolve a lagoa Rodrigo de Freitas. Direção da encosta: N75°E.	Gnaiss listado comum em que os minerais claros (feldspato e quartzo) formam camadas que se alternam com camadas ricas em biotita. Aparecem alguns cristais de microclina mais desenvolvidos que os demais. A nitidez de Karlsbad é nítida nos mencionados cristais. A granada ocorre sob a forma de grãos de cor vermelha, brilho vítreo e fratura conoidal (Rita Barbosa)	Direção dos gnaisses: E-W e mergulho de cerca de 52°S. Rede de diáclases curvas sub-paralelas à encosta dá origem a lajes superpostas de espessura em torno de 2 m. Rede de diáclases retilíneas pouco densa na base da encosta torna-se mais cerrada na parte convexa superior da vertente.
Morro do Urubu	Zona de sopé de paredão rochoso e que apresenta marcante diminuição de declive em relação ao mesmo. Forma aproximadamente retilínea em perfil.	O paredão rochoso corresponde a afloramentos graníticos enquanto o cinturão periférico é formado por migmatitos (Mapa geológico da Guanabara, 1965).	O paredão rochoso apresenta importante sistema de diáclases curvas e diáclases retilíneas esparsas. A baixa vertente mostra na sua parte superficial estrutura típica de talus. Isto não significa que toda a sua espessura seja formada por detritos provenientes da escarpa acima. É frequente na Guanabara a existência de encostas com declives suaves ao sopé de paredões íngremes mostrando em sua estrutura sub-superficial a rocha ainda "in situ", apenas capeada por depósitos de talus. Na baixa vertente do morro do Urubu, a existência de cortes profundos impede que se tenha uma noção da espessura dos depósitos de talus.

pelas vertentes atingidas

REGOLITO		AÇÃO HUMANA	CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS
ELÚVIO	COLÚVIO		
<p>A ação dos agentes de intemperismo ao longo das diáclases isola blocos de tamanho variável com até dezenas de metros cúbicos, que se apresentam com arestas adoçadas e embutidos em matriz areno-argilosa. Esta matriz é mais abundante nos locais densamente diaclasados e próximo à superfície de encosta.</p>	<p>Cobertura colúvial areno-argilosa de espessura variável atingindo até cerca de 3m em alguns locais da cicatriz. Neste colúvio são encontrados esparsos blocos e seixos de tonalito e quartzo. Os seixos medem 5 a 15 cm de eixo maior.</p>	<p>A encosta parcialmente desmatada apresenta edificações esparsas, ajardinamentos, desmontes e aterros. Na parte inferior da vertente passa a estrada das Furnas. A média vertente foi cortada pelo caminho de Quebra-Cangalha e estrada do Soberbo. Esta última está protegida por muro de arrimo.</p>	<p>Infiltração e circulação das águas ao longo da capa mais alterada próxima à superfície da encosta. O muro de arrimo da estrada do Soberbo atua como barragem para o represamento e infiltração das águas pluviais.</p>
<p>Elúvio de textura areno-siltico-argilosa ganha em espessura na parte axial da depressão, zona mais fraturada. Nas cabeceiras da depressão o elúvio se apoia sobre a rocha sã em declive íngreme.</p>	<p>Capreamento de espessura variável, superior a um metro, foi observado no eixo da depressão, próximo à rua Santo Amaro. Trata-se de material areno-argiloso contendo seixos angulosos esparsos de até 10 cm de eixo maior, predominantemente de quartzo e também de gnaisse.</p>	<p>A depressão acha-se desmatada, apresentando cobertura de gramíneas. Existem apenas árvores esparsas. Foram feitos vários cortes na encosta. Merece destaque o da rua Santo Amaro, com cerca de 4 m de altura, situado no trecho onde a depressão torna-se afunilada. Também deve ser ressaltada a rua D. Francisca de Andrade, construída na média encosta superior e que envolve parcialmente a depressão. Nesta rua foram realizados cortes, aterros e edificações.</p>	<p>A depressão recolhe as águas do escoamento superficial e também as águas infiltradas nas elevações vizinhas. Desmontes na rua Dona Francisca de Andrade facilitam a infiltração.</p>
<p>Na encosta (B) onde se adensam as diáclases retílineas, o manto de intemperismo atinge mais de 3 m de espessura. Tal aspecto ocorre na faixa de contato com o paredão rochoso. Neste último aflora a rocha pouco alterada.</p>	<p>Não foi observada a existência</p>	<p>Encosta perturbada pelo desmatamento. Em saibreira do topo da elevação foi removido grande parte do regolito. Cortes e residências descalçam a média e baixa vertente, ao longo das ruas Couto Fernandes, Belisário Távora e Gal. Cristóvão Barcelos.</p>	<p>A zona de encontro das duas encostas recolhe o escoamento superficial da área de cumeeira (saibreira) e do paredão rochoso. A infiltração acentua-se nos locais onde o regolito é mais espesso. Acima da cicatriz havia terreno irregular onde era despejado entulho, local propício à infiltração das águas que escoam da área de saibreira.</p>
<p>As lajes superficiais encontram-se em avançado grau de alteração. As lajes mais internas são intemperizadas apenas ao longo dos planos de diaclasamento.</p>	<p>Areno-argiloso contendo blocos angulosos de microclina gnaisse de até 50 cm de eixo maior. O material colúvial tem espessura variável (até 2 m em ravinas sobre as lajes externas mais alteradas), repousando localmente sobre as lajes subjacentes menos alteradas.</p>	<p>A vertente encontra-se recoberta por mata secundária e foi desequilibrada no seu sopé por corte de cerca de 5 m correspondente ao traçado da Av. Niemeyer. Ao lado da estrada fora construída residência, descalçando a vertente íngreme.</p>	<p>Infiltração das águas pluviais no regolito (elúvio e colúvio) e circulação ao longo do plano impermeável correspondente à superfície exterior da laje menos alterada. A existência de uma circulação das águas na base da cobertura alterada é demonstrada pela observação de águas minando do contato após as chuvas.</p>
<p>As lajes mais superficiais são recobertas na parte superior convexa do paredão por manto pouco espesso de material alterado. A alteração ao longo das diáclases retílineas decresce gradualmente em profundidade. Material alterado de textura argilosa ocorre ao longo das diáclases retílineas e curvas. Partes da laje mais externa repousam sobre cerca de um metro de material alterado.</p>	<p>Depósitos de talus formados por grandes blocos depositaram-se no sopé da vertente.</p>	<p>Descalcamento do paredão rochoso por corte de cerca de 5 m da rua Benjamin Batista.</p>	<p>Infiltração no regolito pouco espesso encosta acima e circulação através do material alterado ao longo das diáclases retílineas e curvas</p>
<p>Depósito de talus englobando grandes blocos rochosos embutidos em matriz areno-argilosa.</p>	<p>A zona de talus foi desmatada e densamente construída. Trata-se de área ocupada por favela.</p>	<p>As águas do escoamento superficial que descem o paredão rochoso tendem a infiltrar-se e são armazenadas pelo talus. O desmatamento e urbanização facilitam esta infiltração.</p>	<p>As águas do escoamento superficial que descem o paredão rochoso tendem a infiltrar-se e são armazenadas pelo talus. O desmatamento e urbanização facilitam esta infiltração.</p>

recido pela existência de um manto de alteração que tem sua espessura condicionada pela litologia e pelo sistema de fraturas. Juntamente com as variações litológicas, as linhas de fraqueza estrutural originadas pelo diaclasamento orientam a alteração dos núcleos rochosos. Por conseguinte, fraturamentos (ou contatos litológicos, como foi observado no

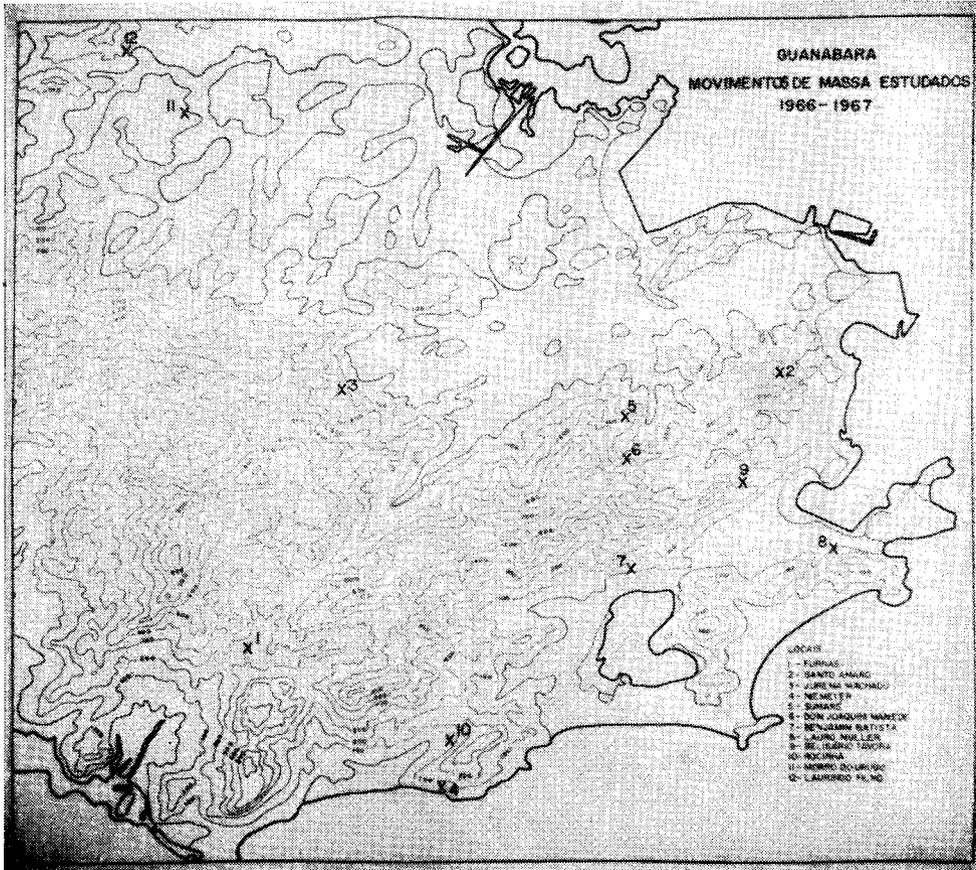


Fig. 3

deslocamento da Rua Lauro Müller), orientando a alteração da rocha, podem levar ao aparecimento de níveis ou faixas impermeabilizantes a profundidades variáveis. Estas zonas servem normalmente de plano de deslizamento para a movimentação do material alterado que se lhe sobrepõe. A saturação destes materiais intemperizados ocorre desde que a quantidade de água infiltrada torne-se maior que a possibilidade de escoamento (vazão). Pode ocorrer sobrecarga e eventual perda da coesão interna da capa alterada.

Cada um dos locais estudados apresenta particularidades que devem ser levadas em consideração, quando se objetiva esclarecer as causas passivas (de acôrdo com a terminologia de SHARPE, 1938) dos movimentos. De acôrdo com as características apresentadas pelas vertentes atingidas irão variar o mecanismo e o tipo do movimento ocorrido.

2) Características apresentadas pelos movimentos:

a) Observou-se que os movimentos de massa de maiores amplitudes (estr. das Furnas, Rua Santo Amaro, Rua Belisário Távora) resultaram de saturação em água da faixa de regolito para onde convergiam as águas superficiais e de infiltração. Esta orientação do escoamento pode ser explicada basicamente pelas características topográficas e estruturais dos locais. Nos casos citados, obras de engenharia intensificam o processo de infiltração das águas no manto alterado permeável, levando à sobrecarga e aumento da sua plasticidade.

Estradas das Furnas: A movimentação do regolito ocorrida em janeiro de 1966 se deu ao longo de duas calhas que se unem formando ângulo de 110.º. Constituiu-se no deslizamento de maiores dimensões ocorrido no Rio de Janeiro nos últimos anos, tendo o canal principal cêrca de 600 m de comprimento por cêrca de 40 m de largura. O material grosseiro, embalado em farta matriz fina, desceu a encosta em duas corridas que se sucederam com intervalo de cêrca 15 horas. Destruiu na sua passagem edificações existentes às margens do rio das Cachoeiras. O material depositado em forma de língua infletiu vale abaixo, represando temporariamente as águas do curso d'água, deu origem a corredeiras após a remoção dos clásticos de menor talhe.

Fig. 4 — Diagrama esquemático mostrando as características geológicas e geomorfológicas apresentadas pela encosta atingida. O movimento de massa de 1966 deu origem a dois canais bem marcados na topografia. Os detritos do deslizamento acumularam-se no fundo do vale do rio das Cachoeiras.





Fig. 5 — Estrada das Furnas: visão longitudinal do canal secundário, tomada a partir da sua junção com o canal principal. Observe-se a forma côncava acentuada das vertentes recém-formadas. Ao remover o material fino das encostas, o escoamento superficial posterior ao movimento de massa deixa aflorar blocos de tonalito.

Os movimentos de massa tiveram características de forte plasticidade. Saturado em água o regolito teve a sua coesão rompida ao longo de uma superfície irregular interna, o que provocou o deslizamento do pacote superficial do terreno. A massa deslocada desceu de forma relativamente homogênea, sofrendo pequena deformação dos elementos mais superficiais. Foram observadas árvores que se deslocaram por mais de 100 m, mantendo-se porém enraizadas. Tanto o desenvolvimento regressivo das cabeceiras como o alargamento dos canais caracterizaram-se por um mecanismo de acomodação das paredes íngremes e desequilibradas pela corrida do material. Descalçadas passaram a evoluir através de sucessivos pequenos deslizamentos contemporâneos e mesmo posteriores ao movimento maior. Os últimos deslocamentos datam de fevereiro de 1967.

Rua Santo Amaro: O movimento afetou uma depressão em forma de ferradura voltada para a rua Santo Amaro (fig. 7). Logo acima do anfiteatro, zona de cabeceiras da depressão alongada, ocorre o divisor de águas entre as drenagens que se dirigem para a zona norte e sul da cidade. O corte aberto pela rua Santo Amaro mostra que a depressão segue zona de fraqueza estrutural. Os biotitas-gnaisses encontram-se perturbados, apresentando densa rede de diáclases retilíneas e intrusões pegmatíticas, o que dá origem a um espessamento do regolito. A topografia do local, juntamente com o espessamento do manto de alteração,

faz convergir, para o eixo da depressão, grande volume de água de infiltração e do escoamento superficial. Depósitos coluviais atestam a recorrência de movimentos de massa na área.

Imediatamente acima da cicatriz maior do movimento de massa encontra-se a Rua Dona Francisca de Andrade e uma zona onde aterros e desmontes da encosta formaram um patamar pouco inclinado. Neste patamar ocorre infiltração de água, que circula em direção do eixo central da depressão alongada. Abaixo do patamar sucederam-se, em janeiro de 1966 e fevereiro de 1967, deslocamentos do regolito ao longo de um plano de deslizamento interno aproximadamente paralelo à encosta (33° de inclinação). O eixo da depressão foi o local onde a saturação em água propiciou, em janeiro de 1966, a ocorrência de deslocamentos de material sob a forma de fluxo rápido. Deslizou grande quantidade de blocos e seixos embutidos em matriz fina de grande plasticidade, danificando edificações da Rua Santo Amaro.

Rua Belisário Távora: O movimento de massa teve suas cabeceiras na área de atêrro para onde convergiam e se infiltravam as águas provenientes da saibreira do todo da elevação. As chuvas de fevereiro de 1967 provocaram o encharcamento e perda da estabilidade por sobrecarga do manto de alteração mais espêsso existente na zona de contacto entre as duas encostas (fig. 9). O regolito já se encontrava descalçado pelos cortes e obras de engenharia das Ruas Couto Fernandes, Belisário Távora e Cristóvão Barcellos.

Fig. 6 — Estrada das Furnas: o leito do rio das Cachoeiras apresenta-se coalhado de blocos, a maior parte dos quais ali depositados por ocasião do movimento de massa de 1966. A foto foi colhida vários dias após o deslizamento, quando as águas correntes já haviam executado a remoção dos detritos finos que embalavam os blocos.



Deslizaram a média e baixa vertentes na faixa próxima ao contato com o paredão rochoso. O pacote de cêrca de 30 m de largura deslocou-se em movimento *relativamente* sêco, “debris slide” de acôrdo com a terminologia de SHARPE (1938). Entretanto, a parte central da faixa atingida correu como um fluxo mais plástico *flow*. A distinção baseia-se essencialmente em estudo das formas resultantes: as porções laterais ao fluxo central mostraram pequenos ressaltos coincidentes com irregularidades da encosta. O canal central do movimento, embutido e rebaixado em relação à cicatriz maior, apresentou perfil longitudinal mais regular, tendo a movimentação ocorrido ao longo de um plano de deslizamento altamente saturado e plástico.

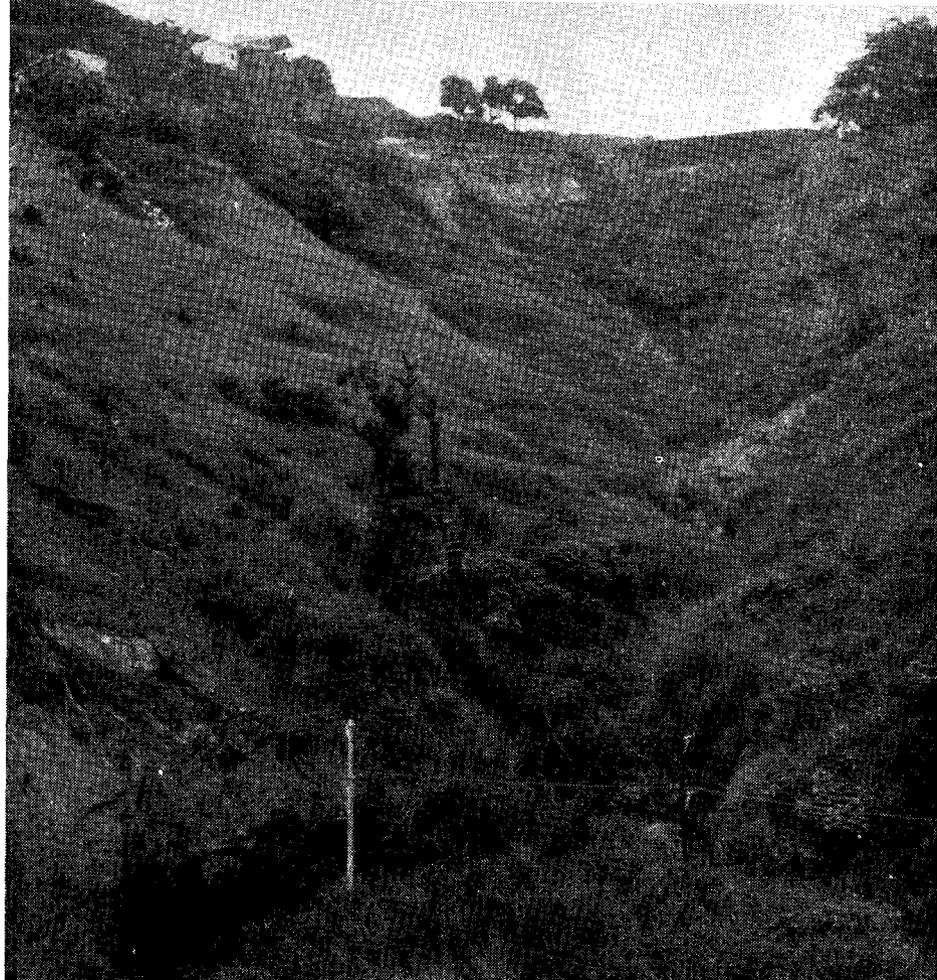


Fig. 7 — Diagrama esquemático mostrando as características geológicas e geomorfológicas apresentadas pela encosta atingida.

b) Observou-se mais de uma vez a ocorrência de movimentos de massa em locais onde uma seqüência de diáclases curvas tem direção oblíqua à encosta, penetrando para o interior da mesma. Foi estudado com maior detalhe o movimento que afetou a avenida Niemeyer (fig. 12) mas deve-se salientar que os deslocamentos ocorridos em janeiro de 1966, na estrada de Dom Joaquim Mamede e estrada de Alto da Boa Vista, tinham características semelhantes. Nos três locais citados afloram, lado a lado, tanto a laje externa mais alterada (à qual podem se sobrepor lâminas coluviais) como a laje subjacente pouco alterada.

O plano formado pela diáclase curva que separa as duas lajes em diferente estado de alteração é, portanto, seccionado pela superfície da vertente e por cortes de estradas. No local onde a topografia inter-

Fig. 8 — Rua Santo Amaro: visão parcial da depressão em forma de ferradura afetada pelos movimentos de massa de 1966 e 1967. A foto foi tomada a partir da rua Santo Amaro: A cicatriz do deslizamento de 1966 encontra-se mascarada pela vegetação rasteira e obras de contenção



cepta a diáclase curva cria-se linha de fraqueza, ao longo da qual ocorrem os movimentos de massa. Trata-se geralmente de deslizamentos rasos e pouco desenvolvidos lateralmente (10 a 15 m de largura), interessando à laje externa mais alterada. O material já fragmentado, heterogêneo, onde predomina a fração areia, tem a sua resistência ao cisalhamento ultrapassada graças à quantidade excessiva de água infiltrada. A superfície impermeável da laje subjacente representa o papel de plano de deslizamento. O deslocamento do material é rápido e pode ser classificado, segundo a terminologia de SHARPE (1938) como "debris slide". Estes movimentos foram de tipo relativamente seco pois, nos casos estudados, o plano de deslizamento possuía declividade acentuada (próximas a 40°) e o regolito era pouco espesso.

c) Também têm sido freqüentes os movimentos que afetam paredes rochosas modelados em diferentes rochas cristalinas e caracterizados por apresentarem importante seqüência de diáclases curvas sub-paralelas à encosta.

Estas diáclases separam lajes rochosas superpostas que são seccionadas por rede pouco densa de diáclases retilíneas. As águas de infiltração penetram através das diáclases retilíneas e realizam o isolamento das lajes mais externas. A ação do intemperismo faz-se sentir também ao longo das diáclases curvas internas, gerando uma quanti-

dade variável de material fino lubrificante. As diáclases curvas, com mergulho a maioria das vezes acentuado na direção do declive maior da topografia, podem vir a constituir planos de deslizamento sobre os quais deslocam-se fragmentos das lajes mais externas. A movimentação pode interessar blocos gigantescos que, ganhando velocidade, atingem com grande impacto as áreas de sopé da vertente. Tais movimentos são classificados como “rockslides” ou “éboulis de gravité”.



Fig. 9 — Diagrama esquemático mostrando as características geomorfológicas da encosta atingida pelo movimento de massa de fevereiro de 1967.

A localização dos movimentos acima descritos parece estar diretamente relacionada com o adensamento e arranjo da rede de diáclases retilíneas que seccionam as lajes. A alteração da rocha ao longo de numerosas diáclases provoca o aparecimento de maior quantidade de material plástico. O movimento ocorrido na vertente SE do morro do Perdido (final da Rua Jurema Machado), em janeiro de 1966, exemplifica bem este caso. Outro fator que pode precipitar a movimentação é a interseção da superfície da encosta por arruamentos. Tais condições têm favorecido a ocorrência de movimentos de massa, repetidamente, durante os últimos períodos chuvosos no paredão rochoso contíguo à Rua Benjamin Batista, no Jardim Botânico.

d) Outros tipos de movimentos de massa foram observados em material de talus. Definimos talus como depósitos de sopé de escarpas, formado por material anguloso e sem acamamento regular, originados principalmente pela ação da gravidade sobre o material solto da en-

costa acima. Trata-se de material de textura heterogênea englobando desde gigantescos blocos até argilas, com pouca coesão interna. Estas características texturais, juntamente com a redução do declive da encosta nesta área de talus, facilitam a infiltração e armazenamento das águas pluviais. A infiltração é favorecida outrossim, pelo desmatamento e urbanização. Pequenas poças de represamento de água podem ser observadas em certos talus vários dias após as chuvas fortes (ex.: Comendador Martinelli-Jurema Machado).

A coesão interna do talus pode ser rompida por saturação causada por excessiva infiltração. A movimentação do talus não se faz em conjunto. Certos compartimentos deslocam-se mais do que outros. A própria heterogeneidade do talus contribui para êste deslocamento diferencial. Em consequência, aparecem fendas por vêzes profundas no terreno, danificando arruamentos e edificações da encosta. Trata-se de movimentos lentos que podem ser classificados como "talus creep" de acôrdo com a terminologia de SHARPE (1938). Uma vez iniciados os movimentos, a área torna-se crônicamente instável, pois o fendilhamento do terreno é fator adicional a facilitar a infiltração das águas pluviais e a ação erosiva do escoamento superficial.

Geralmente os deslocamentos de talus afetam zonas de favelas na Guanabara. Com exemplo expressivo cita-se o ocorrido no morro do Urubu em janeiro de 1966 e que se continua pelo verão de 1967.

No verão de 1966, no morro do Urubu, pacotes movimentaram-se em superfície até dois metros em relação às porções adjacentes. Estas medidas foram tomadas a partir da observação de arruamentos e edificações deformadas.

Fig. 10 — Rua Belisário Távora: visão geral da área atingida pelo deslissamento. A meia encosta, está sendo retrabalhada o antigo traçado da rua Belisário Távora. A foto foi tirada algum tempo após a ocorrência do movimento de massa, verificando-se que os seus detritos já foram parcialmente removidos.



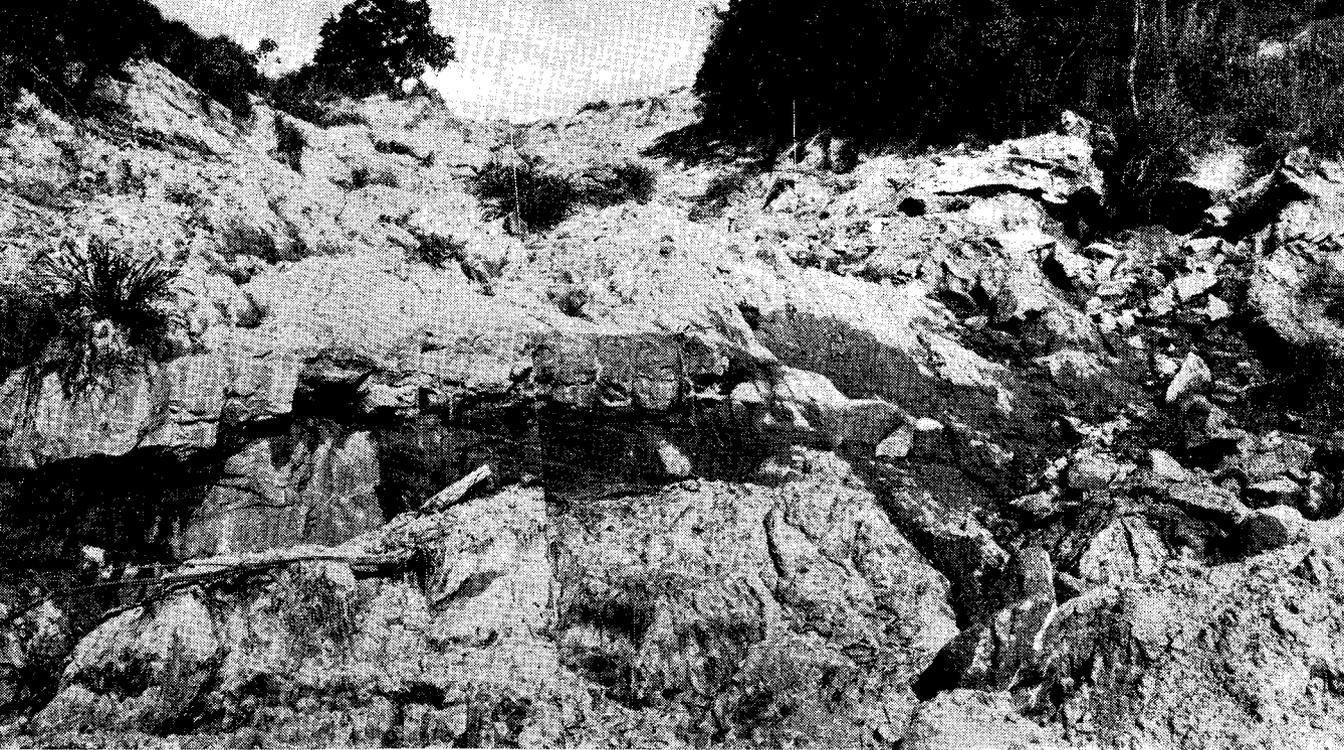


Fig. 11 — *Rua Belisário Távora: detalhe da estrutura, mostrando afloramento de lajes limitadas por diáclases curvas e cortadas por diáclases retílineas dentro da cicatriz.*

III. Conclusões

As contínuas transformações sofridas pelas vertentes resultam da atuação dos processos geomorfológicos. Formas e depósitos podem ser observados dentro de uma perspectiva estática e descritiva, porém somente serão compreendidos desde que se conheça a dinâmica da sua

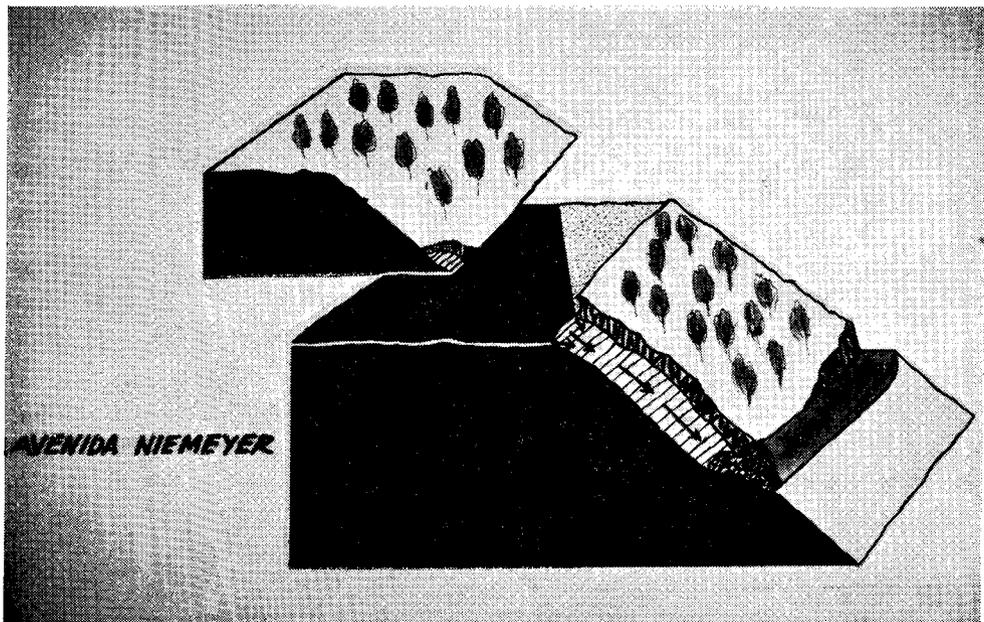


Fig. 12 — *Diagrama esquemático mostrando as características geológicas e geomorfológicas da vertente afetada pelo movimento de massa.*

evolução. Cumpre, portanto, discernir o mecanismo das modificações a que está submetida a topografia, assim como os agentes e causas das mesmas.

O objetivo principal do presente trabalho é o estudo dos processos rápidos que afetaram as vertentes cristalinas da Guanabara, em janeiro de 1966 e fevereiro de 1967. Centenas de movimentos de massa ocorreram em curto espaço de tempo, oferecendo condições favoráveis à sua observação.

A análise dos movimentos de massa, como todos os estudos de processos geomorfológicos, tem validade teórica ao contribuir para o conhecimento da evolução atual e passada das formas do modelado e também aplicabilidade direta, desde que se vise à delimitação de áreas susceptíveis e à contenção dos fenômenos.

O estudo dos processos atuantes hoje em dia permite extrapolações para o passado. A determinação das características das formas e depósitos originados pelos processos atuais fornece subsídios à análise genética dos testemunhos dos movimentos de massa pretéritos. Os detritos deslocados pelos movimentos observados na estrada das Furnas e Rua Santo Amaro, por exemplo, pavimentaram o fundo dos vales com um conjunto de blocos rochosos de até vários metros cúbicos de volume. Os blocos depositaram-se embalados em farta matriz fina, removida posteriormente pelas águas correntes. Na estrada das Furnas os

Fig. 13 — Avenida Niemeyer: detalhe da estrutura — Lajes limitadas por diáclases curvas penetram para o interior da encosta (à direita da foto), obliquamente ao corte da Av. Niemeyer.



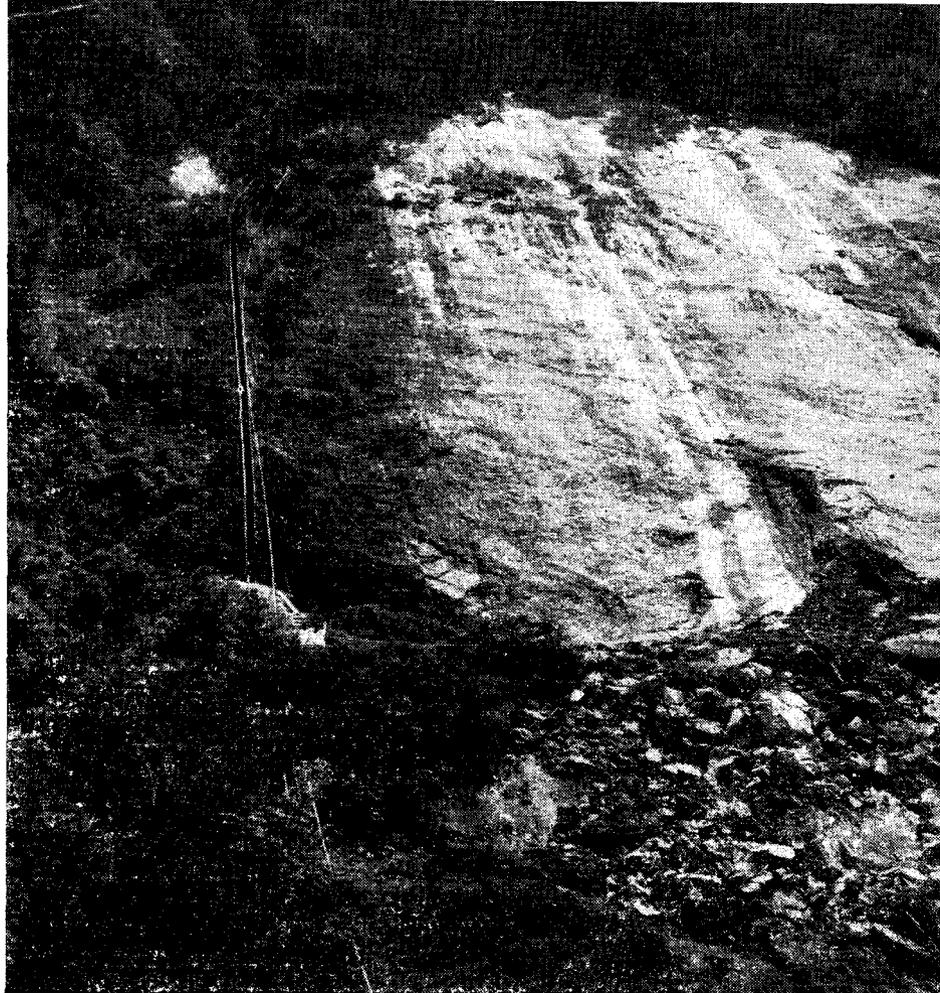


Fig. 14 — Rua Benjamin Batista: visão geral da encosta que margeia a rua Benjamin Batista e que tem sido afetada por freqüentes "rock-slides".

blocos de tonalito apresentam contornos suavizados, tendendo a formas arredondadas, como resultado da ação dos agentes do intemperismo em subsuperfície. Vários autores entre os quais MAACK (1937) e BIGARELLA *et alii.* (1965) descrevem os leitos dos cursos d'água que entalham as serras litorâneas do Brasil sudeste como recobertos por blocos rochosos que ultrapassam a competência das águas correntes. BIGARELLA *et alii.* relacionaram êstes depósitos pretéritos à ação de movimentos de massa sob condições climáticas diferentes das atuais. O aspecto atual dos vales seria, portanto, resultado da atuação de dois conjuntos de processos, relacionados aos movimentos de massa e às águas correntes.

As vertentes do sudeste brasileiro são freqüentemente recobertas por depósitos coluviais que testemunham antigos movimentos de massa nas encostas. A textura e estrutura dêstes depósitos se assemelha às características descritas para os materiais transportados ao longo da vertente da Guanabara pelo deslocamentos de 1966 e 1967. Vários autores têm se dedicado ao estudo dos depósitos coluviais ou de talus quaternários. Muitos dêstes depósitos, ligados a cicatrizes em forma acanalada ou em colher, foram observados em vertentes recobertas pela floresta aparentemente não perturbada pelo homem. Levantou-se, em conseqüência, a hipótese de que fases de colúviação pretéritas estariam relacionadas a

Fig. 15 — Rua Benjamin Batista: Detalhe da encosta que margeia a rua Benjamin Batista. No sopé da encosta encontram-se acumulados blocos de diferentes tamanho, deslocados a partir de lajes rochosas subparalelas à encosta. Uma destas lajes ainda é visível acima do caminho de acesso às obras de contenção.



paleoclimas e coberturas vegetal diferentes dos atuais (BIGARELLA *et alli* 1965). A localização dos movimentos de massa recentes na Guanabara fornece subsídios a esta hipótese. Pode-se verificar que as encostas ainda protegidas por denso manto florestal foram por êles pouco atingidas. Nas altas vertentes do maciço da Tijuca e Serra dos Órgãos ocorreram movimentos de massa apenas ao longo de cortes de estradas. Os deslocamentos interessaram às áreas desmatadas e descalçadas por obras de engenharia. Os movimentos de maior magnitude foram observados em vertentes de gradientes relativamente suaves mas que, em compensação, sofreram forte empapamento por ter a ação humana facilitado a infiltração das águas no manto intemperizado.

A localização e as características apresentadas pelos movimentos analisados forneceram uma primeira base comparativa para a elucidação das causas básicas ou passivas dos deslocamentos. O estudo da interação entre as diferentes causas passivas, ou seja — litologia, estrutura, relêvo, circulação das águas, vegetação e ação humana — apresenta-se como a principal colaboração do geomorfólogo com vistas à determinação de “áreas críticas” e prevenção aos movimentos de massa. A Geomorfologia desta forma, fornece subsídios de importância inegável para os trabalhos de engenharia, urbanismo, agronomia e outros campos afins.

Partindo do estudo de detalhe das formas e depósitos, foi possível a reunião de conhecimentos básicos que ressaltam a importância do papel da litologia e estrutura geológica no aparecimento de zonas susceptíveis aos deslocamentos. Dentre os exemplos levantados na Guanabara está quase sempre bem marcada a forte influência estrutural para a ocorrência dos movimentos. Sob as condições climáticas vigorantes, a estrutura tende a orientar a circulação das águas infiltradas e o intemperismo em profundidade, assim como o aparecimento de planos impermeabilizantes.

BIBLIOGRAFIA

- AB' SÁBER, A. N. 1962. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inumados do Brasil Oriental. *Bol. Univ. Paraná*, Instituto de Geologia, Geografia Física 2.
- BIGARELLA, J. J., MOUSINHO, M. R. e SILVA, J. X. 1965. Processes and Environments of the Brazilian Quaternary. Symposium on Cold Climate Processes and Environments, VII INQUA Congress, Alaska.
- HABERLEHNER, H. 1966. O mapa geotécnico do Estado da Guanabara. in "Os movimentos de encostas no estado da Guanabara e regiões circunvizinhas". Conselho Nacional de Pesquisas, inédito.
- INSTITUTO DOS ARQUITETOS DO BRASIL. 1966. Transcr. da *Revista Arquitetura*, agosto de 1966 : 36-40.
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G., Miller, J. P. 1964. *Fluvial Processes in Geomorphology*. W. H. Freeman Co., 522 pp., San Francisco.
- MAACK, R. 1947. Breves notícias sobre a Geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina IBPT. *Arq. Biol. Tecnologia* 2, a. 7: 66-154.
- MOUSINHO, M. R., BIGARELLA, J.J. 1965. Os movimentos de massa no transporte dos detritos da meteorização das rochas. *Bol. Paranaense de Geografia* 16-17 : 43-84.
- PICHLER, E. 1957. Aspectos geológicos dos escorregamentos de Santos. *Bol. Soc. Bras. Geologia* 6(2) : 69-77.
- SHARPE, C. F. S. 1938. *Landslides and Related Phenomena*. Columbia Univ. Press, 147 pp, N. Y.
- STERNBERG, H. O'. R. 1949. Floods and landslides in the Paraíba valley, december 1948. Influence of the destructive exploitation of the land. *Congr. Intern. Geografia*, Lisboa III: 633-664.
- TERZAGHI, K. 1965. *Mecânica dos solos*. Livro Técnico Ed.
- TRICART, J. 1959. Divisão morfoclimática do Brasil Atlântico Central. *Bol. Paulista de Geografia* 31 : 3-44.

SUMMARY

It was studied 13 locals of Guanabara affected by the masse's movements in the very rainy days ocured in january 1966 and february 1967. The locals had showed clearly the influence of the geological and geomorphological conditions to the phenomena occurrence...

This work is principally a geomorphological analysis detailed of the presented conditions among six studied areas, like Furnas road, 1580; Santo Amaro street, 210; Belisário Távora, 581; Niemeyer avenue, 150 m Gruta da Imprensa; Benjamin Batista in the corner of Abade Ramos and Urubu's mountain.

For any case it was realized an systematical lift of the following aspects:

- a) Topography
- b) Lithography
- c) Structure
- d) (elluvial and colluvial *regolito*)
- e) Human action
- f) Water's circulation

The informations and the deposits had permit an approach with the predispositions (passives causes of the movements) and the quality of the dislocatements ocurred.

It had represented a very important aspect the human action in the occurrence of the slop's mapement predisposed to it due to the presented characteristics by the water's circulation (superficial and of infiltration). The majority of the studied cases the water's circulation and the intemperism's procedure relative to the circulation are principally led by the existents interrelations between the geological structure and the topographical forms.

It was observed with some frequency movements including slopes that had present similar characteristics:

- a) diaclasses band and altered wich rejoins the superficial waters than that of infiltration
- b) areas where a curve diaclasses separate an altered superficial stone (and permeable) of subjacent unpermeable stone it was wick obliquely in the slope.
- c) locals where the curve diaclasses separate the rocky stone unparalleted to the slopes
- d) ramp deposits that store the waters since the rocky scarps.

Versão: LEDA CHAGAS PEREIRA RIBEIRO

RÉSUMÉ

À l'état de Guanabará les auteurs ont étudié 13 endroits où se sont produits des mouvements de masse, en janvier 1966 et février 1967, en fonction de pluies particulièrement intenses. Ces endroits ont montré l'influence des conditions géologiques et géomorphologiques locales pour l'occurrence des phénomènes.

Le travail représente une analyse géomorphologique détaillée des conditions présentées par six d'entre eux: route de Furnas, 1580; rue Santo Amaro, 210; rue Belisário Távora, 581; avenue Niemeyer près de la Gruta da Imprensa; rue Benjamim Batista et le bidonville de l'Urubu.

L'analyse systématique de chacun des versants mouvementés s'est fondée sous les aspects suivants:

- a) Topographie
- b) Lithologie
- c) Structure géologique
- d) Manteau d'altération et colluvions
- e) Action humaine
- f) Circulation des eaux

Ces informations, à coté des caractéristiques présentées par les niches de départ et dépôts des mouvements ont fourni la clé pour une première mise au point des causes passives et nature des mouvements observées.

On a vérifié que l'action humaine a joué un important rôle pour le déclenchement des glissements sur des versants, déjà instables face aux caractéristiques présentées par la circulation des eaux superficielles et d'infiltration. On a observé autrément, que dans la majorité des cas étudiés la circulation des eaux et les processus d'altération resultants ont été orientés par la structure géologique et les formes topographiques.

Grosso modo, on peut ranger les versants mouvementés dans les quatre types suivants:

- a) zones diaclasées et altérées vers lesquelles convergent tantôt les eaux superficielles tantôt d'infiltration.
- b) endroits où le versant coupe obliquement une diaclase courbe qui sépare la dalle superficielle altérée (et permeable) de la dalle sousjacent peu altérée.
- c) versants où des diaclases courbes séparent des dalles rocheuses sousparallèles à la surface du terrain.
- d) dépôts de talus qui font le magasinage des eaux en aval d'escarpements rocheux.

Versão: MARIA CECÍLIA DE Q. LACERDA