

## DESEQUILÍBRIOS AMBIENTAIS NO SISTEMA ENCOSTA

Mauro Sérgio Fernandes Argento

## ABSTRACT

This paper refers to Catastrophes Environmentals Events on slope system. It shows to problems which occur on slope of brasilian relief. This events take place in urban slopes or in agricultural zone bringing hight economic damage.

This approache is: the main factors responsible by transformation of mass and energy within slope systems; To alert about the disorder when the men occupies unreasonable the urbans slopes, taking mass wasting and the agricultural slopes when remove the arable soils.

These points are analysed like important factors which contributes to environmental disaster.

In conclusion some suggestions are mentioned like us: The way which the man can occupy rationally a slope; The way which the man can mantain the environmental equilibrium.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho reveste-se de interesse por tratar de problemas que ocorrem nas encostas do relevo brasileiro. Esses eventos registram-se, não apenas em encostas urbanizadas, como também em encostas com atividade agrícola, sensibilizando mais quando ocorrem em locais densamente povoados de áreas metropolitanas pela repercussão imediata. São, no entanto, nas áreas agrícolas que tais eventos ocorrem em maiores proporções trazendo, inclusive, prejuízos econômico-financeiros para o país.

Compreende-se por encosta o declive existente nos flancos de elevações, colinas ou serras. Estes declives sofrem, ao longo do eixo tempo, alterações em sua continuidade ou regularidade cujas origens podem estar associadas a causas várias, tais como: erosão diferencial do solo, estrutura da rocha, diferente intensidade de intemperismo, movimentação de colúvio e, mesmo, fatores orgânicos de origem vegetal e/ou animal.

A ação contínua dos agentes de intemperismo agindo sobre a rocha constituinte da encosta, alterando-a física e/ou quimicamente, "in situ", dará formação a uma camada superficial de terra arável, possuidora de vida microbiana, que se denomina de solo. Algumas vezes esta camada é espessa; outras vezes, no entanto, pode-se apresentar como uma delgada película, ou, até mesmo, deixar de existir como no caso de afloramentos rochosos existentes em nossa cidade do Rio de Janeiro.

A conservação do solo das encostas e sua utilização racional pelo homem é um problema de importância capital, tendo seu estudo, nas últimas décadas, atraído a atenção de diversos estudiosos, brasileiros e

estrangeiros (Bigarella, J.J., 1965; Xavier da Silva, J., 1968; Mousinho de Meis, M.R., 1968; Ab'Saber, 1969; Ruhe, R.V., 1975; Fournier, F., 1975; Young, A., 1976; etc.).

Compreendemos a validade da preocupação sobre problemas, entre outros como da expansão demográfica, da industrialização em busca de uma produção maximizada, da obtenção geral de melhores níveis de salários, de educação e de saúde para o povo, pois representam uma evolução sensível no nosso "take off" para o desenvolvimento nacional. No entanto, achamos justificativa para, no estudo que ora apresentamos, renovar o interesse e alertar os administradores sobre os problemas inerentes às encostas, reunindo conhecimentos sobre a matéria, proporcionando informações que julgamos úteis e que poderão, esperamos, servir de subsídios ao planejamento sobre uma ação concentrada de defesa das encostas brasileiras.

#### Objetivos Específicos

- a) Apresentação dos fatores básicos responsáveis pela transformação de energia/massa dentro do sistema encosta;
- b) Alertar para a utilização inadequada das encostas, pelo homem, gerando movimentos de massa;
- c) Alertar para a utilização inadequada do solo arável das encostas, agindo como fator acelerador do desequilíbrio ambiental;
- d) Levantar sugestões de utilização racional das encostas.

#### PERSPECTIVAS DE ABORDAGEM

Especialistas de diferentes ramos desenvolvem estudos ambientais. O Geógrafo, também, tem-se preocupado com a análise dos ambientes da superfície terrestre, tratados em uma escala macroscópica ou regional.

Modernamente, as crescentes relações entre as ciências ambientais e a Estatística e Computação, incrementaram a aplicação de novas técnicas de pesquisa ao estudo de ambientes. Indiscutivelmente, importante contribuição conceitual foi fornecida, nos últimos anos, pela adoção da abordagem sistêmica aos estudos ambientais (Chorley, R.J. and Kennedy, B. A., 1971; Chorley, R.J., 1972). O grande potencial da perspectiva sistêmica é o de interação interdisciplinar. É certa, hoje, a tendência à formação de especialistas em diferentes setores específicos de conhecimento sem que, no entanto, se desconheça, no tratamento de um problema, a necessidade ou mesmo obrigatoriedade de entrosamento e entrecruzamento de conhecimentos de várias áreas do saber humano. Ciente deste fato é que, neste estudo sobre encostas, optamos por uma abordagem sistêmica.

Aqui, a metodologia adotada na abordagem sistêmica caracteriza-se por 4 fases principais. A primeira objetivando a definição dos problemas a serem analisados; a segunda, a execução de uma análise, em nível morfológico, onde se procura caracterizar e hierarquizar as formas com

ponentes do sistema. Também aí a natureza (constituição do terreno) e a localização das encostas são elementos essenciais de análise. Uma terceira fase é a denominada de nível encadeante onde são tratados os fluxos internos e externos do sistema em análise. Por fim, a interação destes dois últimos níveis mencionados levarão o estudo do problema a uma análise em nível de processo-resposta chegando-se, nesta etapa, a determinar "todas" as interações inerentes ao sistema.

O emprego desta metodologia poderá nortear o estabelecimento de um modelo representativo da encosta. Em conclusão, podemos afirmar que os modelos são, neste caso, as entidades operacionais utilizadas nas investigações que usam a perspectiva sistêmica. "É com eles que são levantadas e verificadas as hipóteses de trabalho e são eles que podem vir a constituir as conclusões formalizadas da pesquisa" (Xavier da Silva, J., 1974).

✕ Obviamente, tratando o presente estudo de desequilíbrios em encostas, a análise do funcionamento harmônico deste ambiente natural conduz-nos, preliminarmente, à definição de equilíbrio. O conceito de equilíbrio refere-se a uma condição em que o conjunto de forças atuantes no sistema leva a um balanceamento e a uma tendência à manutenção desta mesma condição. Rupturas nesta tendência à manutenção das condições naturais levam aos desequilíbrios ambientais, definidos como uma retroalimentação positiva (feedback positivo).

No entanto, sabe-se da capacidade de recuperação e do caráter cíclico dos sistemas naturais. O balanceamento de forças operantes nos sistemas reais faz com que estes se apresentem normalmente equilibrados, submetidos a um "feedback" dito negativo.

Conceitos mais complexos associados à noção de equilíbrio podem fornecer maiores perspectivas de análise científica.

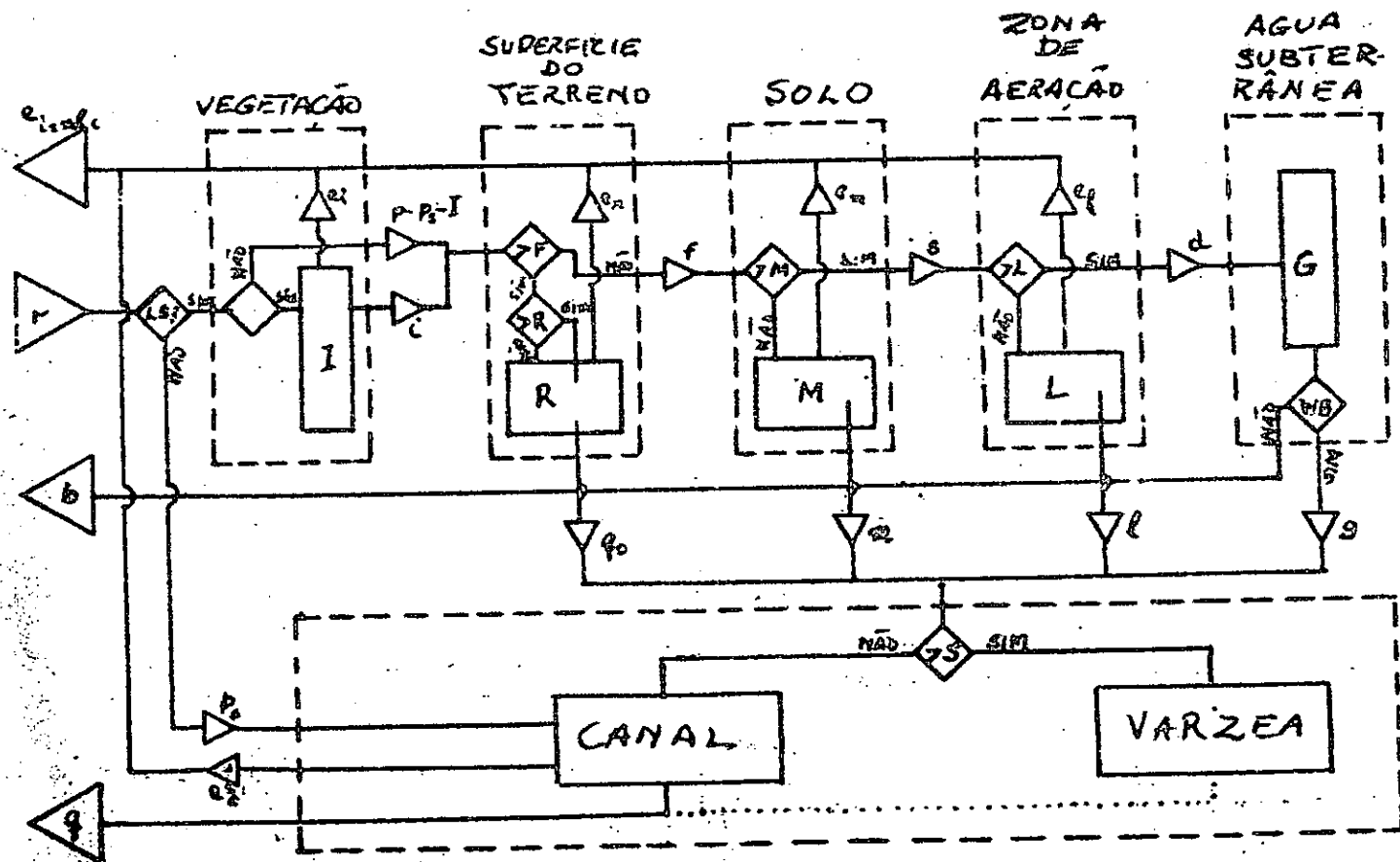
O estabelecimento de correlações entre fenômenos, o grau e o sentido do relacionamento entre as diferentes variáveis envolvidas no estudo de um caso, serão indicadores de "feedback" negativo ou de "feedback" positivo.

Os conceitos aqui emitidos têm um caráter estritamente operacional. A terminologia específica usada conduzirá, necessariamente, ao importante emprego, pelos pesquisadores de ambientes, de uma linguagem comum.

Um diagrama representando o fluxo de água superficial pelas partes componentes de um sistema-encosta é apresentado a seguir (Fig. 1). Julgamos fundamental, para um perfeito entrosamento operacional em pesquisas ambientais, a interação do binômio teórico-prático.

O Sistema-Encosta, que pode também ser considerado um subsistema do Sistema Terras Emersas, apresenta como partes componentes: áreas cobertas por vegetação, superfície do terreno, solo, zona de aeração e águas subterrâneas. Nesta fase, o estudo se restringiu a uma análise em nível morfológico (forma, natureza, localização). O fluxo de água circu-

S I S T E M A   E N C O S T A   -   C A L H A



Fonte: Ambientes e Sistemas - Xavier da Silva, J. & Fernandes Pereira, M.L. - 1974

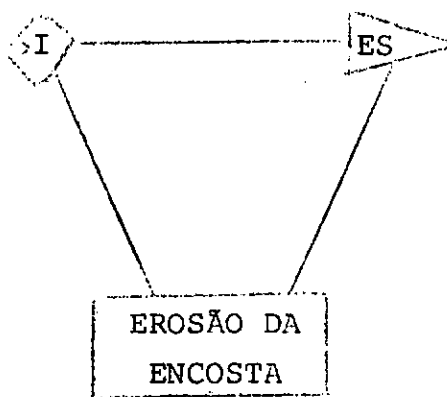
lante por essas partes componentes, interligando-as através suas funções internas e externas ao subsistema Calha, constitui a análise em nível encadeante. A chuva (input P) pode precipitar-se sobre a encosta ou cair diretamente no subsistema Calha. O regulador - **SE** - (Cai na Encosta?) informa o caminho seguido pelo fluxo de água originado pela precipitação atmosférica. A resposta negativa (N) indica que a água da chuva caiu diretamente na calha, isto é, no canal do rio; a resposta positiva (S) indica precipitação sobre a encosta.

Na análise da componente vegetação, a água da chuva pode cair ou não numa área coberta de vegetação. O regulador - **PV** - (Presença de Vegetação?) indica estas duas condições. Se a resposta dada for positiva (S), a água pluvial encontrou uma superfície com cobertura vegetal; parte desta água fica armazenada em **I** e outra parte continua seguindo seu caminho natural, exercendo suas funções normais. Na componente seguinte do Sistema (superfície do terreno) o INPUT é representado pela água vinda diretamente da precipitação, acrescida da água que não foi absorvida pela vegetação. A função externa completa o circuito aí, com a saída (output) representada pela evaporação ( $e_1$ ). O processo da análise das outras partes componentes do Sistema-Encosta é feito de forma análoga.

O Sistema estará em equilíbrio quando o somatório dos valores correspondentes aos INPUTS for igual ao total do somatório dos OUTPUTS e mais dos armazenadores.

A mensuração das variáveis diagnósticas constitui, muitas vezes, a parte mais trabalhosa da pesquisa sendo, no entanto, perfeitamente válida sua realização operacional para um conhecimento mais aprofundado da realidade ambiental.

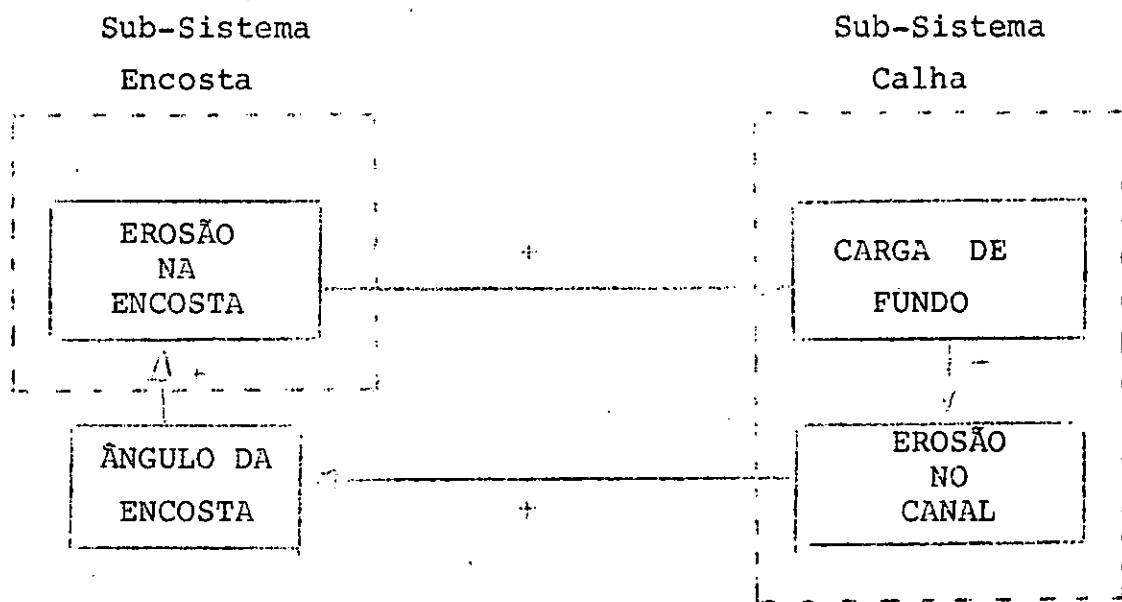
Diagnose de desequilíbrios ambientais pode ser detetada, quantitativamente, pelo exame dos relacionamentos entre pares de variáveis (Coeficiente de Correlação). O exemplo abaixo (After Melton, 1958; Chorley, pág. 134, 1971) mostra uma situação deste tipo.



onde I = infiltração  
ES = escoamento superficial

Neste exemplo observa-se que, aumentada a infiltração, diminui o escoamento superficial (-: relacionamento inverso); diminuindo o escoamento, diminui a erosão na encosta (+: relacionamento direto); diminuindo a erosão, normalmente haverá um aumento de infiltração. O caráter repetitivo dessa situação numa encosta ocasionará um desequilíbrio no ambiente, com todas as implicações dele decorrentes.

Tomando agora variáveis do Sistema já analisado; uma condição de homeostasia ou de auto-regulagem pode realizar-se, conforme exemplo abaixo.



Chorley e Kennedy - 1971 (pág. 136)

Um raciocínio análogo ao anterior conduz-nos, neste caso, a admitir uma tendência à manutenção de um equilíbrio de estado contínuo (Steady State).

O emprego deste tipo de abordagem pode basear-se, apenas, em elementos qualitativos como no diagrama Encosta-Calha; mas a possibilidade de mensuração quantitativa desses mesmos elementos torna a pesquisa menos subjetiva e, obviamente, mais elucidativa e, tanto quanto possível, mais próxima da realidade.

A perspectiva de abordagem, aqui exposta, é um poderoso instrumento de interação interdisciplinar por ser flexível e adaptável a diferentes níveis de conhecimento.

Para a plena utilização da abordagem sistêmica necessário se faz, para cada assunto a ser tratado, a aquisição de um cabedal significativo de conteúdo teórico, específico e sistemático. O levantamento das variáveis e seus relacionamentos diretos ou inversos, responsáveis pela diagnose de equilíbrios ou desequilíbrios no ambiente em estudo, a determinação das partes componentes do Sistema, a verificação de seus interrelacionamentos internos e externos, isto é, o conhecimento dos fluxos de energia e massa no Sistema, dependem do prévio conhecimento do assunto adquirido pelo pesquisador.

Nos dois capítulos que se seguem estão contidas informações sistemáticas e específicas do tema ora abordado.

## O COMPORTAMENTO DOS FATORES RESPONSÁVEIS PELA OCORRÊNCIA DE DESEQUILÍBRIOS AMBIENTAIS NA ENCOSTA

Cada vez mais nota-se uma intensificação desordenada da ocupação humana nas encostas, principalmente as das grandes metrópoles. Este fato, naturalmente, vem contribuindo para modificar o ambiente natural e, por vezes, altera a tal ponto o equilíbrio contínuo (Steady State) em que se acham as encostas que acaba por ocasionar desequilíbrios ambientais catastróficos. Em consequência, tal problema precisa ser estudado mais profundamente, não apenas com o intuito de remediar seus efeitos danosos mas principalmente para evitá-los.

Os fatores responsáveis pela ocorrência de desequilíbrios ambientais nas encostas podem ser de ordem passiva ou mediata e de ordem ativadora ou imediata.

### Fatores Passivos

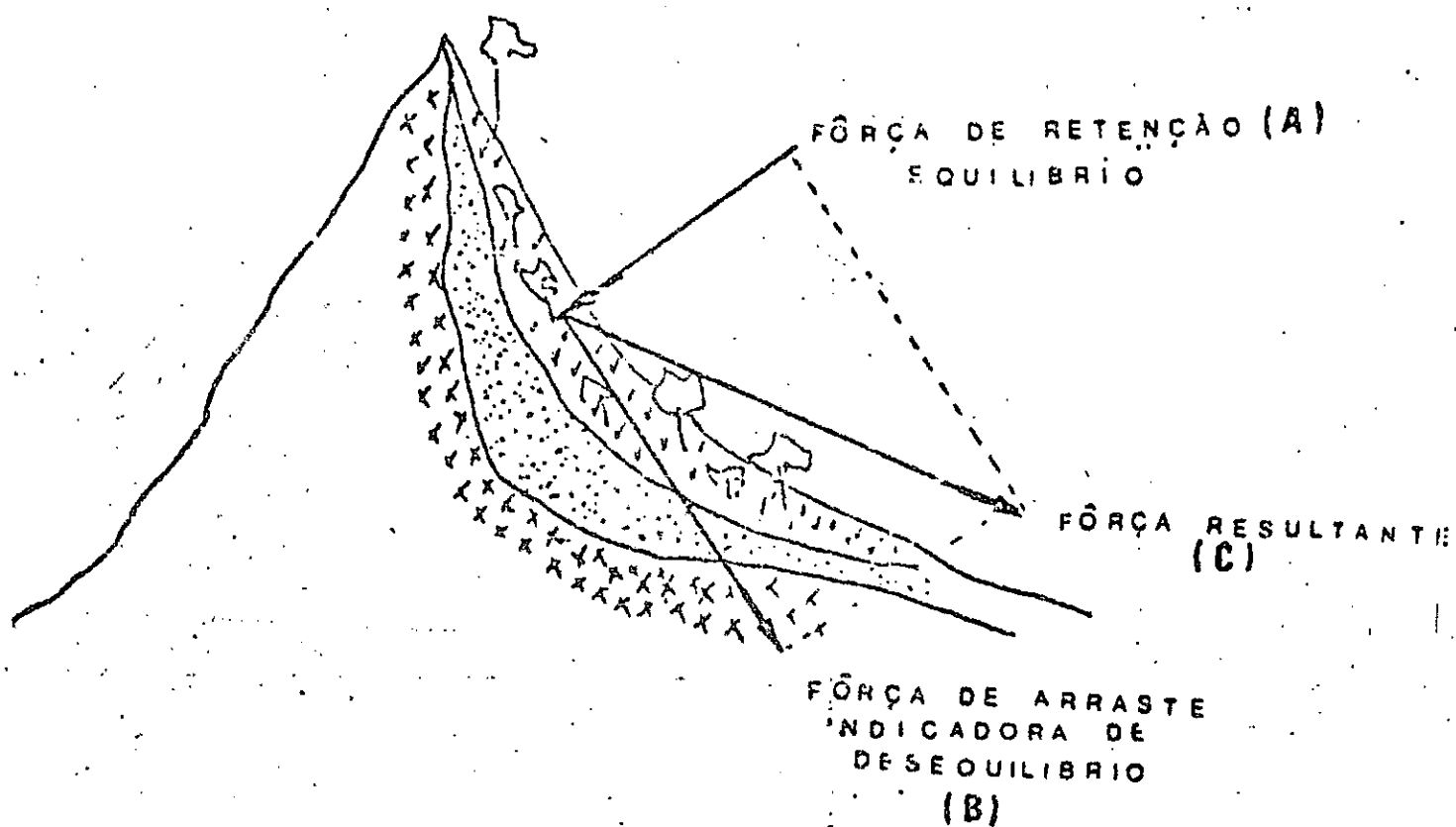
Compreende-se como fatores passivos os inerentes ao local em estudo como: o clima, a vegetação e a constituição do terreno.

O clima atua, principalmente, através dos regimes térmicos e pluviométricos. A amplitude de temperatura (diária, mensal e anual) e o regime de chuvas, concentradas ou regularmente distribuídas pelos meses do ano, são as noções climáticas que mais importam na evolução das encostas. As implicações decorrentes, principalmente, do comportamento do fator água nas encostas precisam ser bem conhecidas. A aceleração do intemperismo químico na intensidade de alteração da rocha matriz, a presença de maior espessura de solo arável nas encostas etc., são problemas ligados, além de vários outros, ao fator precipitação atmosférica.


A vegetação age, no presente contexto, como um fator retardador de desequilíbrios. As encostas que apresentam maior densidade de ocupação vegetal são, visivelmente, mais estáveis; ao contrário, as desprovidas de população vegetal apresentam uma evolução mais rápida. A cobertura vegetal, por conseguinte, atesta a presença de solo nas encostas, fator de retenção e, portanto, em última análise, controlador de equilíbrio natural do Sistema Encosta.

A denominação constituição do terreno (natureza da rocha) inclui: litologia, estrutura e propriedades. A geologia, vem auxiliar, aqui, a geomorfologia no estudo das formas de relevo. Informações sobre a maior ou menor coesão do material da encosta (solo ou rocha), o grau de plasticidade, a presença de intrusões (filões, diques, etc.), os arranjos e a dureza dos diferentes minerais componentes da rocha, os planos de contato das camadas (planos de deslizamento), a presença de diaclases (fraturas, juntas, falhas, etc.), a inclinação das camadas ou mergulhos dos estratos geológicos etc. são noções muito importantes no estudo das encostas, pois, segundo a condição em que se apresentem, vão desempenhar um papel retardador ou acelerador num possível desequilíbrio ambiental.

FIGURA - 2 -



 CRISTALINO

 "CAMADA" IMPERMEAVEL

 "CAMADA" PERMEAVEL



A permeabilidade, propriedade que tem o material em se deixar transpassar pela água de infiltração, é noção de grande importância num estudo de contenção de encosta. Desequilíbrios podem ocorrer quando uma camada permeável sobreposta a outra impermeável sofrer, por ocasião de chuvas torrenciais, o "empapamento" pela água de infiltração. Poderá haver, então, uma sobrecarga de água neste pacote superior sedimentar que, tendo seu limite crítico excedido, venha a ocasionar o rompimento do equilíbrio e deslizar, parcial ou totalmente, encosta abaixo. Tal situação está representada no diagrama seguinte (Fig. 2).

A dinâmica do equilíbrio aí é função de forças que atuam, simultaneamente, sobre a encosta: a força de retenção (A) - que engloba o processo de intemperismo e pedogênese e que age perpendicularmente à superfície do solo - e a força de arraste (B) - que engloba os processos de movimento de massa e escoamento superficial agindo, portanto, paralelamente à superfície do terreno. No entanto, é a resultante (C) deste paralelogramo de forças que vai comandar o equilíbrio ou desequilíbrio da encosta (C tendendo para B pode levar a um desequilíbrio com conseqüente movimento de massa encosta abaixo).

#### Fatores Ativadores

Estão aqui incluídos fatores de ordem natural e/ou fatores que englobam atividades do homem. Praticamente, tais fatores se referem aos descalçamentos das encostas e à sobrecarga do material sobre elas situado. São, muitas vezes, causa dos efeitos catastróficos que ocorrem em encostas de elevações em regiões urbanas.

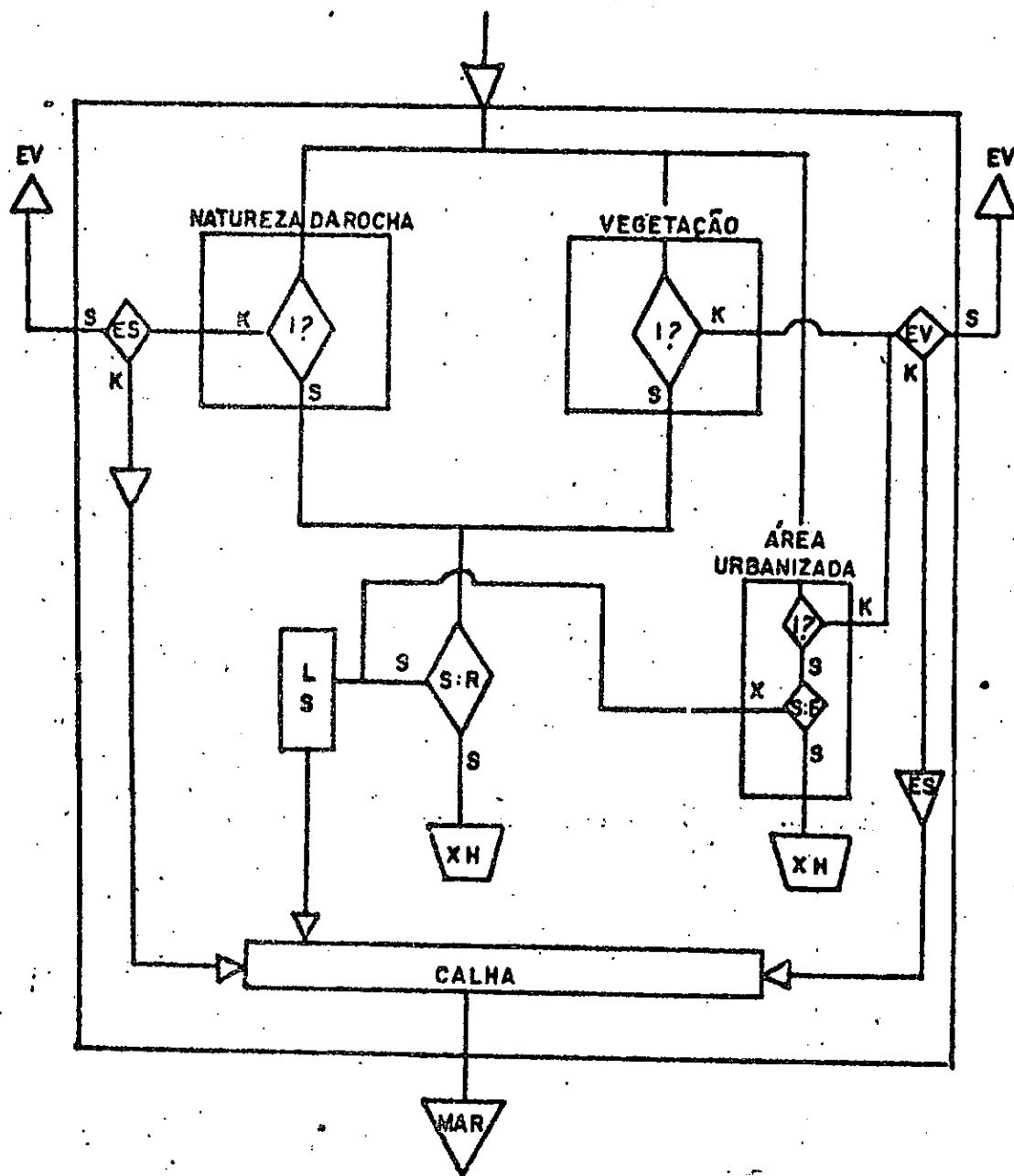
Os descalçamentos de encostas, levando ao rompimento do equilíbrio natural, pode ter origem no solapamento da base da encosta por um rio ou pelo mar (se for o caso de um costão rochoso, por exemplo).

Mais comum, no entanto, é o uso inadequado da encosta pelo homem. Arruamentos, desmontes e construção de estradas na base ou à meia-encosta (Rio-Santos, Rio-Petrópolis, por exemplo), são um perigo constante pois tais obras podem vir a romper a declividade justa à manutenção do equilíbrio em que se acha a encosta.

Movimentos de massa catastróficos podem ocorrer pela sobrecarga resultante das edificações desordenadas, encosta acima, feitas pelo homem. Acresce a isto o fato de que o pacote de material intemperizado, sobre a encosta, pode vir a se "empapar" com o acúmulo de água da chuva que nele se infiltra e se represa. A sobrecarga que isto poderá representar pode traduzir-se no rompimento do equilíbrio natural em que estava a encosta; atingindo o limite crítico, todo um espesso manto de material pode descer, declive abaixo, causando prejuízos não só materiais mas também ceifando vidas humanas.

Tratamos, no presente capítulo, de fornecer sucintamente os fatores básicos responsáveis pela transformação de energia/massa dentro do Sistema-Encosta. Em termos operacionais, os efeitos de desequilíbrios

FIG. 3



- LS - LENÇOL SUBTERRÂNEO
- ES - ESCOA
- EV - EVAPORA
- S R - SOBRECARGA MAIOR DO QUE RESISTÊNCIA
- I - INFILTRA
- P - PLUVIOSIDADE

nas encostas podem ser interpretados como sendo função destes fatores mencionados. Quantitativamente pode-se aplicar, ao estudo das encostas, uma análise multivariada onde técnicas estatísticas mais sofisticadas (regressão, Cluster, Trend, Fatorial, Discriminantes, etc.) aliadas ao uso de computadores serão as "ferramentas" adequadas para, de forma objetiva, avaliarem a ocorrência de tais eventos.

### Diagrama Sintetizador de Movimentos de Massa

A sistemática usada no estudo dos movimentos de massa baseia-se, primeiramente, na análise do comportamento dos fatores responsáveis pela ocorrência desses desequilíbrios ambientais. A significativa correlação existente entre tais movimentos e suas variáveis causais é vista, na representação sistêmica abaixo, numa visão esclarecedora da multiplicidade e complexidade de tais variáveis (causas mediatas e imediatas).

Neste diagrama, o Sistema-Encosta é apresentado como sendo um Sistema Aberto (existe troca de energia/massa com o exterior) e a perspectiva abordada é a da Caixa Cinza pois só algumas variáveis, que interagem no Sistema, foram consideradas.

As variáveis naturais (físicas) e os parâmetros sócio-econômicos incorporados aos primeiros, se passíveis de medição, podem conduzir o raciocínio lógico ou matemático à determinação da probabilidade que tem uma encosta de se movimentar. Uma equipe de especialistas nas várias áreas de conhecimento a que interessa este tipo de fenômeno pode chegar a determinar, pelo menos com relativo grau de certeza, o momento aproximado em que o limite crítico de resistência da encosta será atingido podendo, assim, evitar, se tomadas as providências cabíveis, movimentos de massa catastróficos.

### Classificação dos Movimentos de Massa

Compreende-se por Movimento de Massa "os movimentos de materiais na encosta, sob efeito da gravidade e sem participação de agentes independentes tais como água corrente, vento, etc.". Estes movimentos, em costa abaixo, podem ocorrer em forma de fluxo lento quase imperceptível (Creep - e solifluxão) ou em forma de fluxo rápido em que, ao contrário do primeiro, é comum a deformação interna do conjunto deslocado (deslizamento e desmoronamento).

Estes últimos movimentos de massa ocorrem, comumente, com auxílio maior ou menor da água que "empapa" o pacote superior intemperizado que recobre a rocha sã. É todo um imenso volume de material que pode se deslocar encosta abaixo, trazendo blocos ou matacões de vários tamanhos embutidos numa matriz plástica de material fino.

Há toda uma terminologia específica para definir tais tipos de movimento de massa (Flow, Slides, Fall), como: corrida de lama (mud flow); corrida de terra (earth flow); avalanche de detritos (debris avalanche); desmoronamento (slump); deslizamentos de terra (landslide); desliza-

mento de bloco (rockslides); etc.. A queda livre (fall) de material ou de blocos - debris fall ou rock fall -, este principalmente ao longo de escarpas muito íngremes, constituem exemplos significativos de movimento de massa em áreas onde aflora o cristalino muito fraturado.

Classificações outras existem baseadas num ou noutro fator relevante causador de movimento de massa. A apresentada aqui é a de Sharp, citada por Thornbury em "Principles of Geomorphology" - 1958.

### A EROSÃO NA ENCOSTA

A ação erosiva dos diferentes agentes naturais é responsável, nas encostas, pela retirada de espessas camadas de solo arável. No entanto, problema maior é o relacionado à chamada erosão acelerada que é a que ocorre quando o homem, alterando o sistema natural, chega a provocar o aumento da velocidade de erosão (Cooke, R.U. and Doornkamp, J.C., 1974). Em consequência, a erosão pode ser encarada como um processo natural na evolução das encostas ou encarada como um processo acelerador dos desequilíbrios ambientais quando da intervenção danosa do homem.

#### Como um Processo Natural dos Sistemas Ambientais

A água é, aqui, o principal agente natural do processo erosivo desenvolvido nas encostas. A erosão pela água envolve desde o impacto da gota d'água da chuva que, ao se precipitar ao solo, possui uma energia cinética de  $1/2 mv^2$  (função de sua massa e sua velocidade de caída) até os diferentes tipos de escoamento superficial sobre declives. O regime pluviométrico e os índices de pluviosidade (índices de concentração e de intensidade da chuva) são variáveis climáticas, importantes de medição, num estudo objetivo sobre a erosão do solo. As variáveis topográficas como declividade das encostas e espessura do regolito, medidas quantitativamente, definem áreas de maior ou menor potencial erosivo. O tipo e a percentagem de cobertura vegetal são dados importantes em função da ação atenuadora da vegetação, uma vez que ela protege o solo do impacto direto das gotas d'água da chuva e reduz a quantidade e a velocidade de água que, não se infiltrando, escoam pela superfície da encosta. Nas encostas de Durance e Drac, a degradação específica passa de 1.5 a 450 toneladas/km<sup>2</sup>/ano com o desaparecimento de uma cobertura florestal (Conservação do Solo - Fournier - pág. 56, 1975).

Quando o sistema natural alterado atinge o seu limite crítico, rompe-se o equilíbrio; a camada superficial de solo, agora exposta aos agentes externos de erosão, é retirada numa escala de tempo relativamente pequena, às vezes mesmo, inferior a dezenas de ano. A primeira manifestação decorrente deste fato é a diminuição da fertilidade natural dos solos, pois, por efeito da lixiviação (lavagem pelas águas pluviais) a que eles ficam submetidos, perdem parte, bastante substancial, do seu complexo sortivo (presença dos cations  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $H^+$ ,  $Al^{+++}$ ,  $Na^{++}$ ,  $K^+$ ). Se aumentar a intensidade da erosão, por influência do maior escoamento superficial,

até os horizontes A e B do solo poderão desaparecer. Sulcos produzidos nos terrenos das encostas pelo trabalho erosivo das águas de escoamento são chamados de ravina. Tais formas erosivas podem progredir encosta acima por erosão regressiva, podem alargar-se por erosão lateral nas bordas do sulco e se aprofundar por erosão profunda do leito da ravina. Em breve, grandes escavações em forma de colher ou de "rasgões" podem surgir, na superfície das encostas, formando voçorocas. São estas as duas principais formas resultantes da erosão natural nos declives das elevações.

Como já foi mencionado anteriormente neste trabalho, os ambientes naturais apresentam notável capacidade de recuperação; a regeneração da vegetação é relativamente rápida, mascarando as cicatrizes deixadas pela retirada de material tanto nas ravinas como nas voçorocas.

#### Como um Processo Acelerador dos Desequilíbrios Ambientais

O constante crescimento de população levou o homem à necessidade de ocupar, cada vez em maior escala, as encostas. No entanto, a falta de conhecimento sobre a maneira mais adequada de utilizá-la tem contribuído, significativamente, para que o homem da cidade e do campo adotem práticas que se tornam danosas à manutenção do equilíbrio natural da encosta. Os crescentes problemas urbanos e o tipo de tradição agrícola, num país em desenvolvimento como é o caso do Brasil levam, constantemente, à adoção e emprego de técnicas inadequadas e, conseqüentemente, a desequilíbrios ambientais de graves conseqüências.

À formação de ravinamentos e voçorocamentos considerados, aqui, como processos naturais no Sistema-Encosta, acresce a atuação danosa do homem podendo acelerar o processo de desequilíbrio neste ambiente em análise. Evidências de tal fato ocorreram na cidade de Franca (SP), 1974. (Tese de Doutorado de Vieira, A.M.N. de) onde: a garimpagem nas colinas (com a retirada de grande quantidade de material superficial e em profundidade); a exploração de cascalho das linhas de seixos aflorantes em cortes de estradas e encostas de vales; a abertura de valetas com profundidade de, às vezes, 2 metros, seguindo a declividade natural do terreno (servindo de separação de propriedades) ou construídas perpendicularmente ao declive das vertentes das colinas (com a concentração de água em suas partes terminais) e a canalização dos córregos Bagres e Cubatão provocando um aumento da capacidade de transporte, foram meios utilizados pelo homem para determinados fins que aceleraram, significativamente, o processo de voçorocamento nas encostas dos morros daquela cidade paulista gerando, inclusive, conseqüências desastrosas (vide tese citada).

Exemplos outros podem ser mencionados atestando ação aceleradora de processos de desequilíbrio das encostas. As favelas que surgem sobre os nossos morros; os arruamentos e as estradas, construídos na base ou à meia-encosta, provocando o descalçamento dessas encostas; as queimadas ainda tão utilizadas; o desmatamento desenfreado; a utilização de uma monocultura permanente e, ainda, o pisoteio do gado, são exemplos da utilização danosa que ocorre nas encostas do nosso relevo. Tais práti-

cas empregadas com desconhecimento total ou mesmo desprezo pelas causas passivas já mencionadas e variáveis de local para local da encosta, alteraram, significativamente, a sua estabilidade, ocasionando, por vezes, efeitos verdadeiramente catastróficos como, por exemplo, os movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro em 66/67 (Vide Mousinho de Meis, M.R. e Xavier da Silva, J.).

#### A MANUTENÇÃO DO EQUILÍBRIO: UMA PERSPECTIVA PARA O APROVEITAMENTO RACIONAL DO SOLO NAS ENCOSTAS

Ao longo do século XIX cristalizaram-se, na Europa, as idéias de luta contra a erosão nas vertentes das suas montanhas, procurando combater o mal em sua origem. Todos os esforços anteriores objetivavam, apenas, proteger as porções cultivadas de solo e os locais de aglomerações humanas, das inundações (nas planícies) e dos desmoronamentos (nas encostas). Somente em meados daquele século surgiram maiores preocupações com as causas de degradação dos solos. Na França, por exemplo, uma lei de 1882 (a "Administration des Eaux et Forêts") colocou em prática um plano de luta contra a erosão especialmente nas montanhas - áreas fontes de clásticos. No entanto, em nosso país, só nos últimos decênios, é que o homem da cidade e do campo se conscientizaram de tais problemas.

Na classificação de recursos naturais, o solo é tido como recurso renovável, isto é, gasta-se com o uso sendo, no entanto, suscetível à regeneração através práticas agrícolas adequadas de restauração dos solos.

No Brasil, estimativas estatísticas responsabilizam a erosão (não apenas nas encostas) pela perda de 280 mil hectares de terras, por ano. O problema se agrava considerando-se que o desgaste de uma camada de 15 cm de solo torna-o improdutivo (o "Estado de São Paulo", 16.05.1975). Desta forma, há necessidade imediata de uma retomada de consciência a fim de se preservarem e se regenerarem nossos solos uma vez que eles são um recurso natural renovável. No caso específico das nossas encostas, a procura de meios para manutenção de seus equilíbrios naturais traduz perspectivas de um aproveitamento racional do solo sobre elas constituído.

#### Planejamento para uma Utilização Racional do Solo

Sabe-se que o homem, mediante a utilização de métodos apropriados, pode modificar o estado estrutural dos solos. Num estudo do comportamento de solos, submetidos a uma determinada condição hídrica, é importante se objetivar o aumento da estabilidade de seu estado estrutural tanto para criar neles agentes resistentes à erosão como para dosar a infiltração e a retenção de água em áreas que apresentam maior segurança nas encostas. O estudo da composição química do solo, de sua estrutura geológica, de suas condições morfométricas, de suas áreas colonizadas por vegetação são, entre outros, aspectos a serem conhecidos, estudados e medidos, nos mantos intemperizados que recobrem as encostas. O controle da ocupa-

ção humana e uma campanha de esclarecimento de um uso mais racional dos solos em nossas encostas são problemas que devem caminhar em sincronismo. Queremos dizer, em outras palavras, que deve haver uma ação conjunta de especialistas das diferentes áreas de conhecimento referentes a esse assunto. Engenheiros, Economistas, Geólogos, Agrônomos, Geógrafos, Legisladores e Profissionais ligados à área de Educação e Saúde devem, sempre, manter um estreito relacionamento no desenvolvimento de trabalhos integrados como consideramos o de manutenção do equilíbrio nas encostas das elevações. Consciente deste fato é que desenvolvemos, neste estudo, a abordagem exposta no capítulo 2 deste trabalho, ou seja, a abordagem sistêmica.

### Controle de Comportamento (Evolução no Tempo e no Espaço)

No manejo ambiental das encostas estão associados os conceitos de utilização racional do solo e os de controle e conservação desses solos sobre a encosta. Kittridge afirma que conservação não é apenas manutenção mas, também, uso e que os processos de conservação dependem, fundamentalmente, dos procedimentos políticos. Mais recentemente, a programação do uso das terras e medidas de preservação e melhoramento de recursos agro-naturais são frutos de pesquisas experimentais (Correa, Altir, A.M., 1968), com objetivos de substituir, gradativamente, as práticas de queima de vegetação, de plantio indiscriminado encosta abaixo e de desproteção total ou parcial da mesma.

Praticamente, tal controle pode ser efetuado no sentido de contenção das encostas e de meios de conservação do solo sobre elas.

Relacionados à contenção de encostas são comumente usados muros de arrimo, utilizando diversas técnicas (concretamento, muralha de pedras com ou sem cercas de arame de aço, etc.). A colonização por vegetais como, por exemplo, gramíneas também vem sendo empregada no controle sobre a degradação das encostas. Práticas de restauração dos terrenos erodidos por ravinamentos e voçorocamentos demonstram a preocupação, já existente, em conter, ao longo do tempo e do espaço, os futuros desequilíbrios ambientais das encostas. São conhecidos os processos de convertimento das ravinas em canais artificiais estáveis, com dimensões apropriadas para a descarga da água pluvial, os de redução da velocidade do fluxo erosivo das ravinas pela construção de estruturas, tais como: "spillways" e açudes e os de criação de secções estáveis ao longo do canal entre tais estruturas.

Com relação à proteção da encosta e à conservação do solo sobre a mesma, são exemplos significativos a prática de cultivo em terraços. O espaçamento dos terraços é função do declive da encosta e a geometria dos canais paralelos de escoamento, entre os terraços, deve estar baseada em princípios hidráulicos bem estabelecidos.

Tal prática é de relevante importância em função da preservação da umidade no solo além de reduzir o gradiente da encosta. O cultivo em contornos, envolvendo plantações em curvas de nível e permitindo assim o livre trânsito de máquinas agrícolas, é outro meio empregado para

a conservação do solo nas encostas. Esta prática é de maior utilidade quando explorada em declives médios e sobre profundos solos permeáveis, oferecendo, no entanto, perigos à formação de ravinas. A rotação de culturas com legumes ou gramíneas num período mínimo de 1 a 5 anos, a aplicação de fertilizantes em quantidades racionais, a plantação de "cover crops" em áreas de cultivo sazonais de subsistência ("adubo verde"), constituem-se em outras práticas utilizáveis para conservação do solo em encostas.

#### A EXPERIÊNCIA EM ÁREAS TROPICAIS

Sobre o problema da erosão nas encostas do relevo brasileiro só existem alguns estudos isolados (Xavier da Silva, J.; Mousinho de Meis, M.R.; Machado Vieira, N. de; Bigarella, J.J.; Comissão dos Solos do Brasil - Ministério da Agricultura, etc.) e, portanto, insuficientes diante da gravidade do problema.

#### Perigos à Inadequação dos Modelos Importados

Se, por um lado, os solos tropicais são considerados ácidos, de baixa fertilidade e vulneráveis aos processos de laterização, por outro lado, o nosso clima tropical pelos altos índices de insolação e pela relativa abundância de água em quase todo o território brasileiro, dá opção, ao nosso agricultor, de desenvolver uma policultura eficiente desde que seja orientado adequadamente. No entanto, cuidado especial deve ser tomado com a utilização de modelos importados, normalmente construídos para ambientes de clima diferente do nosso que, se aplicado às nossas realidades ambientais forçosamente apresentarão resíduos significativos, podendo não corresponder à veracidade do ambiente brasileiro. Daí a necessidade de criarmos nosso próprio modelo de utilização racional das encostas, baseados, não apenas na compreensão dos sistemas físicos mas, também, considerando as características sócio-econômico-culturais do usuário de tais modelos, na cidade e no campo.

Cooke e Doornkamps em 1974 registraram, sobre o problema em foco, o seguinte: "uma consideração fundamental é que o sistema físico de uma área não pode ser compreendido em separado das atitudes sociais, culturais e econômicas e das condições das pessoas da área em estudo". Uma vez fica registrada a utilidade do emprego da abordagem sistêmica em estudos geo-ambientais, como é o caso presente. Como se pode depreender, a necessidade de uma interação interdisciplinar é novamente enfocada. Torna-se indispensável, a nosso ver, uma linha de ação integrada, objetivando a substituição de modelos importados por modelos (conceituais ou até mesmo matemáticos), estabelecidos indutivamente a partir do conhecimento da nossa própria realidade ambiental.



## Evolução Tecnológica

São características constantes, em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, a crescente necessidade de informações sistemáticas sobre assuntos específicos, a falta de recursos disponíveis para empreendimentos de pesquisas científicas e o descaso nos investimentos que não apresentem lucros imediatos e paupáveis. Estes fatores têm dificultado, sobremaneira, o desenvolvimento de estudos geo-ambientais em nosso país. Independentemente destes problemas, a sociedade científica brasileira tem participado na evolução tecnológica deste final de século XX. O emprego da matemática e estatística aliado aos conceitos teóricos fornecidos pelas gerações anteriores têm, cada vez mais, estendido seus campos de atuação em estudos ambientais. O uso do computador, comprovando tal fato, vem possibilitando o emprego de técnicas mais desenvolvidas e sofisticadas, impossíveis, sem o seu auxílio, face à extraordinária quantidade de dados numéricos a serem manuseados como, por exemplo, acontece quando da utilização de experimentos multivariados. O Projeto RADAMBRASIL vem trabalhando o maior repositório de informações naturais, em áreas contíguas, existentes no mundo além de implantar um Banco de Dados Geo-Ambientais essencial para o armazenamento, entrecruzamento e acompanhamento de todas essas informações geo-ambientais. O Instituto de Pesquisas Espaciais, em São José dos Campos - SP, possui uma tecnologia avançada ligada a informações fornecidas através do satélite artificial LANDSAT que cobre de 18 em 18 dias todo o território nacional.

Observa-se, pelo simples relato feito, que pesquisadores de diferentes áreas podem dispor hoje, no Brasil, para suas pesquisas, de uma gama de conhecimentos específicos e de um instrumental altamente sofisticado, inerentes à aquisição de uma tecnologia moderna.

### PERSPECTIVAS EDUCACIONAIS

Variáveis relacionadas à educação e saúde constituem pontos fundamentais para o desenvolvimento de um país, exigindo uma política direcionada de ação. Obviamente, metas de prioridades e escalas de atuação (a curto, médio e longo prazo) fazem-se necessárias. No entanto, a nosso ver, algumas medidas poderiam ser tomadas de imediato no sentido de contribuir para a aquisição, pelo homem, de um maior conhecimento dos problemas relacionados à utilização das encostas.

Uma campanha de esclarecimento a respeito de ocupação ordenada dos nossos morros seria válida. Então, conscientizar, para tais problemas, o agricultor do campo e o homem da cidade é tarefa fundamental para o controle da erosão acelerada e da preservação do equilíbrio ecológico. Fornecer conhecimentos básicos de como utilizar racionalmente o solo das encostas é, para nós, função educacional, realizável em diferentes níveis de ensino. Incrementar as pesquisas em Universidades e também em órgãos oficiais e/ou particulares, existentes no país ligados à pesquisa como o CNPq, Fundação Ford, IBM, Academia Brasileira de Ciências, RADAMBRA-

SIL, INPE, etc., são outros tantos focos de disseminação de conhecimentos. Convém lembrar também a utilização de técnicas de comunicação de massa (MIDIA) principalmente para aqueles que já ocupam, desordenadamente, esses ambientes.

Um rígido controle por órgão especializado, não só quanto à construção de "espigões" em declives como quanto à abertura de rodovias rasgando os nossos morros, é uma medida premente para minimizar os problemas trazidos por desequilíbrios ambientais, principalmente, em áreas urbanas.

Nas áreas rurais, escolas e cursos técnicos aí existentes poderiam esclarecer o homem do campo sobre o adequado uso potencial da terra (UPT), sobre a necessidade de plantio em curva de nível, sobre as diferentes opções de tipo de cultura e sobre a quantidade e tipo mais conveniente de fertilizante a ser usado nos vários casos. O objetivo a ser alcançado poderia levar à obtenção de maiores e melhores colheitas, com conhecimento, agora, de melhor usar o solo e proporcionar, quem sabe, a permanência do homem no campo.

Naturalmente, as opções de solução dos problemas aqui levantados podem já estar vigorando em áreas mais desenvolvidas do país. No entanto, como são fatos isolados e descontínuos, no tempo e no espaço, torna-se necessário uma tomada de consciência geral a fim de difundir tais iniciativas. A multiplicação de tais medidas, por um território grande como o nosso, seria o desejável em busca de um melhor padrão regional de utilização do solo brasileiro.

## CONCLUSÕES

Do exposto, alinhamos as seguintes conclusões:

- A abordagem sistêmica em estudos geo-ambientais possibilita a aplicação de uma metodologia de interação de conhecimentos necessária para uma melhor compreensão da realidade em estudo;
- A sistematização dos conceitos teóricos em bases operacionais e a utilização da Matemática e Estatística aliadas às técnicas computacionais revestem-se, no atual contexto, de importante subsídio para o desenvolvimento de uma moderna pesquisa ambiental;
- Os ambientes naturais apresentam uma extraordinária capacidade de recuperação. Eventuais situações de desequilíbrios nas encostas tendem, por si só, a retomar uma nova posição de equilíbrio. É um exemplo disso a rápida regeneração vegetal que ocorre nas áreas atingidas por ravinamentos e voçorocamentos e nos locais das cicatrizes deixadas pelos movimentos de massa;

- A erosão acelerada (oriunda da ação inadequada do homem) age como um processo acelerador de desequilíbrios. A falta de controle nas encostas, principalmente de áreas urbanas, tem trazido consequências desastrosas em termos econômico-sociais, como vimos pelos exemplos citados anteriormente;
- As causas ligadas a desequilíbrios no Sistema-Encosta são complexas mas, se diagnosticadas e mensuradas, podem minimizar o problema de tais desequilíbrios;
- A contenção de encosta se faz indispensável através: muros de arrimo, plantio de gramíneas, fixação de lajes diaclasadas, planejamento em áreas urbanas quanto à construção de arruamentos e estradas, desmontes, etc.;
- A conscientização da necessidade de uso rotativo de culturas, de plantio em terraceamentos ou em curvas de nível, o uso adequado de fertilizantes para conservação do "verde", são algumas opções indicadas para a área rural;
- O comportamento dos fatores passivos, que agem sobre a encosta, tende a não se modificar por extenso o período de tempo. Então, a diminuição dos desequilíbrios ambientais no Sistema-Encosta e sua respectiva ocupação ordenada ficam, assim, praticamente, ligados ao controle adequado dos fatores ativadores. O esclarecimento em bases operacionais (científicas, sociais e econômicas) a aqueles que já exercem desordenadamente o manejo da encosta, a conscientização daqueles que irão ocupá-las futuramente e a implementação de planos de pesquisa desenvolvendo modelos condizentes à realidade brasileira, constituem perspectivas de ação que julgamos válidas;
- Atenção à uma política adequada que estabeleça um zoneamento criterioso do uso do solo indicativo, inclusive, de áreas críticas limitantes a determinados tipos de ocupação.

#### BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. - 1969 - As Voçorocas de Franca - Plano de Desenvolvimento de Franca, diagnóstico Franca, 201-205.
- AMARAL, J.E. & FUCK, G.F. - 1973 - Sobre o deslizamento da camada - Turfosa, ocorrido em Campos do Jordão, em agosto de 1972. Bol. Inst. Geoc., Univ. São Paulo (4): 21-37.
- BARATA, F.R. - 1969 - Landslides in the Tropical Region of Rio de Janeiro. In: Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 7ª, Anais México, vol. 2, pg. 507-516.
- BERTALANFFY, L.V. - 1969 - General Systems Theory; Foundations, Development, Applications New York, G. Braziller, 289 pp.

- BIGARELLA, J.J. - 1965 - Considerações a respeito da evolução das vertentes. Boletim Paranaense de Geografia, Curitiba, Seção Regional do Paraná (16/17), pp. 85-116.
- CABRERA, J.G. - 1974 - Aspectos da Geologia de Engenharia da Encosta da Serra de Cubatão. SP. Light. 12 pp. (publicação para o 29 Congresso da I.A.E.G.).
- CHORLEY, R.J. - 1972 - Spatial Analysis in Geomorphology. Harper & Row, New York, 393 pp.
- CHORLEY, R.J. & KENNEDY, B.A. - 1971 - Physical Geography - A systems approach - Prentice Hall, 370 pp.
- CHRISTOFOLETTI, A. - 1968 - O fenômeno morfogenético no município de Campinas. Notícia Geomorfológica, 31(6), pp. 3-97.
- CHRISTOFOLETTI, A. - 1974 - Geomorfologia. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, EDUSP.
- COMISSÃO DE SOLOS DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - 1958 - Levantamento e Reconhecimento dos Solos no Brasil. Contribuição à Carta de Solos do Brasil. Centro Nacional de Pesquisas Agronômicas do Rio de Janeiro - Brasil.
- CONSELHO NACIONAL DE PESQUISAS - 1967 - Os movimentos de encosta no Estado da Guanabara e regiões circunvizinhas. Rio de Janeiro. CNPq, 131 pp.
- COOKE, R.V. & DOORNKAMP, J.C. - 1974 - Geomorphology in environmental management - an introduction. Clarendon Press, Oxford, 413 pp., England.
- CORREA, ALTIR, A.M. et alii - 1968 - Revolução Tecnológica - Ministério da Agricultura. Brasília, 35-43 pp.
- COSTA NUNES, A.J. da - 1969 - Landslides in soil of decomposed rock due to intense rainstorms. In: Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 79, Anais. México, vol. 2, pp. 547-554.
- COSTA NUNES, A.J. da - 1971 - Fatores geomorfológicos e climáticos na estabilidade de taludes de estrada. Revista Latino Americana de Geotecnia, Caracas. Sociedad Venezolana de Mecanica del Suelo e Ingenieria de Fundaciones (3), outubro/dezembro.
- CURSO DE GEOGRAFIA PARA PROFESSORES DO ENSINO SUPERIOR - IBGE - 1968 - Movimentos de Massa, pp. 14. Erosão acelerada e movimentos nas encostas, pp. 18.
- DOMINGUES, A.J.P. e outros - 1971 - Serra das Araras - os movimentos coletivos do solo e aspectos da flora. Rev. Bras. de Geografia, 33 (3), pp. 3-51.
- FOURNIER, J. - 1975 - Conservacion del Suelo, Córdoba, España.

- FOX, P. - 1964 - Geology exploration and drainage of the Serra Slide, Santos, Brazil. In: Kiersch, G.A. Engineering Geology case Histories: Numbers 1-5. New York, The Geological Society of America, pp. 17-23.
- FREIRE, E.S. de M. - 1965 - Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática. Construção, Rio de Janeiro (95): 10-18.
- GREHS, S.A. - 1969 - Observações geológicas e geotécnicas em Guaratuba, Estado do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 23ª, Anais, Salvador, SBG, pp. 255-263.
- GUIDICINI, G. & PRANDINI, F.L. - 1974 - O caso de escorregamento de Vila Albertina: seu significado em termos de planejamento urbano. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos, 5ª, Anais. São Paulo, ABMS, vol. 1, tema 3, pp. 405-411.
- GUIDICINI, G. & NIEBLE, C.M. - 1976 - Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo, EDUSP, Ed. Edgard Blücher.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - Divisão de Minas e Geologia Aplicada - 1974 - Estudos geológicos e geotécnicos para implantação de usina reversível de Caraguatatuba, SP, fase de planejamento. São Paulo, IPT. 3 vol. (relatório nº 7661) (emitido pela DMGA para a CESP).
- JONES, F.O. - 1973 - Landslides of Rio de Janeiro and the Serra das Araras escarpment, Brazil. Washington, United States Printing Office, 42 pp. (Geological Survey Professional Paper, 697).
- MACHADO, J. & BIERRENBACH, J.A. - 1956 - Estudo de um escorregamento e de Terra. São Paulo, IPT, 14 pp., publicação IPT 34.
- MOUSINHO MEIS, M.R. & XAVIER DA SILVA, J. - 1968 - Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro. Rev. Bras. de Geografia, pp. 55-73, 30(1).
- PETRI, S. & SUGUIO, K. - 1971 - Características granulométricas dos materiais de escorregamentos de Caraguatatuba, São Paulo, como subsídio para o estudo da Sedimentação neocenozóica do Sudeste Brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25ª, Anais, São Paulo. SBG, vol. 1, pp. 71-82.
- PICHLER, E. - 1957 - Aspectos geológicos dos escorregamentos de Santos. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, SP, 6(2): 69-77, setembro.
- RODRIGUES, J.C. & NOGAMI, J.S. - 1950 - Estudos de Geologia Aplicada na Via Anchieta. In: Congresso Internacional de Estradas de Rodagem, 8ª, Rio de Janeiro, pp. 19-27.
- RODRIGUES, J.C. & NOGAMI, J.S. - 1950 - Geologia do escorregamento da cota 95 da Via Anchieta. In: Congresso Nacional de Estradas de Rodagem, 8ª, Rio de Janeiro, pp. 9-14.
- RUHE, R.V. - 1975 - Geomorphology - Boston Houghton Company, 21-64 pp.

- STERNBERG, H.O.R. - 1949 - Enchentes e movimentos coletivos de solo no vale do Paraíba em dezembro de 1948: influência da exploração destrutiva de terras. Rev. Bras. de Geografia, pp. 67-105, abril/junho.
- TEIXEIRA, A.H. & HANJI, M.A. - 1970 - Estabilização do escorregamento da encosta na serra da área da cota 500 da Via Anchieta. Rio de Janeiro, ABMS, vol. 1, tema 4, pp. 33-53.
- TERZAGHI, K. - 1967 - Mecanismos dos escorregamentos de terra. Escola Politécnica da USP, 41 pp., SP, transcrito da Rev. Politécnica nº 167, julho/agosto-1952.
- THORNBURY, W. - 1958 - Principles of Geomorphology. John Wiley & Sons, Inc. N.Y., 627 pp.
- VARGAS, M.; PICHLER, E. & SILVA, F.P. - 1956 - Análise de dois escorregamentos do solo residual em Santos. São Paulo, IPT, 22 pp. (Relatório de Pesquisa 1).
- VARGAS, M. - 1966 - Estabilização de taludes em encostas de gnaisses decompostos. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos, 3º, Anais, Belo Horizonte, vol. 1, seção 6, pp. 32-44.
- VARGAS, M. - 1971 - Discussão. In: Congresso Pan-Americano de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 4º, Anais, Porto Rico, ASCE, vol. 3, seção 2, pp. 135-143.
- VIEIRA, N.M. - 1974 - O desequilíbrio do quadro natural de Franca (SP) e a formação de Voçorocas. Rev. Bras. de Geografia, ano 36, nº 4, outubro/dezembro, 131 pp.
- XAVIER DA SILVA, J. - 1968 - Contribuição ao Planejamento de Pesquisas de Movimentos de Massa. Rev. Bras. de Geografia, ano 30, nº 3, Fund. IBGE.
- XAVIER DA SILVA, J. e FERNANDES PEREIRA, M.L. - 1974 - Ambientes e Sistemas. Introdução à Pesquisa. Publicação Didática - IG/UFRJ.
- YOUNG, A. - 1976 - Tropical Soils Survey. Cambridge University Press. London, 468 p.
- MANUAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO - Técnicos do Serviço de Conservação do Solo da Secretaria de Agricultura dos Estados Unidos da América.