

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

A EROSÃO EM MICROBACIAS E AS SUAS
CONSEQUÊNCIAS SOBRE OS CANAIS
EFÊMEROS, INTERMITENTES E PERENES

ANTONIO PAULO DE FARIA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)

APROVADA:

Prof. Dr. JORGE S. MARQUES (orientador) _____

Prof. Dr. DIETER MUEHE _____

Prof. Dr. ANTONIO J.T.GUERRA _____

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Dezembro de 1992

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

A EROSÃO EM MICROBACIAS E AS SUAS
CONSEQUÊNCIAS SOBRE OS CANAIS
EFÊMEROS, INTERMITENTES E PERENES

ANTONIO PAULO DE FARIA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Dezembro de 1992

T
1106
F2245-e

UFPA

Centro de Ciências e Letras
de Natureza
Biblioteca

N.º REGISTRO

039269-3 27/04/93

ORIGEM

Doação I. Gr.

inv. jul. 197

inv. 2011

inv. 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

FARIA, Antonio Paulo.

A Erosão em Microbacias e as Suas Consequências Sobre os Canais Efêmeros, Intermitentes e Perenes/ Antonio Paulo de Faria. Rio de Janeiro: UFRJ, 1992.

x, 94 p.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado). Univ. Federal do Rio de Janeiro/PPGG, 1992.

Bibliografia: p. 88-94. 4 Anexos.

1 - Variação do comprimento dos fluxos dos canais fluviais. 2 - Hidrodinâmica dos solos. 3 - Erosão das encostas e sedimentação. I. UFRJ/PPGG . II. Título.

AGRADECIMENTOS

- Ao meu orientador Prof. Dr. JORGE SOARES MARQUES, pela valiosa orientação e pela infraestrutura do projeto "Geomorfologia do Sul do Estado do Espírito Santo", apoiado pelo **CNPq**.

- À Usina Paineiras, pelo fornecimento dos dados de pluviosidade do município de Itapemirim (ES).

- Ao geólogo (M.Sc.) CLAUDIO LIMEIRA MELLO, pela contribuição dada pelas sugestões e leitura crítica.

- Ao geólogo GERALDO LUIS S. LINO, pela revisão de texto.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a variação do comprimento dos canais fluviais e a influência da agricultura sobre essa dinâmica. Foram feitas investigações em cinco microbacias no estado do Espírito Santo, visando diagnosticar as condições dos canais situados nas áreas de cabeceira de drenagem. Procurou-se efetuar um estudo integrando os processos erosivos de encosta aos processos fluviais.

Foi estimada para a área uma taxa erosiva média de 26 t/ha/ano, chegando numa situação extrema, em certos locais, a 1.625 t/ha/semana. Isto corresponde a um rebaixamento de cerca de 30 cm no nível superficial do solo e uma redução média de 28% da porosidade, em quase um século de atividades agrícolas. Do volume total de material erodido que chega aos canais, estimou-se que cerca de 20% são transportados pelos fluxos e 80% ficam nas calhas como depósitos permanentes.

Como conseqüências desses processos, ocorreram: alterações no nível médio do lençol freático, entulhamento das calhas e migração das nascentes para jusante. Disto originaram-se ajustes em direção a um novo equilíbrio do sistema fluvial, aumentando a extensão dos canais efêmeros e diminuindo a extensão dos canais intermitentes e perenes, o que significa um aumento dos fluxos torrenciais com o incremento do "runoff" e diminuição da vazão média dos canais.

ABSTRACT

This thesis concerns the stream length change and the agricultural influence on its dynamics. Surveys were carried out on five small basins in Espirito Santo State, with the purpose to diagnose the channel conditions located in headwater areas. Research was made integrating the slope erosive processes with the fluvial processes.

An average erosion rate of 26 t/ha/year, was estimated for the area. In some places, peaks of 1,625 t/ha/week were reached. This represents a lowering of the ground surface of nearly 30 cm and a average of 28% decrease in the soil porosity, during almost a century of agricultural activity. Approximately 20% of the eroded material which reaches the channel are carried by the flows and 80% remains within the channel as permanent deposits.

Some consequences of these processes were: interference on the average water table level, channel fill up and the downstream migration of the spring. All these processes originate a adjust the fluvial network to a new equilibrium state, governed by the growth of the length of ephemeral channel, the increase of flash floods from runoff and the decrease in the length of intermitent and perennial channels and their flux average.

ÍNDICE

	v
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>CARACTERÍSTICAS DOS CANAIS EFÊMEROS, INTERMITENTES E PERENES</u>	5
2.1 - CANAIS EFÊMEROS	6
2.2 - CANAIS INTERMITENTES	8
2.3 - CANAIS PERENES	10
3 - <u>REVISÃO TEMÁTICA</u>	12
3.1 - DENSIDADE DE DRENAGEM COMO ÍNDICE DE VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO DOS CANAIS	12
3.2 - FATORES QUE CONDICIONAM A VARIAÇÃO NO COMPRIMENTO DOS FLUXOS DOS CANAIS FLUVIAIS	12
3.2.1 - Pluviosidade	13
3.2.2 - Alterações das Condições Físicas dos Solos	16
3.2.3 - A Influência da Cobertura Vegetal Sobre o Lençol Freático	19
3.2.4 - A erosão das Encostas Devido às Atividades Agrícolas	22
3.2.5 - As Consequências da Erosão das Encostas Sobre os Canais Fluviais	24
4 - <u>ÁREA DO TRABALHO</u>	28
4.1 - GEOLOGIA	28
4.2 - GEOMORFOLOGIA	29
4.3 - SOLOS	30
4.4 - CLIMA	30
4.5 - OCUPAÇÃO E USO DO SOLO	31
5 - <u>DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO</u>	35
5.1 - MÉTODOS E TÉCNICAS	36
5.1.1 - Variação dos Totais de Pluviosidade	36
5.1.2 - Características Granulométricas dos Solos das Encostas e dos Depósitos nas Calhas de drenagem	38

5.1.3 - Volume de Solo Erodido das Encostas	39
5.1.4 - Densidade Aparente do Solo	40
5.1.5 - Taxa de Infiltração de Água no Solo	41
5.1.6 - Vazão dos Canais Fluviais	41
5.1.7 - Dados Morfométricos das Microbacias	43
5.1.8 - Dados Referentes ao Uso do Solo	43
6 - <u>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</u>	44
6.1 - DADOS MORFOMÉTRICOS E USO DO SOLO DAS MICROBACIAS	44
6.1.1 - Microbacia 1	44
6.1.2 - Microbacia 2	44
6.1.3 - Microbacia 3	45
6.1.4 - Microbacia 4	45
6.1.5 - Microbacia 5	46
6.2 - VARIAÇÕES DOS TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS	49
6.3 - TAXA DE INFILTRAÇÃO E DENSIDADE APARENTE DOS SOLOS	51
6.4 - EROÇÃO DAS ENCOSTAS	55
6.5 - CAPACIDADE DE EVACUAÇÃO DOS SEDIMENTOS DAS CALHAS DAS MICROBACIAS	61
6.6 - CARACTERIZAÇÃO DA GRANULOMETRIA E COR DAS AMOSTRAS DOS SOLOS DAS ENCOSTAS	63
6.7 - CARACTERIZAÇÃO DA GRANULOMETRIA E COR DAS AMOSTRAS DE CALHAS	67
7 - <u>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</u>	72
8 - <u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	82
8.1 - CONCLUSÕES	82
8.2 - RECOMENDAÇÕES	83
9 - <u>BIBLIOGRAFIA</u>	88
ANEXOS I, II, III e IV	

LISTA DAS FIGURAS

vii

FIGURA	Página
1 - Hierarquização dos canais efêmeros	8
2 - Estrutura hierárquica das redes de drenagem.	11
3 - Mapa de localização.	28
4 - Localização das microbacias.	33
5 - Encosta preparada para receber novas mudas de cana	34
6 - Seis meses posteriores, a mesma encosta com cana.	34
7 - (Fluxograma) - Fatores que condicionam o comportamento dos fluxos dos canais fluviais.	35
8 - Mapa de localização das estações pluviométricas.	37
9 - Medição do comprimento, largura e profundidade das ravinas.	39
10 - Utilização de árvores para estimar o rebaixamento do nível da superfície do solo.	40
11 - Anéis de PVC para obtenção da densidade aparente do solo.	41
12 A e B - Utilização de cilindro infiltrômetro para determinar taxas de infiltração de água no solo.	42
13 - Microbacia 1.	47
14 - Microbacia 2.	47
15 - Microbacia 3.	47
16 - Microbacia 4.	48
17 A e B - Microbacia 5.	48
18 - (Gráfico) Pluviosidade anual.	49
19 - Variação da posição da nascente da microbacia 1	50
20 - (Gráfico) Correlação entre taxa de infiltração e densidade aparente do solo.	54
21 - Encosta da microbacia 3 com ravinamento.	56
22 - Ravina produzida na encosta da microbacia 4.	57
23 - Microbacia 4 com culturas de mandioca e com as encostas ravinadas.	58

24 - Cana em fase de corte.	58
25 - Encosta da microbacia 5 arada e com linhas de covas no sentido vertical à declividade.	60
26 - Calha da microbacia 3.	62
27 - Cores das amostras de solos e depósitos de calhas.	64
28 - Perfis granulométricos da microbacia 1.	65
29 - Perfis granulométricos da microbacia 5.	66
30 - Perfis granulométricos da microbacia 2.	69
31 - Perfis granulométricos da microbacia 3.	69
32 - Perfis granulométricos da microbacia 4.	70
33 A - Cores das amostras dos depósitos de calha da microbacia 2.	71
33 B - Cores das amostras dos depósitos de calha da microbacia 4.	71
34 - Trincheira aberta no talvegue da microbacia 3.	73
35 - Talvegue da microbacia 1.	74
36 - Fundo do vale da microbacia 4.	75
37 - Talvegue da microbacia 3, com estruturas primárias.	77
38 - (Fluxograma) Relação causa-efeito dos processos que atuam nas microbacias do sul do Espírito Santo.	79
39 - Esquema da evolução da ocupação das microbacias e as consequências nas encostas e nos canais.	81
40 A e B - Plano de uso das encostas e dos fundos de vale.	86
41 A e B - Barreira-viva nas encostas.	87
ANEXO I - Método do cilindro infiltrômetro.	

LISTA DAS TABELAS

Tabela	Página
1 - Alteração na variação da vazão em função do desmatamento (MAACK, 1968).	20
2 - Perda de água e solo em relação à cobertura vegetal (UNESCO, 1982).	22
3 - Perdas de solo por estágio de desenvolvimento das culturas e tipo de preparo do solo (BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985)	24
4 - Influência das práticas conservacionistas no controle da erosão (BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985).	24
5 - Variação da temperatura do solo em relação ao tipo de cobertura, no município de Itapemirim - ES (FARIA, 1989).	31
6 - Taxa de infiltração de água e densidade aparente dos solos - Microbacia 1	53
7 - Taxa de infiltração de água e densidade aparente dos solos - Microbacias 2 e 3.	53
8 - Taxa de infiltração de água e densidade aparente dos solos - Microbacia 4 e 5.	54
ANEXO IV - Granulometria e cores dos perfis das microbacias 1, 2, 3 e 4.	

1 - INTRODUÇÃO

O desmatamento e a erosão das encostas, causados por práticas agrícolas inadequadas, vêm acelerando processos que alteram o teor de umidade no fundo dos vales e o assoreamento das calhas fluviais, com o aumento do volume de material erodido e transportado. Isto afeta a hidrologia das áreas de cabeceira de drenagem, influenciando os recursos hídricos em termos de qualidade e volume de água estocada nos solos e escoada pelos canais. Tais problemas vêm se tornando comuns nas microbacias de muitas regiões brasileiras.

Os processos que atuam nas áreas de cabeceira de drenagem têm sido objeto de inúmeros trabalhos, destacando-se, principalmente, pesquisadores britânicos, geógrafos em sua maioria. No Brasil, há uma enorme carência de pesquisas sobre essa temática, fato este constatado por CHRISTOFOLETTI (1982).

Trabalhos vêm sendo feitos na tentativa de mensurar e entender melhor os processos erosivos em microbacias brasileiras, mas as investigações se limitam, em muitos casos, à uma abordagem unilateral da erosão nas encostas. O mesmo ocorre quando se estudam os processos fluviais, não havendo, na maioria das vezes, uma tentativa de correlacionar a dinâmica fluvial com os processos que ocorrem nas encostas, voltando-se as atenções para os baixos cursos dos grandes rios, onde há demanda imediata de conhecimento para construção de barragens e para resolver problemas de enchentes e secas. Desta forma, surge um espaço pouco conhecido, que é o das áreas de cabeceiras de drenagem, que fazem um importante elo entre as encostas e a rede fluvial. Para o melhor entendimento desta problemática, é necessário um melhor conhecimento da dinâmica das áreas de cabeceiras de drenagem, precisamente do comportamento dos canais efêmeros, intermitentes e perenes que as drenam.

GREGORY & WALLING (1968), BLYNTH E RODDA (1973), DAY (1978) e CALVER (1990), fizeram trabalhos sobre a dinâmica da variação do comprimento dos fluxos nas calhas fluviais e estabeleceram que o entendimento desse processo pode ajudar a compreender outros processos relativos às bacias de drenagem, como variação das vazões, enchentes, secas e assoreamentos. Estes autores se preocuparam em analisar os fatores naturais que controlam essa dinâmica.

OVENDEN & GREGORY (1980), BURT & GADINER (1982), CHRISTOFOLETTI (1982 e 1983) e KNIGHTON (1984), comentando os trabalhos daqueles autores, enfatizaram que as atividades antrópicas também formam um fator importante a ser levado em consideração nessa análise.

CHRISTOFOLETTI (1982:351) e KNIGHTON (1984:17), mostram que a variação do comprimento dos fluxos dos canais fluviais é determinada por dois grupos de fatores: o primeiro é climático, destacando a pluviosidade, e o segundo, inclui um complexo interligado relativo à litologia, topografia, vegetação e condições físicas dos solos. O homem pode interferir indiretamente sobre esse processo, através do desmatamento e alterações dos solos, e diretamente, com construções de reservatórios, irrigação e urbanização.

Assim a importância da análise da variação do comprimento dos fluxos nas calhas de drenagem, resume-se no sentido de ser um processo sensível aos diversos fatores que ocorrem nas áreas de cabeceira de drenagem. O entendimento dessa dinâmica leva a uma melhor compreensão de como se interagem os processos hidrológicos de encosta e processos fluviais.

FARIA (1989), observou condições de anormalidades nas microbacias no Sul do estado do Espírito Santo, devido a ausência de calhas de drenagem naturais e de fluxos perenes na superfície. De forma teórica, explicou que as redes de canais fluviais estariam se retraindo, indicando causas naturais e antrópicas que me-

recem ser objetos de pesquisa.

O objetivo geral deste trabalho é o de contribuir para o entendimento do comportamento da drenagem em áreas de cabeceira fluvial, afetadas por variações de condições hidrológicas induzidas pelas ações antrópicas. O objetivo específico é o de investigar, em áreas agrícolas no Sul do estado do Espírito Santo, os principais fatores responsáveis pela dinâmica da migração da posição das nascentes em áreas de cabeceiras, que promovem a variação do comprimento dos fluxos dos canais.

Procura-se fazer neste trabalho, um estudo integrando a hidrologia de encostas aos processos fluviais. São analisadas as influências das atividades agropecuárias sobre as alterações dos elementos físicos dos solos, que controlam a drenagem da água, e também são feitas observações sobre os processos erosivos que atuam na área, bem como a mensuração do volume de sedimentos que entra nas calhas fluviais. Para isto, foram escolhidas cinco microbacias não contíguas, com características que permitissem análises comparativas do comportamento da drenagem e erosão do solo.

Nos trabalhos consultados, que tratam especificamente sobre a variação do comprimento dos fluxos dos canais fluviais⁽¹⁾, elaborados por GREGORY & WALLING (1968), BLYNTH & RODDA (1973), DAY (1978), CALVER (1978 e 1990) e OVENDEN & GREGORY (1980), são encontradas algumas referências quanto à entrada intensa de sedimentos nas calhas, que podem alterar as condições dos fluxos, diminuindo os comprimentos dos canais. Porém, em nenhum deles são encontradas explicações quanto à forma de atuação desse processo. Procurou-se aqui resgatar essas inferências, para investigar no campo, como a entrada acelerada de material nas calhas atua no

(1) - Os autores britânicos utilizam os termos **drainage density change** ou **stream length change**.

sentido da retração do comprimento dos fluxos dos canais. Aproveitou-se também a oportunidade, devido à pertinência do tema, para fazer uma ponte com os eventos de entulhamento de bacias de drenagem que ocorreram durante o Quaternário, em algumas regiões brasileiras.

O diagnóstico feito para as microbacias estudadas no Sul do Espírito Santo, pode servir para prognósticos de áreas morfológicamente semelhantes e pode ser útil como base para projetos que visem uma melhor ocupação e uso do solo. Baseando-se na caracterização e dimensionamento dos processos que atuam na área, foram feitas algumas recomendações para uma tentativa de reverter os problemas.

2 - CARACTERÍSTICAS DOS CANAIS EFÊMEROS, INTERMITENTES E PERENES

As bacia de drenagem são compostas por três tipos de canais: efêmeros, intermitentes e perenes. Cada um desses canais apresenta comportamento distinto. Os canais efêmeros e intermitentes se desenvolvem em todas as bacias hidrográficas, independentes de clima, embora alguns autores costumam ligar a idéia de canais intermitentes às regiões semi-áridas.

Ocorrem alguns problemas quando se tentam caracterizar os canais efêmeros e intermitentes, devido às diferenças geomorfológicas existentes em cada área estudada por autores distintos. Existem muitas feições geomórficas, como incisões e depressões em relevos movimentados e semi-planos, onde atuam processos hidrológicos, mas não resultam em calhas bem definidas, tornando difícil enquadrá-las nos modelos mais convencionais. Isto vem causando transtornos para uma melhor reconstituição da rede hidrográfica nos mapas, principalmente para os de maior escala.

CHRISTOFOLETTI (1983:28), dissertando sobre a variação da densidade de drenagem, expressou da seguinte forma sobre os problemas de definição da rede hidrográfica.

" Embora os cursos de água desde há muito sejam classificados em perenes, intermitentes e efêmeros, só recentemente passaram a ser incluídos, de modo extensivo, nas análises das redes hidrográficas. Caso a medição se restrinja somente aos cursos perenes, o resultado, além de falso, é maior nas áreas relacionadas com pluviometria elevada e bem distribuída no decorrer do ano. Se omitir os canais fluviais intermitentes e efêmeros, notar-se-á que nas regiões secas não haveria possibilidades de medições. Na realidade, apesar de formado por canais fluviais intermitentes e efêmeros, as regiões de climas secos possuem rede de drenagem hierarquizada. De modo semelhante, resta distinguir, de modo preciso, entre o escoamento fluvial e o de vertente."

Diante de assunto de relativa complexidade, tomou-se a clas-

sificação dos canais efêmeros, intermitentes e perenes, da seguinte forma, como ponto de partida para caracterizá-los:

2.1 - CANAIS EFÊMEROS

Situam-se, via de regra, nas cabeceiras de drenagem. A característica singular desses canais é o fluxo alimentado exclusivamente pelo escoamento superficial das encostas, não existindo alimentação de água proveniente do lençol freático, em forma de nascente (JONES, 1987:208). Por este motivo, eles ocorrem em maior número em regiões semi-áridas. Outra característica, de acordo com NOUH (1988:108), são as cheias rápidas (flash flood) que transportam um grande volume de sedimentos em suspensão.

Nas regiões tropicais com cobertura florestal, também existem canais efêmeros mas com comportamento diferenciado e estruturas pouco conhecidas. Por exemplo, é muito baixo o volume de sedimentos transportado pelo fluxo, apesar de só ocorrerem vazões durante as tempestades de alta intensidade. Mas em áreas agrícolas, esses canais se comportam como se estivessem em regiões semi-áridas, devido à exposição dos solos às pesadas chuvas tropicais que, ao formarem o escoamento superficial nas encostas, erodem e transportam em suspensão um grande volume de sedimentos.

GURNELL & GREGORY (1981:522), distinguiram dois tipos de canais efêmeros: de encostas, situados em áreas declivosas e outro ligado diretamente à rede fluvial, localizado na cabeceira dos canais de 1ª ordem (método de STRAHLER). Os autores, apesar de indicarem diferenças de origem, não entraram em detalhes sobre as características de suas formas e dinâmicas.

Devido à falta de uma classificação que incorpore todos os aspectos relacionados aos canais efêmeros, definiu-se aqui esses canais levando em conta que: eles não possuem nascentes, sendo o seu fluxo gerado somente pelo escoamento superficial das encostas;

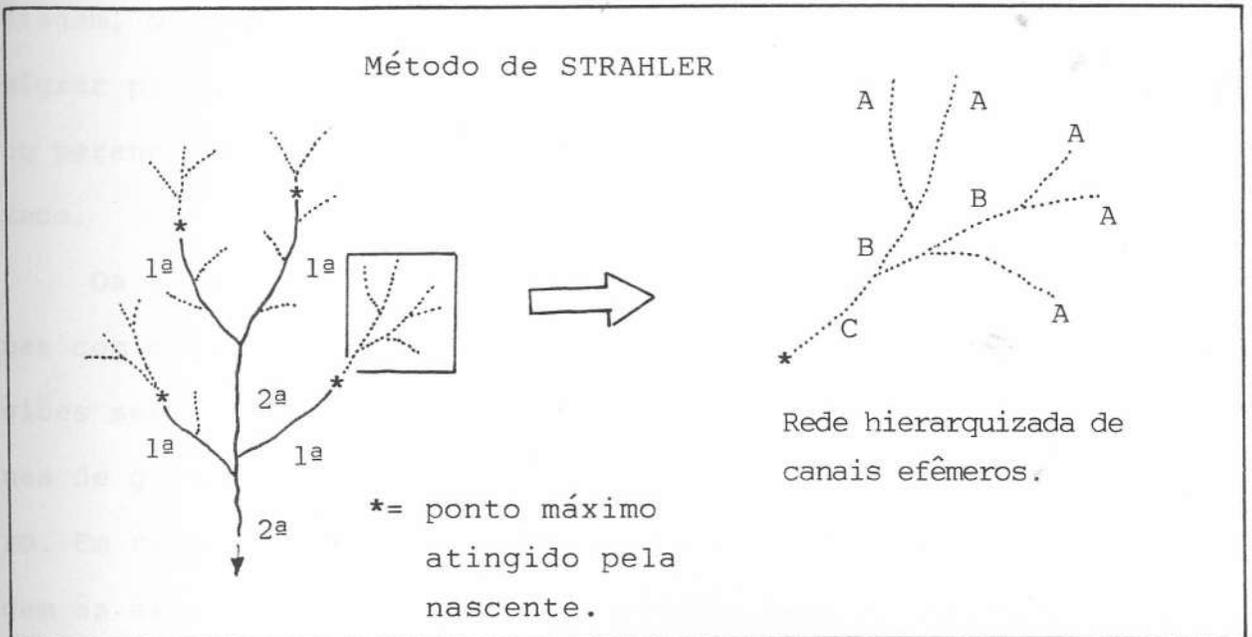
Podem ocorrer em áreas com declividades baixas e altas, desenvolvem-se sobre rocha sã, saprolito e depósitos sedimentares; os escoamentos que correm concentrados em incisões bem desenvolvidas nas encostas, com declividades que permitam o estacionamento temporário de seixos, calhaus e matacões, mesmo sendo sobre rocha sã, devem ser considerados; em estudos de detalhe, os canais efêmeros podem ser hierarquizados dentro de uma classificação à parte (figura 1), porque os canais de 1ª ordem, de acordo com o método de STRAHLER (1984), começam em uma nascente e os canais efêmeros não possuem nascentes, portanto esses canais não entram na hierarquização proposta por esse autor.

Segundo TSUKAMOTO (1987:2), os pequenos vales sem canais definidos (hollow) localizados nas áreas de cabeceira de drenagem, são denominados de bacias de **zero ordem**. Elas são unidades de encosta que se ligam à canais fluviais. Nelas ocorrem a junção dos processos de encosta e processos fluviais, no primeiro predominando a ação gravitacional e no segundo, a ação hidráulica. Em termos hidrológicos, uma bacia de zero ordem é uma área onde fluxos de subsuperfície aparecem na superfície como fluxo saturado. Isto significa que essa área pode conter um canal durante as chuvas. Ocorrem mudanças significativas nessas áreas durante as épocas do ano (períodos úmidos e secos) e durante uma tempestade.

O autor no mesmo trabalho (1987:8), correlaciona os canais efêmeros às bacias de ordem zero, quando essas apresentam fluxos superficiais, devido ao saturamento dos solos durante as tempestades e período muito úmido. Porém, aqui fica considerado que a descrição feita anteriormente por TSUKAMOTO, diz respeito à uma área de transição entre o canal efêmero e o canal intermitente, como está exposto na figura 2. A ordem zero atribuída pelo autor tira a possibilidade de hierarquização. Como foi visto ante-

riormente, os canais efêmeros ou bacias não canalizadas podem ser hierarquizados porque, em muitas áreas, eles se desenvolvem organizados em redes.

Figura 1 - HIERARQUIZAÇÃO DOS CANAIS EFÊMEROS



Nota-se que, numa pequena bacia, após a classificação dos canais pelo método de STRAHLER, pode-se continuar a hierarquização da mesma forma para os canais efêmeros, só que, por exemplo, pode-se convencionar o uso de letras alfabéticas. Dessa forma, a primeira incisão bem desenvolvida, onde ocorrem vazões alimentadas somente pelo escoamento superficial durante as chuvas, e com declividades que permitam o estacionamento de partículas maiores que seixos, podem ser considerados, como exemplo, de nível ou ordem **A**.

2.2 - CANAIS INTERMITENTES

A característica comum desses canais é que só apresentam vazões durante os períodos úmidos ou, ocasionalmente, com fortes tempestades, que podem ocorrer nos períodos de estiagem. Possuem nascentes que variam de posição ao longo do talvegue, de acordo com o grau de saturação de umidade no fundo dos vales. DAY (1978:

323), TSUKAMOTO (1987:4) e KNIGHTON (1984:21), afirmam que, devido à subida do nível do lençol freático durante as chuvas, o talvegue vai ficando saturado e a água aflora, formando nascentes que sobem a calha em direção à montante. Quando volta o período de estiagem, o nível do lençol freático desce e as nascentes tendem a migrar para posições inferiores, até alcançar o limite do segmento perene (figura 2). Isto é, o canal intermitente volta a ficar seco.

Os canais intermitentes também ocorrem em todas as bacias, mas com magnitudes diferenciadas, dependendo do clima. Nas regiões semi-áridas e semi-úmidas, eles atingem extensões de dezenas de quilômetros, como pode ser observado no Nordeste brasileiro. Em regiões úmidas, eles são muito menos extensos e se restringem às áreas de cabeceiras de drenagem. Quando apresentam vazão, eles se assemelham aos canais perenes. Também é muito pouco conhecida a estrutura desses canais situados em regiões úmidas.

As redes de drenagem são dinâmicas e podem sofrer alterações numa escala de tempo relativamente curta. Um canal efêmero pode passar por evoluções e se transformar num canal intermitente, como por exemplo, desenvolver reservatórios subterrâneos e proporcionar condições de geração de nascentes (fluxo de base).

Em condições naturais, é difícil imaginar um canal intermitente ou perene, voltar a ser um canal efêmero. Mas essa mudança pode ocorrer em poucas décadas com a entrada de grandes volumes de sedimentos nas calhas, devido à erosão das encostas e também pode ter ocorrido durante o Quaternário, nos períodos em que houveram movimentos de massa generalizados. Esta questão será discutida em detalhe mais adiante.

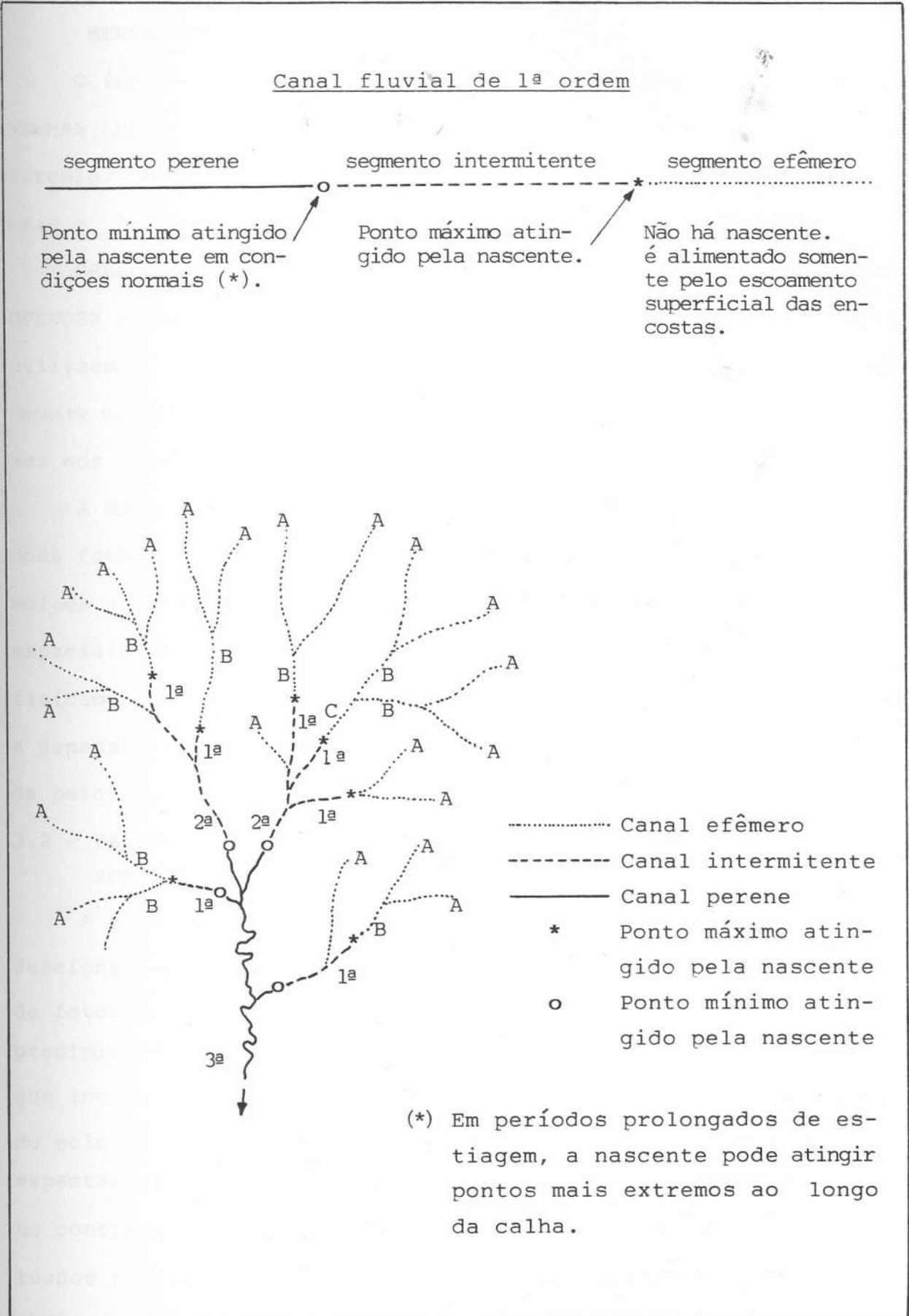
Ocorrem muitas confusões quando se tenta classificar os canais de 1ª ordem em mapas ou em campo. Tanto HORTON (1945), cita

do por KNIGHTON (1984:15), como STRAHLER (1984), definem esses canais pelas nascentes, isto é, um canal passa a ser de 1ª ordem quando ele começa em uma nascente e termina na confluência com outro canal (ver figura 1). Só que as nascentes estão sujeitas a uma dinâmica que altera no tempo a posição de origem. Neste caso, os canais intermitentes devem ser considerados como canais de 1ª ordem, podendo alcançar ordens superiores, porque eles também possuem nascentes. Há necessidade de revisões sobre essas classificações, porque os conceitos hidrológicos evoluíram.

2.3 - CANAIS PERENES

Tem como principal característica um fluxo contínuo durante o ano, começando de um determinado ponto da calha, isto é, na posição mínima atingida pela nascente durante os períodos de estiagem (figura 2). Durante períodos eventuais de extrema estiagem, eles podem secar nas posições próximas à cabeceira de drenagem. O canal perene possui uma estrutura melhor definida, por causa da constância da ação dos fluxos d'água, com vários tipos de depósitos e morfologias, embora também não se conheça muito sobre o comportamento e estrutura dos canais menores, situados nas cabeceiras das bacias. Ainda é insuficiente o nível de conhecimento para permitir uma definição precisa que destaque estrutura, comportamento, dinâmica e evolução. Não existe, por exemplo, uma classificação de tipologias de canais de 1ª ordem, pois sabe-se que esses canais se comportam diferentemente em relação aos diversos tipos climáticos, tipos de rochas, geomorfologia, e inclusive, apresentam formas distintas em relação à esses fatores.

Figura 2 - ESTRUTURA HIERÁRQUICA DAS REDES DE DRENAGEM



3 - REVISÃO TEMÁTICA

3.1 - DENSIDADE DE DRENAGEM COMO ÍNDICE DE VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO DOS FLUXOS DOS CANAIS

O índice densidade de drenagem (Dd) foi desenvolvido por NEWMAN (1900) e aperfeiçoado por HORTON (1945), que deu origem à fórmula: $\Sigma L/Ad$, onde: ΣL = somatório total do comprimento dos canais e Ad = área drenada (DUNNE, 1980; CHRISTOFOLETTI, 1982 e 1983).

GREGORY & WALLING (1968), BLYNTH & RODDA (1973), DAY (1978), OVENDEN & GREGORY (1980), BURT & GARDINER (1982) e CALVER (1990), utilizam o índice variação da densidade de drenagem (drainage density variation) para expresar a oscilação do comprimento dos fluxos nos canais fluviais.

A densidade de drenagem, entretanto, pode ser utilizada de duas formas: a primeira, mais comum entre nós, é apresentada por muitos autores como sendo apenas um dado estático, que não varia espacialmente ou temporalmente, servindo apenas para ilustrar fisicamente uma região; a segunda forma é utilizada para definir a expansão e regressão da rede de drenagem tal como foi utilizada pelos autores citados anteriormente.

3.2 - FATORES QUE CONDICIONAM A VARIAÇÃO NO COMPRIMENTO DOS FLUXOS DOS CANAIS FLUVIAIS

A variação do comprimento dos fluxos dos canais fluviais funciona como resposta aos controles exercidos por dois grupos de fatores: o primeiro é climático, envolvendo principalmente a precipitação; o segundo é um complexo de fatores interligados que inclui litologia, topografia, vegetação e condições físicas do solo (KNIGHTON, 1984:17). Alguns trabalhos foram feitos na expectativa de se entender melhor a influência destas variáveis no controle da dinâmica dos fluxos de água nos solos e canais situados nas cabeceiras de drenagem, como: precipitação (GREGORY &

WALLING, 1968; BLYNTH & RODDA, 1973; DAY, 1978; CALVER, 1990), permeabilidade do solo e "runoff" (IMENSON & VAN ZON, 1979; BURT & GARDINER, 1981), escoamento subsuperficial e dinâmica geral do lençol freático (MOSLEY & ROWE, 1981; BURT et alii, 1981; TSUKAMOTO, 1987), vegetação (GURNELL & GREGORY, 1981) e atividades antrópicas (OVENDEN & GREGORY, 1980; BURT E GARDINER, 1982).

3.2.1 - Pluviosidade

KNIGHTON (1984), afirma que a precipitação pluviométrica é uma variável independente e que influencia outras. A variabilidade dos processos climáticos ao longo do tempo, influencia a dinâmica de contração e expansão dos fluxos nas redes de drenagem e pode ser entendida em diferentes escalas de tempo:

- A) variação instatânea devido à tempestades individuais;
- B) Variação sazonal devido aos períodos chuvosos e de estiagem ao longo do ano, onde as nascentes dos canais podem mudar de posição em várias dezenas de metros ou até quilômetros, dependendo do clima;
- C) Variação devido à tendências gerais de períodos mais secos ou mais úmidos, podendo ser em décadas e séculos;
- D) Variação devido à grandes mudanças climáticas ocorridas dentro do quaternário.

Na Austrália, DAY (1978) investigou a expansão e contração da rede de drenagem durante uma tempestade individual em seis microbacias, três sobre rochas graníticas e três sobre rochas sedimentares. Segundo o autor, cada canal teve uma resposta diferente, devido às características intrínsecas de cada um. Nas calhas desenvolvidas sobre material permeável, após a chuva, apareciam poças de água acima, na cabeceira. Conforme o nível de saturação do talvegue aumentava com a chuva, as poças cresciam e formavam-se pequenos fluxos entre ela, até que todas as poças uniram-se em um único fluxo. Esse processo se expandia para posições à montan

WALLING, 1968; BLYNTH & RODDA, 1973; DAY, 1978; CALVER, 1990), permeabilidade do solo e "runoff" (IMENSON & VAN ZON, 1979; BURT & GARDINER, 1981), escoamento subsuperficial e dinâmica geral do lençol freático (MOSLEY & ROWE, 1981; BURT et alii, 1981; TSUKAMOTO, 1987), vegetação (GURNELL & GREGORY, 1981) e atividades antrópicas (OVENDEN & GREGORY, 1980; BURT E GARDINER, 1982).

3.2.1 - Pluviosidade

KNIGHTON (1984), afirma que a precipitação pluviométrica é uma variável independente e que influencia outras. A variabilidade dos processos climáticos ao longo do tempo, influencia a dinâmica de contração e expansão dos fluxos nas redes de drenagem e pode ser entendida em diferentes escalas de tempo:

- A) variação instatânea devido à tempestades individuais;
- B) Variação sazonal devido aos períodos chuvosos e de estiagem ao longo do ano, onde as nascentes dos canais podem mudar de posição em várias dezenas de metros ou até quilômetros, dependendo do clima;
- C) Variação devido à tendências gerais de períodos mais secos ou mais úmidos, podendo ser em décadas e séculos;
- D) Variação devido à grandes mudanças climáticas ocorridas dentro do quaternário.

Na Austrália, DAY (1978) investigou a expansão e contração da rede de drenagem durante uma tempestade individual em seis microbaciais, três sobre rochas graníticas e três sobre rochas sedimentares. Segundo o autor, cada canal teve uma resposta diferente, devido às características intrínsecas de cada um. Nas calhas desenvolvidas sobre material permeável, após a chuva, apareciam poças de água acima, na cabeceira. Conforme o nível de saturação do talvegue aumentava com a chuva, as poças cresciam e formavam-se pequenos fluxos entre ela, até que todas as poças uniram-se em um único fluxo. Esse processo se expandia para posições à montan

te do talvegue, fazendo aumentar o comprimento do fluxo dos canais. Em outro canal, com solos rasos, o escoamento superficial nas encostas (overland flow) surgiu muito rápido, formando fluxos nas calhas sem passar pelo processo de formação de poças.

Este mesmo autor também percebeu que, em alguns canais, a máxima extensão dos fluxos precedeu o pico da descarga. Neste sentido, vale salientar que a vazão dos canais principais das bacias se correlacionam diretamente com a extensão atingida pelo fluxo dos canais afluentes. Dessa forma as maiores vazões coincidem com as extensões máximas.

FARIA, em trabalho em andamento, vem observando o comportamento dos canais que formam uma microbacia com cobertura florestal, na Floresta da Tijuca (RJ). A investigação consiste na análise da variação do comprimento dos fluxos em relação à pluviosidade. Em dezembro de 1991, por exemplo, sob um evento de precipitação de condições extremas (180 mm/24 horas), em 3 dos 4 canais observados, os fluxos aumentaram de comprimento, em média, 200 metros, sendo que o quarto canal teve um acréscimo de 400 metros. A área é constituída por relevo montanhoso, com solos de pouca espessura (Litossolos). A capacidade de armazenamento de água por esses solos é baixa, devido à pequena profundidade que eles alcançam. Após os solos terem sido saturados, a água foi drenada rapidamente e, em poucos dias, os fluxos nas calhas voltaram aos seus comprimentos médios.

GREGORY & WALLING (1968), estudando a variação da densidade de drenagem dentro de uma bacia na Inglaterra, salientaram que os fluxos dos canais variam consideravelmente do verão para o inverno. Nessa mesma escala de tempo, no sentido sazonal, CALVER (1990) também em trabalhos realizados na Inglaterra, mensurou valores referentes à migração das nascentes dos canais na ordem de

vários quilômetros, onde a precipitação média anual é de 600 mm. Ele afirma que o volume e a frequência do fluxo dos canais são associados com as diferentes espessuras de solos e suas texturas e sugere que a chave do processo é o fluxo lateral das encostas, via sistema de drenagem subsuperficial (subsurface flow) e superficial (overland flow).

BLYNTH & RODDA (1973), também na escala de tempo sazonal, investigaram a variação do comprimento dos fluxos dos canais de uma bacia de 4ª ordem, no Sudeste da Inglaterra, e mensuraram os seguintes valores: durante o verão, período de pouca precipitação naquele país, o total do comprimento dos canais de 1ª ordem somou 10,2 km; em contraste, no inverno, período chuvoso, o comprimento total dos fluxos dos canais de 1ª ordem atingiu o total de 50 km.

CHRISTOFOLETTI (1982:354) e KNIGHTON (1984:18), afirmam que, nas áreas semi-áridas, ocorrem as maiores variações no comprimento dos fluxos dos canais, devido à distribuição irregular das chuvas e à vegetação rala, que possui baixa competência na interceptação das chuvas. Nas áreas úmidas, com a precipitação melhor distribuída ao longo do ano, a variação tende a ser menor.

Quanto às mudanças climáticas ocorridas no Quaternário, CHRISTOFOLETTI (1982), citando GREGORY & GARDINER (1975) e PARK (1977), salienta que há evidências generalizadas para as transformações das redes de drenagem durante esse período. Para isto, basta analisar a existência dos vales secos, que estão presentes hoje em muitas bacias localizadas em regiões úmidas. Para este autor, os vales secos podem ser vistos como transformações das redes de drenagem que funcionaram em alguma época do passado. Embora, atualmente, alguns não apresentem fluxos de água, mesmo após prolongados períodos úmidos, eles delimitam a antiga rede de dre

drenagem que foi entalhada, provavelmente na fase Wurmiana, sob condições de intensidade muito alta das precipitações, para permitir uma erosão efetiva do relevo.

3.2.2 - Alterações das Condições Físicas dos Solos

OVENDEN & GREGORY (1980:50) e KNIGHTON (1984:17), postulam que alterações nas condições físicas dos solos refletem nas características dos fluxos dos canais. Isto pode ser entendido na relação entre volume de água infiltrado nos solos e volume de água mobilizado pelo escoamento superficial das encostas.

Muitos trabalhos, feitos em vários países, acusam o aumento do volume de água gerado pelo escoamento superficial nas encostas, em função do desmatamento e da degradação dos solos (HSIA & KOH, 1983; WANGCHENG, 1983; FEDEROV & MARUNICH, 1989; THONGMEE & VANNAPRASERT, 1990; CLARKE & LIMALEVU, 1990).

MOSLEY & ROWE (1981:169) investigaram os fluxos de subsuperfície em solos sob floresta na Nova Zelândia e mostraram que, em solos sob condições naturais, o movimento da água tende a correr por caminhos, geralmente formados por macroporos, com velocidades superiores a 20 cm/s. Em solos com uso agrícola, a velocidade é reduzida em cerca de 73%, devido à diminuição dos macroporos proporcionado pela compactação e desaparecimento das raízes.

IMENSON & VAN ZON (1979:96), destacam a importância das atividades das raízes e dos animais na formação de bioporos e pequenos canais que promovem uma boa drenagem no solo. Este autor coloca em evidência o papel dos agregados de partículas na manutenção da porosidade do solo.

CASTRO JÚNIOR (1991), investigando o papel da fauna endopédica na estruturação física do solo, em área florestal, colocou que a porosidade tende a decrescer com a profundidade, e que tal

decréscimo é condicionado pela redução da macroporosidade. A maior densidade de macroporos (diâmetros maiores que 0,2 mm) concentra-se nos 20 cm superficiais do solo e é associada à dinâmica da fauna. O autor notou que a porosidade no solo varia temporalmente, de acordo com as atividades da fauna, que é influenciada, por sua vez, pelas condições de umidade do solo. Segundo ele, nos eventos de precipitação pluviométrica extrema, a saturação da camada superficial do solo obriga a fauna a procurar outras zonas. Com a movimentação da fauna, aumenta-se as condições de drenagem do solo. Ele também notou a redução da bioporosidade nos períodos de baixa precipitação. Foi caracterizada pelo autor a condição de adaptação do solo em ambiente florestal às oscilações climáticas e à alta capacidade de condutividade hidráulica na camada superficial. Abaixo da zona de raízes, a drenagem é mais lenta, em função de ser uma área de enriquecimento de argilas e, naturalmente, com menor densidade de poros.

Em solos degradados, além da redução da capacidade de absorção de água, com a diminuição da porosidade, acontece paralelamente a impermeabilização da camada superficial do solo. IMENSON & VAN ZON (1979:96) e GUERRA (1991:88), afirmam que o solo exposto favorece o aparecimento de uma crosta (crust) formada pela erosão por salpicamento (splash erosion). Esse processo é também conhecido por alguns pesquisadores brasileiros como selagem. De acordo com os autores, a formação se deve ao impacto das gotas das chuvas que desestruturam os agregados e mobilizam as partículas finas que tapam os poros. Além desse processo, ocorre também a compactação do solo pelo pisoteio de animais e tráfego de máquinas agrícolas.

IMENSON & VAN ZON (1979), calculando a taxa de infiltração para o horizonte A do solo, em área de floresta em Luxemburgo ,

acharam valores variando de 3.400 a 27.500 mm/h, enquanto no horizonte B as taxas de infiltração situavam-se entre 1.500 e 3.300 mm/h.

Levando em consideração o fato de o solo em áreas tropicais úmidas possuir teores elevados de argila, situação que não ocorre comumente em áreas temperadas, também é expressiva a diferença encontrada nos solos tropicais. Essa situação também foi observada na área de estudo, conforme dados apresentados mais adiante.

No estado do Paraná, dados do Instituto Agrônomo (IAPAR) publicados por BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985), indicam que, em solo exposto, a taxa de infiltração fica em torno de 80 mm/h, dependendo do tipo de solo, sendo que em Latossolo Roxo distrófico o valor chegou a 59 mm/h. Isto indica o quanto os solos degradados são favoráveis à formação do "runoff".

O volume de água que infiltra nos solos varia no tempo devido à umidade antecedente. Alguns experimentos vêm comprovando que, em solos com vegetação a amplitude da variação é menor que em solos expostos. SILVEIRA & CHEVALLIER (1991), no Rio Grande do Sul, fizeram vários testes com simuladores de chuvas em 3 parcelas de solo exposto. Não havia umidade antecedente significativa, porque não chovia há 2 meses. Foram produzidas quatro chuvas artificiais, uma por dia, em cada parcela. No primeiro dia, com precipitações de 66, 78 e 74 mm, a infiltração chegou a 100%. Depois foi decrescendo com as precipitações dos dias seguintes, devido à umidade antecedente, até que no quarto dia (quarta chuva), só infiltraram 43, 53 e 54%. Isto mostra que em função dessa umidade antecedente, a perda de água por "runoff" pode ser superior a 50%. Os autores repetiram os testes em parcelas com soja e parcelas de solo exposto e a infiltração foi bem maior no solo com cultura. Na última precipitação (total de 5) a perda de água por "runoff" foi apenas de 16%, enquanto na parcela com solo exposto

foi de 88%. Mas, nesse segundo teste, havia chovido 3 dias antes.

Pode-se deduzir duas situações básicas que influenciam na característica dos fluxos dos canais, de acordo com os comentários feitos anteriormente:

A primeira é a condição natural dos solos das encostas, que podem armazenar um volume significativo de água e libera para os canais em forma de fluxo de base, via lençol freático. MAACK (1968), MOLCHANOV (1963) e BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985), concordam que nessas condições, ocorre a regularização dos cursos d'água. Nesse sentido, a variação do comprimento dos fluxos tende a ser menor.

A segunda situação diz respeito à áreas com solos degradados ou em regiões semi-áridas, onde ocorre muito comumente a geração de enxurradas, quando as precipitações superam a taxa de infiltração, que é muito baixa em solos expostos. Esse processo é conhecido como fluxo hortoniano. Com essa situação, os fluxos nas calhas tendem a alongar-se ao máximo durante as tempestades, porque uma grande porcentagem da chuva escoar diretamente para os canais, com a formação do escoamento superficial nas encostas. Por outro lado, o volume de água armazenado nos solos dessas áreas pode ser menor, em virtude da impermeabilização da superfície; sendo assim, o fluxo de base tende a ser menor. Teoricamente, pouco tempo depois do período úmido a extensão do fluxo nos canais devem diminuir consideravelmente, devido ao rápido esgotamento dos reservatórios subterrâneos.

3.2.3 - A Influência da Cobertura Vegetal Sobre o Lençol Freático

GURNELL & GREGORY (1981), afirmam que a vegetação também influencia a dinâmica de expansão e contração dos canais fluviais, por exercerem controle sobre a umidade do solo e nível do lençol freático.

co. Eles também afirmam que as condições do lençol freático são as que vão determinar as possibilidades de migração das posições das nascentes.

No Brasil, o papel da vegetação sobre os processos erosivos é tema que há muito tempo vem sendo discutido, entretanto a sua influência nas condições de umidade do solo e dinâmica de fluxos em subsuperfície ainda carece de mais estudos. Destacam-se nesse sentido, entre os geomorfólogos, trabalhos desenvolvidos na Amazônia por NORTCLIFF & THORNES (1981) e na Floresta da Tijuca (RJ) por CASTRO JÚNIOR *et alii* (1989). À partir da década de 80, começaram a surgir alguns trabalhos relativos ao papel da vegetação sobre o balanço hidrológico, via interceptação da chuva e distribuição da água para o sistema solo-planta-atmosfera, entre eles: VALLEJO & VALLEJO (1982), SALATI (1987) e MIRANDA *et alii* (1991).

MAACK (1968) foi um dos pioneiros. Observando a vazão de um pequeno canal fluvial no Paraná, entre os anos de 1934 e 1948, ele computou dados que indicam que num primeiro momento, logo após a derrubada da mata, a vazão média aumentou de fato, mas após alguns anos a vazão diminuiu progressivamente (tabela 1). O autor salienta que, em certas áreas, as nascentes podem desaparecer.

Tabela 1 - ALTERAÇÃO NA VARIAÇÃO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DO DESMATEAMENTO, MAACK (1968).

PERÍODO OBSERVADO	VAZÃO DIÁRIA (litros)
1934 - Com floresta	800.000
1934 - Floresta derrubada	1.200.000
1940 - Sem floresta	1.000.000
1948 - Sem floresta	500.000

Existem muitas discussões sobre o papel da vegetação no controle do lençol freático. Pesquisadores investigando áreas distintas, em termos topográficos e de uso do solo, obtiveram resultados diferentes. Todavia, no início do século, na ex-União Soviética (MOLCHANOV, 1963:340), já se sabia que o lençol freático se comportava de forma diferente em relação à cobertura vegetal e à morfologia do relevo. Por exemplo: em áreas de relevo plano, coberto por campos naturais, o lençol freático fica em níveis altos, próximos da superfície, desde que haja pluviosidade abundante. A explicação para isto pode ser a má drenagem dos solos em terrenos planos e a não existência de runoff, primeiro porque a declividade não favorece e segundo porque a densidade de gramíneas consegue neutralizar a ação do escoamento superficial em áreas planas, exceto quando o solo fica saturado até o nível superficial. Em áreas topográficas semelhantes, mas sob cobertura de floresta, o nível do lençol freático tendia a ficar mais baixo, devido ao volume maior de água evapotranspirada.

Ainda de acordo com MOLCHANOV (1963:341), nas encostas o comportamento era diferente em relação à cobertura vegetal. Nas vertentes com florestas, o nível do lençol freático tendia a ficar mais alto do que sob cobertura de gramíneas ou outro tipo de vegetação de pequeno porte. Mas essa situação também não é válida para todas as áreas de encostas, porque também depende de uma série de outras variáveis, como litologia e clima.

Embora as regiões tropicais úmidas sejam totalmente diferentes das condições ambientais encontradas no território da ex-União Soviética, os princípios básicos podem ser comparados com os poucos dados existentes no Brasil. Há relatos sobre o desaparecimento de nascentes devido ao desmatamento, isto acontece tanto no Brasil, de acordo com MAACK (1968), como na RÚSSIA, segundo

MOLCHANOV (1963). BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985), aceitam a hipótese de que a derrubada da floresta favorece a manutenção do nível do lençol freático em posições baixas dentro do solo. A própria inclusão na legislação ambiental protegendo a permanência da vegetação em área de cabeceira indica o reconhecimento desse fato.

FEDEROV & MARUNICH (1989), fizeram trabalhos relativos aos efeitos da derrubada das matas e regeneração de florestas sobre o balanço hídrico do solo e fluxo dos canais, mostrando que, com o aumento do "runoff", com a retirada da vegetação, ocorre a diminuição do volume de águas subterrâneas e, em compensação, aumentam os fluxos torrenciais nos canais. Isto se traduz em um enorme volume de água que sai das microbacias sem ser aproveitada, devido ao curto tempo de permanência.

A UNESCO (1982:14) revela os seguintes dados de taxas de perdas de água por "runoff" e solo erodido, mensurados em pedimentos com declividades de 3,5° na Tanzânia (tabela 2).

Tabela 2 - PERDA DE ÁGUA E SOLO EM RELAÇÃO À COBERTURA VEGETAL - Fonte UNESCO (1982).

TIPO DE COBERTURA	PERDA DE SOLO t/ha/ano	PERDA DE ÁGUA (runoff) % pluviosidade = 100%
Mata	Desprezível	0,4
Pasto	Desprezível	1,9
Milho e cana	79	26,0
Solo exposto	148	50,4

3.2.4 - A Erosão das Encostas Devido às Atividades Agrícolas

Este assunto nas últimas décadas vem sendo objeto de estudos para geomorfólogos e muitos pesquisadores de diversas áreas de conhecimento. Neste trabalho o interesse pelo tema se restringe ao volume de sedimentos mobilizados e carreados para as calhas fluviais, como consequência das atividades agrícolas, não pretendendo fazer verticalizações a respeito de todas as implica

ções inerentes aos processos.

Os processos erosivos, como salpicamento (splash erosion), laminar (sheet erosion) e em sulcos (rill erosion), variam muito espacialmente e temporalmente, devido os inúmeros fatores que a eles estão ligados, diretamente e indiretamente. Nas regiões mais densamente povoadas e onde a agricultura é mais intensa, correspondem àquelas onde o relevo é mais movimentado, compreendendo as regiões Sul e Sudeste. Outros fatores que podem somar-se ao relevo são: altas taxas pluviométricas, solos muito profundos com altos teores de argilas e a inexistência de práticas conservacionistas para os solos.

As maiores taxas erosivas se situam nas áreas onde a agricultura se dedica às culturas temporárias de ciclo anual. BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985) publicaram dados que revelam as taxas erosivas nas diferentes etapas de crescimento das plantas. O período mais crítico, de acordo com os autores, é o da preparação do solo para cultivo, onde o solo é arado e fica exposto por várias semanas. A seguir vêm as etapas de crescimento das culturas, como está exposto na tabela 3.

O solo fica exposto à vários processos erosivos, desde a erosão por salpicamento até a erosão linear acelerada. A erosão só é reduzida ou estancada quando as plantas cultivadas desenvolvem uma significativa densidade de folhas, aumentando a interceptação das chuvas. Para o cultivo de muitas espécies, a fase de preparação do solo coincide com o início dos períodos chuvosos e, no Brasil, em várias regiões, chove praticamente o ano inteiro, embora com volumes diferenciados ao longo dos períodos sazonais. O amortecimento da erosão com o crescimento das plantas dura poucos meses, porque, após as colheitas, o solo volta a ficar desprotegido.

Tabela 3 - PERDAS DE SOLO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO DAS CULTURAS E TIPO DE PREPARO DO SOLO (kg/ha)

TRATAMENTOS		PERDAS DE SOLO P/ ESTÁGIO DAS CULTURAS				
Cultura	Tipo de Preparo	0 a 30 dias	30 a 60 dias	60 a 90 dias	+ 90 dias	Total
Algodão	Convencional	9.252	1.303	2.088	353	12.955
Soja	Convencional	6.738	39	7	641	7.425
Trigo	Convencional	2.216	1.755	6	691	4.668
Trigo	Plantio direto	970	1.334	189	467	3.260
Soja	Plantio direto	970	587	0	530	2.099

Obs. Latossolo Roxo distrófico - Londrina - Fonte: BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985).

BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985:217) também teceram alguns comentários sobre práticas conservacionistas e publicaram os seguintes dados abaixo, tendo como fonte o IAPAR (tabela 4).

Tabela 4 - INFLUÊNCIA DAS PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS NO CONTROLE DA EROÇÃO (F. BIGARELLA E MAZUCHOWSKI, 1985)

TIPOS DE PREPARO DO SOLO	EROSÃO t/ha/ano
Preparo de solo morro abaixo	26,1
Preparo de solo em contorno	13,2
Preparo de solo em contorno com campinas de ruas alternadas	9,8
Preparo de solo em nível, com cordões nivelados e plantados c/ milho	2,5

Obs. Plantações de milho em áreas de Latossolo Roxo.

Esses dados confirmam que cada prática agrícola oferece um nível diferente de contribuição de volumes de cargas para os canais fluviais.

3.2.5 - As Consequências da Erosão das Encostas Sobre os Canais Fluviais

Mudanças climáticas e antropogênicas apresentam semelhanças nos termos de seus impactos nos sistemas geomorfológicos. As mudanças de parâmetros climáticos através do tempo são melhor

descritas por funções gradativas, e o homem tem a capacidade de alterar bacias de drenagem inteiras em poucos anos. Os dois tipos de mudanças afetam os sistemas fluviais pela modificação da vegetação e das características físicas e químicas dos solos, que, afetam indiretamente os regimes hidrológicos. Tanto as mudanças provocadas pelo clima, como pelo homem, têm o potencial de afetar as bacias de drenagem (GRAF, 1979: 59). Com a mudança do clima, o equilíbrio dinâmico se faz em direção ao novo padrão de pluviosidade e temperatura, e com a mudança induzida pelo homem, o equilíbrio dinâmico, apesar das alterações, é realizada dentro do mesmo clima.

As áreas mais susceptíveis à erosão e as que apresentam de fato as maiores taxas, são as áreas das cabeceiras das bacias, por terem maiores declividades e, coincidentemente, onde nascem a maior parte dos canais de 1ª ordem, que são os que no conjunto, mais contribuem para a vazão das bacias. Mas, individualmente, um canal de 1ª ordem tem normalmente fluxo muito reduzido, com pouca capacidade para transportar o volume de sedimentos recebido das encostas anualmente nas áreas agrícolas, apesar de a área drenada por uma microbacia de 1ª ordem poder chegar facilmente a centenas de hectares, dependendo das características geomorfológicas da região. Devido ao caráter de existência temporal dos fluxos nos canais efêmeros e intermitentes, e também pelo pequeno volume escoado, esses canais se apresentam mais sensíveis às mudanças ambientais.

Em muitas áreas no Brasil, existem condições que tornam sensível esse fato em função de características dos solos, que são muito profundos e da forma que os solos são utilizados pela agricultura, além dos altos índices pluviométricos. Parte considerável do volume anual de solo erodido é transportado para os canais fluviais.

SLATTERY & BRYAN (1992:127) afirmam que a erosão em sulcos (rill erosion) é geomorfologicamente significativa devido à sua capacidade de remover material, o que torna um importante processo na evolução das encostas. E desde que o homem vem atuando com suas atividades nas encostas, esse processo tem assumido grandes magnitudes. O escoamento superficial alcança sua força máxima para remover e transportar os sedimentos, quando está dentro dos sulcos e ravinas. A erosão do solo pelo escoamento superficial é comumente dividida entre sulcos (rill) e intersulcos (interrill). Cerca de 80% dos sedimentos são transportados dentro dos sulcos e os próprios desenvolvimentos são responsáveis por uma enorme perda de solo.

DUNNE (1980), JONES (1987) e SLATTERY & BRYAN (1992), explanam que, em muitos estudos, o início dos sulcos tem sido justificado em termos de fluxos hidráulicos (fluxo hortoniano), onde o seu desenvolvimento pode ser explicado pela velocidade do fluxo e espessura da lâmina do escoamento superficial nas encostas. O limiar do fenômeno depende das forças de tração hidráulicas que superam a resistência à erosão do material superficial do solo.

No Quaternário, período de ocorrência de intensa erosão das encostas, com movimentos de massas generalizados, muitas bacias de drenagem foram entulhadas. Essa situação é relacionada a um período climático semi-árido, de condições extremas, onde as encostas não tinham uma cobertura efetiva de vegetação que estancasse a erosão (MOUSINHO E BIGARELLA, 1965:84).

Ainda podem ser encontradas no Brasil, feições geomórficas que representam esse período, como terraços fluviais e cicatrizes nas encostas. Mas ainda existem muitas microbacias que permanecem totalmente entulhadas. MOURA et alii (1991), vêm estudando, em Bananal (SP), os processos e a dinâmica que levaram ao

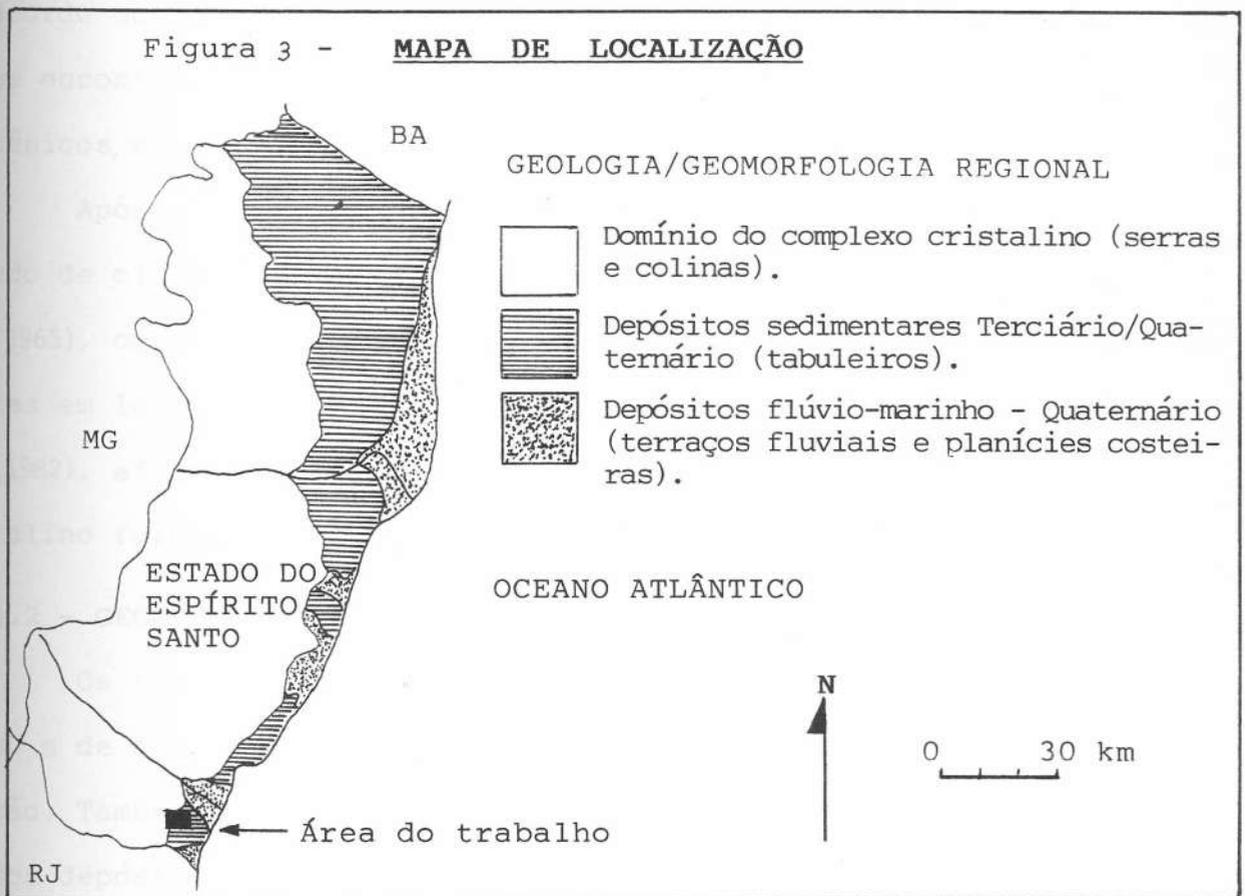
entulhamento dessas drenagens, e notaram que, em alguns anfitea -
tros (microbacias) está havendo a retomada erosiva em forma de
voçorocamento, ou seja, está sendo restabelecida a antiga dre-
nagem. Atividades antrópicas estão indiretamente acelerando esse
processo através de desmatamentos.

A erosão pode apresentar duas faces distintas e antagôni-
cas: a primeira é parte do objetivo deste trabalho, que analisa
o entulhamento dos canais pelos sedimentos, causando a regres -
são das nascentes e também a diminuição do comprimento das pró-
prias calhas; a segunda ocorre também em muitas áreas no Bra-
sil, e é representada pela formação de voçorocas, que em muitos
casos, podem atingir um nível de evolução de grande magnitude,
gerando inclusive, novos canais fluviais ou reativando paleodre-
nagens. Desta forma, podem contribuir para a expansão da rede de
drenagem.

CARVALHO et alii (1978), conseguiram quantificar essa evolu-
ção mediante o exame comparativo de fotografias aéreas de 1962
e 1972, na bacia do ribeirão Água do Brejão (SP). O número de
canais de 1ª ordem, de acordo com o método de STRAHLER, passou
de 42 para 64 nos dez anos analisados. Mas sabe-se muito pouco
sobre o comportamento desses canais.

4 - ÁREA DO TRABALHO

O trabalho foi desenvolvido no Sul do estado do Espírito Santo, nos municípios de Presidente Kennedy e Itapemirim (figura 3). Nesta área, existem características significativas, importantes para atingir o objetivo desta investigação, porque nela existem diversas microbacias onde os processos e seus efeitos são bastante perceptíveis, tendo ainda fácil acesso, tornando viável diversas observações e mensurações.



4.1 - GEOLOGIA

As microbacias estão situadas em áreas de transição entre duas unidades geológicas / geomorfológicas: colinas formadas sobre rochas gnáissicas e tabuleiros, constituídos por sedimentos inconsolidados. AMADOR (1982), a partir de levantamentos estratigráficos no estado do Espírito Santo, colocou que esses sedimentos têm origem continental e foram depositados durante o

Terciário Superior e Quaternário, levando em conta suas características mineralógicas, morfológicas e granulométricas. Para a área em estudo, no Sul do Espírito Santo, AMADOR diagnosticou nos pacotes sedimentares diversas camadas distintas, descritas na ordem da base para o topo, a partir do embasamento cristalino: sequência de areias arcoseanas grosseiras estratificadas, camada de material argilo-arenoso, colúvio argilo-arenoso e colúvio areno-argiloso amarelo-alaranjado. Este perfil estratigráfico, de acordo com o autor, define o Barreiras Superior (Pleistoceno), que se encontra na área. A espessura total destes depósitos pleistocênicos, no Sul do Espírito Santo, raramente ultrapassa 20 m.

Após o Terciário Superior e durante o Pleistoceno, em período de clima semi-árido, como foi proposto por BIGARELLA *et alii* (1965), ocorreram a erosão e transporte dos sedimentos das vertentes em larga escala, formando depósitos muito espessos. AMADOR (1982), afirma que esses depósitos cobriram parte do relevo cristalino formado por rochas do Complexo Paraíba do Sul.

4.2 - GEOMORFOLOGIA

Os tabuleiros na área de estudo se situam em média de 60 a 80 m de altitude e se encontram em níveis avançados de dissecação. Também afloram rochas cristalinas (gnaisses) no mesmo nível dos depósitos sedimentares, mas existem algumas colinas isoladas de relevo residual que afloram acima deste nível, atingindo na área até 120 metros de altitude. O entalhamento de vales nos tabuleiros com a remoção dos sedimentos, faz aparecer o assoalho cristalino em algumas microbacias.

A área se apresenta bastante dissecada e os vales, especialmente os de maior hierarquia (3ª e 4ª ordem - método de STRAHLER), apresentam fundos chatos, amplos e colmatados. Atualmente, uma ca-

racterística comum nas microbacias é a ausência de fluxo natural de água em canal perene. Há, em alguns vales, calhas de drenagem artificiais, que mantêm fluxos constantes.

A área onde as cinco microbacias estudadas estão situadas (figura 4) pertence a dois sistemas de drenagem, dividida por um interflúvio formado por rochas gnáissicas: um é drenado pelo rio Muqui do Norte, afluente do rio Itapemirim e, outro, pelo brejo do Criador (lagoa colmatada), que tem sua saída para o mar barrada pelos cordões marinhos recentes, que se desenvolvem a partir da foz do rio Itabapoana.

4.3 - SOLOS

A EMBRAPA (1978) classificou o solo desenvolvido sobre os tabuleiros de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Na área, além desses, também ocorrem solos desenvolvidos sobre rochas gnaissicas, do tipo Podzólico Vermelho Amarelo e Latossolos. De maneira geral, os dois tipos de solos têm comportamento parecidos em relação à distribuição granulométrica e estruturação dos agregados, fatores estes importantes para análise das condições de compactação e drenagem. No fundo dos vales maiores, amplos e chatos, desenvolvem-se solos Hidromórficos.

4.4 - CLIMA

A precipitação pluviométrica em média anual, registrada em Itapemirim, é de 1.119 mm. A precipitação mínima, 590 mm, foi registrada em 1990, e a máxima, 1.619 mm, no ano de 1983. Os meses de junho, julho e agosto, são normalmente secos, totalizando 10% da precipitação anual. Na área não existem condições que possam exercer influências marcantes para fazer variar os valores dos elementos climáticos como precipitação, temperatura e evaporação. Entretanto, os locais com matas podem distoar dos demais por manter a temperatura média do solo mais amena, com menor amplitude

de variação e proporcionando maiores valores de evapotranspiração. Hoje, o total de áreas cobertas por matas são insignificantes, menos de 5%. FARIA (1989) mediu a temperatura dos solos em ambientes com matas e com plantações de cana, em profundidades de até 20 cm (como está exposto na tabela 5).

Tabela 5 - VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO SOLO EM RELAÇÃO AO TIPO DE COBERTURA, EM ITAPEMIRIM (ES).

MATA		ÁREA COM CANA	
Profundidade	Temperatura	Profundidade	Temperatura
Ambiente	19,2 °C	Ambiente	30,5 °C
05 cm	18,1 °C	0,5 cm	20,8 °C
10 cm	18,2 °C	10 cm	20,2 °C
15 cm	18,4 °C	15 cm	20,2 °C
20 cm	18,5 °C	20 cm	19,8 °C

Obs. As medições de temperaturas foram feitas no mês de agosto de 1989, entre 8:00 e 9:00 horas.

4.5 - OCUPAÇÃO E USO DO SOLO

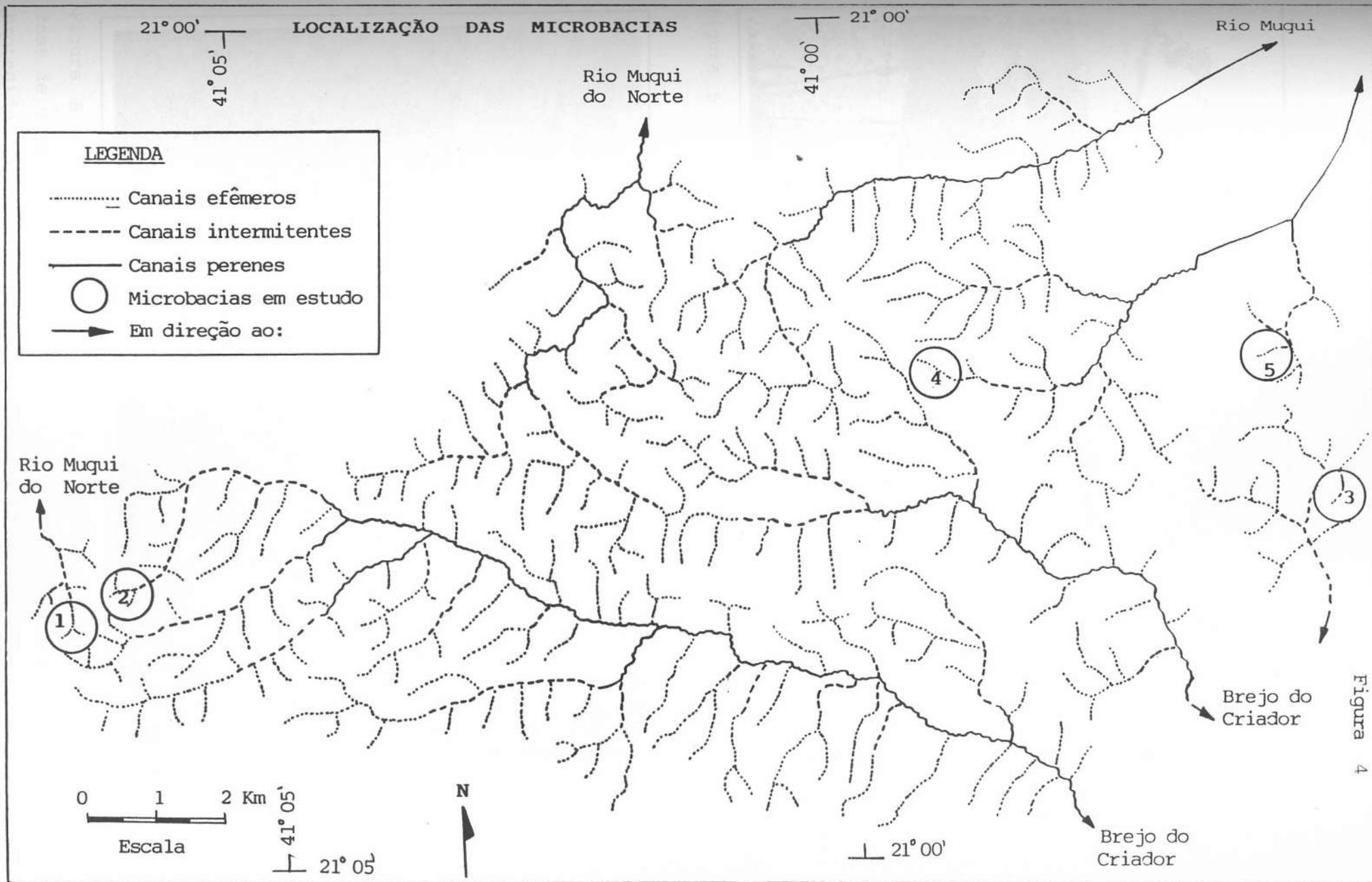
No século passado, a paisagem referente à área dos tabuleiros no Sul do Espírito Santo era dominada pela Mata Atlântica (comunidade arbórea mesófila), de acordo com AZEVEDO (1962). No início deste século, uma forte ocupação agrícola promoveu um intenso processo de desmatamento. AUGUSTO SAINT-HILARE, citado por GUERRA (1957), argumentava que existiam em 1800, engenhos de açúcar, com a plantação de cana dominando os tabuleiros próximos à Itapemirim.

As colinas situadas em posições mais para o interior foram desmatadas e nelas implantaram-se culturas de café. Após a crise de 1930, os cafezais foram erradicados e teve início a criação de gado, que permanece como atividade até hoje. Nos últimos 50 anos, além do gado, ganharam importância os cultivos de mandioca, milho, feijão e, mais recentemente, o do abacaxi, que se expande ganhando

novas áreas nos tabuleiros, antes ocupadas pela cana-de-açúcar.

Os solos dos tipos Latossolo e Podzólico, aliados a uma morfologia semi-plana nos topos dos tabuleiros e no fundo dos vales maiores, favoreceram a ocupação agrícola dessas áreas, não havendo nelas nenhum impedimento maior ao seu uso agrícola, inclusive com uma forte mecanização.

A cana continua sendo a principal cultura, que se expandiu graças ao Programa Pró-Álcool. As crises recentes e os altos custos da produção abriram espaços para a cultura do abacaxi. O uso da mecanização é bem acentuado para a preparação do solo das duas culturas. Os sistemas de aragem e abertura de covas, principalmente os que utilizam tratores, não têm seguido padrão único, devido às diferenças de declividade nas encostas que tornam perigosas as manobras dos veículos. São formadas covas em curvas de níveis, em linhas diagonais e outras em linhas paralelas ao declive das encostas, inclusive em locais com mais de 10° de declividade (figuras 5 e 6)



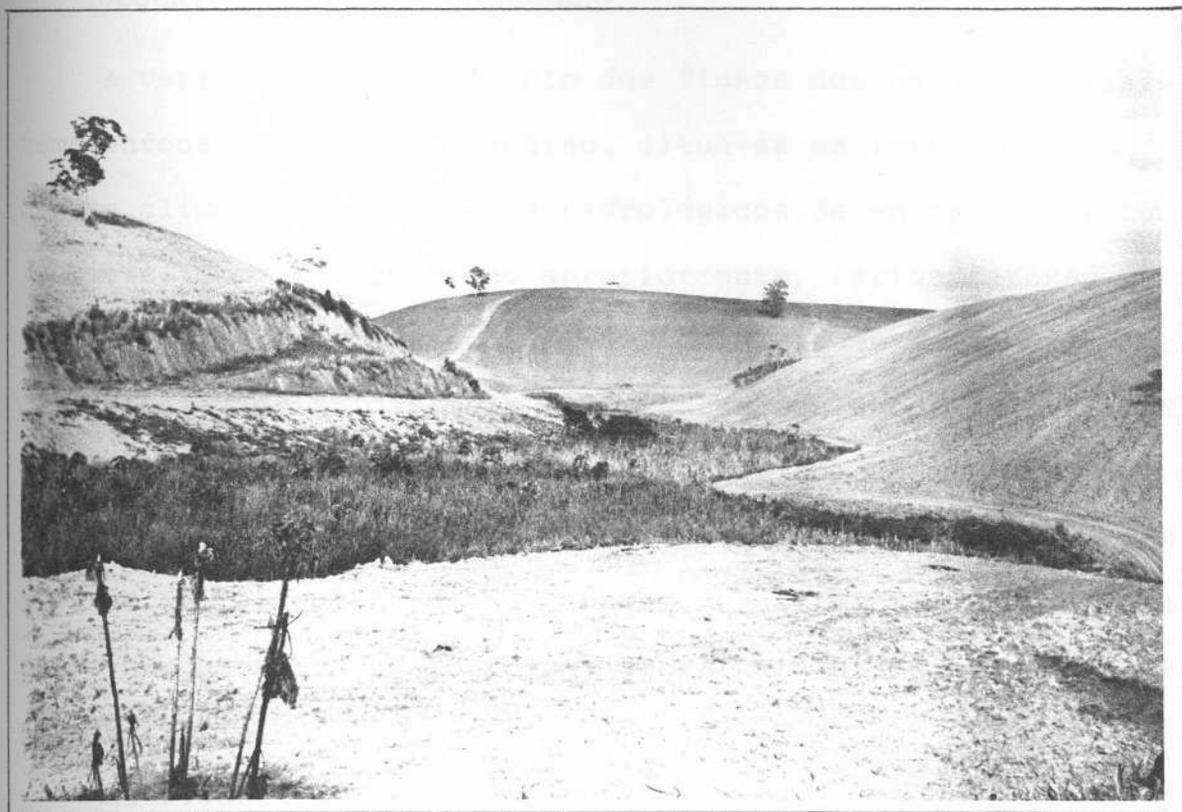


Figura 5 - Encosta preparada para receber novas mudas de cana (outubro de 1991).

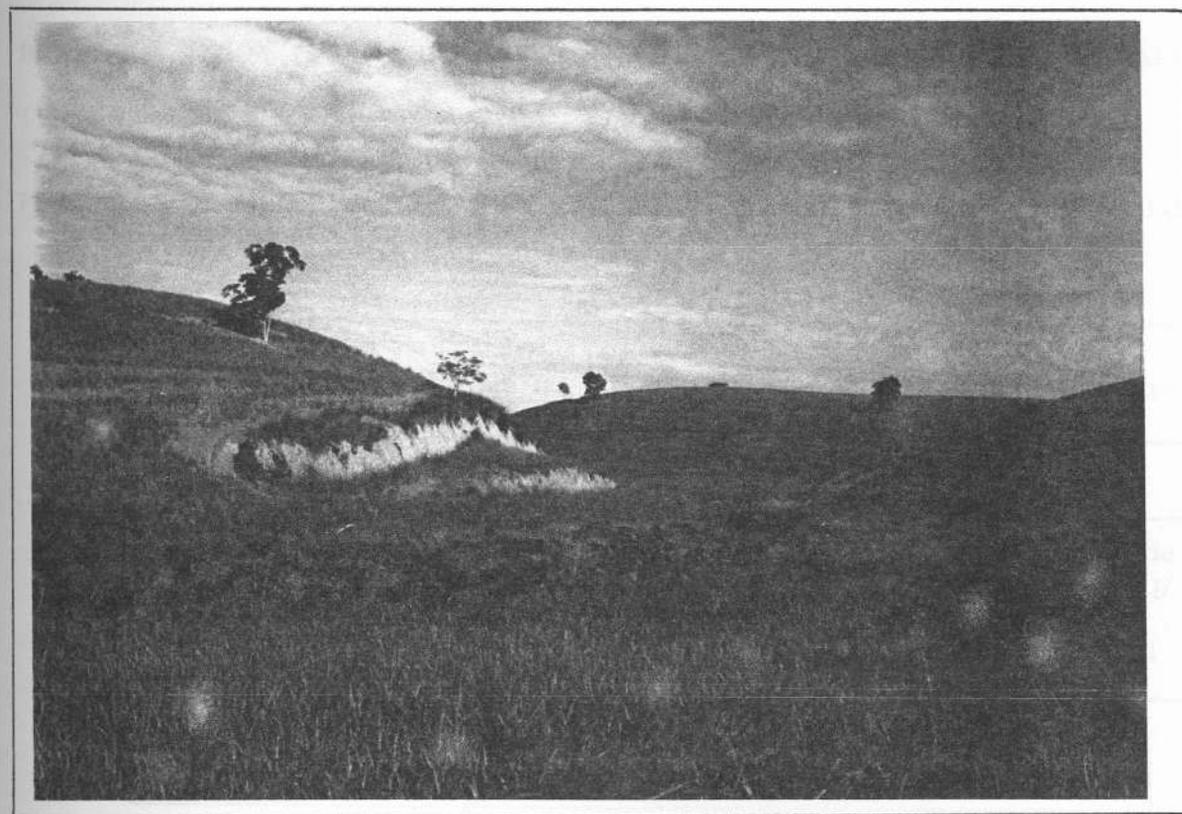


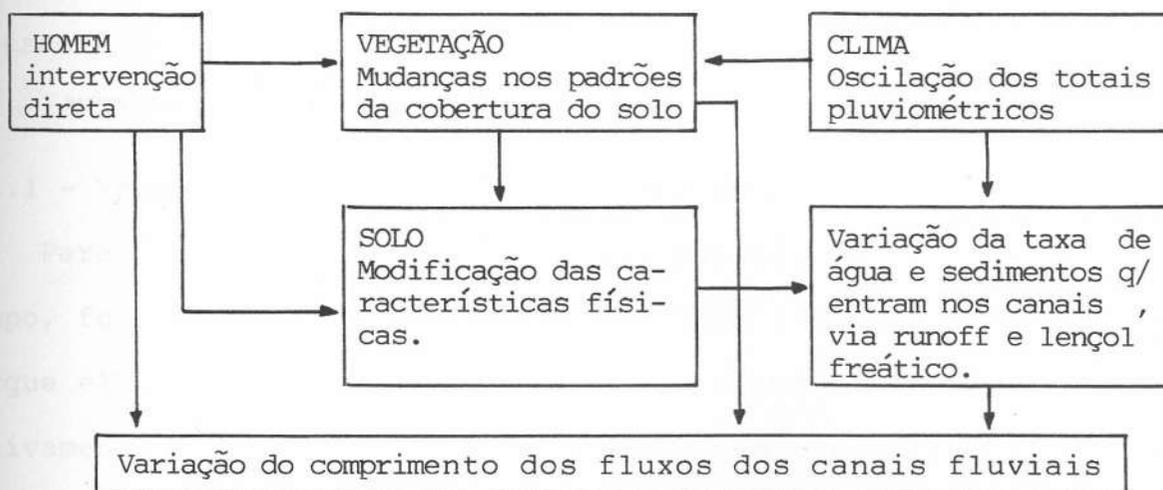
Figura 6 - Seis meses posteriores, a mesma encosta com cana em fase de crescimento. Até chegar à esta fase, os solos ficam des protegidos por vários meses (abril de 1992).

5 - DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A variação do comprimento dos fluxos dos canais fluviais, tema enfocado por este trabalho, situa-se na interface dos processos climáticos, processos hidrológicos de encosta e processos fluviais. Como foi colocado anteriormente, vários fatores influenciam essa dinâmica, sendo assim, optou-se em destacar e estudar as características mais importantes das encostas e das calhas de cinco microbacias com atividades agrícolas distintas e depois compará-las. Com isto, foi possível diagnosticar as condições em que se encontram a drenagem dessas microbacias e, também, do novo ajuste procurado pelo sistema para atingir o novo estado de equilíbrio.

Na figura 7, são colocados, em forma de fluxograma, os fatores mais importantes que controlam os fluxos e a variação de suas extensões dentro das calhas, com base nas concepções de BLYNTH & RODDA (1973), DAY (1978), OVENDEN & GREGORY (1980) e CALVER (1990).

Figura 7 - FATORES QUE CONDICIONAM O COMPORTAMENTO DOS FLUXOS DOS CANAIS FLUVIAIS.



Inicialmente, foi verificado se o fenômeno de regressão da rede de drenagem nas microbacias do Sul do Espírito Santo é de origem climática ou se estaria ligado ao uso agrícola inadequado das encostas. Para isto, observou-se os padrões de pluviosidade da área dentro deste século, para saber se houve diminuição dos totais pluviométricos nas últimas décadas.

Na fase seguinte, utilizou-se o método estratigráfico para caracterizar a origem dos depósitos de calha, buscando saber se os sedimentos são tipicamente fluviais ou se os canais foram entulhados recentemente pelos sedimentos erodidos dos solos das encostas.

A fase final foi conseguir dados referentes ao uso do solo e morfométricos das microbacias e verificar nas encostas, as condições hidrológicas e erosivas. Neste sentido, foram feitos ensaios referentes à taxa de infiltração de água no solo, foram mensurados os índices de densidade aparente do solo, foi calculada a taxa erosiva anual e volume de solo decapitado. Este conjunto de variáveis indica o potencial para a formação do escoamento superficial nas encostas e uma estimativa do volume de sedimentos que entra nas calhas de drenagem. Nos canais, foram mensuradas as vazões, para saber a energia do fluxo para o transporte de sedimentos e espessura dos depósitos no fundo dos talwegues.

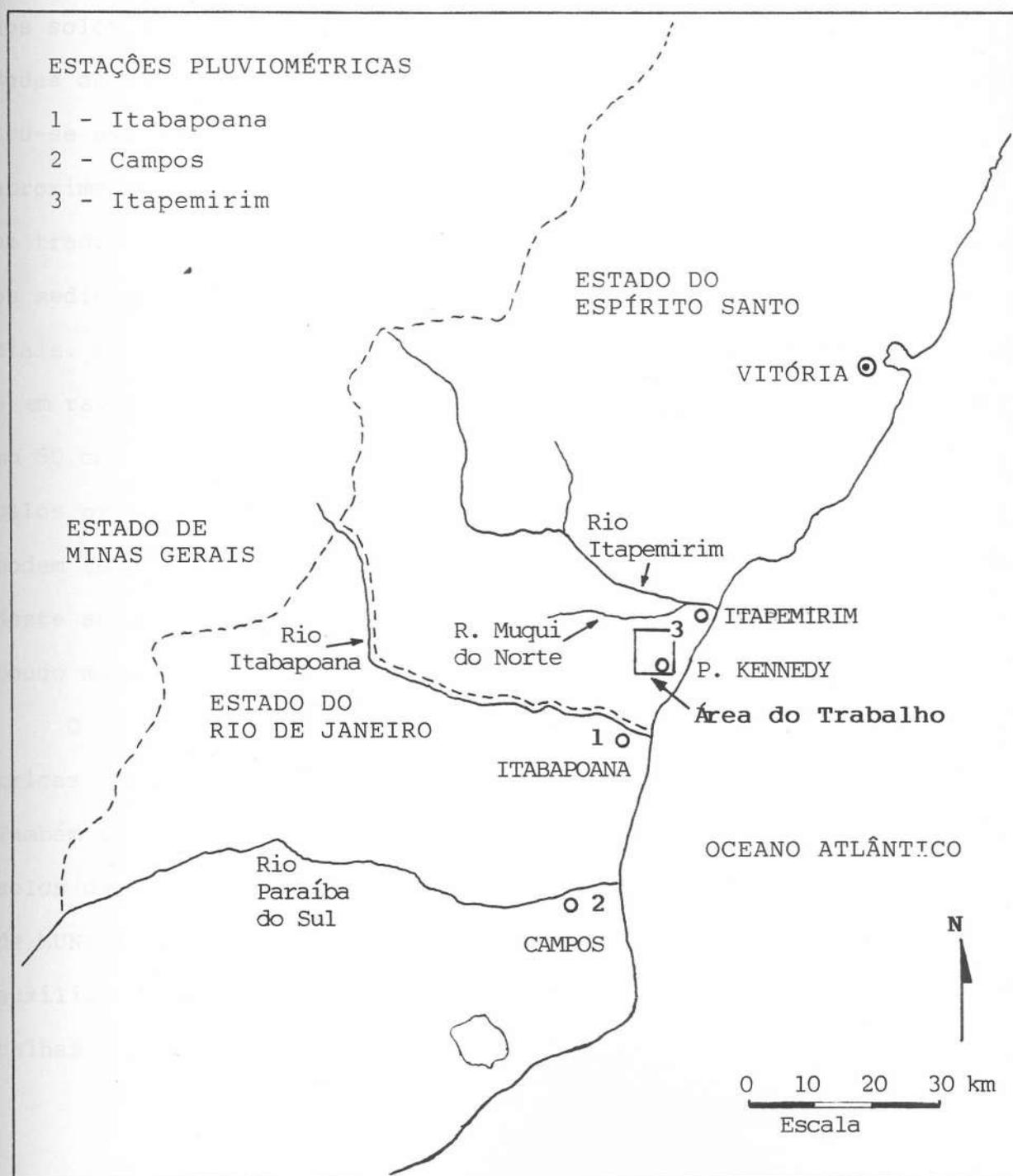
5.1 - MÉTODOS E TÉCNICAS

5.1.1 - Variação dos Valores de Pluviosidade.

Para cobrir com os dados de precipitação um período maior de tempo, foi necessária a utilização de três estações pluviométricas, porque elas funcionaram em períodos distintos. As estações são relativamente próximas e estão localizadas em áreas topograficamente semelhantes: Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET)- Estação de Barra de Itabapoana - Período de funcionamento de 1922 a 1960 ;

INEMET - Estação pluviométrica de Campos - Período de funcionamento de 1950 a 1989; Usina Paineiras - Estação pluviométrica de Itapemirim - Início operacional em 1968 (figura 8).

Figura 8 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS



5.1.2 - Características Granulométricas dos Solos das Encostas e dos Depósitos nas Calhas de Drenagem.

Esta investigação é importante para a detecção de condições favoráveis à drenagem do solo, na medida em que demonstra como se comporta a distribuição percentual de argilas, siltes, areias, grânulos e seixos, assim como permite comparações entre as características dos solos das encostas e dos depósitos de calhas. Nos solos das encostas, as amostras foram coletadas em profundidades de até um metro, com intervalos de 30 cm. Nas calhas, coletou-se amostras em até 220 cm de profundidade, com intervalos de aproximadamente 10 cm. Para a obtenção das amostras, utilizou-se um trado. O limite de 100 cm nas encostas, foi escolhido porque os sedimentos erodidos na área situam-se nas camadas superficiais. Os processos erosivos mais comuns, são: a erosão em lençol e em ravinas, que desenvolvem-se até uma profundidade de no máximo 50 cm. Observações em cacimbas abertas no fundo dos vales pelos proprietários, indicam que os depósitos das calhas, que podem ter como origem os sedimentos erodidos recentemente (dentro deste século) dos solos das encostas, devem ter em alguns pontos pouco mais de 2 m de espessura.

O tratamento de separação e pesagem das classes granulométricas em laboratório, segue o método descrito por SUGUIO (1973). Também foram identificadas as cores das amostras dos perfis dos solos das encostas e dos depósitos das calhas, seguindo a escala de MUNSELL (1971). Essa técnica mostrou-se útil porque permitiu auxiliar a diagnosticar a origem dos sedimentos encontrados nas calhas.

5.1.3 - Volume de Solo Erodido das Encostas

No mês de abril de 1992, as encostas da área de estudo passaram por um período de intensa erosão, provocada por ravinamentos. Na época, os solos estavam preparados (expostos) para receberem novas mudas de cana e abacaxi. O volume de solo erodido foi conseguido com a medição do comprimento, largura e profundidade das ravinas. Para isso, foi delimitada uma área de 500 m² em uma encosta, com feições erosivas representativas para todas as outras que tinham as mesmas características e para o mesmo período (figura 9). Técnica semelhante foi utilizada por BOARDMAN & HAZELDEN (1986).

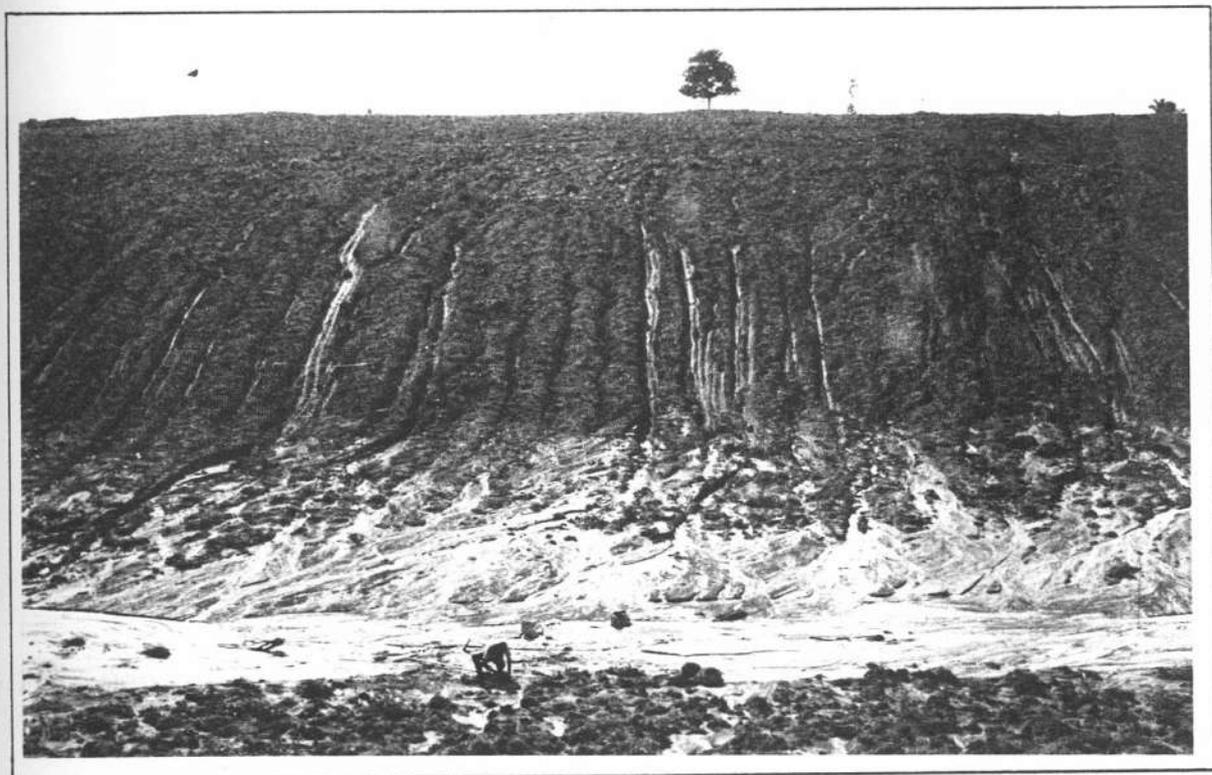


Figura 9 - Medição do comprimento, largura e profundidade das ravinas para saber o volume de solo perdido por erosão, em uma área de 500 m².

Uma técnica empregada por DUNNE (1977) foi também aplicada neste trabalho: dela consta a observação de marcas ou mesmo de restos remanescentes do antigo nível do solo na base das árvores que ainda permanecem dentro das áreas de cultivo. Esse procedimen

to permite estimar a espessura do solo erodido e servindo também para avaliação do volume de solo perdido. Pode-se chegar à esses resultados por comparação do nível atual com o antigo (figura 10), porém deve-se levar em conta a compactação atingida pela superfície atual. Para determinar esse fator, foram mensurados valores de densidade aparente do solo de alguns ambientes, como está exposto no item seguinte.

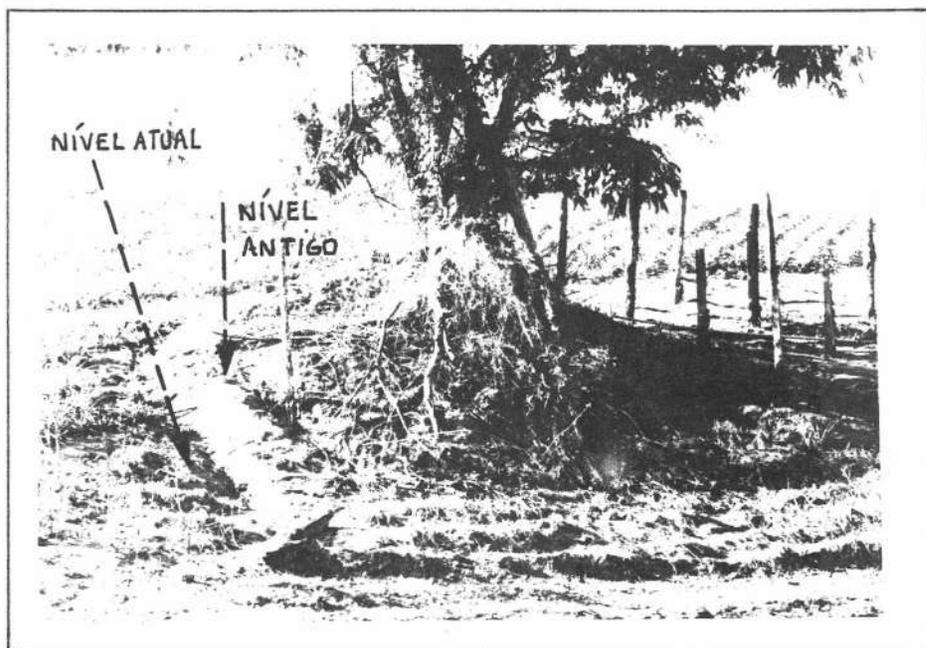


Figura 10 - Utilização de árvores localizadas dentro de áreas cultivadas para estimar o rebaixamento do nível da superfície do solo e volume de material erodido.

5.1.4 - Densidade Aparente do Solo.

Os dados foram obtidos com a utilização de anéis de PVC com volume útil de 98 cm^3 . O anel é todo introduzido no solo, com uso de um martelo, sendo depois retirado com a amostra, na qual a estrutura original do solo é preservada. Em laboratório, depois de seco na estufa, o conteúdo de solo é pesado. A densidade é dada pela relação peso sobre volume (EMBRAPA, 1979) - (figura 11).

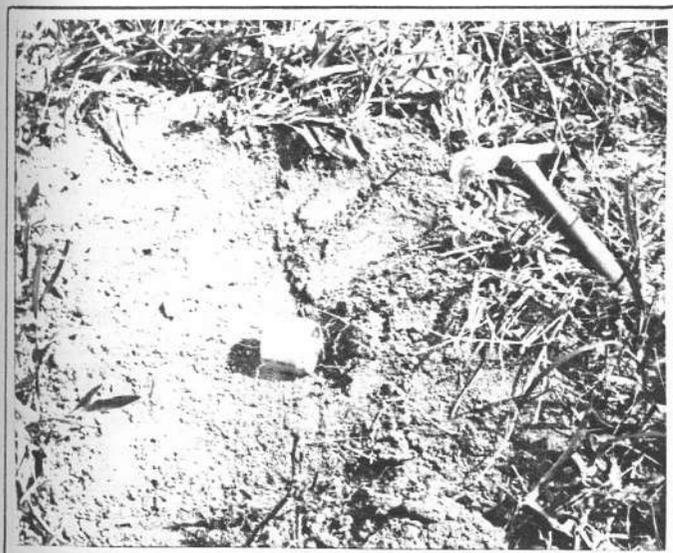


Figura 11 - Utilização de anéis de PVC como auxílio para determinar a densidade aparente do solo. Em cada ponto foram tiradas amostras do horizonte A e B.

5.1.5 - Taxa de Infiltração de Água no Solo.

Os dados foram obtidos em campo com a utilização de infiltrometro simplificado, que consta de um cilindro de PVC de 10 cm de diâmetro e 15 cm de altura (figuras 11 e 12). Os ensaios foram feitos para obter valores que expressassem o comportamento da taxa de infiltração, mensuradas em milímetros por hora (mm/h). Esta técnica utilizada é uma adaptação feita por GUERRA (1991) para o método preconizado por HILLS (1970). Os procedimentos para a obtenção dos resultados estão detalhados no anexo I.

5.1.6 - Vazão dos Canais Fluviais.

As mensurações foram conseguidas com a utilização de vertedouros. Como os canais são pequenos, foi possível instalar uma tábua com um corte em "V" na parte superior. Colocando de forma para represar o fluxo, após o enchimento do pequeno reservatório, o vertedouro passa a liberar a água em forma de queda. Utilizando como coletor um recipiente com volume conhecido, contou-se o tempo de seu enchimento. Os valores foram expressos em litros por minuto devido à pequena vazão dos canais. Técnica também utilizada por FERNANDES *et alii* (1989).

As figuras 12 A e B abaixo, mostram os cilindros infiltrômetros sendo utilizados na mensuração da taxa de infiltração, em solo exposto, na superfície (horizonte A) e a 25 cm de profundidade (horizonte B) em solo com pasto. Também foram feitos testes em solos com culturas de abacaxi e sob floresta.

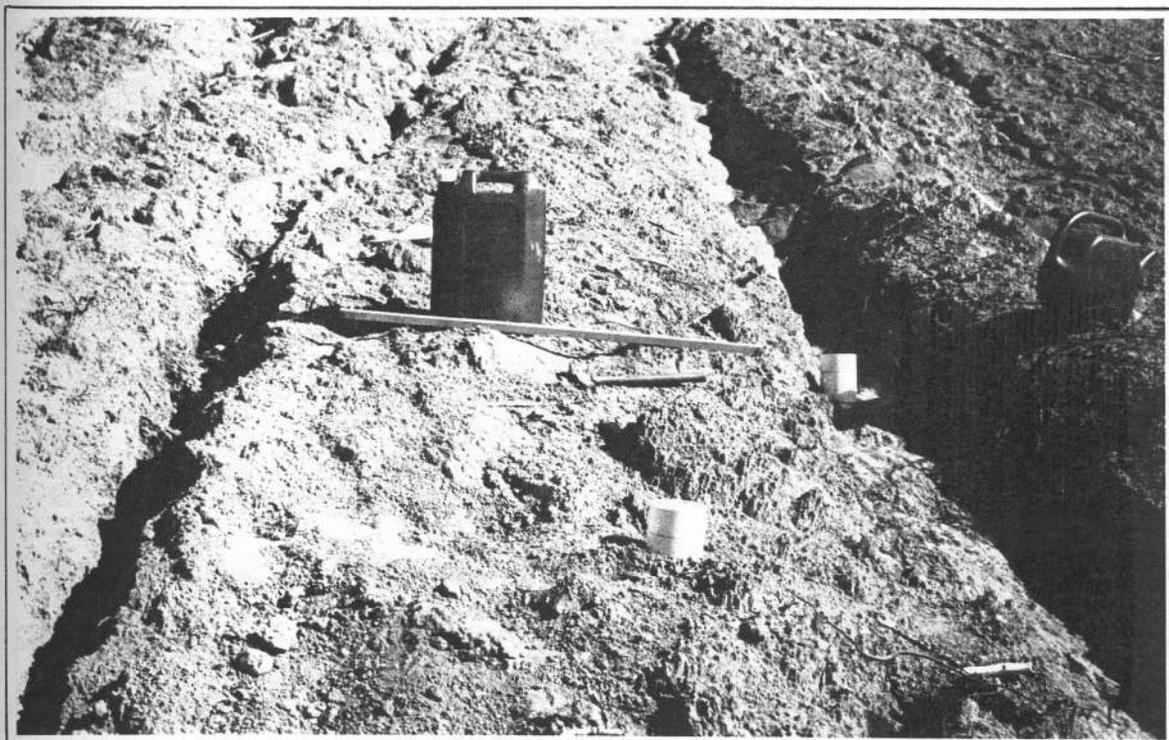


Figura 12 A



Figura 12 B

5.1.7 - Dados Morfométricos das Microbacias.

Para a caracterização morfométrica das microbacias, levou-se em conta as seguintes variáveis: área; altitudes mínimas e máximas do relevo; extensão e declividade das encostas; extensão e gradiente dos canais fluviais. Esses dados são importantes porque dimensionam as microbacias e são úteis para a determinação da energia dos processos. Os valores foram conseguidos com o auxílio das cartas topográficas Presidente Kennedy e Itapemirim do IBGE (1:50.000), fotografias aéreas do Instituto Brasileiro do Café (1:25.000) e uso de clinômetro, nível e trena no campo.

5.1.8 - Dados Referentes ao Uso do Solo.

Procurou-se fazer um paralelo entre dois períodos distintos, para saber sobre a evolução da ocupação da área. O primeiro período, anterior a 1969 e o segundo, a partir de 1970. Este limite cronológico foi determinado pela data das fotografias aéreas. Com o uso das fotos disponíveis, foi possível calcular as áreas dos solos cobertos com: matas, pastos, capoeiras e solos cultivados. A imagem de satélite Landsat (1:100.000), ano de 1988, também foi útil, pois com ela foi possível calcular a diminuição das áreas com matas desde 1969. Foram realizadas entrevistas com moradores antigos da área, buscando informações para saber as condições de umidade da área no passado e sobre o desenvolvimento da ocupação e das práticas agrícolas.

6 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

6.1 - DADOS MORFOMÉTRICOS E USO DO SOLO DAS MICROBACIAS.

6.1.1 - Microbacia 1

Geologia/geomorfologia: vale esculpido em rocha cristalina (gnaisses), área de colinas. - Área da Microbacia = 0,32 km²

Altitudes do relevo: Máx = 125 m, Mín = 50 m e amplitude = 75 m

Declividade das Encostas: (0 a 5°)= 15% (6 a 10°)= 20% (11 a 15°) = 15% (16 a 20°)= 10% (> 20°)= 40% - Extensão média das encostas : esquerda (visão p/ cabeceira)= 190 m e direita = 370 m

Drenagem: um canal perene, com uma pequena extensão intermitente e dois canais efêmeros: um em condição semi-natural e outro descaracterizado (área de pasto). A nascente se situa aproximadamente a 250 m da cabeceira. - Extensão dos canais: calha principal = 500 m e para cada canal efêmero, 120 m. - Gradiente das calhas: (0 a 2°)= 200 m (3 a 6°)= 200 m (7 a 10°)= 220 m (> 10°)= 20 m.

COBERTURA DO SOLO	TIPO	ÁREA %
Vegetação natural	Mata primária	25
Cultura perene	Café	17
Cultura temporária	Arroz e feijão	05
Solo exposto	Espaçamento do café	05
Outros	Solo abandonado (pasto degradado)	48

Ver figura 13, correspondente à microbacia 1.

6.1.2 - Microbacia 2

Geologia/geomorfologia: vale esculpido em rocha cristalina (gnaisses), área de colina. - Área da microbacia = 0,5 km²

Altitudes do relevo: Máx = 125 m, Mín = 50 m e amplitude = 75 m

Declividade das encostas: (0 a 5°)= 20% (6 a 10°)= 30% (11 a 15°) = 10% (16 a 20°)= 30% (> 20°)= 10% - Extensão média das encostas: esquerda (visão p/ cabeceira)= 220 m e direita = 250 m

Drenagem : 3 canais intermitentes e 4 canais efêmeros. apenas um canal intermitente e um efêmero estão parcialmente expostos, sem cobertura de mata. Durante as observações não haviam fluxos.

Extensão dos canais: calha intermitente principal = 800 m, afluente intermitente direito = 500 m, afluente intermitente esquerdo = 200 m e os quatro canais efêmeros, medem cada um, em média, 150 m.

Gradiente das calhas : não foi medido.

COBERTURA DO SOLO	TIPO	ÁREA %
Vegetação natural	Mata primária	90
Outros	Desmatamento recente p/ plantio de feijão e milho	10

Ver figura 14 correspondente à microbacia 2.

6.1.3 - Microbacia 3

Geologia/geomorfologia: vale esculpido sobre sedimentos do Bar - reiras, área de tabuleiro. - Área da microbacia = 0,08 km²

Altitudes do relevo: Máx = 50 m, Mín = 20 m e amplitude = 30 m

Declividade das encostas: (0 a 5°) = 20% (6 a 10°) = 15% (11 a 15°) = 20% (16 a 20°) = 30% (> 20°) = 15% - Extensão média das encostas : esquerda (visão p/ cabeceira) = 150 m e direita = 150 m

Drenagem: 1 canal efêmero - Extensão da calha = 500 m - Gradiente da calha: (0 a 2°) = 380 m (3 a 6°) = 90 m (7 a 10°) = 20 m (> 10°) = 10 m. Toda a extensão da calha é utilizada para plantio.

COBERTURA DO SOLO	TIPO	ÁREA %
Vegetação natural	Capoeira	15
Solo exposto	Área preparada p/ plantio de abacaxi	85

Ver figura 15, correspondente à microbacia 3.

6.1.4 - Microbacia 4

Geologia/geomorfologia: vale esculpido em rocha cristalina (gnaiesses) área de colinas. - Área da microbacia = 0,33 km².

Altitudes do relevo: Máx = 60 m, Mín = 20 m e amplitude = 40 m

Declividade das encostas: (0 a 5°) = 25% (6 a 10°) = 10% (11 a 15°) = 10% (16 a 20°) = 40% (> 20°) = 15% - Extensão média das encostas : esquerda (visão p/ cabeceira) = 380 m e direita = 220 m.

Drenagem: 1 canal efêmero, finalizando com um curto segmento intermi-
tente. Toda a extensão da calha também é utilizada para plantio.

Extensão da calha = 750 m - Gradiente: (0 a 2°) = 500 m (3 a 6°) = 190 m (7 a 10°) = 50 m (> 10°) = 10m

COBERTURA DO SOLO	TIPO	ÁREA %
Vegetação natural	Capoeira	25
Solo exposto	Solo arado p/ plantio de mandioca	50
Outros	Solo abandonado (pasto degradado)	25

Ver figura 16, correspondente à microbacia 4.

6.1.5 - Microbacia 5

Geologia/geomorfologia: vale esculpido em rocha cristalina e sedimentos do Barreiras, área de transição entre tabuleiro e encosta de uma colina isolada. - Área da microbacia = 0,07 km²

Altitudes do relevo: Máx = 50 m, Mín = 20 m e amplitude = 30 m

Declividade das encostas: (0 a 5°) = 30% (6 a 10°) = 25% (11 a 15°) = 40% (16 a 20°) = 5% (> 20°) = 0 - Extensão média das encostas : esquerda (visão p/ cabeceira) = 170 m e direita = 170 m

Drenagem : 1 canal efêmero. A jusante deste canal, o proprietário abriu calhas de drenagem artificiais, que mantêm fluxos contínuos ao longo do ano. - Extensão da calha : 310 m - Gradiente: (0 a 2°) = 200 m (3 a 6°) = 70 m (7 a 10°) = 30 m (> 10°) = 5 m. O trecho da calha que não tem calhas artificiais, é utilizada para plantio.

COBERTURA DO SOLO	TIPO	ÁREA %
Cultura perene	Cana e abacaxi	80
Solo exposto	Solo arado para o plantio	20

Ver figura 17, correspondentes à microbacia 5.

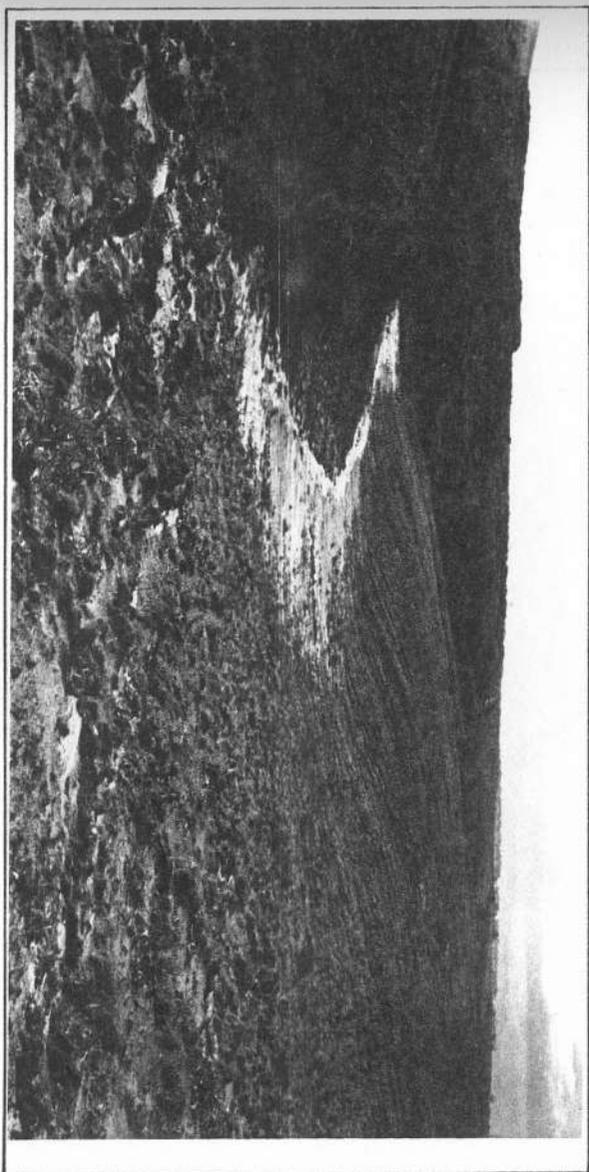


Figura 15 - Microbacia 3

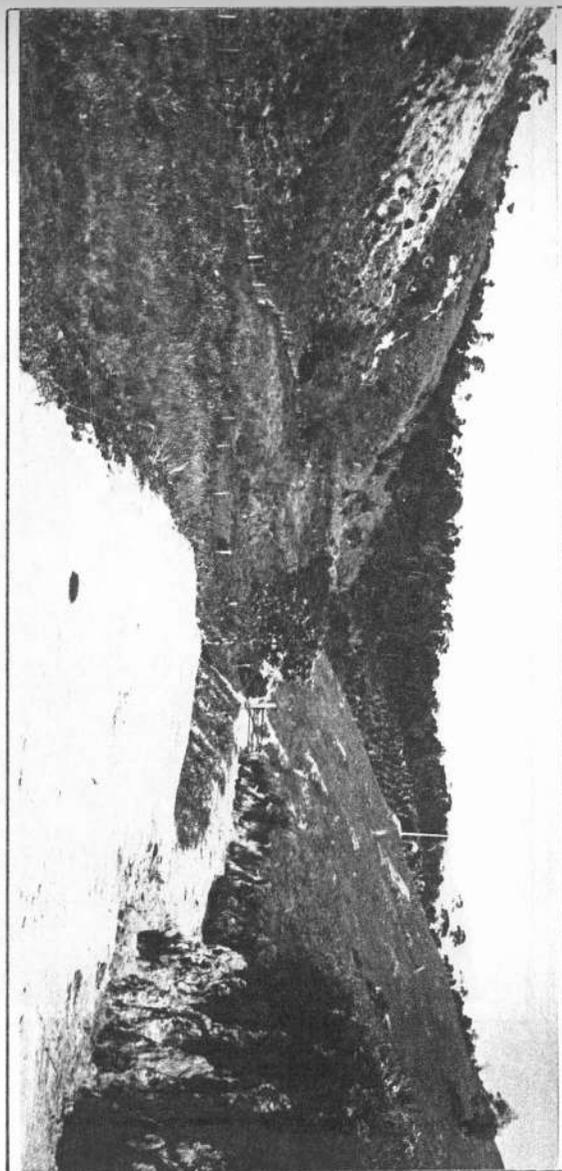


Figura 14 - Microbacia 2



Figura 13 - Microbacia 1



Figura 17B

Figura 17A

Microbacia 5

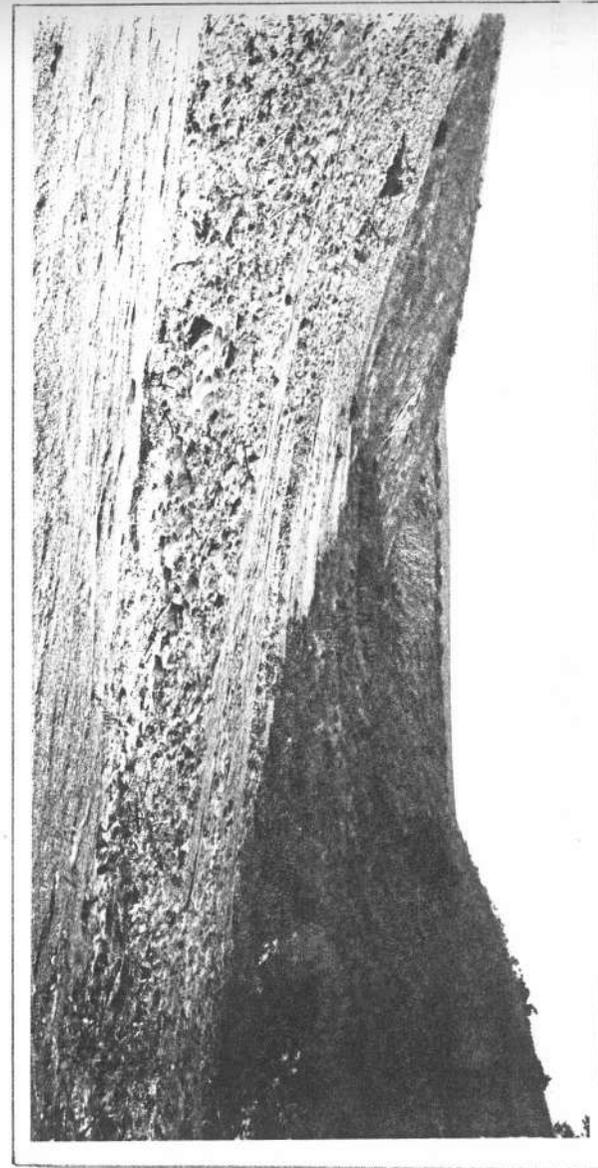
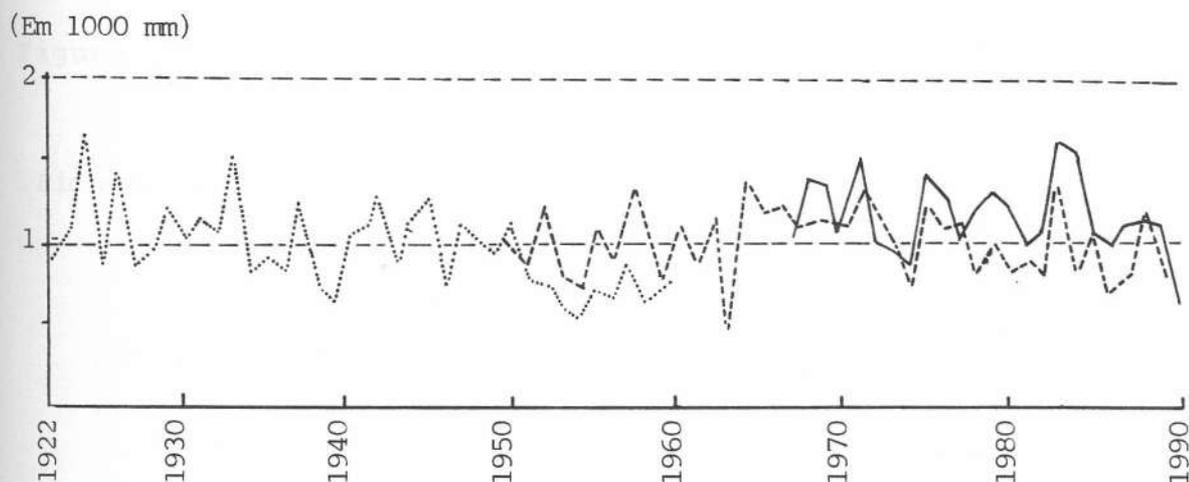


Figura 16- Microbacia 4

6.2 - VARIAÇÕES DOS TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS.

Foram analisados os dados referentes aos totais mensais das estações pluviométricas de Itabapoana, Campos e Itapemirim, referentes ao período de 1922 a 1990. Para saber se houve variações significativas na pluviosidade desse período, foram analisados os totais anuais, que estão expostos no anexo II e se encontram resumidos no gráfico abaixo (figura 18). Observa-se uma variabilidade muito grande entre fases úmidas e secas. Apenas no período desses 69 anos, considerando a média geral das três estações, ocorreram quatro fases úmidas: 1923-1933, 1964-1972, 1975-1980 e 1983-1984; duas fases moderadas: 1940-1950 e 1985-1989; cinco fases secas: 1934-1939, 1951-1963, 1973-1974, 1981-1982 e 1990.

Figura 18 - PLUVIOSIDADE ANUAL



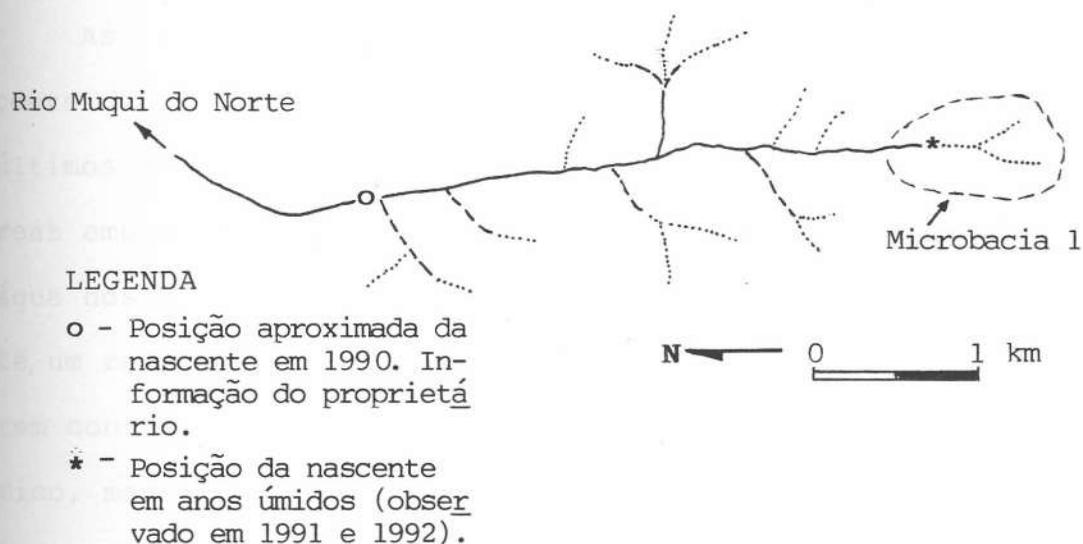
..... Itabapoana - INEMET (1922-1960)
 - - - - Campos - INEMET (1950-1989)
 ——— Itapemirim - U. Paineiras (1968-1990)

	<u>MIN (mm)</u>	<u>ANO</u>	<u>MAX (mm)</u>	<u>ANO</u>	<u>MED (mm)</u>
Itabapoana	545	(1954)	1.644	(1924)	917
Campos	440	(1963)	1.386	(1983)	1.087
Itapemirim	590	(1990)	1.619	(1983)	1.119

Pode-se perceber que ocorreu uma queda progressiva dos picos pluviométricos do ano de 1923 a 1960, mas após 1964, os totais anuais voltaram a subir. A rigor, esta variação não pode ser considerada como alteração do clima, devido às interferências antrópicas sobre o ambiente. De acordo com AYOADE (1983:172), a variabilidade anual ou em períodos maiores constitui a dinâmica natural dos processos climáticos, que sempre ocorreram, onde o clima pode tender para mais úmido ou para mais seco.

O proprietário da microbacia 1 informou que no ano de 1990 todos os pequenos canais da área secaram, quando o total anual de precipitação acumulou apenas 590,4 mm. Portanto todos os canais de uma bacia de 3ª ordem secaram, fazendo a nascente do canal principal (nascente da microbacia 1) migrar de posição numa extensão superior a 3 km. A figura 19 ilustra essa situação:

Figura 19 - VARIAÇÃO DA POSIÇÃO DA NASCENTE DA MICROBACIA 1



Ocorrem respostas nos fluxos dos canais fluviais em relação às variações pluviométricas na escala de tempo diária, mensal, anual e em décadas (BLYNTH & RODDA, 1973; DAY, 1978; CALVER, 1990). Nesse sentido, a posição das nascentes no local tem variado, porque, como pode ser observado, há sempre uma oscilação de ano úmido

do e ano seco. Entretanto, a variabilidade apresentada pelos totais pluviométricos anuais e em décadas não justificam as mudanças ocorridas na rede de drenagem local, que apontam para uma regressão progressiva, já que, inclusive, os índices pluviométricos voltaram a subir após o ano de 1964. Fica provado dessa forma, que a retração progressiva da rede de drenagem na área de estudo não é causada por alterações de ordem climática, e que a resposta para essa situação está no entulhamento das calhas e alterações das condições hidrológicas dos solos das encostas, como será exposto nos próximos itens.

No ano de 1990, foram observadas 3 cacimbas abertas no talvegue de algumas microbacias, com profundidades superiores a 2 metros. Nesse período de baixa pluviosidade (590,4 mm/ano), todas as cacimbas secaram e o nível do lençol freático baixou no mínimo 2,5 metros. Isto reforça os relatos do proprietário da microbacia 1.

As informações obtidas em consultas à população local dão conta que o nível de umidade nos fundos dos vales diminuiu nos últimos 40 anos. Como exemplo, eles indicaram a retração das áreas embrejadas, diminuição da vazão dos canais e menor volume de água nos poços. Mas não foi possível constatar se houve, realmente, um rebaixamento do nível médio do lençol freático. Ainda existem controvérsias do efeito do desmatamento sobre o lençol freático, mas a prática e observações empíricas indiretas têm apontado para o rebaixamento do nível médio em algumas áreas.

6.3 - TAXA DE INFILTRAÇÃO E DENSIDADE APARENTE DOS SOLOS.

Os índices de taxa de infiltração e densidade do solo podem dar um quadro claro do potencial para a formação do escoamento superficial nas encostas e a capacidade de absorção de água pelo

solo. A variabilidade das condições de compactação do solo devido aos diferentes usos fica evidente conforme as tabelas 6, 7 e 8.

Em uma única microbacia, como é o caso da N^o 1, tem-se uma enorme variabilidade na taxa de infiltração, de 50 mm em 4.320 segundos (± 41 mm/h) em áreas de pisoteio de gado a 250 mm em 52 segundos (± 18.620 mm/h) em área com mata. Na microbacia 2, também com mata, foi mensurada uma taxa de 250 mm em 40 s (± 22.500 mm/h).

A densidade aparente do solo pode expressar, no sentido comparativo, o grau de compactação (arranjo das partículas), o que influencia diretamente a permeabilidade do solo. No gráfico (figura 20) fica evidente que quanto maior a densidade, menor é a taxa de infiltração. Normalmente em áreas cultivadas a densidade do solo tende a ser maior, devido à sua compactação, tornando-o menos permeável.

É comum, em solo sob condições normais que o horizonte **A** seja mais permeável que o horizonte **B**, no qual há acúmulo natural de argilas. Porém, com a forte erosão das encostas locais, decaptando parte do horizonte **A**, e com intenso trabalhamento dos solos por máquinas pesadas, o horizonte **B** passa a ser mais fortemente compactado. Os arados dos tratores não conseguem revolver esse horizonte, o que mantém o alto grau de compactação. Disto, resulta o aumento cada vez maior do volume de água mobilizado pelo escoamento superficial, diminuindo, com isto, o volume de água que alimenta o lençol freático.

Para facilitar a comparação, todos os ensaios foram transformados em uma mesma unidade de tempo (uma hora de ensaio), mas alguns não chegaram a este tempo e outros o ultrapassaram. Para chegar à unidade de tempo padrão, fez-se uma regra de três. Portanto, a taxa de infiltração em mm/h é aproximada, porque a infiltração de água no solo obedece a um comportamento que pode ser expresso por uma curva.

Tabela 6 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E DENSIDADE APARENTE DOS SOLOS.

MICROBACIA 1					
COLUNA DE ÁGUA INFILTRADA EM mm (acumulada)	TEMPO DE INFILTRAÇÃO (segundos)				
	Canal efêmero mata	Encosta mata	Encosta pasto	Canal efêmero pasto	Encosta trilha de gado
1ª 50 = (50)	9	13	682	1.035	4.320
2ª 50 = (100)	10	15	839	1.538	-
3ª 50 = (150)	10	16	776	1.658	-
4ª 50 = (200)	11	16	856	-	-
5ª 50 = (250)	12	17	974	-	-
TOTAL (tempo)	52	77	4.127	4.231	4.320
TAXA DE INFIL- TRAÇÃO (mm/h) *	18.620	12.272	218	127	41
DENSIDADE-SOLO Hor. A (g/cm ³)	1,09	0,98	1,37	-	1,50
DENSIDADE-SOLO Hor. B (g/cm ³)	1,24	1,15	1,41	-	1,53

* Aproximada

Tabela 7 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E DENSIDADE APARENTE DOS SOLOS.

MICROBACIA 2			MICROBACIA 3		
COLUNA DE ÁGUA INFILTRADA EM mm (acumulada)	TEMPO INFILT.(s)		TEMPO DE INFILTRAÇÃO (s)		
	Encosta mata	Encosta café	Encosta exposta Hor. A	Encosta exposta Hor. B	Encosta solo s/ uso
1ª 50 = (50)	7	195	80	310	255
2ª 50 = (100)	7	246	105	325	315
3ª 50 = (150)	8	260	120	380	345
4ª 50 = (200)	9	263	125	-	-
5ª 50 = (250)	9	305	130	-	-
TOTAL (tempo)	40	1.269	560	1.015	915
TAXA DE INFIL- TRAÇÃO (mm/h) *	22.500	709	1.607	532	590
DENSIDADE-SOLO Hor. A (g/cm ³)	1,01	1,28	1,32	-	1,31
DENSIDADE-SOLO Hor. B (g/cm ³)	1,18	1,46	-	1,48	1,51

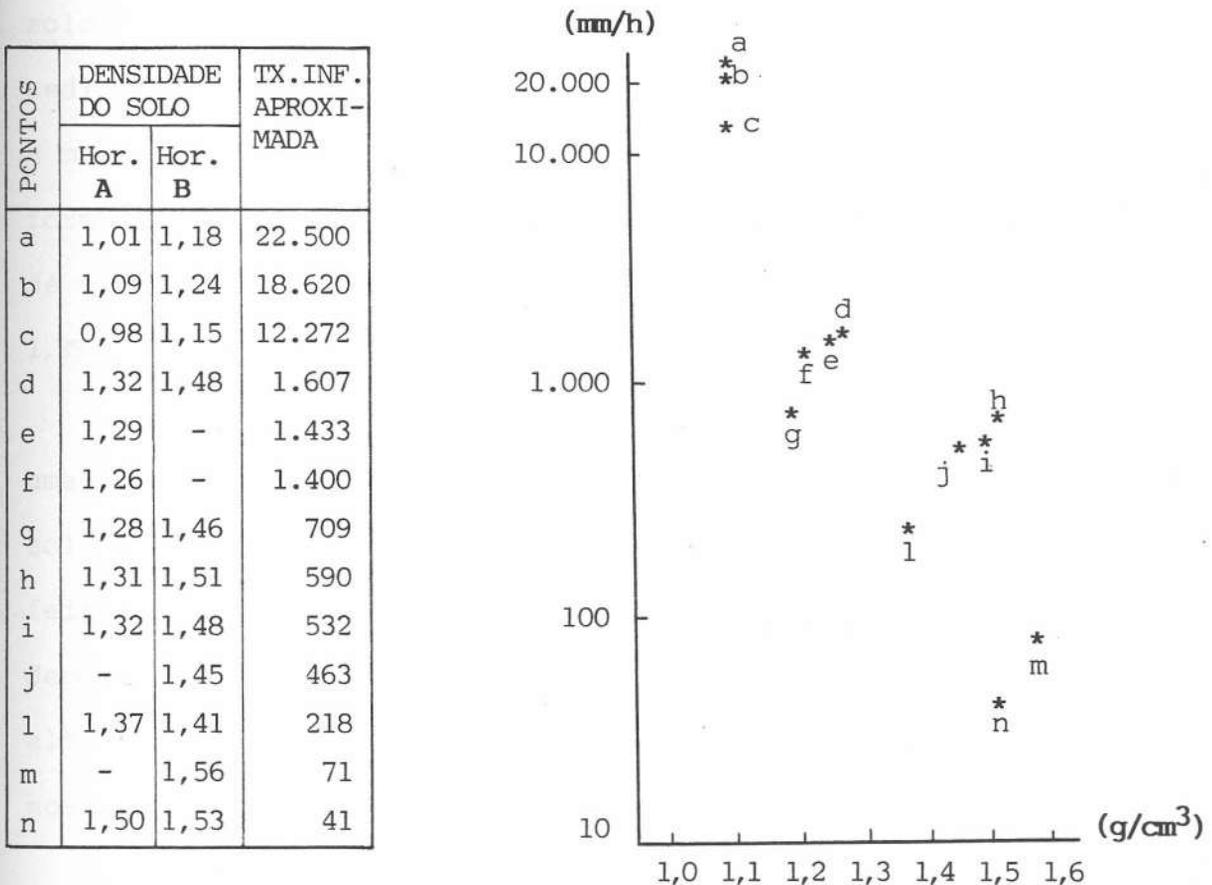
* Aproximada

Tabela 8 - TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E DENSIDADE APARENTE DOS SOLOS.

MICROBACIA 4			MICROBACIA 5	
COLUNA DE ÁGUA INFILTRADA EM mm (acumulada)	TEMPO INFILT (s)		TEMPO INFILT (s)	
	solo exposto Horiz A	solo exposto horiz B	Encosta abacaxi Horiz A	Encosta abacaxi Horiz B
1ª 50 = (50)	82	2.520	107	355
2ª 50 = (100)	118	-	121	398
3ª 50 = (150)	128	-	128	411
4ª 50 = (200)	143	-	134	-
5ª 50 = (250)	155	-	138	-
TOTAL (tempo)	626	2.520	628	1.164
TAXA DE INFILTRAÇÃO (mm/h) *	1.400	71	1.433	463
DENSIDADE-SOLO (gramas/cm ³)	1,26	1,56	1,29	1,45

* Aproximada

Figura 20 - GRÁFICO DE CORRELAÇÃO ENTRE TAXA DE INFILTRAÇÃO E DENSIDADE APARENTE DO SOLO. (TAB. 6, 7 e 8)



Pelas tabelas 6,7 e 8 pode-se concluir que a densidade aparente do solo no horizonte **B**, em áreas com mata, possui uma média de $1,15 \text{ g/cm}^3$. Em áreas cultivadas, a média é de $1,48 \text{ g/cm}^3$. Isto corresponde a um acréscimo de aproximadamente 28% na densidade aparente e significa que a porosidade pode ter sido diminuída em cerca de 28%.

6.4 - EROÇÃO DAS ENCOSTAS

No mês de abril de 1992, choveu muito entre os dias 23 e 29, com precipitações diárias de 7, 10, 5, 80, 30 e 5 mm, totalizando, nesses 7 dias, 187 mm. Durante essa semana as microbacias 3 e 4 estavam com os solos preparados para o plantio de cana, abacaxi e mandioca. Com essa condição, formaram-se muitas ravinas devido ao intenso escoamento superficial (figura 21). Todas as ravinas se desenvolveram até um horizonte argiloso e compactado, com características de **B2** (ver perfil identificado pela EMBRAPA, 1978 - anexo III) que atualmente, no local, tem o seu limite superior em uma profundidade média de 25 cm. Durante essa semana nas encostas com solos expostos e arados, foram perdidos por erosão $1.260 \text{ m}^3/\text{ha}$ de sedimentos dos horizontes **A2** e **B1**. Esse volume foi calculado com a medição do comprimento, largura e profundidade das ravinas, conforme foi apresentado na metodologia. Considerando que a densidade média dos horizontes **A2** e **B1** em solo exposto na área é de $1,29 \text{ g/cm}^3$, isto equivale a $1.625 \text{ t/ha/semana}$.

Para o volume de material erodido assumir tais proporções, uma série de condições devem existir concomitantemente, como o solo estar exposto e revolvido (arado), o tipo de padrão de covas feitas pelas máquinas, o que acontece uma ou duas vezes por ano, dependendo do tipo de plantação, precipitações pluviométricas de alta intensidade e volume (o dobro da média para aquele mês). Porém, nos outros locais com pastagem, abacaxi, cana e mata, esse

efeito foi menor fazendo baixar o valor médio da erosão quando considerada a área total.

A compactação do horizonte B2 na área é tão elevada, 1,48 g/cm³, que forma uma estrutura compacta e quase impermeável (a densidade desse mesmo horizonte no solo sob mata é de 1,15 g/cm³). A camada superficial do solo de ± 25 cm é facilmente saturada, produzindo o "runoff" em um espaço de tempo muito curto. O escoamento subsuperficial entre os limites dos horizontes A e B é alto, devido à diferença de permeabilidade. Isto também é uma condição importante para a formação das ravinas (figura 22).

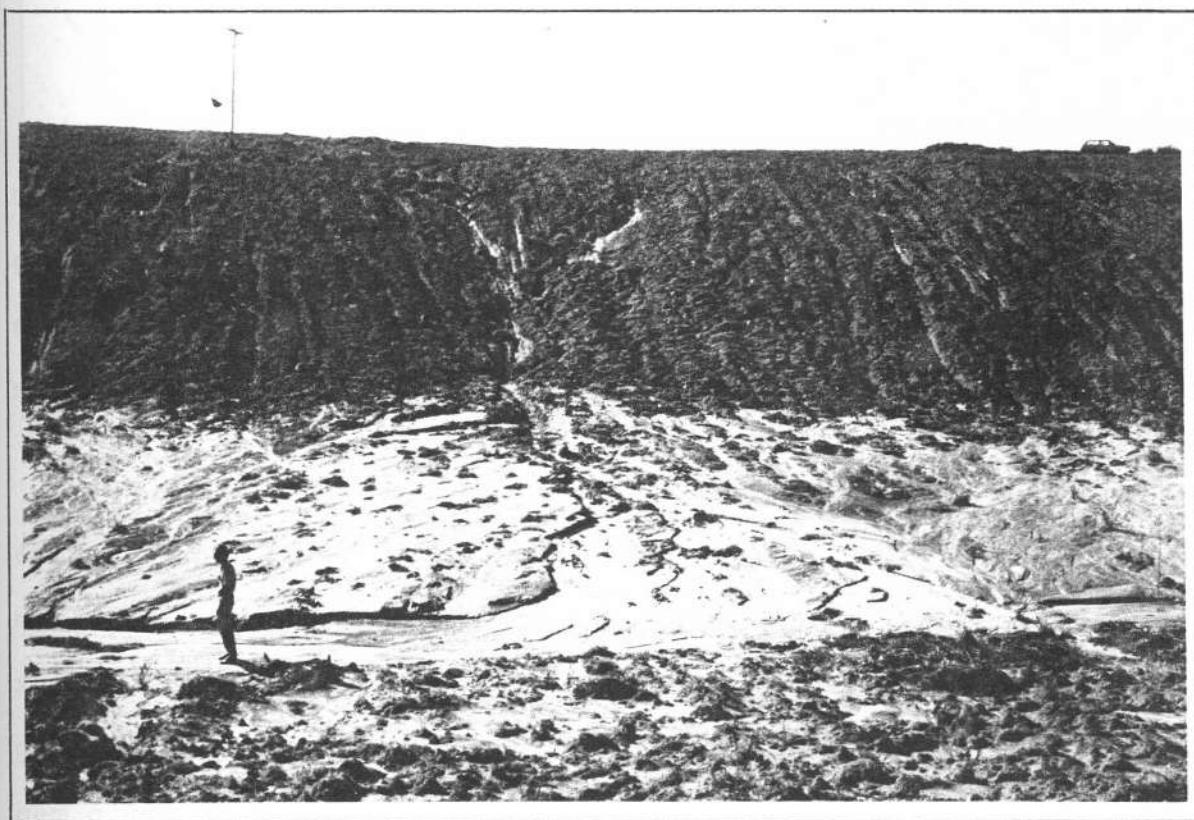


Figura 21- Encosta da microbacia 3 com muitas ravinas, formadas em apenas uma semana, onde o total pluviométrico chegou a 187 mm (abril de 1992) e encontrou um solo revolvido e arado em sistema de covas no sentido vertical às encostas (morro abaixo). A perda de material chegou a 1.625 t/ha/semana.

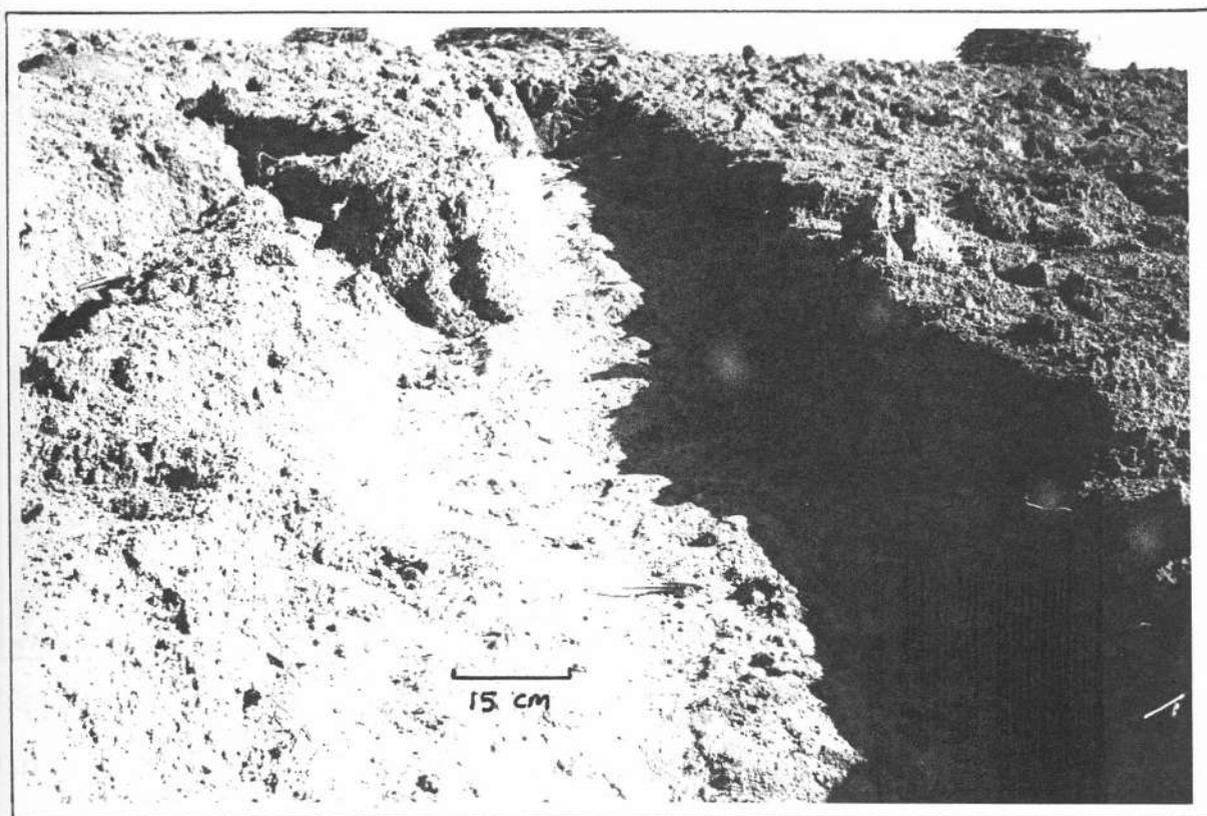


Figura 22 - Ravina produzida na encosta da microbacia 4, no mesmo período de uma semana onde o total pluviométrico alcançou 187 mm. No fundo da ravina aflora o horizonte B2, que se encontra muito compactado.

Na microbacia 4, aconteceram momentos de mesma intensidade erosiva nos anos de 1991 e 1992. Ela vem sendo utilizada nos últimos anos para plantações de mandioca. Esse vegetal possui uma baixa densidade foliar, o que significa que os solos ficam desprotegidos o ano inteiro (figura 23). O abacaxi e a cana, quando atingem o limite máximo de crescimento, o que é possível em poucos meses, produzem uma maior densidade foliar. No caso da cana, nesta fase, a erosão é praticamente estancada, porque ocorre uma efetiva interceptação das chuvas pelas folhas e pela palha que se adensa na superfície do solo, chegando a um elevado volume na época da colheita (figura 24).

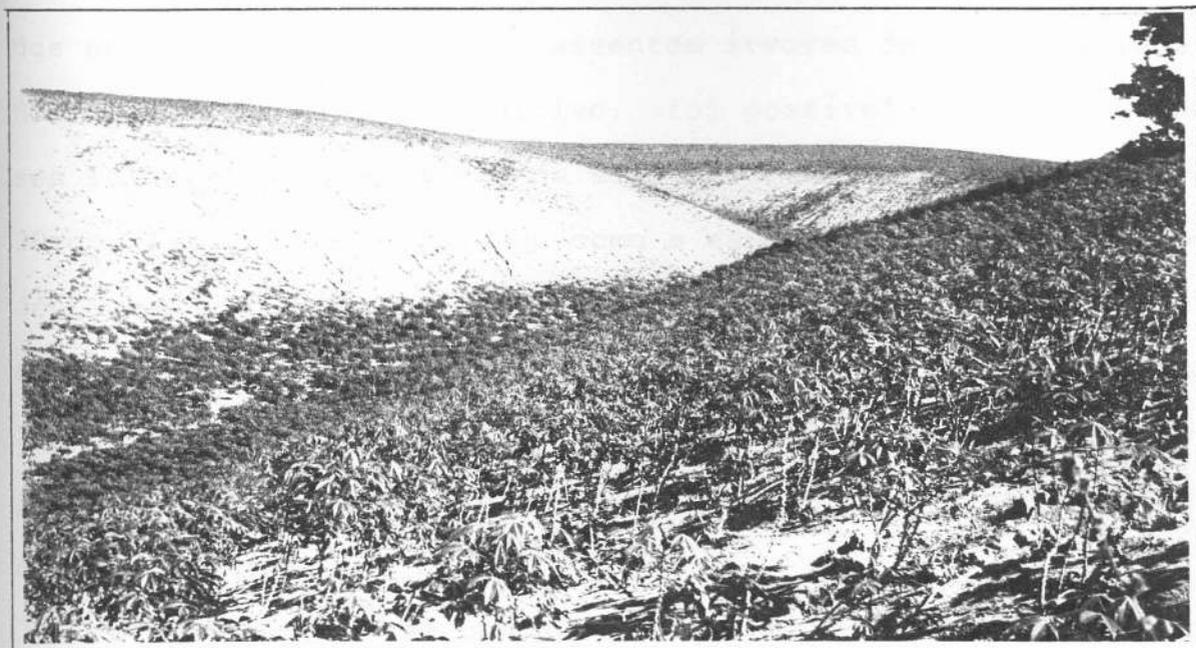


Figura 23 - Microbasia 4, em outubro de 1991. As culturas de mandioca desenvolvem uma baixa densidade foliar, não oferecendo condições efetivas de interceptação das gotas das chuvas. Nesse ano, também houve uma grande perda de sedimentos por ravinamentos.



Figura 24 - Cana em fase de corte. Nesse período, a cana oferece boa capacidade de interceptação das chuvas, devido à densidade foliar. No entanto, até chegar à essa fase, o solo fica desprotegido por mais de seis meses.

A partir dos antigos níveis da superfície dos solos encontrados em três pontos, onde se assentam árvores de presença isolada no interior de áreas de cultivo, foi possível calcular que nesses lugares, o nível geral do solo foi rebaixado em cerca de 30 cm. Isto foi interpretado como a espessura de material erodido, cabendo lembrar que parte desse rebaixamento deve decorrer da compactação dos solos. Com a redução da porosidade em cerca de 28%, como foi mostrado anteriormente, estimou-se uma média aproximada de 20 cm de solo erodido, considerando somente as áreas desmatadas.

Distribuindo essa perda ao longo deste século (90 anos), tem-se o equivalente a 2 mm de solo erodido ao ano. Multiplicando este valor pela densidade média do horizonte A2, que é $1,3 \text{ g/cm}^3$ (em solo exposto), chega-se à uma taxa de 26 t/ha/ano. Porém, só uma parte desse volume sai das microbacias, via fluxos das calhas; a outra parte fica nela depositada.

Um outro processo erosivo que vem acontecendo frequentemente na área, intensificado a partir do momento em que se ampliou o uso da mecanização da agricultura, é o rolamento de blocos de solos estruturados das encostas para o fundo dos vales. Isto ocorre sempre que os tratores revolvem os solos no sistema de aragem vertical das encostas (figura 25). Esse procedimento é comum na área, porque os tratores não podem se locomover em nível nas encostas declivosas, porque estão sujeitos à tombarem.

Os arados e grades revolvem blocos de solos estruturados de tamanhos variados, ao mesmo tempo quebram-lhes a inércia e por gravidade, os blocos tendem a rolar encosta abaixo. Os sedimentos em blocos que se agregam à estrutura e as rodas dos tratores acabam também sendo transportados, soltando-se por vibra-

ção do veículo e caindo em diversas partes das encostas.

Esse sistema de aragem é duplamente danoso, pois promove diretamente a erosão e estrutura a superfície dos solos em covas no sentido de linhas paralelas à declividade (morro abaixo), permitindo facilmente o desenvolvimento de ravinas durante as chuvas. Nesse caso, não se gasta energia para entalhar os sulcos, pois o escoamento superficial ao se formar, já corre concentrado nas covas, pronto para o transporte dos sedimentos sem grandes perdas de energia. Foi diante de tais circunstâncias que a perda de solo foi extremamente elevada (1.625 t/ha/semana), quando a pluviosidade foi de 187 mm/semana.

Se o escoamento superficial necessitasse gastar energia para entalhar os sulcos, possivelmente o fluxo superficial teria se esgotado antes mesmo que os sulcos tivessem alcançado níveis avançados de entalhamento. Sendo assim o volume de material erodido deveria ser menor.

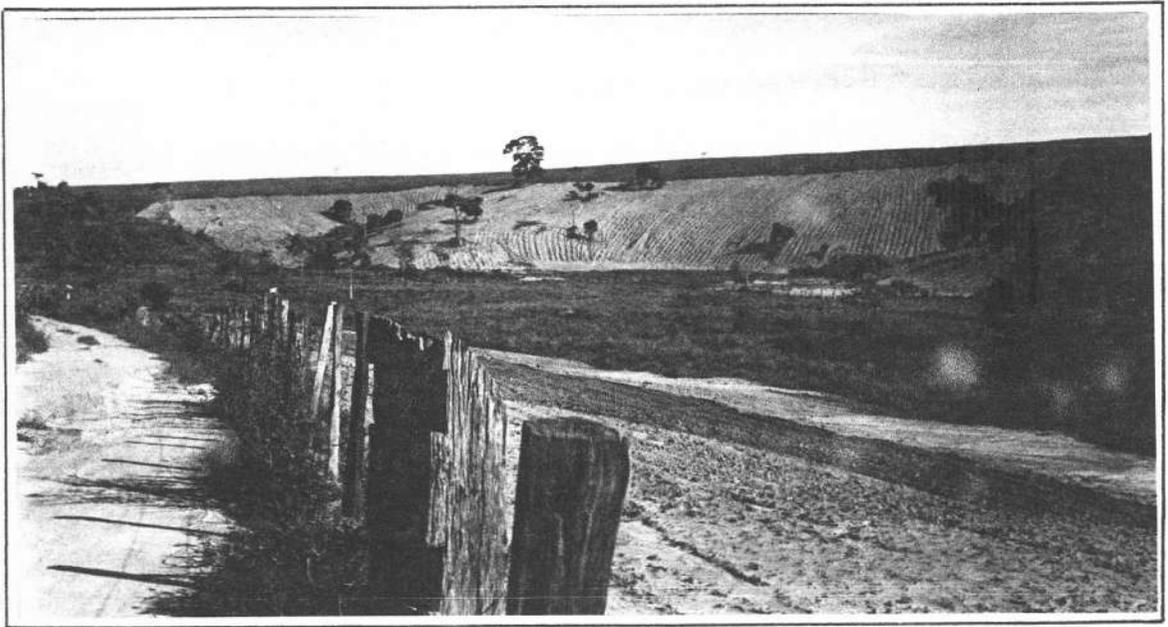


Figura 25 - Encosta arada e covas estruturadas em linhas no sentido vertical à declividade da vertente (morro abaixo).

6.5 - CAPACIDADE DE EVACUAÇÃO DOS SEDIMENTOS DAS CALHAS DAS MICROBACIAS.

Na microbacia 1, foi mensurada uma vazão média de 5 litros/minuto e na microbacia 5, a média foi de 8,5 l/min. Nesta última, o proprietário abriu calhas de drenagem no fundo do vale, onde há fluxo permanente. As microbacias 3 e 4 possuem calhas efêmeras e a microbacia 2, possui calha intermitente. Durante os trabalhos de campo, não ocorreram vazões em nenhuma dessas microbacias e, devido ao caráter torrencial dos canais efêmeros, as vazões são extremamente variáveis em função da quantidade de precipitação.

A carga erosiva de 1.625 t/ha/semana, como foi calculada para as microbacias 3 e 4, ou mesmo a média de 26 t/ha/ano para toda a área, é muito elevada para ser removida pelo fluxo de microbacias com áreas de 8 a 50 hectares, mesmo tendo fluxo perene. Se considerado o valor médio de material erodido, tem-se:

Microbacia 3 = $0,08 \text{ km}^2$ (8 ha) X 26 t/ha/ano = 208 toneladas/ano;

Microbacia 4 = $0,33 \text{ km}^2$ (33 ha) X 26 t/ha/ano = 858 toneladas/ano.

Se a microbacia 4 apresentasse vazões, como a microbacia 1, por ano seriam escoados 2.628.000 litros. Dividindo a média anual de material erodido, que é de 858 t, teria-se 326 gramas de sedimentos para cada litro escoado. Entretanto, a situação real é mais alarmante, porque atualmente essa microbacia não possui fluxo perene ou intermitente.

Em termos comparativos, COIADO & COSTA (1991), no município de Limeira (SP), mediram o volume de sedimentos transportados em uma microbacia com condições semelhantes: microbacia agrícola com $0,12 \text{ km}^2$, um canal efêmero e pluviosidade média de 1.364 mm/ano. O volume de sedimentos transportado por arraste chegou a 8,9 t/ha/ano e, em suspensão, 1,3 t/ha/ano. Isto foi o máximo que os fluxos do canal

efêmero conseguiram retirar da microbacia. Os autores não tinham obtido valores para o volume erodido das encostas.

Com base nas medições de COIADO & COSTA (1991), e devido às condições da microbacia trabalhada por eles serem parecidas com as encontradas no Sul do Espírito Santo, estimou-se que aproximadamente 20% dos sedimentos são removidos para fora das microbacias pelos fluxos e os 80% restantes ficam depositados nas calhas. Levando em conta que a estimativa para a taxa erosiva é de 26 t/ha/ano, pode-se chegar a um volume, estimado, de 20 t/ha/ano que fica depositado nos talvegues das microbacias (figura 26).



Figura 26 - Calha da microbacia 3. Sinais de chegada de material das encostas, trazido pelo escoamento superficial. Os sedimentos nessa situação, são depositados em forma de leques. Pode ser visto que a parte terminal dos leques foram erodidas pelos fluxos da calha, transportando os sedimentos para fora da microbacia, e pode ser observado também, que a maior parte do material fica depositada na calha.

6.6 - CARACTERIZAÇÃO DA GRANULOMETRIA E COR DAS AMOSTRAS DOS SOLOS DAS ENCOSTAS.

O objetivo da caracterização granulométrica dos solos das encostas foi diferenciar e auxiliar a identificar os sedimentos depositados nas calhas fluviais, na tentativa de mostrar que os depósitos nas calhas, não são tipicamente fluviais.

Os solos na área são classificados como Latossolo Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 1978:191.- Anexo III). Eles possuem variações texturais gradativas, na medida em que se aprofundam. De uma forma geral, as porcentagens de areias e siltes decrescem do topo (horizonte **A**) para baixo (horizonte **B**) e crescem em direção ao horizonte **C**. Uma correlação inversa ocorre com as argilas, crescem em volume, em direção ao horizonte **B** e decrescem quando mais próximos do horizonte **C** (figura 28, perfis **D**, **E**, **G** e **H**, figura 29 e anexo III).

A cor dos sedimentos também foi importante para diagnosticar os solos. No horizonte **A**, o acúmulo de matéria orgânica dá uma coloração tendendo para o castanho. No horizonte **B**, com menor teor de matéria orgânica e maior volume de argila, a cor varia do amarelo ao vermelho amarelado (figura 27).

Normalmente, há variabilidade na textura dos solos no sentido vertical (perfil do solo) e no sentido do alto das encostas em direção às calhas (figura 28, perfis **D**, **E**, **G** e **H** e figura 29). Mas ocorrem também diferenças no padrão dessa variabilidade de acordo com a cobertura de solo com matas ou cultivos. No sentido do perfil das encostas, a porcentagem de areia tende a crescer em direção as partes mais baixas das vertentes e a porcentagem de argila tende a diminuir no mesmo sentido.

Obs. A figura 27 (Cores das Amostras de Solos e Depósitos de de Calhas) está exposta atrás desta página.

Figura 27 - CORES DAS AMOSTRAS DE SOLOS E DEPÓSITOS DE CALHAS -
MICROBACIA 1 - Comparar as posições das amostras
na figura 28 .

Canal efêmero
sob mata

Canal efêmero (deses-
truturado), pasto de-
gradado

Canal efêmero (deses-
truturado), pasto de-
gradado

Solo sob pasto degra-
dado (média encosta).

Solo sob pasto degra-
dado (baixa encosta).

Solo sob mata
(baixa encosta).

Solo sob mata
(média encosta).

Canal perene
(entulhado)

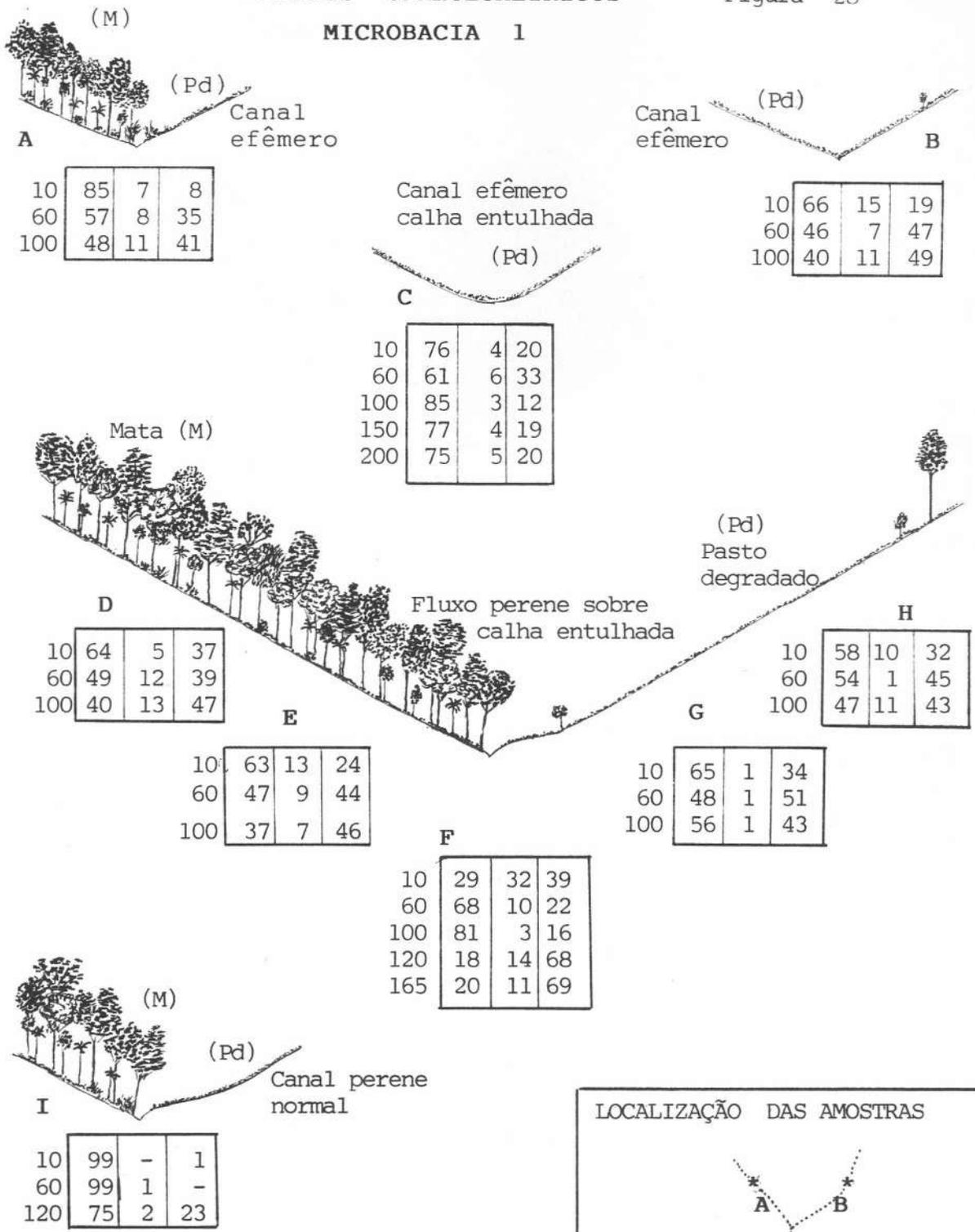
Canal perene
(normal)



Obs. Classificação das cores (MUNSELL), ver anexo IV.

PERFIS GRANULOMÉTRICOS
MICROBACIA 1

Figura 28



LEGENDA

Profundidade	Areia	Silte	Argila
CM	☉ ☉	☉ ☉	☉ ☉
CM	☉ ☉	☉ ☉	☉ ☉
CM	☉ ☉	☉ ☉	☉ ☉

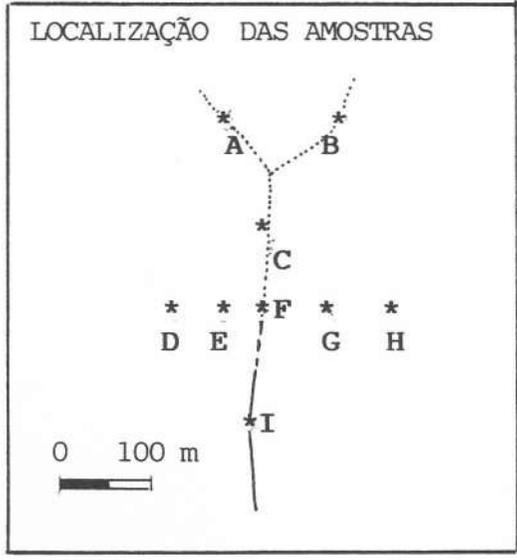
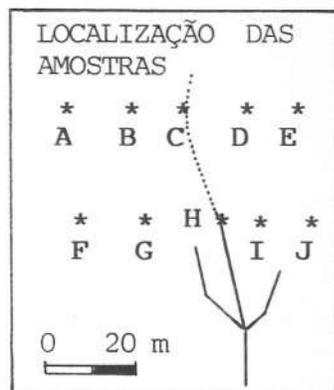
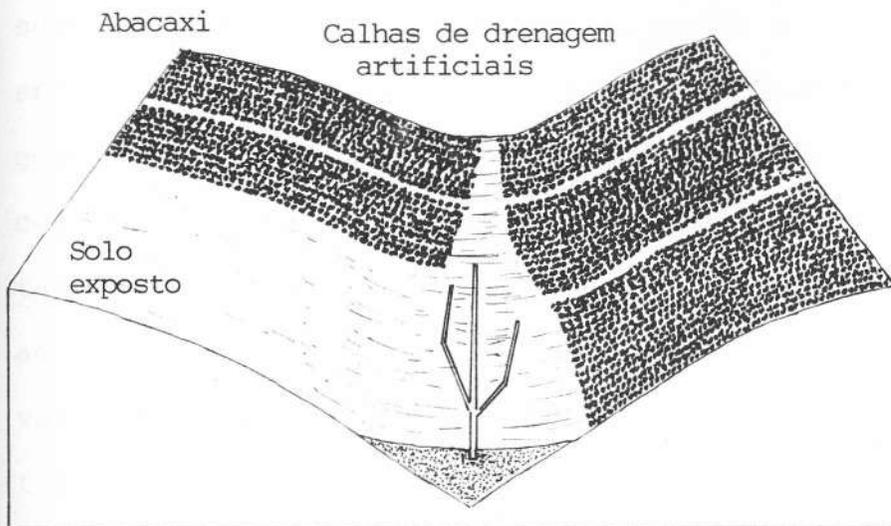


Figura 29

PERFIS GRANULOMÉTRICOS
MICROBACIA 5



LEGENDA

Profundidade	Areia			Silte			Argila		
	cm	°°	°°	cm	°°	°°	cm	°°	°°

	A			B			C			D			E						
10	60	10	30	10	43	15	42	10	71	4	25	10	49	19	42	10	35	12	53
60	35	15	20	60	48	12	40	60	79	5	16	60	38	13	49	60	28	8	64
100	34	17	49	100	35	15	50	100	50	10	40	100	36	8	56	100	31	11	58

	F			G			H			I			J						
10	36	14	50	10	64	7	29	10	88	3	9	10	76	4	20	10	54	8	38
60	30	13	57	60	66	7	27	60	87	5	8	60	51	7	42	60	47	9	44
100	37	12	51	100	61	13	26	100	85	7	8	100	50	6	44	100	46	8	46

6.7 - CARACTERIZAÇÃO DA GRANULOMETRIA E COR DAS AMOSTRAS DE CALHAS.

Na área, os canais efêmeros, sob condições semi-naturais possuem uma camada superficial arenosa de, aproximadamente, 50 cm , sendo que 80% das areias possuem diâmetros médios a grossos (figura 28 , perfil A e anexo IV). As areias se apresentam lavadas, de cor branca. Abaixo dos 50 cm de profundidade, aparece o horizonte B do solo, com muita argila e de cores variando do vermelho ao castanho (figura 27 , perfil A2). Os canais efêmeros só apresentam vazão quando ocorrem chuvas de grande intensidade. Como isto acontece poucas vezes ao longo do ano, as camadas inferiores dos solos bem drenados não sofrem alterações significativas em relação à textura (figura 28, perfil A).

Os canais intermitentes na área, sob condições semi-naturais, como está exposto na figura 30, perfis A, B e C, são muito arenosos, predominando areias grossas de cor branca. Normalmente, esses canais apresentam fluxos constantes dentro dos períodos úmidos e também uma vazão superior aos canais efêmeros. Devido às tais condições, e adicionando o fato de que há fluxos mais constantes em subsuperfície, os sedimentos situados da superfície até profundidades superiores a um metro apresentam características similares, inclusive com coloração esbranquiçada, devido às constantes lavagens. Ocorre ainda um selecionamento no tamanho das partículas, mostrando que elas se agrupam em camadas e também em lentes constituídas de argilas. As estruturas sedimentares da calha do segmento intermitente de um canal fluvial devem se aproximar muito, em termos de semelhança, das estruturas encontradas no segmento perene do mesmo canal, em posições próximas das nascentes. O fato de não existirem descrições dessas

estruturas para esses tipos de canais, principalmente em regiões tropicais úmidas, as tornam pouco conhecidas e restringe perspectivas de comparações.

Comparando os sedimentos da calha da microbacia 2, dotada de calha intermitente sob condições naturais e microbacias 3 e 4, com calhas efêmeras descaracterizadas (figuras 30, 31 e 32, podem ser notadas diferenças granulométricas. Na microbacia 2, sob floresta, os sedimentos são, em maioria, areias grossas com uma significativa participação de grânulos e seixos (anexo IV). Esses sedimentos possuem cor branca, devido à lavagem mais constante e obedecem certos padrões de selecionamento, embora de forma não muito clara. Já nas calhas das microbacias 3 e 4, com canais efêmeros, os sedimentos possuem cores típicas dos solos das encostas, com diversas camadas com areias, siltes e argilas misturadas, sem selecionamento (mistura caótica) e com matizes distintas (figura 33). O alto teor de argilas não é comum nos canais efêmeros e intermitentes sob cobertura de mata. Esses fatores indicam que os sedimentos não são típicos de canais fluviais.

É ilustrado na figura 26, exposta anteriormente, que nos períodos de maior intensidade erosiva, os sedimentos mobilizados dos solos das encostas se depositam nas calhas em forma de leques e uma pequena parte do material é transportado e trabalhado por fluxos canalizados, durante as tempestades, portanto, por fluxos fluviais. Porém, predominam nas calhas, os depósitos dos solos das encostas.

Figura 30

PERFIS GRANULOMÉTRICOS
MICROBACIA 2

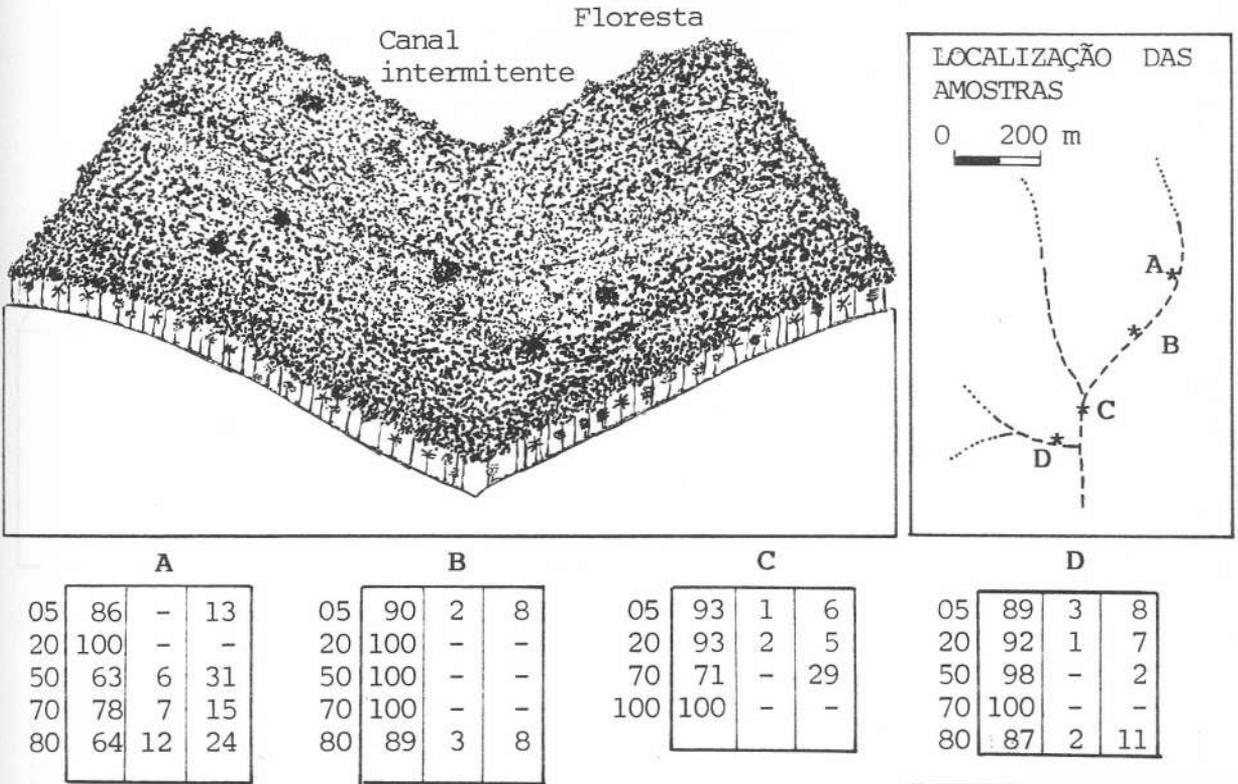


Figura 31

MICROBACIA 3

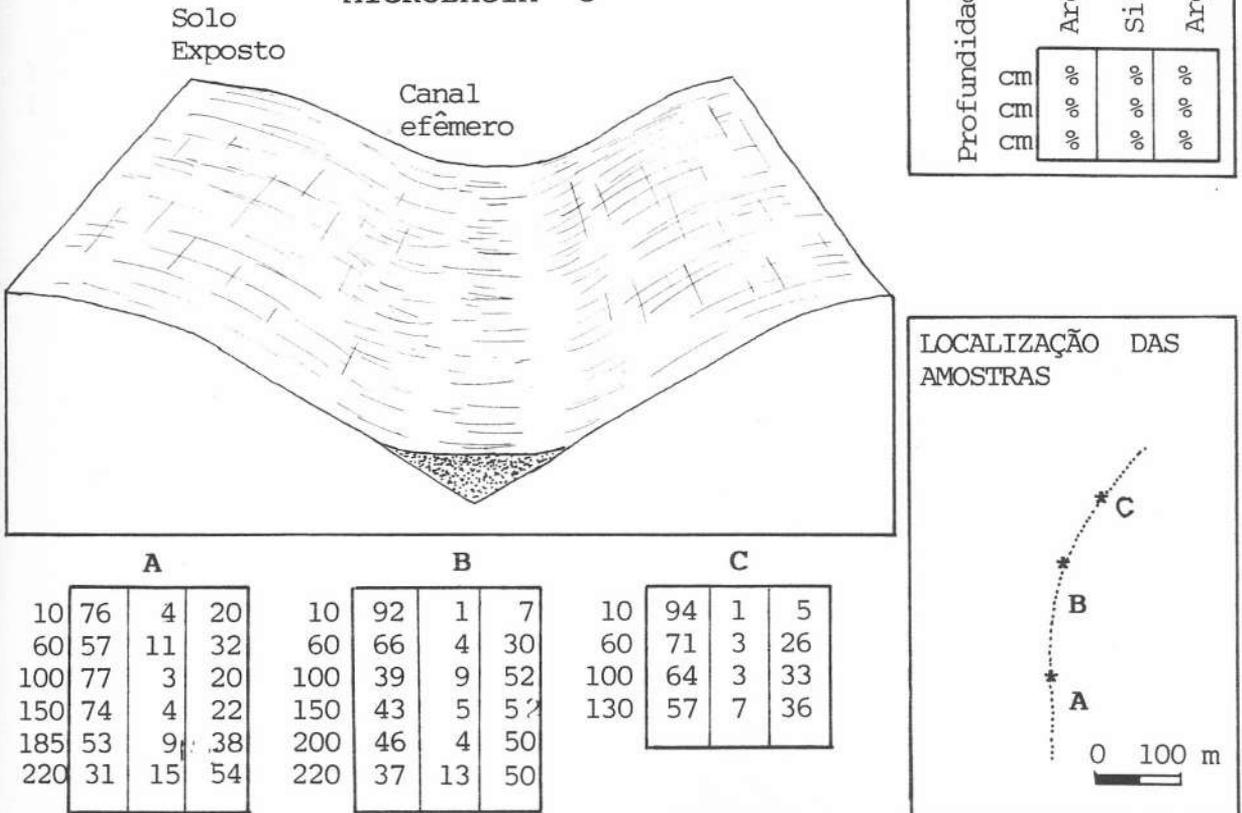
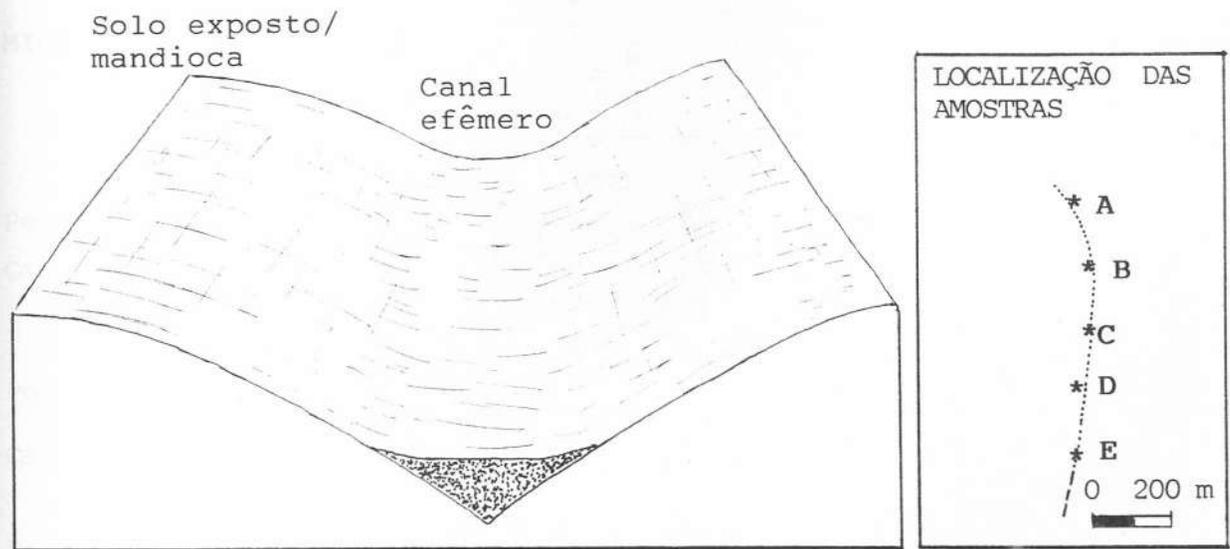


Figura 32 **PERFIS GRANULOMÉTRICOS**
MICROBACIA 4



A

10	80	4	16
60	72	7	21
100	70	5	25
140	64	3	33
175	53	12	35
200	54	8	38

B

10	83	4	13
60	55	18	27
100	85	3	12
120	57	9	34
150	49	16	35
200	46	9	45

C

10	65	9	26
60	99	-	1
100	47	14	39
120	64	4	32
180	20	15	65
220	38	5	57

D

10	91	1	8
60	91	1	8
100	71	3	26
120	77	3	20

E

10	80	14	6
60	89	5	6
100	87	3	10

LEGENDA

Profundidade	Areia	Silte	Argila
	CM	CM	CM
	CM	CM	CM
	CM	CM	CM

CORES DAS AMOSTRAS DOS DEPÓSITOS DE CALHAS

Classificação das cores (MUNSELL), ver anexo IV.

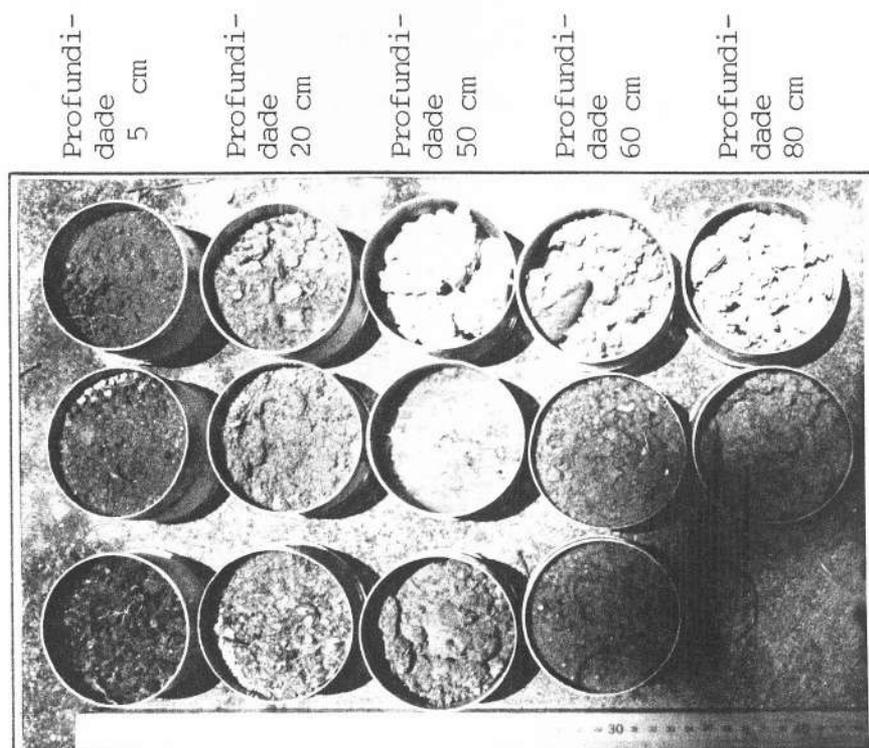
Figura 33A

MICROBACIA 2

Posição A
Calha intermitente

Posição B
Calha intermitente

Posição C
Calha intermitente



Comparar as posições das amostras na figura 30.

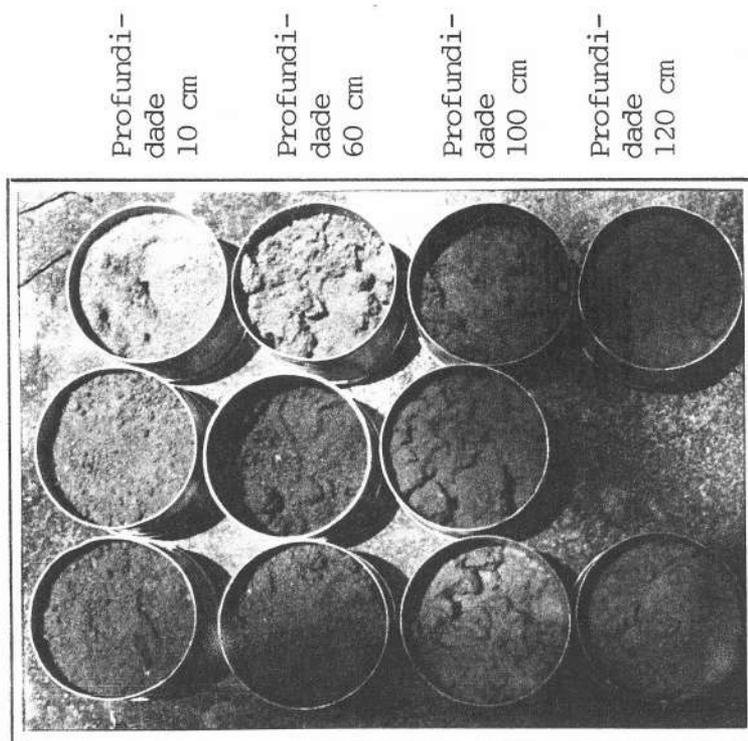
Figura 33B

MICROBACIA 4

Posição A
Calha efêmera

Posição C
Calha efêmera

Posição D
Calha efêmera



Obs. As amostras D3 e D4, são típicas de ambiente fluvial, possivelmente de canal intermitente, e estão agora soterradas por sedimentos dos solos das encostas. A calha que era intermitente, passou a ser efêmera. Comparar as posições das amostras na figura 32.

7 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como foi visto, não ocorreram alterações significativas nos totais pluviométricos dos últimos 69 anos, isto é, as oscilações nos totais das precipitações anuais representam um comportamento característico do clima da área. A média pluviométrica de 1.119 mm/ano nesse período é suficiente para manter regularizada a vazão dos canais, como pode ser observado na microbacia 1 e 5. No entanto, as condições hidrológicas das microbacias não estão refletindo apenas as características do clima, nelas o uso do solo vem estabelecendo alterações significativas.

Os resultados das análises granulométricas das amostras coletadas nas calhas das microbacias 3 e 4, e também observadas na microbacia 5, demonstram que os sedimentos depositados, que estão em profundidades superiores a 2 m, em alguns pontos, não são típicos de sedimentos fluviais, por não apresentarem características de trabalhamento por fluxos concentrados e de maior energia. As evidências mostram que são sedimentos recentemente chegados das encostas, oriundos de processos erosivos dos solos. Nas amostras dos pacotes de sedimentos observados, relativos às calhas das microbacias 3, 4 e 5, não há selecionamento das partículas e também não ocorrem cores típicas de material lavado por fluxos fluviais, que possuem normalmente uma matiz esbranquiçada. Os sedimentos encontrados nas calhas se apresentam depositados em camadas, mas de forma não selecionados, sendo, de certa forma, uma mistura caótica. Essas camadas foram depositadas em momentos diferentes, com cores variando do amarelo ao cinza muito escuro, e com porcentagens diferentes de areia, silte e argila (figura 34). Os resultados das análises granulométricas e as cores, indicam que esses sedimentos foram carreados pelo escoamento superficial

das encostas, com fluxos turbulentos, transportando as partículas finas e grossas em suspensão e arraste, e sendo depositadas em certos momentos, em forma de leques (figura 34).

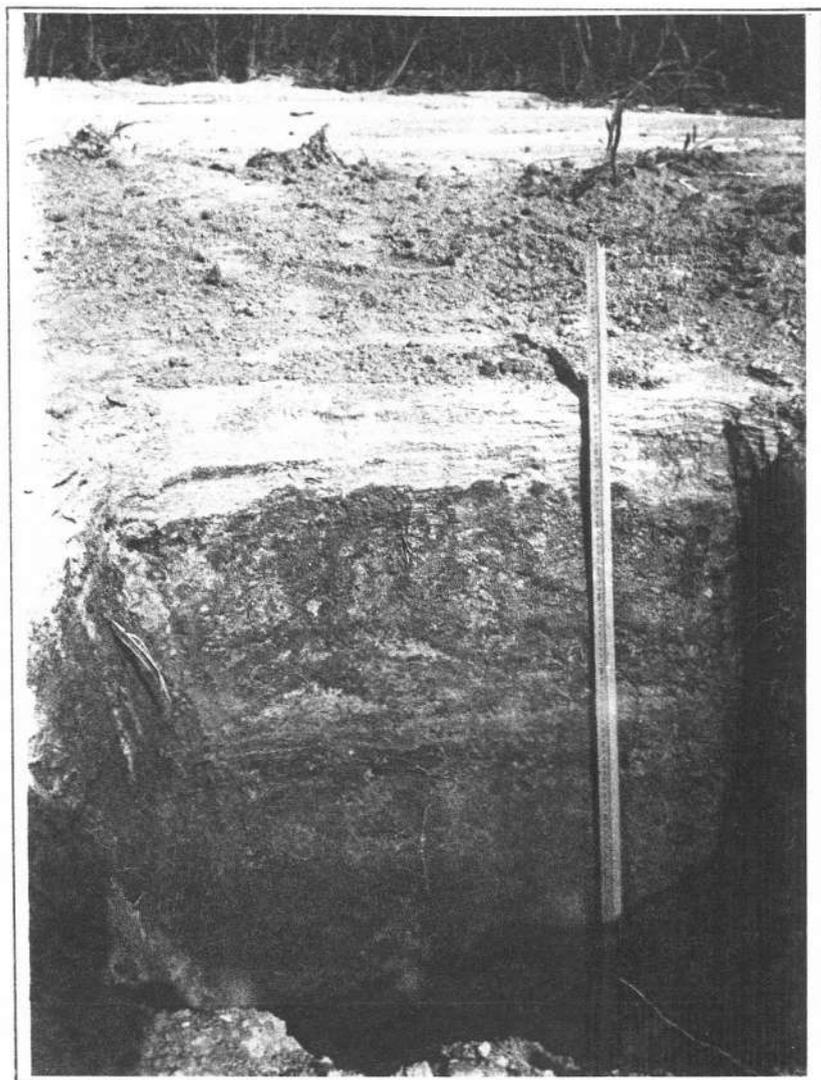


Figura 34 - Trincheira aberta no talvegue da microbacia 3. São visíveis na ilustração, camadas distintas depositadas durante os momentos erosivos. Esses sedimentos são mobilizados das encostas pelo escoamento superficial e depositados em forma de leques e também pelo próprio fluxo das calhas, o que quer dizer que não está ausente o trabalho fluvial, porém, predomina os depósitos de encostas.

Na microbacia 1 houve entulhamento da calha que ocorreu há \pm 10 anos, apesar disso, há fluxo perene, possivelmente porque a cabeceira da microbacia não é utilizada para culturas temporárias e a encosta esquerda é coberta por matas. Dessa forma, os sedimentos que entulharam a calha, que teve como causa o melhoramento de uma estrada, parece estarem sendo evacuados lentamente pelos fluxos.



Figura 35 - Talvegue da microbacia 1. Área de formação de nascente entulhada de sedimentos. O lençol freático aflora em uma profundidade de 5 cm.

Na microbacia 4, ficou comprovado que o talvegue foi fortemente entulhado pelos sedimentos das encostas, devido às características dos sedimentos e pela morfologia plana apresentada no fundo do vale, o que não é típico de pequenos canais que, teoricamente, deveriam estar aprofundando o seu leito, por serem canais

erosivos (promove a dissecação do relevo). Mas, o fato que justifica essa situação, são os sedimentos típicos de canais fluviais encontrados abaixo dos depósitos recentes, oriundos da erosão das encostas. Sedimentos com características semelhantes foram encontrados em todas as calhas da microbacia 2, que se encontra coberta por matas, portanto em condição natural, e no asfalto das calhas artificiais da microbacia 5. A caracterização dos sedimentos fluviais fornece condições seguras para comparar com os depósitos encontrados nos talwegues dos vales e atestar que está havendo o entulhamento das calhas fluviais.

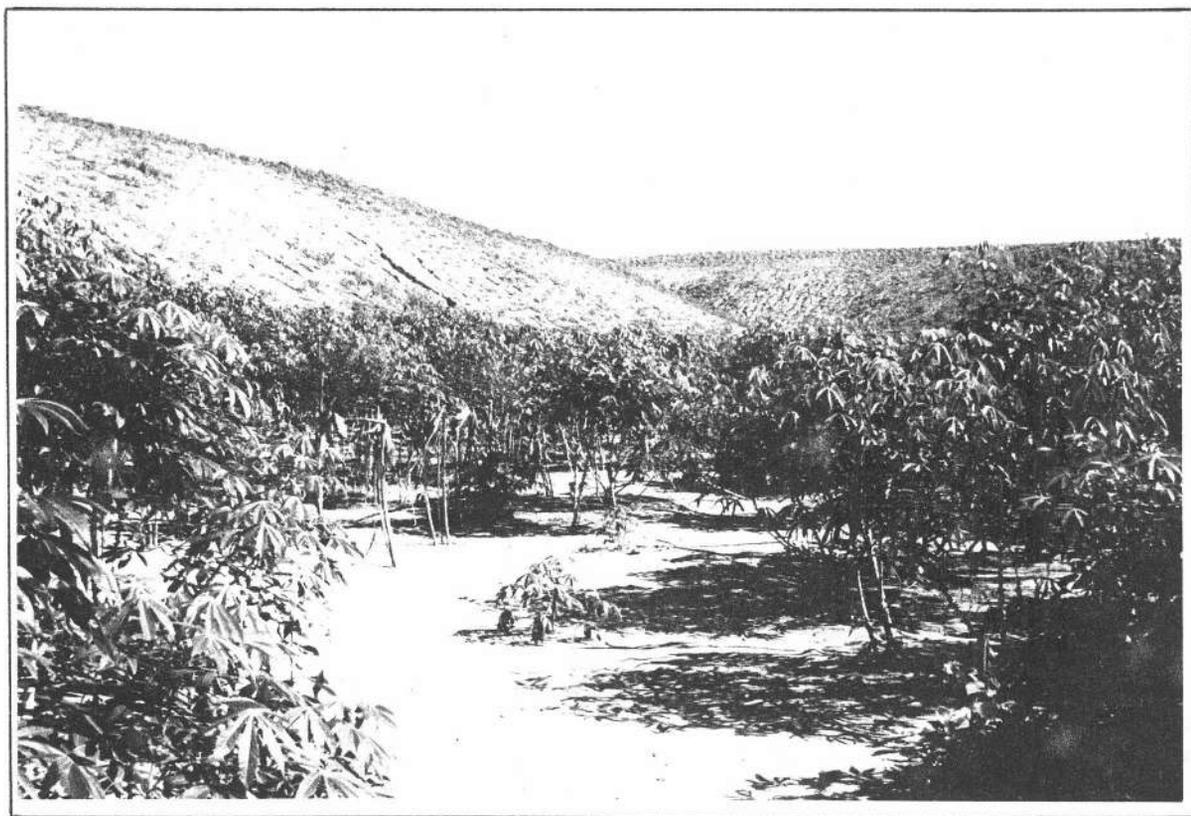


Figura 36 - Fundo do vale da microbacia 4, com topografia plana e sem calha. As encostas com plantações de mandioca se apresentam extremamente ravinadas (outubro de 1991). Sob condições naturais, o talvegue deveria ter a forma em "V", por ser um canal erosivo. Nesse ponto, a espessura do entulhamento chega a 2 m de profundidade.

Percebe-se nos dados expostos nas análises granulométricas, expostas anteriormente, que pode também ocorrer trabalhamento dos sedimentos na medida em que se avança para jusante. O aumento da energia em consequência do maior volume de fluxo com a expansão da área drenada, explica tal fato.

Nos canais intermitentes e perenes, a vazão diminui acentuadamente na medida em que se aproxima da nascente e tende a ser variável ao longo do tempo. Nas microbacias agrícolas, constatou-se que nas nascentes chegam grandes volumes de sedimentos durante as enxurradas, nelas permanecendo em função dos baixos níveis de energia dos fluxos intermitentes ou perenes que ali existem. Ficou constatado também que a espessura dos depósitos entulhados é muito maior em direção à cabeceira dos vales, diminuindo em direção à jusante devido ao ganho de energia dos fluxos, principalmente a cinética, para o transporte de sedimentos.

Nas condições atuais, o número de vezes que os canais efêmeros apresentam vazão durante o ano é maior do que quando eles estavam sob florestas, isso deu nova dinâmica a esses canais, porém, os seus fluxos continuam sendo gerados pelo escoamento superficial a partir das encostas. Nesse caso, pode-se afirmar que sempre que houver fluxo nos canais efêmeros das microbacias agrícolas, concomitantemente estará ocorrendo também mobilização e deposição de cargas consideráveis de sedimentos sobre os talves vindas das encostas. Foi estimado que aproximadamente cerca de 20% desse material são transportados e os 80% restantes ficam como depósitos permanentes sem serem trabalhados, porque quando ocorrem novos fluxos, novos estratos cobrem os já depositados. Deve-se somar, ainda, o volume de sedimentos que chega aos talves devido à movimentação das máquinas agrícolas. O volume deve

atingir proporções consideráveis, porém isto não chegou a ser mensurado em função da dificuldade de estabelecer modos de mensuração. Convém ressaltar que esse transporte é realizado sem ter água como agente.

Na superfície, ao longo das calhas entulhadas, podem ser observadas ocorrências de estruturas primárias de origem diversas, com certo grau de selecionamento das partículas (figura 37). No final das enxurradas (fluxos turbulentos), quando o fluxo diminui, favorece o selecionamento das partículas transportadas. Ao perder energia gradativamente as partículas de diâmetros maiores vão ficando a montante e as finas a jusante. Também são encontrados depósitos argilosos em pequenas depressões que se comportam como poças, quando o fluxo nas calhas cessa. Nelas os sedimentos em suspensão, ao se decantarem, formam lâminas que se justapõem à superfície.

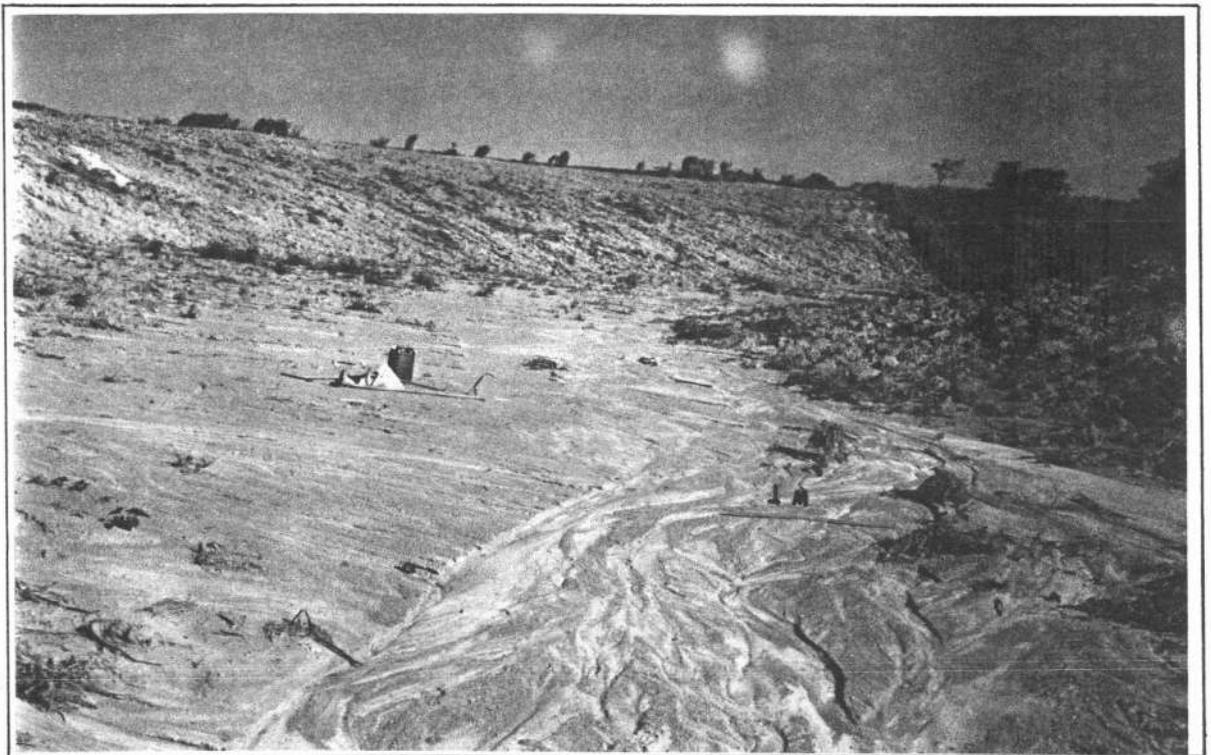


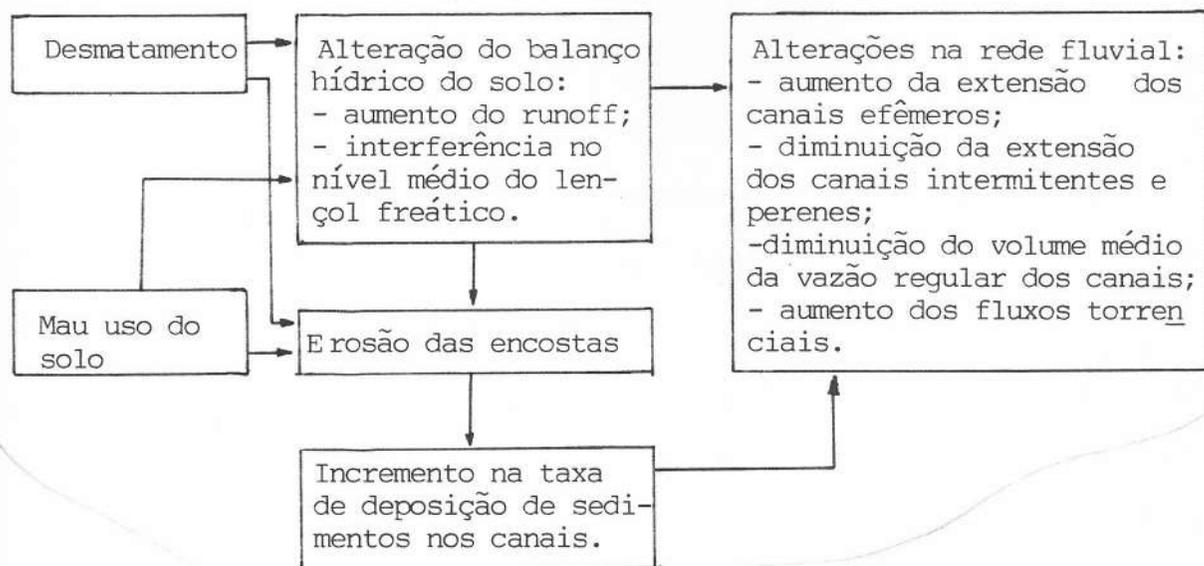
Figura 37 - Talvegue da microbacia 3, com estruturas primárias. Pode ser observado que parte dos sedimentos foram trabalhados e evacuados por fluxos fluviais.

Infere-se, pelos dados obtidos que, nas microbacias 3, 4 e 5, haviam canais intermitentes antes da ocupação agrícola. Hoje, esses canais passaram a ser efêmeros, devido ao desaparecimento das nascentes e entulhamento das calhas primitivas. Com a subida do nível do fundo das calhas, sendo adicionada uma camada de sedimentos que chega a 2 metros, em algumas áreas. A geração de fluxo superficial por saturação nas calhas constitui evento raro, mas a drenagem em subsuperfície continua existindo atrelada aos mesmos níveis de base. Na microbacia 5, após a abertura de calhas de drenagem artificiais de 80 cm de profundidade, apareceu fluxo de água constante, com uma vazão de 8,5 litros por minuto ou 12 m³/dia.

GRAF (1978:57), citando HACK (1960), afirma que, antes da interferência humana, os sistemas hidrográficos estão geralmente em uma condição que se aproxima de um estado de estabilidade, no qual a erosão, o transporte e a deposição estão ajustados às condições predominantes do clima. GRAF salienta que o período entre o desarranjo e o começo da mudança do sistema fluvial pode ser chamado de **tempo de reação** e o período entre o começo da mudança e o estabelecimento de novo estado de estabilidade é o **tempo de readaptação**.

Ficou evidenciado que as microbacias estão aferidas a um novo equilíbrio (estado de estabilidade), devido à desestruturação do antigo ambiente de floresta. Os canais se adaptaram à uma dinâmica onde predomina o escoamento superficial nas encostas e grande mobilização de sedimentos. Esse novo equilíbrio foi conseguido com o aumento da extensão dos canais efêmeros (canais torrenciais) e diminuição na extensão dos canais intermitentes e perenes (figura 38).

Figura 38 - FLUXOGRAMA DA RELAÇÃO CAUSA-EFEITO DOS PROCESSOS QUE ATUAM NAS MICROBACIAS DO SUL DO E. SANTO.



No Quaternário, durante os períodos das grandes mudanças climáticas, em que clima seco sucedeu à clima úmido e vice-versa, possivelmente, processos parecidos devem ter ocorrido, entulhando vales com sedimentos transportados das encostas, de acordo com inferências feitas por BIGARELLA *et alii* (1965) e PENTEADO (1969).

PEIXOTO *et alii* (1989) e MOURA *et alii* (1991), em Bananal (SP), descrevem complexos de rampas de colúvios que cobriram as pequenas bacias durante o Quaternário. MOURA *et alii* (1991:489) relatam que as microbacias menos hierarquizadas e as não canalizadas foram preenchidas por depósitos tipicamente de enxurradas (alúvio - coluviais). A sedimentação dos fundos de vale e antigos canais erosivos resultou numa topografia plana que se estende dos vales principais aos tributários. Os autores prosseguem dizendo que os canais fluviais principais não conseguiram acompanhar o grande aporte de sedimentos decorrente da erosão, resultando na elevação progressiva do nível de base com entulhamento das calhas.

Diante das evidências encontradas nas microbacias agrícolas

do sul do Espírito Santo, sugere-se que o processo de entulhamen
dos vales tem início na cabeceira. Com o progressivo desapareci-
mento das nascentes, elevando-se o nível do fundo dos vales, de-
sapareceram os fluxos intermitentes e perenes, deixando de exis
tir o trabalho de evacuação dos sedimentos por eles executados.
Diante ao enorme aporte de sedimentos e com a incapacidade dos
fluxos, a área entulhada aumentou, diminuindo o comprimento dos
fluxos e das calhas (figura 39).

A forma desse processo deve se aproximar dos que ocorreram no Quaternário, porém eles foram de origem climática, com índices pluviométricos diferentes dos atuais. Dessa forma, neste trabalho, ficam corroboradas as proposições de GRAF (1978:57), de que a inter^uferência antrópica nos ecossistemas podem alterar as bacias de drenagem de maneira paracida com as ocorridas durante o Quaternário, diante das mudanças climáticas.

Figura 39 - ESQUEMA DA EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DAS MICROBACIAS E AS CONSEQUÊNCIAS NAS ENCOSTAS E NOS CANAIS.

Final do século passado



Princípio do século XX



Últimos 50 anos



8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1- CONCLUSÕES

- De acordo com os trabalhos consultados, em microbacias agrícolas o volume total anual de água que flui pelos canais pode ser igual ou até superior às vazões de quando estavam sob cobertura florestal, mas a vazão média regular diminui sensivelmente e aumenta a participação dos fluxos torrenciais. Nesse sentido, quanto maior a área desmatada, com solos degradados, maior será a energia dos fluxos torrenciais e menor será o volume de água armazenada disponível, que poderia ser importante para irrigar as culturas nos períodos de estiagem prolongada.
- Outro problema paralelo é o aumento da erosão, na medida que os solos vão ficando expostos e impermeáveis. Isto acarreta no aumento do volume de sedimentos que chegam aos canais, que já tiveram as suas vazões médias reduzidas, diminuída, também, a capacidade de transporte de sedimentos. Durante as tempestades os fluxos torrenciais possuem energia considerável, no entanto, a carga de sedimentos que eles carregam das encostas é grande, fazendo com que eles percam a capacidade de erodir as calhas.
- Conforme foi visto, quanto mais impermeável o solo, a tendência é de ser menor o volume de água que alimenta os reservatórios subterrâneos, interferindo no nível do lençol freático, que por sua vez, afeta diretamente as nascentes dos canais.

- Todos esses processos culminam na migração constante das nascentes para jusante, aumentando assim o comprimento dos canais efêmeros e diminuindo o comprimento dos canais intermitentes e perenes. O quadro descrito anteriormente leva a crer que tais situações representam o novo estado de equilíbrio das microbacias em relação a falta de vegetação original e diante das atuais condições climáticas.

- Procurou-se com este trabalho, contribuir para um melhor entendimento dos processos hidrológicos nas áreas de cabeceiras de drenagem e sobre o comportamento dos canais efêmeros, intermitentes e perenes que as drenam. Algumas questões não foram devidamente estudadas, mas abrem perspectivas de condição de continuidade com novos trabalhos.

8.2- RECOMENDAÇÕES.

Este trabalho deu condições de entender melhor os processos que vêm ocorrendo nas microbacias no sul do Espírito Santo e devido ao conhecimento acumulado com as atividades de pesquisas, pode-se recomendar algumas formas de uso para a área. Pelo que foi observado é possível melhorar as condições da rede de drenagem, entretanto, torna-se muito difícil reverter todo o processo de retração dos canais, enquanto perdurarem as atuais formas de uso do solo.

A legislação ambiental vigente é bastante abrangente e ressalta, neste sentido, a importância da preservação de matas nas proximidades das nascentes e nas margens dos cursos d'água. Embora haja necessidade de revisões de ordens técnicas, o respeito à legislação é benéfico também aos proprietários.

Tornam-se necessários planos de uso do solo diferenciados para cada tipo de morfologia. Nesse caso específico, para cada tipo de vale. O fundo dos pequenos vales, onde se situam as nascentes, não deve ter uso agrícola no sentido de culturas temporárias. O fundo desses vales necessita ter vegetação permanente. É preciso definir o tipo de cultura própria que não traga problemas, como excesso de absorção de água.

Os vales maiores, com fundo chato, equivalentes em certas áreas às magnitudes superiores à 3ª ordem (método de STRAHLER), podem receber qualquer tipo de cultura, no entanto, como determina a própria legislação ambiental, deve haver uma faixa de mata nas margens dos canais. A largura dessa faixa deve ser calculada em função do tamanho do vale das encostas. Todavia, a legislação determina um espaço único para todas as magnitudes de canais.

Desenvolveu-se aqui uma idealização de ocupação das encostas (figuras 40 A e 40 B). Nas vertentes de maiores extensões, pode-se desenvolver barreiras-viva para inibir a energia do escoamento superficial e, conseqüentemente, diminuir o volume de material erodido e o volume de sedimentos carregados para as calhas. Essa prática também pode fazer aumentar o volume de água infiltrada no solo. Um problema de maior amplitude, que é contrário à tais idéias, são os pequenos e médios agricultores que procuram maximizar a área plantada em suas propriedades.

A abertura de calhas no fundo dos vales entulhados é um outro passo importante. Alguns proprietários vêm fazendo isto, com o objetivo de obter água para irrigação e consumo doméstico. Outros agricultores, no fundo dos vales maiores, abrem calhas para drenar o horizonte A dos solos hidromórficos, que normalmente ficam saturados, podendo assim ser cultivados.

As calhas abertas nos pequenos vales (1ª ordem) têm apresentado fluxos constantes e com vazões expressivas (8,5 litros/minuto). O estancamento do processo de entulhamento dos vales, com desenvolvimento de barreiras-viva nas encostas, reflorestamento das margens dos canais, e com o provável retorno dos fluxos nos drenos abertos artificialmente, torna possível o surgimento de energia do próprio fluxo em continuar a evacuar os sedimentos entulhados.

As barreiras-viva, se forem bem produzidas, com plantações de vegetais de pequeno porte e rasteiro entre os arbustos e/ou árvores, podem produzir resultados satisfatórios. Há, geralmente, uma tendência dos sedimentos ficarem retidos nos caules, raízes e folhas das gramíneas ou forrageiras, quando são mobilizados pelo "runoff".

Essas barreiras-viva também servem como quebra-vento. ANTUNES (1986:23) afirma que o vento causa stress hídrico nas culturas, causando elevadas taxas de evapotranspiração. Nesse caso, a barreira-viva pode atuar também como elemento dissipador de "perda" de excesso de água do solo para a atmosfera (figura 41).

Figura 40A - PLANO DE USO DAS ENCOSTAS E DOS FUNDOS DE VALE.

Pequenos vales sem planície de inundação - Entulhados

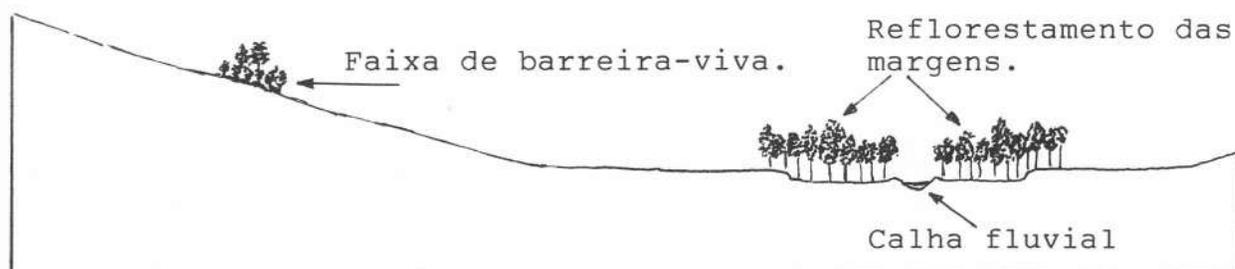


Idealização para o uso do solo:

- 1 - Plantar arbustos ou árvores de caráter definitivo e vegetação rasteira e de pequeno porte entre os arbustos e/ou árvores. Os vegetais de grande porte podem ser de utilidade agrícola, no entanto, antes tem de haver uma adequação do melhor tipo a ser plantada;
- 2 - Abrir calhas de drenagem no fundo do talvegue;
- 3 - Se for necessário, pode ser utilizada a parte superior das encostas com culturas permanentes, como café, cítricos etc.

Figura 40B

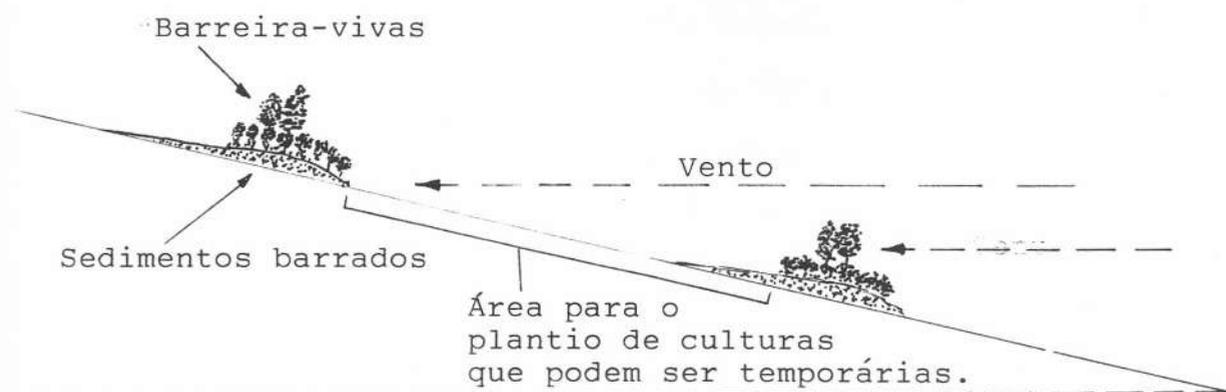
Vales maiores com fundo chato e extensos, dotados de planície de inundação.



Idealização para o uso do solo:

- 1 - Reflorestar as margens dos rios - A largura ideal dessa faixa deve ser pesquisada e calculada em função da extensão das encostas e da largura dos vales - Deve-se lembrar que os rios maiores, meândricos, são muito dinâmicos e sofrem alterações constantemente, devido à migração das calhas meândricas.
- 2 - Produzir barreira-vivas nas encostas - O espaço entre as barreiras deve obedecer à declividade e extensão de cada encosta, bem como o número de faixas de barreiras que devem ser plantadas.
- 3 - Nos espaços para atividades agrícolas, pode-se plantar qualquer cultura.

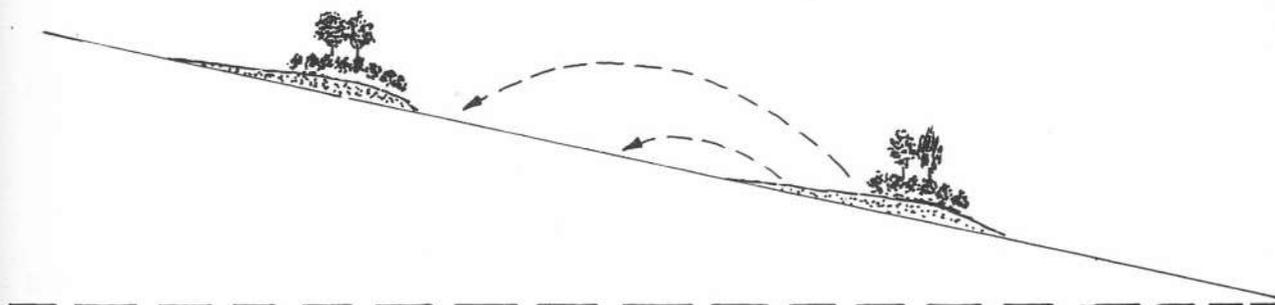
Figura 41A - BARREIRA-VIVA NAS ENCOSTAS



As barreiras podem ser produzidas por árvores e sob elas, pode-se plantar café, cítricos ou outras vegetações arbustivas. Entre as árvores e arbustos, recomenda-se o plantio de gramíneas ou outro tipo de vegetação rasteira para barrar a passagem dos sedimentos que são carregados pelo escoamento superficial.

Figura 41B

Opção de remover os sedimentos barrados e redistribuí-los pela encosta.



A barragem dos sedimentos pela barreira-viva, produz o terraceamento, quebrando a declividade das encostas.

9 - BIBLIOGRAFIA

- AMADOR, E.S. Depósitos Relacionados à Unidade Inferior do Grupo Barreiras no Estado do Espírito Santo. Salvador. Brasileiro de Geologia. Volume 4: 1451-1461, 1982.
- ANTUNES, F.Z. Fenômenos Adversos Para Agricultura. Informe Agropecuário. Minas Gerais, 138: 23-25, 1986.
- AZEVEDO, L.G. Tipos de Vegetação do Estado do Espírito Santo. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, 37: 111-115, 1962.
- AYOADE, J.O. Introdução à Climatologia Para os Trópicos. São Paulo, Difel, 1983. 332 p.
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; da SILVA, J.X. Considerações a Respeito da Evolução das Vertentes. Boletim Paranaense de Geografia. Paraná, 16 e 17: 85-116, 1965.
- _____ & MAZUCHOWSKI, J. Visão Integrada da Problemática da Erosão. Paraná, Assoc. Bras. Geol. Eng, 1985, 240 p.
- BLYNTH, K. & RODDA, J.C. A Stream Length Study. Water Resources Research. London, 9 (5): 1454-1461, 1973.
- BOARDMAN, J. & HAZELDEN, J. Examples of Erosion on Brickerth Soils in East. Soil Use and Management. London, 2(3): 105-109, 1986.
- BURT, T.P.; CRABTREE R.W.; FIELDER, N.A. Patterns of hillslope solutional denudation in relation to the spatial distribution of soil moisture and soil chemistry over a hillslope hollow and spur. In T.P. Burt and D.E. Walling (ed) Catchment Experiments in Fluvial Geomorphology. London, Geo Books, 1981 p.431-446.
- _____ & GARDINER, A.T. Runoff and sediment production in a small peat-covered catchment: some preliminary results. In

- T.P. Burt and D.E. Walling (ed). Catchment Experiments in Fluvial Geomorfology. London, Geo Books, 1981, p. 277-294.
- CALVER, A. Modelling Drainage headwater development. Earth Surface Processes, 3: 233-241, 1978.
- _____ Stream head migration: an indicator of runoff processes on chalklands. CATENA, 17:399-407, 1990.
- CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R. & ROCHA, G.C. Interrelação Solo, Relevo e Rede de Drenagem em Três Áreas Fisiográficas Distintas. Botucatu (SP). VIII Cong. Bras. Eng. Agrícola, p. 46-47 1978.
- CASTRO JÚNIOR, E.; MIRANDA, J.C. & COELHO NETTO, A.L. Variação dos Potenciais Matriciais em Encostas Florestadas: Maciço da Tijuca (RJ). III Simpósio de Geografia Física Aplicada. Friburgo, p. 291-304, 1989.
- _____ O Papel da Fauna Endopodônica na Estruturação Física do Solo e Seu Significado para a Hidrologia de Superfície. Rio de Janeiro, Depart^o Geografia UFRJ, Tese de Mestrado, 1991, 150 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. A Significância da Densidade de Drenagem Para as Interpretações Paleoclimáticas. IV Simpósio do Quaternário no Brasil. Rio de Janeiro, p.349-364, 1982.
- _____ A Significância da Densidade de Drenagem Para Análise Geomorfológica. Bol. Geografia Teorética, Rio Claro, 13(26): 27-53, 1983.
- CLARKE, W.C. & LIMALEVU, N.B. Erosion and sedimentation in Fiji: an overview. IAHS-AISH, 192: 14-21, 1990.
- COIADO, E.M. & COSTA, J.L.T. Carga Total de Sedimentos Erodidos Numa Microbacia Agrícola e Transportada Para a Calha do Rio. IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro. 3: 465 -474, 1991.

- DAY, D.G. Drainage density changes during rainfall. Earth Surface Processes. 3:319-326, 1978.
- DUNNE, T. Studying patterns of soil erosion in Kenia. FAO Soils Bulletin, 3: 109-122, 1977.
- _____ Formation and controls of channel networks. Progress in Physical Geography, 4: 211-239, 1980.
- EMBRAPA - SNLCS - Levantamentos de Reconhecimento dos Solos do Estado do Espírito Santo. Boletim Técnico 45, 1978, 461 p.
- _____ Manual de Métodos de Análise de Solo, 1979.
- FARIA, A.P. Alterações na Morfologia e na Hidrologia em Vales de Tabuleiros Costeiros Causadas Pela Ação Antrópica. Rio de Janeiro, Deptº Geografia UFRJ, Monografia, 1989, 45 p.
- FEDEROV, S.F. & MARUNICH, S.V. Forest cut and forest regeneration effects on water balance and river runoff. IAHS, 187: 291 - 297, 1989.
- FERNANDES, N.F.; COELHO NETTO, A.L.; de DEUS, C.E. Monitoramento dos Fluxos D'Água no Solo: Instrumentação Alternativa. III Simpósio de Geografia Física Aplicada. Friburgo, p.71-87 , 1989.
- GRAF, W.L. A Lei da Razão em Geomorfologia Fluvial. Notícia Geomorfológica, 18 (36): 57-78, 1978.
- GREGORY, K.J. & WALLING, D.E. The variation of drainage density within a catchment. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology, 13: 61-68, 1968.
- GUERRA, A.T. Aspectos geográficos do Sudeste do Espírito Santo. Revista Brasileira de Geografia, 27: 179-219, 1957.
- GUERRA, A.J.T. Soil Characteristics and Erosion, with Particular Reference to Organic Matter Content. London, Department of Geography King's College London, Ph.D. Thesis, 1991, 440 p.

- GURNELL, A.M. & GREGORY, K.J. The influence of vegetation on stream channel processes. In T.P. Burt and D.E. Walling (ed). Catchment Experiments in Fluvial Geomorfology. London, Geo Books, 1981 p. 515-533.
- HILLS, R.C. The determination of the infiltration capacity of field soils using the cylinder infiltrometer. British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin, 3:1-25, 1970.
- HSIA, Y.J. & KOH, C.C. Water yield resulting from clearcutting a small hardwood basin in Central Taiwan. IAHS, 140: 215-219, 1983.
- IMENSON, A.C. & VAN ZON, H. Erosion processes in small forested catchment in Luxemburg. In A.L. Pitty (ed), Geographical Approaches to Fluvial Processes. London, Geo Books, 1979 p. 93-107.
- JONES, A.A. The initiation of natural drainage networks. Progress in Physical Geography, 11: 207- 245, 1987.
- KNIGHTON, D. Fluvial Forms and Processes. London, Edward Arnold, 1984. 218 p.
- MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná. Curitiba, Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968, 350 p.
- MIRANDA, J.C.; ALLEMÃO, A.V.F.; NUNES, V.M.; COELHO NETTO, A.L. Distribuição de Chuvas e Interceptação Pela Vegetação Florestal: Parque Nacional da Tijuca, RJ. IV Simpósio de Geografia Física Aplicad. Porto Alegre, p. 141-147, 1991.
- MOSLEY, M.P. & ROWE, L.K. Rapid subsurface flow and stream solute losses in a mixed evergreen forest, New Zealand. In T.P. Burt and D.E. Walling (ed). Catchment Experiments in Fluvial Geomorfology. London, Geo Books, 1981 p. 169-181.

- MOLCHANOV, A.A. Hidrologia Florestal. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1963, 318 p.
- MOURA, J.R.S.; da SILVA, T.M.; PEIXOTO, M.N.O.; MELLO, C.L. Transformações Ambientais Quaternárias e "Desequilíbrios" nos Sistemas de Drenagem - Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, 485 - 494, 1991.
- MOUSINHO, M.R. & BIGARELLA, J.J. Movimentos de Massa no Transporte dos detritos da Meteorização das Rochas. Boletim Paranaense de Geografia. Paraná, 16 e 17: 43-84, 1965.
- MUNSELL COLOR COMPANY. Munsell color soil charts. Baltimore, 1971. 16 p.
- MURATORI, A.M. Erosão no Noroeste do Paraná: Uma proposta Metodológica de Estudo Sistemático Através do Uso de Fotografias Aéreas. Curitiba, Departº Geociências UFPR, Tese de Mestrado, 1984. 143 p.
- NORTCLIFF, S. & THORNES, J.B. Floodplain response of a small tropical stream. In T.P. Burt and D.E. Walling (ed). Catchment Experiments in Fluvial Geomorfology. London, Geo Books, 1981. P. 73-85.
- NOUH, M. Methods of estimating bed load transport rates applied to ephemeral streams. IAHS, 174: 107-115, 1988.
- OVENDEN, J.C. & GREGORY, K.J. The permanence of stream networks in Britain. Earth Surface Processes. 5: 47-60, 1980.
- PARK, C.C. Man river systems and environmental impacts. Progress in Physical Geography, 12(3): 1-30, 1977.
- PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S.; SILVA, T.M. Morfometria de Cabeceiras de Drenagem em Anfiteatros e a retomada Erosiva por Voçorocamento- Bananal (SP). III Simpósio de Geografia Física Aplicada, Nova Friburgo, p. 149-174, 1989.

- PENTEADO, M.M. Novas Informações a Respeito dos Pavimentos Detríticos ("stone lines"). Notícia Geomorfológica, 9(17): 15-41, 1969.
- SALATI, E. The forest and the hydrological cycle. In R. Dickinson (ed). The Geophisiology of Amazonia. U.S.A., John Wiley, 1987 p. 273-296.
- SILVEIRA, A.L.L. & CHEVALLIER, P. Primeiros Resultados Sobre Infiltração em Solo Cultivado Usando Simulação de Chuvas (Bacia do Rio Potiribu - RS). IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro. 1:213-221, 1991.
- SLATTERY, M.C. & BRYAN, R.B. Hydraulic conditions for rill incision under simulated rainfall: a laboratory experiments. Earth Surface Processes and Landforms, 17: 127-146, 1992.
- STRAHLER, A.N. Geografia Física. Barcelona, Omega, 1984, 770 p.
- SUGUIO, K. Introdução à Sedimentologia. São Paulo, Edgard Blucher, 1973, 280 p.
- THONGMEE, U. & VANNAPRASERT, M. Soil and water losses on plots with different land use in the Phu Wiang watershed. IAHS-AISH 192, 1990.
- TSUKAMOTO, Y. Hydrogeomorphological characteristics of a zero order basin. A Collection of Reprints. Tokyo, Departament of Forestry University of Agriculture and technology, 1987. (unpublished paper).
- UNESCO. Sedimentation Problems in River Basins. Stockolm, 1982, 182 p.
- VALLEJO, L.R. & VALLEJO, M.S. Aspectos da Dinâmica Hidrológica em Áreas Florestadas e Suas relações com os Processos Erosivos - Primeiros Resultados. IV Simpósio do Quaternário no Brasil. Rio de Janeiro, p. 365-380, 1982.

WANGCHENG, Q. Effects of deforestation on flood characteristics with particular reference to Hainan Island, China. IAHS, 140, 1983.

ANEXOS

ANEXO I - Método do cilindro infiltrômetro.

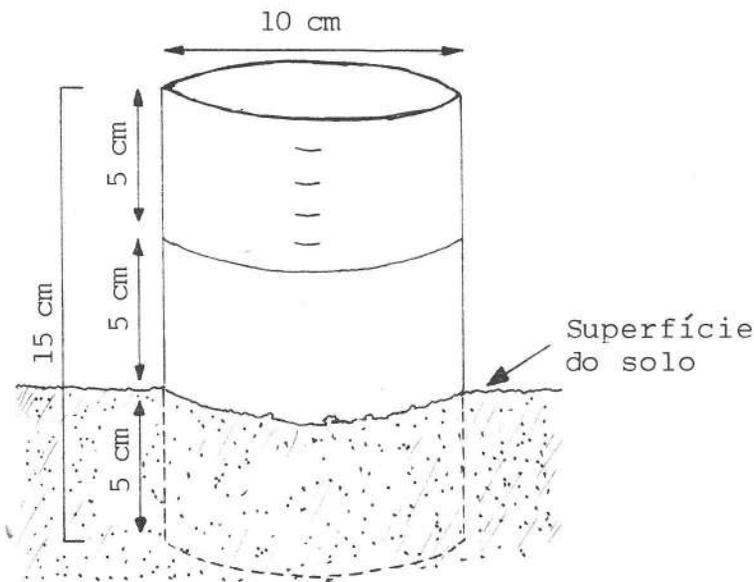
ANEXO I

MÉTODO DO CILINDRO INFILTRÔMETRO

Objetivo: Mensurar a taxa de infiltração de água no solo.

Material: Um cilindro de PVC com 10 cm de diâmetro e 15 cm de altura.

Obs.: O experimento descrito a seguir é uma aproximação dos utilizados por GUERRA (1991), que, por sua vez, fez uma adaptação da técnica desenvolvida por HILLS (1970).



Procedimentos

- 1 - O cilindro foi introduzido no solo até uma profundidade de 5 cm, utilizando um martelo. Encheu-o com água até a borda e foi acionado um cronômetro.
- 2 - Quando o nível da água chegou à marca de 5 cm (50 mm), travou-se o cronômetro e foi marcado o tempo que a água levou para infiltrar.
- 3 - Foi importante a utilização de dois cronômetros digitais, de fácil leitura, porque várias calibrações foram feitas seguidamente e com rapidez. Logo que o nível da água chegou na marca dos 5 cm, o cronômetro foi travado e, a seguir, encheu-se o cilindro novamente com mais 50 mm de água e foi acionado outro cronômetro. E assim, cronometrou-se cada coluna de água de 50 mm infiltrada,

ANEXO I

colocadas sucessivamente, para não haver infiltração sem ser cronometrada, para se obter um gráfico que expressasse o comportamento da infiltração.

4 - Nos solos muito compactados, as colunas de 50 mm de água levaram mais de uma hora para se infiltrar. Neste caso, foram cronometradas as passagens do nível de água pelas cinco marcas de um centímetro. Desta forma, foi cronometrado o tempo de cada cm infiltrado, que aumentou de acordo com o acréscimo gradativo de água (umidade antecedente). Assim, as colunas de 50 mm de água infiltradas expressaram um comportamento que pode ser definido por meio gráfico.

5 - Nos solos sob mata, os 50 mm de água levaram pouco mais de seis segundos para se infiltrarem, nestes casos, foram cronometrados apenas na marca de 5 cm, sendo o cilindro recalibrado para outras medições. Em solos sob floresta, a infiltração é muito rápida e o volume de água utilizada no espaço de uma hora de ensaio, pode chegar a 200 litros. Nestes casos, pode-se fazer um mínimo de 5 calibragens de 50 mm de água e adotar a unidade de tempo de segundos ou minuto, ou calcular o volume de água necessário para uma hora de ensaio.

6 - Ao se introduzir o cilindro no solo, é necessário tomar o cuidado com o excesso de vibração, para não desestruturar o solo. Nos sedimentos muito compactados e secos, foi feito um ligeiro umedecimento em volta da parte externa do cilindro, em contato com o solo, para introduzi-lo com mais facilidade.

ANEXO II - Dados anuais de precipitação pluviométrica das estações: Itabapoana, Campos e itapemirim, referentes ao período de 1922 a 1990.

ANEXO II

TOTAL ANUAL DE PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS (1922 a 1990).

ANO	E.P. B. de ITABAPOANA	E.P. CAMPOS	ANO	E.P. B.de ITABAPOANA	E.P. CAMPOS	E.P. ITAPEMIRIM
1922	874,1		1957	906,4	1.385,0	
1923	1.055,3		1958	638,1	1.044,6	
1924	1.644,8		1959	694,1	724,1	
1925	787,9		1960	814,2	1.150,4	
1926	1.413,0		1961		885,7	
1927	813,3		1962		1.216,4	
1928	932,6		1963		440,7	
1929	1.184,4		1964		1.402,3	
1930	1.015,9		1965		1.240,8	
1931	1.110,2		1966		1.260,6	
1932	1.054,8		1967		1.104,0	
1933	1.526,8		1968		1.155,5	1.403,8
1934	740,4		1969		1.120,0	1.374,5
1935	847,2		1970		1.121,8	1.058,7
1936	771,5		1971		1.348,9	1.531,8
1937	1.244,1		1972		1.132,3	1.027,9
1938	816,1		1973		1.008,1	966,8
1939	600,9		1974		714,0	771,3
1940	1.045,6		1975		1.244,5	1.404,7
1941	1.097,0		1976		1.032,3	1.258,4
1942	1.276,0		1977		1.069,1	1.050,0
1943	878,4		1978		808,1	1.216,4
1944	1.174,5		1979		1.031,4	1.294,1
1945	1.276,6		1980		854,4	1.184,1
1946	675,9		1981		910,3	968,4
1947	1.104,9		1982		860,8	1.034,0
1948	1.001,4		1983		1.386,0	1.619,1
1949	915,0		1984		786,2	1.541,8
1950	1.124,4	1.056,3	1985		1.110,7	1.100,4
1951	775,4	881,9	1986		688,1	1.010,3
1952	773,8	1.244,6	1987		823,2	1.172,2
1953	648,5	794,6	1988		1.218,1	1.186,3
1954	545,3	713,6	1989		802,1	1.103,5
1955	701,9	1.085,2	1990			590,4
1956	737,0	866,1				

ANEXO III - Perfil de solo do município de Itapemi
rim, diagnosticado pela EMBRAPA, 1978.

ANEXO III

PERFIL n.º 99 — ES

Data — 12/06/72.

Classificação — LATOSOL VERMELHO AMARELO DISTROFICO coeso A moderado textura argilosa fase floresta subperenifolia relevo plano. (LVd1).

Localização — Município de Itapemirim, a 17,5 km de Marataizes na estrada para Siri, lado esquerdo, na fazenda do senhor Genildo.

Situação e declive — Trincheira em local plano com 0 a 2% de declive.

Altitude — 30 metros.

Litologia e Formação Geológica — Sedimentos Terciário ao atual (Série Barreiras).

Material de origem — Sedimentos argilo-arenosos.

Relevo local — Plano.

Relevo regional — Plano e suave ondulado.

Erosão — Praticamente nula.

Drenagem — Bem drenado.

Vegetação local — cultura de abacaxi.

Vegetação regional — Floresta subperenifolia culturas diversas e pastagem natural.

Uso atual — Cultura de cana, abacaxi e mandioca, e pastagem natural.

- A₁ 0 — 15 cm, bruno escuro (10YR 3/3, úmido), bruno acinzentado escuro (10YR 4/2, seco), mosqueado pouco médio e distinto bruno amarelado (10YR 5/6, úmido); areia franca; fraca média granular e grãos simples; muitos poros pequenos e médios; ligeiramente duro, muito friável, não pegajoso; transição clara e plana.
- A₂ 15 — 24 cm, bruno escuro (10YR 4/3, úmido) bruno (10YR 4/3, seco), mosqueado pouco pequeno e difuso de cores amareladas; franco arenoso; fraca média blocos subangulares com aspecto maciço poroso pouco coeso "in situ", poros comuns médios; duro, muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- B₁ 24 — 40 cm, bruno amarelado (10YR 5/5, úmido), bruno amarelado (10YR 5/4, seco), mosqueado pouco pequeno e difuso bruno amarelado (10YR 5/8, úmido); franco argilo-arenoso; fraca média blocos subangulares com aspecto maciço poroso coeso "in situ"; poros comuns e pequenos e médios; duro, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- B₂₁ 40 — 88 cm, bruno amarelado (10YR 5/6, úmido); bruno amarelado (10YR 5/5, seco), mosqueado pouco pequeno e difuso bruno for-

ANEXO III

12 (7.5YR 5/6, úmido); argila arenosa; fraca média blocos subangulares com aspecto maciço poroso coeso "in situ"; poros comuns médios; muito duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B₂₂ 88 — 190 cm. Bruno forte (8.5YR 5/6, úmido), amarelo brunado (10YR 6/6, seco); argila arenosa; fraca média blocos subangulares com aspecto maciço poroso pouco coeso "in situ"; muitos poros pequenos; ligeiramente duro, duro friável, plástico e pegajoso.

Raízes — *A₀₁* — comuns fasciculares de diâmetro em torno de 1 mm, e poucas secundárias com diâmetro entre 2 e 5 mm.

A₂ — poucas fasciculares com diâmetro em torno de 1 mm.

B₁ — raras fasciculares com diâmetro em torno de 1 mm.

Observações — O terreno tem sido cultivado com culturas de mandioca e abacaxi. Nunca foi adubado. Aparecem algumas cerosidades no *A₂* e *B₁*.

Constata-se bastante atividade biológica no perfil horizontes *A₀*, *A₁*, *B₁* e *B₂₁* de *órmitas*.

Na região aparecem muitos cupinzeiros (*gunans*) que chegam mesmo, dado ao seu grande número a prejudicar um pouco a mecanização do solo.

ANEXO III

PERFIL: n.º 90

Município: Itapemirim

Estado: Espírito Santo

Unidade de mapeamento:

Classificação: LATOSOL VERMELHO AMARELO DISTROFICO coeso A moderado

Amostras de lab. n.ºs:

ANALISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte	Frações da amostra total %	Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH) %				Argila dispersa em água %	Gran. de flocculação %	% Silte % Argila	Densidade g/cm³		Porosidade % (volume)			
		Calhaus < 20mm A	Cascalho 20-2mm	Terra fina < 2mm V	Areia grossa 2-0,20 mm				Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm		Argila > 0,002 mm	Aparente	Real
A _p	0 - 15	0	2	98	73	12	4	11	7	26	0,59	1,43	2,63	44
A ₂	- 24	0	2	98	62	15	7	16	14	13	0,44	1,70	2,60	33
B ₁	- 40	0	2	98	58	14	5	23	15	33	0,22	1,73	2,60	33
B ₂₁	- 88	0	2	98	46	13	4	37	3	22	0,11	1,54	2,60	41
B ₂₂	-190	0	1	99	47	13	4	35	0	100	0,11	1,42	2,63	40

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sorvivo mE/100g								Valor V (sat. de bases) %	100 Al+++ / Al+++ + S _p assinalavel ppm	
	Água	KCl 1N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al+++	H ⁺	Valor T (soma)		Al+++	S _p
A _p	5,4	4,5	0,9	0,4	0,10	0,03	1,4	0,1	2,2	3,5	40	7	1
A ₂	5,2	4,3	0,7	0,4	0,07	0,13	1,3	0,2	2,0	3,5	37	13	1
B ₁	5,0	4,1	0,8		0,07	0,03	0,9	0,5	2,1	3,5	26	36	1
B ₂₁	4,9	4,0	0,7		0,02	0,02	0,7	0,9	1,8	3,4	21	56	1
B ₂₂	4,6	4,0	0,5		0,02	0,03	0,6	0,9	1,6	3,1	19	60	1

Horizonte	C (orgânico) %	N %	C/N	Ataque por H ₂ SO ₄ % d=1,47						SiO ₂ / Al ₂ O ₃ (K)	SiO ₂ / R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ livre %	Equivalente de CaCO ₃ %
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO					
A _p	0,49	0,06	8	5,1	4,2	1,1	0,36	0,02	2,05	1,77	3,97			
A ₂	0,62	0,07	9	6,4	5,3	1,5	0,47	0,02	2,05	1,74	3,53			
B ₁	0,40	0,05	8	9,4	8,0	2,0	0,61	0,02	2,00	1,72	6,27			
B ₂₁	0,31	0,03	10	13,8	12,5	2,8	0,83	0,02	1,88	1,64	7,00			
B ₂₂	0,26	0,02	13	14,8	13,6	3,0	0,90	0,90	1,85	1,63	7,09			

Horizonte	Sat. c/ sódio (% de Na ⁺ tro. nivel no valor T)	Pasta saturada	Sais solúveis (extrato 1:5)					Constantes hídricas %				
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SO ₄ ⁻	Umidade 13 atm	Umidade 15 atm	Água disponível nivel máxi	Equivalente de umidade	
A _p	1											
A ₂	4											
B ₁	1											
B ₂₁	1											
B ₂₂	1											

ANEXO III

PERFIL — Espírito Santo — 96 — 8260 — 8264 — ANÁLISE MINERALÓGICA

- A₁ *Areia grossa* — 100% de quartzo subanguloso (alguns grãos róseos).
Areia fina — 100% de quartzo subanguloso; traços de ilmenita e detritos.
- A₂ *Areia grossa* — 100% de quartzo subanguloso; traços de detritos orgânicos (raízes).
Areia fina — 100% de quartzo subanguloso.
- B₁ *Areia grossa* — 100% de quartzo subanguloso; traços de detritos orgânicos (raízes).
Areia fina — quartzo anguloso e subanguloso.

Em todas as amostras analisadas os grãos de quartzo variam muito de tamanho; muitos são arroxeados, avermelhados, coloridos de ferro; muitos com inclusões (turmalina?); muitos limpos brilhantes e subarredondados, alguns subarredondados e foscos.

- B₂₁ *Areia grossa* — 100% de quartzo angulosos e subangulosos.
Areia fina — 100% de quartzo (idêntico aos anteriores) traços de detritos. Dentro da fração areia fina, parte dos grãos aproxima-se de dimensão de areia grossa e parte aproxima-se do silte, e isto também nas amostras anteriores.
- B₂₂ *Areia grossa* — 100% de quartzo, muitos grãos com argilas aderidos nas reintrâncias.
Areia fina — 100% de quartzo quase sem cutans de óxido de ferro, angulosos e muitos com inclusões de um mineral negro equidimensional e portanto deve ser turmalina.

Nota importante: pela natureza do esqueleto, ou alguma reserva se acha na fração silte, o que não é provável, ou o perfil é completamente sem reserva mineral.

ANEXO IV - Tabelas referentes aos dados de granulometria e cores dos perfis dos solos das encostas e depósitos de calhas das microbacias 1, 2, 3 e 4.

TABELA DE GRANULOMETRIA E CORES DOS PERFIS

MICROBACIA 1

POSICÃO	CONDIÇÃO	PERFIL	PROFUNDIDADE (cm)	VALOR EM %							ESCALA DE CORES (MUNSELL)	
				SEIXO	GRÂNULO	AREIA GROSSA	AREIA MÉDIA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	MATIZ	VALOR/CROMA (CÔR)
Canal efêmero	Mata	A	10	2	9	46	16	11	7	9	5 YR	Castanho Avdo. escuro
		A	60	-	4	28	13	11	8	35	5 YR	Vermelho amarelado
		A	100	-	2	26	12	8	11	41	5 YR	Vermelho amarelado
	Psto	B	10	-	6	39	12	9	15	19	5 YR	Castanho avermelhado
		B	60	0,5	2,5	25	10	8	7	47	5 YR	Amarelo avermelhado
		B	100	1	3	21	8	7	11	49	5 YR	Amarelo avermelhado
	Entulhado	C	10	1	3	30	14	10	16	26	5 YR	Vermelho amarelado
		C	60	-	2	30	12	9	12	35	25 YR	Vermelho
		C	100	-	6	42	18	19	3	12	75 YR	Amarelo avermelhado
C		150	-	10	39	16	12	4	19	75 YR	Amarelo avermelhado	
C		200	-	5	38	17	15	5	20	75 YR	Amarelo avermelhado	
Encosta		D	10	2	4	25	13	10	9	37	25 YR	Castanho avermelhado
		D	60	1	5	23	11	9	12	39	25 YR	Vermelho
		D	100	1	4	17	10	8	13	47	25 YR	Vermelho claro
	Mata	E	10	1	7	27	16	12	13	24	5 YR	Castanho avermelhado
		E	60	1	3	21	13	9	9	44	75 YR	Amarelo avermelhado
		E	100	1	2	27	9	8	7	56	75 YR	Amarelo avermelhado
Canal	Perene	F	10	-	3	16	4	6	32	39	5 YR	Branco roseado
		F	60	0,5	4,5	27	19	17	10	22	5 YR	Rosa
		F	100	1	7	40	15	9	3	16	25 YR	Cinza escuro
		F	120	-	-	6	9	3	14	68	10 YR	Castanho muito escuro
		F	165	-	-	8	9	3	11	69	10 YR	Branco
Encosta	Pasto	G	10	0,5	3,5	38	14	9	1	34	10 YR	Castanho Avdo. escuro
		G	60	-	5	27	10	6	1	51	25 YR	Vermelho escuro
		G	100	-	2	36	13	5	11	43	10 YR	Castanho Avdo. escuro
	H	H	10	1	6	30	12	9	10	32	5 YR	Vermelho amarelado
		H	60	-	8	24	13	9	1	45	5 YR	Amarelo avermelhado
		H	100	-	4	25	11	6	11	43	5 YR	Castanho avermelhado
Canal	Perene	I	10	15	13	43	17	11	-	1	75 YR	Cinza escuro
		I	60	16	13	41	18	11	1	-	75 YR	Cinza roseado
		I	100	3	6	35	19	12	2	2	75 YR	Preto

TABELA DE GRANULOMETRIA E CORES DOS PERFIS

MICROBACIA 2

POSICÃO	CONDIÇÃO	PERFIL	PROFUNDIDADE (cm)	VALOR EM %							ESCALA DE CORES (MUNSELL)	
				SEIXO	GRÂNULO	AREIA GROSSA	AREIA MÉDIA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	MATIZ	VALOR/CROMA (CÔR)
Canal	Intermitente	A	5	2	7	31	23	18	-	14	75 YR	Castanho
		A	20	21	19	39	14	7	-	-	-	Indefinido
		A	50	3	4	22	18	16	6	31	10 YR	Branco
		A	60	3	4	25	20	24	7	17	10 YR	Amarelo
		A	80	1	2	16	13	32	12	24	75 Y	Cinza claro
Canal	Intermitente	B	5	4	7	43	21	15	2	8	75 YR	Castanho escuro
		B	20	7	15	46	20	12	-	-	75 YR	Castanho escuro
		B	50	6	13	47	24	10	-	-	75 YR	Cinza roseado
		B	70	3	18	62	13	4	-	-	75 YR	Cinza roseado
		B	80	4	11	35	19	20	3	8	75 YR	Cinza claro
Canal	Intermitente	C	5	4	12	44	20	13	1	6	75 YR	Cinza muito escuro
		C	40	5	11	42	23	12	2	5	75 YR	Cinza roseado
		C	70	4	8	35	18	6	-	29	75 YR	Cinza roseado
		C	80	10	15	40	21	14	-	-	75 YR	Cinza
Canal	Intermitente	D	5	6	11	40	22	15	1	6	75 YR	Cinza escuro
		D	40	7	16	45	21	12	-	-	75 YR	Cinza roseado
		D	50	8	11	46	26	9	-	-	75 YR	Cinza roseado
		D	70	3	18	62	13	4	-	-	75 YR	Cinza claro
		D	80	6	9	38	17	19	1	11	75 YR	Cinza claro

TABELA DE GRANULOMETRIA E CORES DOS PERFIS

MICROBACIA 3

POSICÃO	CONDIÇÃO	PERFIL	PROFUNDIDADE (cm)	VALOR EM %						ESCALA DE CORES (MUNSELL)		
				SEIXO	GRÂNULO	AREIA GROSSA	AREIA MÉDIA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	MATIZ	VALOR/CROMA (CÔR)
Canal	Entulhado	A	10	1	2	40	19	14	4	20	10 YR	Castanho Amdo. claro
		A	60	1	1	24	19	12	11	32	10 YR	Castanho Acinz. escuro
		A	100	-	5	39	20	13	3	20	10 YR	Castanho Acinz. M.escuro
		A	150	-	6	35	17	16	4	22	10 YR	Castanho amarelado
		A	185	-	5	28	10	10	9	38	10 YR	Castanho amarelado
		A	220	-	1	19	2	9	15	54	10 YR	Castanho Amdo. escuro
Canal	Entulhado	B	10	1	4	48	24	15	1	7	10 YR	Castanho Amarelado
		B	60	-	3	32	19	12	4	30	10 YR	Castanho Acinz. escuro
		B	100	-	2	19	11	7	9	52	10 YR	Castanho amarelado
		B	150	-	1	21	10	12	5	52	10 YR	Amarelo acastanhado
		B	200	-	6	23	9	8	4	50	10 YR	Castanho amarelado
		B	220	-	-	19	12	6	13	50	10 YR	Castanho escuro
Canal	Entulhado	C	10	9	9	41	10	15	1	5	10 YR	Castanho Amdo. escuro
		C	60	7	4	18	21	21	3	26	10 YR	Castanho acinz. escuro
		C	100	5	5	20	18	16	3	33	10 YR	Castanho Amdo. claro
		C	130	7	3	22	15	10	7	36	10 YR	Castanho amarelado

TABELA DE GRANULOMETRIA E CORES DOS PERFIS

MICROBACIA 4

POSIÇÃO	CONDIÇÃO	PERFIL	PROFUNDIDADE (cm)	VALOR EM %							ESCALA DE CORES (MUNSELL)	
				SEIXO	GRÂNULO	AREIA GROSSA	AREIA MÉDIA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA	MATIZ	VALOR/CROMA (CÔR)
Canal	Entulhado	A	10	-	3	28	30	19	4	16	75 YR	Amarelo avermelhado
		A	60	-	5	31	25	11	7	21	75 YR	Amarelo avermelhado
		A	100	1	2	35	17	15	5	25	75 YR	Castanho escuro
		A	140	-	4	19	22	19	3	33	75 YR	Castanho forte
		A	175	-	-	31	13	9	12	35	10 YR	Castanho
		A	200	-	1	30	14	9	8	38	10 YR	Castanho Amdo. claro
Canal	Entulhado	B	10	-	1	33	32	17	4	13	75 YR	Amarelo avermelhado
		B	60	-	2	24	15	14	18	27	75 YR	Castanho escuro
		B	100	-	1	45	24	15	3	12	75 YR	Castanho forte
		B	120	1	1	23	18	14	9	34	10 YR	Castanho amarelado
		B	150	-	2	8	22	17	16	35	10 YR	Castanho amarelado
		B	200	-	1	9	18	18	9	45	10 YR	Castanho amarelado
Canal	Entulhado	C	10	1	5	33	15	11	9	26	10 YR	Castanho amarelado
		C	60	9	20	40	19	11	-	1	10 YR	Castanho amarelado
		C	100	5	10	19	6	7	14	39	10 YR	Castanho acinzentado
		C	120	7	10	21	17	9	4	32	10 YR	Castanho muito claro
		C	180	-	-	9	4	7	15	65	10 YR	Amarelo
		C	220	-	-	15	18	5	5	57	10 YR	Castanho amarelado
Canal	Entulhado	D	10	4	7	42	21	17	1	8	75 YR	Castanho
		D	60	5	6	40	21	19	1	8	75 YR	Cinza róseo
		D	100	4	7	35	18	7	3	26	75 YR	Cinza claro
		D	120	2	3	40	19	13	3	20	75 YR	Cinza claro
Canal	Intermitente	E	10	2	10	26	19	23	14	6	75 YR	Cinza escuro
		E	60	4	11	35	19	20	5	6	75 YR	Cinza claro
		E	100	3	9	31	25	19	3	10	25 YR	Branco
Obs. Não foi feita tabela para a microbacia 5.												

100005659



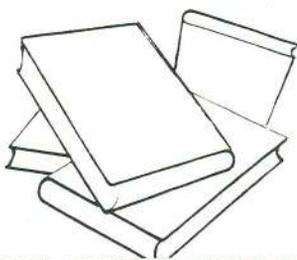
T
1106
F2245E

FARIA, ANTONIO PAULO DE.

039269-3
CCMN

EROSAO EM MICROBACIAS E AS SUAS
CONSEQUENCIAS SOBRE OS CANAIS
EFEMEROS, INTERMITENTES E PERENE
S.

BIBLIOTECA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
BIBLIOTECA CENTRAL