

RELAÇÃO ENTRE RELEVO E SOLOS PROVENIENTES DE ROCHAS ERUPTIVAS BÁSICAS

MARIA DE FÁTIMA GUIMARÃES

orientador: Dr. Octavio Freire

Dissertação apresentada à Escola de /
Agricultura Luiz Queiroz, da Universi-
dade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia - área
de concentração: Solos e Nutrição de
Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Maio - 1984

a Oswaldo e Maria Thereza

a Luiza, Lourdes e Celina

a Maria Salete, José Oswaldo

José Eduardo

OFEREÇO

AGRADECIMENTO ESPECIAL

à Dra. Wolmar Aparecida Carvalho, pela dedicação e apoio no início da carreira científica e na elaboração deste trabalho.

AGARDECIMENTOS

- ao Dr. Octávio Freire pela orientação e pela amizade;
- ao colega M Sc Edison Miglioranza, pela ajuda indispensável na análise morfológica dos solos;
- ao Dr. Geraldo Victorino de França pela revisão deste trabalho;
- aos colegas e amigos Amador Villacorta Mosqueira, Christian H. Roth, Gilvan Wosiacki, Blancaluz Pinnilla Carvajal e Silvio José Bicudo pela ajuda e incentivo;
- à Francisco Carlos de Andrade, pela elaboração dos mapas;
- ao Instituto Brasileiro do Café pelo empréstimo das fotografias aéreas;
- à Fundação Instituto Agrônômico do Paraná pelas análises químicas e granulométricas do solo e pelo fornecimento dos dados termopluiométricos;
- ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo;
- à CAPES pela concessão da Bolsa Deslocamento concedida através do PICD/UEL;
- a todos que de uma forma ou de outra ajudaram na elaboração deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	xvii
SUMMARY	xx
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	3
2.1. Importância da Fotografia Aérea na Interpretação e Reconhecimento de Solos	3
2.2. Características do Padrão de Drenagem e da Evolução do Relevo Relacionado a Solos	6
2.3. Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica	10
3. MATERIAL E MÉTODO	16
3.1. Material	16
3.1.1. Área estudada	16
3.1.2. Dados de temperatura e precipitação	19
3.1.3. Bacias hidrográficas	19
3.1.4. Carta topográficas e mapa geológico	20
3.1.5. Equipamento	20
3.2. Método	21
3.2.1. Escolha da área de estudo	21

3.2.2. Obtenção do balanço hídrico	21
3.2.3. Obtenção do mapa de drenagem	22
3.2.4. Seleção das bacias hidrográficas	23
3.2.5. Análise das características do padrão de drenagem	24
3.2.6. Aspectos do relevo	26
3.2.6.1. Obtenção dos mapas pla- co-hipsométricos das bacias	26
3.2.6.2. Razão de relevo, integral hipsométrica, integral vo- lumétrica e relação de ma- terial erodido	26
3.2.7. Determinações de campo	28
3.2.8. Determinações de laboratório	29
4. RESULTADOS	31
4.1. Dados Climáticos	31
4.2. Características das Bacias Hidrográficas ...	31
4.2.1. Análise dimensional e semelhança geométrica	32
4.2.2. Características do padrão de dre- nagem	32
4.3. Características do Relevo	33
4.3.1. Razão de relevo	33

4.3.2. Integrais hipsométricas e volumétricas	34
4.4. Características Morfológicas, Granulométricas e Químicas dos Solos Estudados	34
4.4.1. Descrição morfológica	34
4.4.2. Análise granulométrica e química ...	34
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	75
5.1. Dados Climáticos	75
5.2. Características das Bacias Hidrográficas ..	76
5.2.1. Análise dimensional e semelhança geométrica	76
5.2.2. Características do padrão de drenagem	77
5.3. Características do Relevo	81
5.3.1. Razão de relevo	81
5.3.2. Integrais hipsométricas e volumétricas	83
5.4. Características Morfológicas, Granulométricas e Químicas dos Solos Estudados	87
5.4.1. Latossolo Roxo	87
5.4.2. Terra Roxa Estruturada	88
5.4.3. Litossolo fase substrato basáltico	89

Página

6. CONCLUSÕES	92
7. BIBLIOGRAFIA CITADA	94

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Parâmetros para a Classificação da Textura Topográfica com Base nos Valores da Razão de Textura Média	25
2	Resultados Numéricos do Balanço Hídrico Segundo Thornthwaith (1955), Referente à Localidade de Bandeirantes. Período: 1974 - 1983	36
3	Propriedades Dimensionais das Bacias Hidrográficas Representativas dos Solos Estudados	39
4	Análise Dimensional e Semelhança Geométrica, Aplicadas às Bacias Hidrográficas Representativas das Áreas Estudadas	40
5	Número e Comprimento de Segmentos de Rios em cada Ordem de Ramificação e Total para as Bacias Hidrográficas Representativas dos Solos Estudados	41

6	Características Quantitativas dos Padrões de Drenagem e as Classes de Textura Topográfica das Bacias Hidrográficas Representativas das Unidades de Solo Estudadas...	42
7	Dados Médios de Frequência de Rios (F), Drendade de Drenagem (Dd), Razão de Textura (T), Razão de Textura Média (Tm) e Classe de Textura Topográfica Obtidos para os Solos Estudados.....	43
8	Relações Funcionais entre Parâmetros que Definem as Características dos Padrões de Drenagem Obtidas para as Unidades de Solo; Coeficiente de Correlação (r); Coeficiente de Determinação (r^2); Teste t para b (tb) e Teste F para a Regressão	44
9	Características do Relevo das Bacias Hidrográficas Representativas dos Solos Estudados	52

Tabela nº	Página
10 Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica referentes à Bacia Hidrográfica I, Representativa da Unidade Latossolo Roxo	53
11 Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica II, Representativa da Unidade Latossolo Roxo	54
12 Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica III, Representativa da Unidade Latossolo Roxo	55
13 Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica I, Representativa da Unidade Terra Roxa Estruturada	56
14 Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica II, Representativa da Unidade Terra Roxa Estruturada	57

Tabela nº

Página

15	Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica III, Representativa da Unidade Terra Roxa Estruturada	58
16	Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica I, Representativa da Unidade Litossolo fase substrato basaltito	59
17	Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica II, Representativa da Unidade Litossolo fase substrato basaltito	60
18	Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica III, Representativa da Unidade Litossolo fase substrato basaltito	61
19	Valores Hipsométricos Obtidos para as Bacias Hidrográficas Representativas dos Solos Estudados.....	62

Tabela nº

Página

20	Descrição Morfológica dos Perfis Representativos da Unidade Latossolo Roxo (LR)	66
21	Descrição Morfológica dos Perfis Representativos da Unidade Terra Roxa Estruturada (TE)	67
22	Descrição Morfológica dos Perfis Representativos da Unidade Litossolo fase substrato basaltito (Lib)	68
23	Resultados da Análise Granulométrica dos Perfis de Latossolo Roxo (LR) Contidos nas Bacias Seleccionadas	69
24	Resultados da Análise Granulométrica dos Perfis de Terra Roxa Estruturada (TE) Contidos nas Bacias Seleccionadas	70
25	Resultados da Análise Granulométrica dos Perfis de Litossolo fase substrato basaltito Contidos nas Bacias Seleccionadas	71

Tabela nº	Página	
26	Resultados da Análise Química do Complexo Trocavel dos Perfis de Latossolo Roxo (LR) Contidos nas Bacias Seleccionadas	72
27	Resultados da Análise Química do Complexo Trocavel dos Perfis de Terra Roxa Estruturada (TE) Contidos nas Bacias Seleccionadas	73
28	Resultados da Análise Química do Complexo Trocavel dos Perfis de Litossolo fase substrato basaltito (Lib) Contidos nas Bacias Seleccionadas	74

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Localização da Área Estudada no Estado do Paraná	17
2	Representação Gráfica do Balanço Hídrico Segundo Thornthwaithe (1955), Referente à Localidade de Bandeirantes. Período de 1974 - 1983	37
3	Rede de Drenagem e Bacias Hidrográficas de 3ª Ordem de Ramificação da Área Estudada	38
4	Bacia Hidrográfica I Representativa da Unidade de Solo LR	45
5	Bacia Hidrográfica II Representativa da Unidade de Solo LR	46
6	Bacia Hidrográfica III Representativa da Unidade de Solo LR	47

Figura nº		Página
7	Bacia Hidrográfica I Representativa da Unidade de Solo TE	48
8	Bacia Hidrográfica II Representativa da Unidade de Solo TE	49
9	Bacia Hidrográfica III Representativa da Unidade de Solo TE	50
10	Bacias Hidrográficas Representativas da Unidade de Solo Lib	51
11	Integrais Hipsométricas e Volumétricas Representativas da Unidade Latossolo <u>Ro</u> xo	63
12	Integrais Hipsométricas e Volumétricas Representativas da Unidade Terra Roxa Estruturada	64
13	Integrais Hipsométricas e Volumétricas Representativas da Unidade Litossolo <u>fa</u> se substrato basaltito	65

RESUMO

Com o intuito de se avaliar o estágio de evolução de solos provenientes da decomposição de rochas eruptivas básicas e o estágio de desenvolvimento do relevo foram aplicados métodos fotointerpretativos em bacias de 3ª ordem de ramificação e efetuadas descrições morfológicas, análises de rotina em laboratório e análise hipsométrica em três unidades de solo situadas no nordeste do Estado do Paraná: Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada e Litossolo fase substrato basaltito.

A metodologia utilizada e os dados obtidos no presente trabalho permitiram as seguintes conclusões:

- a) a frequência de rios, a densidade de drenagem, a razão de textura e a razão de textura média mostraram-se eficientes na distinção entre os solos, apresentando valores de

crescentes na seguinte sequência: Litossolo fase substrato basáltico > Terra Roxa Estruturada > Latosso Roxo;

- b) a classe de textura topográfica não permitiu a distinção entre Terra Roxa Estruturada e Litossolo fase substrato basáltico;
- c) a razão de relevo foi significativa para indicar diferenças de drenagem entre as unidades de solo, sendo seus valores decrescentes na seguinte sequência: Litossolo fase substrato basáltico > Terra Roxa Estruturada > Latosso Roxo;
- d) a descrição morfológica, as análises químicas e granulométricas dos solos associadas à análise hipsométrica permitem afirmar que os solos encontram-se num estágio de evolução que obedece à sequência: Latosso Roxo > Terra Roxa Estruturada > Litossolo fase substrato basáltico; enquanto que o relevo da unidade Latosso Roxo encontra-se num estágio de maturidade em comparação às unidades Terra Roxa Estruturada e Litossolo fase substrato basáltico que se encontram num estágio de maturidade tendendo pa

ra a velhice.

SUMMARY

A method of photointerpretation of third order hydrological basic was used with the aim to study the stage of evolution of soils originated from eruptive basic rocks and the stage of relief formation. This was complemented by the morphological description, routine laboratory analysis and hipsometric analysis of the three occuring soil units, comprising Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada and Litossolo, basaltic substratum phase, located in the northeastern part of Paraná state.

The methods used and the results obtained in this work allowed the following conclusions:

- a) the frequency of rivers, the drainage density, the textural ratio and the medium textural ratio were shown to be efficient in distinguishing the soil types, whereby values decreased in the following ordes: Litossolo, basaltic substratum phase > Terra

Roxa Estruturada > Latossolo Roxo;

- b) the topographical texture class did not permit a distinction between Terra Roxa Estruturada and Litossolo, basaltic substratum phase;
- c) the relief ratio was significant to indicate differences in drainage between the soil units, the values decreasing in the following order: Litossolo, basaltic substratum phase > Terra Roxa Estruturada > Latossolo Roxo;
- d) the morphological description, the chemical and granulometrical analysis of the soils associated with the hipsometrical analysis, showed that the stage of evolution of the studied soils has the following sequence: Latossolo Roxo > Terra Roxa Estruturada > Litossolo, basaltic substratum phase. Thereby the relief of the unit Latossolo Roxo is found to be in the state of maturity when compared to Terra Roxa Estruturada and Litossolo, basaltic substratum phase, the latter two being in a state of maturity but tending to a state of old age.

1. INTRODUÇÃO

Coube a Bushnell, em 1926, a primazia de utilizar fotografias aéreas em levantamentos de solos. A partir desta data tem-se notícia do uso crescente das fotografias aéreas em trabalhos de levantamento de solos, uma vez que elas propiciam a observação estereoscópica da paisagem e constituem uma fonte adicional de informações.

No Brasil, a fotointerpretação de solos teve início com França, em 1968, e a partir de então foram desenvolvidos muitos trabalhos de correlação entre solos e aspectos da paisagem, como a rede de drenagem e o relevo.

A interpretação de imagens da paisagem e do solo depende dos conhecimentos de pedologia do fotointérprete, uma vez que apenas a superfície do solo é visível, sendo que algumas vezes pode estar mascarada pela cobertura vegetal.

A fotointerpretação do relevo e da rede de drenagem está correlacionada com a relação entre infiltração e

deflúvio dos solos. Assim, solos profundos apresentando estrutura porosa possuem alta relação e ocorrem em relevos estáveis, em equilíbrio com o ambiente, enquanto que solos jovens ocorrem em paisagens instáveis, onde a erosão tem influência predominante na ocorrência de solos pouco desenvolvidos.

Neste trabalho pretende-se aplicar técnicas de fotointerpretação a três importantes unidades de solo provenientes de rochas eruptivas básicas, ocorrentes no nordeste do Estado do Paraná, com o objetivo de avaliar o estágio de evolução dos solos através da descrição morfológica, análises química e granulométrica, bem como o estágio de desenvolvimento do relevo através de índices do padrão de drenagem e análises hipsométricas, em bacias de 3ª ordem de ramificação.

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1. Importância da Fotografia Aérea na Interpretação e Reconhecimento de Solos

De acordo com COLWELL (1952), fotointerpretação é o ato de examinar imagens fotográficas de objetos, visando identificá-los e avaliá-los. A fotointerpretação é baseada no princípio de convergência de evidências, segundo o qual, se vários elementos de reconhecimento conduzem a uma determinada conclusão, a possibilidade desta ser correta é muito grande.

Segundo Simonson (1950), citado por RAY (1963), a utilização de fotografias aéreas foi um dos maiores avanços, nas décadas de 30 e 40, em levantamentos de solos.

Para SUMMERSON (1954), interpretação é a previsão do que não pode ser visto realmente. Desta forma, esta definição é perfeita para fotointerpretação de solos; visto

que, além de na fotografia não aparecer o perfil do solo, mas somente a sua superfície, este geralmente está coberto pela vegetação. No entanto, outros aspectos do terreno como formas topográficas, padrões e características de drenagem, vegetação, erosão, uso e tonalidade fotográfica podem indicar a ocorrência de solos diferentes.

Para Schultz e Cleaves (RAY 1963), a forma fisiográfica é o elemento de maior importância na fotointerpretação de solos, uma vez que está baseada nas afinidades entre aspectos geomorfológicos e solos.

Segundo LUEDER (1959), depois da forma fisiográfica tem grande importância a rede de drenagem superficial. No entanto, adverte que é necessário muita experiência para interpretar-se corretamente a significância do padrão de drenagem.

RABBEN (1960), RAY (1963) e RICCI e PETRI (1965) consideram a fotointerpretação como um processo em duas etapas. Na primeira etapa são feitas as observações, coletas de dados, identificação de aspectos registrados e medições. Na etapa seguinte, faz-se a interpretação propriamente dita. Por este processo, FRANÇA (1968) obteve sucesso na avaliação da significância das características da rede de drenagem na diferenciação de solos na região de Piracicaba. Da mesma maneira, MARCHETTI (1969) conseguiu estabelecer diferenças entre solos, baseando-se nas características das redes de drenagem e do relevo. No entanto, outros elementos fornecem informa-

mações igualmente importantes como, por exemplo, a erosão.

GOOSEN (1968) relata sobre a interpretação de fotografias aéreas e sua importância em levantamento de solos.

É inegável a grande quantidade de informações que se pode obter através da fotografia aérea. No entanto, esta técnica não dispensa o trabalho de campo e tem importância maior nos levantamentos de reconhecimento, segundo afirmam, dentre outros, BURINGH (1960) e GOOSEN (1968).

Para FROST (1960) a fotointerpretação de solos consta de três princípios básicos: 1 - solos semelhantes apresentam padrão semelhante; 2 - solos diferentes apresentam padrão diferente; 3 - correlacionando-se as características da imagem fotográfica com propriedades do solo observadas no campo e no laboratório, propriedades de solos semelhantes podem ser inferidas através da fotointerpretação.

Dentre as várias maneiras de se obter informações quantitativas, uma das principais é a fotografia aérea, devido à riqueza de detalhes que contém, muitos deles dimensionáveis (RAY e FISCHER, 1960).

Para HOWE (1960) a fotografia tem grande importância no estudo de águas superficial e subterrânea. Dentre as aplicações estão: estudo dos padrões de drenagem superficial, composição de mapas básicos de drenagem e avaliação do potencial hidrográfico de uma bacia. Da mesma forma, ZINKE (1960) demonstra a utilidade da fotointerpretação em

estudos de hidrologia e manejo de bacias hidrográficas.

2.2. Características do Padrão de Drenagem e da Evolução do Relevo Relacionado a Solos

A rede de drenagem como um todo, obtida através da fotografia aérea, tem permitido correlações particularizadas com os solos ocorrentes. Os primeiros estudos tinham bases descritivas e já revelavam que as redes de drenagem refletiam características dos materiais em que os solos se desenvolviam.

HORTON (1945), ao estudar os processos erosivos, responsáveis pelo desenvolvimento de sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem, concluiu que, para um certo ambiente, os processos de erosão hídrica dependem primeiramente da proporção entre infiltração e deflúvio, existindo um comprimento mínimo de escoamento sobre a superfície, para cada terreno, necessário para acumular um volume de deflúvio capaz de iniciar a formação de canais. Concluiu ainda que esse "comprimento crítico" depende do declive da superfície, da capacidade de infiltração, da velocidade de deflúvio e da resistência do solo à erosão. Porém, este autor considera a resistência do solo à erosão, como o fator de maior importância à longo prazo. Para expressar o grau de desenvolvimento da drenagem superficial de uma bacia hidrográfica, propôs duas relações: densidade de drenagem e frequência de rios.

De acordo com RAY (1963), a resistência à erosão diminui à medida que a densidade de drenagem aumenta, pois, para um certo ambiente climático, a densidade de drenagem tem relação com a resistência à erosão dos materiais que aí ocorrem.

HORTON (1945) e STRAHLER (1957) concluíram não serem diretamente comparáveis a densidade de drenagem e a frequência de rios entre pequenas e grandes bacias, uma vez que seus valores variam com o tamanho da área de drenagem.

De acordo com STRAHLER (1957), somente bacias de mesma ordem de ramificação podem ser comparadas para a obtenção de resultados significativos.

SMITH (1950) propôs um índice, ao qual denominou razão de textura, para expressar o espaçamento entre canais de drenagem em mapas topográficos com curvas de nível. Uma vez que os mapas topográficos geralmente não representam os canais de drenagem menores e que, no entanto, as crênulas ou inflexões das curvas de nível indicam a presença de canais de drenagem, nesse caso recomenda a escolha da curva de nível de maior número de inflexões e que seja dividido o número de crênulas dessa curva pelo perímetro da bacia, obtendo-se assim a razão de textura.

Por outro lado, HOWE (1960), RAY (1963), RICCI e PETRI (1965) e FRANÇA (1968) preconizam o uso de mapas básicos de drenagem obtidos através de exame estereoscópico de fotografias aéreas para determinação da textura topográfica

ca, usando-se o número total de rios da bacia ao invés do número de inflexões da curva de nível.

SMITH (1950) propôs e FRANÇA (1968) modificou a determinação da razão de textura média, a fim de eliminar o efeito da área.

Os valores de densidade de drenagem (Dd) são geralmente bem menores nos solos com horizonte B latossólico, quando confrontados com solos com horizonte B textural. Para LUEDER (1959), isto é proveniente de uma alta relação entre infiltração e deflúvio nos solos com B latossólico, devido à maior profundidade e, conseqüentemente, menor influência do substrato, relevo de ocorrência geralmente mais suave, homogeneidade textural ao longo do perfil e presença de microagregados estaveis.

Segundo CARVALHO (1977), o comprimento total de rios analisado isoladamente não possibilita a diferenciação hidrológica das unidades de solo: Terra Roxa Estruturada e Podzólico Vermelho Amarelo variação Piracicaba, no entanto quando relacionado com a área (densidade de drenagem) mostrou-se eficiente.

FRANÇA (1968) encontrou para o Latossolo Roxo o valor de 0,99 para Dd, GEVAERD (1976) encontrou 1,25 e ESPINDOLA e GARCIA (1978) obtiveram 1,06. Por outro lado, para a Terra Roxa Estruturada foi encontrado, por GEVAERD (1976), o valor de 6,32 para Dd, enquanto que CARVALHO (1977) obteve 0,77.

Estes dados comprovam as afirmações de LUEDER (1959); entretanto CARVALHO (1977) justifica o baixo valor de Dd devido à grande profundidade dos perfis, forte grau de estruturação, relevo suave, alta permeabilidade e alta resistência à erosão.

A frequência de rios apresenta valores cuja distribuição é muito parecida com a Dd. Para o Latossolo Roxo FRANÇA (1968) encontrou valores de 0,78 a 3,44 para Fr, enquanto que GEVAERD (1976) obteve valores de 1,17 a 2,44 e ESPINDOLA e GARCIA (1978) o valor de 1,43. Para a Terra Roxa Estruturada os valores de Fr encontrados foram de 4,31 a 5,35 por GEVAERD (1976) e de 1,83 por CARVALHO (1977).

GEVAERD (1976), trabalhando com Brunizem Avermelhado, encontrou valores de 1,79 para Dd e de 5,69 a 11,62 para Fr.

Segundo RANZANI (1969), o relevo da superfície do solo pode ser identificado em termos de diferenças de altitude podendo ser referido como as desigualdades de forma da superfície. O mesmo autor afirma que a conformação do terreno representa um componente de grande importância, uma vez que condiciona as drenagens interna e externa do solo.

CARVALHO (1981), estudando a relação entre o grau de evolução do relevo e dos solos encontrou valores de razão de relevo de 0,047 para solos com B latossólico e 0,1234 para Solos Litólicos.

2.3. Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica

Aplicações geomorfológicas da análise hipsométrica segundo STRAHLER (1952), enfatizando os estágios de maturidade do relevo através da interpretação das formas das curvas hipsométricas e do valor de suas integrais, define os estágios de juventude, maturidade e senilidade. A juventude é caracterizada por apresentar desequilíbrio, onde a sedimentação é menor que a erosão e a curva representativa desse estágio assume forma côncava na parte superior e convexa nas partes central e final. A maturidade se caracteriza por apresentar equilíbrio entre a sedimentação e a erosão, a curva da integral hipsométrica passa pela parte central do diagrama e assume forma côncava na primeira metade e convexa na segunda. Na senilidade, caracterizada por ser um estágio temporário, pois os ciclos são dinâmicos e a erosão pode recomeçar, as curvas apresentam forte convexidade e valores baixos da integral; no entanto, quando a erosão recomeçar a curva voltará a assumir, no diagrama, posições mais elevadas.

De acordo com CHORLEY e MORLEY (1959), o dimensionamento volumétrico de bacias hidrográficas tem relação direta com a hidrologia e, geomorfologicamente, a integral hipsométrica expressa, quantitativamente, o rebaixamento erosivo da bacia hidrográfica.

Na atuação dos processos morfogenéticos, VIEIRA (1978) considera que existem muitos pontos de semelhança

entre as bacias hidrográficas e voçorocas. Este autor utilizou índices e conceitos propostos na bibliografia para o estudo das bacias hidrográficas e para estudos morfométricos de voçorocas localizadas em Franca (SP).

Segundo STRAHLER (1952), características dos canais de cabeceira, tais como: gradiente, comprimento e forma dos declives, propriedades hipsométricas e densidade de drenagem, são de grande utilidade para comparar regiões, segundo suas semelhanças ou diferenças.

Na fotointerpretação de solos, destaca-se o aspecto erosivo como elemento ligado à drenagem. Esse aspecto foi estudado amplamente na literatura, destacando-se BELCHER (1942), LUEDER (1959), BURINGH (1960) e GOOSEN (1968), que consideram os sulcos de erosão e a drenagem superficial como sendo os aspectos erosivos mais importantes para a fotointerpretação de solos.

Para as nossas condições, a principal causa do desgaste e empobrecimento dos solos, originada pela nem sempre orientada retirada da cobertura vegetal e uso e manejo inadequado dos solos, é a erosão hídrica (FRENZEL, 1980).

Segundo STRAHLER (1952), bacias hidrográficas de 3ª ou 4ª ordem de ramificação que apresentam relevo acidentado e alta densidade de drenagem tendem a apresentar integrais hipsométricas relativamente baixas; no entanto, no relevo suave, em estágio de maturidade, apresentando gradiente de rios suaves e baixa densidade de drenagem, resultam inte-

grais relativamente altas.

Ao estudar bacias de 3ª ordem de ramificação de Latossolo Roxo e Brunizem Avermelhado, GEVAERD (1976) encontrou valores de integrais hipsométricas mais altos para estes últimos.

Segundo PENTEADO (1974), a ação do relevo tem influência na dinâmica da água nos perfis e, isto propicia diferenciação dos solos na "catena". Para ESPINDOLA (1977), existe influência dos solos sobre a evolução do relevo.

Entretanto, para RUELLAN (1971) a evolução dos solos está estreitamente ligada à evolução do relevo e ambos influenciam-se mutuamente.

Segundo PENTEADO (1968), os solos reproduzem um fragil equilíbrio entre relevo, clima e vegetação; no entanto para GREENE (1945), nas regiões tropicais as condições topográficas assumem papel mais importante que os movimentos da água no perfil.

De acordo com ROBINSON et alii (1961), quando um dos fatores de formação de solos domina num determinado local, esta influência é caracterizada de maneira tal que os solos maduros vão ocorrer em declives suavemente ondulados a ondulados, enquanto que em situações mais acidentadas a erosão se encarrega de remover o material formado e os solos permanecem jovens.

Segundo VAN WAMBECK (1962) a estrutura do so-

lo, dentre outros parâmetros morfológicos, pode ser utilizada para avaliar os diferentes estágios de alteração do solo, sendo que nos bem evoluídos é normalmente constituída por poros muito finos e agregados miúdos, com ausência de cerosidade; enquanto que nos solos jovens os agregados são poliédricos, apresentando cerosidade.

Para ESPINDOLA (1977), a estabilidade da fração argila e o estágio geomórfico senil da paisagem contribuem para o amadurecimento do solo e, aliada a essas características, a profundidade do solo pode ser tomada como indício de maturidade.

A relação entre silte e argila, para VAN WAMBECK (1967), pode ser indicativa do estágio de evolução dos solos. Assim, teores relativamente altos de silte, em relação à fração argila, indicam que o solo é jovem.

Conforme CARVALHO et alii (1977), o modelamento da superfície é função do processo erosivo nela instalado e a caracterização da erosão de uma área é função dos solos, do relevo e da rede de drenagem.

Na evolução dos solos, o relevo tem influência muito mais marcante do que a idade do material de origem e modificações climáticas (TERCINIER e QUANTIN, 1968).

Foi estabelecido por BRASIL (1960), uma cronosequência de solos na qual o litossolo evolui para solo com B textural e este para solo com B latossólico. Entretanto, ESPINDOLA e GALHEGO (1979) admitem que nas superfícies

de erosão antigas e aplainadas predominam solos com B latossólico e que os solos com B textural e litossolos aparecem nas vertentes; do que se presume que são resultantes do entalhamento daquela superfície antiga de solos com B latossólico, com exposição de material recente e rochas retrabalhadas.

No entanto, um litossolo não significa necessariamente um solo no início de formação, podendo, devido à situação atual do relevo, ser o produto da remoção de camadas de solo formadas, já que não há condições de acúmulo do material, conforme MARCOS e KINJO (1967).

Segundo BRASIL (1960), devido à ação da erosão em antigas superfícies de latossolos, podem originar-se solos de várias naturezas, como por exemplo, os litossolos, onde os altos teores de silte indicam um estágio juvenil. Nessas perfis rejuvenescidos, GAMBLE e DANIELS (1964) encontraram elevados valores de saturação de bases, indicando menor grau de alteração.

PIEIDADE (1980), estudando comparativamente a evolução de bacias hidrográficas contendo voçorocas em duas áreas do município de Botucatu (SP), caracterizadas por Regossol "intergrade" para Latossol Vermelho-Amarelo e "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo (RPV + RLV) e Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa), encontrou menores valores da relação de material erodido para a unidade LVa, e justificou como sendo devido à imposição geológica e ao relevo suavemente ondulado, indicando que, em relação à unidade

RPV + RLV, menores quantidades de sedimentos estão sendo transportadas para fora das bacias de 3ª ordem de ramificação. Para a unidade RPV + RLV foram obtidos maiores valores da relação de material erodido, associados à maior profundidade do manto de intemperismo, confirmando a presença de formas mais severas de erosão. Concluiu, também, a partir do valor médio da integral hipsométrica, juntamente com a formada curva no diagrama, que a área de RPV + RLV encontra-se no estágio mais jovem de relevo (retomada de erosão), o que foi confirmado pela presença de testemunhos de erosão; enquanto que a área de LVA se encontra num relevo mais maduro.

CARVALHO et alii (1983), estudando treze bacias hidrográficas do município de Botucatu (SP) com o objetivo de comparar o relevo e o material erodido das bacias, encontraram que as bacias hidrográficas com predominância de Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa, com maiores razão de relevo e relação de material erodido, se encontram num estágio mais jovem de desenvolvimento do relevo, comparativamente às unidades Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Roxo, que apresentam tendência à maturidade.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material

3.1.1. Área estudada

A área estudada está localizada nos municípios de Santa Mariana, Leópolis e Cornélio Procópio - Paraná e está representada na Figura 1. Essa área está compreendida pelos meridianos de $50^{\circ}48'09''$ e de $50^{\circ}26'38''$ de longitude W Gr. e entre os paralelos de $23^{\circ}01'42''$ e de $23^{\circ}09'54''$ de latitude S, abrangendo uma superfície de $1615,93 \text{ km}^2$.

O Estado do Paraná é parte integrante do Planalto Meridional Brasileiro. Segundo MAACK (1968), esse Estado compreende cinco regiões fisiográficas: Litoral, Serra do Mar, Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba, Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa e Terceiro Planalto ou Planalto de Guarapuava. A área estudada está localizada no Ter-

ceiro Planalto. A morfologia da paisagem dessa região é caracterizada pelas formas de mesetas e pelas formas levemente onduladas, com chapadas de encostas suaves.

Geologicamente, a área do Terceiro Planalto é relativamente uniforme e caracterizada pela presença de extensos lençóis de lava de origem vulcânica, que constituem o "Trapp" do Paraná, e de exposições de arenito.

Segundo BRASIL(1971) e observações de campo, a área estudada é constituída essencialmente de rochas erupti-

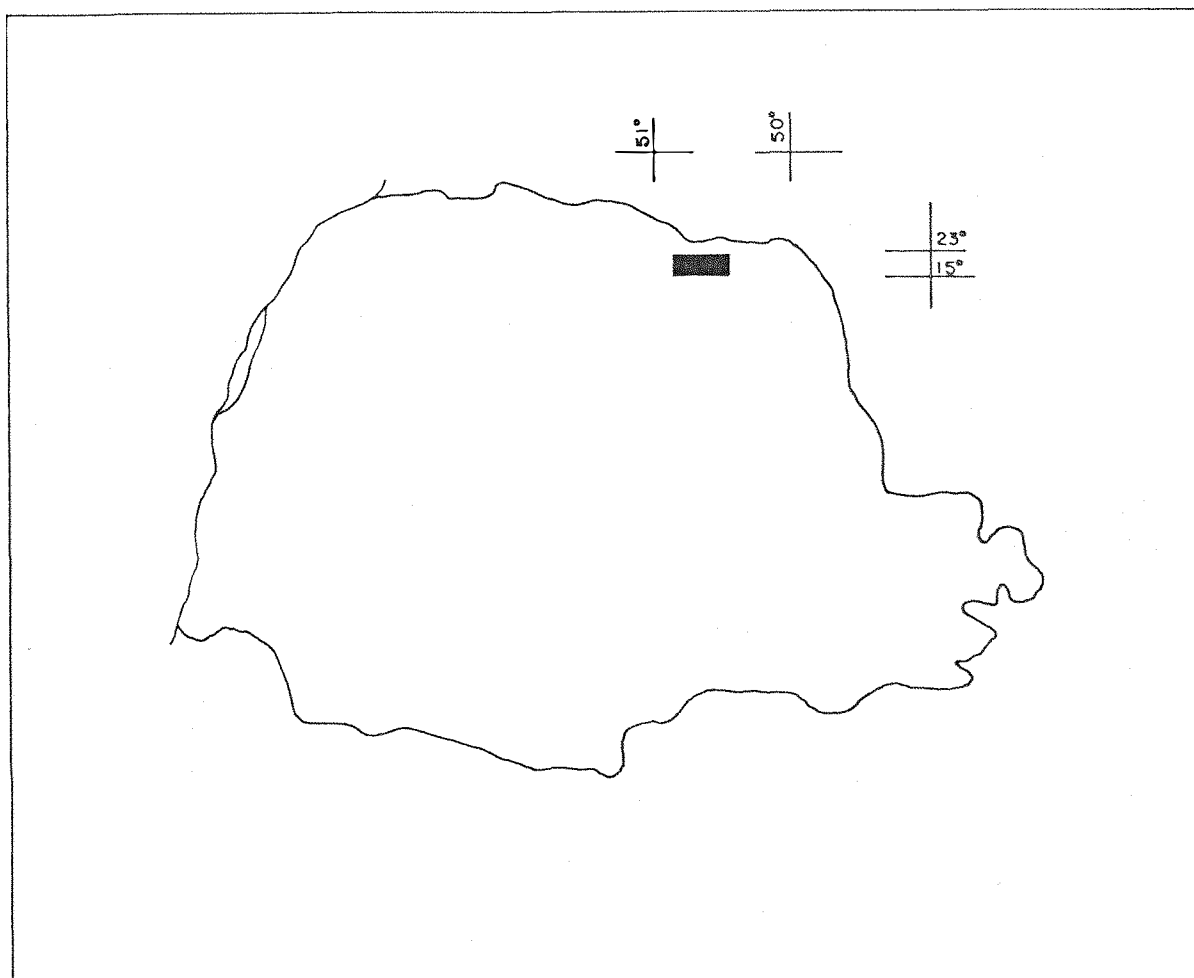


Fig. I Localização da Área Estudada no Estado do Paraná.

vas básicas da Formação Serra Geral.

Para a realização do trabalho foram escolhidas três unidades de solo provenientes do mesmo material de origem, porém apresentando diferenças na permeabilidade e na relação entre infiltração e deflúcio: apresentando, portanto, também diferenças no comportamento hidrológico e desenvolvimento de redes de drenagem superficial. Essas unidades foram classificadas por BRASIL (1971) como Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada e Litossolo fase substrato basaltito.

A primeira unidade é constituída de solos muito profundos, argilosos, de coloração arroxeadada, com sequência de horizontes A, B e C, presença de B latossólico; são muito porosos e acentuadamente drenados, ocorrendo em relevo suavemente ondulado, apresentando alta resistência à erosão, fertilidade moderada e alta retenção de água.

A segunda unidade é constituída de solos profundos, argilosos, de coloração arroxeadada, com sequência de horizontes A, B e C, presença de B textural; são porosos e bem drenados, ocorrendo em relevo ondulado, apresentando alta resistência à erosão, alta retenção de água e alta fertilidade.

A terceira unidade é constituída de solos argilosos pouco desenvolvidos, com sequência de horizontes A e R ou A,(B) e R, de coloração vermelho escuro acimentado, ocorrendo em relevo fortemente ondulado e montanhoso. São rasos, porosos, bem drenados e de elevada fertilidade.

A vegetação predominante nas duas primeiras u

nidades é floresta tropical subperenifólia, cujos exemplares mais comuns são: peroba (Aspidosperma sp.), canafístula (Cassia fastuosa), cedro (Cedrela fissilis, Vell.), guaritá (Fagara rhoifolia, Engel), figueira branca (Ficus organensis, Miguel) e outras. A vegetação que predomina na terceira unidade é floresta tropical subcaducifólia, exuberante com presença de palmáceas, epífitas e outras (BRASIL, 1971).

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa - mesotérmico úmido, subtropical de transição com verões quentes, apresentando o trimestre mais chuvoso nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro e o mais seco compreendendo os meses de junho, julho e agosto, sem estação seca definida e geadas severas pouco frequentes.

3.1.2. Dados de temperatura e precipitação

Os dados climáticos da região foram obtidos através do Instituto Agronômico do Paraná (Área de Climatologia) para as coordenadas de 23°06' latitude S, longitude 50° 21' W Gr. e altitude de 440 m, compreendendo o período de 1977 - 1983.

3.1.3. Bacias hidrográficas

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais procedentes da cobertura aerofotogramétrica do Estado do Paraná efetuada em 1970, na escala nominal aproximada de

1:25.000, constando das faixas 93A, 94A e 95A. O recobrimento longitudinal entre as fotografias está em torno de 60% (faixa de voo) e o recobrimento lateral está em torno de 30% (faixas adjacentes); permitindo, portanto, visão estereoscópica.

As fotografias aéreas foram utilizadas para a composição do mapa básico de drenagem da área e delimitação dos divisores de água das bacias de terceira ordem.

Para a localização das fotos que cobriam a área em estudo, foi utilizado um fotoíndice na escala de 1:100.000.

3.1.4. Cartas topográficas e mapa geológico

Para maior facilidade de localização dos nomes dos acidentes físicos da área, foram utilizadas cartas topográficas (IBGE - Carta do Brasil, folha SF-22-V-I-2, 1963 e folha SF-22-V-II-1, 1970), na escala 1:50.000, com curvas de nível equidistantes de 20 metros.

Para os estudos hipsométricos das bacias hidrográficas foram utilizadas as mesmas cartas topográficas, interpolando-se curvas de nível de 10 em 10 m.

O reconhecimento geológico preliminar da área foi feito através do Mapa Geológico do Estado do Paraná, na escala 1:750.000 (MAACK, 1953).

3.1.5. Equipamento

Para as observações estereoscópicas dos pares

de fotografias aéreas foram utilizados um estereoscópio de bolso Vasconcelos e um estereoscópio de espelhos WILD modelo ST 4.

A transferência das linhas de contorno das bacias hidrográficas (divisores de água), do mapa básico de drenagem para a carta topográfica na escala de 1:50.000 foi efetuada com o auxílio de um "aero-sketchmaster" Zeiss, modelo Luz.

Também foram utilizados: curvímetro marca Derby, escala triangular, compasso de ponta seca e planímetro polar marca OTT.

3.2. Método

3.2.1. Escolha da área de estudo

Procedeu-se à escolha de uma área com três unidades de mapeamento provenientes de material de origem semelhante, mas situadas em relevos distintos.

A área foi delimitada com auxílio dos mapas de solo disponíveis, fotoíndices e cartas topográficas; tendo sido, então, identificadas as fotografias aéreas que cobriam a região de estudo.

3.2.2. Obtenção do balanço hídrico

O balanço hídrico foi elaborado a partir de

dados da Estação Meteorológica de Bandeirantes, Estado do Paraná, por ser a mais próxima e por identificar melhor o clima da área estudada. O período analisado foi de apenas 7 anos; pois, os dados disponíveis eram referentes ao período de 1.977 - 1.983.

Pelo método de THORNTHWAITE (1955), foi calculado o balanço hídrico a partir de dados de precipitação e temperatura, considerando-se a capacidade de retenção de água no solo como sendo de 125 mm.

3.2.3. Obtenção do mapa de drenagem

De acordo com o método proposto por RABBen (1960), primeiramente procedeu-se à separação da área útil das fotografias aéreas. Através do exame estereoscópico, foram decalcadas de fotografias aéreas, em papel "cronaflex", a rede de drenagem e o divisor de águas de bacias de 3ª ordem. No traçado da rede de drenagem, foram considerados os canais de drenagem permanentes e temporários, conforme STRAHLER (1957) e LUEDER (1959).

Através dos decalques efetuados na área útil de cada fotografia, foi montado o mapa da rede de drenagem.

Os diferentes compartimentos da paisagem foram definidos a partir do exame de fotografias aéreas e cartas topográficas e confirmados em incursões ao campo, sendo os seus contornos transferidos para o mapa da rede de drena-

gem, os quais serviram de limite das unidades de solo.

3.2.4. Seleção das bacias hidrográficas

Foram utilizadas bacias hidrográficas de 3ª ordem de ramificação, por sua eficiência no estudo de solos e formações superficiais, como foi comprovado por FRANÇA(1968), CARVALHO (1977) e PIEDADE (1980).

Para cada unidade de solo foi aplicado o teste de semelhança geométrica proposto por STRAHLER (1957) e modificado por FRANÇA (1968) com o propósito de obterem-se dados mais seguros para a escolha das três bacias representativas para cada unidade de solo. Para a aplicação do teste, foram utilizados os seguintes parâmetros:

- maior comprimento (C) medido com compasso de ponta seca e mais escala, acompanhando aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo na linha do divisor de águas;

- maior largura (L) - medida com compasso de ponta seca e escala, na maior largura medida transversalmente ao vale principal;

- comprimento do rio principal (CP) - medido com curvímetro ao longo do curso principal, da foz até a nascente, acompanhando as sinuosidades, segundo o sistema de Horton;

- comprimento total da rede (CR) - medido com curvímetro, compreendendo a soma dos comprimentos do rio prin

cipal e seus tributários, considerando as sinuosidades;

- perímetro (P) - medido com curvímetro, acompanhando a linha do divisor de águas que circunda a bacia;

- área (A) - medida com planímetro, compreendendo área circunscrita pela linha do divisor de águas que circunda a bacia.

3.2.5. Análise das características do padrão de drenagem

Foram analisados todos os canais de drenagem, quer possuam cursos d'água temporários ou permanentes, de acordo com as características quantitativas do padrão de drenagem, preconizadas na bibliografia, tais como:

- frequência de rios (F) - é a relação entre o número total de rios da bacia e sua respectiva área (HORTON, 1945);

- densidade de drenagem (Dd) - é a relação entre o comprimento total de rios da bacia e sua respectiva área (HORTON, 1945);

- razão de textura (T) - é a relação entre o número total de rios da bacia e seu respectivo perímetro (SMITH, 1950; modificada por FRANÇA, 1968);

- razão de textura média (Tm) - expressa pela média ponderada em relação às áreas das respectivas bacias, modificada por FRANÇA (1968), obtida pela fórmula:

$$T_m = \frac{\sum (A \cdot T)}{\sum A} ; \text{ onde:}$$

T_m é a razão de textura média,

A representa a área das bacias em km^2 e

T indica a razão de textura de cada bacia hidrográfica;

- textura topográfica - baseada nos valores de textura média, calculada segundo os parâmetros propostos por SMITH (1950) e adaptadas ao sistema métrico por FRANÇA (1968), cujos valores estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - Parâmetros para a Classificação da Textura Topográfica com Base nos Valores da Razão de Textura Média.

Classe de Textura Topográfica	Razão de Textura Média	
	Perímetro expresso em milhas	Perímetro expresso em quilômetros
grosseira	< 4	< 2,5
média	4 a 10	2,5 a 6,2
fina	> 10	> 6,2

Foram efetuados estudos comparativos entre as características do padrão de drenagem através de regressões do tipo $y = a + bx$, onde y assumiu os valores da frequência de rios (F) e da razão de Textura (T) e x , os valores da den

tidade de drenagem (Dd) e frequência de rios (F), nas seguintes correlações: F x Dd; T x Dd e T x F para cada área estudada.

3.2.6. Aspectos do relevo

3.2.6.1. Obtenção dos mapas plano-hipsométricos das bacias

De posse do mapa de drenagem da área e das cartas topográficas, foram elaborados os mapas plano-hipsométricos das bacias hidrográficas de 3ª ordem da área estudada.

A utilização do "aero-sketchmaster" possibilitou a transferência das curvas de nível da carta plano-hipsométrica para o mapa de drenagem, sendo que, posteriormente, foi feita a interpolação de curvas de nível; resultando na representação das bacias na escala de 1:25000, com curvas equidistantes de 10 m.

3.2.6.2. Razão de relevo, integral hipsométrica, integral volumétrica e relação de material erodido

- razão de relevo - determinada segundo SCHUMM (1956), sendo a relação entre a diferença de cota dos pontos extremos da bacia hidrográfica e o seu comprimento; (STRAHLER, 1957).

A razão de relevo indica o declive total da

bacia hidrográfica, constituindo um número sem dimensão e, portanto, podendo ser correlacionado com outras medidas, independentemente do tamanho da bacia (STRAHLER, 1957).

- integral hipsométrica (IH) - avaliação do relevo através de curvas hipsométricas (STRAHLER, 1952). Planimetram-se as áreas compreendidas entre a primeira curva de nível e a linha do divisor de águas, na sua parte mais alta e, a seguir, as áreas entre uma curva e a seguinte. Foram estabelecidas as relações de áreas (a/A) entre a área projetada entre duas curvas (a) e a área total da bacia (A), anotando-se os valores da distância vertical entre as curvas de nível (h) e a diferença entre a maior e a menor altitude da bacia (H). Os valores de a/A foram plotados no eixo "x" e os valores de h/H , no eixo "y".

A curva hipsométrica (STRAHLER, 1952) é construída para representar a distribuição do material existente, desde as partes mais baixas até as mais altas, em relação a uma unidade geométrica de referência que consiste de um sólido limitado lateralmente pela projeção vertical do perímetro da bacia, no topo e na base, por planos paralelos passando através do cume e da desembocadura, respectivamente. O valor da integral hipsométrica seria o equivalente à relação da área localizada sob a curva hipsométrica em função da área total que a contém.

- integral volumétrica (IV) - foi obtida segundo o método empregado por VIEIRA (1978), PIEDADE (1980) e

CARVALHO (1981) em estudos de bacias hidrográficas de 3ª ordem.

Conhecendo-se a altura e a área de cada faixa entre as curvas de nível, calcularam-se os volumes de solo, através da aplicação da seguinte fórmula: $v = (h_1 - h) \times (a + a_1) / 2$. A somatória dos valores obtidos fornece o volume total (V) do solo compreendido pelo plano horizontal (base plana) que passa pelo ponto mais baixo da bacia e o plano inclinado que a contorna. Calculados os volumes parciais (v) e os volumes totais (V), estabeleceram-se os valores relativos v/V , que foram demarcados no mesmo gráfico da integral hipsométrica.

- relação do material erodido: (IH - IV) - no espaço total do quadrado que corresponde ao volume global, a área situada acima da curva hipsométrica representa o volume erodido e a área que fica abaixo da mesma curva equivale ao volume existente antes do início da formação dos vales; mas, considerando-se o perímetro atual. Do mesmo modo, a área situada abaixo da curva volumétrica equivale ao volume existente, ainda não erodido. Segundo VIEIRA (1978), a diferença entre a integral hipsométrica e a integral volumétrica corresponde ao grau de desenvolvimento da erosão.

3.2.7 - Determinações de campo

Com auxílio de cartas plano-hipsométricas e fotografias aéreas, foram realizados caminhamentos pela área, onde

se efetuaram observações nos cortes de estradas e tradagens em locais onde não havia cortes. Através das informações obtidas, foram identificadas e caracterizadas as unidades de solo e então, procedeu-se à escolha de uma topossequência contendo os solos representativos das unidades que se desejava estudar.

Devido à dificuldade de acesso às áreas das bacias e, conseqüentemente, de abertura de trincheiras, a morfologia foi efetuada à profundidade dos barrancos disponíveis.

3.2.8. Determinações de laboratório

Para as análises químicas, as amostras foram preparadas e analisadas conforme a metodologia convencional.

As determinações químicas realizadas foram: o pH em água foi determinado potenciometricamente, usando-se a relação solo/água 1:2,5; a matéria orgânica foi determinada pelo método de Walkley e Black; o fósforo e o potássio, extraídos pelo método de Mehlich, foram determinados, respectivamente com azul de molibdênio e pela fotometria de chama; o cálcio, o magnésio e o alumínio, extraídos com solução de KCl 1 N, foram determinados (Ca^{+2} e Mg^{+2}) por absorção atômica e (Al^{+3}) por titulação com NaOH 0,025 N (EMBRAPA, 1979). A soma de bases trocáveis (S) foi obtida somando-se os teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} e a capacidade de troca catiônica (CTC) foi obtida pela soma de S, Al^{+3} e H^{+} . A saturação de bases (V%) foi ob

tida através da fórmula: $S \times 100 / CTC$; enquanto, que a saturação de alumínio foi obtida pela fórmula: $Al^{+3} \times 100 / Al^{+3} + S$ (EMBRAPA, 1979). A classificação dos dados das análises químicas foi feita de acordo com OLEYNIK (1980).

Os separados do solo foram determinados pelo método da pipeta (KILMER e ALEXANDER, 1949), utilizando NaOH 1 N como dispersante e desagregação por agitador horizontal. A areia total foi subdividida em duas frações e as classes texturais foram obtidas no diagrama do USDA (1951). A argila natural ou dispersa em água também foi determinada.

4. RESULTADOS

Os resultados estão apresentados na sequência em que foram tratados no capítulo Material e Métodos, de forma a permitir a interpretação comparativa dos unidades de solo estudadas.

4.1. Dados Climáticos

Com os dados termo-pluviométricos foi elaborado o balanço hídrico médio mensal para a região, como mostram a Tabela 2 e a Figura 2.

4.2. Características das Bacias Hidrográficas

O mapa da rede de drenagem contendo as bacias hidrográficas de 3ª ordem, selecionadas para este estudo, está contido na Figura 3.

4.2.1. Análise dimensional e semelhança geométrica

As propriedades dimensionais das bacias hidrográficas, representativas das áreas estudadas, tais como: maior comprimento e maior largura, comprimento de rios principais e total da rede, perímetros e área estão na Tabela 3.

A análise dimensional e de semelhança geométrica aplicada às bacias das áreas estudadas constam da Tabela 4.

4.2.2. Características do padrão de drenagem

O número e comprimento de segmentos de rios observados em cada ordem de ramificação e o total para as bacias hidrográficas das áreas estudadas, estão apresentados na Tabela 5.

Com base na Tabela 5, foram calculadas as características do padrão de drenagem e a classe de textura topográfica das bacias para cada área, o que está apresentada na Tabela 6.

Na Tabela 7, são apresentados os valores médios de frequência de rios, densidade de drenagem, razão de textura e razão de textura média com os seus respectivos erros padrão e coeficientes de correlação, além da Classe de textura topográfica para as áreas estudadas.

Através dos dados da Tabela 6, foram efetuadas

relações lineares entre frequência de rios (F), densidade de drenagem (Dd) e razão de textura (T) obtidas a partir das bacias hidrográficas, obedecendo o seguinte critério:

- relação entre frequência de rios (F) e densidade de drenagem (Dd);
- relação entre razão de textura (T) e densidade de drenagem (Dd);
- relação entre razão de textura (T) e frequência de rios (F).

As equações obtidas constam da Tabela 8.

4.3. Características do Relevo

Os mapas das bacias de drenagem de 3ª ordem, com curvas de nível de 10 em 10 m, que representam as unidades de solo, constam das Figuras 4, 5 e 6 (Latosolo Roxo), das Figuras 7, 8 e 9 (Terra Roxa Estruturada) e da Figura 10 (Litossolo fase substrato basáltico).

4.3.1. Razão de relevo

A Tabela 9 apresenta dados de altitude, amplitude altimétrica, maior comprimento da bacia e razão de relevo.

4.3.2. Integrais hipsométricas e volumétricas

Nas Tabelas 10, 11 e 12 (Latossolo Roxo), nas Tabelas 13, 14 e 15 (Terra Roxa Estruturada) e nas Tabelas 16, 17 e 18 (Litossolo fase substrato basaltito), está apresentada a sequência de cálculos para a obtenção das integrais hipsométricas e integrais volumétricas.

Os valores hipsométricos (maior e menor altitude, integral hipsométrica, integral volumétrica e relação de material erodido) estão na Tabela 19.

As integrais hipsométricas e volumétricas estão representadas na Figura 11 (Latossolo Roxo), Figura 12 (Terra Roxa Estruturada) e Figura 13 (Litossolo fase substrato basaltito).

4.4. Características Morfológicas, Granulométricas e Químicas dos Solos Estudados

4.4.1. Descrição morfológica

A descrições morfológicas dos perfis de Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada e Litossolo fase substrato basaltito constam das Tabelas 20, 21 e 22, respectivamente.

4.4.2. Análise granulométrica e química

Os resultados da análise granulométrica dos

perfis dos solos representativos das unidades Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada e Litossolo fase substrato basaltito constam das Tabelas 23, 24 e 25, respectivamente.

Os resultados da análise química dos cátions trocáveis do solo para os perfis estudados, constam da Tabela 26 (Latossolo Roxo), Tabela 27 (Terra Roxa Estruturada) e Tabela 28 (Litossolo fase substrato basaltito).

TABELA 2 - Resultados Numéricos do Balanço Hídrico Segundo Thornthwaite (1955), Referência à Localidade de Bandeirantes. Período: 1.974 - 1.983

Meses	Temp. °C	EP não corr.	Cor	EP mm	P mm	P-EP mm	Neg. acum.	Arm. mm	Alt. mm	ER mm	Def. mm	Exc. mm
Janeiro	24,3	3,9	34,8	136	163	27	0	125	0	136	0	27
Fevereiro	24,8	4,1	30,3	124	167	43	0	125	0	124	0	43
Março	24,0	3,8	31,5	120	131	11	0	125	0	120	0	11
Abril	21,4	2,8	28,8	81	86	5	0	125	0	81	0	5
Mai	19,1	2,0	28,5	57	112	55	0	125	0	57	0	55
Junho	17,2	1,7	26,7	45	108	63	0	125	0	45	0	63
Julho	18,0	1,8	27,9	50	59	9	0	125	0	50	0	9
Agosto	19,9	2,3	29,4	68	25	-43	-43	87	-38	63	5	0
Setembro	20,5	2,5	30,0	75	95	20	-18	107	20	75	0	0
Outubro	22,4	3,3	32,7	108	141	33	0	125	18	108	0	15
Novembro	23,3	3,7	33,0	122	217	95	0	125	0	122	0	95
Dezembro	23,6	3,7	35,1	170	250	80	0	125	0	170	0	80
Total	21,5			1.156	1.554	398	-61		0	1.151	5	403

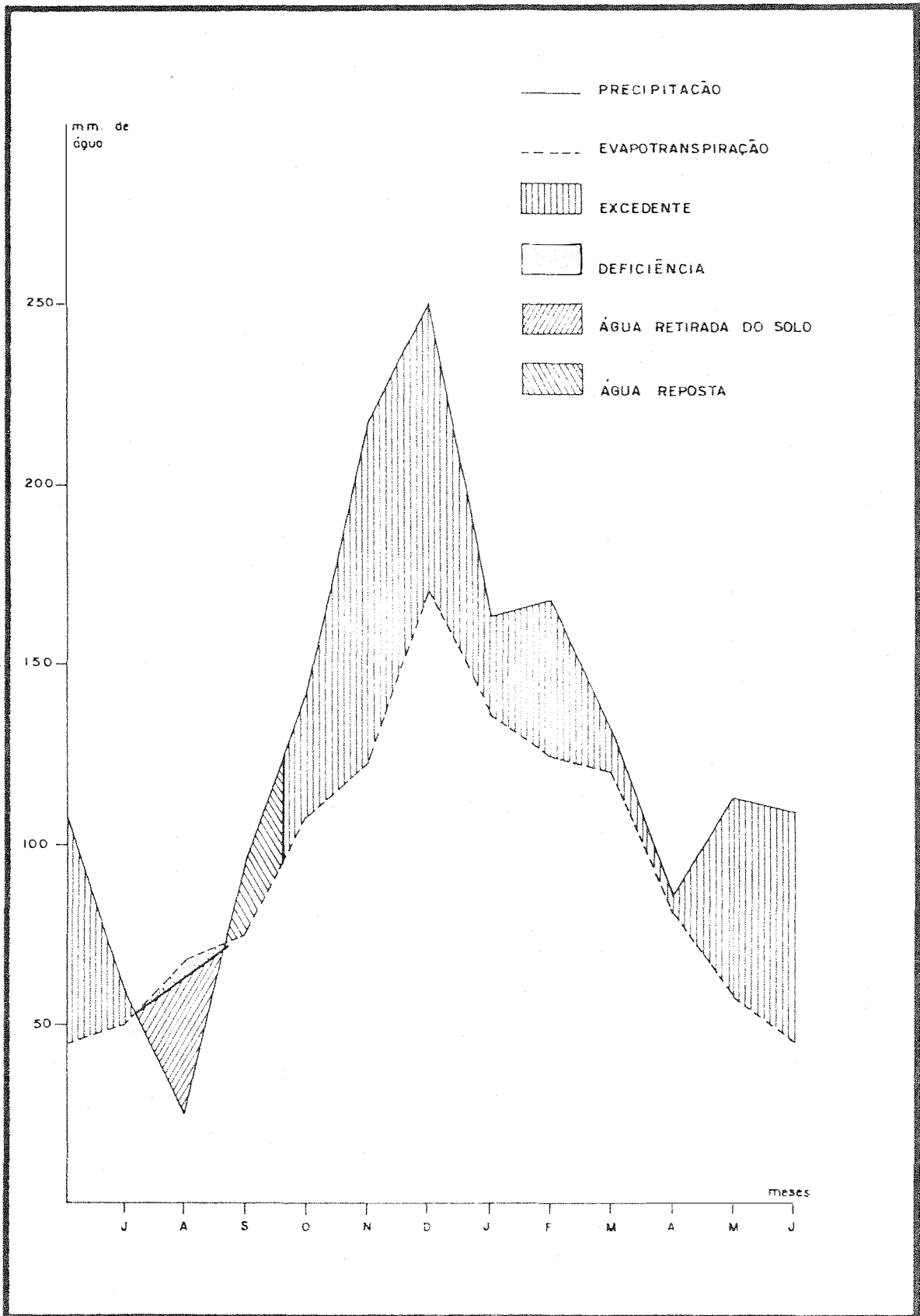


Fig. 2 Representação Gráfica do Balanço Hídrico Segundo Thornthwaite (1.955), Referente à Localidade de Bandeirantes. Período de 1974 - 1983.

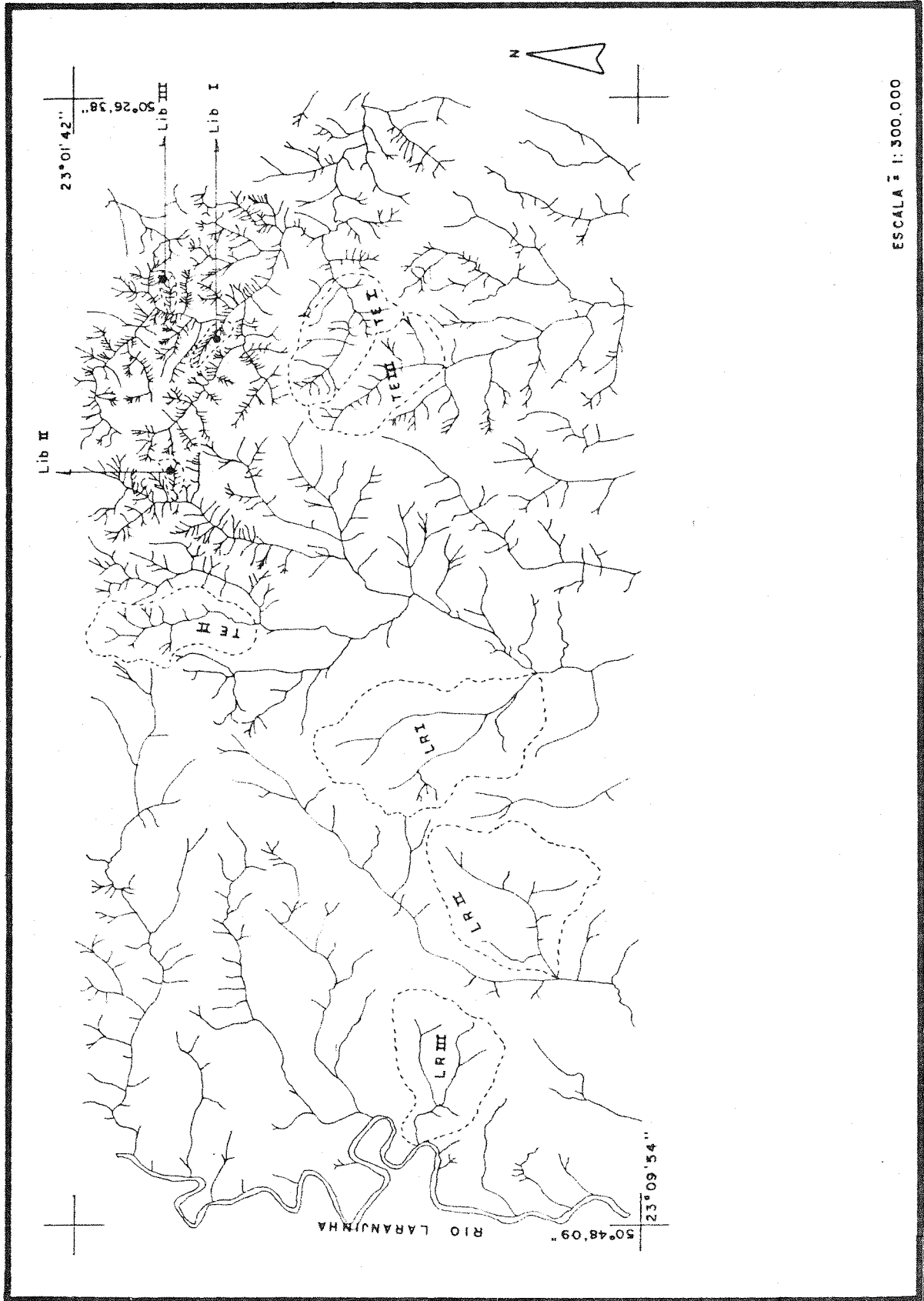


Fig. 3 Rede de Drenagem e Bacias Hidrográficas de 3ª Ordem de Ramificação da Área Estudada.

TABELA 3 - Propriedades Dimensionais das Bacias Hidrográficas Representativas dos So
los Estados.

Unidades de Solo	Bacias Hidrográficas	Maior				Comprimento de Rios			Perímetro (P) (km)	Área (A) (km ²)
		Comprimento (C) (km)	Largura (L) (km)	Principal (CP) (km)	Rede (CR) (km)	Principal (CP) (km)				
LR	I	5,69	3,70	5,10	13,86	17,00	15,933			
	II	5,22	3,96	5,00	9,78	14,40	12,656			
	III	3,76	3,15	3,45	8,55	11,85	8,388			
TE	I	3,56	2,42	3,05	10,95	10,70	7,290			
	II	3,46	1,96	3,90	16,51	10,35	6,225			
	III	4,52	1,67	4,45	9,97	12,00	6,202			
Iib	I	1,58	0,55	1,50	3,93	3,65	0,660			
	II	1,26	0,64	1,10	2,88	3,05	0,500			
	III	1,27	0,55	1,10	3,50	2,95	0,498			

TABELA 4 - Análise Dimensional e Semelhança Geométrica, Aplicadas às Bacias Hidrográficas Representativas das Áreas Estudadas.

Unidades de Solo	Bacias Hidrográficas	Razão de Escala Linear (R)				Razão Média (Rm)	Razão de Escala Quadrática (R ²)	
		C/C'	L/L'	CP/CP'	CR/CR'		P/P'	A/A'
LR	I/II	1,090	0,934	1,019	1,417	1,180	1,258	1,273
	I/III	1,513	1,174	1,478	1,621	1,434	1,899	2,086
	II/III	1,388	1,257	1,449	1,143	1,215	1,509	1,666
TE	I/II	1,028	1,234	0,782	0,663	1,033	1,170	0,899
	I/III	0,787	1,449	0,685	1,098	0,891	1,175	0,965
	II/III	0,765	1,173	0,876	1,655	0,862	1,003	1,138
Lib	I/II	1,253	0,859	1,363	1,364	1,196	1,320	1,458
	I/III	1,244	1,000	1,363	1,122	1,237	1,193	1,424
	II/III	0,992	1,163	1,000	0,822	1,033	1,002	1,005

TABELA 5 - Número e Comprimento de Segmentos de Rios em cada Ordem de Ramificação e Total para as Bacias Hidrográficas Representativas dos Solos Estudados.

Unidade de Solo	Bacias Hidrográficas	Número de Segmentos de Rios em Cada Ordem			Total Nt	Comprimento de Rio em Km em Cada Ordem			Total	
		1ª	2ª	3ª		1ª	2ª	3ª	Cr	Km
LR	I	8	3	1	12	5,55	3,54	4,77	13,86	
	II	9	2	1	12	5,05	2,58	2,35	9,78	
	III	6	2	1	9	3,73	3,48	1,33	8,55	
TE	I	30	6	1	37	5,95	4,10	0,90	10,95	
	II	14	5	1	20	9,35	4,32	2,84	16,51	
	III	21	3	1	25	4,00	2,37	3,60	9,97	
Lib	I	13	2	1	16	2,00	0,68	1,25	3,93	
	II	14	2	1	17	1,80	0,08	1,00	2,88	
	III	15	2	1	18	2,05	0,65	0,80	3,50	

TABELA 6 - Características Quantitativas dos Padrões de Drenagem e as Classes de Textura Topográfica das Bacias Hidrográficas Representativas das Unidades de Solo Estudadas.

Características Quantitativas Observadas	LR		TE		Lib				
	Bacias Hidrográficas		Bacias Hidrográficas						
Frequência de Rios (F)	0,75	0,95	1,07	5,08	3,21	4,03	24,24	34,00	36,14
Frequência de Rios Média (Fm)		0,92			4,11			31,46	
Erro Padrão da Média		$\pm 0,093$			$\pm 0,54$			$\pm 3,66$	
CV%		17,51			22,83			20,16	
Densidade de Drenagem (Dd)	0,87	0,77	1,02	1,50	2,65	1,61	5,95	5,76	7,03
Densidade de Drenagem Média (Ddm)		0,89			1,92			6,25	
Erro Padrão da Média		$\pm 0,073$			$\pm 0,366$			$\pm 0,3955$	
CV%		14,19			33,05			10,97	
Razão de Textura (T)	0,70	0,83	0,76	3,46	1,93	2,08	4,38	5,57	6,10
Média Aritmética		0,76			2,49			5,35	
Erro Padrão da Média		$\pm 0,038$			$\pm 0,4869$			$\pm 0,5086$	
CV%		8,52			33,87			16,47	
Razão de Textura Média		0,76			2,54			5,26	
Classe de Textura Topográfica		grosseira			média			média	

TABELA 7 - Dados Médios de Frequência de Rios (F), Densidade de Drenagem (Dd), Razão de Textura (T), Razão de Textura Média (Tm) e Classe de Textura Topográfica Obtidos para os Solos Estudados.

Características	LR		IE		Li				
	Média	Erro Padrão C.V. (%)	Média	Erro Padrão C.V. (%)	Média	Erro Padrão C.V. (%)			
F	0,92	± 0,093	17,51	4,11	± 0,54	22,83	31,46	± 3,66	20,16
Dd	0,89	± 0,073	14,19	1,92	± 0,366	33,05	6,25	± 0,3955	10,97
T	0,76	± 0,038	8,52	2,49	± 0,4869	33,87	6,35	± 0,5086	16,47
Tm	0,76			2,54			5,26		
Classe Text.Top. grosseira				média			média		

TABELA 8 - Relações Funcionais entre Parâmetros que Definem as Características dos Padrões de Drenagem Obtidas para as Unidades de Solo; Coeficiente de Correlação (r); Coeficiente de Determinação (r^2); Teste t para b (tb) e Teste F para a Regressão.

Equação	r	r^2	tb	F
F = 1,0362 + 0,1629 Dd	0,9673	0,9357	10,0949	101,9069 **
T = -0,1462 + 1,1033 Dd	0,9228	0,8515	6,3352	40,1342 *
T = -7,1025 + 6,7181 F	0,9463	0,8955	7,7448	59,9822 *

** - significativo a nível de 1%

* - significativo a nível de 5%

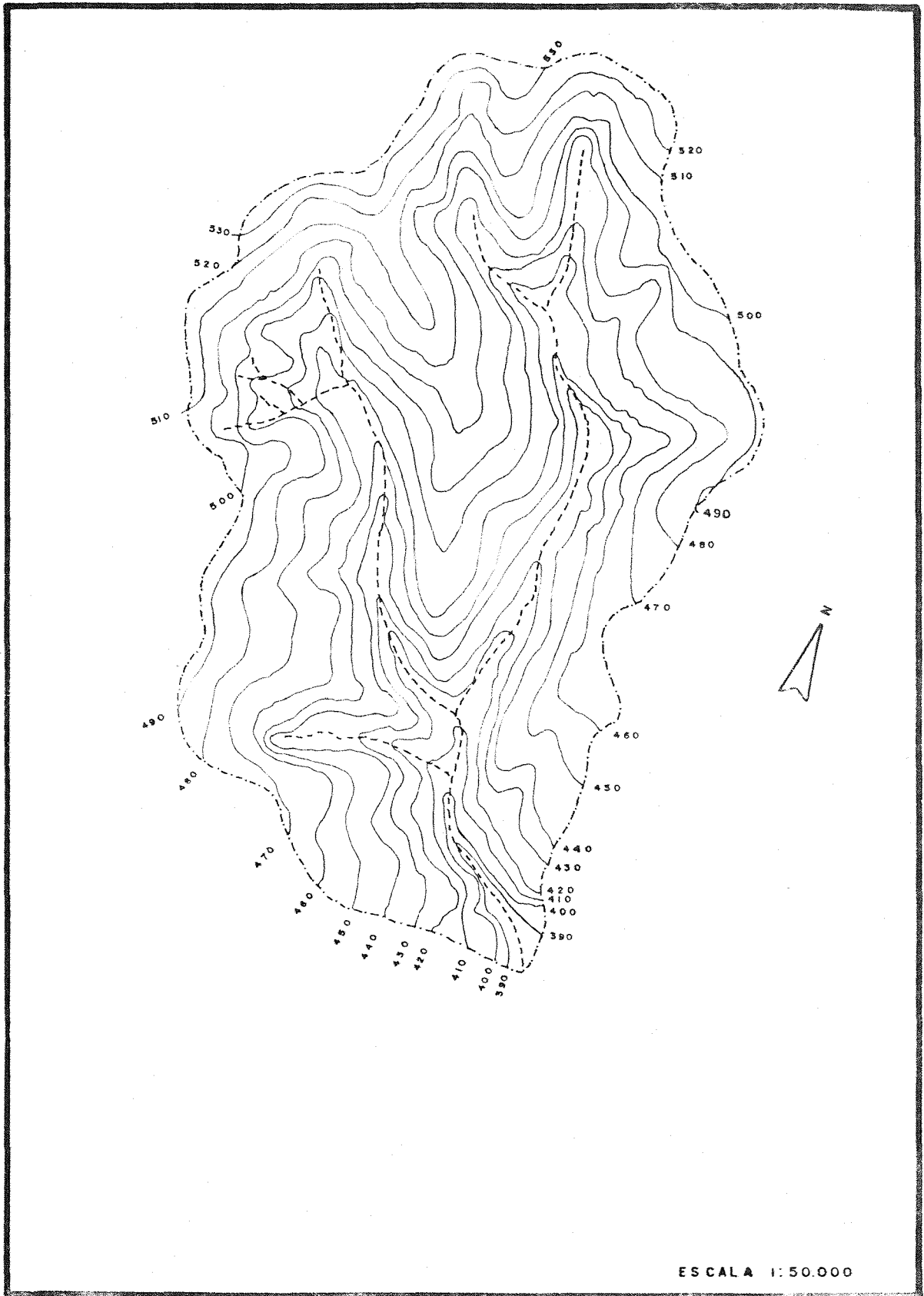


Fig. 4 Bacia Hidrográfica I Representativa da Unidade de Solo LR

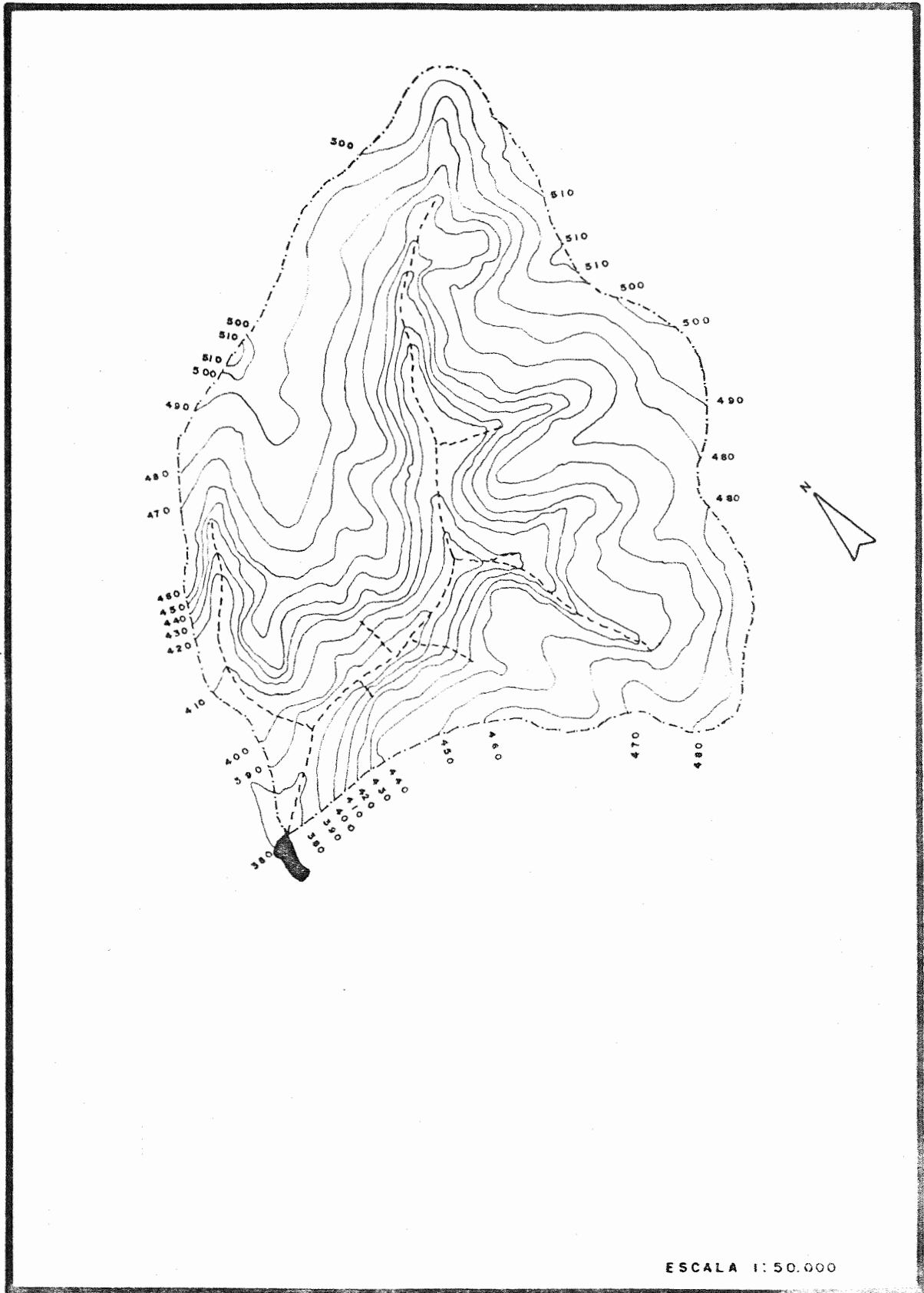


Fig. 5 Bacia Hidrográfica II Representativa da Unidade de Solo LR

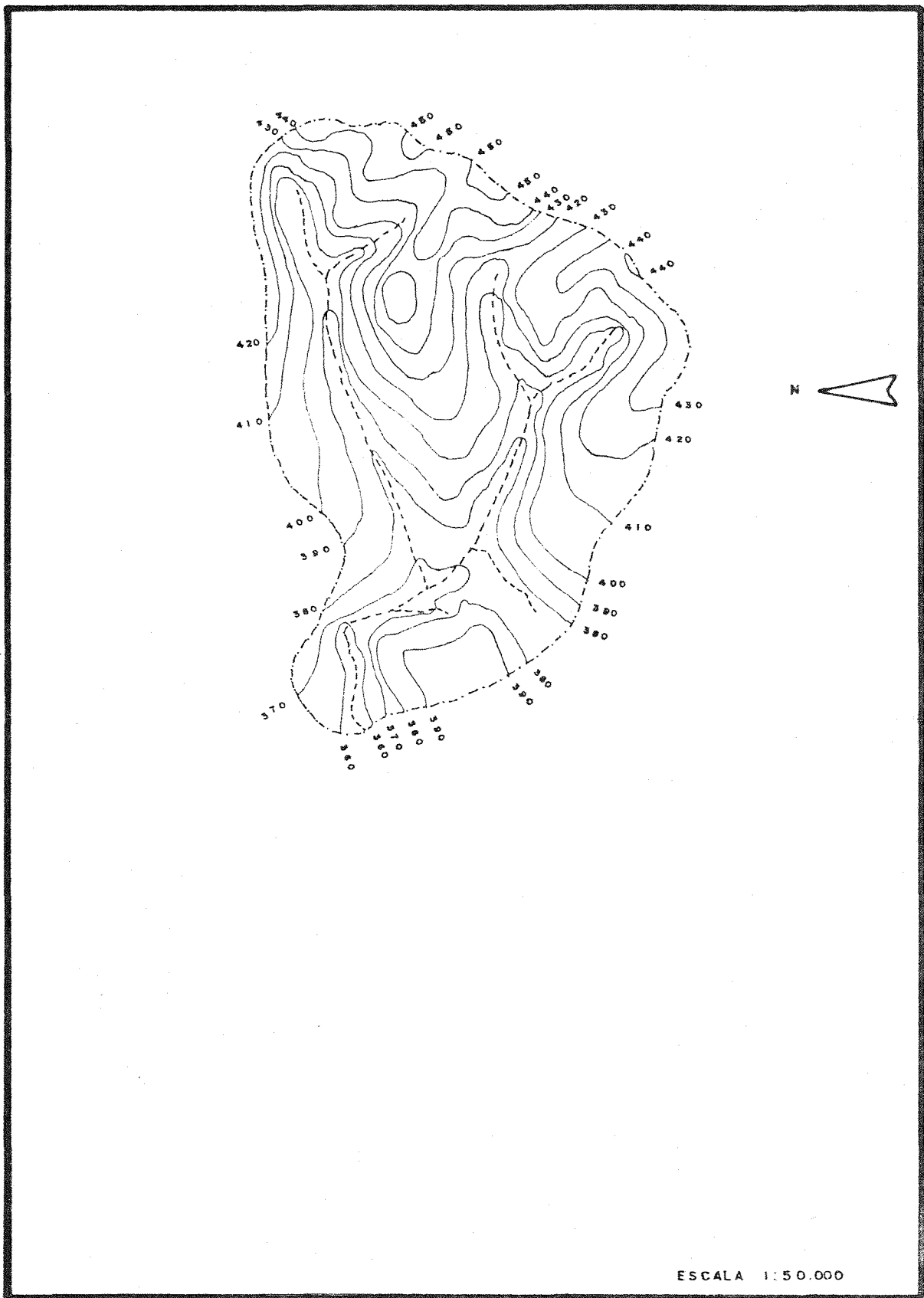


Fig.6 Bacia Hidrografica III Representativa da Unidade de Solo LR

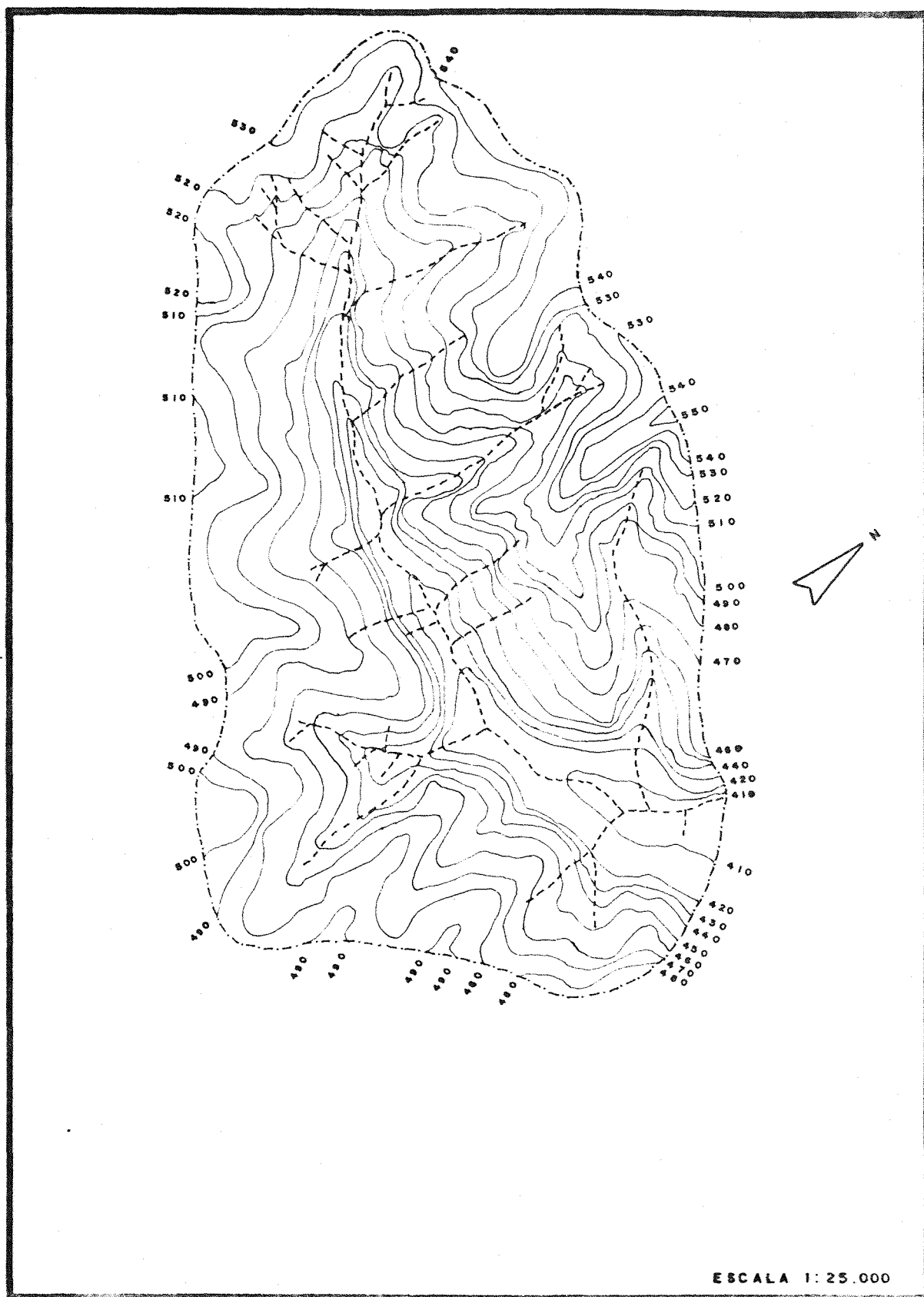


Fig.7 -Bacia Hidrográfica I Representativa da Unidade de Solo TE.

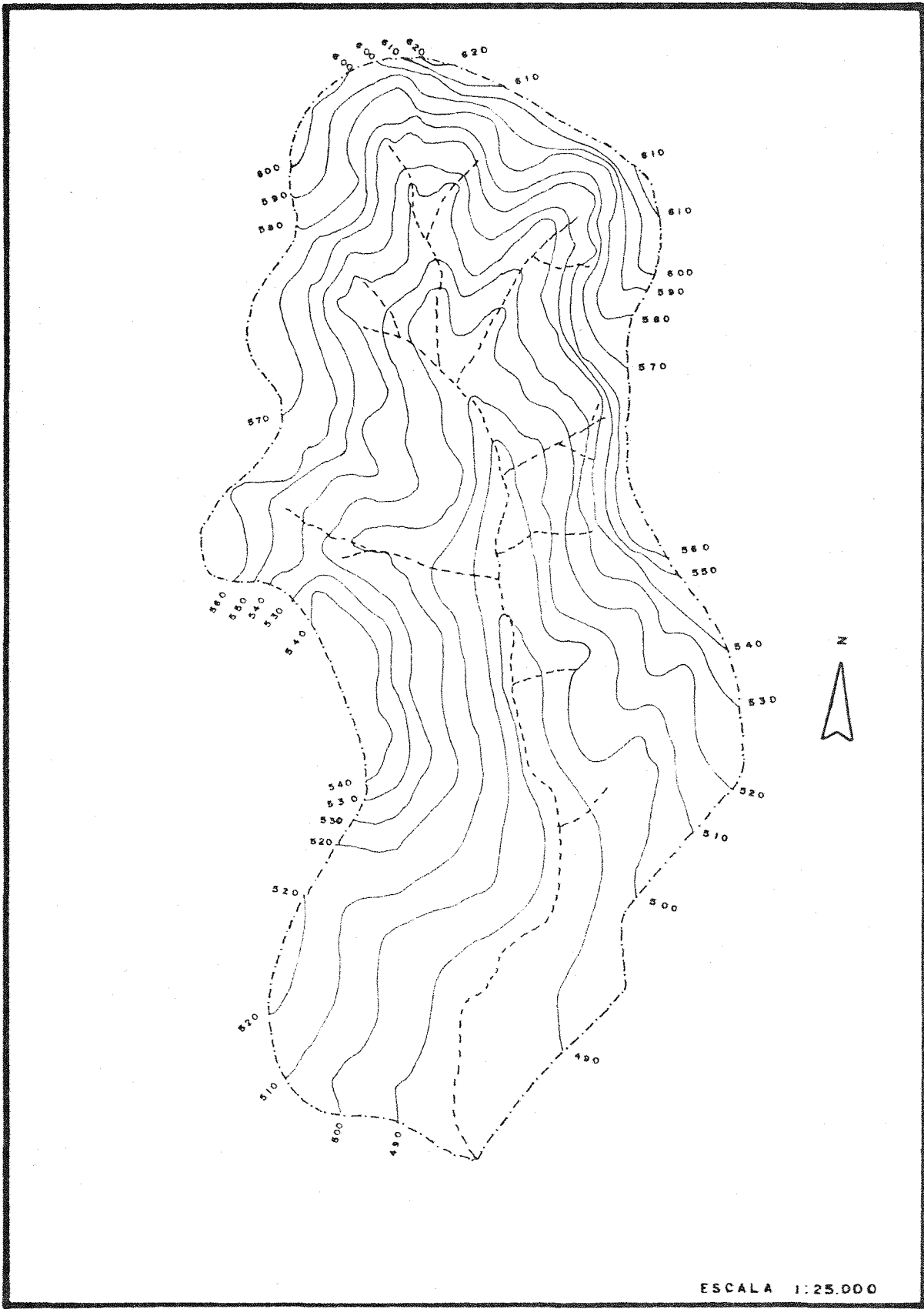


Fig. 8 Bacia Hidrográfica II Representativa da Unidade de Solo TE

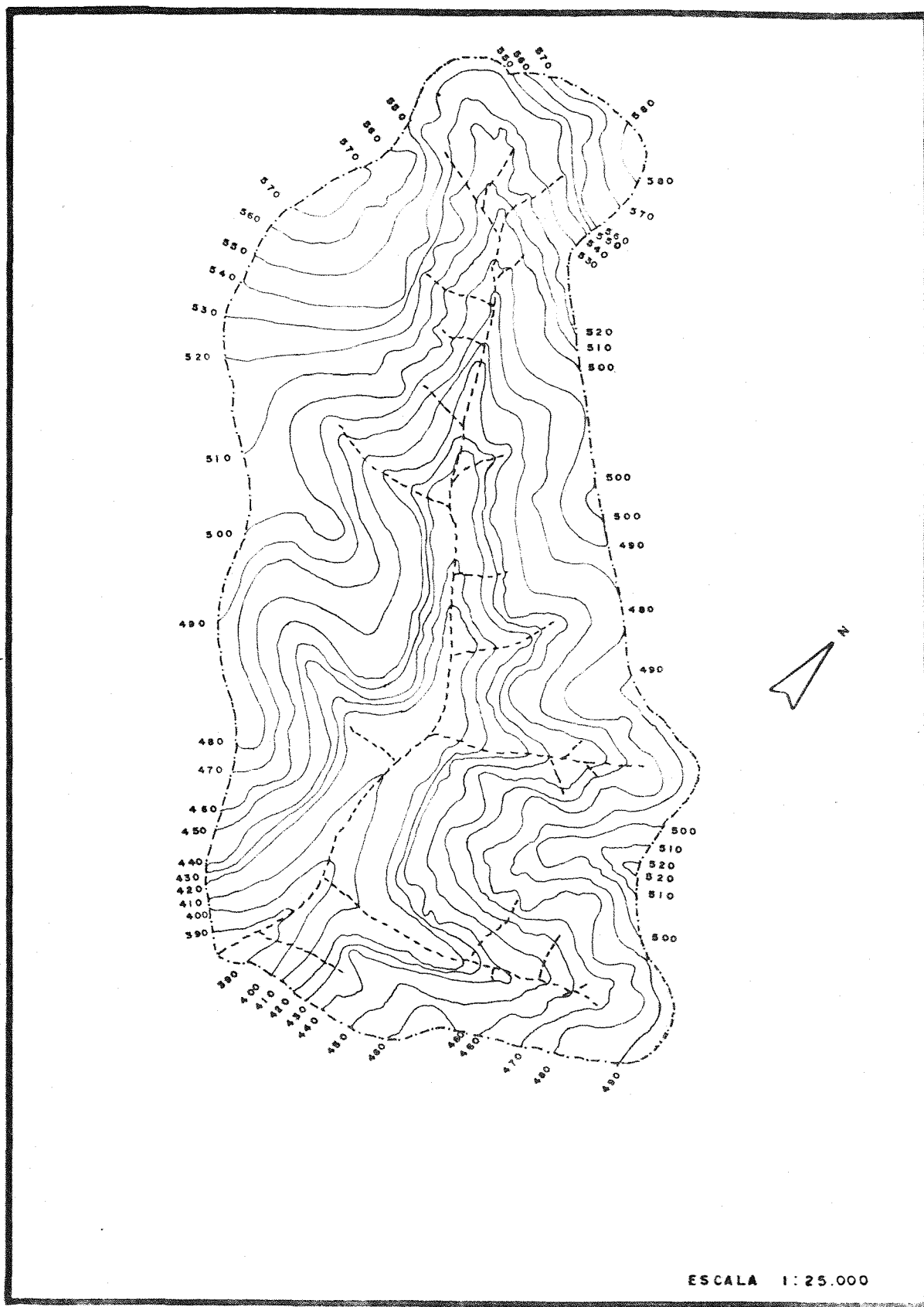


Fig. 9 Bacia Hidrográfica III Representativa da Unidade de Solo TE.

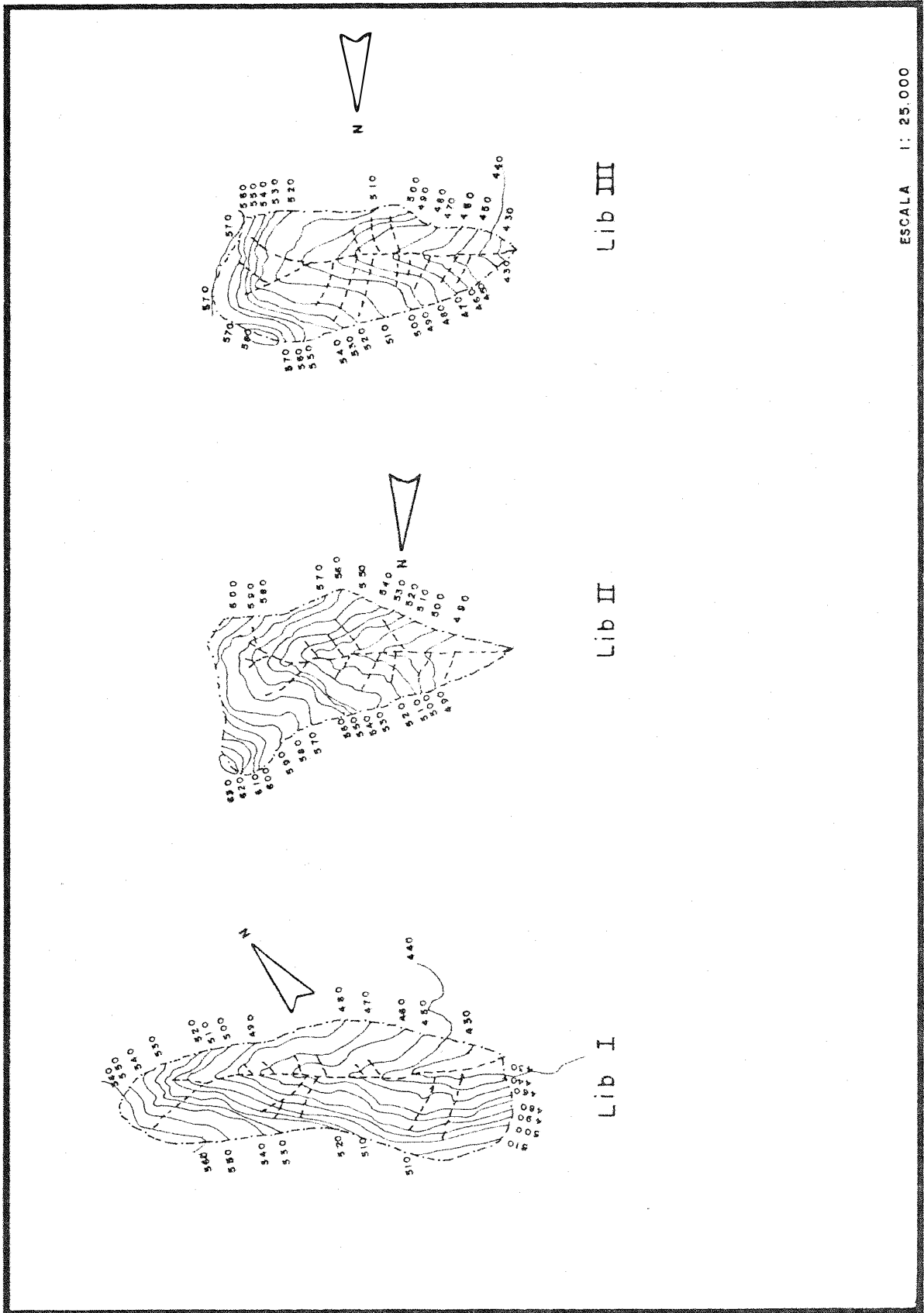


Fig. 10 Bacias Hidrográficas Representativas da Unidade de Solo Lib.

TABELA 9 - Características do Relevo das Bacias Hidrográficas Representativas dos Solos Estudados.

Unidades de Solo	Bacia Hidrográfica	Altitude Média (Hm)	Altitude Maior (m)	Altitude Menor (m)	Amplitude Altimétrica (m)	Maior Comprimento da Bacia (m)	Razão de Relevo
LR	I	461,0	536	386	150	5690	0,0264
	II	444,0	516	372	144	5220	0,0276
	III	404,0	456	352	104	3760	0,0277
TE	I	479,0	552	406	146	3560	0,0410
	II	554,5	621	488	133	3460	0,0384
	III	485,5	585	386	199	4520	0,0440
Lib	I	495,5	564	427	137	1580	0,0867
	II	564,5	641	488	153	1260	0,1214
	III	504,5	581	428	153	1270	0,1205

TABELA 10 - Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica referentes à Bacia Hidrográfica I, Representativa da Unidade Latossolo Roxo.

Área Total (A) (km ²)	cotas (m)	Área Projeta		Altitude		Diferença (hf) (m)	Altitude Relativa (h) (m)	Relação (h/H) (m)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (v) (m ³)	Relação (v/V) (m ³)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)
		(a) (km ²)	Relação (a/A)	Relação maior (m)	Relação menor (m)								
15,933	530	0,090	0,006	536	386	150	144	0,960	270x10 ³	270x10 ³	0,0002	0,546	0,310
	520	0,575	0,036				134	0,893	3.325x10 ³	3.595x10 ³	0,003		
	510	1,313	0,082				124	0,827	9.440x10 ³	13.035x10 ³	0,010		
	500	2,390	0,150				114	0,760	18.515x10 ³	31.550x10 ³	0,024		
	490	3,769	0,237				104	0,693	30.795x10 ³	62.345x10 ³	0,048		
	480	5,258	0,330				94	0,627	45.135x10 ³	107.480x10 ³	0,083		
	470	7,700	0,483				84	0,560	64.790x10 ³	172.270x10 ³	0,133		
	460	9,892	0,621				74	0,493	87.960x10 ³	260.230x10 ³	0,201		
	450	11,556	0,725				64	0,427	107.240x10 ³	367.470x10 ³	0,284		
	440	12,963	0,814				54	0,360	122.595x10 ³	490.065x10 ³	0,378		
	430	14,125	0,887				44	0,293	135.440x10 ³	625.505x10 ³	0,483		
	420	14,785	0,928				34	0,227	144.550x10 ³	770.055x10 ³	0,594		
	410	15,277	0,959				24	0,160	150.310x10 ³	920.365x10 ³	0,710		
	400	15,548	0,976				14	0,093	154.125x10 ³	1.074.490x10 ³	0,829		
	390	15,901	0,998				4	0,027	157.245x10 ³	1.231.735x10 ³	0,951		
									63.668x10 ³	V = 1.295.403x10 ³			

TABELA II - Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica II, Representativa da Unidade Latossolo Roxo.

Área Total (A) (km ²)	Cotas (m)	Área projetada (a) (km ²)	Altitude		Altitude Relativa (h) (m)	Relação (h/H)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (v) (m ³)	Relação (v/V)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)	
			maior (m)	menor (m)								
12,656	510	0,061	0,005	516	372	144	138	0,958	183 x 10 ³	0,0002	0,574	0,343
	500	0,345	0,027				128	0,889	2.030 x 10 ³	0,002		
	490	1,259	0,094				118	0,819	8.020 x 10 ³	0,011		
	480	2,658	0,210				108	0,750	19.585 x 10 ³	0,032		
	470	4,438	0,351				98	0,681	35.480 x 10 ³	0,070		
	460	6,167	0,487				88	0,611	53.025 x 10 ³	0,127		
	450	7,665	0,606				78	0,542	69.160 x 10 ³	0,201		
	440	9,109	0,720				68	0,472	83.870 x 10 ³	0,291		
	430	9,998	0,790				58	0,403	95.535 x 10 ³	0,393		
	420	10,758	0,850				48	0,333	103.780 x 10 ³	0,504		
	410	11,350	0,897				38	0,264	110.540 x 10 ³	0,622		
	400	11,884	0,939				28	0,194	116.170 x 10 ³	0,747		
	390	12,234	0,967				18	0,125	120.590 x 10 ³	0,760		
	380	12,511	0,989				8	0,056	123.725 x 10 ³	0,892		
									100.668 x 10 ³			
									V=933.832x10 ³			

TABELA 12 - Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica III, Representativa da Unidade Latossolo Roxo.

Área Total (A) (km ²)	Cotas (m)	Área Projetada (a) (km ²)	Altitude		Altitude Relativa (h) (m)	Relação (h/H) (m)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (v) (m ³)	Relação (v/V) (m ³)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)	
			Relação (a/A)	Diferença maior menor (m)								
8,388	450	0,050	0,006	456	352	104	98	0,942	150 x 10 ³	0,0003	0,512	0,300
	440	0,481	0,057				88	0,846	2.655 x 10 ³	0,006		
	430	1,194	0,142				78	0,750	8.375 x 10 ³	0,025		
	420	2,369	0,282				68	0,654	17.815 x 10 ³	0,065		
	410	3,582	0,427				58	0,558	29.755 x 10 ³	0,132		
	400	4,932	0,588				48	0,462	42.570 x 10 ³	0,228		
	390	6,073	0,724				38	0,365	55.025 x 10 ³	0,351		
	380	7,096	0,846				28	0,269	65.845 x 10 ³	0,499		
	370	7,872	0,938				18	0,173	74.840 x 10 ³	0,667		
	360	8,354	0,996				8	0,077	81.130 x 10 ³	0,850		
									66.968 x 10 ³			
									V= 445.128x10 ³			

TABELA 13 - Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica I, Representativa da Unidade Terra Roxa Estrutura-
da.

Área Total (A) (Km ²)	Cotas (m)	Área Projetada (a) (Km ²)	Altitude		Diferença (H) (m)	Altitude Relativa (h) (m)	Relação (h/H)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (V) (m ³)	Relação (v/V)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)
			Relação (a/A)	Relação maior menor (m)								
7,290	550	0,006	0,001	552	406	146	144	0,986	6x10 ³	0,00001	0,507	0,301
	540	0,210	0,029				134	0,918	1.086x10 ³	0,002		
	530	0,510	0,070				124	0,849	3.600x10 ³	0,009		
	520	0,802	0,110				114	0,781	6.560x10 ³	0,021		
	510	1,413	0,194				104	0,712	22.321x10 ³	0,042		
	500	2,187	0,300				94	0,644	40.321x10 ³	0,075		
	490	2,805	0,385				84	0,575	65.281x10 ³	0,122		
	480	3,613	0,496				74	0,507	97.371x10 ³	0,181		
	470	4,525	0,621				64	0,438	138.061x10 ³	0,257		
	460	5,216	0,716				54	0,370	186.766x10 ³	0,348		
	450	5,750	0,789				44	0,301	241.596x10 ³	0,450		
	440	6,342	0,870				34	0,233	302.056x10 ³	0,563		
	430	6,780	0,930				24	0,164	367.666x10 ³	0,685		
	420	6,998	0,960				14	0,096	436.556x10 ³	0,813		
	410	7,217	0,990				4	0,027	507.631x10 ³	0,946		
									29.014x10 ³			
									V= 536.645x10 ³			

TABELA 14 - Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica II, Representativa da Unidade Terra Roxa Estruturada.

Área Total (A) (km ²)	Cotas (m)	Área projetada (a) (km ²)	Altitude		Altitude Relativa (h) (m)	Relação (h/H)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (v) (m ³)	Relação (v/V)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)
			Relação (a/A)	Diferença (H) (m)							
6,225	620	0,006	0,001	621	488	133	0,992	3x10 ³	0,00001	0,310	0,226
	610	0,023	0,004			122	0,917	148x10 ³	0,00005		
	600	0,062	0,010			112	0,842	425x10 ³	0,002		
	590	0,187	0,030			102	0,767	1.245x10 ³	0,007		
	580	0,459	0,074			92	0,692	3.230x10 ³	0,019		
	570	0,750	0,120			82	0,617	6.045x10 ³	0,041		
	560	1,159	0,186			72	0,541	9.545x10 ³	0,076		
	550	1,556	0,250			62	0,466	13.575x10 ³	0,126		
	540	2,117	0,340			52	0,391	18.365x10 ³	0,194		
	530	2,731	0,439			42	0,316	24.240x10 ³	0,284		
	520	3,486	0,560			32	0,241	31.085x10 ³	0,399		
	510	4,256	0,684			22	0,165	38.710x10 ³	0,542		
	500	5,105	0,820			12	0,090	46.805x10 ³	0,715		
	490	5,914	0,950			2	0,015	65.095x10 ³	0,955		
								12.139x10 ³	V= 270.652x10 ³		

TABELA 15 - Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica III, Representativa da Unidade Terra Roxa Estruturada.

Área Total (A) (Km ²)	Cotas (m)	Área Projetada (a) (Km ²)	Altitude		Diferença (H) (m)	Altitude Relativa (h) (m)	Relação (h/H)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (v) (m ³)	Relação (v/V)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)
			Relação (a/A)	maior menor (m)								
6,202	580	0,027	0,004	585	386	199	0,975	135x10 ³	135x10 ³	0,0002	0,459	0,280
	570	0,062	0,009				0,925	445x10 ³	580x10 ³	0,001		
	560	0,250	0,040				0,874	1.560x10 ³	2.140x10 ³	0,004		
	550	0,366	0,059				0,824	3.080x10 ³	5.220x10 ³	0,009		
	540	0,558	0,090				0,774	4.120x10 ³	9.340x10 ³	0,017		
	530	0,806	0,130				0,724	6.820x10 ³	16.160x10 ³	0,029		
	520	1,054	0,170				0,673	9.300x10 ³	25.460x10 ³	0,045		
	510	1,364	0,220				0,623	12.090x10 ³	37.550x10 ³	0,067		
	500	1,650	0,266				0,573	15.070x10 ³	52.620x10 ³	0,093		
	490	2,078	0,335				0,523	18.640x10 ³	71.260x10 ³	0,126		
	480	2,756	0,444				0,472	24.170x10 ³	95.430x10 ³	0,169		
	470	3,438	0,554				0,422	30.970x10 ³	126.400x10 ³	0,224		
	460	4,094	0,660				0,372	37.670x10 ³	164.070x10 ³	0,291		
	450	4,581	0,739				0,322	43.375x10 ³	207.445x10 ³	0,368		
	440	5,006	0,807				0,271	47.935x10 ³	255.380x10 ³	0,453		
	430	5,334	0,860				0,221	51.700x10 ³	307.080x10 ³	0,545		
	420	5,582	0,900				0,171	54.580x10 ³	361.660x10 ³	0,642		
	410	5,830	0,940				0,121	57.060x10 ³	418.720x10 ³	0,743		
	400	6,016	0,970				0,070	59.230x10 ³	477.950x10 ³	0,848		
	390	6,181	0,997				0,020	60.985x10 ³	538.935x10 ³	0,956		
								24.766x10 ³	V= 563.701x10 ³			

TABELA 16 - Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica I, Representativa da Unidade Litossolo fase substrato basáltico.

Área Total (A) (km ²)	Cotas (m)	Área Projetada (a) (km ²)	Altitude		Diferença (H) (m)	Altitude Relativa (h) (m)	Relação (h/H) (h/H)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (v) (m ³)	Relação (v/A) (v/A)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)
			maior (m)	menor (m)								
0,460	560	0,019	0,029	564	427	137	133	0,971	38 x 10 ³	0,009	0,448	0,302
	550	0,052	0,079				123	0,898	355 x 10 ³	0,018		
	540	0,083	0,126				113	0,825	675 x 10 ³	0,034		
	530	0,108	0,164				103	0,752	955 x 10 ³	0,058		
	520	0,133	0,202				93	0,679	1.205 x 10 ³	0,087		
	510	0,175	0,265				83	0,606	1.540 x 10 ³	0,125		
	500	0,231	0,350				73	0,533	2.030 x 10 ³	0,174		
	490	0,286	0,433				63	0,460	2.585 x 10 ³	0,237		
	480	0,336	0,509				53	0,387	3.110 x 10 ³	0,313		
	470	0,429	0,650				43	0,314	3.825 x 10 ³	0,407		
	460	0,492	0,745				33	0,241	4.605 x 10 ³	0,519		
	450	0,573	0,868				23	0,168	5.325 x 10 ³	0,649		
	440	0,623	0,944				13	0,095	5.980 x 10 ³	0,795		
	430	0,658	0,997				3	0,022	6.405 x 10 ³	0,952		
									1.977 x 10 ³			
									V= 40.952x10 ³			

TABELA 17 - Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica II, Representativa da Unidade Litossolo fase subtrato basáltico.

Área Total (A) (Km ²)	Cotas (m)	Área Projetada (a) (Km ²)	Altitude		Altitude Relativa (h) (m)	Relação (h/A) (h/A)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (v) (m ³)	Relação (v/V) (v/V)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)
			Relação maior (a/A) (a/A)	menor (m) (m)							
0,498	640	0,006	0,012	641	153	0,993	3x10 ³	3x10 ³	0,0001	0,390	0,270
	630	0,013	0,026		142	0,928	95x10 ³	98x10 ³	0,003		
	620	0,019	0,048		132	0,863	160x10 ³	258x10 ³	0,009		
	610	0,031	0,072		122	0,797	250x10 ³	508x10 ³	0,017		
	600	0,056	0,112		112	0,732	435x10 ³	943x10 ³	0,032		
	590	0,075	0,151		102	0,667	655x10 ³	1.598x10 ³	0,054		
	580	0,098	0,197		92	0,601	865x10 ³	2.463x10 ³	0,083		
	570	0,133	0,267		82	0,536	1.155x10 ³	3.618x10 ³	0,122		
	560	0,178	0,357		72	0,471	1.555x10 ³	5.173x10 ³	0,175		
	550	0,225	0,452		62	0,405	2.015x10 ³	7.188x10 ³	0,243		
	540	0,274	0,550		52	0,340	2.499x10 ³	9.687x10 ³	0,328		
	530	0,313	0,629		42	0,275	2.935x10 ³	12.622x10 ³	0,427		
	520	0,355	0,713		32	0,209	3.340x10 ³	15.962x10 ³	0,540		
	510	0,396	0,795		22	0,144	3.755x10 ³	19.717x10 ³	0,667		
	500	0,438	0,880		12	0,078	4.170x10 ³	23.887x10 ³	0,808		
	490	0,496	0,996		2	0,013	4.670x10 ³	28.557x10 ³	0,966		
							994x10 ³	V= 29.551x10 ³			

TABELA 18 - Integral Hipsométrica e Integral Volumétrica Referentes à Bacia Hidrográfica III, Representativa da Unidade Litossolo fase subtrato basáltico.

Área Total (A) (km ²)	Cotas (m)	Área projetada (a) (km ²)	Altitude		Relação (a/A)	Diferença (H) (m)	Altitude Relativa (h) (m)	Relação (h/H)	Volume Parcial (m ³)	Volume Acumulado (v) (m ³)	Relação (v/V)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)
			maior (m)	menor (m)									
0,500	580	0,006	0,012	561	428	153	152	0,993	3 x 10 ³	3x10 ³	0,00008	0,504	0,305
	570	0,015	0,030				142	0,928	105 x 10 ³	108x10 ³	0,003		
	560	0,048	0,096				132	0,863	315 x 10 ³	423x10 ³	0,011		
	550	0,063	0,126				122	0,797	555 x 10 ³	978x10 ³	0,025		
	540	0,094	0,188				112	0,732	785 x 10 ³	1.763x10 ³	0,046		
	530	0,124	0,248				102	0,667	1.090 x 10 ³	2.853x10 ³	0,074		
	520	0,145	0,290				92	0,601	1.345 x 10 ³	4.198x10 ³	0,109		
	510	0,227	0,454				82	0,536	1.860 x 10 ³	6.058x10 ³	0,157		
	500	0,294	0,588				72	0,471	2.605 x 10 ³	8.663x10 ³	0,225		
	490	0,325	0,658				62	0,405	3.115 x 10 ³	11.778x10 ³	0,306		
	480	0,369	0,738				52	0,340	3.490 x 10 ³	15.268x10 ³	0,397		
	470	0,414	0,828				42	0,275	3.515 x 10 ³	19.183x10 ³	0,498		
	460	0,442	0,884				32	0,209	4.280 x 10 ³	23.463x10 ³	0,610		
	450	0,458	0,916				22	0,144	4.500 x 10 ³	27.963x10 ³	0,726		
	440	0,475	0,950				12	0,078	4.665 x 10 ³	32.628x10 ³	0,848		
	430	0,498	0,996				2	0,013	4.865 x 10 ³	37.493x10 ³	0,974		
									998 x 10 ³	V= 38.491x10 ³			

TABELA 19 - Valores Hipsométricos Obtidos para as Bacias Hidrográficas Representativas dos Solos Estudados.

Solo	Bacia Hidrográfica	Altitude Maior (m)	Altitude Menor (m)	Integral Hipsométrica (I.H.)	Integral Volumétrica (I.V.)	Relação de Material erodido (I.H. - I.V.)
LR	I	536	386	0,546	0,310	0,236
	II	516	372	0,574	0,343	0,231
	III	456	352	0,512	0,300	0,212
TE	I	552	406	0,507	0,301	0,206
	II	621	488	0,310	0,226	0,084
	III	585	386	0,459	0,280	0,179
Li + BV	I	564	427	0,448	0,302	0,146
	II	641	488	0,390	0,270	0,120
	III	581	428	0,504	0,305	0,199

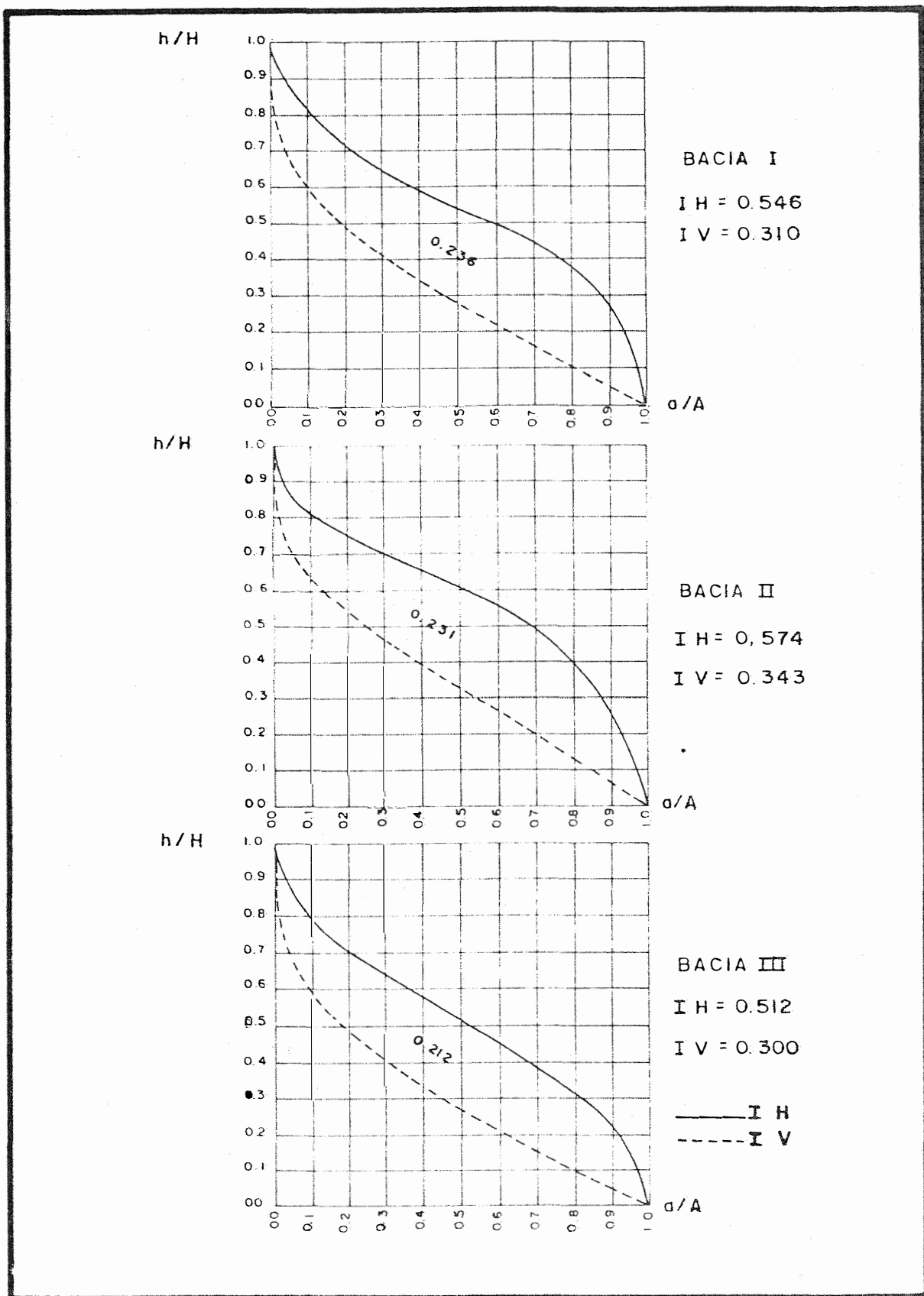


Fig.II Integrais Hipsométricas e Volumétricas Representativas da Unidade Latassolo Roxo.

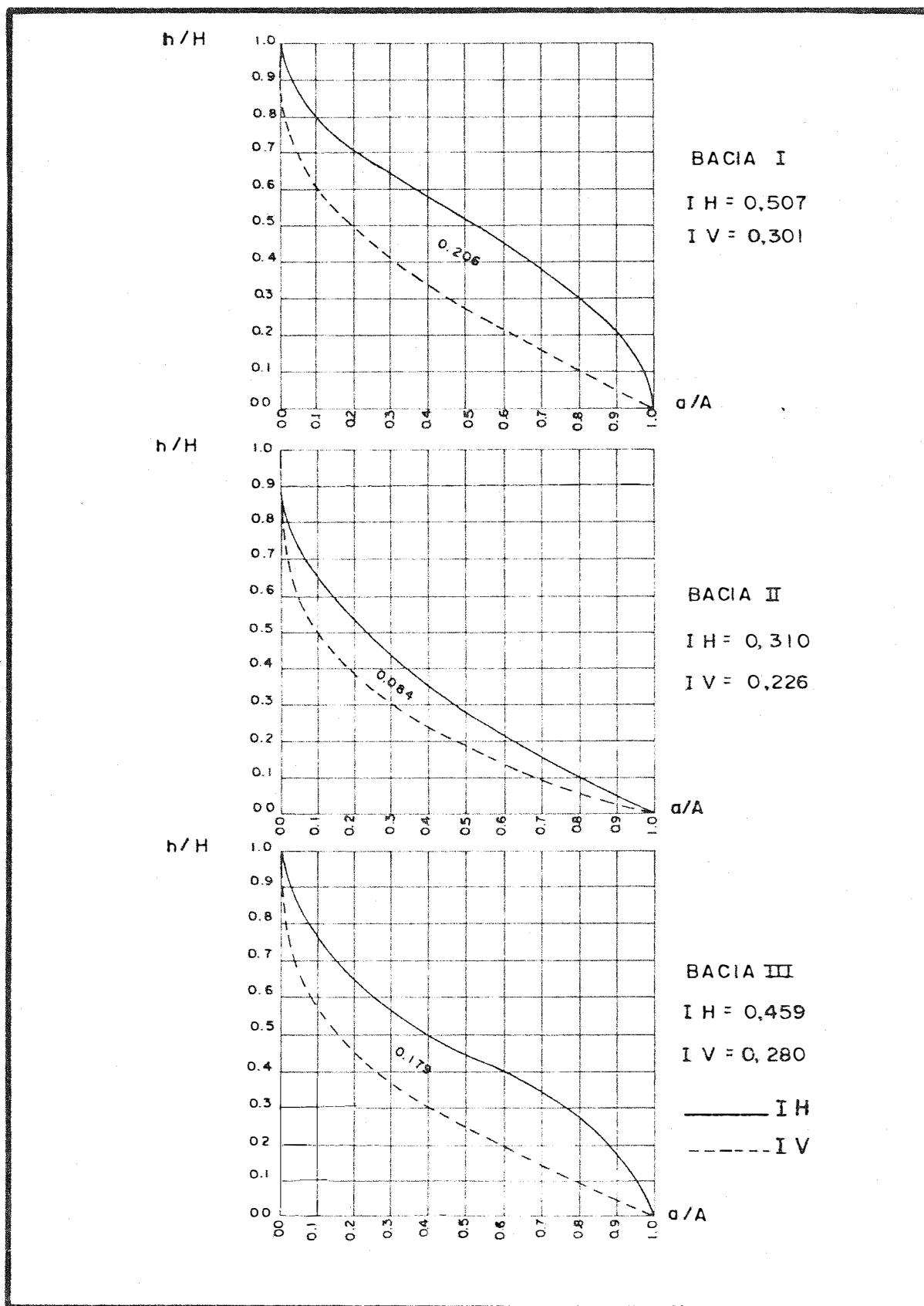


Fig. 12 Integraes Hipsomtricas e Volumtricas Representativos do Unidade Terra Roxo Estruturada.

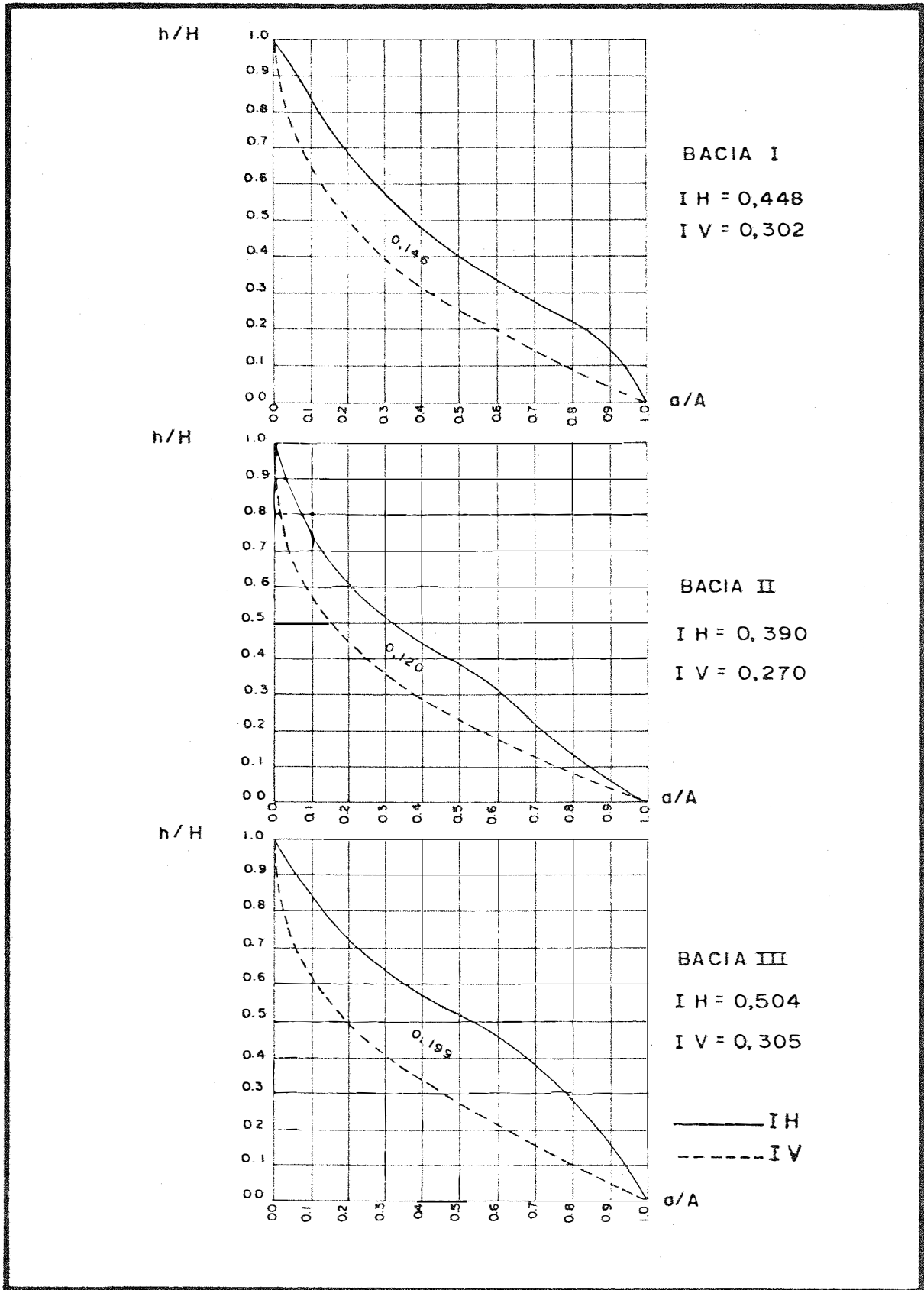


Fig. 13 Integrais Hipsométricas e Volumétricas Representativas da Unidade Litossolo fase substrato basáltico.

TABELA 20 - Descrição Morfológica dos Perfis Representativos da Unidade Latossolo Roxo (LR).

Perfil (LR I)	
A ₁ 0 - 10 cm:	vermelho muito escuro (10 R 2,5/2, seco e úmido); argila; forte pequena granular, ligeiramente duro friável, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas abundantes; transição clara.
B ₁ 10 - 30 cm:	vermelho muito escuro (10R 2,5/2, seco e úmido); argila; forte média granular, ligeiramente duro friável, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas comuns, transição clara.
B ₂ 30 - 60 cm +:	vermelho escuro acizentado (10R 3/4, seco e úmido); argila; maciça porosa que se desfaz em moderada muito pequena granular, macio muito friável, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas comuns.
Perfil (LR II)	
A _p 0 - 10 cm:	bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco e úmido); argila moderada pequena granular, macio muito friável, plástico e pegajoso; raízes finas poucas; transição gradual.
A ₃ 10 - 20 cm:	bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco e úmido); argila; forte pequena média granular, ligeiramente duro friável, muito plástico e muito pegajoso; raízes finas escassas; transição difusa.
B ₁ 20 - 80 cm +:	bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco e úmido); argila; moderada pequena média granular, macio friável, muito plástico e muito pegajoso.
Perfil (LR III)	
A _p 0 - 10 cm:	bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco e úmido); argila; forte pequena média granular, ligeiramente duro friável, plástico e pegajoso; raízes finas comuns; transição gradual.
A ₃ 10 - 25 cm:	bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4 seco e úmido); argila composta forte pequenos a médios blocos sub angulares e forte pequena granular, duro firme, muito plástica e muito pegajoso; raízes finas poucas; transição gradual.
B ₁ 25 - 40 cm:	bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco e úmido); argila; moderada pequena a média granular, ligeiramente duro friável, plástico e pegajoso; transição gradual.
B ₂ 40 - 80 cm +:	bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco e úmido); argila; maciça porosa que se desfaz em moderada pequena granular, macio friável, plástico e pegajoso.

TABELA 21 - Descrição Morfológica dos Perfis Representativos da Unidade Terra Roxa Estruturada (TE).

	Perfil (TE I)
A ₁	0 - 12 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco e úmido); argila; moderada pequena granular, ligeiramente duro firme, plástico e pegajoso; raízes fasciculadas finas abundantes; presença de fragmentos de rocha em decomposição; transição clara.
B ₁	12 - 30 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco e úmido); argila; moderado pequenos a médios blocos subangulares; cerosidade moderada comum; duro firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas comuns; transição clara.
B ₂₁	30 - 70 cm; vermelho ferrugem (10R 3/4, seco e úmido); argila; forte pequenos a médios blocos subangulares; cerosidade forte e abundante; extremamente duro muito firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas comuns; transição clara.
B ₂₂	70 cm - 110 cm +; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco e úmido); argila; composta forte muito pequena granular e forte pequenos a médios blocos subangulares, duro firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas comuns; transição clara.
	Perfil (TE II)
A ₁	0 - 10 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco e úmido); argila; moderada pequena granular, poroso, ligeiramente duro firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes finas comuns; transição clara.
B ₁	10 - 25 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco e úmido); argila; composta moderada pequena granular e moderada pequenos a médios blocos subangulares; cerosidade moderada pouco; duro firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes finas escassas; transição gradual.
B ₂	25 - 85 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4; seco e úmido); argila; forte pequenos a médios blocos subangulares; cerosidade moderada comum; duro firme, muito plástico e pegajoso; raízes finas escassas; transição gradual.
B ₃	85 cm - 120 cm +; vermelho ferrugem (10 R 3/4, seco e úmido); argila; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena granular; ligeiramente duro friável, plástico e pegajoso; raízes finas raras.
	Perfil (TE III)
A ₁	0 - 10 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido); argila; forte pequena média granular; duro firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas abundantes; transição clara.
B ₁	10 - 22 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco e úmido); argila; composta forte pequena a média granular e forte pequena blocos subangulares; cerosidade moderada comum; muito duro muito firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas comuns; transição clara.
B ₂	22 - 80 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco e úmido); argila; composta moderada pequena a média granular e moderada pequena blocos subangulares; cerosidade moderada comum; muito duro muito firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas escassas; transição gradual.
C	80 cm - 120 cm +. presença de rochas eruptivas básicas em estado avançado de decomposição.

TABELA 22 - Descrição Morfológica dos Perfis Representativos da Unidade Latos-
solo fase substrato basaltito (Lib).

	Perfil (Lib I)
A ₁ 0 - 10 cm;	vermelho muito escuro (2,5 YR 2,5/2, seco e úmido); argila; forte pequena média granular; duro firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes finas comuns; transição clara.
(B) 10 - 27 cm;	vermelho muito escuro (10R 2,5/2, seco e úmido); argila; forte pequena blocos subangulares; cerosidade forte abundante; muito duro muito firme, muito plástico muito pegajoso; raízes finas comuns; transição clara.
R 27 cm - 120 cm +;	basalto em decomposição.
	Perfil (Lib II)
A ₁ 0 - 12 cm;	vermelho escuro acizentando (2,5 YR 3/2, seco e úmido); argila; forte pequena média granular; cerosidade moderada comum; duro firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes fasciculadas finas comuns; transição abrupta.
R 12 cm - 110 cm +;	basalto em decomposição.
	Perfil (Lib III)
A ₁ 0 - 15 cm;	vermelho muito escuro (2,5 YR 2,5/2, seco e úmido); argila; forte pequena granular muito porosa; cerosidade moderada comum; ligeiramente duro firme, muito plástico e muito pegajoso; raízes finas abundantes; transição clara.
R 15 cm - 100 cm +;	basalto em decomposição.

TABELA 23 - Resultados da Análise Granulométrica dos Perfis de Latossolo Roxo (LR)
Contidos nas Bacias Seleccionadas.

Horizonte	Profundidade (cm)	Resultados em Porcentagem					
		Af (0,2 - 0,02) (mm)	Ag (2,0 - 0,2) (mm)	AREIA TOTAL	SILTE (0,02 - 0,002) (mm)	ARGILA < 0,002 (mm)	NATURAL
A ₁	0-10	19,0	13,0	32,0	23,0	45,0	47,0
B ₁	10-30	9,7	8,3	18,0	25,0	57,0	51,0
B ₂	30-60	12,0	11,0	23,0	30,0	47,0	0,9
Perfil (LR I)							
A _p	0-10	20,1	5,9	26,0	9,0	65,0	51,0
A ₃	10-20	2,9	1,1	4,0	25,0	71,0	0,9
B ₁	20-80	3,2	0,8	4,0	16,0	80,0	0,4
Perfil (LR III)							
A _p	0-10	3,1	0,9	4,0	22,0	74,0	44,0
A ₃	10-25	15,7	3,5	19,2	21,0	62,0	48,0
B ₁	25-40	12,7	3,5	16,2	19,0	65,0	56,0
B ₂	40-80	13,7	2,3	16,0	15,0	69,0	0,9

TABELA 24 - Resultados da Análise Granulométrica dos Perfis de Terra Roxa Estruturada (TE)
 Contidos nas Bacias Seleccionadas.

Horizonte	Profundidade	Resultados em porcentagem					
		Af (0,2 - 0,02) (mm)	Ag (2,0 - 0,2) (mm)	AREIA TOTAL	SILTE (0,02 - 0,002) (mm)	ARGILA < 0,002 (mm)	NATURAL
A ₁	0-12	10,5	0,5	11,0	15,0	74,0	38,0
B ₁	12-30	3,6	6,4	10,0	35,0	55,0	54,0
B ₂₁	30-70	11,5	3,5	15,0	27,0	58,0	51,0
B ₂₂	70+	11,6	2,4	14,0	18,0	68,0	0,9
Perfil (TE I)							
A ₁	0-10	6,7	1,3	8,0	8,0	84,0	47,0
B ₁	10-25	9,8	1,2	11,0	22,0	67,0	65,0
B ₂	25-85	10,0	1,0	11,0	18,0	71,0	63,0
B ₃	85+	7,9	1,1	9,0	12,0	79,0	0,16
Perfil (TE II)							
Perfil (TE III)							
A ₁	0-10	15,2	2,8	18,0	16,0	66,0	47,0
B ₁	10-22	10,0	1,0	11,0	22,0	67,0	53,0
B ₂	22-80	8,3	0,7	9,0	16,0	75,0	67,0

TABELA 25 - Resultados da Análise Granulométrica dos Perfis de Litos
 solo fase substrato basaltito (Lib) Contidos nas Bacias
 Seleccionadas.

Horizonte	Profundidade	Resultados em Porcentagem					
		Af (0,2 - 0,02) (mm)	Ag (2,0 - 0,2) (mm)	AREIA TOTAL (0,02 - 0,002) (mm)	SILTE (0,02 - 0,002) (mm)	ARGILA 0,002 NATURAL	
A ₁ (P)	0-10	25,4	5,6	31,0	29,0	40,0	33,0
	10-27	21,6	4,4	26,0	23,0	51,0	43,0
A ₁	0-12	22,7	9,3	32,0	27,0	41,0	31,0
A ₁	0-15	13,5	12,5	26,0	33,0	41,0	24,0

TABELA 26 - Resultados da Análise Química do Complexo Trocável dos Perfis de Latossolo Roxo (LR) Contidos nas Bacias Seleccionadas.

Horizonte	Profundidade	pH H ₂ O	Matéria orgânica (%)	P (ppm)	COMPLEXO TROCÁVEL - meq/100 ml (ou g)					Saturação de bases (V) (%)	Saturação de Al ³⁺ (%)		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺	Al ³⁺			CTC	
Perfil (LR I)													
A ₁	0-10	6,2	3,32	1,2	9,15	2,63	0,77	5,08	0,00	12,55	17,63	71,19	0,0
B ₁	10-30	6,0	4,04	0,8	8,75	2,38	0,12	5,90	0,00	11,25	17,15	65,60	0,0
B ₂	30-60	5,2	1,01	1,1	3,35	1,03	0,22	5,51	0,23	4,60	10,34	44,49	4,7
Perfil (LR II)													
A _p	0-10	6,2	3,42	9,5	8,95	1,52	0,95	5,58	0,00	11,42	17,00	67,18	0,0
A ₃	10-20	4,9	1,44	2,9	5,15	0,74	0,26	6,36	0,20	6,15	12,71	48,39	3,1
B ₁	20-80	5,7	0,65	4,7	5,42	0,74	0,07	4,59	0,00	6,23	10,82	57,58	0,0
Perfil (LR III)													
A _p	0-10	6,6	3,75	6,9	8,77	2,67	1,10	4,10	0,00	12,54	16,64	75,36	0,0
A ₃	10-25	6,4	3,90	1,0	9,60	1,73	0,63	5,41	0,00	11,96	17,37	68,85	0,0
B ₁	25-40	6,3	2,05	1,0	7,05	1,23	0,12	3,94	0,00	8,40	12,34	68,07	0,0
B ₂	40-80	5,8	0,93	2,5	4,50	1,36	0,06	3,77	0,00	5,92	9,69	61,09	0,0

TABELA 27 - Resultados da Análise Química do Complexo Trocável dos Perfis de Terra Roxa Estruturada (TE) Contidos nas Bacias Seleccionadas.

Horizonte	Profundidade	pH	Matéria orgânica (%)	P (ppm)	COMPLEXO TROCÁVEL - meq/100 ml (ou g)					CTC	Saturação de Bases (V) (%)	Saturação de Al ³⁺ (%)	
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺	Al ³⁺				S
Perfil (TE I)													
A ₁	0-12	7,0	4,04	30,0	20,12	5,34	1,40	3,94	0,00	26,86	30,80	87,21	0,0
B ₁	12-30	6,2	3,32	3,3	24,65	3,70	0,17	4,43	0,00	28,52	32,95	86,56	0,0
B ₂₁	30-70	6,7	3,06	1,7	23,25	3,62	0,07	4,43	0,00	26,94	31,37	85,88	0,0
B ₂₂	70-110	6,2	0,79	1,3	11,50	3,49	0,05	4,43	0,00	15,04	19,47	77,25	0,0
Perfil (TE II)													
A ₁	0-10	7,2	3,46	16,7	14,82	2,75	1,85	3,61	0,00	19,42	23,03	84,32	0,0
B ₁	10-25	7,4	2,01	5,6	12,90	2,46	0,50	2,62	0,00	15,86	18,48	85,82	0,0
B ₂	25-85	7,6	1,36	6,1	10,80	2,30	0,70	2,29	0,00	13,80	16,09	85,77	0,0
B ₃	85-120	7,5	0,50	7,6	4,10	4,44	1,50	2,13	0,00	10,04	12,17	82,50	0,0
Perfil (TE III)													
A ₁	0-10	6,5	5,99	6,8	18,75	4,65	0,57	6,40	0,00	23,97	30,37	78,93	0,0
B ₁	10-22	6,2	9,43	1,9	16,95	3,82	0,17	7,38	0,00	20,94	28,32	73,94	0,0
B ₂	22-80	6,4	1,74	1,2	14,05	3,17	0,06	5,29	0,00	17,28	22,57	76,56	0,0

TABELA 28 - Resultados da Análise Química do Complexo Trocável dos Perfis de Litossolo fase substrato basáltito (Lib) Contidos nas Bacias Seleccionadas.

Horizonte	Profundidade	pH	Matéria orgânica (%)	P (ppm)	COMPLEXO TROCÁVEL - meq/100 ml (ou g)					Saturação de Bases (%)	Saturação de Al ³⁺ (%)		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺	Al ³⁺			S	CTC
A ₁ (B)	0-10	6,8	5,26	23,2	>25,00	>6,17	2,05	5,29	0,00	33,22	38,51	86,26	0,0
	10-27	7,0	3,25	4,1	>25,00	>6,17	1,25	4,59	0,00	32,42	37,01	87,60	0,0
Perfil (Lib I)													
A ₁	0-12	6,6	5,92	5,3	>25,00	>6,17	0,12	6,40	0,00	31,29	37,69	83,02	0,0
	Perfil (Lib III)												
A ₁	0-15	6,4	7,36	55,5	>25,00	5,10	0,57	8,04	0,00	30,67	38,71	79,23	0,0

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Dados Climáticos

Os dados climáticos da região mostram que a precipitação é consideravelmente maior que a evapotranspiração, com uma diferença de 398 mm, provavelmente ocasionando deflúvio que pode causar erosão, quando encontrar condições propícias.

A temperatura média anual é de 21,5°C e o valor da precipitação total é de 1554 mm, sendo que os meses de maior precipitação são novembro e dezembro e os de menor precipitação são julho e agosto, conforme Tabela 2.

A evapotranspiração potencial é de 1156 mm e o armazenamento tem alteração negativa no mês de agosto e excesso no ano todo, exceto em agosto e setembro. A deficiência anual assume o valor de 5mm e o excedente anual, o valor de 403mm.

A partir desses dados foi calculado o Balanço Hídrico, representado na Figura 2, onde se visualizam os melhores períodos de excedente e deficiência hídrica.

5.2. Características das Bacias Hidrográficas

A rede de drenagem da área estudada, decalcada de fotos aéreas, contendo as bacias hidrográficas de 3ª ordem de ramificação escolhidas para representar cada unidade de solo, Figura 3, mostra diferenças na permeabilidade e na relação entre infiltração e deflúvio entre as unidades de solo.

5.2.1. Análise dimensional e semelhança geométrica

O estudo de similaridade geométrica de bacias hidrográficas permite agrupar bacias semelhantes independentemente de diferenças de tamanho. O teste de semelhança geométrica propõe que se comparem as bacias relacionando-as duas a duas, através dos parâmetros contidos na Tabela 4, obtendo-se para os valores lineares uma média aritmética que, elevada à sua razão de escala quadrática, pode ser comparada com a razão entre áreas. Quanto mais semelhantes forem as bacias, menores deverão ser as suas diferenças de razões quadráticas.

A aplicação do teste permitiu maior confiabilidade na escolha das bacias hidrográficas contidas na mesma unidade de solo.

As maiores bacias estudadas pertencem à unidade Latossolo Roxo e estão situadas em relevo plano a suavemente ondulado, sendo que as representativas da unidade Terra Roxa Estruturada têm em média, aproximadamente, a metade da á-

rea das bacias de Latossolo Roxo; $6,57 \text{ km}^2$ em relação a $12,33 \text{ km}^2$, conforme se pode observar na Tabela 3, têm drenagem mais rica e apresentam-se em relevo ondulado, enquanto que as bacias representativas dos Solos Litólicos apresenta uma área média, 12 vezes maior do que a da unidade Latossolo Roxo ($0,55$ para $12,33 \text{ m}^2$) e estão em relevo ondulado a fortemente ondulado, conforme a Tabela 3.

Embora a área seja uma característica que diferencie as três unidades, através de seus valores decrescentes do Latossolo Roxo para os Solos Litólicos, Tabela 5, com o número de segmentos de rios e o comprimento total da rede, analisados isoladamente, essa proporcionalidade não ocorre.

O comprimento total de segmentos de rios não possibilita uma diferenciação entre as unidades Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada, embora sejam geneticamente diferentes; concordando com observações feitas por CARVALHO (1977).

5.2.2. Características do padrão de drenagem

Os parâmetros que definem o padrão de drenagem das bacias hidrográficas (frequência de rios, densidade de drenagem, razão de textura e razão de textura média), relacionados com o material subjacente (rochas ou solos) foram estudados por vários autores, dentre os quais: HORTON (1945), SMITH (1950), LUEDER (1959), RAY e FISCHER (1960), RAY (1963), RICCI e PETRI (1965), que obtiveram conclusões muito gerais sobre os fatores responsáveis pelo desenvolvimento das redes de drenagem.

nagem, tais como: a permeabilidade, a resistência à erosão e a relação entre infiltração e deflúvio. Esse fato, provavelmente, esteja correlacionado com a escolha de bacias de ordem elevada para a obtenção dos resultados, o que deve ter acarretado a inclusão de solos ou rochas heterogêneos na amostragem.

FRANÇA (1968), MARCHETTI (1969), SOUZA (1975) e CARVALHO (1977), dentre outros, trabalharam com solos a nível de série e com bacias hidrográficas pequenas, tendo concluído que, nessas condições, os índices se mostraram consistentes e refletiram a influência do fator solo no desenvolvimento das redes de drenagem.

Os resultados obtidos no presente trabalho concordam com os autores acima citados, como pode ser visualizado através da Tabela 6 e da síntese apresentada na Tabela 7.

Os solos com B latossólico apresentam valores menores de densidade de drenagem do que os solos com B textural. O valor da densidade de drenagem encontrado para o Latossolo Roxo (0,89) está em conformidade com os obtidos por FRANÇA (1968) e ESPINDOLA e GARCIA (1978), apresentando, no entanto, valor menor do que o encontrado por GEVAERD (1976). Para a Terra Roxa Estruturada o valor foi de 1,92; embora maior do que o obtido para o Latossolo Roxo, é bem menor do que o encontrado por GEVAERD (1976), não se assemelhando ao encontrado por CARVALHO (1977), o que provavelmente deve ser atribuído à variação do relevo de ocorrência desse solo. Para a uni-

dade Solos Litólicos o valor da densidade de drenagem foi de 6,25 que é superior ao encontrado para o Latossolo fase substrato argilito - folhelho, MARCHETTI (1969). Provavelmente, esse alto valor da densidade de drenagem se deva ao relevo em que esses solos ocorrem (ondulado e montanhoso) e à sua pequena profundidade, bem como à estrutura de rocha subjacente, que permite um deflúvio maior do que a infiltração.

Embora o número total de segmentos de rios, isoladamente, não tenha mostrado significância para a distinção entre os solos estudados, quando relacionado à área das bacias mostra evidências de diferentes comportamentos hidrológicos.

A frequência de rios, no Latossolo Roxo (0,92), está de acordo com os valores encontrados por FRANÇA (1968), GEVAERD (1976) e ESPINDOLA e GARCIA (1978). Para a Terra Roxa Estruturada, o valor da frequência de rios (4,11) é muito semelhante ao obtido por GEVAERD (1976) e é bem superior ao encontrado por CARVALHO (1977), pelo mesmo motivo apresentado para a densidade de drenagem.

A unidade Solos Litólicos apresentou o maior valor de frequência de rios (31,46), refletindo nitidamente uma infiltração dificultada pelo relevo e pela proximidade da superfície do material de origem.

A razão de textura média, também, apresentou a mesma tendência da densidade de drenagem e da frequência de rios, aumentando seu valor da unidade Latossolo Roxo para a

do Litossolo fase substrato basaltito.

A classe de textura topográfica foi classifica da como grosseira para a área de ocorrência do Latossolo Roxo e média para a Terra Roxa Estruturada e Litossolo fase substra do basaltito, não distinguindo o comportamento hidrológico destas duas últimas unidades. A razão disso pode ter sido a inclusão de Brunizem Avermelhado na área de ocorrência da unidade de Litossolo fase substrato basaltito.

Através da Tabela 7, podem ser visualizados os valores médios dos parâmetros do padrão de drenagem, mostrando que existe uma nítida diferença entre os valores obtidos para cada uma das unidades de solo. Pode-se observar que os coeficientes de variação obtidos para os valores médios dos parâmetros estudados foram, de modo geral, menores para a unidade de Latossolo Roxo. Esse fato, talvez, esteja ligado ao relevo de ocorrência desse solo (plano a suavemente ondulado), o que proporciona uma melhor amostragem, pois, possui menor erro de escala na fotografia aérea.

Os parâmetros do padrão de drenagem foram estudados comparativamente, através de correlações entre frequência de rios e densidade de drenagem, textura e densidade de drenagem e, textura e frequência de rios.

Para os parâmetros correlacionados, ajustaram-se equações de retas, e examinando-se a Tabela 8, pode-se notar que para a correlação entre frequência e densidade de drenagem foram constatados valores do teste F, para a regressão

do teste t para inclinação da reta, valores significativos a nível de 1%; enquanto que, para a correlação entre razão de textura e densidade de drenagem e, textura e frequência de rios, as equações foram ajustadas a nível de 5%. Esses resultados mostram uma inter-dependência entre os parâmetros estudados por refletirem o comportamento hidrológico dos solos.

5.3. Características do Relevo

5.3.1. Razão de relevo

Uma região que está sob um mesmo clima e tem o mesmo material de origem, tem as variações de solo comandadas pelo relevo. Em relevos suavemente ondulados, ocorrem normalmente, solos maduros (bem desenvolvidos); enquanto que, em solos mais jovens ocorrem relevos fortemente ondulados.

Os mapas de drenagem, com curvas de nível de 10 em 10 metros, representados nas Figuras de 4 a 10, mostram, através da equidistância horizontal e das inflexões das curvas de nível, o traçado da rede de drenagem, assim como as seguintes classes de relevo: relevo suavemente ondulado, para a região dominada pelos Latossolos; ondulado para Terra Roxa Estruturada e, ondulado a fortemente ondulado, para os solos menos desenvolvidos.

Para a interpretação e comparação do relevo das diferentes áreas, foram agrupados, na Tabela 9, os valores de altitude, amplitude altimétrica, maior comprimento da

bacia (rampa máxima) e razão de relevo.

O índice razão de relevo, que representa a relação entre a amplitude altimétrica e o maior comprimento das bacias, permite comparar a altimetria das unidades, mostrando que, quanto maiores forem esses valores, mais acidentado é o relevo, como é o caso da unidade onde predominam os Litossolos fase substrato basáltico, que possuem os maiores valores de razão de relevo.

Apesar dos valores da Amplitude Altimétrica estarem bem próximos e não permitirem qualquer diferenciação, sendo muito variáveis dentro de cada unidade, a razão de relevo separa e distingue o relevo das unidades, já que leva em conta o comprimento das bacias.

A razão de relevo encontrada para a unidade Latossolo Roxo variou de 0,0264 a 0,0272, para a unidade Terra Roxa Estruturada a variação foi de 0,0384 a 0,0440, e para a unidade Litossolo fase substrato basáltico, de 0,0867 a 0,1214.

Desse modo, a razão média de relevo da região dos Latossolos é 1,5 vezes menor do que a da região da Terra Roxa Estruturada, e 4,0 vezes menor do que a da região de Litossolo fase substrato basáltico; enquanto que a da região de Terra Roxa Estruturada é 2,6 vezes menor que a de Litossolo fase substrato basáltico, mostrando a diferenciação do relevo de ocorrência desses solos. De certa forma, essa razão reflete a relação entre infiltração e deflúvio, mostrando iden

tidade com os valores médios de densidade e drenagem, frequência de rios e razão de textura (Tabela 6).

CARVALHO (1981) encontrou, para os Latossolos, uma razão de relevo da ordem de 0,047 e para os Solos Litólicos, 0,1234. Para os Litossolos fase substrato basáltico houve concordância de resultados com os obtidos neste trabalho, embora isso não tenha ocorrido para os Latossolos, o que provavelmente se deve à variação do relevo de ocorrência desses solos, que normalmente é suavemente ondulado a ondulado.

5.3.2. Integrais hipsométricas e volumétricas

O relevo, segundo RANZANI (1963), refere-se às desigualdades de forma da superfície do solo e que pode ser identificado em termos de diferenças de altitude.

Segundo esse autor, o relevo pode ser desmembrado em seus elementos: tipo, classe e declive para melhor caracterizar os solos presentes em uma determinada área.

Às desigualdades da superfície resultam vertentes que, segundo PENTEADO (1978), apresentam formas convexas e côncavas, com ou sem segmentos retilíneos.

O relevo, comandando a relação entre infiltração e deflúvio, interfere de modo significativo na evolução de um solo, da mesma maneira que o tipo de solo influi, simultaneamente, na evolução do relevo.

Numa tentativa de sanar essa dificuldade (STRAH

LER, 1952), propôs a obtenção da Integral Hipsométrica através de relações de áreas (a/A) e de altitudes (h/H) para se inferir sobre a maneira pela qual a massa está distribuída dentro de uma bacia de drenagem, desde a sua maior até a sua menor altitude.

A Integral Hipsométrica permite comparar bacias hidrográficas de áreas e relevos diferentes, desde que sejam de mesma ordem de ramificação e inferir sobre a remoção de materiais das bacias através de drenagem, assim como comparar estágios evolutivos de bacias de diferentes regiões.

De acordo com VIEIRA (1978), a integral hipsométrica expressa o material existente antes do início do processo de erosão, considerando-se o perímetro atual das bacias, enquanto que a integral volumétrica expressa o que restou. A diferença entre as duas representa o material que foi retirado pela erosão, tomando-se por base o rio de terceira ordem de ramificação.

Nas Tabelas 10 a 18 estão os cálculos realizados para a obtenção das integrais e estão reunidos, na Tabela 19, os valores hipsométricos de maior interesse para a interpretação.

As integrais hipsométricas referentes ao Lato tossolo Roxo (Figura 11), ocupam posições centrais do diagrama e o valor médio da integral hipsométrica (0,544), juntamente com a sua posição no diagrama, é indicativo segundo STRAHLER (1957) do estágio de maturidade do relevo.

A forma da curva da integral hipsométrica, no caso do Latossolo Roxo, apresenta-se mais cavada nas cabeceiras e abaulada no terço inferior do diagrama, indicando que o material erodido permanece dentro da bacia, o que provavelmente se deva ao relevo suavemente ondulado com declives longos.

A Figura 12 apresenta as integrais hipsométricas e volumétricas das bacias representativas de Terra Roxa Estruturada, cujos valores das integrais hipsométricas são 0,507, 0,310 e 0,459, respectivamente, para as bacias I, II e III, sendo o valor médio de 0,425. O relevo das bacias de Terra Roxa Estruturada vai de suavemente ondulado a ondulado, sendo que as bacias I e III apresentam um relevo mais suave; enquanto que a bacia II apresenta um relevo mais acidentado, o que confere à integral hipsométrica um valor menor.

A representação da curva no diagrama e o valor da integral hipsométrica das bacias I e III, representativas da unidade Terra Roxa Estruturada, praticamente se equivalem às encontradas para a unidade Latossolo Roxo; a refletir comparativamente o estágio de maturidade do relevo; contudo o valor médio das integrais hipsométricas é da ordem de 0,425 indicando que o relevo está num estágio de maturidade tendendo à velhice.

Observando a Tabela 19, verifica-se que as diferenças entre as integrais hipsométricas e volumétricas resultaram um valor médio de relação de material erodido para a

Terra Roxa Estruturada, da ordem de 0,156 e para a unidade Latossolo Roxo, da ordem de 0,226. O menor valor encontrado para a Terra Roxa Estruturada deve, provavelmente, à sua estrutura que lhe confere maior resistência à erosão, indicando que essa propriedade mostrou-se mais importante na resistência à erosão do que o relevo, principalmente quando este não é muito contrastante.

As integrais hipsométricas e volumétricas, referentes à unidade Litossolo fase substrato basáltico, estão representadas na Figura 13. O valor médio das integrais hipsométricas é de 0,444, a curva representativa está abaixo da metade do diagrama, o que, segundo STRAHLER (1957), indica que o relevo, comparativamente com as outras unidades, está numa fase de desenvolvimento que vai da maturidade à velhice, embora os solos dessa unidade sejam considerados jovens, devido à remoção intensa dos mantos de alteração.

As diferentes formas das curvas observadas para esta unidade não se apresentam tão uniformes quanto as representativas das outras unidades de solo estudadas, o que provavelmente se justifica por possível ocorrência de afloramentos de rocha na parte superior das bacias e/ou inclusões de solos mais desenvolvidos no terço inferior das bacias.

Os volumes médios de material erodido na Terra Roxa Estruturada e do Litossolo fase substrato basáltico são, praticamente, os mesmos: 0,156 e 0,155, respectivamente. Para a Terra Roxa Estruturada, isso reflete o relevo e a re-

sistência à erosão; enquanto que para o Litossolo fase substrato basáltico, reflete o relevo de ocorrência, onde a formação praticamente equivale à remoção.

5.4. Características Morfológicas, Granulométricas e Químicas dos Solos Estudados

5.4.1. Latossolo Roxo

A unidade Latossolo Roxo, analisada através de três perfis representativos, ocorre em relevo plano a suavemente ondulado, com declives longos e pouco inclinados. São profundos, argilosos, de coloração vermelho-arroxeados, provavelmente, herdada do material originário, que contém em sua composição minerais escuros, principalmente óxidos de ferro. Todavia, a cor avermelhada é indício da baixa hidratação dos óxidos de ferro contidos na massa do solo, devido à boa drenagem que é consequência, principalmente, da associação estrutura e relevo de ocorrência desses solos, que propicia uma boa permeabilidade e uma alta relação entre infiltração e deflúvio. A consistência, no estado seco, é ligeiramente dura; no estado úmido, friável e no estado molhado, plástica e pegajosa.

O teor de argila varia de 45 a 80% e os teores de argila natural, após 30 a 40 cm de profundidade, são muito baixos (0,9%), denotando resistência à erosão.

A saturação de bases é mais elevada até, aproximadamente, 30 cm de profundidade, variando de 48 a 75%

e tendendo a diminuir com o aumento da profundidade. A capacidade de troca catiônica apresenta níveis altos, acima de 10 meq/100g (OLEYNIK, 1980), a qual no entanto, está ocupada por quantidade considerável de ions de hidrogênio (de 3,77 a 6,36 meq/100g), embora o cálcio seja o cátion dominante. O pH atinge valores de 4,9; contudo, os níveis de alumínio são baixos, inferiores a 0,23 meq/100g).

5.4.2. Terra Roxa Estruturada

Os perfis de Terra Roxa Estruturada são profundos, argilosos, bem drenados, de cor arroxeada, desde brunovermelhado escuro até pardo avermelhado escuro, com estrutura em blocos subangulares no horizonte B e cerosidade moderada e pouca a forte e abundante. São formados a partir de rochas eruptivas básicas, situados em relevos suavemente ondulado e ondulado, com declives curtos, favorecendo o deflúvio e conseqüentemente, diminuindo a relação entre a infiltração e o deflúvio.

O teor de argila varia de 55,0 a 84,0% o que lhes confere textura argilosa; por outro lado, o incremento no teor de argila natural, de 10 a 70 cm de profundidade, indica o processo de eluviação e iluviação que ocorreu ao longo do tempo, dando formação a um horizonte B textural.

O índice de saturação de bases varia de 74 a 87%, considerados de nível bom a alto, por OLEYNIK (1960). Desse forma, os solos podem ser classificados como eutróficos. A

capacidade de troca catiônica é alta, superior à encontrada na unidade Latossolo Roxo, assumindo valores de 12,17 a 32,95, o que, provavelmente, deve ser atribuído ao teor de matéria orgânica. O cátion predominante é o cálcio que ocupa a maior parte da CTC. O pH tem valores que variam de 6,2 a 7,8, indicando uma reação fracamente ácida a alcalina.

5.4.3. Litossolo fase substrato basáltico

A unidade Litossolo fase substrato basáltico posiciona-se em relevo fortemente ondulado a montanhoso. São rasos, apresentando, em média, 15 cm de profundidade e sendo pouco intemperizados, frequentemente com fragmentos de basalto alterado. O relevo de ocorrência favorece o escoamento superficial e, conseqüentemente, há uma diminuição na relação entre infiltração e deflúvio, o que acarreta a formação de maior número de sulcos, proporcionalmente à área das bacias.

Os perfis estudados são argilosos, de coloração vermelho muito escuro e vermelho escuro acinzentado, com estrutura forte, pequena a média, granular, a forte, pequena, granular, muito porosa e com pouca profundidade que, associada ao relevo, facilita o processo de erosão. Apresentam consistência moderada e comum a forte e abundante. Quando ocorre no horizonte (B) incipiente, a consistência é dura, firme, muito plástico e muito pegajoso.

A saturação de bases é muito elevada (de 79 a

87%). A capacidade de troca de cátions, também, assume níveis altos (de 37,01 a 38,71 meq/100g) e os cátions dominantes são o cálcio e o magnésio, que ocupam quase 80% das posições da capacidade de troca catiônica, o pH, (de 6,4 a 7,0) revela acidez fraca.

Numa análise comparativa entre as unidades de solos, Tabelas 23, 24 e 25, pode-se notar que a porcentagem de areia fina dos Litossolos fase substrato basaltito é superior à encontrada na Terra Roxa Estruturada, a qual, por sua vez, é superior à do Latossolo Roxo. A porcentagem de argila, nos perfis como um todo, é maior na Terra Roxa Estruturada do que nas duas outras unidades.

As análises morfológica, química e granulométrica dos perfis estudados, provenientes do mesmo material originário (eruptivas básicas), permite estabelecer as seguintes comparações:

A profundidade dos solos diminui na seguinte sequência: LR > TE > Lib.

A areia fina encontrada foi quase sempre superior à areia grossa e essa diferença (areia fina - areia grossa) tende a diminuir na sequência: Lib > TE > LR.

O teor de silte é maior na unidade Litossolo fase substrato basaltito, quando comparada à porcentagem que ocorre no Latossolo Roxo e na Terra Roxa Estruturada.

Os níveis de Ca^{+2} e de Mg^{+2} diminuem, enquanto que aumenta proporcionalmente o nível de H^{+} na sequência

Lib, TE, LR e, conseqüentemente, a soma de bases aumenta do LR para o Lib. A capacidade de troca catiônica e a saturação de bases são maiores no Litossolo fase substrato basaltito, diminuindo na unidade Latossolo Roxo, provavelmente devido à presença de argila de maior atividade naqueles solos e ao teor crescente dessa fração, na seqüência Lib, LR, TE.

Essas diferenças marcantes entre as unidades de solo, atribuídas às diferentes relações entre infiltração e deflúvio, propiciam distinguir estágios de desenvolvimento dos solos, sendo mais avançado para o Latossolo Roxo, seguido da Terra Roxa Estruturada e do Litossolo fase substrato basaltito.

6. CONCLUSÕES

A metodologia utilizada e os dados obtidos no presente trabalho permitiram as seguintes conclusões:

- a) a frequência de rios, a densidade de drenagem, a razão de textura e a razão de textura média mostraram-se eficientes na distinção entre os solos, apresentando valores de crescentes na seguinte sequência: Litossolo fase substrato basáltico > Terra Roxa Estruturada > Latossolo Roxo;
- b) A classe de textura topográfica não permitiu a distinção entre Terra Roxa Estruturada e Litossolo fase substrato basáltico;
- c) A razão de relevo foi significativa para indicar diferenças de drenagem entre as unidades de solo, sendo seus valores decrescentes na seguinte sequência: Litossolo fa

se substrato basáltico > Terra Roxa Estruturada > Latossolo Roxo;

- d) A descrição morfológica e as análises químicas e granulométricas dos solos, associadas à análise hipsométrica, permitem afirmar que os solos encontram-se num estágio de evolução que obedece à sequência: Latossolo Roxo > Terra Roxa Estruturada > Litossolo fase substrato basáltico; enquanto que o relevo da unidade Latossolo Roxo encontra-se num estágio de maturidade em comparação às unidades Terra Roxa Estruturada e Litossolo fase substrato basáltico que se encontram num estágio de maturidade tendendo para a velhice.

7. BIBLIOGRAFIA CITADA

BELCHER, D. J., 1942. The Engineering Significance of Soil Patterns. Photogramm Engng., Washington, 11 (2):115-1148.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, 605 p. (Boletim nº 12).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica, 1971. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Nordeste do Estado do Paraná. Curitiba, Paraná, 151 p. (Boletim Técnico nº 16).

BURINGH, P., 1960. The Applications of Aerial Photographs in Soil Surverys. In: Manual of Photographic Interpretation. Am. Soc. of Photogramm. Chap. 11, Appendix A, p. 633 - 666.

CARVALHO, W. A., 1977. Fotointerpretação de Bacias Hidrográficas de Amostras Circulares de Redes de Drenagem de Solos com Horizonte B Textural. Piracicaba, ESALQ/USP, 126 p. (Tese de Doutorado).

CARVALHO, W. A., 1981. Relações entre Relevo e Solos da Bacia do Rio Capivara - Município de Botucatu, S.P., Botucatu, FCA/UNESP (Tese para obtenção do título de Livre - Docente).

CARVALHO, W. A.; PIEDADE, G.C.R.; ANDRADE, F.C., 1983. Interação Solo - Relevo - Material Erodido em Pequenas Bacias de drenagem no Município de Botucatu. R. bras. Ci.Solo, 7: 83 - 87.

CHORLEY, R.J. e MORLEY, L.S.D., 1959. A Simplified Approximation for the Hipsometric Integral. In: Jour. of Geol. vol. 67 : 566 - 71

COLWELL, R.N., 1952. Photographic interpretation for civil puposes. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photo grammetry. Washington, p. 535 - 602.

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA E COLONIZAÇÃO - Divisão de Geografia, 1963, Folha Topográfica SF-22-V-I-2, Escala 1:50000.

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA TERRA E COLONIZAÇÃO - Divisão de Geografia, 1970, Folha Topográfica SF - 22 - V - II - 1, Escala 1:50000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1979. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro. 235 p.

ESPINDOLA, C. R., 1977. Relação entre os Solos e Elementos da Paisagem na Zona do Baixo Rio do Peixe (região Conchas - Anhembi, SP). Piracicaba, ESALQ/USP, 113 p. (Dissertação de Mestrado).

ESPINDOLA, C. R. e GALHEGO, H. R., 1979. Os solos com B latos sólido e com B textural das regiões intertropicais úmidas.

FADEL, H., 1972. Fotointerpretação de Bacias de Rede de Drenagem em Três Séries de Solos da Fazenda Ipanema, Município de Araçoiaba da Serra (SP). Piracicaba, ESALQ/USP, 92 p. (Dissertação de Mestrado).

FRANÇA, G. V. de, 1968. Interpretação Fotográfica de Bacias e de Redes de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba, ESALQ/USP, 151 p. (Tese de Doutorado).

FRENZEL, A., 1980. Medidas preventivas contra os processos erosivos. In: Simpósio sobre o Controle de Erosão. Curitiba, 201 a 213, março.

- FROST, R. E. et alii., 1960. Photointerpretation of soils.
In: Manual of photographic interpretation. Washington, Am.
Soc. of Photogramm. Chap. 5, p. 343 - 402.
- GAMBLE, E. E. e DANIELS, R. B., 1964. Parent Material of Upper
and Middle - Coastal Plain soils in North Carolina. Soil Sci.
Soc. Amer. Proc., Madison, 38: 633 - 37.
- GEVAERD, I., 1976. Identificação dos Fatores Determinantes das
Características Placo-hipsométricas de Três Unidades de So-
lo da Região Nordeste Paranaense. Piracicaba, ESALQ/USP, 63p
(Tese de Doutorado).
- GOOSEN, D., 1968. Interpretation de Fotos Aereas y su Impor-
tancia en Levantamiento de Suelos. Roma, Organizacion de las
Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. 58p.
(Boletim sobre Suelos nº 6).
- GREENE, H., 1945. Classification and use of tropical soils.
Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 10 : 392 - 5.
- HORTON, R. E., 1945. Erosional Development of Streams and
their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantita-
tive Morphology. In: Bul. Geol. Soc. Amer. 56 : 275 - 370.

- HOWE, R. H. L., 1960. The application of aerialphotographic interpretation to the investigation of hidrological problems. Photogramm. Engng., Washington, 26 : 85 - 95.
- KILMER, V. I. e ALEXANDER, L. T. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. Soil Sci., New Brunswick, 68: 15 - 26.
- LUEDER, D. R., 1959. Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. N. York, Mc Graw, 162 p.
- MAACK, R. 1953. Mapa Geológico do Estado do Paraná. Paraná, Escala: 1:750.000.
- MAACK, R. 1968. Geografia Física do Estado do Paraná, 350p. Banco do Desenvolvimento do Paraná, UFP - Inst. de Biolo. e Pesq. Tecnol., Curitiba.
- MARCHETTI, D. A. B., 1969. Fotointerpretação de Atributos do Relevo Aplicada a Solos da Região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 58 p. (Tese de Doutorado).
- MARCOS, Z. Z. e KINJO, T., 1967. Litossol: suas características e provável gênese. Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 24 : 343 - 52.

- OLEYNIK, J., 1980. Manual de Fertilização e Correção dos Solos. Curitiba, ACARPA. 90 p.
- PENTEADO, M. M., 1968. Geomorfologia do Setor Centro - Ocidental da Depressão Periférica Paulista. Rio Claro, Fac. Fil. Ciências e Letras, 86 p. (Tese de Doutorado).
- PENTEADO, M. M., 1974. Fundamentos de Geomorfologia. Biblioteca Geografia Brasileira, série D, Publicação nº 3, Fundação IBGE, Rio de Janeiro, 163 p.
- PIEIDADE, G. C. R., 1980. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do Município de Botucatu, SP. Botucatu, FCA/UNESP, (Tese para obtenção do título de Livre-Docente).
- RABBEN, E. L.; CHALMERS JÚNIOR, E. L.; MANLEY, E.; PICKNP, J. 1960. Fundamentals of photointerpretation. In: Manual of Photographic interpretation. Washington, Am. Soc. of Photogram., Chap. 3, p. 99 - 168.
- RANZANI, G. 1969 b. Manual de levantamento de solos. Edgar Blücher e Editora da USP, 2ª ed. 167 p.
- RAY, R. G. e FISCHER, W. A., 1960. Quantitative Photography a Geological Research Tool. Photogramm. Engng., Washington, 26 : 143 - 150.

- RAY, R. G., 1963. Fotografias Aéreas na Interpretação e Mapeamento Geológico. Trad. Jesuino Felicíssimo Jr. Inst. Geogr. Geól. São Paulo, 88 p.
- RICCI, M. e PETRI, S., 1965. Princípios da Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. São Paulo, Cia. Editora Nacional. 226 p.
- ROBINSON, G. H.; DEVEREAUX, R. E.; OBENSHAIN, S.S., 1961. Soil of Virginia. Soil Sci., 92 : 129 - 42.
- RUPELLAN, A., 1971. Contribution a la connaissance de sols des regimes mediterrneennes (Marroc Oriental). Memories O. R. S. T. O. M. nº 54. Patis. 302 p.
- SCHUMM, S. A., 1956. Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy N. Jersey. In : Bul. Geol.Soc. Amer., 67 : 597 - 646.
- SMITH, K. G., 1950. Standards for grading texture of erosional topography. Amer. Jour. Sci., New Haven, 248 : 655 - 68.
- SOUZA, M. L. de P., 1975. Fotointerpretação das Redes de Drenagem de Três Solos com Horizonte B Latossólico Ocorrentes no Município de Ponta Grossa - Pr. Piracicaba, ESALQ/USP , 135 p. (Dissertação de Mestrado).

- STRAHLER, A. N., 1952. Hypsometric (área - altitude) analysis of erosional topography. Bull. Geol. Soc. Amer., Colorado, 63 : 1117 - 41.
- STRAHLER, A. N., 1957. Quantitativa Analysis of Watershed Geomorphology. Trans. Am. Geophys. Union, New Haven, 38: 913-20.
- SUMMERSON, C.H., 1954. A philosophy for photointerpreters. Photogramm. Engng., Washington, 20 : 396 - 397.
- TERCINIER, G. e QUANTIN, P., 1968. Influence de l'alteration de cenches set ponces volconiques d'age récent sur la natura les propriétes et la fertilité de sols aux Nouvelles - Híbrides. Cah. ORSTOM, Sér. Pedol 6 : 203 - 24.
- THORNTWAITE, C. W. e J. R. MATHER, 1955. The Water Balance. Climatology. Centerton, N. J. 8 (1) : 104.
- U. S. DEPARTAMENT AGRICULTURE, 1951. Soil Survey Manual. Washington D. C. 503 p. (Agr. Handbook n° 18).
- VAN WAMBEK, A. R. 1962. Criteria for classifying tropical soils by age. J. Soil. Sci., 13 : 124 - 32.
- VAN WAMBEK, A. R. 1967. Recent developments in the classification of the soils of the tropics. Soil Sci., 104:309-13.

VASQUES FILHO, J., 1972. Critérios Morfométricos Aplicados à Fotointerpretação de Redes de Drenagem em Três Unidades de Solos no Município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/ USP, 113 p. (Tese de Doutorado).

VIEIRA, N. M., 1978. Estudo Geomorfológico das Voçorocas de Franca (SP). Franca, 255 p. (Tese de Doutorado).

ZINKE, J. P. 1960. Photointerpretation in Hidrology and Watershed Management. In : Manual of photographic interpretation. Am. Soc. of Photogram. p. 539 - 560.