CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM E DO
RELEVO DE TRÊS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO,
DETERMINADAS EM FOTOGRAFIAS AÉREAS E CARTAS
PLANIALTIMÉTRICAS.

SÉRGIO LÁZARO DE LIMA

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura «Luiz de Queiroz», da
Universidade de São Paulo, para ob-
tenção do título de Doutor em Agronomia,
Área de Concentração: Solos e Nutrição
de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Julho - 1987

CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM E DO RELEVO DE TRÊS SOLOS DO ES-
TADO DE SÃO PAULO, DETERMINADAS EM FOTOGRAFIAS AÉREAS
E CARTAS PLANIALTIMÉTRICAS.

SÉRGIO LÁZARO DE LIMA

Orientador: Prof.Dr. Geraldo Victorino de França

Tese apresentada à Escola Su
perior de Agricultura " Luiz
de Queiroz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em Agrono
mia, área de concentração: So
los e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Julho - 1 987

Aos meus pais

Lucas e Mercedes

O F E R E Ç O

À minha esposa Olga e mi
nhas filhas Thaís e
Paula, pelo incentivo e
compreensão.

D E D I C O

A G R A D E C I M E N T O S

- À Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP.
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz - USP em especial aos professores do Curso de Pós Graduação de Solos e Nutrição de Plantas.
- Ao Prof.Dr. Geraldo Victorino de França, pela orientação e colaboração.
- À Prof^a Dr^a Wolmar Aparecida Carvalho, pelo acompanhamento constante na realização deste trabalho.
- À todos os colegas do Departamento de Ciências do Solo, e em especial aos Profs. Leonia Aparecida de Lima, Leonardo Theodoro Büll, Edmir Soares, Affonso Maria de Carvalho, pelo apoio e incentivo constantes.
- À Prof^a Dr^a Martha Maria Michan, pela orientação na análise estatística dos dados.
- Ao Sr. José Garcia Honório Pires, pelos trabalhos datilográficos.
- Ao Sr. Roberto Carvalho Prado, pelos trabalhos de desenho.
- Convênio CAPES/PICD-UNESP, na pessoa do Prof. Dr. Widsney Alves Ferreira, pela concessão de bolsas de estudo, para a realização do curso de Pós Graduação.
- A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

	pág.
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. Uso de Fotografias Aéreas em Estudos de So los	3
2.2. Relações das Características da Rede de Drenagem com Solos	7
2.3. Características do Relevo e Relações com - Solos	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Material	21
3.1.1. Características Gerais das Áreas Es tudadas	21
3.1.1.1. Localização Geográfica	21
3.1.1.2. Relevo	22
A - Relevo Geral	22
B - Relevo Local	24
3.1.1.3. Geologia	25
3.1.1.4. Clima	26
3.1.1.5. Vegetação	27
3.1.1.6. Solos	28
3.1.2. Material Cartográfico	31
3.1.3. Material Fotográfico	31
3.1.4. Equipamentos	31
3.2. Métodos	32
3.2.1. Seleção das Áreas Estudadas	32
3.2.2. Obtenção e Montagem dos Mapas de	

Drenagem	32
3.2.3. Seleção das Amostras Circulares ...	33
3.2.4. Análise das Redes de Drenagem	34
3.2.5. Análise dos Parâmetros do Relevo ..	36
3.2.6. Análise Estatística	39
4. RESULTADOS.....	41
4.1. Amostras Circulares Representativas da Rede de Drenagem e do Relevo	41
4.2. Características das Redes de Drenagem	42
4.2.1. Composição da Rede de Drenagem	42
4.2.1.1. Número de Rios	42
4.2.1.2. Comprimento Total de Rios	42
4.2.1.3. Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial	43
4.2.2. Características do Padrão de Drenagem	43
4.2.2.1. Características Descritivas do Padrão de Drenagem	43
4.2.2.2. Características Quantitativas do Padrão de Drenagem	43
4.3. Características do Relevo	43
4.3.1. Características Quantitativas dos Parâmetros do Relevo	43
4.4. Análise Estatística	44
5. DISCUSSÃO	73
5.1. Análise das Redes de Drenagem	73
5.1.1. Composição das Redes de Drenagem	73
5.1.2. Características Descritivas das Redes de Drenagem	77
5.1.3. Características Quantitativas das Redes de Drenagem	80

5.2. Análise das Características do Relevo ...	82
6. CONCLUSÕES.....	90
LITERATURA CITADA	92

LISTA DE TABELAS

	pág.
TABELA 1 : Principais Características das Unidades de Solo Estudadas, segundo COMISSÃO DE SOLOS (1 960) e IPT (1 981).....	29
TABELA 2: Número de Segmentos de Rios Observados em Cada Ordem de Ramificação; médias e erro padrão da média	64
TABELA 3: Comprimentos Totais de Segmentos de - Rios Observados para as Amostras Circulares; médias e respectivos erros padrões	65
TABELA 4: Comprimento médio dos canais de drenagem observados para as amostras circulares; médias e respectivos erros padrões.	66
TABELA 5: Características Descritivas do Padrão - de Drenagem dos Solos Estudados Segundo LUEDER (1 959) e Tipo Segundo PARVIS (1 950)	67
TABELA 6: Características Quantitativas dos Padrões de Drenagem dos Solos Estudados..	68
TABELA 7: Características Quantitativas dos Parâmetros de Relevô, valor médio e erro padrão da média, das amostras representativas dos três solos estudados	69
TABELA 8: Relações funcionais entre os parâmetros da Composição da Rede de Drenagem, do Padrão de Drenagem e do Relevô Obtidas para os três solos estudados.....	70

TABELA 9: Características quantitativas dos parâmetros do relevo e do padrão de drenagem: médias dos solos e teste "t" para os contrastes entre médias	71
TABELA 10: Médias das características dos parâmetros da composição da rede e teste "t" para os contrastes entre médias. $C_1 = \overline{PVls} \text{ vs } (\overline{LE} + \overline{LVa})$; $C_2 = \overline{LE} \text{ vs } \overline{LVa}$	72

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA	
1 - Mapa do Estado de São Paulo, com as áreas de estudo	23
2 - Regiões Fisiográficas do Estado de São Paulo	23
3 - Modelo de amostragem de Wentworth (1 930) adaptado por KOFFLER (1 982)	38
4 - Representação esquemática das leituras da Amplitude Altimétrica Máxima (Hm)	38
5 - Representação esquemática da forma de leitura do comprimento médio da vertente (CVm) ..	38
6 - Amostras Circulares LVa-1 e LVa-2 Representativas da Unidade Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa	46
7 - Amostras Circulares LVa-3 e LVa-4 Representativas da Unidade Latossolo Vermelho -Amarelo fase arenosa	47
8 - Amostras Circulares LE-1 e LE-2 Representativas da Unidade de Latossolo Vermelho Escuro orto .	48
9 - Amostras Circulares LE-3 e LE-4 Representativas da Unidade de Latossolo Vermelho Escuro orto .	49
10 - Amostras Circulares PVls-1 e PVls-2 Representativas da Unidade Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	50
11 - Amostras Circulares PVls-3 e PVls-4 Representativas da Unidade Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	51

12	- Amostra Circular, LVa-1 (10 km ²) do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.	52
13	- Amostra Circular LVa-2 (10 km ²) do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.	53
14	- Amostra Circular LVa-3 (10 km ²) do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.	54
15	- Amostra Circular LVa-4 (10 km ²) do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.	55
16	- Amostra Circular LE-1 (10 km ²) do relevo em Latossolo Vermelho Escuro orto.....	56
17	- Amostra Circular LE-2 (10 km ²) do relevo em Latossolo Vermelho Escuro orto.....	57
18	- Amostra Circular LE-3 (10 km ²) do relevo em Latossolo Vermelho Escuro orto	58
19	- Amostra Circular LE-4 (10 km ²) do relevo em Latossolo Vermelho Escuro orto.....	59
20	- Amostra Circular PVls-1 (10 km ²) do relevo em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	60

21	- Amostra Circular PVls-2 (10 km^2) do relevo em Solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.	61
22	- Amostra Circular PVls-3 (10 km^2) de relevo em Solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.	62
23	- Amostra Circular PVls-4 (10 km^2) do relevo em Solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.	63
24	- Relações Funcionais entre o comprimento total de Segmentos de Rios (L_t) vs índices do padrão de drenagem (D_d ; F e T)	76
25	a) Histogramas dos Índices do Padrão de Drenagem	83
	b) Histogramas dos Parâmetros do Relevo	83
26	- Relações Funcionais entre Número total de Segmentos de rios (N_t), Comprimento total de Segmentos de rios (L_t) vs declividade média (dw)	86
27	- Relações Funcionais entre os índices do padrão de drenagem D_d e F , vs Comprimento Médio da Vertente (CV_m)	86

CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM E DO RELEVO DE TRÊS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, DETERMINADAS EM FOTOGRAFIAS AÉREAS E CARTAS PLANIALTIMÉTRICAS.

Sérgio Lázaro de Lima

Orientador: Prof.Dr. Geraldo Victorino de França

RESUMO

Com o objetivo de identificar três unidades de solo, sendo duas com horizonte B latossólico e uma com horizonte B textural, através da Fotointerpretação das Características do Padrão de Drenagem Obtidas de Fotografias Aéreas - na escala 1:25 000, e de parâmetros do relevo obtidos de cartas planialtimétricas na escala 1:10 000, realizou-se o presente trabalho.

Foram estudadas três áreas, sendo que na área A, de ocorrência da unidade de solo: Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa), localizada no município de Botucatu-SP, com regime climático predominante do tipo Cfa - mesotérmico úmido sem estação seca; na área B, de ocorrência do Latossolo Vermelho Escuro orto (LE); e na área C, de ocorrência de Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, (PVls) ambas localizadas no município de Piracicaba-SP, com regime climático predominante do tipo Cwa - mesotérmico úmido com estiagem de inverno.

Utilizou-se para representar cada uma dessas

unidades de solo, quatro amostras circulares de 10 km² de área.

O estudo das características qualitativas e quantitativas do padrão de drenagem e dos parâmetros do relevo, possibilitou que se tirassem as seguintes conclusões:

- As características qualitativas do padrão de drenagem, permitiram deduzir que, no (LVa) a erosão favorecida por desequilíbrios no meio ambiente, acarretou aumento na ramificação do padrão sub-paralelo e um aumento na densidade de drenagem;
- Nas unidades PVls e LE, as variações no padrão de drenagem são devidas a controles geológicos: litológico e estrutural, respectivamente;
- Dos parâmetros da composição da rede, o comprimento total (L_t) e o número total de rios (N_t), foram os mais eficientes para diferenciar as três classes de solo (PVls, LE e LVa);
- Os índices do padrão de drenagem, Dd, F e T, mostraram-se eficientes na diferenciação dos solos;
- A classe de textura topográfica mostrou-se eficiente para a distinção dos três solos;
- A declividade média (dw), mostrou-se a mais eficiente na diferenciação das unidades de solo, seguida do comprimento médio da vertente (CVm) e da amplitude altimétrica máxima (Hm).

CHARACTERISTICS OF THE DRENAGE NETWORK AND LAND FORM OF
THREE SOILS OF THE STATE OF SÃO PAULO, DETERMINED IN AIR
PHOTOGRAPHS AND PLANIALTIMETRIC CHARTS.

AUTHOR: SÉRGIO LÁZARO DE LIMA

ADVISER: GERALDO VICTORINO DE FRANÇA

SUMMARY

To identify three soil unities, two horizon B latosolic and one with horizon B textural, by Photointerpretation of the characteristics of Drainage Pattern obtained from Air Photographs, in 1:25 000 scale, and from parameters of obtained land form of planialtimetric charts in 1:10 000 scale was the objective to carry out the present work.

Three areas were studied, considering that in area A, of soil unit Red-Yellow Latosol Sandy Phase (LVa) located in Botucatu-SP, Cfa wet Mesothermic without dry season as predominant climate; in area B, Dark-Red Latosol (LE) and in area C, Red-Yellow Podzolic Laras variation both located in Piracicaba-SP, Cwa wet Mesothermic with dry season in Winter, as predominant climate.

It was used to show each one of these soil unities, four circular samples of 10 km².

The study of qualitative and quantitative

characteristics of drainage pattern and of land form parameters, allowed to come to the following conclusions:

- The descriptive characteristics of drainage pattern permitted to conclude that in the (LVa) the erosion favored by enviromental instability, caused an increase of the ramification of sub-parallel pattern and on increase of drainage density.
- In PVls and LE unities, the variations in drainage pattern are due to geological controls: litologic and structural, respectively;
- The total lenght (L_t) and the total number of rivers (N_t) of net composition parameters were the most efficient to differ the three soil classes (PVls, LE and LVa);
- The drainage pattern indices, Dd, F e T, showed to be efficient in soil differentiation;
- The topographical texture class showed to be efficient to distinguish the three soils;
- The mean declivity (dw), showed to be the most efficient in the differentiation of soil unities, followed of mean lenght of slope (CVm) and maximum altimetric amplitude(Hm).

1. INTRODUÇÃO

O solo é um dos elementos vitais para o fornecimento de alimentos, matérias-primas para a indústria e as mais variadas fontes alternativas de energia, desde há muitos séculos. Portanto, o seu conhecimento detalhado, no sentido da avaliação de suas potencialidades, torna-se cada vez mais necessário, aliando-se ainda, o fato do crescente aumento da população mundial.

Essa avaliação só poderá ser tecnicamente obtida através de levantamentos de solos, onde as fotografias aéreas têm-se mostrado um instrumento de grande valia, reduzindo o tempo de trabalho, apresentando maior precisão no traçado de limites entre as unidades de solo, fornecendo além de um custo menor, uma quantidade maior de informações. É cada vez maior o emprego de fotografias aéreas nesses trabalhos de levantamento de solos e de estudos de relações com condições específicas de solos, através da fotointerpretação,

na obtenção de parâmetros da rede de drenagem, que exprimam quantitativamente as diferenças entre solos através de índices numéricos.

Contudo, grande parte dos trabalhos desenvolvidos nesse sentido, tem-se apoiado quase que exclusivamente em aspectos qualitativos e descritivos das redes de drenagem, sem utilizar o outro componente da paisagem, o relevo.

Estudou-se os parâmetros da composição da rede de drenagem (número, comprimento total e comprimento médio de segmentos de rios), do padrão de drenagem (densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura), e também do relevo (comprimento médio da vertente, declividade média e amplitude altimétrica máxima), objetivando analisar a eficiência dos mesmos na caracterização das classes de solo: Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa; Latossolo Vermelho Escuro orto e Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Uso de Fotografias Aéreas na Caracterização de Solos

O emprego de fotografias aéreas em diversos campos de atividades, data do século passado. Contudo, o seu emprego em levantamentos de solos data de 1929, em trabalho efetuado por Bushnell e colaboradores, conforme citação de SIMONSON (1950).

No Brasil, particularmente no Estado de São Paulo, começaram a surgir trabalhos de levantamentos de solos utilizando as coberturas aerofotográficas apenas como mapa-base, destacando-se os realizados por RANZANI et alii (1966), PAIVA et alii (1976) e OLIVEIRA et alii (1979).

Para RABBEN et alii (1960), a utilidade da fotografia é atribuída fundamentalmente à três fatores:

a) - a grande área abrangida pela fotografia aérea; por

exemplo, na escala 1:25 000, a cobertura é de 33 km²;

- b) - a fotografia permite a visão tridimensional da superfície terrestre, através da observação de pares estereoscópicos;
- c) - as imagens dos objetos registrados nas fotografias são permanentes e não tendenciosas, fato que apresenta a vantagem de uma observação detalhada da área, sempre que se desejar e em condições de trabalho mais favoráveis do que as encontradas numa observação direta.

Para BURINGH (1960), as vantagens da fotointerpretação aplicada à solos resumem-se:

- a) - uma maior precisão nos resultados de levantamentos de solos;
- b) - a redução do tempo na realização do trabalho;
- c) - um custo bem menor;
- d) - o trabalho é realizado com maior economia e eficiência;
- e) - novas possibilidades são criadas.

COLWELL (1952) apresentou o princípio da "convergência de evidências", a qual estabelece que existem vários indícios sobre a identidade de um objeto desconhecido e se a maioria deles está voltada para uma mesma hipótese, esta provavelmente será correta.

No reconhecimento ou caracterização dos solos, a análise dos documentos fotográficos visa chegar a uma classificação da superfície do terreno, a qual poderá ser traduzida em unidades de mapeamento de solos, após terem sido efetuados trabalhos de campo e análise de laboratório(GOSEN,

1 968).

Para FROST (1 960), a fotointerpretação de solos pode ser conduzida obedecendo a três princípios básicos:

- a) - solos semelhantes aparecem nas fotografias com padrões semelhantes;
- b) - solos diferentes aparecem com padrões diferentes;
- c) - considerando que as características da imagem fotográfica tenham sido correlacionadas com as propriedades do solo verificadas no campo e no laboratório, certas propriedades importantes de solos semelhantes podem ser inferidas através da fotointerpretação.

GOOSEN (1 968) descreve três métodos referindo-se à fotointerpretação aplicada à levantamento de solo: 1 - método da análise dos padrões; 2 - método da análise dos elementos; 3 - método da análise fisiográfica.

FROST (1 960) propõe o método da análise dos padrões, partindo da suposição que cada elemento do padrão está relacionado com certas condições do solo, sendo que os elementos indicativos dessas condições são: relevo; drenagem; os aspectos da erosão; vegetação natural; tonalidade fotográfica e também o uso agrícola. Entendidas essas condições ambientais dos solos estudados, as unidades principais são divididas pelo fotointérprete em unidades menores, onde são estudados os padrões locais.

O método da análise dos elementos está fundamentado na análise sistemática dos elementos relacionadas com as condições dos solos, cuja classificação resultante é usada como base para trabalhos de campo; este método, quando comparado com os outros dois, apresenta como vantagem prin-

cial, a de poder ser usado por fotointérpretes sem muita experiência.

O método da análise fisiográfica classifica o terreno em unidades fisiográficas, em cada uma das quais ocorre uma determinada associação de solos. Este método apresenta a desvantagem de exigir do fotointérprete um conhecimento profundo dos processos de sedimentação, erosão, intemperização etc., bem como de seus reflexos na paisagem e, portanto, na própria imagem fotográfica.

Shultz & Cleaves, citados por RAY (1963), consideram a forma fisiográfica como sendo o elemento mais importante na fotointerpretação de solos. Sua importância é ressaltada pela afinidade existente entre os solos e os aspectos geomórficos de suas áreas de ocorrência, fornecendo indícios sobre os processos de formação. Já para FRANÇA (1968), a forma fisiográfica é apenas um elemento do padrão de solos e a interpretação de outros elementos, tais como as características de drenagem, podem fornecer informações igualmente importantes.

Esses três métodos de fotointerpretação aplicados à levantamentos de solos, sofrem uma separação meramente artificial, podendo haver em muitos casos, a combinação de dois, ou mesmo dos três métodos (GOOSEN, 1968).

Para SILVA (1977), o método mais utilizado em trabalhos de fotointerpretação aplicada à levantamento de solos é o da análise dos elementos, principalmente quando são estudados os índices de drenagem, tanto em bacias hidrográficas como em amostras circulares.

Os trabalhos de fotointerpretação, segundo RABBEN et alii (1960), consistem basicamente das seguintes etapas:

- a) - são realizadas observações, coleta de dados, medi

ções e identificação das imagens;

- b) - conclusões são tiradas, baseadas na indução e dedução de fenômenos, aplicando-se as informações obtidas na solução de problemas específicos.

RABBEN et alii (1960) considera ainda, que a utilização da técnica denominada "pesquisa lógica", onde o fotointérprete pesquisa com detalhe somente as áreas onde possam ser encontrados os objetos de interesse ao estudo, isso com base em probabilidades, evitando dessa forma, que grandes áreas tenham que ser analisadas detalhadamente.

2.2. Relações das Características da Rede de Drenagem com Solos

A rede de drenagem é a maneira como se dispõe o traçado dos rios e dos vales, existindo uma grande variedade de formas de drenagem, sendo que muitas vezes ela apresenta um traçado característico segundo a estrutura das rochas ou segundo a natureza das mesmas (GUERRA, 1979).

O interesse pela maior compreensão das redes de drenagem, data do século passado, destacando-se o trabalho de Playfair 1802, onde esclareceu muitas das idéias de Hutton, salientando-se, uma das observações pioneiras sobre o comportamento da rede de drenagem, assinalando que "cada rio consiste de um tronco principal, alimentado por um certo número de tributários; cada um deles corre em um vale proporcional ao seu tamanho e o conjunto forma um sistema de vales comunicantes, com declividades perfeitamente ajustadas, sendo que, nenhum deles se une ao vale principal num nível demasiadamente superior ou inferior; tal circunstância seria infinitamente improvável se cada vale não fosse obra do rio que o ocupa". Essa observação de Playfair é

considerada como lei de Playfair ou lei das confluências concordantes (CHRISTOFOLETTI, 1 974) .

Os estudos de rede de drenagem praticamente se restringiam às descrições qualitativas, baseadas em observações particulares e raciocínios indutivos, sendo que coube a HORTON (1 945), o ponto de partida para análise quantitativa, ao estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e suas bacias, através da interpretação da lei da Playfair.

No Brasil, o trabalho pioneiro de FRANÇA(1968) que, mediante o emprego de fotografias aéreas, estudou os parâmetros da drenagem através da análise quantitativa, visando a diferenciação de unidades de solos, serviu de base tanto do ponto de vista metodológico como interpretativo , sendo adotado por outros pesquisadores, entre os quais MARCHETTI (1 969), FADEL (1 972), VASQUES FILHO (1 972), GEVAERD (1 974), SOUZA (1 975), KOFFLER (1 976), CARVALHO(1 977) .

Para HORTON (1 945) , existe um comprimento mínimo de escoamento sobre a superfície de um terreno para que haja concentração de um volume de deflúvio, capaz de formar canais de drenagem. Esse autor considera ainda, que esse comprimento tido como mínimo, está estreitamente relacionado, com o declive, a velocidade de deflúvio, a capacidade de infiltração, a resistência à erosão. Sendo que destes fatores relacionados e que influem na formação da rede de drenagem, ele considera como o de maior importância, a resistência do solo à erosão, uma vez que apresenta efeitos dominantes no desenvolvimento dos sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem.

LUEDER (1 959) considera que a rede de drenagem superficial é, depois do relevo, o indicador mais confiável e consistente das reais condições do terreno. Esse autor destaca a importância da capacidade de infiltração ,

permeabilidade e textura dos materiais, de ocorrência em uma determinada área, como responsável pelo comportamento da rede de drenagem, e não só a relação infiltração/deflúvio. Considera ainda, que geralmente um material pouco permeável dará origem à um padrão de drenagem bem desenvolvido, enquanto que um material com alta infiltração e permeabilidade, implica numa rede de drenagem escassa, muito embora existam exceções.

Segundo SOUZA (1975), através dos aspectos visíveis nas fotografias aéreas, pode-se perfeitamente contornar as dificuldades na delimitação de unidades de solo no campo devido à falta de acesso. Dentre os padrões que permitem a diferenciação de solos, as redes de drenagem, juntamente com o relevo, são os que mais se destacam, com vantagem para as redes de drenagem, que são mais facilmente registradas e medidas em fotografias aéreas.

LUEDER (1959) e DUNBAR (1959) referem-se ao conceito de "drenagem funcional" para explicar porque alguns solos de textura argilosa apresentam o mesmo comportamento de materiais porosos. Sendo que DUNBAR (1959), discutindo os problemas de interpretação fotográfica em regiões tropicais e subtropicais, comenta o fato dos Latossolos que, embora com altos teores de argila, apresentam características, do padrão de drenagem semelhantes às de solos de textura arenosa.

Para RAY (1963), a densidade de drenagem aumenta com a diminuição da resistência à erosão, considerando que, a textura de drenagem tende à obedecer a composição granulométrica, bem como à resistência dos materiais presentes. Assim sendo, tem-se o desenvolvimento de uma drenagem com textura fina como os folhelhos ou outras similares, bem como uma tendência ao desenvolvimento de uma drenagem com textura grosseira, desde que sobre materiais tam

bém de textura grosseira como os arenitos. Contudo, para FRANÇA (1 968), nem sempre isso ocorre, tendo em vista que de acordo com a natureza, propriedades e profundidade dos solos que se desenvolveram sobre essas rochas, poderá haver um comportamento na textura de drenagem, diferente daquela apresentada pelas rochas.

A profundidade do estrato rochoso e as declividades das superfícies, têm influência sobre o padrão de drenagem, visto que de um modo geral, quanto menor a profundidade do estrato rochoso e maior a declividade, ocorre um aumento no número de rios e diminuição no comprimento médio dos rios, alterando também a distribuição dos rios (SOUZA, 1 975; CARVALHO, 1 977).

A caracterização do padrão de drenagem, tem grande importância, contudo, a limitação decorrente das variações dos padrões nos sistemas de drenagem, foi ressaltada por AVERY (1 968), podendo mesmo um único sistema de drenagem apresentar vários padrões; sendo portanto, o padrão considerado como um bom indicador das condições do solo, do material de origem, bem como da estrutura litológica subjacente.

O termo padrão de drenagem, é definido como sendo a maneira pela qual os cursos d'água se distribuem ou se arranjam dentro de uma determinada área de drenagem. Existem duas maneiras pelas quais o padrão de drenagem pode ser caracterizado: a) qualitativamente, através da descrição de seus atributos; b) quantitativamente, pela medida e expressão numérica dos mesmos.

LUEDER (1 959) propôs a análise das seguintes características descritivas: - grau de integração; densidade; grau de uniformidade; orientação; grau de controle; ângulos de junção e angularidade. Sendo que a característica

do padrão "tipo ou modelo", foi sugerida por PARVIS (1950).

Com a finalidade de auxiliar a caracterização do padrão, RICCI & PETRI (1965), preconizaram o termo "anomalia", para os casos em que um ou mais de seus componentes fogem às características prevalentes no padrão.

As anomalias permitem que se obtenham informações sobre as variações da textura e permeabilidade dos materiais expostos, condições estruturais e grau de erodibilidade presentes num sistema de drenagem. Para LUEDER (1959), os termos descritivos têm sua aplicação recomendada apenas à drenagem cujo padrão é criado por erosão hídrica.

Visando quantificar o grau de desenvolvimento de uma rede de drenagem e com isso eliminar a subjetividade da caracterização descritiva do padrão, bem como possibilitar maiores informações sobre as condições do terreno, HORTON (1945) apresentou duas relações envolvendo o comprimento e o número de rios, que são: a) densidade de drenagem; b) frequência de rios.

A densidade de drenagem (D), expressa a relação entre a precipitação pluviométrica e a capacidade de infiltração do solo; sendo definida como a razão entre o comprimento total de rios dentro de uma bacia de drenagem e a área dessa bacia; e quantificada através da equação:

$$D = \frac{Lt}{A}$$

onde: Lt é o comprimento total de rios das diversas ordens;
e A a área da bacia.

A frequência de rios (F) representa quantitativamente o grau de desenvolvimento de uma bacia hidrográfica, e é definida pela equação:

$$F = \frac{N}{A}$$

onde: N é o número total de rios e A é a área da bacia de drenagem.

A Razão de Textura (T) é outro importante índice para expressar o espaçamento entre canais de drenagem em mapas topográficos com curvas de nível (SMITH, 1950). Esse autor recomenda que, como os canais menores geralmente não são apresentados nos mapas topográficos, as localizações desses canais podem ser identificadas através das inflexões das curvas de nível; recomenda ainda, que a curva que deverá ser escolhida, será a que apresentar o maior número de inflexões. A razão de textura (T) será obtida pela divisão do número de inflexões pelo perímetro da bacia, e dada pela equação

$$T = \frac{N}{P}$$

onde: N é o número de inflexões da curva de nível escolhida e P o perímetro da bacia.

FRANÇA (1968) adaptou o índice de razão de textura (T), para o estudo em fotografias aéreas, considerando N como sendo o número total de rios da bacia.

O critério de amostragem circular foi preconizado por RAY & FISCHER (1960), em trabalhos de caracterização litológica. Sendo que esses autores, utilizando fotografias aéreas verticais, compararam os valores de densidade de drenagem obtidos em bacias hidrográficas e em amostras circulares de 10 km², concluíram que os resultados obtidos com as amostras circulares foram mais consistentes.

Segundo BURINGH (1960), a área das amostras circulares poderá variar de 10 a 100 km², isso em função da

escala e da ocorrência dos solos.

FRANÇA (1 968), trabalhando com bacias hidrográficas e amostras circulares no estudo de solos, baseando-se na metodologia preconizada por RAY & FISCHER (1 960) , também obteve resultados mais consistentes para as amostras circulares considerando esse tipo de amostragem vantajosa sob os seguintes aspectos:

- a influência da área é eliminada, visto que todas as medições de comprimento de rios são referidas à mesma área circular de 10 km²;

- a área da amostra circular pode ser deslocada, não levando em consideração os limites de bacias hidrográficas , desde que a amostragem obedeça à área de ocorrência de uma unidade de solo, isto é, procurando abranger unicamente a maior proporção e a maior homogeneidade possíveis da unidade que está sendo amostrada.

SILVA (1 977), em estudos realizados objetivando a diferenciação entre solos, utilizando as características quantitativas das redes de drenagem, usando como sistemas de amostragem bacias hidrográficas e amostras circulares, verificou que todas as características consideradas isoladamente ou em conjunto, permitiram tal diferenciação , sendo que os resultados mais consistentes foram obtidos com as amostras circulares.

CARVALHO (1 977), estudando as características do padrão de drenagem de dois solos com horizonte B textural Terra Roxa Estruturada e, Associação Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba + Litossolo fase substrato argilito-folhelho constatou que os melhores resultados obtidos na diferenciação daquelas unidades de solo, através da análise dos parâmetros que definem os padrões, foram através das amostras circulares. Recomenda que as amostras

circulares devem atingir as cabeceiras de drenagem, por representarem melhor as condições hidrológicas do perfil do solo.

Em estudos da significância dos parâmetros , densidade de drenagem, frequência de rios, razão de textura e razão de textura média, na diferenciação de duas unidades de solo com horizonte B textural, utilizando bacias hidrográficas e amostras circulares, PIEDADE et alii (1979) verificaram que os parâmetros estudados mostraram diferenças entre as unidades de solo nos dois tipos de amostragem; contudo, os melhores resultados foram obtidos com as amostras circulares de 10 km² de área, concordando com SILVA (1977) e CARVALHO (1977).

ESPÍNDOLA (1977), considerando a relação infiltração/deflúvio, verificou através dos índices densidade de drenagem e frequência de rios, a diferenciação entre três unidades de solo, tendo concluído que o grau de evolução ou maturidade dos solos, está numa sequência inversa aos valores dos índices estudados.

ESPÍNDOLA & GARCIA (1978) obtiveram variações maiores no índice densidade de drenagem para os solos com horizonte B textural, quando comparados com solos com horizonte B latossólico.

GARCIA & ESPÍNDOLA (1980), estudando a variação no número e comprimento de rios em amostras circulares de diferentes tamanhos, concluíram que a área da amostra poderá ser menor, quanto maior for a densidade de drenagem.

MANECHINI (1981), estudando a rede de drenagem dos solos Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro ortot e Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, concluiu que: através da interpretação das imagens fotográficas, foi perfeitamente possível a distinção entre solos morfoge-

neticamente diferentes.

CARVALHO & PIEDADE (1982), estudando os parâmetros do padrão de drenagem de bacias hidrográficas e amostras circulares em áreas do Estado de São Paulo de ocorrência dos Solos Podzólicos Vermelho-Amarelo variação Piracicaba + Litossolo fase substrato argilito/folhelho e Terra Roxa Estruturada, observaram que as amostras circulares mostraram-se mais sensíveis para determinar as classes de textura topográfica, sendo que os parâmetros densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura, podem ser inferidos independentemente do tipo de amostragem (bacia hidrográfica de 3ª ordem ou amostra circular de 10 km²).

LIMA (1984), através da fotointerpretação das características do padrão de drenagem na diferenciação de dois solos com horizonte B latossólico e um com B textural, utilizando amostras circulares, concluiu que as características quantitativas do padrão de drenagem, frequência de rios, razão de textura topográfica, bem como o comprimento médio dos canais, que é um componente da rede de drenagem, não permitiram uma distinção entre os solos com B latossólico; contudo, seus valores permitiram diferenciá-los do solo com B textural, significativamente.

Sendo que a densidade de drenagem foi o parâmetro que se mostrou mais eficiente para distinguir significativamente o comportamento hidrológico das três unidades de solo estudados. NOGUEIRA (1979), em estudo das características quantitativas do padrão de drenagem, também observou ser a densidade de drenagem o parâmetro mais eficiente na diferenciação entre unidades de solo.

2.3. Características do Relevo e relações com solos

Relevo pode ser definido como a diversidade

de aspectos da superfície da crosta terrestre, ou seja, o conjunto de desnivelamento da superfície do globo. Para a topografia, o relevo é definido sempre como a diferença de cota entre um ponto e outro. Entretanto, para a geologia e morfologia, é um termo descritivo, sujeito a explicação e interpretação, sendo esse termo usado como sinônimo de diferentes tipos de paisagens (GUERRA, 1 979).

Segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1 960), as relações entre o desenvolvimento do relevo e a idade dos solos, correspondem à história da erosão e sedimentação, bem como à idade do solo em um determinado local. Relevo e solos velhos, podem ser encontrados desde que não exista erosão e sedimentação marcantes em uma determinada área, por um período longo de tempo. Isso ocorre, em geral, em áreas com velhos sedimentos, com grandes extensões e topografia plana ou ligeiramente ondulada. Já os solos mais jovens podem ser encontrados em sedimentos recentes, principalmente nos lugares que têm sido influenciados por erosões recentes.

Para Ternier & Quantin, conforme citação de CARVALHO (1 981), o relevo tem maior influência no grau de evolução dos solos, do que as diferenças de idade dos materiais originários e paleoclimas ou das modificações climáticas existentes.

Conforme citação de VIEIRA (1 975), o relevo ou topografia que denota a configuração da superfície da terra é um importante fator no processo evolutivo do solo. A sua influência na formação do solo e no desenvolvimento do perfil, é marcante.

Dokuchaev, eminente geólogo russo, um dos iniciadores da pedologia moderna, foi quem atribuiu importância ao relevo ao estabelecer correlação entre o solo e o relevo. Segundo ele, a topografia poderá modificar o per-

fil do solo de três maneiras:

- a) - facilitando a absorção e retenção de água de precipitação pelo solo-relação de umidade;
- b) - influenciando no grau de remoção de partículas do solo pela erosão;
- c) - facilitando a movimentação do material em suspensão ou em solução, para outras áreas.

Segundo PENTEADO (1 968), os solos refletem - um equilíbrio frágil entre relevo, clima e vegetação. A evolução dos solos é acompanhada pela das vertentes. Quando os fatores estão em equilíbrio, resulta também numa topossequência em equilíbrio, na qual os horizontes do solo apresentam, quase a mesma relação de espessura, do topo até a base da encosta, ocorrendo pequena diminuição do horizonte A no topo de maior inflexão (zona de maior transporte) e ligeiro aumento na base (zona de acúmulo dos detritos).

Os estudos de solos devem ter início no reconhecimento e avaliação dos elementos da paisagem, assim como, na relação dos solos e elementos da paisagem RUHE(1 960). Já MILNE (1 935), quando estabeleceu o conceito de catena , não leva em consideração a dinâmica da paisagem, uma vez que coloca solos interligados numa sucessão topográfica sob diferentes condições de drenagem, cada um influenciando o desenvolvimento do seu vizinho.

Segundo RAY (1 963), cada padrão de relevo está associado com um processo geomórfico específico de erosão ou deposição , refletindo a origem e o caráter geral da paisagem; e a evolução das feições topográficas do relevo , associadas com o processo de erosão e deposição, propiciam uma excelente base para uma estratificação da paisagem pela origem das suas formas e tipos de material superficial.

HORTON(1 945), SMITH(1 950) & STRAHLER(1 957), entre outros autores, têm demonstrado a existência de fortes relacionamentos entre as características da rede de drenagem e as condições topográficas; e que, muitas vezes, variações no comportamento da drenagem refletem alterações das condições topográficas de uma região.

SILVA(1 977), através das alterações da relação infiltração/deflúvio, atribuiu o grau de desenvolvimento das redes de drenagem, em primeiro lugar ao relevo e, em segundo, ao controle geológico. Já para FRANÇA(1 968), as variações verificadas no padrão de drenagem foram atribuídas, em primeiro lugar à natureza do solo, vindo em seguida a posição topográfica, a natureza e profundidade do substrato rochoso.

Para Hilwig & Karale, citados por ANGULO FILHO(1 986), tanto os elementos do relevo como das vertentes, são caracterizados por uma alta relação com as condições do solo e uma alta coincidência com os limites dos solos.

ANGULO FILHO (1 981) considera que as características do padrão de drenagem foram condicionadas pela natureza e propriedades dos solos estudados, natureza e profundidade do substrato rochoso, posição que ocupam no relevo, bem como a vegetação e o uso da terra, em cada período considerado, modificando as características da drenagem.

O relevo é considerado como um dos critérios mais importantes da Fotopedologia, sendo muito utilizado para estudos de solos em fotografias aéreas convencionais, por apresentarem a vantagem da observação em terceira dimensão, através do emprego de pares estereoscópicos, segundo citação de ROURKE & AUSTIN(1 951), LUEDER(1 959) e outros.

As unidades de solo não ocorrem ao acaso na paisagem; elas possuem um padrão de distribuição que está

relacionado à forma do terreno, ao material de origem, à influência das plantas que nele vivem e da maneira pela qual o homem o tem utilizado. Geralmente, as diferentes unidades de solo têm um padrão de distribuição que se repete, o qual está associado com o relevo (SMITH & AANDAHL, 1 957).

Para AMARAL & AUDI(1 972), o relevo é um dos principais agentes formadores do solo e, com sua variação, deve-se esperar diferenças nos solos. A recíproca, porém, não é verdadeira, pois o solo pode variar mesmo sem variar o relevo, em função de possíveis variações nos demais fatores de formação do solo.

Segundo AVERBECK & SANTOS(1 969), a variação na declividade geralmente implica em variação do solo. O relevo, a declividade e as formas de erosão resultam, na fotografia aérea, em diferenças no padrão e na textura fotográfica.

Wong et alii, utilizando cartas topográficas para a realização de medidas quantitativas dos fatores do relevo (declividade média, relevo local médio, relação relevo/elevação) através de amostras quadradas para estudos de diferenciação de solos, sendo que o método de Wentworth para o cálculo da declividade mostrou-se de grande eficiência. O método de Wentworth foi usado por KOFFLER(1 982), para cálculo da declividade média do terreno, que recomenda a sua utilização, em vez do método de STRAHLER(1 956), pois além de apresentar resultados semelhantes, é de mais fácil aplicação.

MARCHETTI(1 969), estudando por meio de fotos aéreas a significância de atributos do relevo de alguns solos da região de Piracicaba, concluiu que os índices de relevo representados pela razão de relevo, declive máximo da encosta e razão de declives, mostraram-se dignos de confian

ça para a distinção entre solos.

POLITANO(1 980), estudando o relevo e a rede de drenagem na diferenciação de solos de mesmo tipo climático e perfis com horizonte B textural, concluiu que os índices de relevo foram tão eficazes quanto os da rede de drenagem.

LEÃO(1 983), estudando índices de relevo na diferenciação de solos com B latossólico e B câmbico, encontrou resultados positivos para os índices amplitude altimétrica e razão de relevo, evidenciando assim, aptidão destes índices para a distinção dos solos estudados.

Os índices de relevo(declividade média, relevo local médio e comprimento médio da vertente), estudados por VALERIO FILHO(1 984), mostraram-se mais eficazes que os índices de drenagem na distinção de solos, sendo que os dois primeiros índices mostraram-se com maior eficácia que o comprimento médio da vertente.

ANGULO FILHO(1 986), estudando os índices de relevo(declividade média, amplitude altimétrica máxima e comprimento médio da vertente), concluiu que todos mostraram-se eficientes na diferenciação dos solos: Latossolo Vermelho-Amarelo; Solo Podzólico Vermelho-Amarelo e Litossolo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Materiais

3.1.1. Características Gerais das Áreas Estudadas

3.1.1.1. Localização Geográfica

Foram estudadas três unidades de solo: Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa; Latossolo Vermelho Escuro orto, e Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras (COMISSÃO DE SOLOS, 1960).

O Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa, representando 5,0% da área do Estado de São Paulo, ocupa uma área, localizada entre os paralelos 22°51' e 22°55' S e os meridianos 48°30' e 48°43' W.Gr., denominada de área A.

O Latossolo Vermelho Escuro orto, representando 4,4% da área do Estado de São Paulo, ocupa uma área localizada entre os paralelos 22°36' e 22°47' S e os meridiais

nos $47^{\circ}27'$ e $47^{\circ}33'$ W.Gr., denominada de área B.

O solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, que representa 3,5% da área do Estado de São Paulo, ocupa uma área, localizada entre os paralelos $22^{\circ}28'$ e $22^{\circ}40'$ S e os meridianos $47^{\circ}31'$ e $47^{\circ}38'$ W.Gr., denominada de área C.

As áreas estudadas estão representadas na Figura 1.

Segundo a Divisão Regional do Estado de São Paulo, as áreas em estudo estão contidas no Alto Planalto e Médio Tietê (COMISSÃO DE SOLOS, 1960); e segundo a Divisão Geomorfológica do Estado de São Paulo, estão contidas nas Cuestas Basálticas e Médio Tietê (ALMEIDA, 1964), conforme ilustra a Figura 2.

3.1.1.2. Relevo

A - Relevo Geral

Os terrenos ocorrentes na Depressão Periférica, mais especificamente na zona do Médio Tietê, de um modo geral apresentam topografia pouco acentuada, com desníveis locais que só excepcionalmente ultrapassam 200 metros. Predominam, em todas as partes, colinas baixas, de formas suavizadas, separadas por vales jovens, sem planícies aluviais importantes, determinadas pela intersecção de perfis convexos das vertentes.

Esta zona é toda coberta por uma rede de drenagem bem organizada, em cuja hierarquia salientam-se o rio Tietê e os seus afluentes, o Piracicaba e o Sorocaba, sendo que a drenagem é predominantemente dendrítica (ALMEIDA, 1964).

Os terrenos ocorrentes na Cuesta Basáltica

Figura 1. Mapa do Estado de São Paulo, com as áreas de estudo .

Figura 2. Regiões Fisiográficas do Estado de São Paulo,
 FONTE: ALMEIDA (1 964)

(ALMEIDA, 1 964), que equivalem a grosso modo à sub-região Alto Planalto da COMISSÃO DE SOLOS (1 960), caracterizam-se por apresentarem as maiores altitudes das cristas entre 1000 e 1200 m, enquanto que os principais rios consequentes, que os atravessam, o Tietê, o Paranapanema e o Grande, fazem -no em altitudes respectivamente de 420m, 540m e 520m. Não são raros desníveis locais, das mais elevadas serras, que excedem 400 m. Esses valores dão idéia perfeitamente de como é acidentado o relevo dessa província, visto que ele se apresenta como uma faixa montanhosa separando a Depressão Periférica da região do Planalto Ocidental.

A rede de drenagem das cuestas basálticas é inteiramente dominada pelos rios consequentes e seus pequenos afluentes (ALMEIDA, 1 964).

B - Relevo Local

Segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1 960), na área A, correspondente à unidade Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa, o relevo é suavemente ondulado, com pendentes de centenas de metros, ou plano ou, mais raramente ondulado, e mesmo assim de pendentes alongados. A altitude das áreas de ocorrência dessa unidade, varia de 500 a 1000 metros, estando uma grande parte situada entre 600 e 900 metros.

Na área B, representando a unidade Latossolo Vermelho Escuro orto, geralmente ocorre um relevo que varia de suavemente ondulado a ondulado, com topos achatados e vertentes convexas de centenas e até milhares de metros, com declives que variam de 2 a 5%.

Também ocorre, quando o relevo apresenta-se ondulado, com topos arredondados e com vertentes convexas de centenas de metros, com declives variando de 5 a 15%.

As altitudes em que ocorre essa unidade va
riam de 540 a 700 metros.

Na área C, a unidade Solo Podzólico Vermelho
-Amarelo variação Laras, ocorre em geral em relevos ondula
do e forte ondulado, com elevações de 20 a 50 metros de al-
titude relativa.

As elevações apresentam topo ligeiramente -
plano ou arredondado, com vertentes convexas de declives em
dezenas de metros e vales de fundo côncavo, ocorrendo em al-
titudes entre 400 e 700 metros, com maior frequência entre
500 e 600 metros.

3.1.1.3. Geologia

A área A (Figura 1), de ocorrência do Latos-
solo Vermelho-Amarelo fase arenosa, é constituída geologica-
mente de sedimentos do Grupo Bauru, Formação Marília que se
caracteriza por depositar-se em um embaciamento localiza do
desenvolvido ao término da deposição Bauru, repousando dire-
tamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral (IPT, 1981).

Segundo Suguio et alii (1 975, 1 977), cita-
dos por IPT (1 981), essa sedimentação da Formação Marília
desenvolveu-se em embaciamento restrito em regimes torren
ciais e com deposição de pavimentos detríticos em clima se
mi-árido, que propiciou a cimentação desses detritos por car
bonatos.

Segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1 960), o mate
rial de origem do LVa é o arenito Botucatu e o arenito de
Furnas, em discordância com o Mapa Geológico do Estado de
São Paulo do IPT (1 981), que mapeou a área de ocorrência
dessa unidade de solo como Grupo Bauru-Formação Marília, de

origem flúvio - lacustre .

A área B (Figura 1), de ocorrência da unidade Latossolo Vermelho Escuro orto, é constituída geologicamente de sedimentos do Grupo Passa-Dois, Formação Corumbataí.

A Formação Corumbataí, em sua parte inferior, apresenta siltitos, argilitos e folhelhos cinzentos a roxo-acinzentados podendo possuir cimentação calcária. Segue-se uma sucessão de camadas siltosas alternadas com camadas delgadas cuja litologia varia entre argilosa e arenosa fina (IPT, 1 981).

Analogamente, a COMISSÃO DE SOLOS (1 960), afirma ser o material de origem desses solos, sedimentos finos-argilitos, podendo ocorrer também folhelhos.

A área C (Figura 1), de ocorrência da unidade Solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras, é constituído geologicamente do Grupo Tubarão, Formação Itararé, cuja litologia predominante são arenitos de granulação heterogênea, mineralogicamente imaturas, constituindo desde camadas delgadas a bancos maciços, ou com estratificação plano-paralela a cruzada, de corrente aquosa, podendo ser devida à várias origens: fluvial; marinhas; lacustre; eólica.

3.1.1.4. Clima

O clima da área (A), segundo o Sistema de Köppen, é do tipo Cfa - mesotérmico úmido sem estação seca, onde a temperatura média do mês mais quente é maior que 22°C e a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, apresentando o mês mais seco com mais de 30 mm de chuva; o total anual de chuvas está compreendido en-

tre 1200 e 1300 mm (COMISSÃO DE SOLOS, 1 960).

As duas outras áreas (B e C), apresentam clima do tipo Cwa de Köppen, isto é, mesotérmico úmido com estiagem de inverno, onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C e a do mês mais quente é superior a 22°C, sendo a precipitação média do mês mais seco inferior a 30 mm; apresentando um total anual de chuvas de 1300 a 1400 mm (COMISSÃO DE SOLOS, 1 960).

3.1.1.5. Vegetação Original

A cobertura vegetal da unidade Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa é variável de acordo com a variação da unidade, podendo de uma forma geral ser dividida em: - vegetação das partes altas; das partes baixas e das transições, particularmente para Latossolo Roxo.

Nas partes altas, o tipo de cobertura é de campo limpo, campo cerrado e cerrado, sendo que nas áreas de campo limpo, há um predomínio quase total do campim barba-de-bode (*Aristida pallens*), enquanto que o campo cerrado e o cerrado estão formados por duas associações vegetais: uma composta de barba-de-bode com outras gramíneas; e a outra com várias espécies de parte arbóreo e arbustivo, como: a palmeira, acaule indaiá (*Attalea exigua*) e barbatimão (*Strypnodendron barbatimão*).

Já nas partes baixas a vegetação apresenta-se menos desenvolvida composta de arbustos tortuosos com abundância de indaiá e samambaia. Quanto à vegetação dos solos de transição, é o melhor tipo, principalmente quando a unidade vizinha é o Latossolo Roxo.

A cobertura vegetal da unidade Latossolo Vermelho Escuro orto no Estado de São Paulo, é geralmente de campo, campo cerrado e floresta latifoliada tropical.

Na unidade Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, pelo remanescente da vegetação primitiva, deverá ter sido do tipo floresta semidecídua, sendo que agora há um predomínio de campo cerrado.

3.1.1.6. Solos

Os solos estudados no presente trabalho são classificados, segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1 960), como Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa), de ocorrência na área A; Latossolo Vermelho Escuro orto (LE) e Solo Podz^olico Vermelho-Amarelo variação Laras (PVls), ocorrentes nas áreas B e C, respectivamente.

Essas unidades de solo, segundo IAC/CATI/EMBRAPA/RADAMBRASIL (1 980 a 1 986), pertencem à seguintes - classes, respectivamente:

- Latossolo Vermelho-Amarelo álico (ou distrófico), A moderado (alguns proeminentes), textura média, fase relevo suave ondulado;
- Latossolo Vermelho Escuro álico (ou distrófico), A moderado, textura argilosa (ou muito argilosa), fase relevo suave ondulado;
- Solo Podz^olico Vermelho-Amarelo Tb(ou Ta), álico (ou distrófico) (abruptico ou não), A moderado, textura arenosa/média, fase relevo ondulado.

Na Tabela 1 são apresentadas as principais características dessas unidades de solo, segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1 960).

TABELA 1: Principais Características das Unidades de Solo Estudadas Segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1 960) e IPT (1 981).

Características	Lva	LE	PVls
Localização	Município Botucatu	Munic. Piracicaba e Iracemópolis	Munic. Piracicaba, Iracemópolis, Limeira.
Geologia	Grupo Bauru	Grupo Passa-Dois	Grupo Tubarão
	Formação Marília	Formação Corumbataí	Formação Itararé
Litologia	Arenitos	Siltitos, argilitos, folhelhos	Arenitos
Tipo Climático (Köppen)	Cfa	Cwa	Cwa
Relevo	Suavemente ondulado.	Suavemente ondulado	Ondulado a Forte ondulado.
Profundidade	Muito profundo	Muito profundo	Profundo
Drenagem Interna	Bem drenado	Bem drenado	Moderadamente drenado.
Text. Horizonte A	Barro Argilo arenoso	Argila	Areia barrenta
Text. Horizonte B	Barro Argilo arenoso	Argila	Barro Argilo arenoso

cont...

Características	LVa	LE	PVls
Estrutura do Horiz.B	Granular muito pequena	Granular muito pequena a pequena	Blocos subangulares pequenos a médios.
Cor predominante do Horizonte B	Vermelho amarelado (5YR 4/6 a 4/8) a Bruno forte (7,5YR 5/6 e 5/8).	Vermelho Escuro (2,5 YR 3/3)	Bruno forte (7,5YR 5/6 e 5/7).
Retenção de Água	Média	Alta	Média
Fertilidade	Baixa	Média	Baixa
Vegetação Natural	Cerrado, Campo Cerrado, Campo	Floresta latifoliada tropical, Cerrado	Floresta latifolia da Tropical Semidecídua, Cerrado.
Uso Atual	Cana, pastagem natural, café, reflorestamento	Cana, Pastagem	Cana, Pastagem

3.1.2. Material Cartográfico

No presente trabalho foram utilizadas para a caracterização das áreas estudadas:

- a) - Cartas planialtimétricas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo - Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), na escala 1:10.000, editadas em 1 979;
- b) - Carta de Solos do Estado de São Paulo (COMISSÃO - DE SOLOS (1960), escala 1:500.000;
- c) - Mapa Geológico do Estado de São Paulo IPT (1 981), escala 1:500 000.

3.1.3. Material Fotográfico

Com o auxílio de fotografias aéreas verticais pancromáticas, na escala nominal aproximada 1:25 000, com recobrimento de 60% na faixa de vôo e de 30% entre as faixas adjacentes, provenientes da cobertura aerofotogramétrica do Estado de São Paulo realizada em 1 972 pela Terrafoto S.A. para o IBC/GERCA (Instituto Brasileiro do Café - Grupo Executivo da Racionalização da Cafeicultura), cujo formato das fotografias é de 23cm x 23cm; apresentando uma área coberta por fotografias de aproximadamente 33 km².

Para a seleção das fotografias aéreas, utilizaram-se reproduções fotográficas de foto-índices confeccionados na escala aproximada de 1:100.000.

3.1.4. Equipamentos

Para a observação da rede de drenagem em estereoscópio

pia, utilizou-se estereoscópio de espelho marca WILD modelo ST 4.

Como equipamento auxiliar foram empregados : curvímetero marca "Derby", régua graduada, compasso de ponta seca.

3.2. Métodos

3.2.1. Seleção das Áreas Estudadas

As áreas de estudo foram selecionadas após escolha dos solos que serviriam de base para o trabalho, ou seja, dois solos com horizonte B latossólico - Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa) e Latossol Vermelho Escuro orto (LE); e outro com horizonte B textural - Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras (COMISSÃO DE SOLOS, 1960). Esses solos refletem, na imagem fotográfica, padrões de drenagem diferentes, uma vez que pertencem a unidades de solos morfogeneticamente diferentes.

Com o auxílio dos fotoíndices dessas regiões, na escala aproximada de 1:100 000, foi feita a localização das fotografias aéreas que continham as unidades de solo de interesse específico nas áreas de estudo.

A seguir, essas áreas foram localizadas nas cartas planialtimétricas na escala 1:10.000.

3.2.2. Obtenção e Montagem dos Mapas de Drenagem

Submetendo-se as fotografias aéreas a exames estereoscópicos, foram traçados, sobre folhas de poliéster transparente, os canais de drenagem visíveis na imagem fotográfica; canais esses, considerados cursos d'água perma-

nentes ou temporários, desde que fizessem parte funcional do sistema de drenagem, conforme sugerem STRAHLER (1 957) , LUEDER (1 959), procedimento que foi adotado por FRANÇA (1 968) e seguido por vários pesquisadores.

No traçado das redes de drenagem, utilizou-se a área útil das fotografias, diminuindo assim, em grande parte, os problemas com distorções de escala, bastante frequentes nas bordas das fotografias. Montou-se então os conjuntos de templetos que continham o traçado da rede de drenagem, para cada uma das unidades de solo em estudo, obtendo como produto final, os mapas básicos de drenagem.

3.2.3. Seleção das Amostras Circulares

No presente estudo utilizou-se o sistema de amostragem circular, tendo em vista que no estudo quantitativo dos padrões de drenagem , este método tem-se mostrado mais eficiente quando comparado com a amostragem representada por bacias hidrográficas, conforme trabalhos de FRANÇA (1 968), SOUZA (1 975), SILVA (1 977), CARVALHO (1 977) , PIEDADE (1 979), POLITANO (1 980), MANECHINI (1 981).

As amostras circulares utilizadas são de 10 km² de área, conforme sugerido primeiramente por RAY & FISCHER (1 960) para estudos litológicos e adotado por FRANÇA (1 968) em estudos pedológicos. Essas amostras são representativas das três unidades de mapeamento estudados, visto terem sido demarcadas em áreas de ocorrência dessas unidades, segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1 960).

De posse dos mapas básicos de drenagem, selecionaram-se para cada área de estudo, quatro amostras circulares, para o estudo das características dimensionais da drenagem.

Procurou-se na demarcação dessas amostras , que elas abrangessem o maior número de canais de drenagens de ordens inferiores, com base no sistema de HORTON(1 945) modificado por STRAHLER(1 957), conforme recomendação de NO GUEIRA(1 979). Observando-se também, para que as amostras atingissem as partes mais elevadas do relevo, onde se situam as cabeceiras da drenagem, que representam melhor as condições hidrológicas do perfil do solo (CARVALHO, 1 977).

3.2.4. Análise das Redes de Drenagem

Foram contados os números de segmentos de rios das redes de drenagem contidos nas amostras circulares e especificados segundo a ordem de ramificação, obedecendo a classificação de STRAHLER(1 957) para bacias hidrográficas. Considerou-se também como segmento de primeira ordem de ramificação, os que cortaram o perímetro da amostra circular.

Foram medidos os comprimentos totais dos segmentos de rios e calculados os comprimentos médios relacionando o comprimento total com o número total de segmentos de rios das amostras circulares.

O estudo do padrão de drenagem foi feito através de suas características descritivas e quantitativas.

A análise descritiva ou qualitativa das redes de drenagem foi feita observando-se as seguintes características: tipo ou modelo do padrão, sugerido por PARVIS (1 950); grau de integração, densidade, grau de uniformidade, orientação, grau de controle, ângulos de junção e angularidade, de acordo com LUEDER(1 959), além de possíveis anomalias dos padrões, sugeridos por RICCI & PETRI (1 965).

As características quantitativas, determina-

das em amostras circulares foram as seguintes:

a) Densidade de Drenagem (Dd)

É expressa pela relação entre o comprimento total dos canais contidos na amostra circular (Lt) e sua respectiva área (A), segundo RAY & FISCHER (1 960), sendo expressa em km/km².

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

b) Frequência de Rios (F)

É expressa pela relação existente entre o número - total de rios da amostra circular (N) e sua respectiva área (A), segundo SOUZA(1 975), sendo expressa em número de rios/km².

$$F = \frac{N}{A}$$

c) Razão de Textura (T)

Determinada segundo FRANÇA(1 968) e adaptada para amostra circular por SOUZA(1 975), onde relaciona o número total de rios da amostra circular (N) com o respectivo perímetro (P), sendo expressa em número de rios/km.

$$T = \frac{N}{P}$$

d) Razão de Textura Média (Tm)

Determinada pela média aritmética das razões de textura de amostras circulares, segundo SOUZA(1 975).

d) Classe de Textura Topográfica

Determinada pela classificação de SMITH(1 950) e a daptada por FRANÇA(1 968) ao sistema métrico, sendo estendida para amostras circulares por SOUZA(1 975).

3.2.5. Análise dos Parâmetros de Relevô

As amostras circulares de 10 km², demarcadas sobre as fotografias aéreas na escala 1:25 000, foram corrigidas para a escala 1:10 000 e transferidas para as cartas planialtimétricas na escala 1:10 000, sobre as quais foram determinados os índices de relevo: Declividade média (dw) , amplitude altimétrica máxima (Hm) e comprimento médio da vertente (CVm).

Partindo do método proposto por WENTWORTH (1 930) e adaptado por KOFFLER(1 982), é que se obteve a declividade média (dw), método também utilizado por VALÉRIO - FILHO(1 984) e ANGULO FILHO(1 986) com resultados satisfatórios quando utilizados para amostras circulares.

O método de WENTWORTH(1 930) baseia-se no número de curvas de nível interceptadas por linhas dispostas nas direções Norte-Sul, Leste-Oeste, Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste, dentro da amostra circular transferida para a carta planialtimétrica na escala 1:10 000, conforme mostra a Figura 3. Sendo que o cálculo da declividade média (dw) foi efetuado pela fórmula.

$$dw = \frac{E.N}{636,6}$$

onde:

E é a equidistância vertical das curvas de nível, em me-

tros;

N é o número médio das curvas interceptadas por quilômetro;

636,6 é uma constante gerada pela transformação da fórmula original para o sistema métrico decimal.

Seguindo sugestão de CRISTOFOLETTI(1 980) , mediu-se a amplitude altimétrica máxima (Hm), que corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a média dos pontos mais elevados entre os canais de primeira ordem do trecho inferior da amostra considerada, sendo que no mínimo foram considerados dez pontos.

Este índice foi utilizado por ANGULO FILHO (1 986) e corresponde ao relevo local médio sugerido por GARCIA(1 982).

A amplitude altimétrica máxima (Hm), foi obtida para cada amostra circular representativa dos solos estudados, decalcadas sobre as cartas planialtimétricas na escala 1:10.000.

Na Figura 4 é feita uma representação esquemática das leituras da amplitude altimétrica máxima.

Outro índice analisado no presente trabalho, é o comprimento médio da vertente (CVm)

Para se obter o comprimento médio da vertente, utilizou-se o mesmo procedimento de VALÉRIO FILHO(1984) e ANGULO FILHO(1 986), o qual consiste em medir, com auxílio de uma escala graduada, a distância entre os pontos de cotas mais elevadas e o canal de drenagem, tendo-se procurado medir somente os comprimentos das linhas que eram normais aos canais de drenagem e, por cálculo, obteve-se o comprimento médio da vertente em metros, de todas as leituras possíveis obtidas em cada amostra circular de 10 km².

Fig.3. Modelo de amostragem de Wentworth(1 930) adaptado por KOFFLER(1 982).

Fig.4. Representação esquemática das leituras da Amplitude Altimétrica Máxima (Hm)

Fig.5. Representação esquemática da forma de leitura do Comprimento Médio do Vertente(CVm)

Na Figura 5 é feita uma representação esquemática da leitura do comprimento médio da vertente.

3.2.6. Análise Estatística

No presente trabalho foram obtidas as relações funcionais entre os parâmetros da composição da rede de drenagem com os do relevo e com os índices do padrão de drenagem; índices do padrão de drenagem com os parâmetros do relevo, estudados em amostras circulares; coeficiente de correlação (r); coeficiente de determinação (r^2) e teste F para a regressão.

Na análise estatística das características quantitativas dos parâmetros de relevo, dos índices do padrão de drenagem e da composição da rede, utilizou-se o teste "t" para verificação dos contrastes ortogonais entre as médias dos três solos:

Contraste 1: $\overline{PVls}$ Vs. $(\overline{LE} + \overline{LVa})$

Contraste 2: $\overline{LE}$ Vs. $\overline{LVa}$

Em classificações de uma entrada, com amostras de mesmo tamanho, vários estudos matemáticos mostraram que os testes "t" ou "F" são pouco afetados por não normalidade moderada segundo, SNEDECOR & COCHRAN (1974). No entanto, com dados não normais, a variância dentro de uma classe está frequentemente relacionada com a média da classe, não se podendo utilizar a estimativa conjunta da variância do erro, s^2 , para verificação dos contrastes entre médias de classes. Segundo SNEDECOR & COCHRAN (1974), os métodos alternativos são:

a) - Quando a relação entre média e variância é causada por

não normalidade pode-se utilizar transformações matemáticas nos dados, que não só estabilizam a variância como aproximam os dados da normalidade, permitindo o uso da variância conjunta do erro para qualquer comparação entre médias;

- b) - Calcular a variância do contraste a partir das variâncias, individuais de cada média. Este é um método seguro, mas tem a desvantagem de redução do número de graus de liberdade associado à variância do contraste. O teste "t" (ou "F") resultante é chamado de teste "t" (ou "F") conservativo.

4. RESULTADOS

Os resultados obtidos na realização do presente estudo são apresentados a seguir.

4.1. Amostras Circulares Representativas da Drenagem e do Relevo

As amostras circulares das redes de drenagem representativas dos três solos estudados, obtidas de fotografias aéreas na escala 1:25 000, estão representadas da seguinte maneira:

- as amostras da unidade Latossolo Vermelho-Amarelo fa se arenosa estão ilustradas nas Figuras 6 e 7.
- as amostras da unidade Latossolo Vermelho Escuro or to estão ilustradas nas Figuras 8 e 9;
- as amostras da unidade Solo Podzólico Vermelho-Amareu

lo variação Laras estão ilustradas nas Figuras 10 e 11.

As amostras circulares obtidas das cartas planialtimétricas na escala 1:10 000, representativas das unidades de solo estudados e que correspondem às da rede de drenagem, são apresentadas da seguinte maneira:

- as amostras da unidade Latossolo Vermelho-Amarelo fa se arenosa estão ilustradas nas Figuras 12 a 15;
- as amostras da unidade Latossolo Vermelho Escuro or to estão ilustradas nas Figuras 16 a 19;
- as amostras da unidade Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras estão ilustradas nas Figuras 20 a 23.

4.2. Características das Redes de Drenagem

4.2.1. Composição da Rede de Drenagem

4.2.1.1. Número de Rios

O número de segmentos de rios observados em cada ordem da ramificação, o número total de rios, bem como as respectivas médias aritméticas e o erro padrão da média, para as amostras circulares representativas dos três solos estudados, são apresentados na Tabela 2.

4.2.1.2. Comprimento Total de Rios

Os comprimentos totais de segmentos de rios observados para as amostras circulares, bem como as médias e o respectivo erro padrão, são apresentados na Tabela 3.

4.2.1.3. Comprimento Médios dos Canais de Drenagem Superficial, a Média e o Erro Padrão da Média, são apresentados na Tabela 4.

4.2.2. Características do Padrão de Drenagem

4.2.2.1. Características Descritivas do Padrão de Drenagem

As características descritivas das redes de drenagem dos três solos estudados, segundo LUEDER (1959), tipo ou modelo segundo PARVIS (1950), obtidas por LIMA, 1984, são apresentadas na Tabela 5.

4.2.2.2. Características Quantitativas do Padrão de Drenagem

As características quantitativas dos padrões de drenagem, o comprimento médio dos canais de drenagem, bem como as classes de textura topográfica, são apresentados na Tabela 6.

4.3. Características do Relevo

4.3.1. Características Quantitativas dos Parâmetros de Relevo

As Características quantitativas do relevo: Comprimento médio de vertente (CVm); Declividade média (dw) e amplitude altimétrica máxima (Hm), bem como suas médias e respectivo erro padrão, para as amostras circulares representativas dos três solos estudados, são apresentados na Tabela 7.

4.4. Análise Estatística

Os resultados obtidos nas relações funcionais, equações de regressão, coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (r^2) e teste F para a regressão, são apresentados na Tabela 8.

As transformações matemáticas utilizadas nos dados de características quantitativas dos parâmetros de relevo e do índice do padrão de drenagem (Dd), permitiram homogeneizar a variância para as características Declividade média ($\sqrt{x}$), Amplitude Altimétrica Máxima (x^2) e Densidade de Drenagem ($\ln(x+1)$); o teste "t" calculado foi, portanto, comparado com o valor crítico ao nível de 5%, com 9 gl: $t=2,26$. Para as demais características, as transformações a seguir, apenas reduziram a heterogeneidade de variância: Comprimento Médio da Vertente ($\ln N$); Frequência de Rios ($\sqrt{\ln(x+1)}$) e Razão de Textura ($\sqrt{\ln(x+1)}$); por esse motivo utilizou-se o teste "t" conservativo, ao nível de 5%, com apenas 3 gl: $t = 3,18$. Os resultados do teste "t" para as duas comparações entre médias consideradas, são apresentados na Tabela 9.

Na análise dos dados de Comprimento Total de Segmentos de Rios, de Número de Segmentos de Rios e de Comprimento médio dos Segmentos de Rios, verificou-se:

A transformação matemática $\sqrt{x}$ homogeneizou

a variância para os dados de comprimento total de rios, permitindo a comparação do teste "t" calculado para os contrastes, com o valor crítico a 5%, com 9 gl : $t = 2,26$. Para os dados de número de segmentos de rios e comprimento médio, as transformações $\ln x$ e $\sqrt{x}$, respectivamente, reduziram muito a heterogeneidade das variâncias, mas utilizou-se o teste "t" conservativo: $t = 3,18$. A Tabela 10 apresenta os resultados do teste "t" para as duas comparações entre médias consideradas.

Figura 6. Amostras Circulares LVa 1 e LVa 2 Representativas da Unidade Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.

Figura 7. Amostras Circulares LVa 3 e LVa 4 Representativas da Unidade Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.

Figura 8. Amostras Circulares LE 1 e LE 2 Representativas da Unidade Latossolo Vermelho Escuro orto.

Figura 9. Amostras Circulares LE 3 e LE 4 Representativas da Unidade Latossolo Vermelho Escuro orto.

Figura 10. Amostras Circulares PVls 1 e PVls 2 Representativas da Unidade Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.

Figura 11. Amostras Circulares PVls 3 e PVls 4 Representativas da Unidade Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.

Figura 12. Amostras Circulares, LVa-1 (10km²) do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.

Figura 13. Amostra Circular, LVa-2 (10km²) do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.

Figura 14. Amostra Circular LVa-3 (10km²) do relevo em La
tossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.

Figura 15. Amostra Circular LVa-4 (10km²) do relevo em Latos solo Vermelho Amarelo fase arenosa.

Figura 16. Amostra Circular LE-1 (10km²) do relevo em Latos solo Vermelho Escuro orto.

Figura 19. Amostra Circular LE-4 (10km²) do relevo em La
tossolo Vermelho Escuro orto.

Figura 20. Amostra Circular PVls-1 (10km²) do relevo em Solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

Figura 21. Amostra Circular PV1s-2 (10km²) do relevo em -
Solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

Figura 22. Amostra Circular PVls-3 (10km²) de relevo em Solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

Figura 23. Amostra Circular PVls-4 (10km²) de relevo em So
lo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

TABELA 2. Número de segmentos de rios observados em cada ordem de ramificação e o total para as amostras circulares representativas dos solos estudados; médias e respectivos erros padrões.

SOLO	ORDEM	Número de rios em cada ordem				MÉDIA	Erro Padrão da Média	
		Amostras	Circulares					
		LE-1	LE-2	LE-3	LE-4			
LE	1º	8	10	8	13	9,75	±	1,18
	2º	2	3	2	4	2,75	±	0,78
	3º	1	1	1	1	1,00	-----	
	4º	-	-	-	-	-----	-----	
	Total (N _t)	11	14	11	18	13,50	±	1,66
		LVa-1	LVa-2	LVa-3	LVa-4			
LVa	1º	24	20	19	23	21,50	±	1,19
	2º	6	5	7	6	6,00	±	0,41
	3º	1	1	1	1	1,00	-----	
	4º	-	-	-	-	-----	-----	
	Total (N _t)	31	16	27	30	28,50	±	1,19
		PVls-1	PVls-2	PVls-3	PVls-4			
PVls	1º	75	60	109	63	76,75	±	11,23
	2º	24	18	33	21	24,00	±	3,24
	3º	5	4	5	4	4,50	±	0,28
	4º	2	2	2	1	1,75	±	0,25
	Total (N _t)	105	82	149	89	106,25	±	15,04

TABELA 3. Comprimento total de segmentos de rios observados para as amostras circulares; médias e respectivos erros padrões.

SOLO	Amostra Circular	Comprimento Total em L_t Km	Média Geral	Erro padrão de Média
LE	LE - 1	6,70	8,35	$\pm 0,98$
	LE - 2	11,00		
	LE - 3	7,05		
	LE - 4	8,65		
LVa	LVa- 1	16,70	14,88	$\pm 0,91$
	LVa- 2	14,50		
	LVa- 3	12,50		
	LVa- 4	15,80		
PVls	PVls-1	27,30	25,39	$\pm 2,14$
	PVls-2	21,45		
	PVls-3	30,50		
	PVls-4	22,30		

TABELA 4. Comprimento médio dos canais de drenagem observados para as amostras circulares; médias e respectivos erros padrões.

SOLO	Amostra Circular	Comprimento Médio em		Média	Erro Padrão da Média
		Lm	Km		
LE	LE - 1	0,61			
	LE - 2	0,78			
	LE - 3	0,64		0,63	± 0,064
	LE - 4	0,48			
LVa	LVa- 1	0,54			
	LVa- 2	0,56			
	LVa- 3	0,46		0,52	± 0,022
	LVa- 4	0,53			
PVls	PVls-1	0,26			
	PVls-2	0,26			
	PVls-3	0,20		0,24	± 0,014
	PVls-4	0,25			

TABELA 5. Características Descritivas do Padrão de Drenagem dos Solos Estudados Segundo LUEDE (1 959) e Tipo Segundo PARVIS (1 950).

Características	Lva *	LE **	PVls ***
Grau de Integração	Alto	Médio	Alto
Densidade de Drenagem	Média/baixa	Baixa	Alta
Grau de Uniformidade	Pouco Uniforme	Não Uniforme	Pouco Uniforme
Orientação	Pouco Orientado	Orientado	Pouco Orientado
Grau de Controle	Baixo/Médio	Médio	Médio
Angularidade	Baixa/média	Baixa	Média
Ângulos de Junção	Agudos; ocasionalmente Retos	Retos; ocasionalmente Agudos	Agudos, passando a Retos
Tipo ou Modelo	Sub-paralelo ramificado	Sub-paralelo	Dendrítico
Anomalias	Variações locais nos ângulos de junção dos rios de 1.ª ordem e na densidade de drenagem	Angularidade moderada nos rios de 2.ª ordem e variações locais na densidade de drenagem	Variações locais na densidade de drenagem

* Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa

** Latossolo Vermelho Escuro orto

*** Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras

TABELA 6. Características Quantitativas dos Padrões de Drenagem dos Solos Estudados.

Características Quantitativas	LE				LVa				PVls			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Densidade de Drenagem (Dd)	0,67	1,10	0,71	0,87	1,67	1,45	1,25	1,58	2,73	2,15	3,05	2,23
Densidade média (Ddm)		0,84	$\pm 0,097$			1,49		$\pm 0,091$		2,54		$\pm 0,21$
Frequência de Rios (F)	1,10	1,40	1,10	1,80	3,10	2,60	2,70	3,00	10,50	8,20	14,90	8,9
Frequência de Rios Média (Fm)		1,35	$\pm 0,16$			2,85		$\pm 0,12$		10,63		$\pm 1,50$
Razão de Textura (T)	0,98	1,25	0,98	1,61	2,76	2,32	2,41	2,67	9,36	7,31	13,28	7,93
Razão de Textura Média (Tm)		1,20				2,55				9,47		
Classe de text. Topográfica		grossa				média				fina		

TABELA 7. Características Quantitativas dos Parâmetros de Relevô, valor médio e erro padrão - da média, das amostras representativas dos três solos estudados.

Características	A M O S T R A S C I R C U L A R E S											
	LVa ₁	LVa ₂	LVa ₃	LVa ₄	LE ₁	LE ₂	LE ₃	LE ₄	PVls ₁	PVls ₂	PVls ₃	PVls ₄
Comprimento médio	505,88	412,86	700,82	622,45	622,19	725,41	735,68	697,43	387,84	333,07	361,01	376,54
de vertente (Cvm)												
$\hat{m} \pm S(\hat{m})$	$\hat{m} = 560,37$	$\pm 63,49$			$\hat{m} = 695,18$	$\pm 25,64$			$\hat{m} = 364,62$	$\pm 11,86$		
Declividade	11,06	9,56	9,42	8,46	5,62	5,91	5,48	6,61	13,48	10,73	10,88	11,84
média (dm)	$\hat{m} = 9,63$	$\pm 0,54$			$\hat{m} = 5,911$	$\pm 0,25$			$\hat{m} = 11,72$	$\pm 0,63$		
Amplitude Altimétrica máxima (Hm)	43,41	53,96	52,86	57,83	20,77	23,82	14,67	57,98	40,73	38,19	51,39	61,25
	$\hat{m} = 52,02$	$\pm 3,06$			$\hat{m} = 28,31$	$\pm 3,06$			$\hat{m} = 47,89$	$\pm 5,29$		

TABELA 8. Relações funcionais entre os parâmetros da Composição da Rede de Drenagem, do Padrão de Drenagem e do Relevo obtidas para os três solos estudados.

Equação	r	r ²	F
N = -41,1264 + 55,6278 Dd	0,9519	90,61	**
N = -0,4835 + 10,0304 F	0,9995	99,89	**
N = -0,4957 + 11,2552 T	0,9989	99,89	**
L _t = -0,0921 + 10,0697 Dd	1,0000	99,99	**
L _t = 8,1381 + 1,6390 F	0,9545	91,10	**
L _t = 8,0829 + 1,8457	0,9560	91,38	**
Lm = 0,7894 - 0,2007 Dd	-0,8477	71,86	**
Lm = 0,6427 - 0,0361 F	-0,8924	79,64	**
Lm = 0,6410 - 0,0495 T	-0,7871	61,95	**
N = -65,8789 + 12,6506 dw	0,7438	55,33	**
N = 8,3963 + 0,1803 CVm	0,9529	90,81	**
N = 4,2058 + 1,0501 Hm	0,3586	12,86	ns
L _t = -6,9195 + 2,5446 dw	0,8736	76,31	**
L _t = 157,4673 - 0,2007 CVm	-0,7026	49,36	**
L _t = 15,5645 + 0,0150 Hm	0,0298	00,00	ns
Lm = 0,9638 - 0,0550 dw	-0,8012	64,20	**
Lm = 0,1280 + 0,0006 CVm	0,5401	29,17	ns
Lm = 0,4943 - 0,0007 Hm	-0,0597	00,36	ns
Dd = 0,6857 + 0,2537 dw	0,8755	76,66	**
Dd = 3,2589 - 0,0030 CVm	-0,6235	38,88	*
Dd = 1,5572 + 0,0015 Hm	0,0295	00,00	ns
F = -6,6728 + 1,2785 dw	0,7534	56,76	**
F = 15,7365 - 0,0200 CVm	-0,7022	49,31	*
F = 2,8369 + 0,0492 Hm	0,1688	2,85	ns
T = -5,9361 + 1,1379 dw	0,7535	49,51	**
T = 14,0255 - 0,0178 CVm	-0,7023	49,32	**
T = 2,5303 + 0,0439 Hm	0,1668	02,85	ns

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = não significativo.

TABELA 9. Características quantitativas dos parâmetros do relevo e de padrão de drenagem: médias dos solos e teste "t" para os contrastes entre médias.
 $C_1 = \text{PVls vs (LE + LVa)}$ e $C_2 = \text{LE vs LVa}$.

Características	Médias			Teste "t"	
	PVls	LE	LVa	C_1	C_2
Comprimento Médio da Vertente	364,62	595,18	560,50	-7,58*	1,90 ^{ns}
Declividade Média(dw)	11,73	5,90	9,62	6,89*	-6,08*
Amplitude Alt. Máxima(Hm)	47,89	28,31	52,02	0,80 ^{ns}	-2,38*
Densidade de Drenagem(Dd)	2,54	0,84	1,49	8,08*	-4,26*
Frequência de Rios (F)	10,62	1,35	2,85	12,03*	-6,21*
Razão de Textura (T)	9,47	1,20	2,54	11,99*	-6,21*

* = significativo e ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 10. Médias das características dos parâmetros da com posição da rede e teste "t" para os contrastes - entre médias. $C_1 = \overline{PVls} \text{ vs } (\overline{LE} + \overline{LVa})$
 $C_2 = \overline{LE} \text{ vs } \overline{LVa}$.

Características	Médias			Teste "t"	
	PVls	LE	LVa	C_1	C_2
Comprimento total de Rios (L_t)	25,39	8,35	14,88	8,00*	-4,07*
Número Total de seg. de rios (N_t)	106,25	13,50	28,50	11,44*	-6,13*
Comprimento Médio de segmento de rios (Lm)	0,24	0,63	0,52	-10,23*	1,59 ^{ns}

* = Significativo e ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

5. DISCUSSÃO

5.1. Análise das Redes de Drenagem

5.1.1. Composição das Redes de Drenagem

Analizando-se a Tabela 2, onde são apresentados os números de segmentos de rios em cada ordem de ramificação e o total para as amostras circulares, representativas dos solos estudados, observa-se que a unidade LE apresentou o menor número de rios, seguida do LVa e do PVls; sendo que os valores médios encontrados foram: 13,50, 28,50 e 106,25 para o LE, LVa e PVls, respectivamente.

Analizando-se a Tabela 3, onde são apresentados os valores dos comprimentos totais de segmentos de rios observados para as amostras circulares e as médias, constata-se que, assim como ocorreu com o número de rios, a unidade LE apresentou o menor valor de comprimento total, com média de 8,35, vindo a unidade LVa em posição interme-

diária, com valor médio de 14,88 e a unidade PVls com o maior valor, com média de 25,39.

Pela análise dessas duas tabelas, ou seja, do número de segmentos de rios e comprimentos totais de segmentos de rios, constata-se que os valores obtidos refletem diferenças entre as três unidades de solo, conforme constatado por HORTON (1945), STRAHLER (1957), FRANÇA (1968) e outros. Sendo que estes resultados demonstram uma nítida tendência dos números totais de segmentos de rios, bem como o comprimento total de rios, em aumentar na proporção inversa ao valor da relação infiltração/deflúvio e na razão direta da erodibilidade desses solos, concordando com as observações de FREIRE & PESSOTTI (1974) e LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) que, estudando os solos do Estado de São Paulo, concluíram que os Latossolos são mais resistentes à erosão do que os Solos Podzólicos; e também que a erodibilidade aumenta proporcionalmente ao gradiente textural entre os horizontes A e B.

Por esses resultados podemos observar que a relação infiltração/deflúvio para as unidades estudadas diminui na seguinte ordem: LE > LVa > PVls, em decorrência da "drenagem funcional" comentada por LUEDER (1959) e DUNBAR (1959), a qual é devida à estrutura porosa dos Latossolos.

Os resultados dos comprimentos médios dos canais de drenagem são apresentados na Tabela 4, onde pode-se observar que há uma nítida diferenciação entre as três unidades de solo estudadas, sendo que, em ordem decrescente obteve-se os valores médios 0,63; 0,52; 0,24 para o LE, LVa e PVls respectivamente.

Na Tabela 8 são apresentadas as relações funcionais dos parâmetros da composição da rede (N_t , L_t e L_m) com os índices de drenagem (D_d , F e T), para as três u-

nidades de solo estudadas e analisadas conjuntamente, onde observa-se que:

- para as relações $N_t \times Dd$; $N_t \times F$ e $N_t \times T$, há uma alta interdependência entre as variáveis, com "F" significativo ao nível de 1% de probabilidade, estando numa relação diretamente proporcional;
- para as relações $L_t \times Dd$; $L_t \times F$ e $L_t \times T$, também há uma alta interdependência entre as variáveis, com F significativo ao nível de 1% de probabilidade e estando numa relação diretamente proporcional, isto é, nas áreas onde os valores de Dd , F e T são mais altos, os valores do L_t também são maiores, refletindo o relevo de ocorrência, a morfologia dos perfis de solo e, conseqüentemente, a relação infiltração/deflúvio, Figura 24;
- para as relações $L_m \times Dd$; $L_m \times F$ e $L_m \times T$, há uma alta interdependência entre as variáveis, com "F" significativo, ao nível de 1% de probabilidade, estando numa relação inversamente proporcional.

Na Tabela 10, são apresentadas as médias dos elementos da composição da rede (L_t , N_t e L_m) e teste "t" para os contrastes entre médias $C_1 = \overline{PVls}$ vs ($\overline{LE} + \overline{LVa}$) e $C_2 = \overline{LE} + \overline{LVa}$, onde se observa que para o comprimento total de rios (L_t), e o número total de segmentos de rios (N_t), o teste "t" foi significativo ao nível de 5% de probabilidade para os dois contrastes estudados, sendo portanto eficientes na diferenciação desses solos, mesmo para diferenciar as unidades LE e LVa, que são geneticamente semelhantes.

Para o comprimento médio de segmentos de rios (L_m), observa-se que o teste "t" foi significativo apenas para o contraste C_1 , evidenciando que esse parâmetro mostrou-se eficiente na diferenciação entre o Solo Podzólico e

Legenda

• LE

△ LVa

■ P'Vs

Figura 24. Relações Funcionais entre o comprimento total de Segmentos de Rios (L_t) vs índices do padrão de drenagem (D_d ; F e T).

os Latossolos (LE e LVa), mas não entre os Latossolos.

5.1.2. Características Descritivas das Redes de Drenagem

As características descritivas obtidas através do exame do arranjo espacial dos canais de drenagem permitiram fazer a distinção entre solos, concordando com as sugestões de PARVIS (1 950) e de LUEDER (1 959).

O grau de integração das redes de drenagem dos solos PVls e LVa caracteriza-se por ser alto, devido à textura arenosa/média e média desses solos, respectivamente. Já para o LE, esse parâmetro mostrou-se médio, provavelmente em função do relevo de ocorrência (suavemente ondulado) e à textura argilosa do perfil que dificultam a união imediata dos canais de drenagem, apresentando nesses locais, pequenas depressões normalmente preenchidas com água.

A densidade de drenagem (Dd) é baixa a média para o LVa, provavelmente em função da pouca resistência à erosão que, aliada aos desmatamentos e abertura de estradas, tende a aumentar a densidade de drenagem, principalmente nos canais de 1ª ordem. Para a unidade PVls, a Dd apresenta-se alta, em função do relevo ondulado a forte ondulado e à presença do horizonte B textural, enquanto que para a unidade LE, a Dd apresenta-se baixa devido ao relevo suave e à estrutura porosa do perfil.

O grau de uniformidade e orientação para o LVa podem ser considerados como pouco uniforme e pouco orientado enquanto que para PVls, o grau de uniformidade e a orientação se caracterizam por ser, respectivamente, pouco uniforme e pouco orientado, provavelmente devido à baixa resistência à erosão oferecida pelo solo em toda a extensão da área de

ocorrência. Esta unidade de solo apresenta-se em grande parte da área com horizonte B_t na superfície (PV fase erodida) ou em alguns locais, os solos são pouco espessos (PV fase rasa e/ou Litossolo).

Por outro lado, a unidade LE caracteriza-se por possuir grau de uniformidade e orientação classificados nas categorias não uniforme e orientado, respectivamente; provavelmente devido à ocorrência de iluviação de material coloidal em alguns trechos, já alertado pelo grau de integração do padrão, embora o processo de transformação seja o predominante nessa unidade pedológica.

O grau de controle baixo/médio, a angularidade baixa/média e os ângulos de junção agudos e ocasionalmente retos para a unidade LVa, são decorrentes das características físicas da área, aliadas à textura média desse solo.

Para a unidade PVls o grau de controle é médio, angularidade média e os ângulos de junção são agudos passando a retos, sendo que se apresentam agudos nos locais onde a rede de drenagem se desenvolve sobre horizonte B textural, e tendendo a retos nos locais onde provavelmente a rede se desenvolve sobre a fase rasa destes solos. Com relação à característica "anomalias", sugerida por RICCI & PETRI (1965), observou-se a presença de variações locais na densidade de drenagem, refletindo além das condições topográficas, a inclusão de outro tipo de solo, que no presente caso é o Litossolo, concordando com o que foi observado por POLITANO (1980) e MANECHINI (1981), quando trabalharam com PVls.

A unidade LE caracteriza-se por apresentar um grau de controle médio, angularidade baixa e ângulos de junção entre os cursos d'água predominantemente retos e ocasionalmente agudos; essas características, principalmente os ângulos de junção, são devidas à existência de orientação na

rede de drenagem, provavelmente atribuída ao relevo plano e ao material de origem.

O tipo ou modelo do padrão, nas três unidades de solo estudadas, apresentam-se coerentes com as características analisadas, isto é, a rede de drenagem da unidade LVa exibe um tipo sub-paralelo ramificado, apresentando variações locais nos ângulos de junção dos rios de 1ª ordem e na densidade de drenagem.

O tipo ou modelo do padrão para a unidade PVls é dendrítico na maior parte da área, onde a drenagem - está instalada sobre a unidade pedológica dominante, indicando que não há orientação do padrão devido à pouca variação na resistência do solo à erosão.

A área de ocorrência da unidade LE apresenta um tipo ou modelo sub-paralelo, com anomalias na angularidade e variações locais na densidade de drenagem; esse fato ocorre nos trechos onde a estrutura do substrato rochoso exerce influência no desenvolvimento da rede de drenagem.

Os resultados obtidos para a unidade PVls são concordantes com os encontrados por MANECHINI (1981) e POLITANO (1980) em um PVls. De maneira geral, na caracterização de Solos Podzólicos Vermelho-Amarelos, os resultados obtidos concordam com aqueles encontrados por FRANÇA (1968), VASQUES FILHO (1972), KOFFLER (1976), ANGULO FILHO (1986).

Os resultados encontrados para o LVa, diferem dos obtidos por ANGULO FILHO (1986) para um Latossolo Vermelho-Amarelo, quanto ao grau de integração (pouco integrado); e quanto ao grau de controle (não controlado).

Para o LE, os resultados obtidos diferem

dos encontrados por MANECHINI (1981), em grau pouco acentuado.

5.1.3. Características Quantitativas das Redes de Drenagem

As características quantitativas do padrão de drenagem foram analisados através dos índices densidade de drenagem (Dd), frequência de rios (F) e razão de textura (T).

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6, onde observa-se que os valores médios da Dd e F foram da ordem de 0,84 e 1,35 para o LE; 1,49 e 2,85 para o LVa e 2,54 e 10,63 para o PVLs, respectivamente (Figura 25a). Estes resultados concordam com as observações de HORTON (1945), RAY & FISCHER (1960), FRANÇA (1968) e CARVALHO (1977), os quais afirmam que esses parâmetros caracterizam as redes de drenagem, uma vez que relacionam comprimento total e número de rios com a área da amostra; concordam também com ESPÍNDOLA (1977), que afirma estar o grau de evolução ou maturidade de um solo, numa sequência inversa aos valores encontrados para os índices Dd e F.

Os valores da densidade e frequência de rios refletem, portanto, as características dos solos, os quais podem ser observados na Tabela 1. A unidade LE apresenta os menores valores para Dd e F, em função de sua permeabilidade secundária ou "drenagem funcional", concordando com DUNBAR (1959) e CARVALHO et alii (1983). A unidade LVa caracteriza-se por ser um solo profundo, bem drenado, com textura barro argila-arenosa nos horizontes A e B, aliada à estrutura granular muito pequena no horizonte B, contribuindo para uma boa drenagem interna; daí seus valores serem um pou

co mais elevados que para o LE. Os maiores valores de Dd e F para a unidade PVls, provavelmente são devidos ao gradiante textural entre os horizontes A e B, bem como ao seu próprio relevo de ocorrência, que varia de ondulado a forte ondulado, concordando com FREIRE & PESSOTTI (1 974).

De um modo geral, os resultados obtidos para esses índices apresentaram-se ora inferiores, ora superiores, aos encontrados por FRANÇA (1 968), MARCHETTI (1969), FADEL (1 972), VASQUES FILHO (1 972) e SOUZA (1 975), para unidades de solo semelhantes às estudadas neste trabalho.

Outros autores também verificaram a grande eficiência da Dd na diferenciação de solos e entre eles KOFFLER (1 976), DEMÉTRIO (1 977), ANGULO FILHO (1 981, 1 986), VALÉRIO FILHO (1 984).

Os valores da razão de textura contidos na Tabela 6 (Figura 25a), também diferenciam as unidades de solo, sendo que o menor valor médio foi obtido para a unidade LE, 1,20, seguida do LVa, 2,55 e o maior valor para o PVls, 9,47; concordando com as observações de SOUZA (1 975) e KOFFLER (1 976), que começaram a utilizar a razão de textura para amostras circulares, sendo seguidos por vários pesquisadores, entre eles DEMÉTRIO (1 977), NOGUEIRA (1 979), POLITANO (1 980), ANGULO FILHO (1 981, 1 986).

A textura topográfica foi eficiente para a distinção entre os solos, conforme mostra a Tabela 6. Estes resultados concordam com SOUZA (1 975), KOFFLER (1 976), CARVALHO (1 977 e 1 981) e outros.

Na Tabela 9, são apresentadas as médias dos índices do padrão de drenagem Dd, F e T, e teste "T" para os contrastes entre as médias $C_1 = \overline{PVls}$ vs $(\overline{LE} + \overline{LVa})$ e $C_2 = \overline{LE}$ vs $\overline{LVa}$, onde observa-se que para os três índices o teste "t" foi significativo ao nível de 5% de probabilidade

para os dois contrastes estudados, sendo portanto eficientes na diferenciação desses solos.

5.2. Análise das Características do Relevo

Na caracterização do relevo foram utilizados os parâmetros declividade média(dw), amplitude altimétrica máxima(Hm) (ou relevo local médio) e comprimento médio da vertente(CVm), obtidos através de amostras circulares de 10km², delineadas sobre cartas planialtimétricas na escala de 1:10 000.

Os resultados obtidos para a declividade média são apresentados na Tabela 7, onde observa-se que houve diferença nos valores médios para as três unidades de solo estudadas, sendo que a unidade LE apresentou o menor valor médio 5,91%, seguido do LVa com 9,63% e apresentando o maior valor a unidade PVls com 11,72%; valores estes que colocam as unidades LVa e PVls ocorrendo em uma classe de relevo ondulado e a unidade LE numa classe de relevo suave ondulado, concordando, portanto, com a COMISSÃO DE SOLOS (1 960). (Figura 25b)

Os resultados obtidos mostraram-se eficientes na diferenciação das unidades de solo estudadas, em função principalmente da relação infiltração/deflúvio, condicionada pelo próprio relevo e pelo material de origem; arenitos para o LVa, argilitos para o LE e arenitos para o PVls; conseqüentemente, com sua maior ou menor resistência aos processos erosivos que estariam correlacionados com as próprias declividades médias, bem como por características físicas e morfológicas, gradiente textural, profundidade, que interferem na relação infiltração/deflúvio.

Os resultados obtidos concordam com AVER

Figura 25:

a) - Histogramas dos Índices do Padrão de Drenagem.

b) - Histogramas dos Parâmetros do Relevo.

BECK & SANTOS (1969), que afirmam que uma variação na declividade média, geralmente implica numa variação de solo, além de concordar com os trabalhos de KOFFLER (1982), VALÉRIO FILHO (1984), ANGULO FILHO (1986).

Na Tabela 8 são apresentadas as relações funcionais dos parâmetros L_t , N_t e L_m , dos índices D_d , F e T , com a dw , onde pode-se observar que:

- para a relação N_t vs dw , verifica-se uma alta interdependência existente entre o número de rios e o comprimento médio da vertente, com "F" significativo ao nível de 1%, apresentando uma relação diretamente proporcional, indicando que nas áreas onde a dw é grande, o número de segmentos de rios também será grande em função do deflúvio ser maior, (Figura 26)
- para a relação L_t vs dw , verifica-se que há uma alta interdependência existente entre o comprimento total com a declividade média, com F significativo ao nível de 1% de probabilidade, apresentando uma relação diretamente proporcional, uma vez que com o aumento de dw acarretará um aumento no L_t , em função do maior deflúvio (Figura 26).
- para a relação L_m vs dw , verifica-se que há uma alta interdependência entre as variáveis com "F" significativo ao nível de 1% de probabilidade, apresentando uma relação inversamente proporcional.
- para as relações D_d , F e T com dw , verifica-se que há uma alta interdependência entre as variáveis, com "F" significativo ao nível de 1% de probabilidade, apresentando uma relação diretamente proporcional.

Na Tabela 9 são apresentadas as médias dos parâmetros do relevo e teste "t" para os contrastes entre as médias $C_1 = PVls$ vs $(\overline{LE} + \overline{LVa})$ e $C_2 = \overline{LE}$ vs $\overline{LVa}$, onde observa-se que para dw o teste "t" foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, para os dois contrastes estudados, indicando ser um parâmetro eficiente na diferenciação dos três solos em questão.

Os resultados obtidos para o parâmetro Comprimento médio da vertente (CVM), são apresentados na Tabela 7, onde observa-se que os valores médios são diferentes para as três unidades de solo estudadas, sendo que na ordem crescente do CVM, tem-se o PVls com valor médio de 364,62m, seguido do LVa com 560,67m e do LE com 695,18m; valores que, segundo RANZANI (1969), se enquadram na seguinte classificação de comprimento médio de vertentes: muito longa para as unidades LVa e LE, e longa para a unidade PVls. (Figura 25b)

Na Tabela 8 são apresentadas as relações funcionais dos parâmetros L_t , N_t e L_m ; dos índices Dd, F e T com a CVM, onde pode-se observar que:

- para a relação $N_t \times CVM$, verifica-se uma alta interdependência existente entre o número total de rios e o comprimento médio da vertente, com "F" significativo ao nível de 1%, com uma relação inversa entre $N_t \times CVM$, indicando que o aumento da CVM acarretará um N_t menor, em função de uma maior infiltração de água no solo, diminuindo portanto, o deflúvio;
- para a relação $L_t \times CVM$, observa-se uma alta interdependência existente entre o comprimento total de rios e o comprimento médio da vertente, com "F" significativo ao nível de 1% de probabilidade, sendo a relação inversamente proporcional, indicando que nas

Figura 26. Relações Funcionais entre Número Total de Segmentos de Rios (N_t), Comprimento Total de Segmentos de rios (L_t) vs Declividade Média (dw).

Legenda

- LE
- △ LVa
- PVis

Figura 27. Relações Funcionais entre os índices do padrão de Drenagem Dd e F , vs Comprimento Médio da Vertente (CVm).

áreas onde o CV_m é grande, o L_t será menor, evidenciando uma maior infiltração à medida que aumenta o CV_m ;

- para a relação $L_m \times CV_m$ verifica-se que não há interdependência entre as variáveis, com "F" não significativo;
- para as relações $D_d \times CV_m$ e $F \times CV_m$, observa-se uma interdependência entre as variáveis com "F" significativo ao nível de 5% de probabilidade, com uma relação inversamente proporcional, concordando com CRISTOFOLETTI (1980), que afirma que o CV_m foi um parâmetro introduzido para diferenciar solos, uma vez que, quanto maior a densidade de drenagem em uma determinada área, com relevo semelhante, menores e mais inclinadas serão as vertentes, que é o que se observa na unidade PVls aqui estudada, apresentando os menores valores para o CV_m , os maiores valores para a D_d e, conseqüentemente, os maiores valores para a declividade média, conforme mostra a Tabela 7 (Figura 27);
- para a relação $T \times CV_m$, verifica-se que há uma alta interdependência entre as variáveis, com "F" significativo ao nível de 1% de probabilidade, com uma relação inversamente proporcional.

Na Tabela 9 são apresentadas as médias dos parâmetros do relevo e teste "t" para os contrastes entre as médias $C_1 = \overline{PVls} \text{ vs } (\overline{LE} + \overline{LVa})$ e $C_2 = (\overline{LE} \text{ vs } \overline{LVa})$, onde observa-se que o CV_m foi significativo ao nível de 5% de probabilidade para o contraste C_1 e não significativo para o contraste C_2 . Isto indica que esse parâmetro mostrou-se eficiente na diferenciação de solos geneticamente diferentes (PVls vs LE + LVa), porém não entre os Latossolos (LE vs LVa),

que são geneticamente semelhantes, discordando de VALÉRIO FILHO (1 984), que concluiu ser o comprimento médio da vertente eficiente na diferenciação de dois Latossolos - Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa/média.

Portanto, pode-se concluir que o C_{Vm}, para os contrastes escolhidos, mostrou aptidão para a discriminação de solos, pois são a forma e o comprimento das vertes que têm grande influência nas ações dos processos pedo-genéticos.

Os resultados obtidos para o parâmetro do relevo Amplitude Altimétrica Máxima (Hm) são apresentados na Tabela 7, onde verifica-se que os valores médios encontra dos foram de 52,02m para o LVa, 28,31m para o LE e 47,89m para o PVls. Esses valores indicam uma variação no relevo de ocorrência dessas unidades de solo, conforme demonstram os histogramas dos parâmetros de relevo, apresentados na Figura 25b.

Esses resultados estão próximos dos obtidos por ANGULO FILHO (1 986) para a unidade Latossolo Vermelho-Amarelo, com Hm = 46,30m; e afastam-se no caso do Solo Podzólico Vermelho-Amarelo com Hm = 63,33m.

Portanto, concordam com dados da literatura onde o parâmetro Hm foi eficiente, evidenciando a existência de relevos diferentes para diferentes unidades de solo, estando de acordo com os trabalhos de LEÃO (1 972), VA LÉRIO FILHO (1 984), ANGULO FILHO (1 986).

Contudo, quando os parâmetros foram submetidos à análise estatística, onde as médias foram submetidas ao teste "t" para os contrastes $C_1 = \overline{PVls} \text{ vs } (\overline{LE} + \overline{LVa})$ e $C_2 = (\overline{LE} \text{ vs } \overline{LVa})$, cujos resultados são apresentados na Tabe la 9, verifica-se que para o parâmetro Hm, o teste "t" foi

significativo para o contraste C_2 e não significativo para o contraste C_1 , indicando que esse parâmetro mostrou-se eficiente na diferenciação dos Latossolos (LVa x LE), porém não eficiente na diferenciação do PVls com os Latossolos.

Esses resultados concordam em parte com VALÉRIO FILHO (1984) que, estudando o parâmetro relevo local médio, que equivale ao Hm, e aplicando análise estatística, onde fez a comparação entre as médias dos solos estudados, esse parâmetro mostrou-se eficiente na diferenciação de alguns solos geneticamente semelhantes como: Latossolo Roxo x Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa/média; Latossolo Roxo x Latossolo Vermelho-Amarelo textura arenosa/média; Latossolo Roxo x Areias Quartzosas. Sendo que esse autor encontrou valores significativos também para solos geneticamente diferentes.

Na Tabela 8 são apresentados as relações funcionais dos parâmetros N_t , L_t , Lm; dos índices Dd, F e T, com Hm, onde observa-se que:

- para as relações N_t x Hm; L_t x Hm e Lm x Hm; Dd x Hm; F x Hm e T x Hm, não há interdependência entre as variáveis, com "F" não significativo.

6. CONCLUSÕES

Pela análise e discussão dos resultados obtidos para os três solos estudados, e com o material e métodos empregados, foi possível chegar-se às seguintes conclusões:

- As características qualitativas do padrão de drenagem permitiram deduzir que no Latossolo de textura média (LVa) a erosão favorecida por desequilíbrios no meio ambiente, acarretou aumento na ramificação do padrão sub-paralelo e um aumento na densidade de drenagem;
- Nas unidades PVls e LE, as variações no padrão de drenagem são devidas a controle geológicos: litológico e estrutural, respectivamente;
- Dos parâmetros da Composição da rede, o comprimento total (L_t) e número total de rios (N_t), foram os mais

eficientes para diferenciar as três classes de solo (PVls, LE e LVa);

- Os índices do padrão de drenagem, Dd, F e T, mostraram-se eficientes na diferenciação dos solos;
- A classe de textura topográfica mostrou-se eficiente para a distinção dos três solos;
- A declividade média (dw), mostrou-se a mais eficiente na diferenciação das unidades de solo, seguida do comprimento médio da vertente (CVm) e da amplitude altimétrica máxima (Hm).

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, F.F.M., 1964. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. (Geologia do Estado de São Paulo, Boletim nº 41). São Paulo, USP, Instituto de Geografia, 261p.
- AMARAL, A.Z. e R. AUDI, 1972. Fotopedologia. In: MONIZ, A. L. coord. Elementos de Pedologia. São Paulo, Editora da USP, p.429-442.
- ANGULO FILHO, R., 1981. Variações de Características da Rede de Drenagem em Função das Fotografias Aéreas Verticais Obtidas em Épocas Diferentes. ESALQ/USP. Piracicaba. 128p. (Dissertação de Mestrado).
- ANGULO FILHO, R., 1986. Caracterização da Drenagem e do Relevo de três solos do Estado de São Paulo através de Fotografias Aéreas e Cartas Planialtimétricas. ESALQ/USP. Piracicaba. 137p. (Tese de Doutorado).

- AVERBECK, H. & R.D. SANTOS, 1969. Manual da Fotointerpretação para Solos (1ª aproximação). Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 33p.
- AVERY, T.E., 1968. Interpretation of Aerial Photographs . In: Politano, W. 1980. Estudo Fotointerpretativo Sobre A Morfometria das Áreas de dois Solos Podzólicos Verme_lhos Amarelos.
- BURINGH, P., 1960. The application of aerial photographs in soil surveys. In: Manual of Photographic Interpretation, Washington, Am. Soc. of Photogramm. Chap 11, Appendix A, p.633-666.
- CARVALHO, W.A., 1977. Fotointerpretação de Bacias Hidrográficas e Amostras Circulares de Redes de Drenagem de Solos com Horizonte B Textural. Piracicaba. ESALQ/USP. 126p. (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. 193p. Tese de Livre-Docência.
- CARVALHO, W.A. & G.C.R. PIEDADE, 1982. Correlações entre Parâmetros do Padrão da Rede de Drenagem em Solos com Horizonte B Textural. Rev. Agrociência - Univ. Taubaté vol. 2 - p.93-100.
- CHRISTOFOLETTI, A., 1974. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo. 149p.
- CHRISTOFOLETTI, A., 1980. Geomorfologia. 2ª ed. São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda. 188p.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de Reconhecimento - dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Cen

tro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, 634p.
(Boletim nº 12).

COLWELL, R.N., 1952. Photographic interpretation of civil -
purposes. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Ma-
nual of Photogrammetry. Washington, p.535-602.

DEMÉTRIO, V.A., 1977. Variação das Características de Rede
de Drenagem em Função da Escala das Fotografias Aéreas
Verticais. Piracicaba, ESALQ/USP. 107p. (Dissertação de
Mestrado).

DUNBAR, R.A., 1959. Problems of Interpretation in Tropical
Regions. In: Aerial Photographic Interpretation: Princi-
ples and Applications. New York, Mc Graw-Hill, p. 426-
427.

ESPÍNDOLA, C.R., 1977. Relações Entre os Solos e Elementos
da Paisagem na Zona do Baixo Rio do Peixe (Região de -
Conchas-Anhembi, S.P.). Piracicaba, ESALQ/USP, 113p.
(Dissertação de Mestrado).

ESPÍNDOLA, C.R. & G.J. GARCIA, 1978. Interpretação Fotográ-
fica de Redes de Drenagem em Diferentes Categorias de
Solos. Notícia Geomorfológica, 18(35):71-94.

FADEL, H., 1972. Fotointerpretação de bacias e de rede de
drenagem de três séries de solos da Fazenda Ipanema, mu-
nicípio de Araçoiaba da Serra, São Paulo. Piracicaba,
ESALQ/USP, 92p. (Dissertação de Mestrado).

FRANÇA, G.V., 1968. Interpretação fotográfica de bacias e
de redes de drenagem aplicada a solos da região de Pira-
cicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 151p. (Tese de Doutora-
mento).

FREIRE, O. & J.E.S. PESSOTTI, 1974. Erodibilidade dos So-
los do Estado de São Paulo. Anais da E.S.A. "Luiz de

Queiroz", Piracicaba, 31:333-350.

FREITAS, R.O., 1952. Textura de Drenagem e Sua Aplicação . Geomorfológica. Boletim Paulista de Geografia. São Paulo, 11:53-57.

FROST, R.E., 1960. Photo interpretation of soils. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic interpretation. Washington, p.343-402.

GARCIA, G.J. & C.R. ESPÍNDOLA, 1980. Estudo sobre o tamanho da amostra circular na quantificação da rede de drenagem. Engenharia Agrícola. Botucatu, S.P. 4:5-11.

GARCIA, G.J., 1982. Estudos do Solo e Relevo. In: Sensoriamento Remoto - Princípios e Interpretação de Imagens. São Paulo, Nobel, Cap.7, p.194-204.

GEVAERD, I., 1974. Parâmetros Fotoanalíticos de três unidades de solo de região nordeste paranaense. Piracicaba. ESALQ/USP. 110p. (Dissertação de Mestrado).

GUERRA, A.T., 1979. Dicionário - Geológico-geomorfológico, 5ª ed. Secretaria de Planejamento da Presidência da República - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 446p.

GOOSEN, D., 1968. Interpretação de Fotos Aéreas Y Su Importancia em Levantamiento de Suelos. Roma, FAO, 58p. (Boletim Sobre Solos nº 6).

HORTON, R.E., 1945. Erosional Development of Streams and - Their Drainage Basins Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. Bul. Geol. Amer. 56:275-370.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO, 1974. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, esc. 1:1 000 000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. (IPT) 1 981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 126p. (Série Monografias, 6/IPT 1184).

KOFFLER, N.F., 1 976. Utilização de Imagens Aerofotográficas e Orbitais no Estudo do Padrão de Drenagem em Solos Originados do Arenito Bauru. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, INPE, 167p. (INPE 898 - IPT/029).

KOFFLER, N.F., 1 976. Análise Aerofotográfica da Influência da Área de Amostragem Circular na Caracterização Quantitativo do Padrão de Drenagem. São José dos Campos, SP. INPE. 20p.

KOFFLER, N.F., 1 982. Análise de Relevo a Partir de Índices de Drenagem Obtidos com Fotografias Aéreas. Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro, 12(23/24):69-76.

LEÃO, S.R.F., 1 972. Interpretação Fotográfica dos Padrões de Drenagem Desenvolvida em Dois Solos do Distrito Federal. Piracicaba, ESALQ/USP. 110p. (Dissertação de Mestrado).

LEÃO, S.R.F., 1 983. Interpretação Fotográfica de Características do Relevo e da Rede de Drenagem em Dois Solos do Distrito Federal. Piracicaba, ESALQ/USP. 166p. (Tese de Doutorado).

LIMA, S.L., 1 984. Fotointerpretação das Características do Padrão de Drenagem na Identificação de Solos Pela Análise de Amostras Circulares. Piracicaba. ESALQ/USP, 63p. (Dissertação de Mestrado).

LOMBARDI NETO, F. & J. BERTONI, 1 975. Erodibilidade de Solos Paulistas. Campinas, Instituto Agrônomo, 12p. (Boletim Técnico 27).

LUEDER, D.R., 1 959. Aerial photographic Interpretation:

principles and application. New York, McGraw-Hill, 562p.

MANECHINI, C., 1981. Utilização de Fotografias Aéreas na -
Comparação de Sistemas de Drenagem de Três Solos da Re-
gião de Tambaú-SP. Piracicaba, ESALQ/USP, 133p. (Dis-
sertação de Mestrado).

MARCHETTI, D.A.B., 1969. Fotointerpretação de Atributos -
de Relevo Aplicada a Solos da Região de Piracicaba. Pi-
racicaba, ESALQ/USP, 58p. (Tese de Doutorado).

MILNE, G., 1935. Some suggested units on classification -
and mapping, particularly for east African Soils. Soil
Res., 4:183-98.

NOGUEIRA, F. de P., 1979. Utilização de Fotografias Aê-
reas em Três Escalas no Estudo de Redes de Drenagem em
Diferentes Unidades de Solo. Piracicaba, ESALQ/USP ,
110p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, J.B.; J.R. MENK & C.L. ROTTA, 1979. Levantamen-
to Pedológico Semidetalhado dos Solos do Estado de São
Paulo. Quadrícula de Campinas. Rio de Janeiro, Supe-
rintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente. 169p.

PAIVA, R.M.; S. SHCATTAN & C.F.T. FREITAS, 1976. Setor A-
grícola do Brasil. Rio de Janeiro, Ed. Forence Univer-
sitária. 480p.

PARVIS, M., 1950. Drainage pattern significance in air-
photo identification of soils and bedrocks. Photogramm.
Engng., Washington, 16:387-409.

PENTEADO, M.M., 1968. Geomorfologia do Setor Centro Oci-
dental da Depressão Periférica Paulista. Fac. Fil. -
Ciências e Letras, Rio Claro, 86p. (Tese de Doutoramen-
to).

- PIEIDADE, G.C.R.; W.A. CARVALHO & G.V. FRANÇA, 1 979. Fotopedologia das Características Quantitativas do Padrão - de Drenagem de Solos. Rev. Científica - Ano VI, vol.7, nº 1. Jaboticabal/UNESP, p.24-28.
- POLITANO, W., 1 980. Estudo Fotointerpretativo sobre a Morfometria das Áreas de Dois Solos Podzólicos Vermelhos-Amarelo. Piracicaba, ESALQ/USP, 169p. (Tese de Doutorado).
- RABBEN, E.L.; E.L. CHALMERS JUNIOR; E. MANLEY & J. PICKNP, 1 960. Fundamentals of photointerpretation. In: Manual of Photographic Interpretation. Washington, Am. Soc. of Photogramm., chap. 3, p.99-168.
- RANZANI, G.; O. FREIRE e T. KINJO, 1 966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, Centro de Estudos de Solos, ESALQ/USP, 83p.
- RANZANI, G., 1 969. Manual de Levantamento de Solos. Edgar Blücher Ltda e Ed. da USP, 2^a ed. 167p.
- RAY, R.G. & W.A. FISCHER, 1 960. Quantitative photography: a geologic research toll. Photogramm. Engng., Washington, 26:143-150.
- RAY, R.G., 1 963. Fotografias Aéreas na Interpretação e mapeamento Geológico. Tradução de Jesuino Felicíssimo Junior. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 162p.
- RICCI, M. & S. PETRI, 1 965. Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. São Paulo, Editora Nacional, 226p.
- ROURKE, J.D. & M.E. AUSTIN, 1 951. The use of airphotos for soil classification and mapping in the field. Photogramm. Engng., Washington, 17:738-741.

- RUHE, R.V., 1 960. Elements of the drainage systems and - slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. Bull. Geol. Soc. Am., Colorado, 67:597-646.
- SILVA, L.C.F., 1 977. Fotointerpretação de Redes de Drenagem de Solos do Município de São Pedro (SP). Piracicaba, ESALQ/USP, 114p. (Dissertação de Mestrado).
- SIMONSON, R.W., 1 950. Use of aerial photographs in Soil - Surveys. Photogramm. Engng. Washington, 16:308-315.
- SMITH, K.G., 1 950. Standards for Grading Texture of Erosional Topography. American Journal Science., 248:655-668.
- SMITH, G.D. & A.R. RANDAHL, 1 957. Soil Classification and Survey. In: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Soil Washington, D.C., p.396-400 (Yeabook of Agriculture).
- SNEDECOR, G.W. & W.G. COCHRAN, 1 974. Statistical methods, 6th ed., cap. 10. The Iowa State Univ. Press, Ames , USA.
- SOUZA, M.L.P., 1 975. Fotointerpretação das redes de Drenagem de Três Solos com Horizonte B Latossólico Ocorrentes no Município de Ponta Grossa, Paraná. Piracicaba, ESALQ/USP, 135p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA, E.B., 1 977. Fotointerpretação da Rede de Drenagem na Diferenciação de Unidades de Mapeamento de Solos Ocorrentes na Depressão Central do Rio Grande do Sul. Santa Maria (RS), Universidade Federal de Santa Maria. 99p. (Dissertação de Mestrado).
- STRAHLER, A.N., 1 957. Quantitative Analysis of watershed Geomorphology. Transactions American Geophysical Union. New Haven, 38:913-920.

VALÉRIO FILHO, M., 1 984. Parâmetros de Drenagem e do Relevo na Caracterização de Solos e suas Relações Fotointerpretativas em Imagens de Pequena Escala. Piracicaba , ESALQ/USP, 141p. (Tese de Doutorado).

VASQUES FILHO J., 1 972. Critérios Morfogenéticos Aplicados à Fotointerpretação de Redes de Drenagem em Três Unidades de Solos do Município de Piracicaba. Piracicaba , ESALQ/USP, 113p. (Tese de Doutorado).

VIEIRA, L.S., 1 975. Relevo In: VIEIRA, L.S. Manual de Ciências do Solo. São Paulo, Agronomia. Ceres, Cap.3, p.83-88.

WENTWORTH, C.K., 1 930. A Simplified Method of Determining the Average Slope of Land Surfaces. Am. J. Sci 20(117: 184-194.

WONG, K.W., THORNBURN, T.H. e KHOURY, M.A., 1 977. Automatic Soil Identification from Remote Sensing Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 43(1):73-80.