FOTOINTERPRETAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO DE DRENAGEM NA IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS PELA ANÁLISE DE AMOSTRAS CIRCULARES

SÉRGIO LÁZARO DE LIMA

Orientador:

Prof. Dr. Geraldo Victorino de França

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura «Luiz de
Queiroz», da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, área de
concentração: Solos e Nutrição
de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo – Brasil

abril, 1.984

Aos meus pais

Lucas e Mercedes

OFEREÇO

À Olga,

Thais e

Paula,

DEDICO.

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

Ao Prof.Dr. Geraldo Victorino de França
pela orientação, dedicação e amizade.

À Prof^a Dr^a Wolmar Aparecida Carvalho,
pelas sugestões e apoio constante na
realização deste trabalho.

Ao Prof.Dr. Affonso Maria de Carvalho,
pelo incentivo e colaboração.

- À Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - U N E S P.
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", e, em especial ao Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes.
- À Prof^a Dr^a Leonia Aparecida de Lima, pela amizade e palavras de incentivo.
- Ao Prof. Ass. Leonardo Theodoro Büll, pela demonstração de apoio e amizade.
- Aos colegas de departamento: Prof. Dr. Júlio Nakagawa, Prof. Dr. Edmir Soares, Prof. Dr. Antonio Enedi Boaretto, Eng^o Agr^o Maria Helena Moraes, pela compreensão e amizade.
- À Prof^a Ass. Clarice Garcia Borges Demétrio, do Departamento de temática e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelas sugestões e valioso auxílio na análise estatística do presente trabalho.
- Ao Sr. José Garcia Honório Pires, pelos trabalhos datilográficos.
- Ao Sr. Francisco Carlos de Andrade, pelos trabalhos de desenho.

- Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo.
- Convênio CAPES/PICD - UNESP, na pessoa do Prof.Dr.Widsney Alves Ferreira pela concessão de bolsa de estudo, para a realização do curso de Pós-Graduação.

Estendemos, ainda, nossos agradecimentos a todas as pessoas - que de uma forma ou de outra, tenham contribuído para a realização deste trabalho.

I N D I C E

	Pag.
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Material	21
3.1.1. Características Gerais das Áreas Estu- das	21
3.1.2. Amostras Circulares	22
3.1.3. Material fotográfico	25
3.1.4. Equipamentos	32
3.2. Métodos	32
3.2.1. Seleção das áreas estudadas	32
3.2.2. Montagem dos mapas de drenagem	33
3.2.3. Seleção das amostras circulares	34
3.2.4. Análise dos padrões de drenagem	34
3.2.5. Análise estatística	36
4. RESULTADOS	37

4.1. Características descritivas das redes de drenagem	37
4.2. Características quantitativas das redes de drenagem	37
4.3. Análise estatística	38
5, DISCUSSÃO	45
5.1. Características descritivas das redes de drenagem	45
5.2. Características quantitativas das redes de drenagem	50
5.3. Análise estatística	53
6, CONCLUSÕES	55
7, BIBLIOGRAFIA CITADA	57

LISTA DE TABELAS

TABELA		Pág.
1	Principais Características dos Solos Estudados, Segundo I.G.G. (1974), COMISSÃO DE SOLOS (1960).	23
2	Características Descritivas do Padrão de Drenagem dos Solos Estudados, Segundo LUEDER (1959) e Tipo, Segundo PARVIS (1950)	39
3	Número de Segmentos de Rios Observados em cada Ordem de Ramificação e Total para as Amostras - Circulares Representativas dos Solos Estudados.	40
4	Comprimentos Totais de Segmentos de Rios Observados em cada Ordem de Ramificação e Total para as Amostras Circulares Representativas dos Solos Estudados	41
5	Características Quantitativas dos Padrões de Drenagem, Comprimento Médio dos Canais e a Classe de Textura Topográfica das Amostras Circulares Representativas dos Solos Estudados....	42

6	Características Quantitativas Médias dos Padrões de Drenagem, Comprimento Médio dos Canais e as - Classes de Textura Topográfica das Amostras Circulares Representativas dos Solos Estudados	43
7	Resultados da Análise de Variância Aplicada às Características Quantitativas, Teste de Tukey e Coeficiente de variação	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Amostras Circulares Representativas da Unidade - Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa	26
2	Amostras Circulares Representativas da Unidade - Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa	27
3	Amostras Circulares Representativas da Unidade - Latossolo Vermelho Escuro orto	28
4	Amostras Circulares Representativas da Unidade - Latossolo Vermelho Escuro orto	29
5	Amostras Circulares Representativas da Unidade - Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	30
6	Amostras Circulares Representativas da Unidade - Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	31

FOTOINTERPRETAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO DE DRENAGEM NA IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS PELA ANÁLISE DE AMOSTRAS CIRCULARES

SÉRGIO LÁZARO DE LIMA

Prof.Dr. Geraldo Victorino de França
- Orientador -

RESUMO

Com o objetivo de identificar solos com horizonte B latossólico e B textural através da Fotointerpretação das características do Padrão de Drenagem determinadas por diferenças na relação infiltração/deflúvio e, conseqüentemente, apresentando diferenças no desenvolvimento das respectivas redes de drenagem, realizou-se o presente trabalho.

Foram estudadas três áreas contendo as unidades de solo: Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa), localizada no Município de Botucatu-S.P., cujo regime climático dominante é do tipo Cfa-mesotérmico úmido sem estação seca; Latossolo Vermelho Escuro orto (LE) e Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras (PVls), localizadas no Município de Piracicaba-S.P., cujo regime climático é do tipo Cwa-mesotérmico úmido com estiagem de inverno.

Cada uma dessas unidades foi representada por qua

tro amostras circulares com área de 10 km^2 .

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

- As características descritivas do padrão de drenagem, permitiram deduzir que, no Latossolo de textura média - (LVa) a erosão atual, provocada por desequilíbrios no meio ambiente, ocasionou uma ramificação do padrão sub-paralelo e um aumento na densidade de drenagem;

- As variações no padrão de drenagem da unidade PVls são devidas a controle orográfico e litológico, enquanto que a unidade LE apresenta controle pedológico e estrutural;

- As características quantitativas do padrão de drenagem frequência de rios e razão da textura topográfica, bem como o comprimento médio dos canais, não permitiram uma distinção entre os latossolos (LVa e LE), mas seus valores permitiram diferenciá-los do solo Podzólico (PVls);

- A densidade de drenagem foi o parâmetro que se mostrou mais eficiente para distinguir significativamente o comportamento hidrológico das três unidades de solo estudadas.

PHOTOINTERPRETATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE DRAINAGE PATTERN
IN THE IDENTIFICATION OF SOILS BY THE ANALYSIS OF CIRCULAR SAMPLES.

SÉRGIO LÁZARO DE LIMA

Prof.Dr. Geraldo Victorino de França

- Adviser -

SUMMARY

The aim of this paper is to identify soils with the B latosolic and B textural horizon by the Photointerpretation of the Drainage Pattern features characterized by differences in the infiltration running relation, and consequently, showing differences in the development of the respective drainage patterns.

Three areas, having the following soil units were studied: Red-Yellow Latosol Sandy Phase (LVa), located in the Botucatu County, SP, whose dominant climatic type is Cfa - humid mesothermic without dry season; ortho Dark-Red Latosol (LE) and Red-Yellow Podzolic Laras variation (PVls), located in the Piracicaba County, SP, whose climatic type is Cwa - humid mesothermic with winter drought.

Each one of these unities was represented by four circular samples measuring 10 km².

The study of the quantitative and qualitative

characteristics of the drainage pattern and the average length of the channels allowed to conclude that:

- The descriptive characteristics of the drainage pattern led to infer that in the (LVa) the present erosion provoked by imbalances in the environment caused a ramification of the "under-parallel" pattern and an increase in the drainage density;
- the variations in the drainage pattern of the (PVls) are due to an orographic and litologic control, while the (LE) unity shows pedologic and structural control;
- the quantitative characteristics of the pattern drainage , frequency of rivers and ratio of the topographic texture as well the average length of the channels did not allow to distinguish the (LVa) from the (LE), but their values allowed to distinguish them from the (PVls).
- the drainage density was the most efficient parameter to distinguish significantly the hidrologic behavior of the three soil unities studied.

1 - INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da história da humanidade, quando os povos mais antigos deixaram de ver o solo apenas como suporte para plantas e animais, dando início à agricultura e deixando, portanto, de uma sobrevivência de meros caçadores ou apanhadores de frutos silvestres, o solo tem-se constituído no elemento vital para o fornecimento de alimentos, matérias-primas para a indústria e fontes alternativas de energia, sob várias formas. Considerando ainda, o aumento vertiginoso da população mundial, torna-se necessário que cada vez se produza mais para que o futuro das novas gerações não seja ameaçado.

No caso do Brasil, onde extensas áreas já se encontram quase que exauridas em função de uma agricultura relativamente intensiva e nem sempre tecnificada, e onde também existem grandes áreas inproveitadas e pouco conhecidas, uma das soluções para atingir uma maior produtividade agrícola seria a recuperação

das áreas depauperadas e a utilização adequada de novas áreas, em função da capacidade de uso das terras. Contudo, para que esses propósitos sejam alcançados, torna-se indispensável o conhecimento das características e comportamento dos solos para a sua correta utilização, sendo o levantamento pedológico o meio mais adequado para a avaliação do seu potencial agrícola.

Considerando ainda os poucos levantamentos de solos em níveis suficientemente detalhados, existentes no Brasil, ressalta, portanto, a grande necessidade de que sejam efetuados o mais cedo possível.

A fotografia aérea tem-se mostrado um instrumento de grande valia nos trabalhos de levantamentos de solos, reduzindo o tempo de trabalho, apresentando maior precisão no traçado dos limites entre as unidades de solo, fornecendo uma quantidade maior de informações, além de um custo bem menor.

A exemplo de outros trabalhos que se basearam na hipótese de que solos semelhantes apresentam padrões de drenagem semelhantes e que solos diferentes apresentam padrões de drenagem diferentes, foi desenvolvido o presente trabalho, onde foram estudadas as redes de drenagem desenvolvidas em três unidades de solo do Estado de São Paulo, objetivando a diferenciação entre elas através de características quantitativas e qualitativas das respectivas redes de drenagem, analisadas por meio de amostras circulares de suas imagens fotográficas.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A utilização de fotografias aéreas em mapeamentos de solos data de 1929, em trabalho realizado por Bushnell et alii, conforme citação de SIMONSON (1950) e de ROURKE e AUSTIN (1951).

Em decorrência da disponibilidade das primeiras coberturas aerofotográficas, começaram a surgir trabalhos de levantamentos de solos em diferentes níveis de generalização no Estado de São Paulo, merecendo destaque 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 a 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 estereoscópi

COS;

c) as imagens dos objetos registrados nas fotografias são permanentes e não tendenciosas, fato que apresenta a vantagem de uma observação detalhada da área, no momento que se deseja em condições de trabalho mais favoráveis do que as encontradas quando se faz uma observação direta.

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

Quando se examinam imagens fotográficas, as técnicas empregadas são designadas: fotoidentificação, fotoanálise e fotointerpretação (LUEDER, 1959). Na fotoidentificação, os objetos na imagem são reconhecidos e localizados, sendo esta técnica complementada pela fotoanálise, que constitui uma fase quantitativa do processo, e também por uma interrelação de aspectos. Nesta fase, os objetos são classificados pelos seus tamanhos, posições e usos. Por outro lado, na fotointerpretação é feita uma avaliação dedutiva e/ou indutiva, sendo que o sucesso da fotointerpretação depende da experiência do fotointérprete em correlacionar imagens fotográficas com as observações de campo.

A interpretação fotográfica é um processo em duas etapas: a primeira inclui a observação, coleta de dados, medição

e identificação de aspectos visíveis nas fotografias aéreas, o que corresponderia à fotoidentificação e à fotoanálise; a segunda etapa envolve processos mentais, dedutivos e/ou indutivos, usando a informação obtida na solução de um problema, ou seja, na fotointerpretação propriamente dita, conforme afirmam RABBEN (1960), RAY (1963), RICCI e PETRI (1965). Procedimento esse, introduzido no Brasil por FRANÇA (1968), com sucesso, na avaliação da significância das características de redes de drenagem na diferenciação entre solos da região de Piracicaba.

Três métodos são descritos por GOOSEN (1968), referindo-se à fotointerpretação aplicada a levantamentos de solos: 1) método da análise dos padrões; 2) método da análise dos elementos; 3) método da análise fisiográfica.

O método de análise dos padrões, proposto por FROST (1960), parte da suposição que cada elemento do padrão está relacionado com certas condições do solo, sendo que os padrões indicativos dessas condições são: o relevo, a drenagem, os aspectos da erosão, a vegetação natural, a tonalidade fotográfica e também o uso agrícola. A partir da identificação das grandes unidades, por esse método se atinge as unidades menores, onde são estudadas os chamados padrões locais.

O método da análise dos elementos está fundamentado na análise sistemática dos elementos relacionados com as condições do solo, cuja classificação resultante é usada como base para trabalhos de campo; sendo que, quando comparado com os outros

dois métodos, apresenta a vantagem de não exigir do fotointérprete, 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 é considerado, por muitos autores, como o mais eficiente para a delimitação de solos através de fotointerpretação. Esse método apresenta a desvantagem de exigir do fotointérprete, um profundo conhecimento dos processos de intemperização, erosão, sedimentação, etc., além da influência desses processos na paisagem e, portanto, na própria imagem fotográfica.

Segundo GOOSEN (1968), a separação desses três métodos de fotointerpretação é meramente artificial, podendo haver, em muitos casos, a combinação de dois, ou mesmo dos três métodos.

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

FROST (1960) considera que a fotointerpretação baseia-se nos seguintes princípios básicos: a) solos semelhantes a parecem nas fotografias aéreas com padrões semelhantes; b) solos diferentes aparecem com padrões diferentes; c) através da fotointerpretação pode-se correlacionar características da imagem fotográfica com as propriedades do solo observadas no campo e no laboratório.

ratório.

Para alguns autores, tais como Shultz e Cleaves , conforme citação de RAY (1963), o elemento mais importante na fotointerpretação de solos é a forma fisiográfica. Sua importância reside principalmente, no fato de existirem afinidades entre os solos e os aspectos geomórficos de suas áreas de ocorrência, os quais fornecem indícios sobre seus processos de formação. Contudo, FRANÇA (1968) considera que a forma fisiográfica é apenas um elemento do padrão de solos e a interpretação de outros elementos, tais como as características de drenagem ou de erosão, podem fornecer informações igualmente importantes.

Para GUERRA (1975), a rede de drenagem é definida em termos da distribuição ou disposição do traçado dos rios e dos vales. Já para RUHE (1975), uma rede de drenagem é um sistema de canais de drenagem interligados, constituído por um canal principal e seus tributários.

Foram propostos três sistemas de classificação dos rios em ordens: o sistema europeu ou clássico, estabelecido por Gravelius, conforme citação de HORTON (1945); o de HORTON (1945) e o de STRAHLER (1957). O sistema europeu considera o rio principal, caracterizado por ser o maior e o mais ramificado, como sendo o rio de primeira ordem; e os seus tributários imediatos são considerados como de segunda ordem, de tal forma que as ordens mais altas são atribuídas aos menores rios. Por este sistema de classificação, os tributários menores, não ramificados e ,

portanto, de ordens mais altas, são classificados em categorias - diferentes, embora apresentem características semelhantes.

HORTON (1945), considerando que os rios menores apresentam características semelhantes, mesmo pertencendo a bacias hidrográficas diferentes, inverteu a sequência de numeração usada na classificação européia, ou seja: considerou os rios menores e sem ramificação como os de primeira ordem; os rios que recebem os de primeira ordem são classificados como sendo de segunda ordem e os que recebem os de segunda ordem, classificados como de terceira ordem, e assim por diante; portanto, o rio ou canal principal é classificado como o de ordem mais elevada. Este sistema de classificação trouxe vantagens facilitando as análises e comparações das redes de drenagem, uma vez que são comparáveis entre si, apenas os elementos de uma mesma ordem de ramificação.

Vários pesquisadores utilizaram a classificação de Horton, entre os quais STRAHLER (1952) e MAXWELL (1955).

STRAHLER (1957), baseando-se no sistema de Horton (que classifica rios), apresentou um sistema de classificação modificado onde, tentando simplificar ainda mais, classifica os segmentos de rios. Neste sistema, os canais extremos, de fluxos permanentes ou temporários, localizados em vales bem definidos, são classificados como de primeira ordem; os segmentos de rios classificados como de segunda ordem, são aqueles formados pela junção - de dois segmentos de primeira ordem; os de terceira ordem são formados pela junção de dois segmentos de segunda ordem, e assim su-

cessivamente. Neste sistema os canais de segunda ordem podem receber outras de primeira, bem como os canais de ordens mais elevadas também podem receber um maior número de canais de ordens mais baixas. O canal principal, que recebe toda a água da bacia, é classificado como o canal de ordem mais elevada, sendo esse sistema utilizado por muitos pesquisadores, tais como CURTIS et alii (1965); FRANÇA (1968); MARCHETTI (1969); VASQUES FILHO (1972); SOUZA (1975); DEMÉTRIO (1977); CARVALHO (1977).

HORTON (1945) considera a existência de 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. Considera ainda que esse comprimento, tido - como mínimo, está estreitamente relacionado com o declive, velocidade de deflúvio, capacidade de infiltração, resistência à erosão. Dos fatores relacionados que têm influência na formação da rede de drenagem, esse autor 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.

Ainda HORTON (1945) propõe o uso da expressão - "Composição da rede de drenagem" para indicar os números e os comprimentos de rios de diferentes ordens de ramificação, não considerando o padrão; baseando-se em que a densidade de drenagem e o padrão de drenagem, considerados isoladamente ou conjuntamente ,

não são suficientes para uma caracterização completa de uma rede hidrográfica de uma determinada bacia.

A densidade de drenagem, segundo RAY (1963), aumenta de acordo com a diminuição da resistência à erosão. Para esse autor, a textura de drenagem tende a obedecer à textura ou composição granulométrica e à resistência dos materiais presentes. Assim sendo, em rochas de textura fina como os folhelhos há uma tendência da drenagem também apresentar-se com textura fina; já nos materiais de textura grosseira como os arenitos, há uma tendência da drenagem apresentar-se também com textura grosseira. Segundo FRANÇA (1968), nem sempre isso ocorre, uma vez 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.

LUEDER (1959) e DUNBAR (1959) referem-se ao conceito de "drenagem funcional" para explicar porque certos solos de textura argilosa se comportam como materiais porosos. O segundo autor, discutindo os problemas de interpretação fotográfica em regiões tropicais e subtropicais, chama a atenção para o caso de Latossóis que, embora possuindo altos conteúdos de argila, apresentam características do padrão de drenagem semelhantes às de solos de textura arenosa.

Com relação à resistência à erosão dos solos do Estado de São Paulo, FREIRE e PESSOTTI (1974) verificaram que os Latossóis são mais resistentes do que os Solos Podzólicos em rela

ção à erosão hídrica acelerada; verificaram também, que a erodibilidade aumenta proporcionalmente ao gradiente textural entre os horizontes A e B.

A maneira pela qual os cursos d'água se distribuem ou se arranjam, dentro de uma dada área de drenagem, é definida pelo termo padrão de drenagem; esse padrão lembra a configuração de um objeto conhecido, que empresta o seu nome para a classificação do padrão.

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 (1959), visando indicar os aspectos significantes do padrão de drenagem, propôs a análise das seguintes características descritivas: grau de integração; densidade; grau de uniformidade; orientação; grau de controle; ângulos de junção; angularidade.

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

O termo "anomalia" foi preconizado por RICCI e PETRI (1965), com a finalidade de auxiliar a caracterização do padrão, evidenciando as características de um ou mais rios que não se adaptam às dominantes apresentadas pelos demais rios da área. As anomalias permitem que se obtenham informações sobre as variações da textura superficial, permeabilidade dos mate

riais expostos, condições estruturais e grau de erodibilidade, -
presentes num sistema de drenagem.

HORTON (1945) apresentou duas relações envolvendo o comprimento e o número de rios, na tentativa de quantificar o grau de desenvolvimento de uma rede de drenagem e, com isso, eliminar a subjetividade da caracterização descritiva do padrão, além de possibilitar maiores informações sobre as condições do terreno. As duas relações propostas são: a) Densidade de Drenagem; b) Frequência de Rios.

a) Densidade de Drenagem: expressa a relação entre a precipitação pluviométrica e a capacidade de infiltração do solo. Esse autor quantifica a densidade de drenagem (Dd), através da equação:

$$Dd = \frac{L \ t}{A}$$

onde: $L \ t$ é o comprimento total de rios das diversas ordens; e
 A é a área da bacia de drenagem.

b) Frequência de Rios (F): representa o número de rios por unidade de área, sendo expressa pela equação:

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

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

Um outro índice importante, utilizado na diferenciação de solos, é a razão de Textura (T), definida por Johnson, 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 representados - nos mapas topográficos, as localizações desses canais podem ser identificadas através das inflexões das curvas de nível. O mesmo autor recomenda que a curva que apresentar o maior número de inflexões é que deve ser a escolhida, sendo que a razão de textura (T) seria obtida pela divisão do número de inflexões pelo perímetro da bacia, sendo então dada pela fórmula.

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

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

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

SMITH (1950), para caracterizar a textura topográfica de uma certa área como um todo, propôs o uso de valor médio ponderado da razão de textura, que pode ser determinado pela fórmula:

$$T_m = \frac{\sum (A \times T)}{\sum A}$$

onde: T_m é o valor médio ponderado da razão de textura, $\sum$ signi
fica somatória, A é a área e T a razão de textura de cada
bacia.

Baseando-se nesses valores, SMITH (1950) apresen-
tou uma classificação para a textura topográfica onde o perímetro
é expresso em milha, que é a seguinte:

Classe de Textura Topográfica		Razão de Textura Média
Grosseira	-	> 4
Média	-	4 a 10
Fina	-	> 10

FRANÇA (1968), fez uma transformação do perímetro,
de milha para quilômetro, obtendo essa classificação com os se
guintes valores:

Grosseira	-	$< 2,5$
Média	-	2,5 a 6,2
Fina	-	$> 6,2$

O critério de amostragem circular foi preconizado
por RAY e FISCHER (1960), em trabalhos de caracterização litolôgi-
ca; esses autores utilizaram amostras circulares com tamanho de
10 km² de área. Em função da escala e também da ocorrência dos
solos, essa área poderá variar de 10 a 100 km² (BURINGH, 1960).

FRANÇA (1968), trabalhando com bacias hidrográfi-

cas e amostras circulares no estudo de solo, tendo por base a metodologia preconizada por RAY e FISCHER (1960), obteve resultados mais consistentes para as amostras circulares, apontando para esse tipo de amostragem, as seguintes vantagens:

- A influência da área é eliminada, uma vez que todas as medições de comprimento de rios são referidas à mesma área circular de 10 km^2 .
- 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.

SOUZA (1975), trabalhando com amostras circulares, estendeu o método para determinar a frequência de rios, razão de textura e razão de textura topográfica. Esse mesmo pesquisador - admitiu ainda, que a área das amostras circulares não deve ser fixada em 10 km^2 , podendo variar de acordo com a área de ocorrência dos solos, concordando com o que BURINGH (1960) havia sugerido, isto é, uma amplitude de 10 a 100 km^2 , em função da escala e do modo de ocorrência dos solos.

KOFFLER (1976) estudou a amostragem circular em

imagens aerofotográficas nas escalas de 1:25.000 e 1:60.000 com áreas de 10 e 20 km², respectivamente; e de 100 km² em imagens orbitais (skylab), na escala 1:500.000 .

DEMÉTRIO (1977), utilizando amostras circulares de 3 km², 10 km² e 20 km² para as escalas 1:8.000, 1:25.000 e 1:60.000, respectivamente, estudou a variação das características de redes de drenagem em função das escalas de fotografias aéreas verticais, concluiu que existe uma tendência de aproximações dos valores de cada característica quantitativa, à medida que a escala da fotografia diminui, mas os índices de drenagem (densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura) diferem entre si nas escalas extremas, ou seja, 1:8.000 e 1:60.000.

Em estudos realizados visando a diferenciação entre solos, através das características quantitativas das redes de drenagem, utilizando bacias hidrográficas e amostras circulares como sistemas de amostragem, SILVA (1977) 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 (1977), estudando as características do padrão de drenagem de dois solos com horizonte B textural Terra Roxa Estruturada Eutrófica e Associação Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba + Litossol fase substrato argilito - folhelho , constatou que as amostras circulares apresentaram melhores resultados na diferenciação daquelas duas unidades de solo

do que as bacias hidrográficas, quando analisados os parâmetros que definem os padrões de drenagem.

PIEIDADE et alii (1979), estudando a significância dos parâmetros densidade de drenagem, frequência de rios, razão de textura e razão de textura média, para diferenciar duas unidades de solo com horizonte B textural, utilizando bacias hidrográficas e amostras circulares, verificaram, assim como SILVA(1977), 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 km^2 de área.

POLITANO (1980), estudando o relevo e a rede de drenagem, na diferenciação de solos de mesmo tipo climático e perfis com horizonte B textural, destacou a maior eficiência das amostras circulares.

Dentre outros pesquisadores que evidenciam a eficiência da amostragem circular na caracterização do padrão de drenagem, destaca-se o trabalho de ANGULO FILHO (1981), no estudo de solos com horizonte B textural e outros com horizonte B latossólico, através de fotografias aéreas de várias escalas e obtidas em diferentes épocas.

Considerando a relação infiltração/deflúvio, ESPÍNDOLA (1977) verificou a diferenciação entre três unidades de solo, através dos índices densidade de drenagem e frequência de

rios, sendo que esse pesquisador concluiu estar o grau de evolução ou maturidade dos solos, numa sequência inversa aos valores dos índices estudados.

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

SILVA (1977), através das alterações da relação in filtração/deflúvio, atribuiu o grau de desenvolvimento das redes de drenagem, em primeiro lugar ao relevo e, em segundo, ao controle geológico. Já para FRANÇA (1968), as variações verificadas no padrão de drenagem foram atribuídas, em primeiro lugar à natureza do solo, vindo em seguida a posição topográfica e a natureza e profundidade do substrato rochoso.

ANGULO FILHO (1981) considera que as características do padrão de drenagem foram condicionadas pela natureza e propriedade dos solos estudados, natureza e profundidade do substrato rochoso, posição relativa que ocupam no relevo regional, bem como a vegetação e o uso da terra em cada período considerado, contribuindo para que as características de drenagem sofressem modificações.

MANECHINI (1981), estudando a rede de drenagem dos solos Latossol Roxo, Latossol Vermelho Escuro orto e Podzólico - Vermelho-Amarelo variação Laras, concluiu que: pela interpretação das imagens fotográficas foi perfeitamente possível a distinção -

entre solos morfogeneticamente diferentes .

Outra conclusão importante, é com relação às características quantitativas do padrão de drenagem, sendo que se mostraram mais eficientes a razão de textura e a frequência de rios, em amostras circulares e bacias hidrográficas, respectivamente ; resultando ainda, à vantagem do emprego de amostras circulares em relação às bacias hidrográficas.

Os valores médios obtidos por MANECHINI (1981) foram os seguintes:

	LE	PVls
Ddc	1,58	4,29
Fc	2,07	11,60
Tc	1,85	10,37
Lmc	0,77	0,37

Os parâmetros densidade de drenagem e frequência de rios, determinados em amostras circulares, foram estudados na diferenciação das unidades de solo LVa, LE e PVls por vários pesquisadores, dentre os quais FRANÇA (1968), MARCHETTI (1969); FADEL (1972); VASQUES FILHO (1972) e SOUZA (1975), que obtiveram os seguintes valores para esses parâmetros:

	Lva		LE		PVls	
	Dc	Fc	Dc	Fc	Dc	Fc
FRANÇA (1968)	0,53	1,32	-	-	2,81	8,94
MARCHETTI (1969)	0,80	0,85	-	-	4,29	21,46
FADEL (1972)	-	-	1,57	2,46	3,12	11,14
VASQUES Fº (1972)	-	-	-	-	5,21	13,79
SOUZA (1975)	-	-	2,22	2,90	-	-

Esses resultados demonstram que a maior variação encontrada foi para o parâmetro frequência de rios, notadamente para as unidades de solo Lva e PVls, evidenciando desequilíbrios erosivos ocorrentes nas áreas ocupadas por esses solos.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Características Gerais das Áreas Estudadas

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram escolhidas três unidades de solo, duas delas possuindo horizonte B latossólico, e uma com horizonte B textural, porém apresentando diferenças na permeabilidade e na relação infiltração/deflúvio e, portanto, também diferenças no desenvolvimento das respectivas redes de drenagem.

Foram estudadas três áreas contendo as unidades de solo: Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa); Podzólico - Vermelho-Amarelo variação Laras (PVls) e Latossolo Vermelho Escuro orto (LE), segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1960).

Segundo o MAPA DO INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO (1974), a primeira área, localizada no município de Botucatu-S.P. e que

contêm o Lva, é constituída essencialmente de Arenitos da Formação Bauru; a segunda e a terceira áreas, localizadas no município de Piracicaba-S.P., contêm, respectivamente o PVls e o LE. A área do PVls é constituída de Sedimentos Arenosos da Formação Botucatu-Pirambôia; enquanto que, a área do LE é constituída de Argilitos e Folhelhos das Formações Corumbataí e Irati.

De acordo com a COMISSÃO DE SOLOS (1960) o clima da primeira área é, segundo o sistema de Köppen, 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 entre 1.200 e 1.300 mm. Por outro lado, o clima das outras duas áreas é 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; o total anual de chuvas está compreendido entre 1.300 e 1.400 mm.

Na Tabela 1 estão descritas de forma resumida as principais características destes solos.

3.1.2. Amostras Circulares

No presente trabalho utilizou-se o sistema de amostragem circular, uma vez que no estudo dos padrões de drenagem,

Tabela 1 - Principais Características dos Solos Estudados, Segundo I.G.G. (1974), COMIS
SÃO DE SOLOS (1960) e Observações de Campo.

Características	Latossolo Vermelho	Latossolo Vermelho	Podzólico Vermelho
	Amarelo fase arenosa (LVA)	Escuro orto (LE)	Amarelo Variação Laras (PVls)
Localização *	Município de Botucatu	Municípios de Iracemaópolis e Piracicaba	Municípios de Piracicaba, Iracemaópolis e Limeira.
Geologia	Período Cretáceo Superior, Formação Bauru	Período Permiano, - Formações: Corumbataí e Irati	Período Cretáceo, Formação Botucatu-Pirambóia.
Litologia	Rochas sedimentares, Arenitos	Sedimentos finos: argilitos e folhelhos	Rochas Sedimentares, Arenitos.
Tipo Climático (Köppen)	Cfa	Cwa	Cwa
Relevo	Suavemente ondulado	Suavemente ondulado	Ondulado a forte ondulado
Profundidade	Muito profundo	Muito profundo	Profundo
* Coordenadas Geográficas	22°51'37" - 22°55'00" S 48°30'00" - 48°43'01" W.Gr	22°36'45" - 22°47'26" S 47°27'39" - 47°33'05" W.Gr	22°28'27" - 22°40'00" S 47°31'42" - 47°38'04" W.Gr

Segue fls. 2

cont....

Características	Latossolo Vermelho- Amarelo fase arenosa (LVa)	Latossolo Vermelho Escuro orto (LE)	Podzólico Vermelho- Amarelo Variação Latras (PVLs)
Drenagem interna	Bem drenado	Bem drenado	Moderadamente drenado
Textura horiz. A	Barro argilo arenoso	Argila	Areia barrenta
Textura horiz. B	Barro argilo arenoso	Argila	Barro argilo arenoso
Estrutura horiz. B	Granular muito pequena	Granular muito pequena a pequena	Blocos subangulares pequenos a médios
Resistência à erosão	Moderada	Alta	Moderada a baixa
Retenção de água	Média	Alta	Média
Fertilidade	Baixa	Média	Baixa
Vegetação natural	Cerrado, Campo Cerrado, Campo	Floresta latifoliada tropical, cerrado	Floresta latifoliada tropical semidecídua, cerrado.

este sistema tem-se mostrando mais eficiente quando comparado com a amostragem representada por bacias hidrográficas, conforme trabalhos de FRANÇA (1968); SOUZA (1975); SILVA (1977); CARVALHO (1977); PIEDADE (1979); POLITANO (1980); MANECHINI (1981).

As amostras circulares utilizadas abrangem 10 km² de área, conforme foi sugerido primeiramente por RAY e FISCHER (1960) e adotado por FRANÇA (1968) em estudos pedológicos. Essas amostras são representativas das três unidades de mapeamento estudadas, visto terem sido demarcadas em áreas de ocorrência dessas unidades, segundo a COMISSÃO DE SOLOS (1960). Tomou-se o cuidado de distribuir as amostras circulares de tal modo que representassem apenas as unidades estudadas, a saber:

a) Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa, estando as amostras circulares representativas desta unidade, ilustradas nas Figuras 1 e 2.

b) Latossol Vermelho Escuro orto, estando as amostras circulares representativas desta unidade, ilustradas nas Figuras 3 e 4.

c) Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, estando as amostras circulares representativas desta unidade ilustradas nas Figuras 5 e 6.

3.1.3. Material Fotográfico

Utilizaram-se fotografias aéreas verticais na esca

FIG. 1 - Amostras Circulares Representativas da Unidade Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.

FIG. 2 - Amostras Circulares Representativas da Unidade Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.

FIG. 3 - Amostras Circulares Representativas da Unidade Latossolo Vermelho Escuro orto.

FIG. 4 - Amostras Circulares Representativas da Unidade Latossolo Vermelho Escuro orto.

FIG. 5 - Amostras Circulares Representativas da Unidade Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

FIG. 6 - Amostras Circulares Representativas da Unidade Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

la aproximada de 1:25.000, com recobrimento de 60% na faixa de voo e de 30% entre as faixas adjacentes.

Nas áreas de ocorrência das unidades de solo estudadas, foram utilizadas fotografias do levantamento aerofotográfico de 1972, realizado para o IBC/GERCA (Instituto Brasileiro do Café - Grupo Executivo da Racionalização da Cafeicultura).

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

3.1.4. Equipamentos

Como equipamento básico foram utilizados:

- Estereoscópio de espelhos, marca WILD ST4.
- Estereoscópio de bolso, marca Vasconcellos.

Como equipamento auxiliar foram empregados: curvímetro, marca "Derby"; planímetro polar, marca A.OTT e também outros materiais simples de desenho e medição.

3.2. Métodos

3.2.1. Seleção das áreas estudadas

As áreas de estudo foram selecionadas após a escolha dos solos que serviriam de base para o trabalho, ou seja, -

dois solos com horizonte B latossólico - Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa) de ocorrência na região de Botucatu-S.P. e Latossol Vermelho Escuro orto (LE) de ocorrência na região de Piracicaba; e outro com horizonte B textural - Solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, também de ocorrência na região de Piracicaba.

Com o auxílio dos fotoíndices dessas regiões foi feita a localização das fotografias aéreas que continham as unidades de solo morfogeneticamente diferentes, refletindo na imagem fotográfica, padrões de drenagem distintos.

3.2.2. Montagem dos mapas de drenagem

Com o auxílio de folhas de poliéster transparente, colocadas sobre as fotografias foi feito o decalque dos canais de drenagem visíveis na imagem fotográfica; canais esses, considerados como cursos d'água permanentes e temporários, desde que fizessem parte funcional do sistema de drenagem, conforme sugestão feita por STRAHLER (1957) e por LUEDER (1959), tendo sido adotada por FRANÇA (1968) e seguida por vários outros pesquisadores.

No traçado das redes de drenagem, utilizou-se a área útil da fotografia, a qual foi obtida da seguinte maneira : em cada folha de poliéster transparente, foram assinalados pontos comuns a duas fotos consecutivas, na mesma faixa de voo, bem como

entre as faixas de voo adjacentes. Obtidos esses pontos, foram traçadas linhas retas unindo-os, formando então um retângulo, delimitando assim, a área útil de cada foto. Em seguida por justa posição desses retângulos, obteve-se a montagem dos mapas básicos das redes de drenagem.

3.2.3. Seleção das Amostras Circulares

Em cada área de estudo foram escolhidas quatro amostras circulares de 10 km^2 . Procurou-se, na demarcação dessas amostras, que elas abrangessem o maior número de canais de drenagem de ordens inferiores, com base no sistema de HORTON (1945) mo dificado por STRAHLER (1957), conforme recomendação de NOGUEIRA (1979).

3.2.4. Análise dos Padrões de Drenagem

A caracterização do padrão de drenagem foi feita a través da determinação de suas características descritivas e quan titativas.

A análise descritiva ou qualitativa das redes de drenagem foi feita observando-se as seguintes características: ti po ou modelo do padrão, sugerido por PARVIS (1950); e grau de integração, densidade, grau de uniformidade, orientação, grau de controle, ângulos de junção e angularidade, de acordo com LUEDER (1959), além de possíveis anomalias dos padrões, sugeridas por -

RICCI e PETRI (1965).

Dentre as características quantitativas, foram de terminados os índices descritos a seguir:

a) Densidade de Drenagem (Dd_c)

É expressa pela relação entre o comprimento total dos canais contidos na amostra circular e sua respectiva área, segundo RAY e FISCHER (1960), sendo expressa em km/km^2 .

b) Frequência de Rios (F_c)

É expressa pela relação existente entre o número total de rios da amostra circular e sua respectiva área, segundo SOUZA (1975), sendo expressa em número de rios/ km^2 .

c) Razão de Textura (T_c)

Determinada segundo FRANÇA (1968) e adaptada para amostra circular por SOUZA (1975), onde relaciona o número total de rios da amostra circular com o respectivo perímetro, sendo expressa em número de rios/km.

d) Razão de Textura média (Tm_c)

Determinada pela média aritmética das razões de textura de amostras circulares, segundo SOUZA (1975).

e) Classe de Textura Topográfica

Determinada pela classificação de SMITH (1950) e adaptada por FRANÇA (1968) ao sistema métrico, sendo estendida para amostras circulares por SOUZA (1975).

f) Comprimento médio dos canais de drenagem (L_{mc}): cuja relação é expressa pelo comprimento total e o número de canais de drenagem, índice esse, proposto por RAY e FISCHER (1960) para estudos geológicos e adaptado para o estudo de solos por FRANÇA (1968).

3.2.5. Análise Estatística

No presente estudo, aplicou-se a Análise de variância considerando-se o esquema para um fator, para cada um dos parâmetros do padrão de drenagem (D_{dc} , F_c , T_c), bem como para o elemento da composição da rede, o comprimento médio dos canais (L_{mc}).

Em seguida, efetuou-se a comparação das médias de tratamentos, através do teste de Tukey a 5% e 1% de probabilidade.

4 - RESULTADOS

As características descritivas e quantitativas das amostras circulares representativas das três unidades de solo estudadas, bem como os resultados obtidos na análise dos padrões de drenagem e os níveis de significância determinados na análise estatística, são apresentados neste capítulo.

4.1. Características Descritivas

As características descritivas identificadas nas amostras circulares são apresentadas na Tabela 2.

4.2. Características Quantitativas

Os números de segmentos de rios observados em cada ordem de ramificação e total para cada amostra circular, são mostradas na Tabela 3.

Os valores dos comprimentos totais de segmentos de rios, observados em cada ordem de ramificação e total para cada amostra circular, estão contidas na Tabela 4.

As características quantitativas dos padrões de drenagem, comprimento médio dos canais de drenagem, bem como as classes de textura topográfica, são apresentados na Tabela 5.

Os resultados das características quantitativas médias (Ddc , Fc , Tc e Lmc), bem como a classe de textura topográfica, são apresentados na Tabela 6.

4.3. Análise Estatística

Os resultados obtidos na análise estatística aplicada aos parâmetros do padrão de drenagem: Ddc , Fc , Tc e para um dos elementos da composição da rede, ou seja, o comprimento médio dos canais de drenagem (Lmc), são apresentados na Tabela 7.

Tabela 2 - Características Descritivas do Padrão de Drenagem dos Solos Estudados, -
Segundo LUEDER (1959) e Tipo Segundo PARVIS (1950).

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; ocasional- mente retos	Retos; ocasional- mente agudos	Agudos, passando a retos
Tipo ou Modelo	Sub-paralelo rami- ficado	Sub-paralelo	Dendrítico
Anomalias	Variações locais - nos ângulos de - junção dos rios de 1a. ordem e na densidade de drenagem	Angularidade mode- rada nos rios - de 2a. ordem de ramificação. Va- riações locais na densidade de drenagem	Variações locais - na densidade de drenagem.

* Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa

** Latossol Vermelho Escuro orto

*** Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.

Tabela 3 - Número de Segmentos de Rios Observados em cada Ordem de Ramificação e Total para as Amostras Circulares Representativas dos Solos Estudados.

Solos	Ordens (w)	Número de Segmentos de Rios em cada Ordem (Nw_c)				Médias aritméticas
Amostras Circulares						
LVa		1	2	3	4	
	1a.	24	20	19	21	21,00
	2a.	6	5	7	5	5,75
	3a.	1	1	1	1	1,00
	4a.	-	-	-	-	-
	Total (Nt_c)	31	26	27	27	27,75
Amostras Circulares						
LE		1	2	3	4	
	1a.	8	10	8	13	10,00
	2a.	2	3	2	4	2,75
	3a.	1	1	1	1	0,75
	4a.	-	-	-	-	-
	Total (Nt_c)	11	14	11	18	13,50
Amostras Circulares						
PVls		1	2	3	4	
	1a.	126	114	116	100	114,00
	2a.	29	37	32	28	31,50
	3a.	9	8	7	7	7,75
	4a.	2	2	2	2	2,00
	Total (Nt_c)	166	161	157	137	155,25

Tabela 4 - Comprimentos Totais de Segmentos de Rios Observados - em cada Ordem de Ramificação e Total para as Amostras Circulares Representativas dos Solos Estudados.

Solos	Ordens (w)	Comprimentos Totais de Seg- mentos de Rios em cada Ordem Lwc(km)				Médias aritméticas
Amostras Circulares						
LVa		1	2	3	4	
	1a.	10,60	6,70	5,60	7,50	7,60
	2a.	4,60	5,50	3,60	3,50	4,30
	3a.	1,50	2,30	3,30	3,00	2,53
	4a.	-	-	-	-	-
	Total(Lt _c)	16,70	14,50	12,50	14,00	14,43
Amostras Circulares						
LE		1	2	3	4	
	1a.	3,80	6,35	5,55	4,55	4,86
	2a.	2,00	3,95	1,25	4,00	3,20
	3a.	0,90	0,70	0,25	0,95	0,48
	4a.	-	-	-	-	-
	Total(Lt _c)	6,70	11,00	7,05	9,55	8,54
Amostras Circulares						
PVls		1	2	3	4	
	1a.	17,60	16,85	16,05	15,35	16,46
	2a.	10,00	9,55	8,25	9,15	9,23
	3a.	5,60	5,05	3,20	4,93	4,69
	4a.	1,40	1,00	2,40	2,46	1,82
	Total(Lt _c)	34,60	32,45	29,90	31,89	32,20

Tabela 5 - Características Quantitativas dos Padrões de Drenagem, Comprimento Médio dos -
Canais de Drenagem e a Classe de Textura Topográfica das Amostras Circulares -
Representativas dos Solos Estudados.

Características Quantitativas Observadas	Iva				IE				PVls			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Frequência de Rios (Fc)	3,10	2,60	2,70	2,70	1,10	1,40	1,10	1,80	16,60	16,10	15,70	13,70
Frequência de Rios Média (Fm_C)	2,77				1,35				15,53			
Densidade de Drenagem (Dd_C)	1,67	1,45	1,25	1,40	0,67	1,10	0,71	0,95	3,46	3,25	2,99	3,19
Densidade de Drenagem Média (Ddm_C)	1,44				0,86				3,22			
Razão de Textura (Tc)	2,77	2,32	2,41	2,41	0,98	1,25	0,98	1,61	14,81	14,36	14,01	12,22
Razão de Textura Média (Tmc)	2,48				1,21				13,85			
Comprimento Médio dos Canais de Drenagem Superficial (Imc)	0,54	0,56	0,46	0,52	0,61	0,77	0,64	0,53	0,21	0,20	0,19	0,23
Médias	0,52				0,64				0,21			
Classe de Textura Topográfica	grosseira				grosseira				fina			

Tabela 6 - Características Quantitativas Médias dos Padrões de Drenagem, Médias dos Comprimentos Médios e as Classes de Textura Topográfica das Amostras Circulares Representativas dos Solos Estudados.

Características	IVa			IE			PVIs		
	Médias	Erro Padrão	C V%	Médias	Erro Padrão	C V%	Médias	Erro Padrão	C V%
		da média			da média			da média	
Frequência de Rios (Fc)	2,77	$\pm 0,111$	7,99	1,35	$\pm 0,166$	24,57	15,53	$\pm 0,635$	8,19
Densidade de Drenagem (Ddc)	1,44	$\pm 0,087$	12,05	0,86	$\pm 0,102$	24,17	3,22	$\pm 0,096$	6,00
Razão de Textura (Tc)	2,48	$\pm 0,099$	8,05	1,21	$\pm 0,149$	24,77	13,85	$\pm 0,567$	8,19
Comprimento Médio dos Canais (Lmc)	0,52	$\pm 0,022$	8,31	0,64	$\pm 0,049$	15,65	0,21	$\pm 0,008$	8,23
Classe de Textura Topográfica		grosseira			grosseira			fina	

Tabela 7 - Resultados da Análise de Variância Aplicada às Características Quantitativas, Teste de Tukey e Coeficiente de Variação.

		Fc		Ddc		Tc		Lmc	
G.L.	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM
Entre Solos	2	243,6825	411,86**	6,0692	166,74**	193,8994	410,51**	0,1976	48,99**
Entre Amostras de Solo	9	0,5917	0,0364	0,4723	0,0040				
C.V.		11,74 %	10,37 %	11,77 %	13,74 %				
$\hat{m}LVa$		2,78 (a)	1,44 (a)	2,48 (a)	0,52 (a)				
$\hat{m}LE$		1,35 (a)	0,86 (b)	1,20 (a)	0,64 (a)				
$\hat{m}PVLs$		15,52 (b)	3,22 (c)	13,85 (b)	0,21 (b)				
5 %		1,52	0,38	1,36	0,12				
1 %		2,09	0,52	1,86	0,17				

As Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 1%

5 - DISCUSSÃO

5.1. Características Descritivas das Redes de Drenagem

A análise das características descritivas do padrão de drenagem foi feita sobre os mapas básicos das redes de drenagem, confeccionados para as três áreas de estudo onde estão contidas as unidades: Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa; - Latossol Vermelho Escuro orto e Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras. Os resultados estão apresentados na Tabela 2 e trechos desses mapas podem ser observados nas Figuras 1 a 6.

Essas características, obtidas através do exame do arranjo espacial dos canais de drenagem, diferem na maioria dos casos, para as três unidades de solo, permitindo fazer a distinção entre elas e concordando com as observações de PARVIS - (1950) e de LUEDER (1959).

O grau de integração das redes de drenagem do Lva e do PVls caracteriza-se por ser alto, devido à textura are-

rosa/média desses solos; estando também, no caso do PVls, associada à fraca estrutura do horizonte B (blocos subangulares pequenos a médios), que permite uma drenagem interna moderada e uma resistência à erosão de moderada a baixa. Esse parâmetro mostrou-se médio para o LE, devido provavelmente ao 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_c) é baixa a média para o LVa, embora possua uma textura média e um relevo suavemente ondulado; isto provavelmente se deve à 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_c 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_c apresenta-se baixa, devido ao relevo de ocorrência (suavemente ondulado) e à estrutura porosa do perfil, que determina uma boa permeabilidade.

O grau de uniformidade e orientação para a unidade LVa podem ser considerados como pouco uniforme e pouco orientado, provavelmente devido ao desequilíbrio erosivo que ocasiona uma maior densidade de drenagem nos canais de ordens menos elevada ,

uma vez que a relativa homogeneidade do perfil acarreta pouca variação na resistência à erosão, para os demais canais da rede de drenagem.

Para a unidade 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, uma vez que essa unidade de solo apresenta-se em grande parte da área com o horizonte Bt na superfície (PVA fase erodida) ou em alguns locais, os solos são pouco espessos (PVA fase rasa e/ou Litossol), dado que, em virtude da friabilidade do material de origem (Arenitos da formação Botucatu/Pirambôia), e da sua ocorrência em camadas de baixa resistência à erosão, propiciam um contato litóide, que acaba interferindo na uniformidade do padrão de drenagem.

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 predominate 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 físi

cas da área, aliados à textura média desse solo.

Para a unidade PVls, o grau de controle é médio, a angularidade é média e os ângulos de junção são agudos passando à 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 e 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 Litossol, 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 devidos à existência de orientação na rede de drenagem, provavelmente atribuída ao relevo e ao material de origem que, devido à sua textura argilosa, apresenta fraturas ou diaclases. Contudo, nos rios de ordens menos elevadas, os ângulos de junção agudos indicam que, nesses locais, a drenagem é coerente com as propriedades do perfil do solo.

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 sub-paralelismo da rede, é devido à homogeneidade da textura média do perfil de solo, que condiciona a existência de vertentes longas e apresenta-se ramificado nas cabeceiras, ocasionando um aumento na densidade de drenagem em função do desequilíbrio ambiente ocorrente nessa área.

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. Todavia, na descrição do grau de orientação, a rede de drenagem desta área apresenta-se pouco orientada, em função da existência de variações locais na Ddc, onde os canais passam a retos quando a rede de drenagem se depara com solos rasos, onde o substrato rochoso começa a causar efeitos no desenvolvimento do padrão de drenagem.

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 apresenta al

gumas diferenças nas características: grau de uniformidade (pouco uniforme); orientação (pouco orientado); grau de controle (médio), também observados por POLITANO (1980) em um solo 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).

Os resultados obtidos para a unidade LE diferem dos encontrados por MANECHINI (1981), em grau pouco acentuado, nas características: uniformidade (não uniforme); ângulos de junção (retos, localmente agudos); angularidade (baixa; tipo ou modelo sub-paralelo).

5.2. Características Quantitativas das Redes de Drenagem o

Na Tabela 3 estão contidos os números de segmentos de rios observados em cada ordem de ramificação e o total para as amostras circulares das áreas estudadas, onde se observa que o número total de segmentos foi menor para a unidade LE, resultando um valor médio da ordem de 13,5; sendo que o maior número de segmentos de rios foi observado para a unidade PVls, estando o valor médio em torno de 155,25; ficando a unidade LVa numa posição intermediária, com um número médio da ordem de 27,75.

Os valores dos comprimentos totais e os valores médios de segmentos de rios, observados em cada ordem de ramificação, bem como o comprimento total para as amostras circulares, es

tão contidos na Tabela 4, onde se pode notar que a unidade LE apresenta o menor valor de comprimento total, que em termos médios gira em torno de 8,54; a unidade LVa caracteriza-se por apresentar valores intermediários, da ordem de 14,43; enquanto que a unidade PVls apresenta o maior valor, da ordem de 32,20.

Os resultados obtidos para número e comprimentos totais de segmentos de rios diferem para as três áreas estudadas, refletindo as diferenças entre as unidades de solo, conforme foi constatado por HORTON (1945), STRAHLER (1957) e FRANÇA (1968), entre outros pesquisadores. Esses resultados demonstram que a relação Infiltração/Deflúvio diminui na seguinte ordem: LE > LVa > PVls, em decorrência da "drenagem funcional" comentada por LUEDER (1959) e DUNBAR (1959), a qual é devida à estruturação do solo, que confere uma permeabilidade alta para a unidade LE; à textura média do LVa, propiciando uma boa drenagem do perfil; e devido ao relevo ondulado a forte ondulado e à presença do horizonte B textural do PVls, que dificulta a infiltração favorecendo o deflúvio.

As características quantitativas estudadas para cada amostra e os valores médios obtidos para cada área são apresentados na Tabela 5. A análise desses valores evidencia uma nítida diferença entre as unidades LVa, LE e PVls, fazendo exceção apenas a classe de textura topográfica, que foi a mesma (grosseira) para os dois Latossolos.

A F_c e a D_{dc} foram da ordem de 2,77 e 1,44 para o LVa; 1,35 e 0,86 para o LE e 15,53 e 3,22 para o PVls, respecti-

vamente; resultados que concordam com as observações de HORTON (1945), RAY e FISCHER (1960), FRANÇA (1968), MARCHETTI (1969), VASQUES FILHO (1972), SOUZA (1975) e CARVALHO (1977), autores que afirmam que esses dois parâmetros caracterizam as redes de drenagem, pois relacionam número e comprimento total de rios, com a área da amostra. Concordam, ainda, com ESPÍNDOLA (1977), que afirma estar o grau de evolução ou maturidade de um solo, numa sequência inversa aos valores encontrados para os índices Ddc e Fc.

A densidade e a frequência média de rios refletem as características dos solos, as quais podem ser observadas na Tabela 1. A unidade LVa caracteriza-se por ser um solo profundo, bem drenado, com textura barro argilo-arenoso nos horizontes A e B, estrutura granular muito pequena no horizonte B, que favorece a drenagem interna do perfil. A unidade LE assume os menores valores, em função de sua permeabilidade secundária, concordando com DUNBAR (1959) e CARVALHO et alii (1983). Os maiores valores encontrados para o PVls decorrem provavelmente, da presença do horizonte B textural, bem como do relevo de ocorrência, que difere das outras unidades por variar de ondulado a forte-ondulado, concordando com FREIRE e PESSOTTI (1974), que constataram que os Latossolos são mais resistentes que os solos Podzólicos e também que a erodibilidade aumenta proporcionalmente ao gradiente textural entre os horizontes A e B.

De modo geral, os resultados obtidos para esses parâmetros apresentaram-se ora inferiores, ora superiores, aos en-

contrados por FRANÇA (1968); MARCHETTI (1969); FADEL (1972); VASQUES FILHO (1972) e SOUZA (1975), para unidades de solo semelhantes às estudadas neste trabalho.

Com relação ao elemento da composição da rede de drenagem estudado, comprimento médio dos canais de drenagem (Lmc), os valores apresentados na Tabela 5 evidenciam um afastamento entre os Latossolos e o solo Podzólico, sendo 0,52 e 0,64 os valores médios encontrados para o LVa e LE, respectivamente, sendo que o menor valor (0,21) foi encontrado para o PVls, em decorrência da rede de drenagem ser bem mais ramificada e, portanto, conter maior número de segmentos de rios de menor extensão.

5.3. Análise Estatística

Os resultados obtidos através da análise dos índices de drenagem evidenciam uma nítida diferença no comportamento hidrológico dos solos estudados, estando coerentes com os citados na literatura. Todavia, a aplicação do teste de Tukey para os parâmetros do padrão de drenagem: frequência de rios (Fc); densidade de drenagem (Ddc); razão de textura (T); e para um dos componentes da composição da rede de drenagem - o comprimento médio dos canais superficiais (Lmc), apresentados na Tabela 7, evidencia as seguintes observações:

A frequência de rios (Fc), a razão de textura (Tc) e o comprimento médio dos canais superficiais (Lmc) permitiram uma

distinção significativa entre as unidades com horizonte B latossôlico e a unidade com horizonte B textural. Contudo, não se mostraram eficientes para diferenciar significativamente os solos morfogeneticamente semelhantes. Já o parâmetro densidade de drenagem (Ddc), mostrou diferença significativa entre os Latossolos (LVa e LE) constituindo-se , no presente trabalho, o índice mais eficiente na distinção dos solos estudados. Esses resultados concordam com os encontrados por MANECHINI (1981), discordando apenas no índice Ddc, que não apresentou diferença significativa para os solos genéticamente semelhantes.

6 - CONCLUSÕES

Pela análise e discussão dos resultados obtidos e considerando os objetivos do presente trabalho, bem como a metodologia empregada, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- As características descritivas do padrão de drenagem permitiram deduzir que, no Latossolo de textura média (Lva) a erosão atual, provocada por desequilíbrios no meio ambiente, ocasionou uma ramificação do padrão sub-paralelo e um aumento na densidade de drenagem;

- As variações no padrão de drenagem da unidade PVls são devidas a controle orográfico e litológico, enquanto que a unidade LE apresenta controle pedológico e estrutural.

- As características quantitativas do padrão de drenagem - frequência de rios, razão de textura topográfica, bem

o comprimento médio dos canais superficiais, que é um componente da rede, não permitiram uma distinção entre os Latossolos (LVa e LE), mas seus valores permitiram diferenciá-los do solo Podzólico (PVls) significativamente;

- A densidade de drenagem foi o parâmetro que se mostrou mais eficiente para distinguir, significativamente, o comportamento hidrológico das três unidades de solo estudadas.

7 - BIBLIOGRAFIA CITADA

ANGULO FILHO, R. 1981 - Variações de Características de Redes de Drenagem em Função das Fotografias Aéreas Verticais obtidas em Épocas Diferentes. Piracicaba, ESALQ/USP, 128p. (Dissertação de Mestrado).

BURINGH, P. 1960 - The applications of aerial photographs ins soil surveys. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photografic Interpretation. Washington Cap. 11, p.633-666.

CRISTOFOLETTI, A. e A.L. CESAR, 1978 - Correlação entre Densidade de Drenagem e Comprimento Médio de Canais em Bacias Hidrográficas. Ciência e Cultura. São Paulo, 5: 601-604.

CARVALHO, W.A., 1977 - Fotointerpretação de Bacias Hidrográficas e Amostras circulares de Redes de Drenagem de Solos com Hori-

zonte B Textural. Piracicaba, ESALQ/USP. 126p. (Tese de Doutorado).

CARVALHO, W.A. et alii, 1983 - Interrelação Solo-Relevo-Material Erodido em Pequenas Bacias de Drenagem no Município de Botucatu-(SP). Rev. bras. Ci. Solo 7:83-87.

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

COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. 634p. (Boletim nº 12).

DEMÉTRIO, V.A, 1977 - Variação de Características de Redes 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: Principles 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, SP). Piracicaba, ESALQ/USP, 113p. (Dissertação de Mestrado).

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

FREIRE, O. e J.E.S. PESSOTTI, 1974 - Erodibilidade dos Solos do Estado de São Paulo. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 31:333-350.

FROST, R.E., 1960 - Photointerpretation of soils. In:AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic Interpretation. Washington. Cap. 5, p.343-402.

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

GOOSEN, D., 1968 - Interpretacion de Fotos Aereas y su Importancia en Levantamiento de Suelos. Roma, Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. 58 p. (Boletim sobre Suelos nº 6).

GUERRA, A.T., 1975 - Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 439p.

HORTON, R.E., 1945 - Erosional development of streams and their -

drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. Geol. Soc. Am., Colorado, 56:275-370.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO. Mapa geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974, 1:1.000.000.

KOFFLER, N.F., 1976. Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados de arenito Bauru. São José dos Campos, INPE, 150p. (Tese de Mestrado).

LUEDER, D.R., 1959. Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. New York, Mc Graw-Hill, 462p.

MANECHINI, C., 1981 - Utilização de Fotografias Aéreas na Comparação de Sistemas de Amostragem e Estudo das Redes de Drenagem de Três Solos da Região de Tambaú-S.P.. Piracicaba ESALQ/USP, 133p. (Tese de Mestrado).

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

MAXWELL, J.C., 1955 - The bifurcation ratio in Horton's law of stream number (abstract). Trans. Amer. Geophys. Union, Washington, 36:520.

NOGUEIRA, F. de P., 1979 - Utilização de Fotografias Aéreas em Três Escalas no Estudo de Redes de Drenagem em Diferentes Uni

dades de Solo. Piracicaba, ESALQ/USP, 110p (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, J.B.; J.R. MENK e C.L. ROTTA, 1979 - Levantamento Pedológico Semidetalhado dos Solos do Estado de São Paulo - Quadricula de Campinas. Rio de Janeiro, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente. 169p.

PAIVA, R.M.; S. SCHATTAN e C.F.T. FREITAS, 1976 - Setor Agrícola do Brasil. Rio de Janeiro, Ed. Forense Universitária. 480p.

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

PIEDADE, G.C.R.; W.A. CARVALHO e G. V. de FRANÇA 1979 - 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., 1980 - Estudo Fotointerpretativo Sobre a Morfometria das Áreas de Dois Solos Podzólicos Vermelho-Amarelos. Piracicaba, ESALQ/USP. 169p. (Tese de Doutorado).

RABBEN, E.L.; E.L. CHALMERS JUNIOR; E. MANLEY e J. PICKNP, 1960 - 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, 1965 - Carta de Solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, Centro de Estudos de Solos , ESALQ/USP, 83p.
- RAY, R.G. 1963 - Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico. Tradução. Inst. Geogr. e Geol., São Paulo, 86p. - 75 fotogramas.
- RAY, R.G. e W.A. FISCHER., 1960 - Quantitative photography: a geologic research tool. Photogramm. Engng., Washington, 26: 143-150.
- RICCI, M., e S. PETRI, 1965 - Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. São Paulo, Ed. Nacional, 262p.
- ROURKE, J.D. e M.E. AUSTIN, 1951 - The use of airphotos for soil classification and mapping in the field. Photogramm. Engng. , Washington, 17:738-741.
- RUHE, R.V., 1975. Geomorphology (Geomorphic Processes and Superficial Geology). Boston, Houghton Mifflin Company. 246 p.
- SILVA, L.C.F., 1977 - Fotointerpretação de Redes de Drenagem de

Dois Solos do Município de São Pedro (S.P.). Piracicaba. -
ESALQ/USP. 114p. (Dissertação de Mestrado).

SMITH, K.G., 1950 - Standards for Grading Textura of Erosional Topography. Amer. J. Sci., New Aveni, 248:655-668.

SIMONSON, R.W., 1950. Use of aerial photographs in soil surveys. Photogramm. Engng. Washington, 16:308-315.

SOUZA, M.L. de P., 1975 - Fotointerpretação das Redes de Drenagem de Três Solos com Horizonte B latossólico. Ocorrentes no Município de Ponta Grossa - PR. Piracicaba, ESALQ/USP, 135p. (Dissertação de Mestrado).

STRAHLER, A.N., 1957 - Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Transactions American Geophysical Union. New Haven, 38:913-920.

VASQUES, FILHO J., 1972 - Critérios morfométricos Aplicados à Fotointerpretação de Redes de Drenagem em três Unidades de Solos do Município de Piracicaba. Piraciaba, ESALQ/USP, 113p. (Tese de Doutorado).