CARACTERIZAÇÃO DA DRENAGEM E DO RELEVO DE TRÊS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E CARTAS PLANIALTIMÉTRICAS

RUBENS ANGULO FILHO

Orientador: Prof. Dr. VALDEMAR ANTONIO DEMÉTRIO

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Abril - 1986

A

Rubens e Regina, meus pais

Ada, minha esposa,

Luiz Felipe e Carlos Alberto,

meus irmãos,

pelo amor, incentivo e

compreensão,

OFEREÇO.

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

Ao Prof. Dr. Valdemar Antonio Demétrio, do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, pela orientação segura na elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Geraldo Victorino de França, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, pelos ensinamentos e inestimável colaboração.

Ao Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, através de seu Chefe, Prof. Dr. Antonio Petta, por possibilitar a realização desta Tese.

Ao Dr. Natálio Felipe Koffler, do IAA - PLANAL'SUCAR pelo empréstimo das fotografias aéreas utilizadas e sugestões apresentadas à elaboração do presente trabalho.

Ao Prof. Carlos Alberto Vettorazzi, do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, pelo incentivo e colaboração na realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Clarice Garcia Borges Demétrio, do Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, pelas sugestões na análise estatística da presente pesquisa.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

I N D I C E

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xiv
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Fotografias aéreas verticais no levantamento de solos	3
2.2. O padrão de drenagem superficial: tipos, ca- racterísticas e significados	11
2.3. Características do relevo relacionadas a so- los	24
2.4. Verificação da precisão das cartas planialti- métricas	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1. Material	32
3.1.1. Descrição e localização das áreas de estudo	32
3.1.1.1. Localização geográfica	32
3.1.1.2. Relevo	35
3.1.1.3. Geologia	36
3.1.1.4. Clima	39

3.1.1.5. Vegetação primitiva e uso a-	
tual da terra	43
3.1.1.6. Solos	47
3.1.2. Material cartográfico	59
3.1.2.1. Cartas utilizadas para a ca-	
racterização da área A	59
3.1.2.2. Cartas utilizadas para a ca-	
racterização da área B	61
3.1.3. Material Fotográfico	62
3.1.4. Equipamentos	62
3.2. Métodos	63
3.2.1. Seleção das áreas de estudo	63
3.2.2. Obtenção dos mapas básicos de drena -	
gem	65
3.2.3. Análise das redes de drenagem	66
3.2.4. Análise dos índices de relevo	67
3.2.5. Análise estatística	71
4. RESULTADOS	73
4.1. Características das amostras circulares	73
4.1.1. Geologia	73
4.1.2. Solos	74
4.2. Amostras circulares representativas da drena	
gem e do relevo	74
4.3. Características das redes de drenagem	75
4.3.1. Composição da rede de drenagem	75

4.3.1.1. Número de rios	75
4.3.1.2. Comprimento total de rios ..	75
4.3.2. Características do padrão de drenagem	75
4.3.2.1. Características descritivas do padrão de drenagem	75
4.3.2.2. Características quantitativas do padrão de drenagem ..	100
4.4. Características do relevo	100
4.4.1. Características quantitativas dos pa- râmetros de relevo	100
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	104
5.1. Características das amostras circulares	104
5.1.1. Latossolo Vermelho-Amarelo	104
5.1.2. Podzólico Vermelho-Amarelo	105
5.1.3. Litossolo	105
5.2. Amostras circulares representativas da drena- gem e do relevo	106
5.3. Análise da rede de drenagem	107
5.3.1. Composição da rede de drenagem	107
5.3.1.1. Número de rios	107
5.3.1.2. Comprimento total de rios ..	107
5.3.2. Análise das características do padrão de drenagem	108
5.3.2.1. Características descritivas do padrão de drenagem	108

5.3.2.2. Características quantitativas do padrão de drenagem ..	109
5.4. Análise das características do relevo	112
5.4.1. Características quantitativas dos parâmetros de relevo	112
5.4.1.1. Declividade média	112
5.4.1.2. Amplitude altimétrica máxima	114
5.4.1.3. Comprimento médio das vertentes	115
5.5. Análise dos resultados dos parâmetros de relevo obtidos de cartas planialtimétricas em escalas diferentes	116
5.5.1. Declividade média	116
5.5.2. Amplitude altimétrica máxima	117
5.5.3. Comprimento médio das vertentes	117
6. CONCLUSÕES	119
7. LITERATURA CITADA	121

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Dados de temperatura e precipitação de quatro localidades da Área A. (Fonte: OLIVEIRA <u>et alii</u> , 1982)	42
2 Dados de temperatura e precipitação para quatro localidades da Área B. (Fonte: OLIVEIRA e PRADO, 1984)	45
3 Médias seguidas dos respectivos erros padrões, de resultados de amostras da camada superficial (a) e subsuperficial (b), de várias características da unidade Laranja A zeda (1). (Fonte: OLIVEIRA <u>et alii</u> , 1982) .	51
4 Médias seguidas dos respectivos erros padrões, de resultados de amostras da camada superficial (a) e subsuperficial (b), de várias características da unidade Olaria. (Fonte: OLIVEIRA <u>et alii</u> , 1982)	55
5 Características Analíticas da Unidade Santa Cruz. (Fonte: OLIVEIRA e PRADO, 1984)	59
6 Número de rios observados em cada ordem e o total para as amostras circulares; médias e respectivos erros padrões	97
7 Comprimento total de rios para as amostras circulares; médias e respectivos erros padrões	98

Tabela		Página
8	Características descritivas das redes de drenagem, dos três solos estudados, segundo LUEDER (1959), tipo ou modelo segundo PARVIS (1950)	99
9	Características quantitativas do padrão de drenagem, valor médio e erro padrão da média, das amostras circulares representativas dos solos em estudo	101
10	Características quantitativas dos parâmetros de relevo, valor médio e erro padrão da média, das amostras circulares dos solos em estudo (Carta planialtimétrica E=1:10.000).	102
11	Características quantitativas dos parâmetros de relevo, valor médio e erro padrão da média, das amostras circulares dos solos em estudo (Carta planialtimétrica E=1:50.000).	103

Figura		Página
7	Representação esquemática da forma de leitura do comprimento médio da vertente. (Fonte: VALÉRIO FILHO, 1984) .	71
8	Representação das formações geológicas que constituem as amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo	76
9	Representação das formações geológicas que constituem as amostras de Podzólico Vermelho-Amarelo	77
10	Representação das formações geológicas que constituem as amostras circulares de Litossolo	78
11	Amostras Circulares de Latossolo-Vermelho -Amarelo, retiradas da Carta de Solos do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo : Quadrícula de Araras	79
12	Amostras Circulares de Podzólico Vermelho-Amarelo, retiradas da Carta de Solos do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo : Quadrícula de Araras	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Localização da área de onde foram retiradas as amostras circulares de Latossolo-Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo	33
2	Localização da área de onde foram retiradas as amostras circulares de Litossolo .	34
3	Balanço hídrico segundo método de "Thorthwaite e Mather - 1955" para quatro localidades da Área A. (Fonte: OLIVEIRA <i>et alii</i> 1982)	41
4	Balanço hídrico segundo método de "Thorthwaite e Mather - 1955" para quatro localidades da Área B. (Fonte: OLIVEIRA e PRADO, 1984)	44
5	Modelo da amostragem de WENTWORTH (1930) adaptado por KOEFLER (1982)	69
6	Representação esquemática do sistema de leitura da amplitude altimétrica máxima. (Fonte: VALÉRIO FILHO, 1984)	70

Figura		Página
13	Amostras Circulares de Litossolo, retiradas da Carta de Solos do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: <u>Qua</u> drícula de São Carlos	81
14	Amostras Circulares LV-1, LV-2 e LV-3 (10km ²) da rede de drenagem em Latossolo Vermelho-Amarelo. Escala 1:35.000	82
15	Amostras Circulares PV-1, PV-2 e PV-3 (10km ²) da rede de drenagem em Podzólico Vermelho-Amarelo. Escala 1:35.000	83
16	Amostras Circulares Li-1, Li-2 e Li-3 (10km ²) da rede de drenagem em Litossolo. Escala 1:35.000	84
17	Amostra Circular, LV-1 (10km ²), do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000	85
18	Amostra Circular, LV-2 (10km ²), do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000	86
19	Amostra Circular, LV-3 (10km ²), do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000	87
20	Amostra Circular, PV-1 (10km ²), do relevo em Podzólico Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000	88
21	Amostra Circular, PV-2 (10km ²), do relevo em Podzólico Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000	89

Figuras	Página
22 Amostra Circular, PV-3 (10km ²), do relevo em Podzólico Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000	90
23 Amostra Circular, Li-1 (10km ²), do relevo em Litossolo. Escala 1:10.000	91
24 Amostra Circular, Li-2 (10km ² do relevo em Litossolo. Escala 1:10.000	92
25 Amostra Circular, Li-3 (10 km ²), do relevo em Litossolo. Escala 1:10.000	93
26 Amostras Circulares, LV-1, LV-2 e LV-3 (10km ²), do relevo em Latossolo Vermelho - Amarelo. Escala 1:50.000	94
27 Amostras Circulares, PV-1, PV-2 e PV-3 (10 km ²), do relevo em Podzólico Vermelho-Amarelo, Escala 1:50.000	95
28 Amostras Circulares, Li-1, Li-2 e Li-3 (10km ²), do relevo em Litossolo. Escala 1:50.000	96
29 Gráfico Representativo dos Valores Médios dos Índices de Drenagem e Respectivos Erros Padrão da Média, para os Três Solos Estudados	111
30 Gráfico Representativo dos Valores Médios dos Parâmetros de Relevo e Respectivos Erros Padrão da Média para os Três Solos Estudados	131

CARACTERIZAÇÃO DA DRENAGEM E DO RELEVO DE TRÊS
SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS AÉREAS
E CARTAS PLANIALTIMÉTRICAS

Autor: Rubens Angulo Filho

Orientador: Valdemar Antonio Demétrio

RESUMO

Com base na interpretação de fotografias aéreas verticais na escala 1:35.000, fez-se caracterização de três solos do Estado de São Paulo e determinou-se a variação dos índices de relevo obtidos de cartas planialtimétricas em escalas diferentes.

A área de trabalho localiza-se, entre os paralelos $22^{\circ}00'S$ e $22^{\circ}30'S$ e os meridianos $47^{\circ}00'WG$ e $48^{\circ}00'WG$; nesta área foram estudados os seguintes solos:

- a) Latossolo Vermelho-Amarelo;
- b) Podzólico Vermelho-Amarelo;
- c) Litossolo.

Cada unidade de solo foi representada por três amostras circulares de 10 km^2 .

Dos decalques das redes de drenagem feitos sobre as fotografias aéreas verticais, nas amostras circulares foram

foram determinados os índices quantitativos dos padrões de drenagem (densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura).

Os índices de relevo (declividade média, amplitude altimétrica máxima e comprimento médio das vertentes) foram obtidos das amostras circulares decalcadas sobre as seguintes cartas planialtimétricas: a) carta planialtimétrica na escala 1:10.000 com equidistância vertical de 5m, do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC); b) carta planialtimétrica na escala 1:50.000 com equidistância vertical de 20m, do IBGE. Posteriormente, os valores dos índices de relevo obtidos das duas cartas foram comparados para a determinação de sua variação.

A interpretação dos dados obtidos, com o material e métodos empregados nas condições do estudo, permitiram obter as seguintes conclusões:

- os índices de drenagem utilizados foram eficientes na diferenciação dos solos estudados;
- os índices de relevo, também foram eficientes na discriminação dos três solos estudados;
- as cartas em escala maior e que têm maior capacidade de detalhar o relevo das áreas em estudo são mais confiáveis para caracterizar quantitativamente o relevo; além disto, para diferenciar solos que se encontram em relevo acidentado semelhante, a utilização das cartas planialtimétricas que detalham mais o relevo fornecerão resultados mais dignos de confiança;
- as características qualitativas das redes de drenagem não foram eficientes na diferenciação dos três solos es-

tudados;

- a caracterização quantitativa e análise dos índices de drenagem e relevo, utilizando-se apenas as médias e erro padrão das médias, foi suficiente para mostrar diferenças entre os solos analisados.

CHARACTERIZATION OF DRAINAGE AND OF RELIEF THROUGH
AERIAL PHOTOGRAPHS AND PLANIALTIMETRIC CHARTS FOR THREE
SOILS OF THE SÃO PAULO STATE

Author: Rubens Angulo Filho

Adviser: Valdemar Antonio Demétrio

SUMMARY

Based on the interpretation of vertical aerial photographs on a 1:35000 scale, the characterization was made of the drainage standards for three different soils of the São Paulo State and the variation was determined for the relief indices obtained from planialtimetric charts on different scales.

The experiment area is situated between parallels $22^{\circ}00'S$ and $22^{\circ}30'S$, and meridians $47^{\circ}00'WG$ and $48^{\circ}00'WG$. The following soils of this area were studied:

- a) Red-Yellow Latosol
- b) Red-Yellow Podzolic
- c) Litosol

Each soil unit was represented by three circular samples of 10 km^2 .

From tracing the drainage networks on the vertical aerial photographs, the quantitative indices for the drainage standards were determined for the circular samples (drainage density,

frequency of rivers and ratio of texture).

The relief indices (mean declivity, maximum altimetric amplitude and mean length of slope) were obtained from the circular samples traced on the following planialtimetric charts: a) planialtimetric chart on a 1:10000 scale with 5m of vertical equidistance, by the Instituto Geográfico e Cartográfico; b) planialtimetric chart on a 1:50000 scale with 20m of vertical equidistance, by IBGE. Subsequently, the values for the relief indices obtained from the two charts were compared to determine their variation.

The interpretation of the data obtained with the material and methods utilized in the study led to the following conclusions:

- the drainage indices utilized were shown to be efficient for differentiating the soils under study;

- the relief indices were also efficient in discriminating the three soils studied;

- that charts on larger scale, which provide greater detailing of the relief of the areas under study, are more reliable to characterize the relief quantitatively, in addition, to differentiate soils with similar relief, the utilization of more detailed planialtimetric charts provide more reliable results;

- the qualitative characteristics of the drainage networks were not efficient in differentiating the three soils under study;

- the quantitative characterization and analysis of the drainage and relief indices, utilizing only the mean values and standard error of means, was sufficient to demonstrate the differences between the studied soils.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as alternativas viáveis para o aumento da produtividade, uma das mais importantes é o manejo adequado dos solos agrícolas. A racionalização do manejo dos solos requer o conhecimento de suas características, o que é conseguido através do levantamento pedológico.

Para este tipo de trabalho, a fotointerpretação tem-se revelado do mais alto valor como processo de coleta de dados, pois as imagens fotográficas substituíram, quase que completamente, as outras bases cartográficas no mapeamento dos solos, apresentando como principal vantagem a riqueza de detalhes do terreno, que permite ao pedólogo localizar e traçar os limites dos solos com precisão e economia de tempo.

Entre os elementos de interesse que podem ser observados na fotografia aérea, que se correlacionam com os solos sobre os quais se encontram, a rede de drenagem tem sido

o de mais fácil interpretação, além de ser um dos mais eficazes para a caracterização das unidades de solo.

Além dos índices retirados da rede de drenagem, os de relevo, que são obtidos a partir de cartas planialtimétricas têm-se mostrado muito eficazes na diferenciação de solos.

Assim sendo, com base nas hipóteses de FROST (1960) de que solos semelhantes apresentam padrões semelhantes e que solos diferentes apresentam padrões diferentes, e de CHRISTOFOLETTI (1969) que diz que a movimentação do relevo age como fator importante na densidade da drenagem, pois as áreas de relevo mais movimentado possuem trama mais densa dos canais que as áreas de relevo suave, o que permite inferir que áreas de relevo diferentes possuem solos diferentes, elaborou-se este trabalho que tem os seguintes objetivos:

- . testar a eficácia de alguns índices de drenagem e de relevo, na diferenciação das três unidades de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Litossolo;

- . comparar os resultados dos índices de relevo que foram obtidos de cartas planialtimétricas em escalas diferentes (1:10.000 e 1:50.000).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. FOTOGRAFIAS AÉREAS VERTICAIS NO LEVANTAMENTO DE SOLOS

As fotografias aéreas verticais constituem excelente ferramenta de trabalho para o levantamento de solos. A literatura especializada mostra grande número de trabalhos onde os autores evidenciam a utilidade das fotografias aéreas, ressaltando as vantagens e restrições a que estão sujeitas.

Para SIMONSON (1950), o maior avanço em levantamento de solos nas duas décadas anteriores a 1950, foi a utilização de fotografias aéreas.

Segundo QUACKENBUSH (1960), a evolução do uso da fotografia aérea foi simultâneo ao desenvolvimento do material e equipamento fotográfico, mas somente no século XX, com o apoio da aeronáutica, progrediu até o ponto de permitir a obtenção de imagens

da superfície terrestre, por meio de fotografias tomadas de aeronaves.

GOOSEN(1968) disse que a visão panorâmica que as fotografias aéreas proporcionam, como um meio de documentação e pesquisa dos fenômenos da paisagem, não tem rival a um custo comparável. Admite ainda que, embora o trabalho de campo não seja substituído completamente pela fotografia aérea, o rendimento e a exatidão dos trabalhos são altamente favorecidos. O autor também admitiu que a utilização da fotointerpretação é mais importante em levantamentos de reconhecimento do que em levantamentos detalhados.

A fotografia aérea, para AMARAL e AUDI (1972), apresenta-se como material de trabalho indispensável no levantamento de solos, oferecendo ganho de tempo, precisão de limites e real visão global da paisagem com riqueza de detalhes. Ela serve não só como base cartográfica preliminar, auxiliando os trabalhos de campo no traçado de roteiros mais interessantes, como também possibilita a separação das unidades de solo diretamente sobre as fotografias.

LUEDER (1959) concluiu que, em mapeamentos de reconhecimento, o esforço de trabalho, usando a fotointerpretação, corresponde a um décimo do que seria necessário sem sua utilização; e para os levantamentos detalhados a economia de tempo varia de dez a noventa por cento.

BASTOS (1966) comenta trabalho descrito por VERA (1964), referente ao Projeto Aerofotogramétrico OEA-CHILE, no qual 120.000 km²

de terras agrícolas tiveram os seus solos levantados a nível de talhado num período de 18 meses. O autor faz a observação que as informações obtidas neste curto espaço de tempo, sem o uso de técnicas aerofotogramétricas e fotointerpretativas, levaria um tempo superior ao de uma vida humana.

Apesar das vantagens apresentadas pelas fotografias aéreas nos levantamentos de solos, o trabalho de campo não pode ser substituído completamente, conforme advertem BOMBERGER e DILL (1960). Segundo estes autores, as fotografias aéreas mostram apenas a superfície do solo, que muitas vezes não está visível. Salientaram porém a presença de padrões, tais como os de relevo, drenagem, erosão, vegetação, que permitem ao fotointérprete fazer inferências sobre a distribuição dos solos e seu material de origem.

COLWELL (1952) definiu fotointerpretação como o ato de examinar imagens fotográficas de objetos com a finalidade de identificá-los e avaliá-los quanto a sua significância, enquanto que SUMMERSON (1954), de maneira ampla, definiu-a como sendo a previsão do que não pode ser visto. Esta afirmativa possui maior afinidade com a interpretação fotográfica de solos, pois a fotografia aérea mostra somente a superfície do terreno e não as variações que ocorrem em profundidade, caracterizando uma unidade de solo. Mas os variados aspectos de ocorrência na superfície, tais como vegetação, formas topográficas, drenagem, erosão, tonalidade fotográfica e uso da terra, podem indicar a presença de solos diferentes.

RABBEN (1960) explicou a larga utilização da fotografia aérea baseado em três fatos fundamentais:

a) cada fotografia aérea representa uma grande área da superfície terrestre, sendo aproximadamente de 20 km² na escala 1:20.000 e 33 km² na escala 1:25.000;

b) os pares estereoscópicos proporcionam imagens tridimensionais da superfície terrestre e dos objetos sobre ela localizados;

c) as fotografias aéreas proporcionam um caráter permanente das imagens, possibilitando medições e melhores condições de trabalho.

Segundo RABBEN (1960), há duas maneiras para se estudar imagens aerofotográficas. Uma totalmente empírica, que consiste no exame minucioso de todo material fotográfico existente, sem se omitir nada. Outra maneira, é utilizar-se de probabilidades, isto é, o intérprete pesquisa somente as áreas nas quais os objetos de interesse podem ser encontrados, desprezando grande número de fotografias que não têm probabilidades de conter as informações desejadas. Isto é "pesquisa lógica", uma combinação de visão geral e estudo intensivo, que exige maior experiência, já que o intérprete deve decidir onde os estudos terão melhores resultados, mas é mais produtiva em relação ao tempo e esforços dispendidos. Comenta ainda que, para identificar objetos nunca vistos anteriormente, ou para entender o significado de objetos já identificados, o intérprete utiliza o "princípio da convergência de evidências", desenvolvido por Colwell :

"podem existir vários indícios sobre a identidade de um objeto desconhecido; nenhum destes indícios é infalível, mas se todos, ou a maioria dos indícios apontar para a mesma conclusão, esta será provavelmente correta". Assim, RABBEN (1960) acredita que a fotointerpretação é na realidade uma arte de probabilidades e refere-se ao termo "chave de interpretação", como auxiliar do intérprete, no sentido de organizar as informações presentes em imagens fotográficas aéreas, guiando-o para a identificação correta dos objetos desconhecidos.

Para FROST (1960), a interpretação de solos em fotografias aéreas pode ser feita utilizando-se três importantes princípios:

- a) solos semelhantes ocorrem com padrões semelhantes;
- b) solos diferentes apresentam padrões diferentes;
- c) correlações de características da imagem fotográfica com propriedades do solo observadas no campo e no laboratório, podem ser inferidas por fotointerpretação.

FROST (1960) salientou ainda a importância do estudo de aspectos regionais mostrados em mosaicos fotográficos, antes de examinar o detalhe, a fim de que grandes feições regionais possam ser relacionadas aos fatores ambientais como fisiografia, geologia e clima. Acredita que o estudo de solos no contexto regional habilita o cientista do solo à posterior interpretação de fotografias de regiões desconhecidas.

O estudo de fotografias aéreas é geralmente feito em duas etapas, conforme sugeriram RABBEN (1960), RAY (1963) e

RICCI E PETRI (1965). A primeira consiste na observação, coleta de dados, medição e identificação das imagens tridimensionais nas fotografias aéreas. A segunda consiste na indução e ou dedução de fenômenos ou de relações, incluindo a aplicação das informações obtidas na solução de problemas.

Shultz e Cleaves, citados por RAY (1963), afirmaram ser a forma fisiográfica o elemento mais importante para a fotopedologia; contudo, a drenagem e o relevo podem fornecer informações de mesma importância.

Segundo LUEDER (1959), com exceção da forma fisiográfica, o mais seguro indicador das condições do terreno é a drenagem superficial, sendo porém imprescindível a experiência do fotointérprete no estabelecimento das correlações entre imagem fotográfica e aspectos do terreno.

DUNBAR (1959), ao discutir alguns aspectos fotointerpretativos em solos de regiões tropicais, referiu-se particularmente a certas áreas do Brasil onde alguns latossolos argilosos têm aparência de solos com textura areno-barrenta nas fotografias aéreas, apresentando: porosidade relativamente elevada, ângulo de repouso moderadamente íngreme e padrão de drenagem esparso, pouco integrado. Ele associou este fato à ação intensa do intemperismo e erosão.

Para BURINGH (1960), em levantamentos de solos sem fotointerpretação, aproximadamente 20% das observações de campo são gastas para identificação e classificação dos solos e o restante do tempo para localizar os limites dos solos; com auxílio

de fotointerpretação, grande parte destes limites seriam demarcados nas fotografias, sendo necessárias apenas algumas verificações de limites no campo.

Para a fotointerpretação empregada em levantamentos de solos, existem três métodos preconizados por GOOSEN (1968):

a) "Análise de padrões" de FROST (1960), que consiste no estudo dos padrões indicativos das condições superficiais e de subsuperfície, como a fisiografia, drenagem, aspectos de erosão, vegetação, tonalidade fotográfica e uso da terra. Após conhecimento das condições ambientais dos solos estudados, o fotointérprete divide as unidades principais da paisagem em unidades menores e examina os padrões locais, em estereoscopia;

b) "Análise fisiográfica", citada por BURINGH (1960), que necessita de conhecimento profundo de processos fisiográficos e seus reflexos na interpretação das fotografias aéreas. O terreno é classificado segundo unidades fisiográficas, as quais correspondem a uma associação única de solos;

c) "Análise de elementos", desenvolvida por BURINGH (1960), que apresenta como vantagem, a utilização por pedólogos com pouca experiência em fotointerpretação. Consiste na análise sistemática dos elementos relacionados com as condições de solo de uma região, baseada na relação existente entre características da superfície do terreno e condições do solo. Utilizando-se a convergência de evidências, separam-se as unidades pedológicas identificadas pela mudança em um ou mais elementos.

GOOSEN (1968) explicou que o objetivo da análise de

fotografias aéreas em levantamentos de solos, é chegar a uma classificação da superfície do terreno que, através de trabalhos de campo subsequentes e análises de laboratório, possa ser traduzido em unidades de mapeamento. Comentou ainda que a diferenciação entre os métodos e sua utilização é relativamente artificial, pois na prática pode ocorrer uma combinação dos três métodos, dependendo da maneira como é feito o levantamento. Em um trabalho generalizado pode ser necessária uma ampla análise fisiográfica preliminar para se determinar a divisão fisiográfica da paisagem. Feito isto, pode-se estudar em detalhe áreas de amostragem, através da análise dos elementos. Isto resultou no estabelecimento de chaves para mapear as demais partes da área por meio da análise de padrões. Assim, nenhum procedimento sistemático pode ser preconizado, no estado atual dos conhecimentos, aos técnicos de fotointerpretação.

Os princípios propostos pelo método da "análise de elementos" foram utilizados por FRANÇA (1968), MARCHETTI (1969), FADEL (1972), LEÃO (1972), VASQUES FILHO (1972), GEVAERD (1974), SOUZA (1975), KOFFLER (1976a), FREIRE (1977), DEMÉTRIO (1977), CARVALHO (1977), SILVA (1977), NOGUEIRA (1979), POLITANO (1980), ANGULO FILHO (1981), MANECHINI (1981), VALÉRIO FILHO (1984), VETTORAZZI (1985) entre outros, sobre fotografias aéreas verticais, estabelecendo-se parâmetros para a identificação de algumas unidades de solo nas condições brasileiras.

2.2. O PADRÃO DE DRENAGEM SUPERFICIAL: TIPOS, CARACTERÍSTICAS E SIGNIFICADOS

A análise da rede de drenagem permite a compreensão e elucidação de numerosas questões geomorfológicas, porque os cursos d'água são processos morfogenéticos bastante atuantes na esculturação da paisagem terrestre. A sua importância na geomorfologia clássica e nos estudos cartográficos e aerofotogramétricos pode ser mostrada pelo fato da drenagem encontrar-se intimamente relacionada, como fator analítico, à erosão, outro elemento fisiográfico e geomorfológico de extraordinária importância (CHRISTOFOLETTI, 1969).

Os padrões de drenagem auxiliam na fotointerpretação porque podem ser usados como critérios na identificação de fenômenos geológicos, hidrológicos, geomorfológicos e pedológicos pois, segundo LUEDER (1959), o padrão de drenagem, com exceção do relevo, é o mais consistente e confiável indicador das condições do terreno, disponível ao fotointérprete.

Para PARVIS (1950), a relativa facilidade com que os sistemas de drenagem podem ser observados em fotografias aéreas, facilita o reconhecimento de padrões de drenagem, o estudo analítico de seus elementos e a avaliação de sua significância na interpretação de solos e de substratos rochosos.

SOUZA (1975) comentou que as dificuldades para delimitar unidades de solo no campo, devido à falta de acesso, podem ser perfeitamente contornadas, utilizando-se os aspectos

visíveis nas fotografias aéreas. 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.

WEG (1966) subdividiu os padrões de drenagem em:

- (1) padrões erosionais, que são formados por algum processo degradante de erosão, e cujos modelos se repetem em frequência ;
- (2) padrões deposicionais, os desenvolvidos por processos construcionais de deposição, estando muito relacionados ao padrão do canal;
- (3) padrões especiais, todos aqueles que não são classificados pelos critérios anteriores.

Para BLOOM (1970), padrão de drenagem diz respeito aos aspectos específicos do arranjo bidimensional e casualizado assumido pela imagem fotográfica da rede de drenagem e estabelece cinco tipos de arranjo: caótico, dendrítico, retangular, treliça e radial.

PARVIS (1950) classificou os padrões de drenagem em dois grupos: básicos e modificados, e apresentou seis padrões de drenagem básicos: dendrítico, treliça, radial, paralelo, anular e retangular. Utilizando de algumas modificações destes seis padrões básicos, classificou e descreveu cerca de trinta tipos ou modelos.

Segundo HORTON (1945), o desenvolvimento de bacias hidrográficas e de suas redes de drenagem deve ser discutido em termos de infiltração, deflúvio e erosão, em terrenos

recentemente expostos. No entanto, pode haver interferência de estruturas geológicas ou distúrbios geológicos, posteriormente. Deste modo, quando ocorrem afastamentos das leis dos números e dos comprimentos de rios em condições normais de topografia, clima, geologia, solo, etc., esses afastamentos podem estar condicionados ao controle de estruturas geológicas.

Para FRANÇA (1968), o termo padrão de drenagem tem sido usado na literatura para expressar a maneira pela qual os cursos d'água se arranjam ou se distribuem numa determinada área de drenagem, segundo modelo ou configuração de um objeto familiar, que empresta o nome para classificação do padrão. Se os rios se distribuem à semelhança de tronco, galhos e ramos de uma árvore, o padrão é chamado dendrítico ou arborescente; se pode ser comparado aos ramos de uma videira é denominado padrão em treliça e assim por diante.

Segundo LUEDER (1959), a diferenciação dos padrões de drenagem com base exclusiva em termos designativos, terá valor limitado se a classificação do padrão não for completa da com a descrição de certas características, variáveis dentro de cada padrão, e que podem indicar aspectos significativos. Assim, sugeriu as seguintes características para descrever o padrão de drenagem: grau de integração, densidade, grau de uniformidade, orientação, grau de controle, ângulos de confluência, angularidade, tipo ou modelo.

O termo anomalia foi acrescentado por RICCI e PETRI (1965), na lista de características descritivas, para representar qual

quer configuração que não se adapta àquela dominante, apresenta da por todos os outros rios da área. LUEDER (1959) recomendou que os termos descritivos sejam aplicados somente à drenagem destrutiva, isto é, cujo padrão é criado por erosão hídrica.

VETTORAZZI (1985) observou que, na região do rio Ribeira de Iguape, as características descritivas do padrão de drenagem não foram eficientes na diferenciação entre as unidades de solo estudadas.

Para LUEDER (1959), a justificativa principal da análise de drenagem superficial é que fornece indicações sobre a razão infiltração/deflúvio, capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais que ocorrem em uma área. Em geral, um padrão de drenagem bem desenvolvido indica a ocorrência de baixa infiltração e materiais relativamente impermeáveis, enquanto que uma drenagem superficial escassa indica infiltração e permeabilidade altas. Como sempre, existem exceções e casos especiais, mas como regra geral é muito eficiente. Esclareceu também que o padrão de drenagem não é influenciado apenas pela composição do material, havendo outros fatores, como a topografia do terreno.

Os padrões de drenagem, segundo RAY (1963), podem ser aplicados na interpretação geológica. Áreas onde a resistência à erosão é mais ou menos uniforme, como em muitos depósitos sedimentares ou mantos de intemperismo sobre embasamentos sem estrutura pronunciada, o padrão de drenagem é comumente dendrítico ou dendrítico modificado. Onde existe maior controle

estrutural, desenvolvem-se padrões em treliça, anular, retangular etc. Também comenta que, sendo pronunciada a sensibilidade da drenagem à direção geral e direções de mergulho, as mudanças num padrão de drenagem, ou desvios de uma norma estabelecida, podem fornecer informações muito importantes.

Ainda segundo RAY (1963), a densidade de drenagem em um dado ambiente climático está relacionada principalmente com a resistência à erosão dos materiais presentes, aumentando a densidade à medida que diminui a resistência à erosão. Examinando fotografias aéreas, afirmou que folhelhos e outras rochas similares de granulação fina tendem a apresentar drenagem de textura fina, enquanto que rochas sedimentares de granulação grossa, como arenitos, tendem a apresentar drenagem de textura grosseira. Entretanto, admitiu que podem existir muitas exceções. FRANÇA (1968) afirmou que muitas das exceções são devidas à natureza dos solos que se desenvolvem sobre essas rochas.

ZINKE (1960) considerou plausível que o solo derivado de um tipo de rocha relativamente impermeável, conduzirá a maiores proporções de deflúvio e, conseqüentemente, a um maior desenvolvimento de sua rede de drenagem superficial.

DUNBAR (1959), ao discutir os problemas de interpretação fotográfica em regiões tropicais e subtropicais, alertou para o fato que solos latossólicos, com elevado teor de argila, podem apresentar redes de drenagem com características semelhantes às que ocorrem em solos de classe textural areia barrenta.

Citando trabalho de Jenkis et alii, RAY (1963) es

clareceu que as fotografias aéreas mostram a drenagem efetiva do perfil, independentemente da textura ou composição granulométrica do solo. Ainda se reportando a esses autores, lembra que o calcário origina solo de partículas finas, porém agregadas, resultando perfis permeáveis e bem drenados internamente e, consequentemente, as fotos aéreas mostram uma rede de drenagem superficial de textura grosseira.

As afirmativas de DUNBAR (1959) e RAY (1963) foram confirmadas por FRANÇA (1968) e FADEL (1972), ao verificarem que solos argilosos dos grandes grupos Latossol Roxo e Latossol Vermelho Escuro, graças à sua estrutura porosa, apresentaram-se mais permeáveis que solos arenosos do grande grupo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.

ESPÍNDOLA e GARCIA (1978) encontraram maiores variações no índice densidade de drenagem para os solos com B textural, em comparação aos solos com B latossólico.

Para HORTON (1945), além de outros fatores como precipitação e relevo, dois são importantes nos processos de erosão hídrica, responsáveis pela gênese de sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem, são a resistência dos solos à erosão e sua capacidade de infiltração; sendo que, se considerado um longo período de tempo, em qualquer área sujeita à erosão por água corrente, acabará prevalecendo a resistência do solo e da rocha subjacente à erosão.

Estudando a erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo, FREIRE e PESSOTTI (1974) concluíram que, de maneira

geral, os Latossóis são mais resistentes à erosão do que os Solos Podzólicos, e que, dentre estes últimos, a erodibilidade aumenta à medida que aumenta o gradiente textural entre os horizontes A e B. Resultados semelhantes foram obtidos por LOMBARDI NETO e BERTONI (1975).

Segundo STRAHLER (1957), a densidade de drenagem deve ser vista como uma expressão do espaçamento entre os canais. Em geral, baixa densidade de drenagem ocorre em regiões com densa cobertura vegetativa e onde o relevo é pouco pronunciado; em outras condições ocorrerá, provavelmente, alta densidade de drenagem.

Para RAY e FISCHER (1960), as informações quantitativas obtidas de fotografias aéreas proporcionam medidas relativas ou absolutas, úteis para caracterizar formas do terreno em termos objetivos, mais consistentes do que os termos subjetivos comumente utilizados (suavemente ondulado, por exemplo), que podem levar a erros de interpretação.

Segundo GARCIA (1982), dentre os vários parâmetros fotointerpretativos utilizados, a rede de drenagem assume grande destaque, uma vez que sua gênese está ligada a certas condições que também determinam a natureza do solo. A determinação de índices quantitativos da rede de drenagem possibilita o estabelecimento de inferências de natureza diversa e evita a subjetividade das características puramente descritivas.

STRAHLER (1964) afirmou que a densidade de drenagem, é um importante indicador da escala linear de elementos fi-

siográficos em topografia de erosão fluvial, foi introduzida na literatura hidrológica americana por Horton em 1932. A "densidade de drenagem" (D) foi definida como a razão entre o comprimento total de rios dentro de uma bacia de drenagem e a área dessa bacia, sendo expressa pela equação:

$$D = \frac{LT}{A},$$

onde LT é o comprimento de rios e A é a área da bacia.

Ainda segundo STRAHLER (1964), Horton introduziu também o termo frequência de rios (F), para expressar quantitativamente uma rede hidrográfica. A frequência de rios foi definida pela equação:

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

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

Citado por STRAHLER (1964), Melton analisou detalhadamente as relações entre densidade de drenagem e frequência de rios, sendo que ambas medem a textura da drenagem, mas cada uma tratando de aspectos distintos. Assim, é perfeitamente possível construir duas bacias de drenagem hipotéticas, apresentando os mesmos valores de densidade de drenagem mas com diferentes frequências de rios; por outro lado, é possível existir duas bacias com mesma frequência e diferentes densidades.

SMITH (1950), estudando a topografia de regiões dissecadas por rios, utilizou um índice semelhante ao da frequência de rios de Horton, ao qual denominou razão de textura, a fim de expressar o espaçamento entre os canais de drenagem.

Este índice é calculado pela equação:

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

onde N é o número de crênulas na curva de nível escolhida e P é o comprimento do perímetro da bacia, expresso em milhas. Como trabalhava com mapas topográficos, e considerando que os canais menores geralmente não são representados mesmo em bons mapas, mas apenas indicados por crênulas ou inflexões das curvas de nível, recomendou escolher a curva de nível com o maior número de crênulas, dentro da bacia de drenagem.

O mesmo autor estabeleceu um valor médio ponderado para caracterizar a textura topográfica, tomando-se em consideração o tamanho de cada bacia. A razão de textura média pode ser determinada pela expressão:

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

onde T_m é o valor médio ponderado da razão de textura, T a razão de textura e A a área de cada bacia. Propôs também o estabelecimento de limites para os valores da textura média, para classificar a textura topográfica em classes - grosseira, fina e média - sendo respectivamente: menos de 4,0; entre 4,0 e 10,0; e mais de 10,0. Além disso, estudou comparativamente razão de textura e densidade de drenagem, concluindo que existe um relacionamento em função logarítmica entre essas características quantitativas.

Para FRANÇA (1968), os sistemas de drenagem pu-

deram ser melhor estudados em mapas básicos de drenagem obtidos de fotografias aéreas, e introduziu modificações na razão de textura (T) e razão de textura média (Tm), considerando o valor N das equações como sendo o número total de rios da bacia, e adaptou a classificação da textura topográfica de Smith ao sistema métrico, transformando o perímetro em quilômetros. Os valores obtidos são: Tm menor que 2,5 km; Tm entre 2,5 e 6,2 km; e Tm maior que 6,2 km para as classes grosseira, média e fina, respectivamente.

STRAHLER (1957) propôs como requisito para que duas bacias de drenagem sejam comparáveis, que elas devam ser geometricamente semelhantes. Se existir a similaridade geométrica, todos os correspondentes números adimensionais, como ângulos e razões entre medidas de comprimento, serão iguais; ainda assim existirão várias diferenças significativas entre elas.

FRANÇA (1968) aplicou os princípios da análise quantitativa de Strahler a solos e chegou às seguintes conclusões:

1) a composição e as características do padrão de drenagem variam, em primeiro lugar, com a natureza do solo e depois, com a posição topográfica e com a natureza e profundidade do substrato rochoso;

2) a análise e a interpretação do padrão de drenagem permitiram a distinção entre os solos estudados; entretanto, os outros padrões devem ser considerados;

3) a relação entre razão de textura média e densi

dade de drenagem de amostras circulares demonstrou ser o índice mais consistente e de grande utilidade na fotointerpretação de solos;

4) as características quantitativas baseadas em medições simples, exatas e reproduzíveis, podem ser utilizadas na descrição do padrão de drenagem, permitindo comparações e interpretações mais concretas, desde que sejam superadas certas dificuldades da amostragem;

5) uma descrição de características do padrão, por mais detalhada que seja, sempre permanecerá um tanto vaga para permitir a identificação e delimitação de solos por fotointerpretação, a não ser em trabalhos conduzidos a um nível de generalização muito grande.

RAY e FISCHER (1960) estudaram a significância da densidade de drenagem com respeito à litologia, utilizando fotografias aéreas. Os comprimentos dos rios foram relacionados com as áreas de bacias hidrográficas e amostras circulares de 10 km². Concluíram que amostras circulares fornecem determinações de densidade de drenagem mais consistentes, para qualquer tipo de rocha, do que as amostras representadas por pequenas bacias. Quanto à significância geológica de densidade de drenagem, consideraram os dados ainda insuficientes, porém ficando claro que a permeabilidade do solo e da rocha subjacente tem influência fundamental: quanto mais alta for a permeabilidade, tanto mais baixa será a densidade de drenagem.

FRANÇA (1968) aplicou a metodologia de Ray e Fischer em estudo de solos, obtendo resultados mais significativi

vos para densidade de drenagem determinada em amostras circulares. As seguintes vantagens foram verificadas para amostras circulares:

1) elimina a influência da área, uma vez que todas as medições de comprimento de rios são referidas à mesma área circular de 10 km²;

2) a área circular de amostragem pode ser deslocada, dentro da área de ocorrência de uma unidade de solo, sem consideração dos limites de bacias hidrográficas, procurando abranger unicamente a maior proporção e a maior homogeneidade possíveis da unidade que está sendo amostrada.

O trabalho de FRANÇA (1968) foi comprovado por diversos pesquisadores como MARCHETTI (1969), FADEL (1972), VASQUES FILHO (1972), LEÃO (1972), GEVAERD (1974), que estabeleceram índices caracterizando diversos solos brasileiros. Todos estes autores utilizaram o método de amostragem circular de 10 km² apenas para densidade de drenagem. SOUZA (1975), KOFFLER (1976), FREIRE (1977), DEMÉTRIO (1977), CARVALHO (1977), SILVA (1977), NOGUEIRA (1979), POLITANO (1980), ANGULO FILHO (1981), MANECHINI (1981), VALÉRIO FILHO (1984), entre outros, estenderam esse método para os outros índices relacionados com área e perímetro (densidade de drenagem, frequência de rios, razão de textura e textura topográfica), tendo concluído que podem ser utilizados para evidenciar diferenças entre solos.

RAY e FISCHER (1960) demonstraram que as medidas de densidade de drenagem podem tornar-se inconsistentes se forem

comparadas fotografias de escalas diferentes. Isto se deve à perda gradativa na habilidade de se detectar pequenos cursos d'água quando a escala torna-se menor. Observaram que a relação entre a variação da escala e a diminuição na densidade de drenagem é uma função linear, sugerindo que um simples fator de conversão pode permitir a determinação da densidade de drenagem a partir de diferentes escalas.

KOFFLER (1976a), utilizando imagens aerofotográficas (escalas 1:25.000 e 1:60.000) e orbitais (SKYLAB e LANDSAT-1) no estudo de padrões de drenagem de três tipos de solos, verificou que os resultados concordaram com os estudos obtidos por SOUZA (1975). Concluiu que em imagens do LANDSAT outros padrões de interpretação convencional podem assumir maior importância, como feições tonais e texturais; e que as características dos padrões de drenagem foram condicionadas, principalmente, pela natureza e propriedade dos solos, existindo uma tendência de aproximação dos valores de cada característica quantitativa, reduzindo a separabilidade dos três tipos de solo, à medida que a escala das fotografias diminui.

Ainda KOFFLER (1976b), utilizando-se de amostras circulares com áreas que variam de 10 a 100 km², como sugeriu BURINGH (1960), sobre fotografias aéreas verticais de escala 1:60.000, analisou o efeito do tamanho da amostra na caracterização quantitativa de um padrão de drenagem e a sua comparação com outros, podendo ser efetuadas através dos índices de densidade de drenagem, frequência de rios e comprimento médio dos ca

nais, independentemente do tamanho das amostras circulares, desde que sejam representativas.

DEMÉTRIO (1977), trabalhando com solos do Município de Piracicaba, sobre fotografias aéreas, utilizou-se de amostras circulares com áreas de 3 km², 10 km² e 20 km², respectivamente, para fotografias aéreas de escalas 1:8.000, 1:25.000 e 1:60.000; e concluiu que o sistema de amostragem circular mostrou-se eficiente e prático para a análise quantitativa do padrão de drenagem nas três escalas de fotografias aéreas consideradas. Este autor concluiu que existe uma tendência de aproximação dos valores das características quantitativas, à medida que a escala das fotografias diminui, mas a 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.

2.3. CARACTERÍSTICAS DO RELEVO RELACIONADAS A SOLOS

Para BELCHER (1945), os principais elementos indicadores das diferenças em solos e formações geológicas, obtidos em fotografias aéreas são : 1) geologia; 2) declividade; 3) drenagem superficial; 4) cor e tonalidade dos solos; 5) cobertura vegetal; 6) erosão; e 7) uso da terra.

Segundo AVERY (1977), os fatores mais importantes a serem considerados na evolução da paisagem, associados aos solos são : 1) topografia; 2) padrões de drenagem; 3) erosão local; 4) vegetação natural; e 5) trabalho do homem.

Os aspectos do relevo influem de forma direta na evolução do perfil de solo e vice-versa; portanto, ao interpretar a evolução das formas do relevo pode dizer-se que, ao mesmo tempo, se está interpretando a evolução do corpo dos solos em conjunto, afirmou MONTROYA (1983).

Conforme citação de VIEIRA (1975), 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, pela primeira vez, ao estabelecer correlação entre o solo e o relevo. Segundo ele, a topografia poderia modificar o perfil 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; e
- c) facilitando a movimentação do material em suspensão ou em solução, para outras áreas.

Segundo GOOSEN (1968), o relevo desempenha um importante papel na determinação da natureza e amplitude dos distintos processos que formam o solo, tais como: erosão e drenagem.

Para CHRISTOFOLETTI (1969), a movimentação do relevo também age como fator importante na densidade, de drenagem pois as áreas de relevo mais movimentado possuem trama mais densa dos

canais, que nas áreas de relevo suave.

Ainda CHRISTOFOLETTI (1980) atestou que um aumento nos valores de declividade do terreno, provoca um aumento nos valores de textura topográfica e densidade de drenagem.

Diversos autores, entre os quais HORTON (1945), SMITH (1950) e STRAHLER (1957), têm demonstrado que existem 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.

Para RAY (1963), cada padrão de relevo está associado com um processo geomórfico específico de erosão ou deposição e reflete a origem e o caráter geral da paisagem; e que a evolução das feições topográficas do relevo, associadas com os processos de erosão e deposição, também propiciam uma base excelente para uma estratificação da paisagem pela origem das suas formas e tipos de material superficial.

Segundo SMITH e AANDAHL (1957), 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 do qual o solo se formou, a 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.

Para AMARAL e AUDI (1972), sendo o relevo um dos principais agentes formadores do solo, deve-se esperar com sua

variação, diferenças nos solos. A recíproca, porém, não é verdadeira, pois o solo pode variar, mesmo sem variar o relevo, devido a possíveis variações nos demais fatores de formação do solo.

No trabalho de SILVA (1977), o autor atribuiu ao relevo, em primeiro lugar, e ao controle geológico, em seguida, o grau de desenvolvimento das redes de drenagem, através da alteração da relação infiltração/deflúvio.

Para ANGULO FILHO (1981), as características do padrão de drenagem foram condicionadas pela natureza e propriedades dos solos estudados, pela natureza e profundidade do substrato rochoso, posição que ocupam no relevo regional e, também, pela vegetação e uso da terra em cada período considerado, modificando as características de drenagem.

BRIDGES e DOORNKAMP (1963), analisando comparativamente o mapa de superfícies morfológicas com o mapa de solos, concluíram que, na maior parte da área estudada, as quebras e mudanças do relevo coincidem com os limites de grupos de solos; onde mudanças menores do relevo coincidem com mudanças do material de origem, eles também coincidem com os limites de solos.

HILWIG e KARALE (1973) constataram que tanto os elementos do relevo como das vertentes são caracterizados por uma alta relação com as condições de solo e uma alta coincidência com os limites dos solos. Concluíram que o mapeamento de solos baseado em análise fisiográfica de documentos fotográficos, mostra unidades de mapeamento que consistem de unidades taxonômicas simples, nos quais o arranjo tridimensional e geográfico dos so

los está claramente expesso.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980), quanto maior a densidade de drenagem em uma área com relevo semelhante, menores e mais inclinadas serão as vertentes.

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 da terceira dimensão, através do emprego de pares estereoscópicos, segundo citação de ROURKE e AUSTIN (1951), LUEDER (1959), SOIL CONSERVATION SERVICE (1966), AMARAL e AUDI (1972).

Para AVERBECK e SANTOS (1969), a variação na declividade de 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.

ROURKE e AUSTIN (1951) consideraram que a diferença de declividade das encostas determina a variação na quantidade de energia refletida, provocando modificações na tonalidade, em função da maior ou menor declividade do terreno.

CURTIS et alii (1965) propuseram uma classificação do relevo para fins de estudos de solo, baseada nos itens que caracterizam a paisagem, como: aspecto local e altitude relativa da região.

Vadnais, citado por WONG et alii (1977), analisando a contribuição dos fatores do relevo na classificação de associações de solos, utilizou amostras circulares para quanti-

ficação de 16 fatores do terreno dentre eles a declividade média, relevo local, índice de rugosidade e número médio de vertentes e encontrou combinações positivas destes fatores com as associações de solos estudadas.

WONG et alii (1977) utilizaram cartas topográficas para a realização de medidas quantitativas dos fatores de relevo (declividade média, relevo amostral, relação relevo/elevação), através de amostras quadradas para estudos de diferenciação de solos, sendo que o método de Wentworth para cálculo da declividade mostrou-se de grande eficiência. KOFFLER (1982) também utilizou o método de Wentworth para cálculo de declividade média do terreno e recomenda este em vez do STRAHLER (1956), por ser de mais fácil aplicação e por apresentar resultados semelhantes.

MARCHETTI (1969) concluiu que os índices de relevo, declive máximo da encosta e razão de declive, mostraram-se dignos de confiança para a distinção entre solos.

Para VALÉRIO FILHO (1984) os índices de relevo (declividade média, relevo local médio e comprimento médio da vertente) foram mais eficazes que os índices de drenagem na discriminação dos solos, sendo que os dois primeiros índices demonstraram maior eficácia que o comprimento médio da vertente.

Analisando índices de relevo na diferenciação de solos com B latossólico e B textural, LEÃO (1983) encontrou resultados positivos para os índices amplitude altimétrica e razão de relevo, evidenciando assim, aptidão destes índices para

a distinção dos solos estudados.

Peltier, citado por WONG et alii (1977), após analisar a declividade média através de 70 cartas topográficas pelo método de Wentworth, concluiu que a declividade média estava relacionada com a média local do relevo e a textura média da topografia.

POLITANO (1980) concluiu que os índices de relevo foram tão eficazes quanto os da rede de drenagem, para a diferenciação de duas classes de Solos Podzólicos Vermelho-Amarelos.

2.4. VERIFICAÇÃO DA PRECISÃO DAS CARTAS PLANIALTIMÉTRICAS

Segundo HENRIKSEN (1980), a precisão vertical é verificada sobre cada projeto com o número de pontos-testes determinado pelo tamanho do projeto, mas deve ser no mínimo 20. Um maior número de testes é feito em áreas de relevo suave, onde os intervalos de contorno (curvas) são maiores. As elevações no campo são obtidas por estadia transversal, nivelamento trigonométrico ou níveis de precisão, e deve ter a precisão de 10% do intervalo de contorno. De acordo com o "National Map Accuracy Standards" dos EUA, no projeto, 90% das elevações testadas sobre o mapa devem coincidir com as elevações de campo dentro de metade do intervalo de contorno. Na determinação da precisão vertical, o erro vertical aparente pode ser diminuído assumindo-se um deslo

camento horizontal dentro de um erro horizontal permissível para um mapa na escala que está sendo testada.

ANGULO FILHO et alii (1983), concluíram que a delimitação das classes de declive serve de parâmetro para a verificação da aproximação entre a carta obtida por restituição aerofotogramétrica e a carta obtida por métodos de campo. A análise estatística acusou, para a maior parte dos casos, diferenças significativas entre ambas as cartas estudadas, sendo mais acentuadas em superfícies topograficamente homogêneas, por não haver termo de comparação no modelo estereoscópico quando restituído. DEMÉTRIO (1984) confirmou estas observações, concluindo que o deslocamento horizontal das curvas de nível restituídas é mais evidenciado em regiões de relevo suave e uniforme, pois dificulta a percepção estereoscópica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

3.1.1.1. Localização geográfica

A primeira área de estudo, de onde foram retiradas as amostras circulares correspondentes ao latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo, segundo OLIVEIRA *et alii* (1982) e que passará a ser denominada de Área A, encontra-se entre os paralelos $22^{\circ}00' S$ e $22^{\circ}30' S$ e os meridianos $47^{\circ}00' WG$ e $47^{\circ}30' WG$, abrangendo total ou parcialmente os seguintes municípios, como mostra a Figura 1: Aguaí, Araras, Artur Nogueira, Casa Branca, Conchal, Cordeirópolis, Corumbataí, Leme, Limeira, Moji-Guaçu, Moji-Mirim, Pirassununga, Rio Claro, Santa Cruz da Conceição e Santa Gertrudes.

Esta área situa-se no centro-oeste do Estado de São Paulo, inteiramente inserida na Depressão Periférica e na sua quase totalidade na Zona do Médio Tiête.

Localização da área estudada no Estado de São Paulo

1 - Piraçununga	6 - Araras	11 - Moji-Mirim
2 - Santa Cruz da Conceição	7 - Casa Branca	12 - Santa Gertrudes
3 - Leme	8 - Aguaí	13 - Cordeirópolis
4 - Corumbataí	9 - Moji-Guaçu	14 - Limeira
5 - Rio Claro	10 - Conchal	15 - Artur Nogueira

Figura 1 - Localização da área de onde foram retiradas as amostras circulares de Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo.

Localização da quadrícula de São Carlos no estado de São Paulo.

Figura 2 - Localização da área de onde foram retiradas as amostras circulares de Litossolo.

A outra área de estudo, de onde foram retiradas as amostras circulares de Litossolo segundo OLIVEIRA e PRADO (1984), e que doravante será denominada de Área B, está compreendida, entre os paralelos $22^{\circ}00'S$ e $22^{\circ}30'S$ e os meridianos $47^{\circ}30'WG$ e $48^{\circ}00'WG$, abrangendo total ou parcialmente os seguintes municípios como mostra a Figura 2: Analândia, Brotas, Charqueada, Corumbataí, Descalvado, Ibaté, Ipeúna, Itirapina, Pirassununga, Rio Claro, Santa Cruz da Conceição, Santa Gertrudes, São Carlos e São Pedro.

Estas áreas, segundo ALMEIDA (1964), encontram-

se nas regiões denominadas de Depressão Periférica (Sub-região médio Tietê) e "Cuestas" Basálticas.

3.1.1.2. Relevo

A topografia da Área A caracteriza-se por apresentar, segundo OLIVEIRA et alii (1982), em cerca de 85% da área uma sucessão de baixas colinas de formas suavizadas e com topos subaplainados, ligeiramente abaulados, mantidos geralmente nas cotas 580-680 metros, com relevo suave a suave ondulado e declives que, na sua maior parte, raramente atingem 5% e menos de 3% nos topos; este relevo caracteriza a área de Latossolo Vermelho-Amarelo.

O solo Podzólico Vermelho-Amarelo encontra-se numa faixa de 8 a 10 km de largura que se estende desde Pirassununga até Leme, onde o relevo se torna mais movimentado. Os córregos que drenam para o ribeirão do Arouca, correndo sobre sedimentos do permo-carbonífero, imprimiram maior densidade à rede de drenagem e maior vigor aos entalhes. Aí o relevo é tipicamente suave ondulado dissecado ou ondulado dissecado com declives da ordem de 7 a 15% nas partes baixa e média das vertentes. Os topos das colinas, contudo, apresentam-se esbatidos, com declives inferiores a 5%.

Da área B o relevo que interessa é aquele onde se encontra o Litossolo; e segundo OLIVEIRA e PRADO (1984), es-

te relevo se caracteriza por ser intensamente dissecado pelos seguintes cursos d'água: rio Passa Cinco, rio Corumbataí e Ribeirão Claro; geralmente abaixo da cota 630 metros; quando eles atingem os sedimentos da formação Corumbataí, o relevo torna-se mais movimentado, com aumento da declividade das vertentes, que, em algumas áreas, chegam a ultrapassar 12%. Ocorrem nessas vertentes os Litossolos substrato sedimentos finos do permo-carbonífero (Li1) e os Podzólicos Vermelho-Amarelos das unidades Santa Cruz (PV1) e Olaria (PV6).

3.1.1.3. Geologia

De acordo com o "Mapa Geológico do Estado de São Paulo", quadrícula de Campinas, elaborado pelo convênio entre DAEE e UNESP, em 1982, verificou-se que nas duas áreas de estudo encontram-se as mesmas formações geológicas e que são as seguintes:

- a) Plioceno-Pleistoceno: depósitos coluviais e Formação Rio Claro;
- b) Oligoceno - Mioceno: depósitos de cimeira;
- c) Triássico - Cretáceo (Grupo São Bento): Formação Serra Geral, Formação Botucatu e Formação Pirambóia;
- d) Permiano (Grupo Passa Dois): Formação Corumbataí e Formação Iratí,
- e) Carbonífero - Permiano (Grupo Tubarão); Formação

ção Tatuí, Formação Aquidauana e Formação Itararé.

Dentre todas as formações geológicas citadas, se rão descritas a seguir aquelas que predominam nas áreas onde fo ram retiradas, respectivamente, as amostras circulares de Latos solo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Litossolo.

- Formação Aquidauana:

Segundo SCHOBENHAUS et alii (1984), a denominação dada a essa unidade deve-se a Lisboa (1909), que realizou estudos ao longo da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, no Mato Grosso do Sul. Almeida (1948, 1954) redescreveu a formação Aquidauana como sendo um pacote de arenitos com cimento fer ruginoso, folhelhos vermelho, conglomerados e níveis de tili to. Ocorre na borda ocidental da bacia do Paran, em Mato Grosso, Gois e Mato Grosso do Sul;

- Formação Itararé:

Para SCHOBENHAUS et alii (1984), a formação Itara re apresenta grande diversidade litolgica, predominando, no entanto, os clsticos grossos que ocorrem em toda a seo. As variaes laterais de fcies so uma das caractersticas mais marcantes desse pacote sedimentar. Diamictitos passam lateralme nte para folhelhos vrvidos, ritmitos e arenitos.

Em So Paulo, a seqncia constituda de sedimentos arenosos com diamictitos caracterizados pela cor vermelho tijolo. Os arenitos mostram granulometria desde grossa a muito fina, com abundante matriz argilosa, com estratificao cruzada

planar, de pequeno e médio porte. Os diamictitos contêm seixos e matacões, os quais diminuem em direção ao topo, passando para lamitos arenosos e siltico-argilosos. Segundo Andrade e Soares (1971), esta seqüência começa a ocorrer a partir do Rio Moji-Guaçu, em direção ao norte. Ao sul do rio Piracicaba desaparecem as características vermelhas da seqüência e dominam os clásticos grosseiros, arenitos, conglomerados e diamictitos, com desenvolvimento subordinado de siltitos. Normalmente, apresentam estratificação plano-paralela e cruzada do tipo planar e acanalada;

- Depósitos coluviais:

Formação do período Plioceno-Pleistoceno, caracteriza-se por depósitos coluviais de espigão, areias com matriz argilosa, cascalhos de limonita e quartzo na base;

- Formação Corumbataí:

Segundo SCHOBENHAUS et alii (1984), a designação Corumbataí é adotada nos estados de Goiás, Mato Grosso, São Paulo e parte do Paraná, para indicar a seção compreendida desde o topo da Irati até a base da Pirambóia. Florance e Pacheco (1929) verificaram que, nestes estados, a parte superior da formação Corumbataí corresponde em parte, à formação Rio do Rasto. Sua espessura, em superfície, atinge valores da ordem de 250 m.

A formação Corumbataí caracteriza-se por possuir arenitos muito finos, siltitos, lamitos e folhelhos, níveis de calcários oolíticos e coquina e cores lilás e cinza indicam am-

biente deposicional oxidante;

- Formação Pirambóia:

A formação Pirambóia caracteriza-se, segundo SCHOBENHAUS et alii (1984), pela ocorrência de arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, médios a muito finos, siltico-argilosos, grãos polidos, subangulares e subarredondados com seixos de argila. Na porção mais inferior da formação Pirambóia ocorre uma camada de 1 a 2 m de espessura, de cor avermelhada, areno-argilosa, com seixos de sílex; ocorrem também intercalações de siltitos e folhelhos nos arenitos Pirambóia com espessuras variando de alguns milímetros até 1 m. Estratificação plano paralela é freqüente nos arenitos Pirambóia.

A formação Pirambóia distribui-se de maneira contínua nos estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso e nordeste do Paraná, não tendo sido identificada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

3.1.1.4. Clima

A Tabela 1 apresenta os dados de temperatura média e precipitação pluvial mensal de quatro localidades da Área A, enquanto a Figura 3 apresenta os balanços hídricos correspondentes, calculados segundo método de "Thornthwaite e Mather - 1955".

Observa-se pelos dados, que a distribuição pluvial segue o regime típico das zonas tropicais de baixa altitu-

de, ou seja, verão chuvoso e inverno seco. O regime térmico do ar, por sua vez, acompanha de perto as estações do ano, variando gradativamente com elas. As médias do inverno chegam em junho e julho a valores inferiores a 18°C , superando 22°C em janeiro e fevereiro.

Os dados de temperatura e precipitação apresentados permitem identificar, segundo o sistema de Köppen, um clima do tipo Cwa, ou seja, clima mesotérmico de inverno seco.

Segundo OLIVEIRA et alii (1975), os regimes hídrico, e térmico dessa região são, respectivamente, o údico e o hipertérmico.

Para a Área B, os dados de temperatura média e precipitação mensal encontram-se na Tabela 2, enquanto a Figura 4 apresenta os diagramas dos balanços hídricos correspondentes, calculados segundo método de "Thorthwaite e Mather" - 1955.

Observa-se pelos dados que a distribuição das chuvas é semelhante para as quatro localidades, ocorrendo um período chuvoso, que se estende de outubro a março, e outro seco, de abril a setembro. A passagem de um período para outro se dá abruptamente.

O regime térmico, por sua vez, acompanha de perto as estações do ano, variando gradativamente com elas.

Estes dados de precipitação e temperatura permitem identificar dois tipos de clima, segundo o sistema de Köppen: para São Carlos e áreas serranas, um clima Cwb, ou seja, temperado com inverno seco e temperatura do mês mais quente inferior a

Figura 3 - Balanço hídrico segundo método de "Thornthwaite e Mather - 1955" para quatro localidades da Área A. (Fonte: OLIVEIRA *et alii*, 1982)

Tabela 1 - Dados de temperatura e precipitação de quatro localidades da Área A. (Fonte OLIVEIRA *et alii*, 1982).

Mês	Araras		Limeira		Rio Claro		Casa Branca	
	22° 15' S. - 47° 20' W.G.		22° 34' S. - 47° 25' W.G.		22° 25' S. - 47° 33' W.G.		21° 47' S. - 47° 04' W.G.	
	1955-1972		1940-1974		1965-1975		1965-1975	
	Temp.	Precip.	Temp.	Precip.	Temp.**	Precip.**	Temp.	Precip.
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
Janeiro...	21,9	241	22,6	238	23,2	214	22,5	293
Fevereiro..	21,6	200	22,5	206	23,4	185	22,6	198
Março....	22,6	156	22,0	169	21,8	133	22,1	168
Abril.....	18,7	53	20,1	61	20,6	64	20,4	58
Maió.....	18,0	56	18,1	46	18,1	44	18,0	44
Junho.....	17,2	33	17,0	36	16,7	46	16,6	44
Julho.....	15,6	28	16,7	24	16,9	17	16,5	37
Agosto....	16,9	39	18,6	28	18,4	27	17,8	31
Setembro..	19,2	55	20,1	59	19,8	73	19,8	79
Outubro...	20,5	139	20,8	133	21,3	100	20,8	168
Novembro.	20,4	126	21,4	147	22,5	145	21,7	192
Dezembro.	21,6	232	21,9	229	23,0	216	22,1	295
ANO	19,5	1.358	20,2	1.376	18,5	1.264	20,1	1.607

*Dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola, IAC.

**Períodos: Precipitação 1889-1942
Temperatura 1928-1937

22°C. Para as demais, cujas temperaturas do mes mais quente sao superiores a 22°C, o clima, ainda temperado, é Cwa.

Segundo OLIVEIRA et alii (1975), os regimes hídricos e térmicos dessa região são, respectivamente, o údico e o hipertérmico, nas áreas inferiores a 1000 metros, e o térmico, nas mais elevadas.

3.1.1.5. Vegetação primitiva e uso atual da terra

Na Área A nota-se, segundo OLIVEIRA et alii (1982), uma correspondência estreita entre a qualidade do solo e seu a proveitamento. Nos solos de textura argilosa provenientes de ma teriais oriundos de rochas básicas e sedimentos do permo-carbo nífero, a vegetação original, a julgar pelos reduzidos remanescentes, era representada principalmente pela mata subperenifólia. Essa vegetação, contudo, praticamente inexistente, substituída que foi, em decorrência do relevo pouco movimentado e da qualidade das terras, por agricultura representada, em ordem de importância espacial, pela cana-de-açúcar, citros, algodão, café e, em menor proporção, por culturas anuais.

Nas areas onde predominam os solos arenosos ou de textura média, apesar do relevo suave ondulado, persiste a maior reserva de vegetação natural da região representada por cerrados e cerradões, em parte preservados devido às limitações impostas pelos solos e, em parte, por se encontrarem em reservas ecológi

Figura 4 - Balanço hídrico segundo método de "Thorntwaite e Mather - 1955" para quatro localidades da Área B. (Fonte: OLIVEIRA e PRADO, 1984)

Tabela 2 - Dados de temperatura e precipitação para quatro localidades da
Área B. (Fonte: OLIVEIRA e PRADO, 1984)

Mês	Fragununga 600 metros 21°58'S. - 47°25'WG.		Rio Claro 612 metros 22°25'S. - 47°35'WG.		São Carlos 810 metros 22°01'S. - 47°54'WG.		Itaqueri da Serra 1.000 metros 22°30'S. - 47°50'WG.	
	Temp.	Precip.	Temp.	Precip.	Temp.	Precip.	Temp. ⁽²⁾	Precip. ⁽³⁾
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
Janeiro	23,2	251	23,0	226	21,9	260	20,5	280
Fevereiro	23,2	217	23,0	205	21,9	213	20,6	225
Março	22,8	155	22,5	149	21,4	170	20,0	155
Abril	21,1	46	20,8	44	19,8	63	18,4	65
Maio	18,6	41	18,2	44	17,4	47	16,0	50
Junho	17,2	37	16,8	29	16,1	41	14,7	42
Julho	17,1	19	16,6	20	15,9	23	14,4	25
Agosto	18,4	25	18,0	25	17,2	27	15,7	30
Setembro	20,4	52	19,8	53	19,2	56	17,6	65
Outubro	21,5	126	21,0	126	20,2	129	18,5	120
Novembro	22,4	157	22,0	132	21,0	164	19,4	150
Dezembro	22,8	217	22,5	199	21,5	249	20,0	240
ANO	20,7	1.343	20,4	1.252	19,5	1.442	18,0	1.447

(1) Dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola, IAC.

(2) Estimada segundo PINTO et alii (1972).

(3) Atlas pluviométricos do Estado de São Paulo: 1941 - 1970 (1972).

cas estaduais. A agricultura é representada especialmente por citros e cana-de-açúcar que, progressivamente vai invadindo também essas áreas, porém o reflorestamento é o seu principal uso.

Nas partes úmidas, representadas pelas planícies aluvionais mal drenadas, ocorrem vegetações de campo higrófilas, enquanto nas áreas melhor drenadas próximo à calha dos rios predominava a mata ciliar, agora restrita a uma estreita faixa descontinua às margens do Moji-Guaçu.

Da mesma forma que na Área A, a distribuição da vegetação natural da Área B, segundo OLIVEIRA e PRADO (1984), apresenta estreita relação com a composição granulométrica, espessura e classe de solos.

Como consequência da predominância de solos muito profundos, excessivamente drenados ou muito permeáveis e de baixo potencial nutricional, a vegetação primitiva mais comum era representada pelos campos cerrados, cerrados e cerradões. Estes, não obstante o contínuo avanço da cultura canavieira, ainda persistem, em extensas áreas contínuas nos planaltos deprimidos da serra de Santana e de Campo Alegre e em manchas menores esparsas, remanescentes da crescente ocupação do solo com reflorestamentos, culturas de citros e de cana-de-açúcar, principalmente.

Observa-se que há maior predominância de cerrados nos solos de textura mais grossa: areias quartzosas profundas e latossolos de textura média, enquanto os cerradões predominam nos solos de textura relativamente mais argilosa.

Nos solos profundos, de textura argilosa, a vegetação primária predominante era a mata tropical subcaducifólia, da qual restam apenas esparsos e reduzidos testemunhos. Em áreas de li-tossolos substrato basaltó, onde o declive acentuado facilita o escoamento superficial da chuva, a menor reserva de água in-fluencia também o tipo de vegetação, que nestas condições cor-respondem às matas decíduas de aspecto mais seco que as encon-tradas em solos profundos e menos declivosos.

Ao longo das margens de alguns cursos d'água, a-parecem matas ciliares, enquanto nas planícies de inundação do ribeirão do Lobo, rio Itaqueri e ribeirão do Feijão, predominam campos higrófilos.

Por essa região fazer parte de importante bacia leiteira, as pastagens ocupam expressiva área, preferencialmen-te de solos pobres e de textura arenosa. O reflorestamento tam-bém ocorre em extensas áreas de solos arenosos e pobres. A ex-ploração de cana-de-açúcar, café e milho desenvolveu-se em so-los de melhores propriedades físicas e químicas, além da facili-dade para a mecanização; entretanto, nota-se acentuada expansão da cultura canavieira, invadindo áreas de pastagens e de cerra-dos.

3.1.1.6. Solos

Do exame das cartas de solos do levantamento pe-

dológico semi-detalhado do Estado de São Paulo, quadrículas de Araras e São Carlos (áreas A e B), realizadas respectivamente por OLIVEIRA et alii (1982) e OLIVEIRA e PRADO (1984), constatou-se a presença dos seguintes solos: Latossolo Roxo; Latossolo Vermelho Escuro; Latossolo Vermelho-Amarelo; Podzólico Vermelho-Amarelo; Terra Roxa Estruturada; Areias Quartzosas Profundas; Litossolos; Solos Hidromórficos; Cambissolos e Solos Concrecionários. Entretanto, devido à posição topográfica e o tamanho da unidade de mapeamento pedológico, que permitisse retirar as amostras circulares de 10 km², que eram de interesse para este estudo, somente os seguintes solos foram estudados:

a) Latossolo Vermelho-Amarelo

O Latossolo Vermelho-Amarelo corresponde, segundo OLIVEIRA et alii (1982), à Unidade Laranja Azeda (LV3), que é a mais extensa da quadrícula de Araras, perfazendo 46,9% dos latossolos e 21,1% da área total.

Esta unidade se encontra principalmente entre os paralelos 22°00'S e 22°30'S e os meridianos 47°00'WG e 47°15'WG, nas cotas 580 a 710 metros.

Esta unidade recebe a seguinte classificação:

- Latossolo Vermelho-Amarelo álico, A moderado, textura média, relevo suave ondulado.
- Typic Haplorthox (USA).
- Orthic Ferralsol (FAO).
- Solo ferralítico fortemente dessaturado no B (Fr).

Os solos desta unidade apresentam as seguintes características:

1. horizonte A moderado;
2. textura média no horizonte B, com teor de argila superior a 25% ou, se entre 20 e 25%, apresenta teor de areia fina superior ao de areia grossa;
3. caráter álico ou distrófico;
4. ausência de acréscimo escalonado de argila, entre os horizontes A_1 , A_3 , B_1 e B_2 ;
5. horizonte B_2 apédico ou com estrutura subangular fraca;
6. ausência de mosqueamento a menos de 100 cm;
7. cor 7,5 YR ou mais vermelha no horizonte B_2 .

Ainda segundo OLIVEIRA et alii (1982), esta unidade apresenta as seguintes características morfológicas:

- Horizonte A - Subdivide-se em A_1 ou A_p e A_3 , sendo que a espessura raramente ultrapassa 40 cm. A estrutura do A_1 é em geral granular pequena e média fraca e a do A_3 , subangular média fraca ou mesmo moderada/fraca. O horizonte A_p apresenta, em consequência do manejo, ausência de unidades estruturais bem definidas. O que se observa são fragmentos, lembrando estrutura subangular fraca.

A consistência é ligeiramente dura ou mais bran

da, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

A coloração mais comum é a bruno-avermelhado-escura, seguida de bruno-avermelhada, ambas centradas no matiz 5YR e com relação valor/croma superior a 3,5/3,5;

- Horizonte B - Em decorrência da espessura dos horizontes A, B₁ e B₂, não foi observada, nos trabalhos de campo, presença de horizontes B₃.

O subhorizonte B₁ apresenta, em geral, estrutura subangular média fraca, enquanto o B₂ é em geral apédico ou com estrutura subangular fraca.

A textura mais comum é a areno-barrenta, ocorrendo, também, textura barrenta, ao passo que a consistência é semelhante à do horizonte A.

A cor mais comum é a vermelho-amarelada, centrada no matiz 5YR e com variação valor/croma, 4/5 e 4/6.

As características analíticas desta unidade de solo são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Médias, seguidas dos respectivos erros padrões, de resultados de amostras da camada superficial (a) e subsuperficial (b), de várias características da unidade Laranja Azeda (1).

(Fonte: OLIVEIRA *et alii*, 1982) .

CARACTERÍSTICAS	C A M A D A	MÉDIA	±	ERRO PADRÃO
pH	a	4,8	±	0,2
	b	4,6	±	0,1
C (%)	a	1,1	±	0,2
	b	0,6	±	0,1
S (e.mg/100g de TFSA)	a	1,3	±	0,5
	b	0,4	±	0,1
Al ³⁺ (e.mg/100 g de TFSA)	a	0,7	±	0,2
	b	0,8	±	0,1
CTC (e.mg/100 g de argila)	a	23,5	±	2,5
	b	11,7	±	0,9
V (%)	a	23,8	±	9,0
	b	11,7	±	2,1
RC (e.mg/100g de argila)	a	9,3	±	2,0
	b	4,4	±	0,5
m (%)	a	48	±	14,2
	b	68	±	5,2
Argila (%)	a	22	±	2,1
	b	27	±	1,2
Silte (%)	a	3	±	1
	b	4	±	1
Areia fina (%)	a	46	±	4
	b	46	±	2
Areia grossa (%)	a	29	±	5
	b	23	±	2

(1) Unidade de mapeamento LV3.

b) Podzólico Vermelho-Amarelo

Segundo OLIVEIRA et alii (1982), a unidade Olaria (PV3)* que é a principal unidade de solo da área estudada, possui inclusão da unidade Santa Cruz (PV4)* e unidade Serrinha (PV5)*.

Ainda segundo OLIVEIRA et alii (1982), a unidade Olaria é a mais extensa na quadrícula de Araras, entre aquelas da classe dos Podzólicos Vermelho-Amarelos com 40,5%, corresponde a 4,7% da área total.

Esta unidade recebe a seguinte classificação:

- Podzólico Vermelho-Amarelo argila de atividade baixa, distrófico ou álico, A moderado, textura argilosa ou média/argilosa.
- Typic Paleudult (USA).
- Dystic Nitosol (FAO).
- Solo ferralítico forte ou medianamente dessaturado "lessivê" (Fr).

Os solos desta unidade apresentam as seguintes características:

1. argila de atividade baixa;
2. caráter álico ou distrófico;
3. textura argilosa ou média/argilosa;
4. discreta diferenciação de horizontes;

* Observação: na carta de solos do levantamento semidetalhado do Estado de São Paulo, quadrícula São Carlos, as unidades assinaladas recebem, respectivamente, a seguinte notação: PV6, PV1, PV2.

5. espessura dos horizontes $A + B \geq 150\text{cm}$ e
6. substrato: sedimentos finos do permocarbonífero.

Ainda segundo OLIVEIRA et alii (1982), a unidade Olaria apresenta as seguintes características morfológicas:

- Horizonte A - Subdivide-se em A_1 ou A_p e A_3 . A espessura é em geral inferior a 50cm. A cor do horizonte A é predominantemente bruno avermelhado-escuro, variando entre as notas 4YR 3/4 e 5YR 3/4; cores ligeiramente avermelhadas (2,5YR) ou mais amareladas (7,5YR) também ocorrem, porém são menos comuns.

Essa unidade é muito cultivada, daí ser difícil encontrar solos com estrutura não perturbada na camada superficial. Quando ocorre, é do tipo granular média no A_1 e subangular média fraca ou fraca/moderada no A_3 . Nos terrenos agricultados, observa-se a predominância de torrões pequenos e médios no horizonte A_p .

A textura é geralmente argilosa; contudo em alguns pontos foi constatada textura média (areno-barrenta) ou muito argilosa. Observou-se um ponto com textura arenosa no A_p , o qual foi considerado como variação da unidade.

A consistência da amostra úmida é em geral friável, raramente firme, e a da amostra molhada, plástica e pegajosa.

A transição do horizonte A para o B é gradual e

plana, raramente abrupta. Quando ocorre, essa transição não é seguida de mudança textural abrupta;

- Horizonte B - É em geral espesso, com mais de 150cm. Subdivide-se em B_1t , B_2t e B_3 .

A cor mais comum é a bruno-avermelhado-escura, com matiz variando de 2,5YR a 5YR com relação valor/croma de 3/3 a 3/4. Em geral é pequena a variação de cor ao longo do horizonte B, especialmente entre os subhorizontes B_1 e B_2 , mantendo-se o matiz e variando o croma e/ou valor de meia a uma unidade. Colorações bruno-avermelhada (6YR) e vermelho-amarelada (7,5YR) foram encontradas ocasionalmente.

A estrutura do B_2t é subangular média moderada, mais raramente prismática que se rompe em subangular moderada forte. A consistência da amostra úmida é firme ou friável e, da amostra molhada, plástica e pegajosa, enquanto a cerosidade é, no mínimo, fraca, sendo geralmente moderada e comum.

O horizonte B_3 apresenta menor expressão de estrutura, consistência muito friável da amostra úmida e cerosidade fraca ou mesmo ausente, sendo, neste último caso, um verdadeiro horizonte B latossólico ou óxico.

O horizonte B_1t apresenta, em geral, características morfológicas semelhantes ao B_2 , variando apenas no menor grau de expressão da estrutura e da cerosidade.

As características analíticas desta unidade de solo são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Médias seguidas dos respectivos erros padrões, de resultados de amostras da camada superficial (a) e subsuperficial (b), de várias características da unidade Olaria.

(Fonte: OLIVEIRA *et alii*, 1982).

CARACTERÍSTICAS	C A M A D A	MÉDIA	±	ERRO PADRÃO
pH	a	5,3	±	0,3
	b	4,8	±	0,3
C (%)	a	1,5	±	0,4
	b	0,8	±	0,1
S (e.mg/100g de TFSA)	a	4,2	±	1,4
	b	2,2	±	0,5
Al ³⁺ (e.mg/100g de TFSA)	a	0,6	±	0,4
	b	1,2	±	0,4
CTC (e.mg/100g de argila)	a	20,6	±	2,5
	b	9,6	±	0,9
V(%)	a	52,1	±	0,8
	b	37,5	±	8,0
RC (e.mg/100g de argila)	a	12,4	±	2,3
	b	5,5	±	0,6
m (%)	a	18	±	9
	b	38	±	10
Argila (%)	a	42	±	8
	b	63	±	5
Silte (%)	a	12	±	3
	b	7	±	1
Areia Fina (%)	a	36	±	6
	b	23	±	4
Areia Grossa (%)	a	10	±	4
	b	6	±	3

Como foi dito esta unidade possui inclusão da unidade Santa Cruz (PV4), que segundo OLIVEIRA et alii (1982) se diferenciam por esta apresentar menor relação textural, ausência de mudança textural abrupta e maior espessura;

c) Litossolo

Para OLIVEIRA e PRADO (1984), os litossolos têm como principal característica a pequena espessura do solum, inferior a 40 cm, e a ausência de horizonte diagnóstico de subsuperfície ou, se existente, é muito pouco espesso.

Em consequência da imaturidade, apresentam geralmente teores relativamente elevados de minerais primários menos resistentes ao intemperismo e minerais de argila do grupo das esmectitas, o que lhes confere elevados valores de capacidade de troca de cátions da fração argila.

A textura é bastante variada e está estreitamente relacionada com a natureza do substrato.

A classificação do litossolo em estudo é a seguinte:

- Litossolos eutróficos e distróficos, A moderado, textura indiscriminada, substrato sedimentos finos do permiano (Li-1);
- Typic Udorthent;
- Lithosols (FAO);
- Lithosols (Fr).

Além de litossolo, a área possui inclusões de Pod

zólico Vermelho-Amarelo, sendo a unidade Santa Cruz (PV1) a principal, além da unidade Serrinha (PV2) e de Solo Hidromórfico.

Segundo OLIVEIRA e PRADO (1984), a unidade Santa Cruz recebe a seguinte classificação:

- Podzólico Vermelho-Amarelo, argila de atividade baixa, abrupto ou com relação textural acentuada, distrófico ou álico, A moderado, textura média/argilosa, média/muito argilosa ou argilosa;

As características morfológicas desta unidade são:

- Horizonte A - Apresentam um horizonte A moderado ou mesmo proeminente, com espessura que raramente ultrapassa 30 cm, e textura bastante variável, encontrando-se desde arenosa até argilosa; contudo, na área estudada, predominam os solos com textura média. A cor mais comum no horizonte A₁ ou Ap é a bruno - escura com notações Munsell 7,5YR 4/2 a 4/4, predominando as últimas. A diferença de cor entre a amostra seca e a úmida é em geral acentuada, sendo a seca bem mais clara, com duas a três unidades a mais em matiz e uma e meia a mais em croma. A ocorrência de A proeminente é rara devido à insuficiência de espessura.

A estrutura é geralmente composta de granular e subangular moderada e a consistência é dura, firme, plástica e pegajosa, à exceção dos horizontes com pouca argila, cuja consistência é friável.

A transição do horizonte A para o B é abrupta e plana. Não foi registrada a presença do horizonte A₂;

- Horizonte B - O horizonte B subdivide-se em B_1t , B_2t e B_3 , sendo a espessura total raramente superior a 100 cm.

A cor varia bastante, especialmente no matiz tendo sido registrada notação desde 2,5YR até 7,5YR, sendo as relações valor/croma 4/4 e 4/5 as mais comuns. As diferenças de cor entre os horizontes B_1 e B_2 são pouco acentuadas; todavia, o B_3 é geralmente mais avermelhado ou de croma mais elevado.

A estrutura do horizonte B_2t é bem desenvolvida, geralmente do tipo subangular média ou grande forte e a cerosidade, sempre presente, é comum ou abundante e moderada ou forte.

No horizonte B_3 , a estrutura é menos desenvolvida e a cerosidade, ou não é evidente na observação de campo, ou é fraca e pouca.

A consistência da amostra seca ao longo do horizonte B é muito dura ou mais acentuada, especialmente nos horizontes B_1t e B_2t , enquanto a consistência da amostra úmida é firme, e a da amostra molhada, plástica e pegajosa.

Ainda segundo OLIVEIRA e PRADO (1984), as características analíticas deste solo são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Características Analíticas da Unidade Santa Cruz. (Fonte: OLIVEIRA e PRADO, 1984).

HORIZONTE e ESPESSURA	pH	C	S	Al ³⁺	CTC	V	m	Ar gi la	Sil- te	Areia Fina	Areia Grossa
			% e.mg/100g		e.mg/100g						
			TFSA		argila				%		
A1 - 0 - 15	5,1	1,4	2,8	1,1	28,5	40	28	25	5	47	23
B2t 50 - 70	5,0	0,7	1,0	5,4	15,8	12	85	50	9	33	8
A1 - 0 - 20	5,1	0,6	4,4	0,7	26,5	43	14	38	14	36	12
B2t 60 - 80	5,0	0,7	0,9	4,9	23,8	11	85	55	11	30	4

3.1.2. MATERIAL CARTOGRÁFICO

3.1.2.1. Cartas utilizadas para a caracterização da área A

a) Cartas planialtimétricas do IBGE (Superintendência de Cartografia), na escala 1:50.000:

- Folha Rio Capetinga (SP), SF-23-Y-A-II-2, editada em 1971.
- Folha Araras (SP), SF-23-M-II-3, editada em 1969.
- Folha Leme (SP), SF-23-M-II-1, editada em 1971.

b) Cartas planialtimétricas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, Projeto Macro-Metrópole, Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), na escala 1:10.000 editadas em 1979:

- Folha Fazenda Amazonas, SF-23-Y-A-II-2-SO-A
- Folha Fazenda Paineiras, SF-23-Y-A-II-2-SO-B
- Folha Bairro Caju, SF-23-Y-A-II-2-SO-C
- Folha Capão do Maracujá, SF-23-Y-A-II-2-SO-D
- Folha Fazenda Santa Inácia, SF-23-Y-A-II-1-SO-E
- Folha Fazenda Peroba, SF-23-Y-A-II-1-SO-F
- Folha Bom Jesus de Iguape, SF-23-Y-A-II-2-SO-E
- Folha Fazenda Sete Lagoas, SF-23-Y-A-II-2-SO-F
- Folha Fazenda Angélica, SF-23-Y-A-II-3-NO-A
- Folha Fazenda Bom Jesus, SF-23-Y-A-II-3-NO-B
- Folha Fazenda Rafatânia, SF-23-Y-A-II-2-SE-A
- Folha Fazenda Querência, SF-23-Y-A-II-2-SE-C
- Folha Córrego Fundo, SF-23-Y-A-II-2-SE-E

c) Carta de Solos do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadricula de Araras, na escala 1:100.000 e editada em 1981.

d) Mapa Geológico da folha de Campinas, Convênio DAEE/UNESP, na escala 1:250.000 e editada em 1982.

3.1.2.2. Cartas utilizadas para a caracterização da área B

a) Cartas planialtimétricas do IBGE (Superintendência de Cartografia), na escala 1:50.000:

- Folha Corumbataí (SP) - SF-23-Y-A-I-2, editada em 1971.

- Folha Rio Claro (SP) - SF-23-M-I-4, editada em 1969.

b) Cartas planialtimétricas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, Projeto Macro-Metrópole, Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), na escala 1:10.000 editadas em 1979:

- Folha Fazenda S. Luiz do Cuscuzeiro - SF-23-Y-A-I-2-SO-D

- Folha Fazenda Santo Urbano - SF-23-Y-A-I-2-SE-C

- Folha Corumbataí I - SF-23-Y-A-I-2-SE-F

- Folha Corumbataí II - SF-23-Y-A-I-2-SE-E

- Folha Fazenda Sant'Ana de Baixo - SF-23-Y-A-I-4-NO-B

- Folha Bairro Ferraz - SF-23-Y-A-I-4-NE-A

c) Carta de Solos do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos, na escala 1:100.000 e editada em 1981.

d) Mapa Geológico da folha de Campinas, Convênio DAEE/UNESP, na escala 1:250.000 e editada em 1982.

3.1.3. MATERIAL FOTOGRÁFICO

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais pancromáticas, provenientes da cobertura aerofotogramétrica do Estado de São Paulo (1978), executada pela Terrafoto Atividades de Aerolevantamentos S.A. para a Secretaria do Planejamento do Estado de São Paulo. As cópias empregadas na fase de interpretação fotográfica deste trabalho pertencem ao Planalsucar e apresentam as seguintes características:

- Escala aproximada: 1:35.000;
- Dimensões: 23 cm x 23 cm;
- Área coberta por fotografia: cerca de 64,8 km²;
- Recobrimento aproximado: 60% entre fotografias na faixa de voo e 30% entre fotografias de faixas adjacentes.

3.1.4. EQUIPAMENTOS

A visão estereoscópica foi obtida através de um estereoscópio de espelhos marca WILD, modelo ST-4, com ocular de três aumentos.

Foram utilizados equipamentos simples de medição e desenho como escalímetro, régua de precisão, curvímetro e compasso.

O traçado de informações obtidas das diversas imagens foi efetuado sobre folhas transparentes de poliéster estável ("ultraphan").

3.2. MÉTODOS

3.2.1. SELEÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Para se atingir um dos objetivos deste trabalho, que é o de comparar os parâmetros de relevo obtidos de cartas planialtimétricas em escalas diferentes, selecionaram-se áreas que se encontravam representadas nas duas cartas e nos mapas pedológicos do levantamento semidetalhado do Estado de São Paulo.

Portanto, o primeiro critério foi o de selecionar áreas facilmente identificadas nas três cartas citadas; isto foi feito com o auxílio dos mapas de solos e do Inventário Cartográfico do Estado de São Paulo que foi elaborado pela Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado em 1981.

Finalmente, com base nos critérios citados chegou-se à área de estudo, que está compreendida entre os paralelos $22^{\circ}00'S$ e $22^{\circ}30'S$ e os meridianos $47^{\circ}00'WG$ e $48^{\circ}00'WG$. Posteriormente, com auxílio de fotoíndices da região, foram escolhidas as fotografias aéreas de ocorrência das respectivas unidades de solo, e que deveriam, portanto, conter as informações desejadas, segundo o método de "pesquisa lógica" sugerido por RABBEN (1960) e que consta de duas etapas: na primeira é efetuada a observação, coleta de dados, medição e identificação dos objetos registrados nas fotografias aéreas; a segunda envolve

indução e ou dedução de informações, que são aplicadas na solução do problema.

A identificação das fotografias que recobrem as áreas de interesse específico, dentro da área de estudo, foi feita através de exame do fotoíndice e da carta de solos da região, resultando na seguinte seleção:

a) Latossolo Vermelho-Amarelo (LV3):

- LV-1 - fotografias: 2223 a 2224

faixa de voo: 04A

data: 29-07-78

- LV-2 - fotografias: 2281 a 2283

faixa de voo: 05A

data: 08-07-78

- LV-3 - fotografias: 2224 a 2226

faixa de voo: 04A

data: 29-07-78

b) Podzólico Vermelho-Amarelo (PV3 + PV4):

- PV-1 - fotografias: 2326 a 2328

faixa de voo: 06

data: 28-07-78

- PV-2 - fotografias: 2324 a 2326

faixa de voo: 06

data: 28-07-78

- PV-3 - fotografias: 2326 a 2328
faixa de voo: 06
data: 28-07-78

c) Litossolo:

- Li-1 - fotografias: 2261 a 2263
faixa de voo: 05
data: 10-07-78
- Li-2 - fotografias: 2321 a 2323
faixa de voo: 06
data: 28-07-78
- Li-3 - fotografias: 2263 a 2265
faixa de voo: 05
data: 10-07-78

3.2.2. OBTENÇÃO DOS MAPAS BÁSICOS DE DRENAGEM

Por meio de exames estereoscópicos das fotografias selecionadas foram traçados, sobre papel transparente, os canais de drenagem bem definidos, quer fossem cursos d'água permanentes ou temporários, conforme sugeriram STRAHLER (1957), LUEDER (1959) e RAY (1963), e as depressões úmidas, indicadoras do grau de integração segundo LUEDER (1959). Cada conjunto de fotografias foi montado de acordo com o método de "matchlines", descrito pelo SOIL SURVEY STAFF (1962).

Os decalques das redes de drenagem foram feitos conforme sugestão de RAY (1963), para facilitar o exame de certas características da drenagem, como tendências ou modificações do padrão, número e comprimento de rios e tributários, com a eliminação da exuberância de detalhes proporcionada pelas fotografias aéreas.

3.2.3. ANÁLISE DAS REDES DE DRENAGEM

De acordo com BURINGH (1960), o estudo realizado foi do tipo "análise de elementos". Os elementos analisados referem-se às características descritivas e quantitativas dos padrões de drenagem.

Nos mapas de drenagem das áreas amostradas foi feita a contagem do número e medição do comprimento total dos canais da rede de drenagem.

A partir destes dados e dos valores da área da amostra e de seu perímetro, foram calculados os valores de densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura.

A caracterização quantitativa dos padrões de drenagem foi restringida aos elementos disponíveis em amostras circulares, conforme método desenvolvido por RAY e FISCHER (1960) e ampliado por SOUZA (1975).

A densidade de drenagem (D) de cada amostra circular foi obtida segundo adaptação da fórmula de HORTON (1945) por RAY e FISCHER (1960) e é a seguinte:

$$D = \frac{L_t}{A} ,$$

onde L_t é o comprimento total de rios e A é a área da amostra circular.

A frequência de rios (F) foi calculada segundo a adaptação de SOUZA (1975) da fórmula de HORTON (1945):

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

onde N é o número total de rios e A é a área da amostra circular.

A razão de textura (T) também foi calculada segundo SOUZA (1975), que adaptou a definição de SMITH (1950) modificada por FRANÇA (1968):

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

onde N é o número total de rios e P é o perímetro da amostra circular.

Neste trabalho, nas fotografias aéreas selecionadas foram estudadas 3 amostras circulares de 10 km², representativas da rede de drenagem de cada unidade de solo estudada.

3.2.4. ANÁLISE DOS ÍNDICES DE RELEVO

As amostras circulares de 10 km², demarcadas sobre as fotografias aéreas na escala 1:35.000 para a obtenção dos índices de drenagem, foram transferidas nas devidas proporções

para as cartas planialtimétricas nas escalas 1:10.000 e 1:50.000, sobre as quais foram determinados os seguintes índices de relevo: declividade média (dw), amplitude altimétrica máxima (Hm) e comprimento médio das vertentes (Cvm).

A declividade média (dw) foi obtida segundo o método de WENTWORTH (1930), adaptado por KOFFLER (1982) que, assim como VALÉRIO FILHO (1984), obtiveram com este método resultados satisfatórios, e o preconizam para amostragem circular, por apresentar valores consistentes e de mais rápida aplicação que o de STRAHLER (1956).

O método de WENTWORTH (1930) adaptado por KOFFLER (1982) para o cálculo da declividade média baseia-se no número de curvas de nível interceptadas por linhas dispostas nas direções Norte-Sul, Leste-Oeste, Noroeste-Sudeste e Nordeste-Sudoeste e respectivas paralelas, dentro da amostra circular transferida para a carta planialtimétrica, conforme indica a Figura 5. O cálculo da declividade média (dw) é efetuado pela fórmula:

$$dw = \frac{EN}{636,6} ,$$

onde E é a equidistância vertical das curvas de nível em metros; N é o número médio de curvas interceptadas por quilômetro; e 636,6 é uma constante gerada pela transformação da fórmula original para o sistema métrico decimal.

Figura 5 - Modelo da amostragem de WENTWORTH (1930) adaptado por KOFFLER (1982).

O segundo índice de relevo medido foi a amplitude altimétrica máxima (Hm), conforme sugestão de CHRISTOFOLETTI (1980), e 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 superior da bacia considerada, devendo-se considerar no mínimo dez pontos cotados.

Este índice é semelhante ao relevo local médio, sugerido por GARCIA (1982) e utilizado por VALÉRIO FILHO (1984) que é obtido pela diferença entre a mais alta e a mais baixa elevação da área.

A amplitude altimétrica máxima foi obtida para cada amostra circular decalcada sobre as cartas planialtimétricas nas escalas 1:10.000 e 1:50.000.

A Figura 6 representa esquematicamente a leitura da amplitude altimétrica máxima.

Figura 6 - Representação esquemática do sistema de leitura da amplitude altimétrica máxima. (Fonte: VALÉRIO FILHO, 1984).

O terceiro índice do relevo analisado é o comprimento médio da vertente (CVm) que, conforme o "Soil Conservation Service" (1948), influencia o processo de erosão dos solos, uma vez que a velocidade de escoamento superficial da água pluvial aumenta com o comprimento da vertente, aspectos estes também considerados por TOY (1977) e QUEIROZ NETO (1978).

O comprimento médio das vertentes foi obtido conforme procedimento de VALÉRIO FILHO (1984), 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; neste trabalho procurou-se 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, das leituras possíveis realizadas em cada amostra circular de 10 km².

As medidas do comprimento médio das vertentes foram feitas para todas as amostras circulares delineadas sobre as cartas planialtimétricas nas escalas 1:10.000 e 1:50.000, con-

forme mostra a Figura 7.

Figura 7 - Representação esquemática da forma de leitura do comprimento médio da vertente. (Fonte: VALÉRIO FILHO, 1984).

3.2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Devido à pequena amostragem não foi possível aplicar a este trabalho nenhum teste estatístico paramétrico. Ao se tentar a análise estatística não paramétrica ocorreu outro problema que foi não evidenciar diferenças entre valores que visivelmente são diferentes. Segundo CAMPOS (1983), isto ocorre porque, em geral, estes testes não levam em consideração a magnitude dos dados, pois é muito comum transformar os dados, de valores para simples ordens ou sinais e, em muitos casos, isto se traduz num desperdício de informações. Este fator foi comprovado por MANECHINI (1981), VALÉRIO FILHO (1984) e VETTORAZZI (1985).

Desta forma optou-se por uma estatística simples, utilizando somente a comparação entre médias e erro pa-

drão da média.

As fórmulas utilizadas foram as seguintes:

$$\text{- média aritmética: } \bar{m} = \frac{\sum x}{n} ;$$

$$\text{- variância: } s^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}$$

$$\text{- erro padrão da média: } s(\bar{m}) = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$\text{- estimativa por intervalo} = \bar{m} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$$

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS CIRCULARES

4.1.1. GEOLOGIA

Do mapeamento geológico do Estado de São Paulo em escala 1:250.000, quadrícula de Campinas, e que foi executado em convênio entre o Departamento de Águas e Energia Elétrica e a UNESP, em 1982, foram demarcadas as amostras circulares dos três solos estudados para se determinar as suas formações geológicas.

De acordo com a Figura 8, nas amostras de Latos solo Vermelho-Amarelo, destacam-se as seguintes formações geológicas:

- a) Formação Aquidauana (Carbonífero Permiano);
- b) Formação Itararé (Carbonífero Permiano);
- c) Depósitos coluviais (Plioceno-Pleistoceno).

As formações geológicas que predominam nas amostras circulares de Podzólico Vermelho-Amarelo e Litossol, são as formações Corumbataí e Pirambóia, como mostram as Figuras 9 e 10.

4.1.2. SOLOS

Das cartas de solos do Levantamento Semidetalhado do Estado de São Paulo em escala 1:100.000, quadrículas de Araras e São Carlos, elaboradas respectivamente por OLIVEIRA et alii (1982) e OLIVEIRA e PRADO (1984), foram demarcadas as amostras circulares para se determinar quais os solos e respectivas unidades que compunham as amostras, como mostram as Figuras 11, 12 e 13.

4.2. AMOSTRAS CIRCULARES REPRESENTATIVAS DA DRENAGEM E DO RELEVO

As Figuras 14 a 16 representam as amostras circulares da drenagem, dos três solos estudados, obtidas pela interpretação das fotografias aéreas verticais na escala 1:35.000.

As Figuras 17 a 25 correspondem às amostras circulares extraídas das cartas planialtimétricas na escala 1:10.000 e as Figuras 26 a 28 são das amostras circulares obtidas das cartas planialtimétricas na escala 1:50.000.

4.3. CARACTERÍSTICAS DAS REDES DE DRENAGEM

4.3.1. COMPOSIÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

4.3.1.1. Número de rios

O número de rios observados, suas respectivas ordens, o número total de rios, o valor médio e seu respectivo erro padrão, para as amostras circulares representativas dos solos em estudo, encontram-se na Tabela 6.

4.3.1.2. Comprimento total de rios

O comprimento total de rios, o valor médio e seu respectivo erro padrão, para as amostras circulares dos solos em estudo, encontram-se na Tabela 7.

4.3.2. CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO DE DRENAGEM

4.3.2.1. Características descritivas do padrão de drenagem

A Tabela 8 fornece um resumo das características descritivas dos padrões de drenagem dos solos estudados.

Figura 8 - Representação das formações geológicas que constituem as amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo.

Figura 9 - Representação das formações geológicas que constituem as amostras de Podzólico Vermelho-Amarelo.

Figura 10 - Representação das formações geológicas que constituem as amostras circulares de Litossolo.

Figura 11 - Amostras circulares de Latossolo Vermelho-Amarelo, retiradas da Carta de Solos do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Araras.

Figura 12 - Amostras circulares de Podzólico Vermelho-Amarelo, retiradas da Carta de Solos do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Araras.

Figura 13 - Amostras Circulares de Litossolo, retiradas da Carta de Solos do Levantamento Pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos.

Figura 14 - Amostras Circulares LV-1, LV-2 e LV-3 (10 km²) da rede de drenagem em Latossolo Vermelho-Amarelo - Escala 1:35.000.

Figura 15 - Amostras Circulares PV-1, PV-2 e PV-3 (10 km² da rede de drenagem em Podzólico Vermelho-Amarelo. Escala 1:35.000.

orig. escala

Figura 16 - Amostras Circulares Li-1, Li-2 e Li-3 (10 km²) da rede de drenagem em Litossolo. Escala 1:35.000.

Figura 17 - Amostra Circular, LV-1 (10 km²), do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000.

Figura 18 - Amostra Circular, LV-2 (10 km²), do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000.

Figura 19 - Amostra Circular, LV-3 (10 km²), do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000.

Figura 20 - Amostra Circular, PV-1 (10 km²), do relevo em Podzólico Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000.

Figura 21 - Amostra Circular, PV-2 (10 km²), do relevo em Podzólico Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000.

Figura 22 - Amostra Circular, PV-3 (10 km²), do relevo em Podzólico Vermelho-Amarelo. Escala 1:10.000.

Figura 23 - Amostra Circular, Li-1 (10 km²), do relevo em Litossolo.
Escala 1:10.000.

Figura 24 - Amostra Circular, Li-2 (10 km²), do relevo em Litossolo.
Escala 1:10.000.

Figura 25 - Amostra Circular, Li-3 (10 km²), do relevo em Litossolo.
Escala 1:10.000.

Figura 26 - Amostras Circulares, LV-1, LV-2 e LV-3 (10 km²), do relevo em Latossolo Vermelho-Amarelo. Escala 1:50.000.

Figura 27 - Amostras Circulares, PV-1, PV-2 e PV-3, (10 km²), do relevo em Podzólico Vermelho-Amarelo. Escala 1:50.000.

Figura 28 - Amostras Circulares, Li-1, Li-2 e Li-3, (10 km²), do relevo em Litossolo. Escala 1:50.000.

Tabela 6 - Número de rios observados em cada ordem e o total para as amostras circulares; médias e respectivos erros padrões.

SOLO	ORDEM	Número de rios em cada ordem			Média ± Erro Padrão da Média	
		Amostras Circulares				
		LV-1	LV-2	LV-3		
Latossolo	1ª	14	4	11	9,666	± 2,963
Vermelho	2ª	3	1	5	3,000	± 1,155
Amarelo	3ª	1	0	2	1,000	± 0,577
	Total (Nt)	14	4	11	9,666	± 2,963
		PV-1	PV-2	PV-3		
Podzólico	1ª	79	80	81	80,000	± 0,577
Vermelho	2ª	25	22	21	22,666	± 1,201
Amarelo	3ª	5	5	6	5,333	± 0,333
	Total (Nt)	79	80	81	80,000	± 0,577
		Li-1	Li-2	Li-3		
	1ª	195	253	224	224,000	± 16,743
Litossolo	2ª	53	79	59	63,666	± 7,860
	3ª	19	19	14	17,333	± 1,666
	Total (Nt)	195	253	224	224,000	± 16,743

Tabela 7 - Comprimento total de rios para as amostras circulares; médias e respectivos erros padrões.

S O L O	AMOSTRA CIRCULAR	COMPRIMENTO TOTAL (Lt) em km	MÉDIA ± Erro Padrão da Média
Latossolo	LV-1	4,340	
Vermelho	LV-2	5,800	6,996 ± 1,972
Amarelo	LV-3	10,850	
Podzólico	PV-1	22,800	
Vermelho	PV-2	23,500	23,017 ± 0,242
Amarelo	PV-3	22,750	
Litossolo	Li-1	47,250	
	Li-2	57,420	49,960 ± 3,776
	Li-3	45,210	

Tabela 8 - Características descritivas das redes de drenagem, dos três solos estudados, segundo LUEDER (1959), tipo ou modelo segundo PARVIS (1950).

CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO	LITOSSOLO
Grau de Integração	pouco integrado	integrado	integrado
Densidade	baixa	média	alta
Grau de Uniformidade	pouco uniforme	pouco uniforme	pouco uniforme
Orientação	pouco orientado	pouco orientado	pouco orientado
Grau de controle	não controlado	não controlado	não controlado
Ângulo de junção	aproximadamente retos	retos e agudos	retos e agudos
Angularidade	baixa	baixa	baixa
Tipo ou modelo	subparalelo	dendrítico modificado	dendrítico

4.3.2.2. Características Quantitativas do Padrão de Drenagem

As características quantitativas do padrão de drenagem, o valor médio e erro padrão da média, para as amostras circulares representativas dos solos em estudo encontram-se na Tabela 9.

4.4. CARACTERÍSTICAS DO RELEVO

4.4.1. CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DOS PARÂMETROS DE RELEVO

As características quantitativas dos parâmetros de relevo, o valor médio e erro padrão da média, para as amostras circulares representativas dos solos em estudo encontram-se nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 9 - Características quantitativas do padrão de drenagem, valor médio e erro padrão da média, das amostras circulares representativas dos solos em estudo.

CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS	AMOSTRAS			CIRCULARES					
	LV-1	LV-2	LV-3	PV-1	PV-2	PV-3	Li-1	Li-2	Li-3
Densidade de Drenagem (D)	0,430	0,580	1,080	2,280	2,350	2,270	4,720	5,740	4,520
$\bar{m} \pm s$ (m)	0,697 $\pm$ 0,196			2,300 $\pm$ 0,025			4,993 $\pm$ 0,378		
Frequência de Rios (F)	1,400	0,400	1,100	7,900	8,000	8,100	19,500	25,300	22,400
$\bar{m} \pm s$ (m)	0,967 $\pm$ 0,296			8,000 $\pm$ 0,058			22,400 $\pm$ 1,674		
Razão de Textura (T)	1,250	0,360	0,980	7,050	7,140	7,220	17,390	22,570	19,980
$\bar{m} \pm s$ (m)	0,860 $\pm$ 0,265			7,140 $\pm$ 0,019			19,980 $\pm$ 1,495		

Tabela 10 - Características quantitativas dos parâmetros de relevo, valor médio e erro padrão da média, das amostras circulares dos solos em estudo (Carta planialtimétrica E = 1:10.000).

CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS	A M O S T R A S			C I R C U L A R E S					
	LV-1	LV-2	LV-3	PV-1	PV-2	PV-3	Li-1	Li-2	Li-3
Declividade média (dw)	4,449	5,910	6,390	8,520	9,760	8,120	17,290	16,470	14,860
$\bar{m} \pm s (\bar{m})$	5,580	$\pm 0,587$			8,800	$\pm 0,494$	16,210	$\pm 0,714$	
Amplitude altimétrica máxima (Hm)	57,500	41,500	40,000	51,500	68,500	70,000	156,000	97,500	119,000
$\bar{m} \pm s (\bar{m})$	46,330	$\pm 5,600$			63,330	$\pm 5,932$	124,140	$\pm 17,084$	
Comprimento médio de vertente (Cm)	1017,090	973,420	729,720	604,330	605,320	694,030	360,160	168,290	422,600
$\bar{m} \pm s (\bar{m})$	906,743	$\pm 89,405$			634,560	$\pm 29,736$	317,020	$\pm 76,517$	

Tabela 11 - Características quantitativas dos parâmetros de relevo, valor médio e erro padrão da média, das amostras circulares dos solos em estudo (Carta planialtimétrica E = 1:50.000).

CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS	A M O S T R A S			C I R C U L A R E S					
	LV-1	LV-2	LV-3	PV-1	PV-2	PV-3	Li-1	Li-2	Li-3
Declividade média (dw)	4,500	5,380	6,600	8,910	8,990	7,070	13,420	13,100	12,770
$\hat{m} \pm s (\hat{m})$		5,490 $\pm$ 0,609			8,320 $\pm$ 0,627			15,097 $\pm$ 0,188	
Amplitude altimétrica máxima (Hm)	42,000	50,500	50,000	54,500	66,500	64,000	139,000	91,500	107,500
$\hat{m} \pm s (\hat{m})$		47,500 $\pm$ 2,754			61,670 $\pm$ 3,655			112,670 $\pm$ 15,953	
Comprimento médio de vertente (CVm)	1038,220	993,870	742,550	609,300	609,520	701,090	409,290	219,750	518,600
$\hat{m} \pm s (\hat{m})$		924,880 $\pm$ 92,060			639,970 $\pm$ 30,560			582,540 $\pm$ 87,301	

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS CIRCULARES

5.1.1. LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO

As figuras 8, 11 e 14 representam, respectivamente, as amostras circulares da geologia, solo e rede de drenagem superficial do Latossolo Vermelho-Amarelo.

Analisando as figuras observa-se que existe uma maior correlação entre a rede de drenagem traçada com auxílio da fotografia aérea e o mapa geológico do que com o mapa de solos. Isto pode ser exemplificado pelas amostras: LV-1 onde a rede de drenagem, que indica uma inclusão de outro solo, coincide com a área que corresponde à Formação Aquidauana; e LV-3 onde os longos rios, típicos dos latossolos, ocorrem na área

correspondente aos depósitos Colúviais, sendo que a rede de drenagem mais ramificada está dentro da área da Formação Itararé. Observa-se também que o mapa de solos não detecta estas diferenças.

5.1.2. PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO

Ao se correlacionar as Figuras 9, 12 e 15, que representam as amostras circulares da geologia, solo e rede de drenagem do Podzólico Vermelho-Amarelo, observa-se nas amostras PV-1 e PV-2 que a área de ocorrência da Formação Pirambóia corresponde, na amostra das redes de drenagem, a uma área com poucos rios. As Figuras 20 e 21 ajudam na análise, mostrando que estas áreas correspondem a divisores de água. Novamente o mapa de solos não é tão sensível a estas diferenças, como o da geologia.

5.1.3. LITOSSOLO

As Figuras 10, 13 e 16 correspondem às amostras circulares da geologia, solo e rede de drenagem do Litossolo. Analisando-se estas figuras percebe-se que, neste caso, ocorre um maior relacionamento entre os atributos das amostras.

Correlacionando as amostras Li-1, Li-2 e Li-3 da geologia e rede de drenagem, verifica-se que a área onde se en-

contra a Formação Pirambóia, como no caso do Podzólico Vermelho-Amarelo, corresponde a uma área de cotas mais altas (divisores de água) onde ocorre uma maior densidade de rios de primeira ordem. Associando-se as amostras da geologia com as de solo observa-se que também há uma correlação, principalmente nas amostras Li-2 e Li-3 onde a área de ocorrência da Formação Pirambóia se relaciona com as inclusões de Podzólico Vermelho-Amarelo (PV-2).

5.2. AMOSTRAS CIRCULARES REPRESENTATIVAS DA DRENAGEM E DO RELEVO

As Figuras 14 a 16 representam as amostras circulares da drenagem que foram obtidas segundo FRANÇA (1968), de Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Litossolo, respectivamente, a partir da interpretação das fotografias aéreas verticais na escala 1:35.000. Analisando-se as figuras citadas, verificam-se diferenças nas redes de drenagem traçadas, tanto no aspecto de tipo ou modelo como na densidade das mesmas.

As Figuras 17 a 25 e 26 a 28, que correspondem às amostras circulares representativas do relevo, extraídas das cartas planialtimétricas na escala 1:10.000 e 1:50.000, respec

tivamente, mostram claramente as diferenças na posição topográfica dos três solos estudados. Mostram também as diferenças de detalhes entre as cartas planialtimétricas utilizadas neste trabalho.

5.3. ANALISE DAS REDES DE DRENAGEM

5.3.1. COMPOSIÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

5.3.1.1. Número de rios

Como mostra a Tabela 6, o número total de rios, assim como os rios de 1ª, 2ª e 3ª ordens, apresentaram uma tendência a aumentar em proporção inversa ao valor da relação infiltração/deflúvio e na razão direta da erodibilidade dos solos, concordando com as observações de HORTON (1945), LUEDER (1959), DEMÉTRIO (1977), ANGULO FILHO (1981) e MANECHINI (1981). Estas observações concordam com as de FREIRE e PESSOTTI (1974) e LOMBARDI NETO e BERTONI (1975) que, estudando solos do Estado de São Paulo, concluíram que os Latossolos são mais resistentes à erosão do que os solos Podzólicos.

5.3.1.2. Comprimento total de rios

Da mesma forma, na análise da Tabela 7, o comprimento total de rios apresentou a tendência de aumentar, em proporção inversa ao valor da relação infiltração/deflúvio e na ra

ção direta da erodibilidade dos solos, concordando novamente com os autores citados no item anterior.

5.3.2. ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO DE DRENAGEM

5.3.2.1. Características descritivas do padrão de drenagem

A análise descritiva do padrão de drenagem, Tabela 8, elaborada com os elementos propostos por PARVIS (1950) e LUEDER (1959), apresentou valor limitado na diferenciação entre os solos estudados, concordando portanto com as observações efetuadas por MANECHINI (1981) e VETTORAZZI (1985); isto é devido à maneira subjetiva com que estas características são estabelecidas, e confirmam as observações de HORTON (1945), STRAH_LLER (1957) e FRANÇA (1968).

A maior diferenciação entre os solos estudados, no tocante às características descritivas, foi obtida na densidade: baixa para Latossolo Vermelho-Amarelo, média para Podzólico Vermelho-Amarelo e alta para Litossolo; no grau de integração obteve-se pouco integrado para Latossolo Vermelho-Amarelo e integrado para os outros dois solos; quanto ao tipo ou modelo também houve diferença entre o Latossolo Vermelho-Amarelo, subparalelo, passando a dendrítico para os demais solos. Para as outras características não houve distinção entre os três solos.

Fica evidenciado, portanto, que essa caracteriza-

ção é muito subjetiva e deve ser completada com índices numéricos, mais consistentes e reproduzíveis, como sugerem DEMÉTRIO (1977) e ANGULO FILHO (1981).

5.3.2.2. Características quantitativas do padrão de drenagem

A caracterização quantitativa foi efetuada através dos índices densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura.

Estes índices não foram submetidos a nenhum teste estatístico, paramétrico ou não-paramétrico, devido à pouca amostragem e falta de aleatoriedade, que foi causada pela necessidade de se trabalhar em áreas que possuíssem a carta de solos do levantamento semidetalhado do Estado de São Paulo, a carta planialtimétrica na escala 1:10.000 do levantamento cartográfico do Estado de São Paulo e a carta planialtimétrica na escala de 1:50.000 publicada pelo IBGE. Deste modo optou-se por apresentar os dados como constam da Tabela 9, calculando-se as médias e os erros padrões da média e elaborando o gráfico da Figura 29, que é um resumo dos índices de drenagem e que mostra perfeitamente que existem diferenças de valores obtidos para os três solos estudados.

Além disso, durante a elaboração deste trabalho foi tentada a utilização dos testes não-paramétricos de Friedman e Kruskal-Wallis e das Comparações Múltiplas, que não foi sensível para di

ferenciar os três solos, concordando com as observações de MANECHINI (1981) e VETTORAZZI (1985).

Portanto, os resultados obtidos concordam com SOUZA (1975), que afirma que os índices numéricos obtidos em amostras circulares servem para diferenciar solos.

No entanto, as afirmativas de HORTON (1945) e STRAHLER (1964), de que haveria necessidade de utilizar dois índices, a densidade de drenagem e a frequência de rios conjuntamente, não foi confirmada, pois quaisquer dessas características, tomadas isoladamente, serve para diferenciar os solos estudados.

Além disso, vários pesquisadores, entre eles FADEL (1972), SOUZA (1975), KOFFLER (1976b), CARVALHO (1977), DEMÉTRIO (1977), ANGULO FILHO (1981) e VALÉRIO FILHO (1984), verificaram a grande eficiência do índice densidade de drenagem na diferenciação entre solos.

A razão de textura também pou ser um bom índice, concordando com as observações de SOUZA (1975) e KOFFLER (1976a), autores que estenderam a determinação deste índice às amostras circulares, utilizadas posteriormente por DEMÉTRIO (1977), NOGUEIRA (1979), POLITANO (1980), ANGULO FILHO (1981) e MANECHINI (1981).

Figura 29 - Gráfico Representativo dos Valores Médios dos Índices de Drenagem e Respetivos Erros Padrão da Média, para os Três Solos Estudados.

5.4. ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO RELEVO

5.4.1. CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DOS PARÂMETROS DE RELEVO

Os parâmetros de relevo foram pesquisados por alguns autores entre eles MARCHETTI (1969), POLITANO (1980), LEÃO (1983) e VALÉRIO FILHO (1984), os quais, através de índices relativos aos atributos do relevo têm demonstrado a contribuição destes na diferenciação entre solos.

Dentre os autores citados, VALÉRIO FILHO (1984) utilizou três índices, declividade média, relevo local médio (ou amplitude altimétrica máxima) e comprimento médio da vertente, possíveis de serem obtidos através de amostras circulares de 10 km² delineadas sobre cartas planialtimétricas.

No presente estudo, os três índices citados foram determinados para cada amostra circular dos três solos estudados e obtidos das cartas planialtimétricas em escala 1:10.000 e 1:50.000, como mostram as Tabelas 10 e 11.

Pelos mesmos motivos citados anteriormente, só foram determinadas as médias e os erros padrões das médias para os três parâmetros de relevo estudados. Estes valores encontram-se resumidos na Figura 30.

5.4.1.1. Declividade média

Os resultados encontrados, Tabelas 10 e 11 e Fi-

Figura 30 - Gráfico representativo dos valores médios dos parâmetros de relevo e respectivos erros padrão da média para os três solos estudados.

gura 30, indicam que existem diferenças entre os três solos analisados (Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Litossolo), e que a razão destas diferenças são as condições da relação infiltração/deflúvio, permeabilidade e resistência dos materiais de origem, que estariam correlacionados com as declividades médias determinadas.

Os resultados obtidos concordam com WONG et alii (1971) e demonstram a importância deste parâmetro do relevo para diferenciação dos solos. AVERBECK e SANTOS (1969), CRISTOFOLETTI (1980), KOFFLER (1982) e VALÉRIO FILHO (1984), observaram que a variação de declividade geralmente implica na variação de solo, o que concorda com os dados observados.

HORTON (1945), STRAHLER (1957), SMITH e AANDAHL (1957) mencionaram o relacionamento entre as características da rede de drenagem e as condições topográficas, donde as variações no comportamento da rede refletem alterações das condições topográficas de uma região, observação esta que foi confirmada no presente trabalho.

5.4.1.2. Amplitude altimétrica máxima

Examinando as Tabelas 10 e 11 e Figura 30, verifica-se que houve diferença entre os três solos estudados (Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Litossolo), o que evidencia a existência de relevos diferentes, concordando com os resultados encontrados por BRIDGES e DOORNKAMP (1963), AMARAL e AUDI (1972), LEÃO (1983) e VALÉRIO FILHO (1984).

Os resultados discordam de POLITANO (1980) que não encontrou diferença quanto a este índice entre os solos por ele estudado. Isto talvez seja devido à semelhança quanto às características morfológicas, pois os dois solos, Podzolizados de Lins e Marília, variação Marília e Solos Podzólicos Vermelho-Amarelo, variação Laras, apresentam horizonte B textural.

5.4.1.3. Comprimento médio das vertentes

Os resultados encontrados, Tabelas 10 e 11 e Figura 30, mostram que o comprimento médio da vertente também foi eficiente na distinção entre os solos estudados, discordando parcialmente de VALÉRIO FILHO (1984), onde o índice foi eficiente somente para discriminar o Litossolo Roxo do Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa/média.

Este índice foi introduzido, por VALÉRIO FILHO (1984) no sentido de testar sua eficiência na diferenciação de solos, pois segundo CRISTOFOLETTI (1980), quanto maior a densidade de drenagem em uma área com relevo semelhante, menores e mais inclinadas serão as vertentes, que é o caso do Litossolo em estudo.

Ainda para CRISTOFOLETTI (1980), as vertentes constituem partes integrantes das bacias hidrográficas e não podem ser descritas de modo integral sem que se faça consideração das relações entre elas e a rede hidrográfica, pois é impossível considerar as vertentes e os rios como entidades separadas. Estas considerações são válidas para os três parâmetros de relevo analisados.

5.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS PARÂMETROS DE RELEVO OBTIDOS DE CARTAS PLANIALTIMÉTRICAS EM ESCALAS DIFERENTES

Como sugeriram ANGULO FILHO et alii (1983) e DEMÉTRIO (1984), a delimitação das classes de declive serve de parâmetro para a comparação entre cartas planialtimétricas. Portanto, para o presente trabalho em que existem três classes de declive, como mostram as Tabelas 10 e 11 e a Figura 30, e que correspondem aos três solos estudados, também é possível comparar os resultados dos parâmetros de relevo que foram obtidos de cartas planialtimétrica em escalas diferentes.

5.5.1. DECLIVIDADE MÉDIA

O parâmetro declividade média, obtido segundo KOFFLER (1982), foi um índice eficiente na diferenciação dos solos estudados, como já foi demonstrado anteriormente. No entanto, quando se comparam os valores obtidos das cartas planialtimétricas em escalas diferentes, Tabelas 10 e 11 e Figura 30, observa-se que os resultados permanecem coerentes para o Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo, e que diferem no Litossolo. Isto se deve à capacidade das duas cartas em representar o relevo. Assim, tem-se que, a carta planialtimétrica 1:10.000 (IGC) possui equidistância vertical igual a 5 m e a carta planialtimétrica 1:50.000 (IBGE) possui equidistância vertical de 20 m; portanto, apesar do método de determinação da declividade média sugerido por KOFFLER (1982) possuir um fator de correção para equidistância vertical, ele não foi eficiente

no caso de um relevo mais acidentado onde o número de curvas de nível é muito grande.

A explicação provável é que, por possuir equidistância vertical igual a 20 m, a carta planialtimétrica de escala 1:50.000 não representa com detalhe o relevo existente nas áreas mais acidentadas, o que não acontece na carta planialtimétrica de escala 1:10.000, onde a equidistância vertical de 5 m fornece um maior detalhamento do relevo da área em estudo.

No entanto, isto não significa imprecisão da carta, pois ambas dentro de suas respectivas categorias, estão dentro dos padrões de precisão normalmente aceitos.

5.5.2. AMPLITUDE ALTIMÉTRICA MÁXIMA

Este índice, obtido conforme CHRISTOFLETTI (1980) e VALÉRIO FILHO (1984), também apresentou a mesma tendência nos resultados, Tabelas 10 e 11 e Figura 30, que a declividade média. Isto foi devido, como foi explicado anteriormente, pela maior capacidade da carta planialtimétrica na escala 1:10.000 de representar com detalhe o relevo.

5.5.3. COMPRIMENTO MÉDIO DAS VERTENTES

Os resultados deste índice, que constam das Tabelas 10 e 11 e Figura 30, foram obtidos segundo sugere VALÉRIO

FILHO (1984). A comparação entre os resultados obtidos das cartas planialtimétricas em escalas diferentes, permite que se façam as mesmas considerações já elaboradas nos itens anteriores e, desta forma, confirmar que houve uma diferença entre os parâmetros de relevo obtidos na área de relevo mais acidentado (Litossolo), devido à maior capacidade de representação do relevo das cartas planialtimétricas em escala 1:10.000 (eqüidistância vertical de 5 m) em relação às cartas planialtimétricas em escala 1:50.000 (eqüidistância vertical de 20 m).

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, analisados e interpretados, permitiram tirar as seguintes conclusões:

- os índices de drenagem utilizados (densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura), foram eficientes na diferenciação dos solos estudados;

- os índices de relevo (declividade média, amplitude altimétrica máxima e comprimento médio das vertentes), também foram eficientes na discriminação dos três solos estudados;

- as cartas em maior escala e que têm maior capacidade de detalhar o relevo das área em estudo são mais confiáveis para caracterizar quantitativamente o relevo, além disto, para diferenciar solos que se encontram em relevo acidentado semelhante, a utilização das cartas planialtimétricas que deta-

lham mais o relevo fornecerão resultados mais dignos de confiança;

- as características qualitativas das redes de drenagem não foram eficientes na diferenciação dos três solos estudados;

- a caracterização quantitativa e análise dos índices de drenagem e relevo, utilizando-se apenas as médias e erro padrão das médias, foi suficiente para mostrar diferenças entre os solos analisados.

7. LITERATURA CITADA

ALMEIDA, F.F.M., 1964. Os fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. (IGEOP Série Teses e Monografias, 14) São Paulo, USP, Instituto de Geografia, 110p.

AMARAL, A.Z. e R. AUDI, 1972. Fotopedologia. In: MONIZ, A.C. 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. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ/USP, 128p.

- ANGULO FILHO, R.; DEMÉTRIO, V.A.; VETORAZZI, C.A., 1983. Avaliação da Precisão do Método de Determinação das Curvas de Nível pela Restituição Aerofotogramétrica. O SOLO. Piracicaba, 75(2):44-50
- AVERBECK, H. e SANTOS, R.D., 1969. Manual de Fotointerpretação para Solos (1ª Aproximação). Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 33p.
- AVERY, T.E., 1977. Interpretations of Aerial Photographs. 3ª ed. Minneapolis, Minnesota, Burgess Publishing Company, 392p.
- BASTOS; A., 1966. Soils Mapping and Aerial Photography on Soils Conservation. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1., São Paulo, Atas. São Paulo, Secretaria da Agricultura, p.383-388.
- BELCHER, D.J., 1945. The engineering significance of soil patterns. Photogram. Engineer, 11: 115-148
- BLOOM, A.L., 1970. Superfície da Terra. Trad. e coment. por S.Petri e R. Ellert. São Paulo, Editora Edgard Blücher e Editora da USP. 184p.
- BOMBERGER; E.H. e H.W. DILL Jr., 1960. Photo Interpretation in Agriculture. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY - Manual of Photografic Interpretation. Washington, p.561-632

BRIDGES, E.M. e DOORNKAMP, J.C., 1963. Morphological Mapping and the Study of Soil Patterns. Geography, 48(1):175-181.

BURINGH, P., 1960. The Applications of Aerial Photographs in Soil Surveys. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic Interpretation. Washington, Cap. 11, p.633-666.

CAMPOS, H., 1983. Estatística Experimental Não-Paramétrica. 4ª ed. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Matemática e Estatística, 349p.

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

CHRISTOFOLETTI, A., 1969. Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas. Notícias Geomorfológicas, Campinas, 9: 35-64

CHRISTOFOLETTI, A., 1980. Geomorfologia. 2ª ed. São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda. 188p.

COWELL, R.N., 1952. Photographic Interpretation for Civil Purposes. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photogrammetry. 2ª ed. Washington, p.535-602.

CURTIS; L.F., DOORNKAMP, J.C. e GREGORY, K.J., 1965. The Description of Relief in Field Studies of Soils. Journal Soil Science, 16(1): 16-30

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)

DEMÉTRIO, V.A., 1984. Estudo do Deslocamento das Curvas de Nível Restituídas com Base nos Métodos de Apoio, Geométricos e Trigonométrico. Piracicaba, ESALQ/USP. 101p. (Tese de Livre Docência)

DUNBAR, R.A., 1969. Problems of Interpretation in Tropical Regions. In: Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. New York, McGraw-Hill, p.426-427.

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

FADEL, H., 1972. Fotointerpretação de Bacias e de Redes de Drenagem de Três Séries de Solos da Fazenda Ipanema, Município de Araçoiaba da Serra (SP). 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 Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP. 151p. (Tese de Doutorado).

FREIRE, J.C., 1977. Fotointerpretação de redes de drenagem dos Três solos da região de Alpinópolis, Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP. 136p. (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. Photo Interpretation of Soil. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic Interpretations. Washington, Cp. 5, p.343-402.

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 da Região Nordeste Paranaense. Piracicaba, ESALQ/USP. 110p. (Dissertação de Mestrado).

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. 58p. (Boletim sobre suelos, 6).

HENRIKSEN, S.W., 1980. Field Surveys for Photogrammetry. In:
AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photogrammetry.
4ª ed. Cap.8, p.413-452.

HILWIG, F.W. e KARALE, R.L., 1973. Physiographic Systems and
Elements of Photo Interpretation as Applied to Soil Survey in
the Ganges Plain. Journal Indian Society Soil Science, 21(2):
205-212.

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

KOFFLER, N.F., 1976a. Utilização de Imagens Aerofotográficas e
Orbitais no Estudo do Padrão de Drenagem em Solos Originados
no Arenito Bauru. São José dos Campos, SP. INPE. 167p.
(Dissertação de Mestrado)

KOFFLER, N.F., 1976b. Análise Aerofotográfica da Influência da
Área de Amostragem Circular na Caracterização Quantatitiva do
Padrão de Drenagem. São José dos Campos, SP. INPE. 20p.

KOFFLER, N.F., 1982. Análise de Relevo a Partir de Índices de
Drenagem Obtidos com Fotografias Aéreas. Boletim de Geogra-
fia Teorética, 12(23/24):69-76.

LEÃO, S.R.F., 1972. Interpretação Fotográfica dos Padrões de Drenagem Desenvolvidos em Dois Solos do Distrito Federal. Piracicaba, ESALQ/USP. 100p. (Dissertação de Mestrado) .

LEÃO, S.R.F., 1983. Interpretação Fotográfica de Características do Relevo e da Drenagem em Dois Solos do Distrito Federal. Tese de Doutorado. Piracicaba, ESALQ/USP, 166p.

LOMBARDI NETO, F. e J. BERTONI, 1975. Erodibilidade de Solos Paulistas. Campinas, Instituto Agrônomo, 12 p. (Boletim Técnico, 27).

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

MANECHINI; C., 1981. Utilização de Fotografias Aéreas na Comparação de Sistemas de Drenagem de Três Solos da Região de Tambaú-SP. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ/USP, 133p.

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

MONTOYA, J.A., 1983. Interpretacion de Imagenes LANDSAT para el Mapeo de Suelos Bases para una Metodologia. Revista CIAF, 8(1): 201-233

- NOGUEIRA, F. de P., 1979. Utilização de Fotografias Aéreas em Três Escalas no Estudo de Redes de Drenagem em Diferentes Unidades de Solo. Piracicaba, ESALQ/USP. 110p. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, J.B. de; ALFONSI, R.R.; PEDRO JUNIOR, M.J., 1975. Regimes Hídricos e Térmicos dos Solos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas. p.359.362.
- OLIVEIRA, J.B. de; MENK, J.R.F.; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.L.; TREMOCOLDI, W., 1982. Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Araras. Bol. Técn. Inst. Agron., Campinas, Vol. 71, 180p.
- OLIVEIRA, J.B. de e PRADO, H. do, 1984. Levantamento Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos. Bol. Técn. Inst. Agron., Campinas, Vol. 98, 188p.
- PARVIS, M., 1950. Drainage Pattern Significance in Airphoto Identification of Soils and Bedrocks. Photogrammetry Engineering, 16(3):387-408, Jun.
- POLITANO, W., 1980. Estudo Fotointerpretativo sobre a Morfometria das Áreas de Dois Solos Podzólicos Vermelho-Amarelo. Piracicaba, ESALQ/USP, 169p. (Tese de Doutorado)

- QUACKENBUSH Jr., R.S., 1960. Development of Photointerpretation. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic Interpretation. Washington, Cap. 1, p. 1-18.
- QUEIROZ NETO, J.P., 1978. Les Problemes de L'erosion Acceleree dans L'Etat de São Paulo. Bresil. Separat da Geo-Eco-Trop., 2:205-220.
- RABBEN, E.L., 1960. Fundamentals of Photointerpretation. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic Interpretation. Washington, Cap.3, p.99-186.
- RAY, R.G., 1963. Fotografias Aéreas na Interpretação e Mapeamento Geológicos. Tradução de Jesuíno Felicíssimo Jr. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico. São Paulo. 163p.
- RAY, R.G.; W.A. FISCHER, 1960. Quantitative Photography: A Geologic Research Toll. Photogrammetric Engineering, 26(1):143-150, Mar.
- RICCI, M.; S. PETRI, 1965. Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. São Paulo, Editora Nacional, 226p.
- ROURKE, J.D. e AUSTIN, M.E., 1951. The Use of Airphotos for Soil Classification and Mapping in the Fields. Photogram. Eng. Washington, 17:738-741.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E., 1984. Geologia do Brasil. Brasilia, Departamento Nacional de Produção Mineral. 501p.

- SILVA, L.C.F., 1977. Fotointerpretação de Redes de Drenagem de Dois Solos do Município de São Pedro (SP). Piracicaba, ESALQ/USP. 114p. (Dissertação de Mestrado)
- SIMONSON, R.W., 1950. Use of Aerial Photographs in Soil Surveys. Photogrammetric Engineering, 16: 308-668.
- SMITH, K.G. 1950. Standards for Gradind Texture of Erosional Topography. Amer. J. Sci., 248: 655-668
- SMITH, G.D. e AANDAHL, A.R., 1957. Soil Classification and Survey. In: U.S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. Soil Washington, D.C., p.396-400. (Yearbook of Agriculture).
- SOIL CONSERVATION, SERVICE, 1966. Aerial Photo-Interpretation in Classifying and Mapping Soils. In: UNITED STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. Soil Interpretation from Aerial Photographs. Washington, D.C. p.19-84.
- SOIL SURVEY STAFF, 1962. Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture. Washington. 503p. (Handbook 18).
- SOUZA, M.L.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., 1956. Quantitative Slope Analysis. Bul. Geol. Soc. Am. 67:571-596.

STRAHLER, A.N., 1957. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Transactions, American Geophysical Union, 38(6): 913-920, Dec.

STRAHLER, A.N., 1964. Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. In: CHOW, V.T. Handbook of Applied Hydrology. New York, McGraw-Hill Book, Sec. 4, p.II.

SUMMERSON, C.H., 1954. A Philosophy for Photo Interprets. Photogrammetric Engineering, 20: 412-417.

TOY, T.J., 1977. Introduction to the Erosion Process. In: EROSION; Research Techniques, Erodibility and Sediment Delivery. Norwich, Eng. Geo Abstracts, p.7-18

VALÉRIO FILHO, M., 1984. Parâmetros da 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., 1972. Critérios Morfométricos Aplicados à Fotointerpretação de Redes de Drenagem em Três Unidades de Solos no Município de Piracicaba (SP). Piracicaba, ESALQ/USP. 113p. (Tese de Doutorado).

VETTORAZZI, C.A., 1985. Fotointerpretação de Bacias Hidrográficas e Redes de Drenagem em Cinco Solos da Região do Rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP. 151p. (Dissertação de Mestrado).

VIEIRA, L.S., 1975. Manual da Ciência do Solo. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 464p.

WEG, R.F., 1966. Patrones de Drenaje. Bogotá, Centro Interamericano de Fotointerpretação. 25p.

WENTWORTH, C.K., 1930. 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., 1977. Automatic Soil Identification from Remote Sensing Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 43(1):73-80.

ZINKE, P.J., 1960. Photo Interpretation of Soil. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Photographic Interpretation. Washington, Cap. 10, p.539.560.