

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A REDE DE DRENAGEM NA  
DISCRIMINAÇÃO DE SOLOS COM HORIZONTE B LATOSSÓLICO E B TEXTURAL.

Fernando Luiz de Paula Santil  
Universidade Estadual de Maringá  
Departamento de Geografia  
Campus Universitário - Av. Colombo, 3690 - Maringá  
87020-900

Dra Wolmar Aparecida Carvalho  
Universidade Estadual Paulista  
Departamento de Ciências Ambientais  
Rua: Roberto Simonsen, 305 - C. P. 957 - Pres. Prudente  
19060-900

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido objetivando:  
a) discriminar solos com horizonte B textural e B latossólico através do estudo da rede de drenagem em amostras circulares de 10 Km<sup>2</sup>; b) verificar a eficiência das imagens do satélite TM-LANDSAT 5 em relação as fotografias aéreas pancromáticas no estudo da rede de drenagem, valendo-se do mesmo tipo de amostragem.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões: a) independe a utilização de imagens ou fotos aéreas na obtenção dos parâmetros da rede de drenagem em áreas que contém o Latossolo; b) os produtos utilizados foram eficientes na discriminação dos solos estudados e c) a eficiência das fotos aéreas em relação as imagens de satélite, na obtenção dos parâmetros da rede de drenagem.

SUMMARY

The main purpose of this paper was to evaluate the potentiality of using TM/LANDSAT images in soil surveys through of comparison with the air photos.

The results led to the following conclusions:  
1) the composition of drainage network parameters: number and total length of streams gave diferents soils with argillic B horizon and oxic B horizon in the both technic; 2) the pattern drainage parameters: drainage density, streams frequency and texture ratio gave diferents soils with argillic B horizon and oxic B horizon in the both technic; 3) the average values of number total of streams led to argillic B horizon and oxic B horizon throught on the air photos and the images is diferents, but the average values of total length of streams in the both technic is diferent with argillic B horizon and is the same staticament to oxic B horizon.

1. Introdução

A utilização de fotografia aérea na interpretação e mapeamento de solos teve início na década de 20 (SIMONSON (1950)) e a imagem de satélite na década de 70 (VETTORAZZI (1988)).

A interpretação de foto-

grafia aéreas, segundo RABBEN et al.(1980), RAY(1963) e RICCI & PETRI (1985), é dividida em duas etapas: na primeira inclui a observação, coleta de dados e identificação dos aspectos visíveis na mesma; a segunda en-

volve processos mentais dedutivos e/ou indutivos, usando a informação obtida na solução dos problemas.

Os métodos de fotointerpretação de solos (análise dos elementos, BURINGH (1960), e análise fisiográfica, GOOSEN (1968)) estudam aspectos da

superfície terrestre que possuem correlação com os limites dos solos. Dos elementos observáveis na fotografia aérea, o relevo e a rede de drenagem favorecem a identificação dos solos, pois são os componentes da paisagem mais fáceis de serem observados e, mais, refletem as características internas do solo (LUEDER (1959) e GOOSEN (1968)).

Segundo CARTER & STONE (1974), é possível aplicar o mesmo procedimento de interpretação das fotografias aéreas nas imagens de satélite, tendo na interpretação visual destes últimos, o relevo e a rede de drenagem, como critérios indispensáveis para o mapeamento de solos.

A composição da rede de drenagem ( $n^{\circ}$  e comprimento de rios), segundo HORTON (1945), reflete alto grau de significância hidrológica e explica o desenvolvimento de sistemas hidrológicos e suas bacias de drenagem por processos de erosão hídrica que, para um dado ambiente, dependem, em primeiro lugar, de proporção entre infiltração e deflúvio.

PARR & BERTRAND (1960) concluíram que a velocidade de infiltração da água no solo é governada, principalmente, pelas condições de superfície e cobertura do solo, e depois pelas características internas do corpo do solo. Tal opinião é compartilhada por SMITH & WISCHEMEIER (1962).

RAY & FISCHER (1960) desenvolveram o critério de amostragem circular em estudos litológicos e FRANÇA (1968) adaptou-o para estudos pedológicos, na obtenção dos parâmetros da rede de drenagem e do relevo. Inúmeros trabalhos têm sido

desenvolvidos com este critério na discriminação de solos a partir dos parâmetros citados, e concluem a sua eficiência quando comparada a amostragem de bacia de 3<sup>o</sup> ordem de ramificação.

## 2. Material e métodos

Serviu de base para o presente estudo uma área localizada no Oeste do Estado de São Paulo, contida na bacia do Ribeirão Santo Anastácio, e compreendida entre as coordenadas geográficas: 21°45' à 22°30' de Latitude Sul e 51°15' à 52°15' de Longitude WGr. (Fig.1)

Na área em questão estão presentes as seguintes unidades de solo: Latossolo Vermelho Escuro (LE), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Podzólico Vermelho Escuro (PE) e Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), de acordo com a classificação e mapeamento realizado por CARVALHO et al. (1995).

Essa área está inserida no Planalto Ocidental Paulista, sub-região Médio Planalto, e é geologicamente constituída, principalmente, de arenitos do Grupo Bauru - Formação Adamantina e Santo Anastácio do Cretáceo Superior, segundo IPT (1981).

O clima da área predominante é do tipo Am, segundo a classificação climática de Köppen, isto é, tropical quente e úmido com chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C e a do mês mais quente é superior a 22°C; o total anual de chuvas varia entre 1200 a 1400mm e a estação seca ocorre entre os meses de abril a setembro, sendo julho e agosto os meses que atingem maior intensidade (CARVALHO et al. (1995)).

Foram utilizadas fotoaéreas provenientes da cobertura aerofotogramétrica de 1978, na escala 1:20.000; fotoíndice na escala 1:100.000, na seleção numérica das fotografias; imagens de satélite, sob a forma de cópias em papel, em preto e

branco, na escala 1:50.000, sendo estas na banda 3 e 4 (outras características estão na tabela 1); cartas topográficas na escala 1:50.000, com curvas de nível equidistantes de 20 metros e mapas geomorfológico e geológico do IPT (1981), empregaram-se os seguintes equipamentos: estereoscópios de bolso Vasconcelos e de espelhos marca WILD, modelo ST4; aero-skectmaster da ZEISS, modelo luz; curvímeter marca Derby; transferidor, escala triangular e compasso de ponta seca.

As áreas estudadas foram identificadas com o auxílio de fotoíndices e obedecendo o método de pesquisa lógica de RABEN et al. (1960); foram selecionadas as mais representativas dos solos estudados e localizadas numericamente as fotografias aéreas necessárias.

A definição da rede de drenagem foi feita através de um cuidadoso exame estereoscópico e, conforme LUEDER (1959) e STRAHLER (1957), foram considerados tanto cursos d'água permanentes como temporários.

Foram elaborados mapas da rede de drenagem representativos dos solos estudados, extraídos das fotografias aéreas, pelo método da área útil descrito em COELHO (1972). As redes de drenagem decalcadas em papel kronaflex foram, a seguir, transferidas com o auxílio do aero-skectmaster para o mapa básico, na escala 1:50.000.

Os mapas das redes de drenagem extraídos das imagens foram elaborados utilizando-se concomitantemente as imagens dos canais 3 e 4, auxiliado pelas fotos aéreas e cartas topográficas. A definição dos segmentos de rios de 1ª ordem de ramificação foi auxiliada pela vegetação natural (mata ciliar), relevo e uso da terra, conforme sugestão de KOFFLER (1976), TOMSHEND et al. (1979), EPIPHANIO et al. (1983) e COVRE et al. (1986).

Foram tomadas para cada unidade de solo seis amostras circulares, com área de 10 km<sup>2</sup>, conforme proposição de RAY & FISCHER (1960), para interpretação litológica, e FRANÇA (1968), para interpretação pedológica. As amostras circulares foram orientadas de modo a conter o maior número possível de segmentos de rios de ordens pouco elevadas, que são mais eficientes para o estudo de solos, conforme sugestão de CARVALHO (1977) e NOGUEIRA (1979).

O centro das amostras foi traçado inicialmente na rede de drenagem obtida de fotografias aéreas. Estes foram transferidos para as imagens de satélite, a partir de alvos visíveis e identificáveis em ambos os produtos, utilizando-se o processo de intersecção à vante, o mesmo empregado na Topografia. As coordenadas geográficas do centro das amostras estão na tabela 2.

Tabela 1 - Características das imagens utilizadas.

Amostras	Sensor	Órbita/Pto WRS	Quadrante/ Subquadrante	Banda	Data da passagem
01	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
02	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
03	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
04	TM	223/075	D/A	3 e 4	13/JUN/91
05	TM	223/075	D/A	3 e 4	13/JUN/91
06	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
07	TM	222/075	C	3 e 4	24/JUN/91
08	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
09	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
10	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
11	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
12	TM	222/075	C	3 e 4	24/JUN/91

Tabela 2 - Coordenadas Geográficas do centro das amostras circulares de 10 km<sup>2</sup>, representativas dos solos estudados.

Amostras Circulares	Latitude S			Longitude W Gr		
	Grau (°)	Min. (')	Seg. (")	Grau (°)	Min. (')	Seg. (")
Latossolo Vermelho-Escuro / Latossolo Vermelho-Amarelo						
01	22°	08'	25''	51°	42'	09''
02	22	07	44	51	46	52
03	22	11	07	51	47	36
04	21	54	43	52	08	35
05	21	59	23	52	03	56
05	22	10	28	51	39	59
Podzólico Vermelho-Escuro / Podzólico Vermelho-Amarelo						
07	21	55	04	51	49	50
08	21	58	53	51	30	56
09	21	56	15	51	43	00
10	22	06	06	51	51	31
11	22	00	55	51	42	47
12	22	00	44	51	40	43

Os parâmetros estudados da rede de drenagem foram reunidos em dois grupos, segundo a sua natureza, ou seja, os referentes à composição da rede de drenagem e àqueles referentes ao padrão de drenagem. Com relação aos elementos estudados do primeiro temos: ordem de ramificação (w), os segmentos de rios ou canais de drenagem foram classificados com base na ordem de ramificação, segundo o sistema de HORTON (1945) e modificado por STRAHLER (1957); número de segmentos de rios, foram contados os segmentos de cada ordem e o número total para cada amostra circular, sendo designados, respectivamente, por Nw e Nt; comprimento total de rios, foram medidos os comprimentos dos segmentos de rios de cada ordem de ramificação e o comprimento total de amostra representados por Lw e Lt, respectivamente; comprimento médio de rios (Lmw), foram obtidos dividindo-se a soma dos comprimentos de rios de cada ordem (Lw) pelo número de segmentos de rios da respectiva ordem (Nw).

Quanto aos elementos do padrão de drenagem estudados foram os seguintes: densidade

de drenagem (Dd), segundo HORTON (1945) e adaptada para amostra circular por RAY & FISCHER (1980), expressa em Km/Km<sup>2</sup>; frequência de rios (F), segundo HORTON (1945) e adaptada para amostra circular por SOUZA (1975), expressa em números de rios/Km<sup>2</sup>; razão de textura (T), segundo a definição de SMITH (1950), modificado por FRANÇA (1968) e adaptada por SOUZA (1975) para amostras circulares, expressa em números de rios/Km; razão de textura média (Tm), segundo SMITH (1950), modificada por FRANÇA (1968) e adaptada para amostras circulares por SOUZA (1975); textura topográfica, segundo a proposição de SMITH (1950) e adaptado por FRANÇA (1968).

Com o objetivo de avaliar a significância estatística das variáveis da composição da rede e do padrão de drenagem, na diferenciação dos solos estudados, foi aplicado o teste "t".

### 3. Resultados e discussão

A fig. 2 ilustra as amostras circulares obtidas de fotos aéreas e imagens de satélite, com a rede de drenagem das unidades de solo: LE/LV e PE/PV, que serviram de base pa-

ra a obtenção dos resultados referentes à composição da rede e do padrão de drenagem (tabela 3).

Nas tabelas 4 e 5 estão representados, respectivamente,

a comparação entre os produtos e os parâmetros da rede de drenagem para cada produto na discriminação dos solos estudados, sendo o teste "t" aplicado.

Tabela 4 - Valores médios das diferenças de número e comprimento total de rios obtidos de fotografias aéreas (FA) e de imagens de satélite (IS), desvio padrão da média e teste t, para os solos estudados.

Parâmetros	Valores médios das 6 repetições (diferença entre FA/IS)	Desvio Padrão da média	Teste t
Latossolo Vermelho Escuro / Latossolo Vermelho-Amarelo			
Nt	1,00	0,6324	3,8730*
Lt	0,88	1,0586	2,0439 <sup>ns</sup>
Podzólico Vermelho Escuro / Podzólico Vermelho-Amarelo			
Nt	14,83	7,3121	4,8015**
Lt	2,80	2,5075	2,7353*

\*\* - significativo em nível de 1%      ns - não significativo

\* - significativo em nível de 5%

Tabela 5 - Teste t aplicado aos parâmetros da rede de drenagem obtidos de fotografias aéreas e imagens de satélite, na discriminação dos solos estudados.

Solo	Parâmetros	Valores médios	Erro Padrão Médio	Teste t
LV/LE	Nt/FA	4,8333	0,4014	8,3363**
PV/PE		45,8333	4,9180	
LV/LE	Nt/IS	3,8333	0,3073	6,3677**
PV/PE		31,5000	4,3340	
LV/LE	Lt/FA	7,7350	0,3811	20,9708**
PV/PE		22,5267	0,5970	
LV/LE	Lt/IS	6,8517	0,5638	10,6877**
PV/PE		19,7867	1,0709	
LV/LE	Dd/FA	0,7735	0,0381	20,9708**
PV/PE		2,2587	0,0597	
LV/LE	Dd/IS	0,6852	0,0564	10,6877**
PV/PE		1,9787	0,1081	
LV/LE	F/FA	0,4833	0,0401	8,3363**
PV/PE		4,4833	0,4902	
LV/LE	F/IS	0,3833	0,0307	6,3677**
PV/PE		3,1500	0,4334	
LV/LE	T/FA	0,4325	0,0359	8,3361**
PV/PE		4,0995	0,4384	
LV/LE	T/IS	0,3428	0,0275	6,3677**
PV/PE		2,8175	0,3877	

\*\* - significativo em nível de 1%

Segundo FRANÇA (1968) utilizando-se amostras circulares há eliminação da influência da área e permite o deslocamento dentro da área estudada, facilitando dessa forma a obtenção dos parâmetros da rede de drenagem e do relevo, conforme verificado por MARCHETTI (1969), VASQUES FILHO (1972), LEXO (1973) e GEVAERD (1974).

Analisando-se a tabela 3, onde são representados o número e comprimento total de rios para as amostras circulares, nota-se que os solos Podzólicos apresentam maior número e maior comprimento total de rios, em relação aos Latossolos e que a rede de drenagem obtida de fotografias aéreas apresenta maior número e maior comprimento de rios. A diferença apresenta-se mais nítida para os solos Podzólicos, que ocorrem em relevos mais acentuados propiciando um maior número de rios. Neste caso, a visão tridimensional da paisagem, permitida pelo recobrimento lateral das fotografias aéreas e uso do estereoscópio, permitiu a visualização de todos os canais de drenagem, não ocorrendo quando se utilizou a imagens de satélite.

Quando se sobrepõem as amostras circulares obtidas de imagens e fotos, para as unidades que as representam, nota-se que há similitude e pequenos deslocamentos - paralelos - entre as redes. Provavelmente ocorra devido ao modelo de correção geométrica orbital utilizado no processamento das imagens pelo INPE. Este método é de baixa precisão, na ordem de 2% (CRÓSTA (1993)) e para corrigi-lo é necessário utilizar o processo de reamostragem por interpolação, que adota pontos de controle e usa uma transformação afin para as relações geométricas entre os dois espaços. Além disso, segundo SANTOS (1989), na utilização de uma determinada banda para extração das coordenadas de um objeto visível deve-se efetuar uma transformação, chamada de

HELMERT que não afeta a geometria interna da imagem, para o sistema de referência da imagem, que contém a maior parte das informações, e desta para o sistema de projeção da carta na plotagem dos centros de cada amostra.

Observa-se na tabela 3 que o número de segmentos de rios, em cada ordem de ramificação, obtidos de fotos aéreas foi maior para os solos Podzólicos do que para os Latossolos, sendo os valores médios de segmentos de rios de 1<sup>a</sup> ordem, respectivamente, de 4,83 e 45,83; os de 2<sup>a</sup> ordem de 2,33 e 11,00; os de 3<sup>a</sup> ordem de 0,17 e 2,67. As amostragens feitas no Latossolo não apresentam segmentos de rios de 4<sup>a</sup> ordem de ramificação, sendo que o valor médio observado para os solos Podzólicos, para a 4<sup>a</sup> ordem, foi de 0,83. Este fato mostra um comportamento hidrológico diferenciado para as duas unidades de solo. Os Latossolos permitem maior infiltração d'água das chuvas em detrimento ao escoamento superficial, o que propicia para esse solo uma relação infiltração/deflúvio maior do que para os solos Podzólicos, conforme constatado por FRANÇA (1968) e CARVALHO (1997,1981), sugerindo que os Latossolos são mais resistentes à erosão do que os Podzólicos, que possuem gradiente textural e ocorrem em relevo ondulado.

Na mesma tabela estão contidos os números de segmentos de rios, em cada ordem de ramificação, obtidos de imagens de satélite, pode-se notar que os valores são maiores para os solos Podzólicos. O exame conjunto para FA e IS, verifica-se que a rede de drenagem obtida de fotografias aéreas possui maiores valores de número de segmentos de rios em todas as ordens de ramificação para os solos Podzólicos e para os Latossolos tem-se os maiores valores de número de segmentos de rios de 1<sup>a</sup> ordem e valores iguais de 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens de ramificação, para os dois tipos

de obtenção da rede de drenagem.

Os solos Podzólicos por apresentar uma densidade de drenagem alta e relevo ondulado, os canais de 1<sup>a</sup> ordem de ramificação são dificilmente observáveis nas imagens de satélite. Conforme GIMBARZEWSKI (1974), KOFFLER (1976), TOWNSHEND et al. (1979) e EPIPHANIO et al. (1983) tal dificuldade é devida a falta de estereoscopia, que dificulta o reconhecimento e o mapeamento completo da rede de drenagem. Entretanto, é possível avaliar e discriminar as unidades de solo estudadas, segundo estes autores, a partir das características quantitativas do padrão de drenagem.

Constata-se ainda que o comprimento total de segmentos de rios é maior para os solos Podzólicos, em todas as ordens de ramificação, nas amostragens das redes de drenagens obtidas de fotografias aéreas e de imagens de satélite, com valores médios respectivos de 22,59 Km e 19,79 Km, enquanto que para o Latossolo os valores médios respectivos são de 7,73 Km e 6,85 Km. Verifica-se que há uma proximidade dos valores de comprimento total de segmentos de rios de 1<sup>a</sup> ordem de ramificação, principalmente para os solos Podzólicos. Este fato, aliado ao número de segmentos de rios que foi menor para a rede de drenagem obtida de imagens de satélite, sugere que esta não permite a visualização e, portanto, a contagem de todos os canais, principalmente os de ordens menos elevados, e que os possíveis de serem identificados apresentam-se mais longos em relação aos obtidos através de fotografias aéreas.

Para os Latossolos, que ocorrem em relevo suave ondulado, com declives de 3 à 8%, observa-se essa mesma tendência, sendo que para as amostras 4 e 8 ficou bem distinta, pois estas apresentam valores de comprimento total de segmentos

de rios de 1<sup>a</sup> ordem de ramificação maiores na rede de drenagem obtida das imagens de satélite, provavelmente devido ao "sistema de projeção" da imagem (SOM - Projeção Espacial Oblíqua de Mercator) e o refinamento matemático aplicado a mesma.

As médias do comprimento médios de segmentos de rios de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens de ramificação, obtidos de fotografias aéreas e imagens de satélite foram maiores para os Latossolos e menores para os Podzólicos, permitindo uma diferenciação hidrológica desses solos. Esses valores obtidos de fotografias aéreas foram superiores na 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens de ramificação quando obtidos de imagens de satélite, isto porque o número de canais de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens foram menores neste tipo de amostragem, devido a dificuldade de identificação dos mesmos em função do relevo.

O teste t aplicado aos valores médios das diferenças dos valores de número e comprimento total de rios obtidos das fotografias aéreas para as unidades de solo estudadas, tabela 4, resultou em uma significância em nível de 5% de probabilidade para o número total de rios e não foi encontrada significância estatística para os valores médios de comprimento de rios, isto é, para o Latossolo o comprimento total de rios mostrou-se semelhante nos dois tipos de produtos, ou seja, independe ser obtido por fotografias aéreas ou imagens de satélite, enquanto que para os solos Podzólicos foi encontrado uma significância estatística de 1% de probabilidade, para o número total de rios, e de 5% para comprimento total de rios.

Segundo RABBEN et al. (1980) a visão tridimensional da superfície, gerada a partir do par de fotografias e com o auxílio do estereoscópio, favorece a determinação dos rios de 1<sup>a</sup> ordem, ou seja, as cabeceiras. Isto se deve a maior pro-

ximidade do sensor com a área.

A utilização de imagens de satélite de pequena escala, em estudos da rede de drenagem, apresentam limitações para a obtenção do traçado completo da rede. Segundo VALÉRIO et al. (1981) é necessário compatibilizar a escala do produto com o nível de detalhamento que determinará o estudo a ser realizado.

Os resultados da análise estatística permitem afirmar que pode-se obter indiferentemente o comprimento total de rios em imagens de satélite, preto e branco, sensor TM (*Thematic Mapper*), canais 3 e 4, escala 1:50.000, e fotografias aéreas pancromáticas, escala 1:20.000, em áreas de relevo suave ondulado, com declives de 3 à 8%, e, conseqüentemente, de baixa densidade de drenagem, áreas de ocorrência de Latossolos. Em áreas de ocorrência de solos Podzólicos, de relevo ondulado, com declives de 8 à 20% e com alta densidade de drenagem, não é possível obter dados reais da composição da rede de drenagem, número e comprimento total de rios através dessas imagens. Neste caso, deve-se utilizar fotografias aéreas que permitem a visão tridimensional da paisagem.

As maiores dificuldades encontradas para a identificação e o traçado de rios nas imagens de satélite é quando a mata ciliar contém o canal de identificação, ou seja, na imagem observa-se o início do mesmo, porém quando este percorre o interior da mesma se torna impossível a sua delimitação, fato observado na amostra n<sup>o</sup> 12 e por VETTORAZZI (1988).

Vários autores, dentre eles: FRANÇA (1988), SOUZA (1975), CARVALHO (1977, 1981), NOGUEIRA (1979), VALÉRIO FILHO (1984) e SILVA (1988), demonstraram que os índices densidade de drenagem, freqüência de rios e razão de textura são consistentes e refletem a influência do fator solo, no desenvolvi-

mento das redes de drenagem.

Verifica-se na tabela 3 que os parâmetros estudados forneceram índices que mostram uma nítida diferença entre as unidades Latossolo Vermelho Escuro/Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho Escuro/Podzólico Vermelho-Amarelo.

A densidade de drenagem, relacionando o comprimento total de rios com a área, mostrou-se um dado consistente, evidenciando uma diferença entre as duas unidades; o mesmo ocorreu com a freqüência de rios que relaciona o número total de rios com a área da amostra circular. Os valores médios obtidos de densidade de drenagem e freqüência de rios para os Latossolos e os Podzólicos, nos dois produtos (FA e IS), concordam com a sugestão de HORTON (1945) por caracterizarem quantitativamente as redes de drenagem dos solos estudados, uma vez que estas duas características relacionam a composição da rede (comprimento e número total de rios) a área da amostra circular.

Os valores obtidos para razão de textura média discriminou as duas unidades de solo resultando valores de 0,432 (FA) e 0,343 (IS) para os Latossolos enquadrando-se na classe de textura topográfica grosseira e valores de 4,100 (FA) e 2,818 (IS) para os solos Podzólicos enquadrando-se na classe de textura topográfica média. Estes resultados mostraram-se eficientes para caracterizar as texturas de drenagem ou topográfica dos solos estudados, concordando com LIMA (1987).

Estes resultados refletem a relação infiltração/deflúvio desses solos, que é menor para os solos Podzólicos em função do relevo de ocorrência, ondulado, e do gradiente textural ocorrente nessas classes de solos e maior para os Latossolos em função também do relevo de ocorrência, plano a suave ondulado, e das características físicas do corpo dos solos.



O teste t aplicado aos parâmetros da rede de drenagem (tabela 5) visando a discriminação dos solos estudados, nos dois produtos utilizados na obtenção dos dados, mostrou-se estatisticamente significativo em nível de 1% de probabilidade.

Estes resultados estatísticos foram possíveis, provavelmente, devido aos solos possuírem comportamento hidrológico bem distintos, refletindo nos valores de número e comprimento total de rios. Em virtude da amostragem ter sido circular, com área fixa de 10 Km<sup>2</sup>, era esperado a mesma significância estatística para número total de rios e a frequência de rios; comprimento total de rios e a densidade de drenagem.

#### 4. Conclusões

1. Os parâmetros da composição da rede de drenagem: número total de rios e comprimento total de rios discriminaram os solos Podzólicos dos Latossolos nos dois produtos de obtenção da rede de drenagem.

2. Os parâmetros do padrão de drenagem: densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura discriminaram os solos Podzólicos dos Latossolos nos dois produtos de obtenção da rede de drenagem.

3. Os valores médios de número total de rios obtidos para os solos Podzólicos e Latossolos através de fotografias aéreas e imagens de satélite diferem entre si, enquanto que os valores médios de comprimento total de rios obtidos pelos dois produtos para os solos Podzólicos diferem entre si e são estatisticamente iguais para os Latossolos.

#### 5. Referência Bibliográfica

BURING, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. IN: Manual of Photographic Interpretation. Washington: ASP, 1960, p. 633-666.

CARTER, L. D.; STONE, R. O.

Interpretation of orbital photographs. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Washington, 1974, 3, p. 193-197, 1974.

CARVALHO, W. A. et al. Fotointerpretação, levantamento semi-detalhado dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da Bacia do Rio Santo Anastácio, 1995. (prelo)

CARVALHO, W. A. Relações entre relevo e solos de bacias do Rio Capivara - Município de Botucatu-SP. Botucatu: FCA/UNESP, 1981. 193 p. Tese de Livre-Docência.

\_\_\_\_\_. Fotointerpretação de bacias hidrográficas e de amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizonte B textural. Piracicaba: ESALQ/USP, 1977. 126 p. Tese de Doutorado.

COELHO, A. G. de S. Obtenção de dados quantitativos com o emprego de fotografias aéreas verticais. Aerofotografia. São Paulo, 8, p. 1-23, 1972.

COMISSÃO DE SOLOS. Levantamento dos solos do Estado de São Paulo. Boletim do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Rio de Janeiro, 12, 634 p. 1980.

COVRE, M.; RIEDEL, P. S.; EPHIPANIO, J. C. N. Análise quantitativa da drenagem através de imagens TM/Landsat e fotografias aéreas. IN: Simpósio Latino Americano de Sensoriamento Remoto. Gramado, 1986. SELPER/

INPE/SBC, Gramado, p. 280

CRÓSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: UNICAMP, 1993, 170 p.

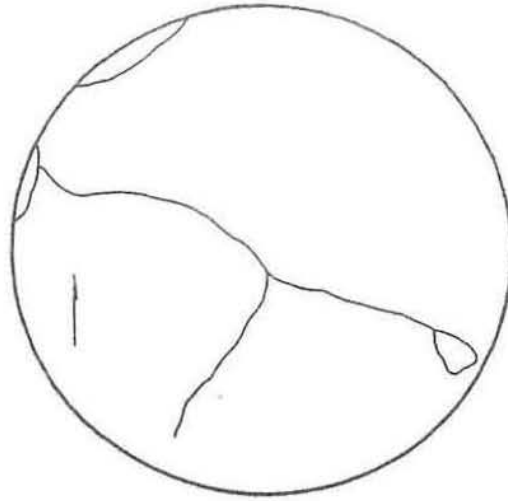
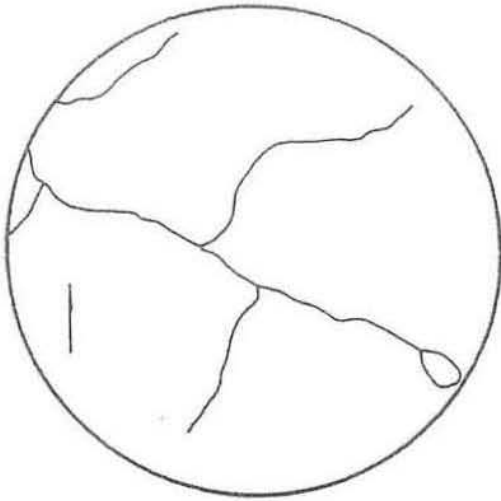
EPHIPANIO, J. C. N.; FORMA-

- GGIO, A.R.; VALERIO FILHO, M. Imagens RBV/Landsat-3 em estudos da rede de drenagem. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2, Brasília, v. 1, p. 285-292.
- FRANÇA, G. V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba: ESALQ/USP, 1968, 151 p. Tese de Doutorado.
- GEVAERD, I. Parâmetros fotoanalíticos de três unidades de solos da região nordeste Paranaense. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 110 p. Dissertação.
- GIMBARZEWSKI, P. ERTS-1 Images in Biophysical Studies. IN: Canadian Symposium on Remote Sensing, 2, Ottawa, 1974. Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa. v. 2, p. 391-403.
- GOOSEN, D. Aerial photointerpretation in soil survey. Soil Bulletin. Roma, 6, 55 p. 1968.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletim Geol. Soc. Amer. Colorado, 56, 1, p. 275-370, 1945.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, IPT, 1981, v. 2 (mapa), escala nominal 1:1.000.000.
- KOFFLER, N. F. Análise de relevo a partir de índices de drenagem obtidos com fotografias aéreas. Boletim de Geografia Teórica. Rio Claro, 12, 23-24, p. 69-76, 1982.
- \_\_\_\_\_. Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do Arenito Bauru. São José dos Campos: INPE, 1976. 167 p. Dissertação.
- LEAO, S. R. F. Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvida em dois solos do Distrito Federal. Piracicaba: ESALQ/USP, 1973. 110 p. Dissertação.
- LIMA, S. L. Características da drenagem e do relevo de três solos do Estado de São Paulo, determinadas em fotografias e cartas topográficas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1987. 100 p. Tese de Doutorado.
- LUEDER, D. R. Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. New York: McGraw, 1959, 462 p.
- MARCHETTI, D.A.B. Fotointerpretação de atributos de relevo aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba: ESALQ/USP, 1969. 58 p. Tese de Doutorado.
- NOGUEIRA, F. P. Utilização de fotografias aéreas em três escalas no estudo de redes de drenagem em diferentes unidades de solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1979. 110 p. Dissertação.
- PARR, J.F.; BERTRAND, A.R. Water infiltration into soils. Adv. Agron. New York, 12, p. 311-363, 1960.
- RABBEN, E.L.; CHALMERS, E. L.; MANLEY, E.; PICKNP, J. Fundamentals of photointerpretation. IN: Manual of Photographic Interpretation. Washington: ASP, 1960. p. 99-168.
- RAY, R. G. Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico. Tradução de Jesuino Felicíssimo Júnior. São Paulo: IGC, 1963, 162 p.
- RAY, R. G.; FISCHER, W. A. Quantitative photography a geologic research tool Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

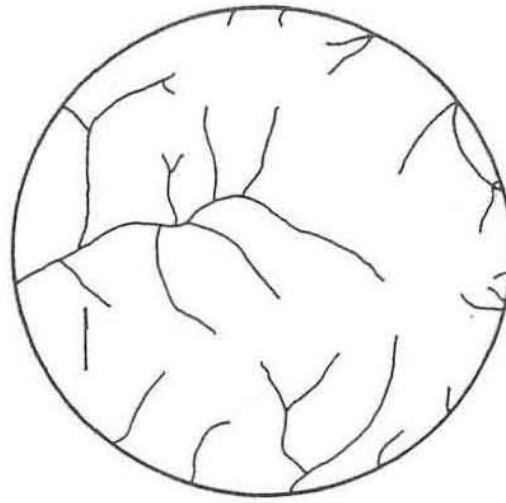
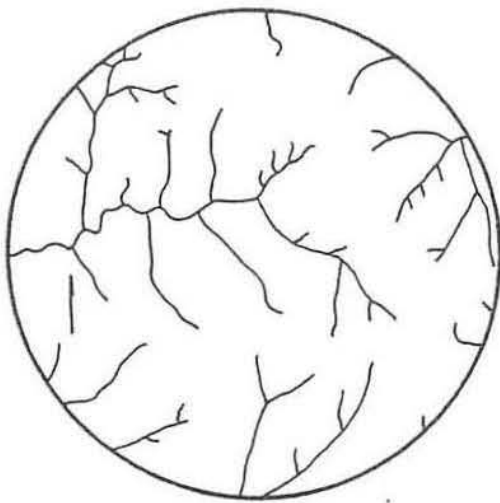
- Washington, 20, 1, p. 143-150, 1960.
- RICCI, M.; PETRI, S. Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. São Paulo: Nacional, 1965, 226 p.
- SANTOS, J. N. Uma metodologia para atualização planimétrica de cartas a partir de imagens de satélite. Rev. Bras. Cartografia. Rio de Janeiro, 43, p. 63-66, 1989.
- SIMONSON, R. W. Use of aerial photographs in soil surveys. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Washington, 16, p. 308-315, 1950
- SILVA, M. S. Fotointerpretação da rede de drenagem e do relevo de três solos do Município de São Manuel-SP. Botucatu: FCA/UNESP, 1988. 163 p. Tese de Doutorado.
- SMITH, D.D.; WISCHMEIER, W. H. Rainfall erosion. Adv. Agron. New York, 14, p. 109-142, 1962.
- SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. Amer. Journal Science. New Haven, 248, p. 655-668, 1950.
- SOUZA, M. L. P. Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrentes no Município de Ponta Grossa-PR. Piracicaba: ESALQ/USP, 1975. 135 p. Dissertação.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. A. Geophys. Union. New Haven, 38 p. 913-920, 1957.
- TOWNSHEND, J.R.; WILLIAMS, D.F.; JUSTICE, C. O. An evaluation of Landsat-3 RBV imagery for an area of complex terrain in southern Italy. IN: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 13, Michigan, 1979. Michigan, v. 3, p. 1839-1852.
- VALERIO FILHO, M. Parâmetros de drenagem e do relevo na caracterização de solos e suas relações fotointerpretativas em imagens de pequena escala. Piracicaba: ESALQ/USP, 1984. 141 p. Tese de Doutorado.
- VALERIO FILHO, M.; EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R. Metodologia de interpretação de dados de Sensoriamento Remoto e aplicações em Pedologia. São José dos Campos: INPE, 1981, 52 p.
- VASQUES FILHO, J. Crêterios morfométricos aplicados a fotointerpretação de redes de drenagem em três unidades de solos no Município de Piracicaba-SP. Piracicaba: ESALQ/USP, 1972. 113 p. Tese de Doutorado.
- VETTORAZZI, C. A. Interpretação visual de imagens TM/Landsat, em duas escalas, na caracterização fisiográfica e mapeamento de solos. Piracicaba: ESALQ/USP, 1988. 182 p. Tese de Doutorado.
- VILAS BOAS, S. Parâmetros da rede de drenagem e do relevo na discriminação de solos do Município de Botucatu-SP. Botucatu: FCA/UNESP, 1991. 129 p. Dissertação.

Tabela 1 - Parâmetros das amostras circulares e da rede de drenagem das doze amostras circulares representativas dos solos estudados.

PARÂMETRO	AMOSTRAS CIRCULARES																							
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS
Nw <sub>1</sub>	4	3	6	4	5	4	4	4	6	5	4	3	53	29	32	20	55	49	35	27	39	25	61	39
Nw <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	12	5	10	8	14	11	8	8	8	8	14	11
Nw <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	1	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3
Nw <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Lw <sub>1</sub>	4,73	4,77	5,83	4,45	6,37	4,22	4,98	5,75	4,64	4,57	4,90	5,50	2,87	2,54	3,90	11,24	14,79	12,71	11,53	11,55	11,12	10,02	13,07	11,70
Lw <sub>2</sub>	1,48	0,11	2,12	1,77	1,75	1,75	2,57	2,44	2,71	2,38	2,62	1,99	6,98	3,60	4,65	3,73	4,78	6,21	6,04	4,97	6,81	6,02	5,39	5,75
Lw <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	1,71	1,41	0	0	2,43	1,08	2,30	1,16	2,09	1,96	2,66	2,98	3,05	1,52	2,74	2,86
Lw <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0	2,43	1,27	2,69	2,72	0	0	0,62	1,14	1,83	1,99
Lmw <sub>1</sub>	1,18	1,59	0,97	1,11	1,27	1,06	1,24	1,44	0,77	0,91	1,22	1,83	0,24	0,43	0,43	0,56	0,27	0,26	0,33	0,43	0,29	0,40	0,21	0,30
Lmw <sub>2</sub>	1,48	0,11	2,12	1,77	1,75	1,75	2,57	2,44	1,36	1,19	2,62	1,99	0,58	0,72	0,49	0,47	0,34	0,56	0,76	0,62	0,85	0,75	0,39	0,52
Lmw <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	1,71	1,41	0	0	0,81	1,08	0,77	0,58	0,70	0,65	1,33	1,49	1,52	0,76	0,91	0,95
Lmw <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0	2,43	1,27	2,69	2,72	0	0	0,62	1,14	1,83	1,99
Dd	0,62	0,49	0,80	0,62	0,81	0,60	0,76	0,82	0,91	0,84	0,75	0,80	2,28	1,72	2,35	1,74	2,43	2,36	2,02	1,95	2,16	1,87	2,30	2,23
F	0,40	0,30	0,60	0,40	0,50	0,40	0,40	0,40	0,60	0,50	0,40	0,30	5,30	2,90	3,20	2,00	5,50	4,90	3,50	2,70	3,90	2,50	6,10	3,90
T	0,36	0,27	0,54	0,36	0,45	0,36	0,36	0,36	0,54	0,45	0,36	0,27	4,74	2,59	2,86	1,79	4,92	4,38	3,13	2,41	3,49	2,24	5,46	3,49
NI	5	4	7	5	6	5	5	5	9	8	5	4	69	35	46	31	73	64	45	37	50	36	79	54
Li	6,21	4,88	7,95	6,22	8,12	5,97	7,55	8,19	9,06	8,36	7,52	7,49	22,83	17,22	23,46	17,40	24,35	23,60	20,23	19,50	21,60	18,70	23,03	22,30



Latossolo Vermelho Escuro/Latossolo Vermelho-Amarelo  
(LE/LV)



Podzólico Vermelho Escuro/Podzólico Vermelho-Amarelo  
(PE/PV)

(a)

(b)

Fig. 2 - Amostras circulares da rede de drenagem obtidas das fotografias aéreas (a), imagens de satélite (b) e representativas das unidades de solo estudadas.

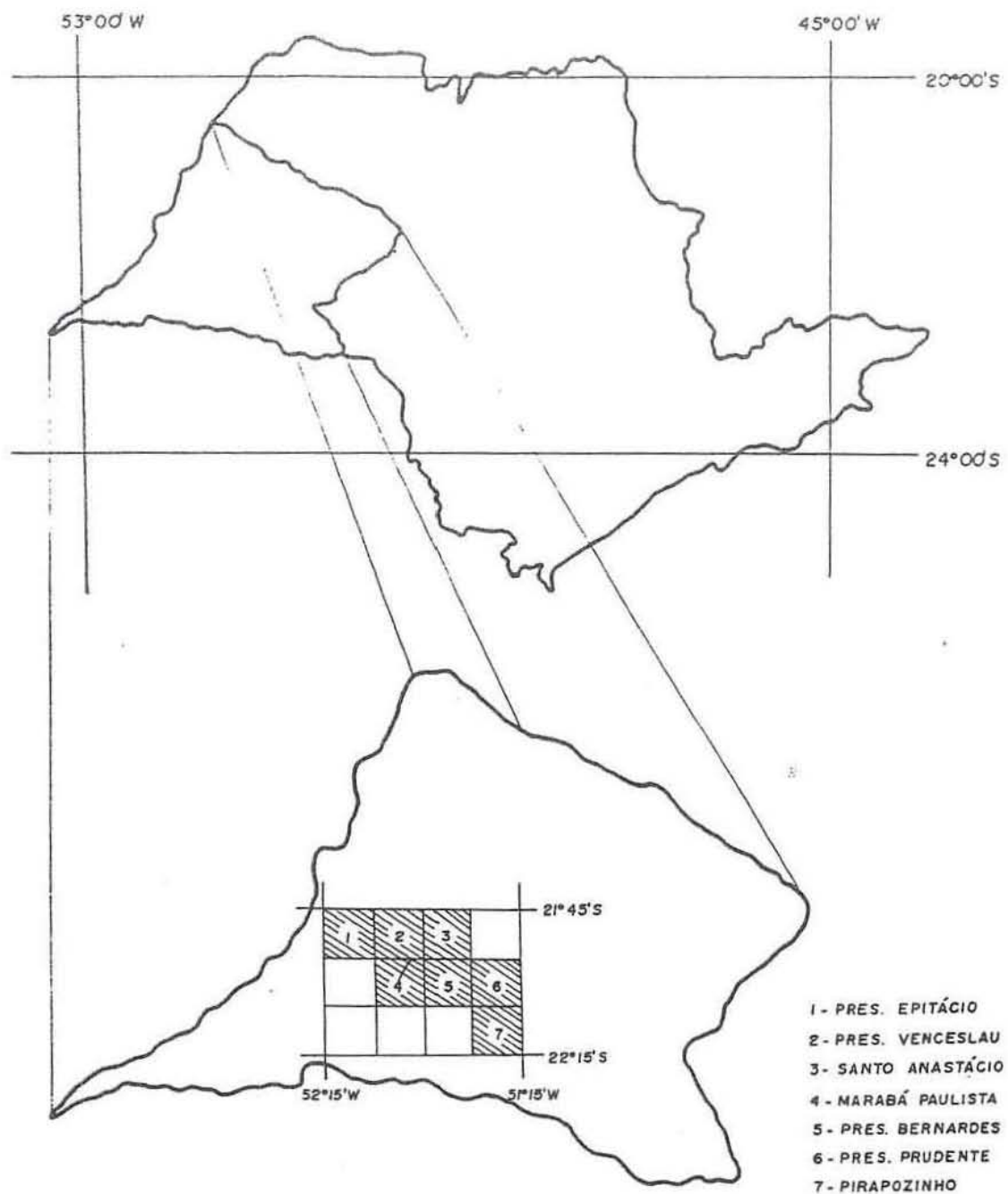


Fig. 1 — Localização da área estudada, representada pelas Folhas da Carta do Brasil (IBGE, 1974), onde foram feitas as amostragens.