

AEROFOTOS CONVENCIONAIS E IMAGENS ORBITAIS TM/LANDSAT NO MAPEAMENTO MORFOPELOLÓGICO EM SANTA BÁRBARA D'OESTE (SP)

J.A.M. DEMATTÊ

Departamento de Ciência do Solo-ESALQ/USP, C.P. 9, CEP: 13418-900 - Piracicaba,SP

M.H. BORGES

Departamento de Cartografia - FCT/UNESP, C.P. 957, CEP: 19060-900 - Presidente Prudente,SP

R.M. PFEIFER

Instituto Florestal de São Paulo, C.P. 1322, CEP: 01000-970 - São Paulo,SP

RESUMO: Foram estudados, com o auxílio de fotografias aéreas, aspectos qualitativos e quantitativos do relevo e da rede de drenagem de solos de uma área de Santa Bárbara D'Oeste,SP. Esta região compreende 14.625 ha, onde foram selecionadas bacias hidrográficas de 3ª ordem de ramificação e amostras circulares de 5km². As unidades de mapeamento simples ou associações de solos são: Latossolo Vermelho Escuro, Podzólico, Litossolo + Podzólico, Terra Roxa Estruturada + Latossolo Roxo distrófico. Após a caracterização das feições fisiográficas, da área de ocorrência desses solos, foram realizados dois mapas morfopedológicos. No primeiro utilizou-se fotografias aéreas verticais pancromáticas na escala 1: 35.000 (data de 25/6/78) e no segundo imagens orbitais do sensor "Thematic Mapper" do LANDSAT-5, nas bandas 3, 4 e 5 e composição colorida 3/4/5 na escala 1: 100.000 (data de 12/9/91). As análises qualitativas e quantitativas do relevo (índice de declividade média) e rede de drenagem (densidade de drenagem, frequência de rios, razão de textura) mostraram-se eficientes na diferenciação das unidades de solo estudadas, tanto em bacias hidrográficas como em amostras circulares. A utilização de fotografias aéreas, permitiu maior riqueza de detalhes na precisão dos limites das unidades de mapeamento e no maior número de unidades de mapeamento discriminadas em relação às imagens orbitais. A composição colorida 3/4/5 permitiu diferenciar os Latossolos argilosos dos Latossolos de textura média, assim como o Latossolo Húmico.

Descritores: mapeamento de solos, fotografias aéreas, LANDSAT, caracterização fisiográfica.

MAPPING AND FISOGRAPHIC CHARACTERIZATION OF SOILS USING CONVENTIONAL AERIAL PHOTOGRAPHS AND ORBITAL IMAGES TM/LANDSAT-5 IN SANTA BÁRBARA D'OESTE (SP)

ABSTRACT: Using aerial photographs quantitative and qualitative parameters of drainage patterns and landscape were studied in an area located in Santa Bárbara D'Oeste,SP. This area has 14,625 ha, represented by the following simple map units or associations: Dark Red Latosols; Red Yellow Podzolic associated with some Lithosols; Dusky Latosol associated with "Terra Roxa Estruturada" (a Rodudal). Sampling areas were selected according to third order river ramification and circles of 5 km². After fisiographic characterization of these soils, two land system maps were selected. The first using vertical pancromatic aerial photographs in the scale of 1:35,000 (25/6/78) and the second, using orbital images of "Thematic Mapper" of LANDSAT-5 sensor, on 3,4 and 5 bands and color composition 3/4/5 in the scale of 1:100,000 (12/9/91). The landscape analysis (slope index) and drainage patterns (drainage density, river frequency and texture ratio) were efficient for identification of the soil mapping units in both cases, watershed and circular sampling. Aerial photograph usage permitted also greater detail in the definition of mapping units, in relation to orbital images. The color composition 3/4/5 allowed the differentiation of clay Latosols from medium texture Latosols and from Humic Latosols.

Key Words: soil mapping, aerial photos, LANDSAT, fisiographic characterization

INTRODUÇÃO

As fotografias aéreas constituem um importante instrumento de apoio nos trabalhos de levantamentos de solos, que são fundamentais para o planejamento do uso da terra. Além de servirem como simples mapa-base de campo, podem ser mais

utilizadas através das interpretações para fins pedológicos (LUEDER, 1959; BURINGH, 1960). A técnica para esses fins, a fotopedologia, reduz sensivelmente o custo e o tempo de execução do levantamento de solos, com a vantagem de oferecer informações adicionais, como a geologia (VINK, 1963).

O advento das imagens de satélites, entre 1960 e 1972, trouxe consigo mais uma importante ferramenta no estudo em questão. Apesar de obterem menor riqueza de detalhes (GIMBARZEVSKY 1974), devido a pequena escala, possuem características como a visão sinótica e multispectral, que auxiliam no delineamento dos tipos de solos, em níveis taxonômicos mais abrangentes. Apesar de ter outras limitações, como a impossibilidade de estereoscopia, seu uso no levantamento de recursos naturais é grande, apesar de ser considerado como auxiliar, não podendo substituir a utilidade indiscutível das fotografias aéreas (YOUNG, 1976).

No Brasil, o uso de imagens orbitais fornecidas pelo LANDSAT em levantamentos de solos, iniciaram-se em meados da década de 70 com CARNEIRO (1973).

A utilização maior das fotos aéreas, em levantamentos de solos, está no levantamento morfopedológico ainda pouco comum no Brasil, sendo mais utilizados em países como a Austrália e alguns da África, onde este método é denominado "land system" (LEPSCH, 1985).

Este levantamento baseia-se na individualização de unidades de mapeamento que são aparentes no decurso da interpretação de fotografias aéreas (CHRISTIAN & STEWART, 1968).

O presente trabalho tem por objetivo a obtenção de mapas morfopedológicos utilizando imagens orbitais TM/LANDSAT-5, nas bandas 3, 4 e 5 e composição colorida 3/4/5 na escala 1:100.000, e fotografias aéreas verticais pancromáticas, na escala aproximada 1:35.000, na região de Santa Bárbara D'Oeste, estado de São Paulo.

A escolha de Santa Bárbara D'Oeste justifica-se entre outras razões, no uso intensivo dos solos e a existência de cartas de solos semidetalhado (OLIVEIRA et al., 1977) imprescindível num tipo de trabalho como este.

A comparação desta metodologia possibilitará destacar em cada um destes sensores suas vantagens e desvantagens. É também objeto deste trabalho determinações qualitativas e quantitativas do relevo e rede de drenagem utilizando fotografias aéreas, através de amostras circulares e bacias hidrográficas, como apoio para o serviço de mapeamento e caracterização das principais unidades de solos existentes na área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Características gerais da área

A área de estudo situa-se entre os paralelos 22°43' e 22°50' de Latitude Sul e os meridianos 47°20' e 47°28' de Longitude W. Gr., com uma superfície aproximada de 14.625 ha (Figura 1 em BORGES et al., 1993). A geologia (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1981b), está representada por rochas intrusivas básicas (diabásios) por material do Grupo Tubarão, compreendendo principalmente arenitos de granulação variada (siltitos e folhelhos), e por coberturas Neo-Cenozóicas correlatas à Formação Rio Claro (arenitos finos e médios e argilitos).

O clima é do tipo Cwa: mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente ultrapassa a 22°C. A vegetação original é do tipo floresta latifoliada tropical semi-decídua.

Carta de solos

Em trabalho com escala de publicação 1:100.000, OLIVEIRA et al (1977) elaboraram o Levantamento Pedológico Semidetalhado - Quadricula de Campinas, na qual está inserida a área de estudo (Figura 2). Foram identificadas 13 unidades de mapeamento distribuídas em 10 unidades simples e em 4 associações de solos.

Material fotográfico e cartográfico

As fotografias aéreas utilizadas se apresentam na forma de cópias em papel, em preto e branco, na escala aproximada de 1:35.000, voo realizado pela TERRAFOTO S/A em 25/6/78.

Os produtos fotográficos (imagens orbitais) do sensor "Thematic Mapper" estão sob a forma de cópias em papel, preto-e-branco e composição colorida, na escala 1:100.000, e de três diferentes bandas: TM-3 (630 - 690 nm), correspondentes à faixa do vermelho; TM-4 (760 - 900 nm), correspondente ao infravermelho próximo; TM-5 (1.550 - 1.750 nm), correspondente ao infravermelho médio, de 12 de setembro de 1991.

O material cartográfico utilizado foram as cartas de Americana e Limeira, do IBGE, na escala 1:50.000, de 1972.

Elaboração dos mapas da rede de drenagem

Inicialmente delimitou-se a área de estudo tanto nas fotografias como nas imagens orbitais, com o auxílio das cartas topográficas, na escala 1:50.000 e da carta de solos. Nas fotografias aéreas foi delimitada a área útil pelo método dos pares alternados, conforme procedimento descrito por RABBEN et al. (1960).

A seguir, a rede de drenagem foi traçada em uma folha de papel ultra-fan, tanto nas fotos aéreas (realizado com o auxílio de estereoscópio de espelhos) como nas imagens orbitais (com o auxílio de lupa). Foram traçados tanto os canais permanentes como os temporários (STRAHLER, 1957; LUEDER, 1959; RAY, 1963).

Seleção das bacias hidrográficas

Em virtude da pequena dimensão da área de estudo, selecionou-se uma bacia hidrográfica para cada um dos três solos: LE1, Li1 + PV2 e TE + LRd. Foram escolhidas bacias de 3ª ordem de ramificação por serem eficientes no estudo de solos e de formações superficiais (FRANÇA, 1968).

Para cada bacia hidrográfica foram traçados sob estereoscópio os divisores de água que circundam a bacia. A seguir, fez-se análises qualitativas da rede de drenagem (LUEDER, 1959 e tipo segundo PARVIS, 1950), do relevo e análises quantitativas, onde foram calculadas a densidade de drenagem (RAY; FISHER, 1960), frequência de rios (HORTON, 1945) e razão de textura (FRANÇA, 1968).

A classe de textura topográfica foi determinada obedecendo-se a proposição de SMITH (1950) e adaptação de FRANÇA (1968).

Seleção das amostras circulares

Foram utilizadas amostras circulares de 5 km². Para cada um dos solos LE1, PV4 + PV5 e Li1 + PV2, foi selecionada uma amostra circular, localizada em área de maior ocorrência desses. Nas amostras circulares aplicou-se a mesma metodologia, qualitativa e quantitativa, utilizada para as bacias hidrográficas, com a finalidade de comparar a eficiência em relação à esses dois tipos de amostragens. Foram determinadas apenas o número de segmentos de rios de primeira ordem e o comprimento total da rede.

Características quantitativas do relevo

Os parâmetros do relevo foram selecionados conforme CURTIS *et al* (1965). Assim, as amostras circulares de 5 km², demarcadas sobre as fotografias aéreas na escala 1:35.000, foram transferidas nas devidas proporções para as cartas topográficas (1:50.000), sobre as quais foi avaliada quantitativamente a declividade média da amostra. Essa declividade média foi obtida segundo o método adaptado conforme KOFFLER (1982) para amostragem circular.

Mapeamento morfopedológico

Nas fotos aéreas a delimitação das regiões fisiográficas foi feita sob estereoscópio, utilizando-se da análise dos elementos de drenagem e relevo principalmente. O traçado dos limites das unidades foi realizado sobre o mapa da rede de drenagem obtido e orientada através da topossequência de solos da região. Após o traçado dos limites, a identificação dos solos dominantes das regiões fisiográficas foi realizada com o auxílio do mapa de solos.

Também utilizou-se para orientação o mapa morfopedológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981a).

Nas imagens orbitais, a delimitação das regiões fisiográficas foi feita em função dos aspectos qualitativos (visuais), dos parâmetros tonalidade, rede de drenagem e aspectos associados, principalmente.

O mapa foi obtido através das informações extraídas das imagens preto-e-brancas, bandas 3, 4 e 5 e composição colorida 3/4/5 pelas quais obteve-se uma chave de interpretação (TABELA 3).

A delimitação das unidades fisiográficas, também foi traçada sobre um mapa de rede de drenagem, auxiliado pelo mapa de solos. Em ambos os mapas foram delimitadas as áreas urbanas e rodovias principais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação das unidades morfopedológicas através dos padrões fotográficos

De acordo com o mapa de solos, as unidades de maior ocorrência e contrastantes na área de estudo, são os seguintes: Latossolo Vermelho Escuro, textura argilosa; associação Li1

+ PV2 o que corresponde ao Litossolo substrato arenito e o Podzólico Vermelho Amarelo abrupto, textura arenosa/média; e associação Terra Roxa Estruturada + Latossolo Roxo distrófico. Em tais unidades pedológicas foram obtidos os diversos padrões fotográficos, com o objetivo de auxiliar a obtenção do mapa morfopedológico realizado com o auxílio de aerofotos convencionais e imagens TM/LANDSAT-5.

Comparando-se os dados descritivos das bacias estudadas (Figura 1), nota-se diferença quanto ao tipo ou modelo da bacia (segundo PARVIS, 1950), onde os Latossolos apresentam o tipo subparalelo, enquanto que as demais unidades é tipo dendrítico. De maneira geral, as características descritivas observadas das redes de drenagem de bacias ou de amostras circulares são semelhantes não havendo disparidade entre os dados, a não ser no que se refere ao grau de controle e a angularidade na amostragem das associações de solos Li1 + PV2 que deu baixo para a bacia hidrográfica e médio para a amostra circular. Isto se deve ao fato das amostras circulares terem sido escolhidas em área que ressaltam essas características ou devido à uma melhor visualização da disposição dos canais de drenagem nessas amostras, por apresentarem maior área em relação às bacias.

Por outro lado, tanto por um sistema de amostragem como outro, é possível identificar as três associações de solos estudados, utilizando-se os parâmetros densidade e orientação. Nas associações Li + PV a densidade é alta, sendo média na associação TE + LRd e baixa no LE1. Tais diferenças tanto nas densidades como nas orientações, se devem ao tipo de solo e a natureza do respectivo substrato geológico de solos com horizonte B textural e substrato de rocha sedimentar, que possuem maior densidade do que os solos com B textural, porém originados de rocha básica.

Um outro atributo muito útil na diferenciação dos solos ou grupo de solos é o relevo.

Os elementos de relevo analisados (Tabela 1), são suficientes para separar as associações de solos estudados. Também neste caso, os solos com B textural e material de origem sedimentar (Li1 + PV2 e PV4 + PV5) condicionam uma forte influência da drenagem interna do solo, que é mais restrita em comparação com as demais associações, intermediária nos solos desenvolvidos de basalto e melhor nos Latossolos.

Na Tabela 1, também estão relacionados os resultados quantitativos do relevo, onde o índice de declividade média mostrou-se eficiente na discriminação de solos pouco desenvolvidos (Li) com valor Dm de 22,5, dos mais desenvolvidos (LE) com Dm 8,2, tendo os PV um Dm de 8,2 intermediário.

Pela análise quantitativa das bacias hidrográficas (Tabela 2), observa-se valores mais altos de Dd e Fr nos Litossolos, que são mais dissecados. A área das bacias reflete as diferenças entre os solos, preconizado por HORTON (1945), STRAHLER (1957) e FRANÇA (1968). No caso do LE textura média, a estrutura granular com aspecto maciço poroso dos horizontes permite a infiltração de águas pluviais, tornando-se responsáveis pela formação dos vales. Assim, há diferença nas dimensões das áreas das bacias, onde os Latossolos possuem bacias maiores (24,17 km²) e menos dissecadas que a bacia hidrográfica do Litossolo + Podzólico (0,55 km²), tendo a Terra Roxa + Latossolo Roxo distrófico (0,85 km²) tamanho intermediário.

Em relação ao comprimento de rios de terceira ordem, observa-se que na área ocupada, os três solos têm seus valores maiores que os rios de 2ª ordem, contrariando portanto, a lei de HORTON (1945), onde esses valores deveriam ter uma série geométrica inversa àquela do número da ordem. Esses resultados, levam a crer que os canais de 3ª ordem estão sofrendo um controle estrutural do substrato rochoso, concordando com PARVIS (1950), LUEDER (1959) e DEMATTÊ (1992).

A Dd e Fr nos LE foram de 0,54 e 0,5 respectivamente, baixas em relação aos Litossolos que obtiveram 6,64 e 25,45 por serem mais dissecados. A TE+LRd mostrou resultados intermediários.

A classe de textura topográfica, não diferenciou em bacias hidrográficas, as unidades TE + LRd do LE, classificadas como grosseiras. Isso porque na TE + LRd, também ocorre certa porcentagem de Latossolos, quase sempre classificados como grosseira. Já as amostras circulares, proporcionaram a separação das três unidades de mapeamento (Li + PV2, PV4 + PV5 e LE1). Repare que para uma mesma associação de solos Li1 + PV2, foi classificada como média na bacia e fina na amostra circular. Entretanto, a área amostrada pela amostra circular foi de 5 km², bem maior que a área da bacia de 0.55 km², e portanto mais significativa.

Característica	Tipo de Amostragem		
	Unidades de Mapeamento simples ou associações		
	Bacias Hidrográficas		
	Li1 + PV2	TE + LRd	LE1
Tipo ou modelo	dendrítico	dendrítico	subparalelo
Grau de integração	alto	alto	baixo
Densidade	alta	média	baixa
Grau de uniformidade	uniforme	pouco uniforme	uniforme
Orientação	ausente	pouco orientado	orientado
Grau de controle	baixo	baixo	ausente
Angularidade	baixo	baixo	ausente
Ângulos de confluência	agudos	agudos	retos passando p/agudos
	Amostras Circulares		
	Li1 + PV2	PV4 + PV5	LE1
Tipo ou modelo	dendrítico	dendrítico	subparalelo
Grau de integração	alto	alto	baixo
Densidade	alta	média	baixa
Grau de uniformidade	pouco uniforme	pouco uniforme	uniforme
Orientação	ausente	moderada/e orientado	orientado
Grau de controle	médio	médio	ausente
Angularidade	média	média	ausente
Ângulos de confluência	agudos e local/e retos	agudos	agudos

Figura 1. Quadro das propriedades descritivas (LUEDER, 1959 e Tipo segundo PARVIS, 1950) da rede de drenagem das bacias hidrográficas e amostras circulares.

A razão de textura topográfica foi consistente, pois diferenciou em amostras circulares, as unidades de mapeamento, concordando com FRANÇA (1968) e SOUZA (1975).

Mapas morfopedológicos obtidos utilizando-se aerofotos convencionais e imagens TM/LANDSAT-5

Os critérios utilizados na análise de imagens LANDSAT e aerofotos, no mapeamento realizado, foram os mesmos com algumas adaptações (MONTROYA, 1983). O Mapa Morfopedológico I utilizando fotos aéreas (Figura 3), apresentou um maior número de detalhes quanto a rede de

drenagem, áreas urbanas e rodovias, do que o Morfopedológico II que utilizou imagens orbitais (Figura 4). Isto se deve a diferença de escala das imagens utilizadas (1: 35.000 para 1: 100.000).

Houve aumento da área urbana do Mapa I para o Mapa II, devido a data da imagem orbital (1991) ser mais recente que a da fotografia aérea (1978). No Mapa I, a delimitação das unidades fisiográficas através dos elementos de fotointerpretação, como rede de drenagem e relevo, foram facilitadas pela maior escala e estereoscopia, proporcionadas pelas fotos aéreas. Por essa razão, pôde-se mapear um maior número de unidades com maior precisão dos limites fisiográficos.

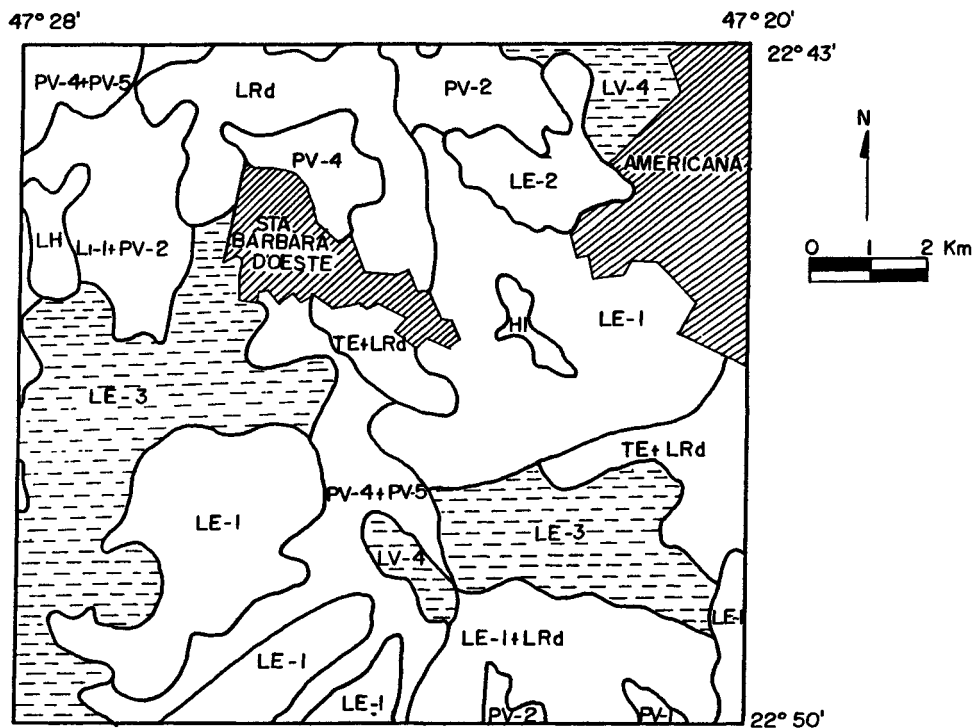


Figura 2. Carta de solos da área de estudo (extraído de OLIVEIRA, MENK & ROTTA, 1977). **Legenda:** LATOSSOLO ROXO LRd. - Distrófico, A moderado, Unidade Barão Geraldo (Typic Haplorthox e Typic Acrorthox). LATOSSOLO VERMELHO ESCURO LE-1.- Álico, A moderado, textura argilosa. Unidade Limeira. (Typic Haplorthox). LE-2.- Álico, A moderado, textura argilosa. Unidade Santo Antônio (Tropetic Haplorthox). LE-3.- A proeminente, textura média ou argilosa. Unidade Cillos (Typic Haplorthox). LATOSSOLO VERMELHO AMARELO LV-4.- Álico, A moderado, textura média. Unidade Bela Aliança. (Typic Haplorthox). LATOSSOLO VERMELHO AMARELO HÚMICO LH. - Álico, textura média ou argilosa. Unidade Camarguinho. (Pachic Umbriorthox). PODZÓLICO VERMELHO AMARELO PV-1.- Abruptico, A moderado espesso, textura arenosa/média. Unidade Alva. (Arenic Abruptic Paleudult). PV-2.- A moderado ou proeminente, textura arenosa/média. Unidade Usina. (Typic Paleudult). PV-4.- A moderado, textura argilosa. Unidade Olaria. (Typic Paleudult). PV-5.- A moderado, textura média ou argilosa. Unidade Palmeiras. (Typic Paleudult). COMPLEXO INDISCRIMINADO DE SOLOS HIDROMÓRFICOS Hi. - Gley Pouco Húmico e Gley Húmico. ASSOCIAÇÕES DE SOLOS LE-1+LRd. -Un. Limeira + Un. Barão Geraldo. PV-4+PV-5.-Un. Olaria + Un. Palmeiras. TE+LRd. - Un. Estruturada + Un. Barão Geraldo Li-1+PV-2.-Solos Litólicos + Unidade Usina.

xx Textura média no horizonte B com ou sem horizonte A arenoso

A toposequência principal dos solos da área (Reta A-B na Figura 3), auxiliou nos traçados dos limites das unidades de mapeamento.

Apesar da perda de detalhes na utilização das imagens orbitais, observa-se no mapa II a separação das unidades onde domina o LE1 (textura argilosa) tonalidade mais escura, e LE3 (textura média) tonalidade mais clara, devido às

diferenças de umidade captadas pela composição colorida 3/4/5.

Essa diferenciação não foi possível com o uso de fotografias aéreas (Mapa I), que considerou toda área como unidade LE3. Foi obtida uma chave de interpretação (TABELA 3) para auxiliar a diferenciação dos objetos nas diferentes imagens orbitais.

TABELA 1. Características descritivas e quantitativas de relevo das unidades de mapeamento estudadas.

Elemento analisado	Unidades de Mapeamento simples ou associações		
	Li1 + PV2	PV4 + PV5	LE1
	Descritivas		
Classe	forte ondulado	ondulado	plano/suave ondulado
Forma de vertente	mista	convexa/mista	reta/ligeira/e convexa
Comprimento da vertente	média	longa	muito longa
Uniformidade	irregular	irregular	uniforme
Gradiente	forte	moderado	suave
	Quantitativas		
Declividade média (Dm)	22,5	14	8,2
Designação de relevo	forte ondulado	ondulado	ondulado

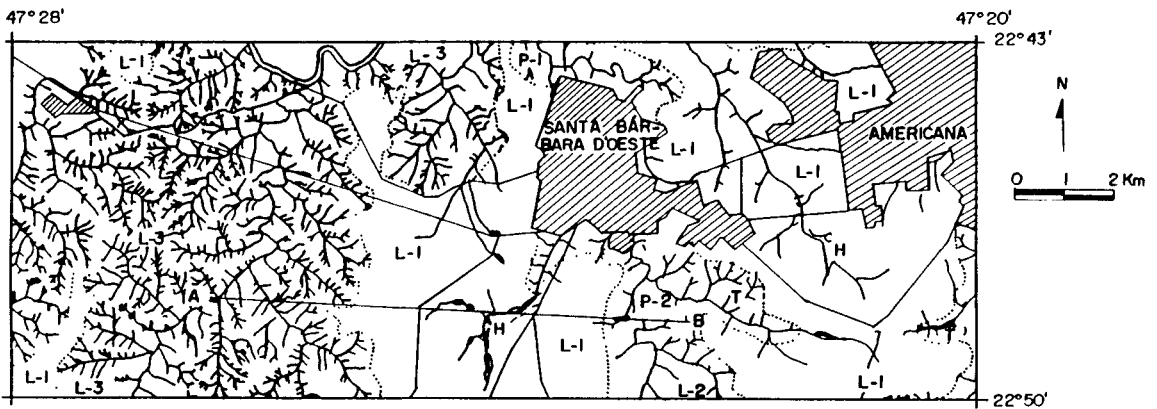


Figura 3 - Mapa morfopedológico I da área em estudo, utilizando fotografias aéreas, escala 1:35.000, de 1978. Legenda: L-1 Colinas amplas, topos extensos e aplainados, drenagem de baixa densidade - LE 3; L-2 Colinas amplas, topos extensos e aplainados, drenagem de baixa densidade - LV-4; L-3 Morrotes alongados e espigões, topos angulosos a achatados, drenagem de alta densidade, padrão dendrítico - Li-1+PV-2; P-1 Morrotes pouco alongados, drenagem de densidade média - PV-4; P-2 Morrotes pouco alongadas, drenagem de densidade média - PV-4+PV-5; T Drenagem de densidade média a baixa - TE+LRd; H Várzea, terrenos horizontais - Hi a levemente inclinados, não inundáveis. (*) De acordo com OLIVEIRA *et al* (1977).

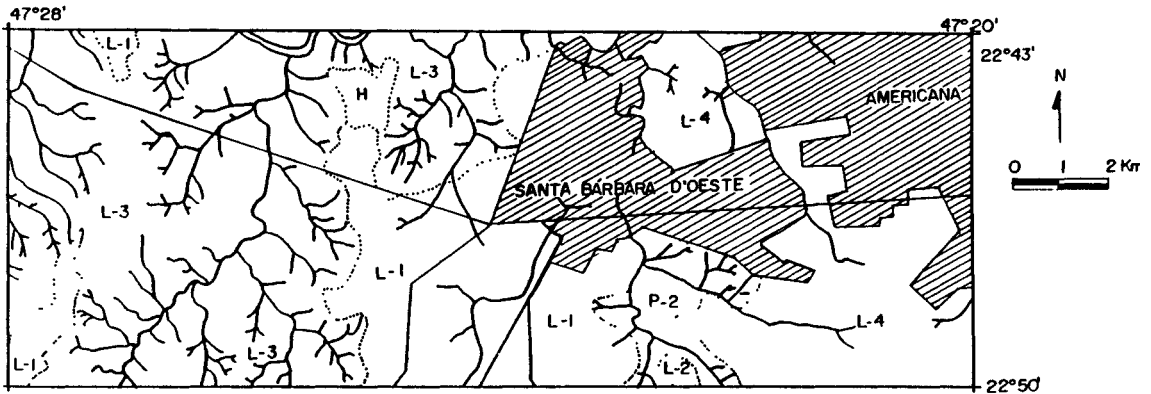


Figura 4 - Mapa morfopedológico II da área em estudo, utilizando imagens LANDSAT-5, bandas 3, 4 e 5, e composição colorida 3/4/5 de 12.09.91. Legenda: L-1 Colinas amplas, topos extensos e aplainados, drenagem de baixa densidade - LE-3; L-2 Colinas amplas, topos extensos e aplainados, drenagem de baixa densidade - LV-4; L-3 Morrotes alongados e espigões, topos angulosos e achatados, drenagem média a alta densidade, padrão dendrítico - Li-1 + PV-2; L-4 Colinas amplas, topos extensos e aplainados, drenagem de baixa densidade - LE-1; L-5 Colinas amplas, topos extensos e aplainados, drenagem de baixa densidade - LH; P-1 Morrotes pouco alongadas, drenagem de densidade média a baixa - PV-4 + PV-5. (*) De acordo com OLIVEIRA et al. (1977).

Correlacionando-se as Figuras 2, 3 e 4, observa-se um maior número de unidades de mapeamento na carta elaborada por OLIVEIRA et al. (1977), devido às observações de campo, porém com um traçado dos limites de solos menos recortados, ratificando que as técnicas de sensoriamento remoto aplicadas a levantamentos de solos, não elimina a necessidade de trabalhos de campo, concordando com BOMBERGER & DILL JUNIOR (1960), mas que porém, promovem um melhor traçado dos limites (BURINGH, 1960).

A unidade de solo LH (Latosolo Húmico), obtida por OLIVEIRA et al. (1977), não foi observada no Mapa I (extraído das aerofotos), porém no Mapa II (extraído das imagens orbitais) seus limites foram evidenciados pela composição colorida, devido à maior retenção de umidade e teor de matéria orgânica.

CONCLUSÕES

Os parâmetros qualitativos e quantitativos analisados mostraram-se eficientes na diferenciação das unidades fisiográficas que têm correspondência com os solos, tanto em amostras circulares quanto em bacias hidrográficas. A classe de textura topográfica, apresentou melhores resultados em amostras circulares.

A utilização de fotografias aéreas, na confecção do mapa morfopedológico, permitiu uma maior riqueza de detalhes no traçado da rede de drenagem, precisão dos limites do mapeamento, delimitação da área urbana e no maior número de unidades de mapeamento.

A utilização de imagens orbitais proporcionou um mapeamento menos detalhado, porém, no caso da composição colorida 3/4/5, foi

TABELA 2 - Propriedades dimensionais das bacias hidrográficas e amostras circulares representativas das associações de solos estudados.

Unidades de Mapeamento simples ou associações	Ordem dos canais	Nw	Lw	Lt	Área	Perímetro	Dd	Fr	T	Classe de textura topográfica
		nº	(km)	(km)	(km ²)	(km)	(km/km)	nº rios /km)	nº rios /km ²)	
Bacias Hidrográficas										
Li1 + PV2	1 ^a	14	2,45	3,65	0,55	2,70	6,64	25,45	5,18	média
	2 ^a	2	0,53							
	3 ^a	1	0,67							
TE + LRd	1 ^a	7	1,72	2,78	0,85	3,15	3,27	8,24	2,22	gros-seira
	2 ^a	3	0,39							
	3 ^a	1	0,67							
LE1	1 ^a	12	7,00	13,13	24,17	14,18	0,54	0,50	0,85	gros-seira
	2 ^a	3	2,70							
	3 ^a	1	3,43							
Amostras Circulares										
Li1 + PV2	1 ^a	95	-	31,50	8,00	5,00	6,30	19,00	11,88	fina
PV4 + PV5	1 ^a	28	-	14,35	8,00	5,00	2,90	5,60	3,50	média
LE1	1 ^a	4	-	4,28	8,00	5,00	0,86	0,80	0,50	gros-seira

TABELA 3. Chave de interpretação obtida em imagens orbitais TM/LANDSAT-5.

Elementos	Bandas				Observações
	3	4	5	3/4/5 colorida	
Drenagem	cinza escuro	clara	muito escuro	preto a verde escuro	Apenas o rio principal (Piracicaba) apareceu na banda 4. A banda 3 foi melhor para o traçado da drenagem. Na composição colorida, os canais principais e espelhos d'água apresentaram-se pretos enquanto que os canais secundários verde-escuro devido à mata ciliar.
Vegetação	médio	claro	escuro	verde escuro	Mata ciliar detectada em apenas alguns canais de frenagem. Não foram vistas matas naturais. Banda 3 e composição colorida foram melhores para a interpretação.
Área urbana	clara	médio	escuro	arroxeados	Melhor banda para identificação foi a 5, bem como a composição colorida.
Rio	preto	preto	preto	preto	Textura lisa, contornos sinuosos.
Rodovia	médio	médio	médio	médio	Forma retilínea e bifurcações.

possível a separação de solos de diferentes texturas (Latossolos argilosos de Latossolos de textura média) e a discriminação do Latossolo Húmico.

A imagem TM/LANDSAT-5 preto-e-brancabanda 3 e composição colorida 3/4/5, foram as melhores na delimitação da rede de drenagem, bem como no mapeamento das unidades de solos.

Nos mapeamentos morfopedológicos ao nível semidetalhado, há perda de detalhamento nos limites dos solos, quando não se utilizam as fotografias aéreas como auxílio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOMBERGER, E.H.; DILL JUNIOR, H.W. Photointerpretation in agriculture. In: American Society of Photogrammetry. Manual of photographic interpretation. Washington, 1960. p.561-632.
- BORGES, M.H.; PFEIFER, R.M.; DEMATTÊ, J.A.M. Evolução e mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotográficas e orbitais, em Santa Bárbara D'Oeste (SP). *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 50, n.3, p.365-371, out./dez., 1993.
- BURINGH, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: American Society Photogrammetry. Manual of photographic interpretation. Washington. 1960. p.633-666.
- CARNEIRO, C.M.R. Estudo de aplicabilidade de imagens MSS do ERTS-1 em levantamentos de solos. Santa Maria, 1973. 63p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.
- CURTIS, L.F.; DOORNKAMP, J.C.; GREGORY, K.J. The description of relief in field studies of soils. *Journal Soil Science*, Oxford, v.16, n.1, p.16-30. 1965.
- CHRISTIAN, C.S.; STEWART, G.A. Methodology of integrated surveys. *Natural Resources Research*, Paris, v.6, p.233-280, 1968.
- DEMATTÊ, J.A.M. Utilização de parâmetros de drenagem com o auxílio de fotografias aéreas, na caracterização de solos desenvolvidos de rochas eruptivas, no estado de Paraná. Piracicaba, 1992, 141p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo.
- FRANÇA, G.V. de. Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba, 1968. 151p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo.
- GIMBARZEVSKY, P. The significance of topographic relief in air photo analysis of landscape pattern. In: SYMPOSIUM OF REMOTE SENSING AND PHOTO INTERPRETATION. Alberta, 1974. *Proceedings...* Alberta: International Society of Photogrammetry, 1974, v.1, p.165-76.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, Washington, v.56, n.1, p.275-370, 1945.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:1.000.000. São Paulo, 1981a. (IPT. Série monografias, 6).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapa geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 1981b. 126p. (IPT: Série monografias, 6).
- KOFFLER, N.F. Análise de relevo a partir de índices de drenagem obtidos com fotografias aéreas. Rio Claro, *Boletim de Geografia Teórica*. Rio Claro, v.12, n.23-24, p.69-76. 1982.
- LEPSCH, I.F. O inventário de solos como base para o planejamento racional do uso da terra In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Aspectos de manejo do solo*. Campinas. 1985. p. 1-42.
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York, McGraw-Hill. 1959. 462p.
- MONTOYA, J.A. Interpretacion de imagens LANDSAT para el mapeo de suelos: bases para uma metodologia. *Revista CIAF*, Bogotá, v.8, n.1, p.201-233, 1983.
- OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F. & ROTTA, C.L. *Levantamento semidetalhado dos solos do estado de São Paulo: quadrícula de Campinas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1977.
- PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. *Photogrammetric Engineering*. Falls Church, v.16, p.3, p.387-408, 1950.
- RABBEN, E.L.; CHALMERS JÚNIOR, E.L.; MANLEY, E.; PICKNP, P. Fundamentals of photointerpretation. In: American Society of Photogrammetry. Manual of photographic interpretation. Washington, 1960. cap. 3, p.99-168.

- RAY, R.G. **Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico.** São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, 1963. 88 p.
- RAY, R.G.; FISHER, W.A. Quantitative photography: a geologic research tool. **Photogrammetry Engineering**, Falls Church, v.26, n.1, p.143-150. 1960.
- SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal of Science**, New Haven, v.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, 1975. 135p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo).
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorfology. **Transactions of the American Geophysical Union**. Washington, v.38, p.913-920, 1957.
- VINK, A.D.A. **Fografias aereas y las ciencias del suelo.** Delf: International Training Centre for Aerial Survey. 1963. 200p.
- YOUNG, A. **Tropical soils and soil survey.** Cambridge: Cambridge University Press, 1976. 468p.
-
- Enviado para publicação em 10.03.93
Aceito para publicação em 28.04.93