

IMAGENS RBV/LANDSAT-3 EM ESTUDOS QUANTITATIVOS DA REDE DE DRENAGEM

J.C.N. Epiphanyo, A.R. Formaggio e M. Valério Filho

Instituto de Pesquisas Espaciais

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Caixa Postal 515, 12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Apresenta-se uma comparação entre a interpretação de parâmetros de drenagem sobre fotografias aéreas na escala de 1:60.000 e sobre Imagem RBV/LANDSAT na escala de 1:100.000. Os parâmetros analisados foram densidade de drenagem; frequência de rios e comprimento médio de rios. Foi realizada uma análise estatística que mostrou haver significativa diferença entre os dois produtos. Foi estabelecido também um fator de perda de informação quando a interpretação é feita sobre imagens RBV/LANDSAT.

ABSTRACT

A comparison between the interpretation of drainage parameters on aerial photographs at the scale of 1:60.000 and on RBV/LANDSAT image at the scale of 1:100.000 is presented. The analysed parameters were drainage density, hidrographic density, and average length of rivers. A statistical analysis was carried out, which showed the existence of a significant difference between the two products. In addition, it was also established an information loss factor when an interpretation is carried out on RBV/LANDSAT images.

1. INTRODUÇÃO

Com o lançamento dos satélites da série LANDSAT, surgiu o interesse de avaliar o potencial dos seus produtos fotográficos na avaliação quantitativa da drenagem, quando comparados com outros produtos mais tradicionais, como é o caso das fotografias aéreas, em várias escalas e em várias apresentações.

A drenagem, juntamente com as feições de relevo, são os fatores que mais se destacam ao se observar um par estereoscópico de fotografias aéreas, ou ao se analisar um produto LANDSAT, dependendo da área de estudo. Desde há muito tempo vários pesquisadores em ciências da terra - tais como geólogos, fisiógrafos, geomorfólogos e, mais recentemente, pedólogos - têm se dedicado ao estudo dos sistemas fluviais como meio de explicar vários fenômenos relativos a cada um de seus campos (França, 1968).

Embora, inicialmente, as redes de drenagem tenham sido discutidas em bases puramente descritivas, o trabalho de Horton (1945) impulsionou vários pesquisadores no sentido de avaliar quantitativamente a drenagem.

Já em 1950, Parvis obteve resultados significativos em suas análises qualitativas e quantitativas da rede de drenagem, Lueder (1959) afirma que o padrão de drenagem desenvolvido em uma área fornece indicações de valor sobre a relação infiltração/deflúvio, ca-

pacidade de infiltração, textura e permeabilidade dos materiais que nela ocorrem. Conclui que solos arenosos, por terem uma maior infiltração, desenvolvem padrões de drenagem pouco densos, enquanto solos argilosos, por apresentarem maior deflúvio, o que dificulta a infiltração, desenvolvem padrões de drenagem mais densos.

No estudo quantitativo de drenagem, Ray e Fisher (1960) desenvolveram o método de amostragem circular, tendo sido seguidos, nesta linha de estudos, por vários autores. Porém, no Brasil, em termos dessa linha de pesquisa, cabe destacar outros autores que tiveram em França (1968) seu precursor: Marchetti (1969), Fadel (1972), Leão (1972), Gevaerd (1974), Souza (1975) e Koffler (1976a, b). Utilizando imagens orbitais, aparedem Moraes (1975), Valério Filho et alii (1976), Koffler (1976a, b) e Santos e Novo (1977), também com ótimos resultados.

Koffler (1976a) introduziu, com êxito, as amostras circulares de 20 e 100 km² para as escalas de 1:60.000 e 1:500.000, respectivamente. Ray e Fisher (1960) demonstraram que as medidas de densidade de drenagem poderão tornar-se inconsistentes se imagens de escalas diferentes forem comparadas entre si. Isso se deveria à perda gradativa da habilidade de detectar pequenos cursos d'água, quando a escala se torna menor.

Uma das principais finalidades dos estudos relativos à rede de drenagem é a diferenciação de solos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se nas proximidades do município de São Carlos - SP e abrange cerca de 1.800 km² (Figura 1).

A vegetação é constituída predominantemente de cerrados, capões de mata e matas de galeria, intensamente cultivada com agricultura e reflorestamento.

O relevo situa-se entre o plano suavemente ondulado e o ondulado; a drenagem é moderada a acentuada.

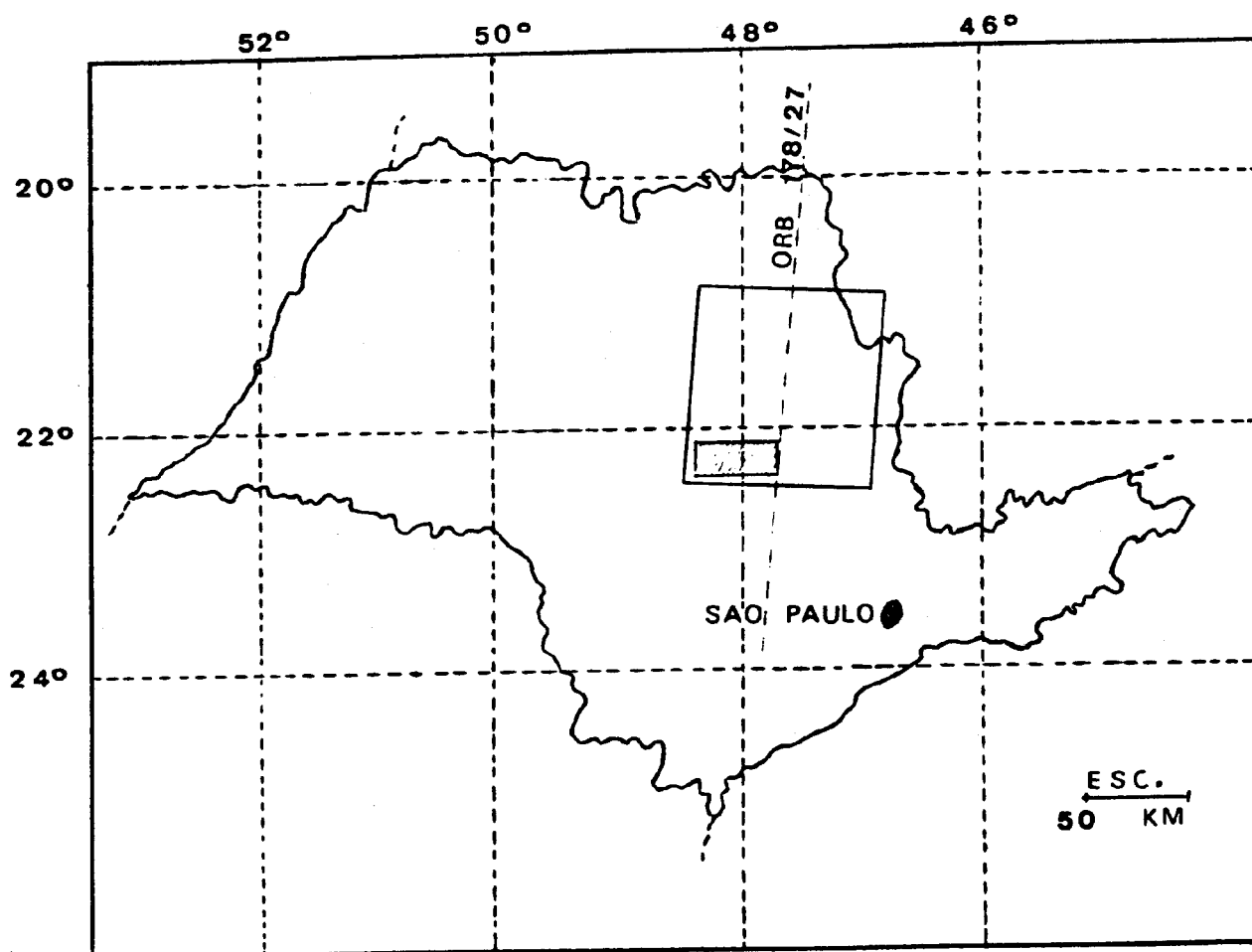


Fig. 1 - Situação da área de estudo

2.2 - MATERIAIS FOTOGRÁFICOS

Para o presente estudo foram utilizadas aerofotografias pancromáticas do tipo vertical, obtidas em 1965, na escala de 1:60.000, e também imagem RBV (Return Beam Vidicon) do satélite LANDSAT-3. As características desses produtos são apresentadas na Tabela 1.

2.3 - IMAGENS DO RBV

As imagens utilizadas no presente estudo foram produzidas através do subsistema RBV (Return Beam Vidicon) do satélite LANDSAT-3.

Esse subsistema é constituído de uma câmara que opera na faixa visível do espectro eletromagnético (0,505 a 0,750 μ m). A câmara é ajustada ao satélite de modo a cobrir uma área de 185 km X 185 km no terreno. Segundo Harper (1977), este sensor tem uma resolução em torno de 37 m, o que o coloca - sob esse aspecto - em vantagem sobre o MSS (Multispectral Scanner Subsystem).

A apresentação das imagens é feita de várias formas. Dentre elas, a que se apresenta sobre papel fotográfico na escala de 1:100.000 foi a utilizada para fazer o traçado da rede de drenagem.

TABELA 1

CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS FOTOGRÁFICOS UTILIZADOS

PRODUTOS CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFIAS AÉREAS	IMAGENS RBV/LANDSAT-3
1) Escala	1:60.000	1:100.000
2) Formato	22 cm x 23 cm	96 cm x 96 cm
3) Recobrimento	- Long.: 60% - Lat.: 30%	- - 10%
4) Área coberta/produto	- 190 km ²	- 8.556,25 km ²
5) Base	Papel fotográfico preto e branco	Papel fotográfico preto e branco
6) Data de aquisição	Abril, Maio e Junho de 1965	Junho de 1979

Cabe salientar que a imagem, ao ser processada, é fracionada em quatro subcenas, sendo que a subcena C, da passagem de 02/07/79, órbita 178, ponto 27, foi a utilizada (Figura 1).

2.4 - METODOLOGIA

Pelo exame dos pares estereoscópicos das fotografias aéreas foi feito um traçado minucioso, sobre papel transparente ("overlay"), da rede de drenagem, o qual incluiu todos os canais de drenagem bem definido e claramente visíveis, quer de cursos d'água permanentes, quer temporários. Nesta etapa foi utilizado um estereoscópio de espelho Wild, com ocular 3X.

Posteriormente, para obter uma visão global do conjunto da drenagem decalcada, procedeu-se à montagem dos "overlays" individuais, tendo-se como controle os pontos mais proeminentes do terreno. Utilizou-se somente a área mais central dos "overlays", a fim de diminuir os efeitos das conhecidas distorções aerofotográficas periféricas.

Na imagem RBV/LANDSAT-3, após a delimitação da área de interesse, extraiu-se, com o máximo de detalhe, a rede de drenagem, a qual foi traçada sobre um "overlay" na escala aproximada de 1:100.000.

Como a precisão dos instrumentos de medida se reduz muito em escalas pequenas, efetuou-se uma ampliação do traçado da rede de drenagem obtido da imagem RBV/LANDSAT-3 para a mesma escala das fotografias aéreas, isto é, 1:60.000, com o auxílio de um Pantógrafo de Precisão CCT 500, KEMPTEN. Este procedimento também foi útil para a unificação do tamanho das amostras circulares a serem usadas,

de modo que este não fosse um fator indesejável de introdução de variações nas análises (Koffler, 1976b).

Os traçados globais mostraram áreas claramente distintas em relação à quantidade de drenagem. Acreditava-se inicialmente que as áreas mais drenadas perderiam mais informações quando analisadas em escalas menores, devido ao fato de conterem mais canais de 1ª ordem. Grande parte desses canais seria omitida durante a interpretação das imagens RBV, devido à menor resolução do sistema e, também, à ausência de estereoscopia em relação às fotografias aéreas. Assim, procedeu-se a uma separação da área de estudo em duas regiões homólogas: zona homóloga menos drenada (designada por "A"), e zona homóloga relativamente mais drenada (designada por "B").

Para cada zona homóloga foram selecionadas amostras circulares de 20 km², como recomenda Koffler (1976a e b), para trabalhos em produtos na escala de 1:60.000; a zona homóloga A era constituída de 15 amostras e a zona B, de 14.

2.4.1 - ÍNDICES UTILIZADOS

Através de revisão bibliográfica, foram selecionados os seguintes índices quantitativos das redes de drenagem, a fim de que as informações obtidas das aerofotografias e da imagem RBV pudessem ser comparados:

- 1) Densidade de Drenagem (Dc) - adaptado da fórmula de Horton (1945) por Ray e Fisher (1960):

$$Dc = \frac{L_t}{A}$$

2) Frequência de Rios (Fc) - adaptado da fórmula de Horton (1945) por Souza (1975):

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

3) Comprimento Médio de Rios (Lm) - sugerido por Koffler (1976b):

$$L_m = \frac{L_t}{N}$$

onde:

- L_t é o comprimento total de rios (km)
- A é a área da amostra circular (km²) e
- N é o número total de rios de 1ª ordem.

Além desses índices, procurou-se descrever um fator que pudesse expressar a quantidade de informações (número total de rios de 1ª ordem e comprimento total de rios) que se perderia quando da mudança de escala e de produtos para a interpretação de drenagem. Para isso, elaboraram-se as fórmulas:

$$P_N = \frac{\sum N_{F.A.}}{\sum N_{RBV}} \quad e \quad P_{L_t} = \frac{\sum L_{t_{F.A.}}}{\sum L_{t_{RBV}}}$$

onde:

- P_N = fator de perda para número de rios;
- N_{F.A.} = número de rios de 1ª ordem nas aerofotografias;
- N_{RBV} = número de rios de 1ª ordem na imagem RBV;
- P_{L_t} = fator de perda para comprimento de rios;
- L_{t_{F.A.}} = comprimento de rios nas aerofotografias;
- L_{t_{RBV}} = comprimento de rios na imagem RBV.

Para verificar se havia significância nas diferenças entre os dados obtidos da interpretação da rede de drenagem de aerofotografias e da interpretação de imagem RBV, aplicou-se a eles uma análise estatística não-paramétrica, através do Teste das Ordens Assinaladas de Wilcoxon (Steel and Torrie, 1960; Campos, 1979). Optou-se por esse teste estatístico não só devido à simplicidade de aplicação, como também ao fato de a amostragem não ter sido aleatória.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medidas efetuadas nas amostras circulares são apresentados nas Figuras 2 a 7, e as respectivas análises estatísticas estão na Tabela 2. Os resultados dos fatores de perda estão na Tabela 3.

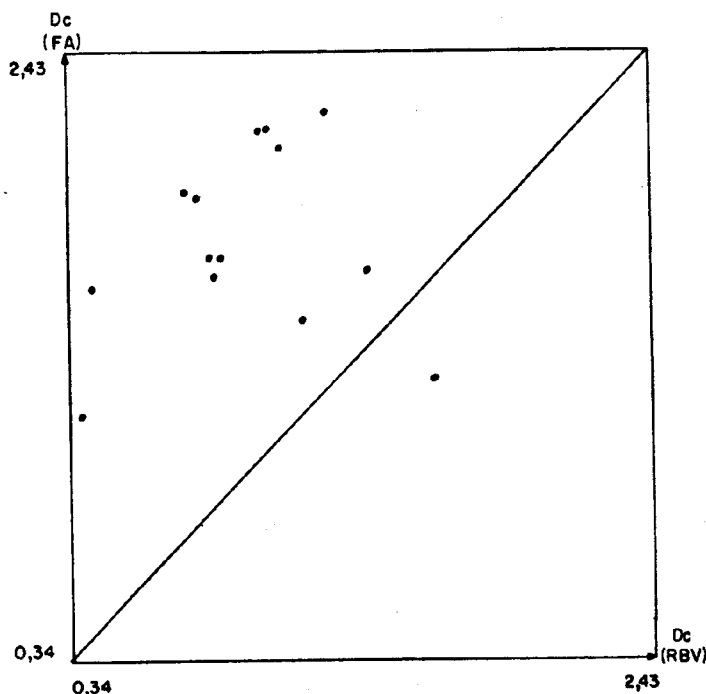


Fig. 2 - Densidade de Drenagem (Dc): FA x RBV para a zona homóloga B.

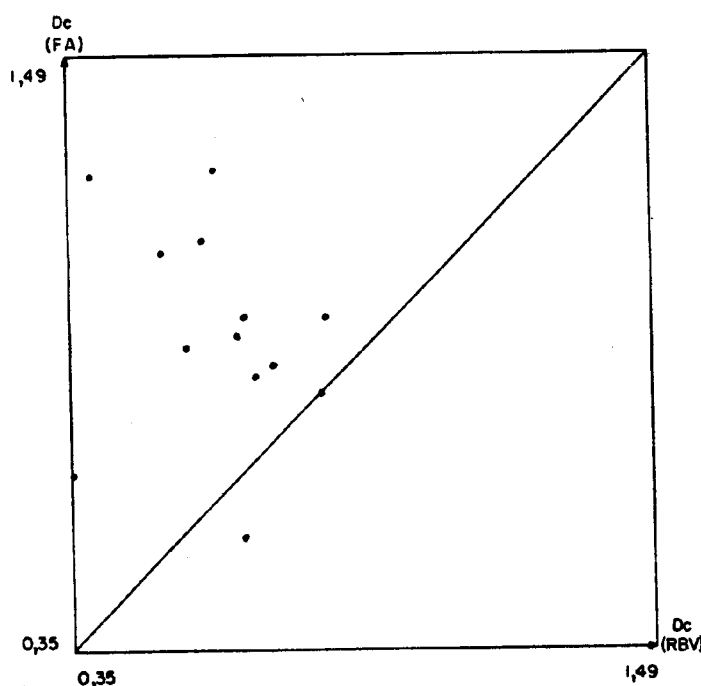


Fig. 3 - Densidade de Drenagem (Dc): FA x RBV para a zona homóloga A.

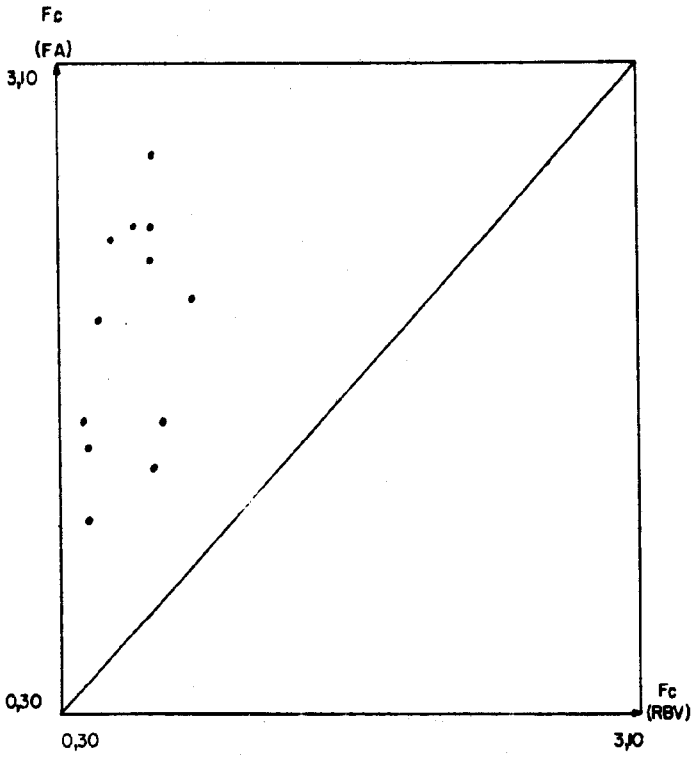


Fig. 4 - Frequência de Rios (Fc): FA x RBV para a zona homóloga B.

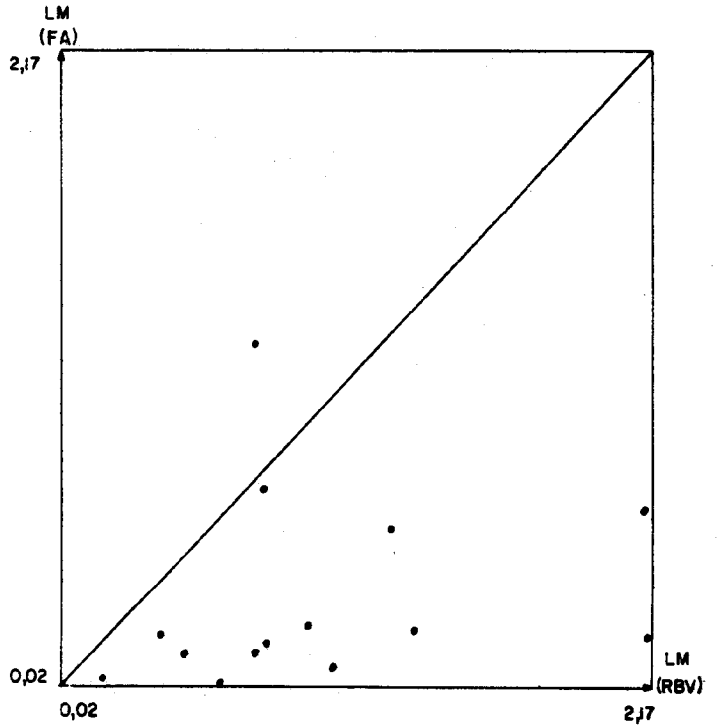


Fig. 6 - Comprimento Médio (Lm): FA x RBV para a zona homóloga B.

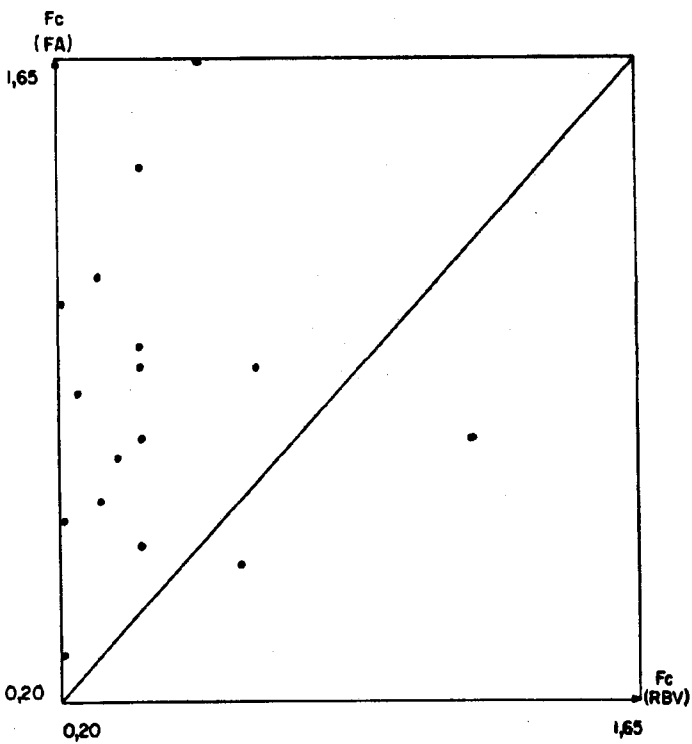


Fig. 5 - Frequência de Rios (Fc): FA x RBV para a zona homóloga A.

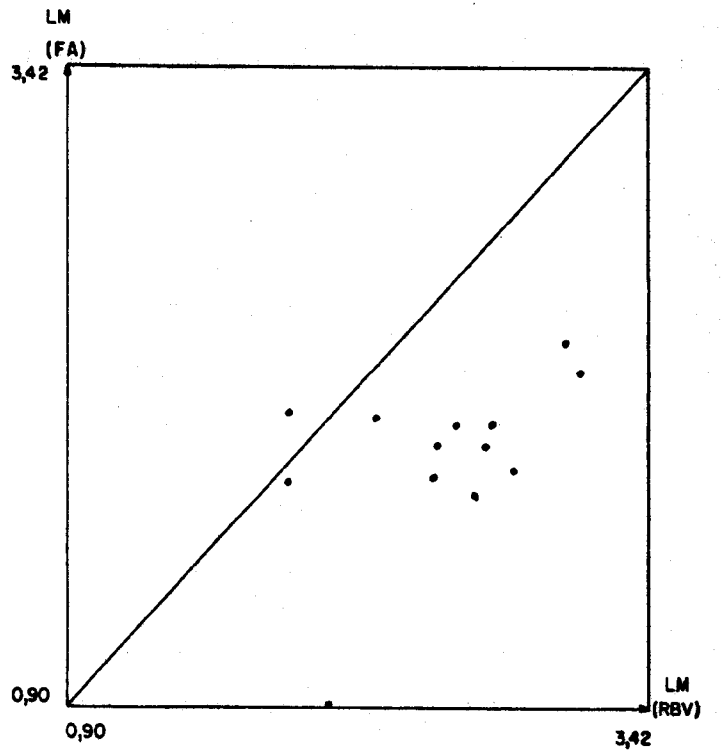


Fig. 7 - Comprimento Médio (Lm): FA x RBV para a zona homóloga A.

TABELA 2

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ÍNDICES PARA AS ZONAS HOMÓLOGAS A E B

ÍNDICE	ZONA	T ENCONTRADO
Dc	A	10**
	B	0**
Fc	A	3**
	B	0**
Lm	A	5**
	B	3**

** Significativo para o nível de 1%

Nas Figuras 2 a 7 estão dispostos os valores dos índices encontrados nas amostras circulares para cada zona homóloga. No eixo das abscissas estão os valores dos índices para a imagem RBV/LANDSAT e no eixo das ordenadas, os valores dos índices para as fotografias aéreas.

Tanto para a zona homóloga A quanto para a zona homóloga B os resultados das análises estatísticas mostraram significativas diferenças entre os dados resultantes das interpretações das fotografias aéreas e da imagem RBV, para todos os índices analisados.

Analisando-se a Tabela 3, observa-se que tanto para a zona A quanto para a B houve maior perda para o número de rios (Pn) do que para o comprimento de rios (Plt). Isso é um indicativo de que se perdem mais informações sobre os canais de ordens inferiores, quando se trabalha em escalas menores, o que prejudica mais acentuadamente as inferências sobre solos.

Além disso, é de se esperar que os índices dependentes desses parâmetros comportem-se diferentemente. A Densidade de Drenagem (Dc) é a relação entre o comprimento de rios e a área da amostra circular. Ao se analisarem os dois produtos, a diferença mostrou-se significativa devido a uma maior perda de informação sobre o comprimento de rios na imagem RBV, em relação às fotografias aéreas. Como muitos rios de 1ª ordem não puderam ser delineados quando da interpretação da imagem RBV, o comprimento correspondente não pode ser medido, influenciando decisivamente nessa diferença (Figuras 2 e 3).

As relações entre o número de rios e a área da amostra circular é a Frequência de Rios (Fc). Sua análise permite a afirmação de que a significância da diferença encontrada entre as duas interpretações resulta de uma grande perda de informações sobre os rios de 1ª ordem, ocorrida na interpretação da drenagem sobre a imagem RBV (Figura 4 e 5).

O Comprimento Médio de Rios (Lm) apresentou significativa diferença quando observado em cada produto. Os dois primeiros índices analisados mostraram valores maiores na interpretação das aerofotografias (Figuras 6 e 7). Porém, com o Comprimento Médio ocorreu o inverso, ou seja, os maiores valores foram os obtidos da imagem RBV. Todos os índices analisados mostram uma diferença significativa a favor das aerofotografias, exceto para o Comprimento Médio de Rios, em que a diferença é favorável à imagem RBV. Isso quer dizer que, ao se interpretar a imagem do RBV quanto à rede de drenagem, houve perdas tanto em comprimento quanto em número de rios; porém a perda em número de rios foi bem maior que a perda em comprimento de rios. Essa discussão pode ser melhor visualizada através da observação da Tabela 3.

A divisão da área de estudo em duas zonas homólogas quanto à quantidade de drenagem contribuiu para que se pudesse afirmar haver maiores perdas de informações em áreas mais drenadas (B) que em áreas menos drenadas (A), tanto para o comprimento quanto para o número de rios (Tabela 3).

Nesse tipo de trabalho, em que se procura analisar a perda de informação nas interpretações de dois produtos diferentes, deve-se levar em conta as facilidades de interpretação de cada produto. No presente caso, o uso da estereoscopia foi fator preponderante na caracterização de diferenças quanto às possibilidades de interpretação da drenagem sobre os dois produtos analisados.

Ao tentar avaliar as causas das grandes variações apresentadas nas interpretações dos dois produtos em questão, outros aspectos devem ser levados em consideração. Entre esses fatores, podem-se destacar a resolução e o fator de ampliação. Sabe-se que, quanto melhor for a resolução, maior será a capacidade de observar detalhes; e que para cada ampliação há uma perda de qualidade do produto final (National Academy of Science, 1971).

Deve ser destacado ainda que, devido à diferença de datas, muitos canais não foram vistos durante a interpretação da imagem RBV devido ao fato de que muitas matas de galeria já haviam sido retiradas naquela data de passagem do satélite, o que tornou os canais de primeira ordem indivisíveis na interpretação, além de a menor resolução do RBV torná-la ainda mais difícil.

TABELA 3

FATORES DE PERDA DE INFORMAÇÃO DE NÚMERO DE RIOS (P_n) E DE COMPRIMENTO DE RIOS (P_{lt}) PARA AS AMOSTRAS DAS ZONAS HOMÓLOGAS A E B DE DRENAGEM

ZONA HOMÓLOGA A			ZONA HOMÓLOGA B		
FATORES DE PERDA AMOSTRA	P_n	P_{lt}	FATORES DE PERDA AMOSTRA	P_n	P_{lt}
A1	3,60	1,16	B1	1,94	1,27
A2	3,50	2,02	B2	1,80	1,20
A3	3,83	1,85	B3	2,21	1,91
A4	2,50	2,11	B4	3,87	1,97
A5	2,00	1,21	B5	6,67	3,88
A6	1,36	1,19	B6	7,75	7,23
A7	2,14	1,01	B7	4,27	2,04
A8	3,00	1,71	B8	3,00	2,61
A9	0,77	0,73	B9	3,20	2,07
A10	5,5	3,23	B10	3,60	1,77
A11	1,37	0,83	B11	4,00	2,42
A12	2,17	1,43	B12	3,22	1,91
A13	1,50	1,94	B13	2,55	3,12
A14	3,00	1,42	B14	3,69	2,11
A15	2,37	1,61			
MÉDIA	2,57	1,56	MÉDIA	3,70	2,54
DESVIO PADRÃO	1,21	0,53	DESVIO PADRÃO	1,68	1,52

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições de execução do presente trabalho, observou-se que todos os índices analisados apresentaram diferenças significativas ($\alpha=0,01$) de interpretação sobre os dois produtos, sendo que as perdas de informação foram maiores para a imagem RBV. O desenvolvimento dos índices Fator de Perda permitiu a conclusão de que a maior perda foi em número de rios do que em comprimento total de rios, e que as áreas mais drenadas perdem mais informação do que as áreas menos drenadas. Além disso, fatores como datas de obten-

ção dos produtos, recursos de interpretação, diferenças intrínsecas de cada produto influem decisivamente nos resultados desse tipo de comparação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS, H. de *Estatística experimental não-paramétrica*. 3ª ed. Piracicaba, ESALQ/USP, 1979, 345 p.
- FADEL, A. *Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de três séries de solos da Fazenda Ipanema, Município de Araçoiaba da Serra (SP)*. Tese de Mestrado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ/USP, 1972. 92 p.

- FRANÇA, G.V. de *Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba*. Tese de Doutorado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ/USP, 1968. 151 p.
- GEVAERD, I. *Parâmetros fotoanalíticos de três unidades de solos da região nordeste paranaense*. Tese de Mestrado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ/USP, 1974. 110 p.
- HARPER, D. *Eye in the sky: Introduction to Remote Sensing*. 2ª ed. Montreal, Multiscience, 1977. 164 p.
- HORTON, R.E. Erosional development of stream and their drainage basis: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of Geological Society of America*, 56(3):275-370, Mar. 1945.
- KOFFLER, N.F. *Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do arenito de Bauru*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1976a. 167 p. (INPE-898-TPT/029).
- KOFFLER, N.F. *Análise aerofotográfica da influência da área de amostragem circular na caracterização quantitativa do padrão de drenagem*. São José dos Campos, INPE, nov. 1976b. 20 p. (INPE-974-NTE/074).
- LEÃO, S.R.F. *Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvidos em dois solos do Distrito Federal*. Tese de Mestrado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ/USP, 1972. 110 p.
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York, McGraw-Hill, 1959. 462 p.
- MARCHETTI, D.A.B. *Fotointerpretação de atributos do relevo aplicada a solos da região de Piracicaba*. Tese de Doutorado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ/USP, 1969. 58 p.
- MORAES, E.M.L. de *Análise morfométrica de bacias hidrográficas através de imagens do LANDSAT-1*. São José dos Campos, INPE, ago, 1975. 29 p. (INPE-728-NTI/026).
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Remote Sensing with special reference to agriculture and forestry*. 3ª ed. Washington, DC, 1971. 424 p.
- PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soil and bedrocks. *Photogrammetric Engineering*, 16(sf):387-409, 1950.
- RAY, R.G.; FISCHER, W.A. Quantitative photography: a geologic research tool. *Photogrammetric Engineering*, 26(2):143-150. 1960.
- SANTOS, A.P.; NOVO, E.M.L.M. *Uso de dados do LANDSAT-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários no sudoeste da Amazônia Legal*. São José dos Campos, INPE, jun., 1977. 183 p. (INPE-1044-TPT/056).
- SOUZA, M.L.P. *Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrentes no município de Ponta Grossa - PR*. Tese de Mestrado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ-USP, 1975. 135 p.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw-Hill, 1960. 482 p.
- VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. *Avaliação das Imagens Orbitais (LANDSAT-1) como base para levantamento de solos*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1976. (INPE-912-TPT/030).