

## N O T I C E

THIS DOCUMENT HAS BEEN REPRODUCED FROM  
MICROFICHE. ALTHOUGH IT IS RECOGNIZED THAT  
CERTAIN PORTIONS ARE ILLEGIBLE, IT IS BEING RELEASED  
IN THE INTEREST OF MAKING AVAILABLE AS MUCH  
INFORMATION AS POSSIBLE

"Made available under NASA sponsorship in the interest of early and wide dissemination of Earth Resources Survey Program information and without liability for any use made thereof."

[82-10008

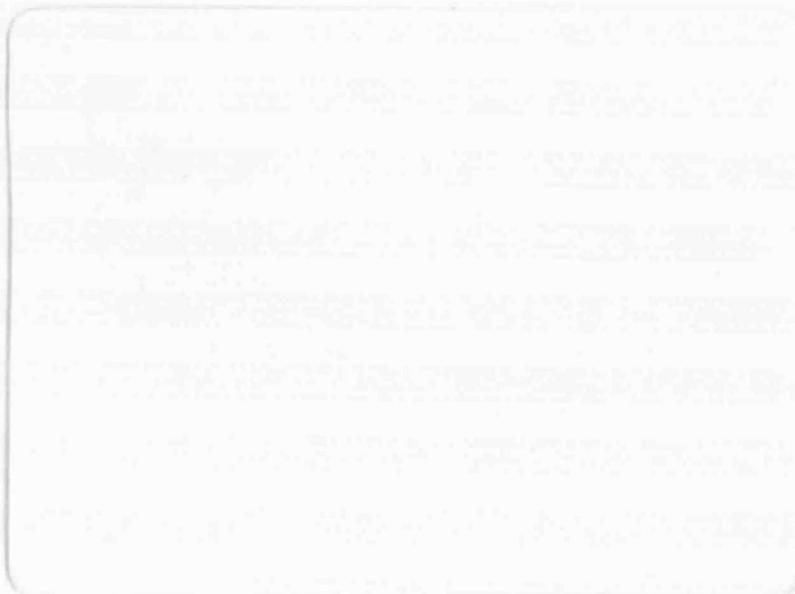
CR-144904

(E82-10008) QUANTITATIVE ANALYSIS OF DRAINAGE OBTAINED FROM AERIAL PHOTOGRAPHS AND RBV/LANDSAT IMAGES (Instituto de Pesquisas Espaciais, Sao Jose) 29 p HC A03/MF A01

N82-15486

Unclas 00008

CSCL 08H G3/43



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDENCIA DA REPUBLICA

RECEIVED BY

RECEIVED BY

NASA STI FACILITY

DATE JUL 20 1981

DCAF NO. 002949

PROCESSED BY

NASA STI FACILITY

ESA-ESU  ARA



CNPq

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Classificação INPE-COM.9/RPE C.D.U.: 528.711.7:556.51		2. Período	4. Distribuição
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) SENSORIAMENTO REMOTO      DRENAGEM RBV/LANDSAT                      SOLOS FOTOGRAFIA AÉREA              AMOSTRA CIRCULAR			interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº INPE-2075-RPE/310	6. Data Maio de 1981	7. Revisado por Antonio Tebaldi Tardin Antonio Tebaldi Tardin	
8. Título e Sub-Título ANÁLISE QUANTITATIVA DA DRENAGEM OBTIDA ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E IMAGENS DO RBV/LANDSAT.		9. Autorizado por Nelson de Jesus Parada Diretor	
10. Setor DSR/DDP	Código 30.241.000	11. Nº de cópias 20	
12. Autoria Antonio Roberto Formaggio José Carlos Neves Epiphânio Mário Valério Filho		14. Nº de páginas 28	
13. Assinatura Responsável	<i>Formaggio</i>	15. Preço	
16. Sumário/Notas <p>O presente trabalho procurou mostrar uma comparação entre a densidade de drenagem, a frequência de rios, o comprimento médio de rios, e a textura de drenagem, quando analisados em fotografias aéreas panorâmicas na escala de 1:60.000 e em imagens do RBV/LANDSAT na escala de 1:100.000. A análise estatística dos dados mostrou que há significativa diferença entre os dois produtos no tocante aos índices utilizados. Concluiu-se, ainda, que havia uma maior perda de informação em relação ao número de rios que em relação ao comprimento médio. As áreas mais drenadas também perderam mais informação que as menos drenadas.</p>			
17. Observações Trabalho aceito para apresentação na 33 <sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC.			

## INDICE

ABSTRACT .....	iv
LISTA DE TABELAS .....	v
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	1
2.1 - Estudo da Rede de Drenagem .....	1
2.2 - O Estudo da Rede de Drenagem sobre Fotografias Aéreas e sobre Imagens Orbitais .....	2
2.3 - Amostragem Circular .....	3
2.4 - Características Quantitativas dos Padrões de Drena gem Analisadas através de Amostras Circulares .....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	5
3.1 - Área de Estudo .....	5
3.2 - Materiais Fotográficos .....	6
3.3 - Imagens do RBV .....	8
3.4 - Metodologia .....	8
3.4.1 - Índices Utilizados .....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	11
5. CONCLUSÕES .....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22

\*\*\* THIS PAGE BLANK NOT FILLED

### ABSTRACT

*In this study, comparisons were made between data obtained from aerial photographs (1:60,000) and RBV/LANDSAT imagery (1:100,000) about drainage density, drainage texture, hydrography density and the average length of channels. Statistical analysis shows that significant differences were found between data of the two sources. The highly drained area lost more information than the less-drained one. In addition, it was observed that the loss of information about the number of rivers was higher than that about the length of channels.*

## LISTA DE TABELAS

1 - Características dos Produtos Utilizados .....	6
2 - Resultados das Medidas sobre as Amostras Circulares .....	13
3 - Análise Estatística da Frequência de Rios para as Zonas Homólogas A e B .....	14
4 - Análise Estatística da Razão de Textura para as Zonas Homólogas A e B .....	15
5 - Análise Estatística do Comprimento Médio de Rios para as Zonas Homólogas A e B .....	16
6 - Análise Estatística da Densidade de Drenagem para as Zonas Homólogas A e B .....	17
7 - Fatores de Perda de Informação de Número de Rios ( $P_n$ ) e de Comprimento de Rios ( $P_{lt}$ ), para as Zonas Homólogas A e B, de Drenagem .....	18

## 1. INTRODUÇÃO

Dos elementos de reconhecimento utilizados em Fotopedologia, a drenagem pode ser classificada entre os mais importantes, em virtude da riqueza de informações que pode fornecer.

Devido ao fato de ser possível traçar a rede de drenagem de uma área qualquer, com grande riqueza de detalhes, tanto em aerofotografias como em imagens do RBV/LANDSAT, e também de estas possuírem as vantagens de permitirem uma visão sinótica do padrão, de serem repetitivas e de terem um custo bem menor que aquelas, o objetivo precípuo do presente trabalho foi estudar até que ponto o segundo produto pode substituir o primeiro na obtenção de dados quantitativos da drenagem superficial, sem que haja perda da confiabilidade dos mesmos, para pesquisas de solos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - ESTUDO DA REDE DE DRENAGEM

De acordo com França (1968), há muitos anos os sistemas fluviais têm despertado o interesse de pesquisadores em ciências da terra, especialmente geólogos, fisiógrafos e geomorfólogos. Mais recentemente, especialistas de outros setores, como engenheiros de estradas, hidrólogos e cientistas de solos, também passaram a se dedicar ao estudo das redes de drenagem, por verificarem que elas refletiam certas características dos materiais superficiais sobre os quais se desenvolveram. Todavia, até cerca de duas décadas atrás, esses pesquisadores trabalharam quase que inteiramente em bases descritivas, pois seu interesse maior consistia em descrever as formas do relevo atual ou identificar a natureza dos solos ou das rochas subjacentes. Como resultado de suas descobertas, muitos padrões de drenagem foram descritos e classificados, procurando-se correlacioná-los à natureza dos solos e dos substratos rochosos e/ou à presença de estruturas geológicas. Com o impulso dado em 1945 por Horton, e sob a compreensão crescente de que a análise descritiva clássica tem valor limitado, alguns pesquisadores começaram a tentar, na análise

de bacias hidrográficas e suas redes de drenagem, linhas de estudo quantitativas.

Lueder (1959) afirma que o padrão de drenagem desenvolvido em uma área fornece indicações valiosas acerca da relação infiltração/deflúvio, capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais que nela ocorrem. Assim, solos arenosos preferivelmente têm maior infiltração e, portanto, o padrão de drenagem tende a ser pouco denso; solos argilosos favorecem maior deflúvio, com pouca infiltração, criando um padrão de drenagem mais denso.

## 2.2 - O ESTUDO DA REDE DE DRENAGEM SOBRE FOTOGRAFIAS AÉREAS E SOBRE IMAGENS ORBITAIS

O reconhecimento dos padrões de drenagem e o estudo quantitativo de seus elementos são muito facilitados pelo uso de fotografias aéreas (Parvis, 1950).

Vários autores fizeram estudos qualitativos e quantitativos da rede de drenagem por meio do uso de fotografias aéreas, tendo obtido resultados altamente positivos; dentre eles podem ser citados: Parvis (1950); Lueder (1959); Ray e Fischer (1960); Ray (1963); Ricci e Petri (1965); França (1968); Marchetti (1969); Fadel (1972); Leão (1972); Gevaerd (1974); Souza (1975) e Koffler (1976 a,b).

A partir de 1972, com o lançamento dos satélites do Programa LANDSAT, tornaram-se disponíveis produtos orbitais de pequena escala, produtos estes que oferecem, principalmente, as vantagens de repetitividade, visão global dos padrões superficiais terrestres e baixo custo de obtenção, em relação às fotografias aéreas.

Moraes (1975) realizou um estudo comparativo dos dados qualitativos e quantitativos da drenagem, obtidos das imagens do MSS/LANDSAT-1 nas escalas de 1:1.000.000 e 1:500.000, com os obtidos de Cartas Topográficas na escala de 1:100.000, que são o tipo de documentação

normalmente utilizada para estudos morfométricos; pelos resultados conseguidos, concluiu que as imagens do LANDSAT-1, podem substituir as fontes convencionais de dados para estudos quantitativos das redes hidrográficas.

Valério Filho et alii (1976), Koffler (1976 a,b) e Santos e Novo (1977), dentre outros autores, utilizaram imagens orbitais para estudos da rede de drenagem, com grande sucesso para as finalidades a que se propuseram.

### 2.3 - AMOSTRAGEM CIRCULAR

De acordo com França (1968), é muito comum o emprego de termos subjetivos, como "alta" e "baixa", para a densidade de drenagem (Lueder, 1959; Miller e Miller, 1961; Ray, 1963), bem como "fina" e "grosseira" para a textura (Von Engel, 1942; Parvis, 1950; Ray, 1963; Ricci e Petri, 1965). Obviamente, esses termos perdem muito do significado que poderiam ter, por não se referirem a valores numéricos.

A fim de que a comparação de dados e as conclusões tiradas sejam válidas, é necessário que as amostras de bacias hidrográficas tenham suficiente homogeneidade geológica e edafológica (França, 1968) apresentem solos semelhantes (Frost, 1960), além de semelhança geométrica entre as bacias a comparar, como postula Strahler (1957).

Evidentemente, a escolha de amostras com essas características em comum é tarefa difícil, pois, como muito bem foi enfatizado por Smith (1943), a natureza não se submete a esquemas simplificados.

Para superar tais dificuldades, Ray e Fischer (1960) desenvolveram o método de amostragem circular e estudaram a significância da densidade de drenagem com respeito à litologia, utilizando tal método em fotografias aéreas, obtendo resultados altamente consistentes.

Posteriormente, este método foi utilizado com sucesso por França (1968), para estudos de solos. Seu trabalho foi corroborado pelos trabalhos de diversos pesquisadores, como Marchetti (1969), Fadel (1972), Vasques Filho (1972), Leão (1972), Gevaerd (1974), Souza (1975) e Koffler (1976 a), que estabeleceram índices que caracterizam solos brasileiros.

Como o trabalho de França (1968) e os de seus seguidores, até Souza (1975), foram desenvolvidos apenas sobre fotografias aéreas na escala de 1:25.000, Koffler (1976 a) procurou verificar o que ocorre com os padrões de drenagem, quando observados em imagens verticais de diferentes escalas. Para isso, utilizou amostras circulares de 10 Km<sup>2</sup>, já comprovadas para a escala de 1:25.000, e introduziu, com êxito, amostras circulares de 20 Km<sup>2</sup> e 100 Km<sup>2</sup> para as escalas de 1:60.000 e de 1:500.000, respectivamente.

Em seguida, Koffler (1976 b) realizou uma pesquisa, a fim de verificar a influência exercida pela utilização de amostras circulares de diferentes dimensões sobre características quantitativas do padrão de drenagem. Para este fim, foram analisadas amostras circulares que variaram de 10 a 100 Km<sup>2</sup>, exclusivamente em fotografias aéreas na escala de 1:60.000, considerando-se os padrões de drenagem desenvolvidos sobre Solos Podzolizados de Lins e Marília e Latossol Vermelho Escuro - fase arenosa. Koffler (1976 b) concluiu que tanto a caracterização quantitativa de um padrão de drenagem como a sua comparação com outros pode ser efetuada através dos índices de densidade de drenagem, de frequência de rios e de comprimento médio, independentemente das amostras circulares, desde que sejam representativas.

Ray e Fischer (1960), citados por Koffler (1976 a), demonstraram que as medidas de densidade de drenagem poderão se tornar inconsistentes se fotografias de escalas diferentes forem comparadas entre si. Isto se deve à perda gradativa da habilidade de detectar pequenos cursos d'água, quando a escala se torna menor. Observaram que a relação entre a variação da escala e a diminuição da densidade de drena

gem é uma função linear, e sugeriram que um simples fator de conversão pode permitir a determinação da densidade de drenagem a partir de diferentes escalas.

#### 2.4 - CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DOS PADRÕES DE DRENAGEM ANALISADAS ATRAVÉS DE AMOSTRAS CIRCULARES

França (1968) utilizou o método das amostras circulares para caracterizar o índice de densidade de drenagem de alguns solos da região de Piracicaba - SP, obtendo excelentes resultados.

Seguindo a linha de estudos iniciada por França (1962), Marchetti (1969), Fadel (1972), Vasques Filho (1972), Leão (1972), Gevaerd (1974), Souza (1975) e Koffler (1976 a) estabeleceram índices que caracterizaram diversos solos brasileiros. Todos esses autores utilizaram o método de amostragem circular de 10 Km<sup>2</sup> apenas para a densidade de drenagem, exceto Souza (1975), que o estendeu para 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. Os dados por ele obtidos indicaram que a área das amostras circulares pode variar conforme a área de ocorrência dos solos estudados, não sendo fixo o valor de 10 Km<sup>2</sup>. Anteriormente, Buringh (1960) já havia mencionado uma amplitude de 10 a 100 Km<sup>2</sup> para estudar a ocorrência e a densidade da rede de drenagem.

Koffler (1976 a) também utilizou esse método para os índices de densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura para os Solos Podzolizados de Lins e Marília e para Latossol Vermelho Escuro - fase arenoso, com ótimos resultados.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se nas proximidades do municí

pio de São Carlos, no Estado de São Paulo, e abrange cerca de 1.800 Km<sup>2</sup> (Figura 1).

A vegetação é constituída predominantemente de cerrados, com capões de matas e matas de galeria, bem como de intenso cultivo agrícola e de reflorestamentos. O relevo varia entre o plano, suavemente ondulado e ondulado; a drenagem é moderada a acentuada.

### 3.2 - MATERIAIS FOTOGRÁFICOS

Os estudos basearam-se em aerofotografias pancromáticas do tipo vertical, obtidas em 1965 pela United States Air Force (U.S.A.F.), em cooperação com o governo brasileiro, e também em imagens do sensor RBV (Return Beam Vidicon) do Satélite LANDSAT-3; as características destes produtos estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1

#### CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS UTILIZADOS

PRODUTOS CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFIAS AÉREAS	IMAGENS DO RBV/LANDSAT-3
1 - ESCALA	1:60.000	1:100.000
2 - FORMATO	23 x 23 cm	96 x 96 cm
3 - RECOBRIMENTO	- Longit.: 60% - Lat.: 30%	- -10%
4 - ÁREA COBERTA/PRODUTO	-190 Km <sup>2</sup>	-8.556,25 Km <sup>2</sup>
5 - BASE	PAPEL FOTOGRÁFICO PRETO E BRANCO	PAPEL FOTOGRÁFICO PRETO E BRANCO
6 - DATA DE AQUISIÇÃO	ABRIL, MAIO, JUNHO 1965	JUNHO/1979

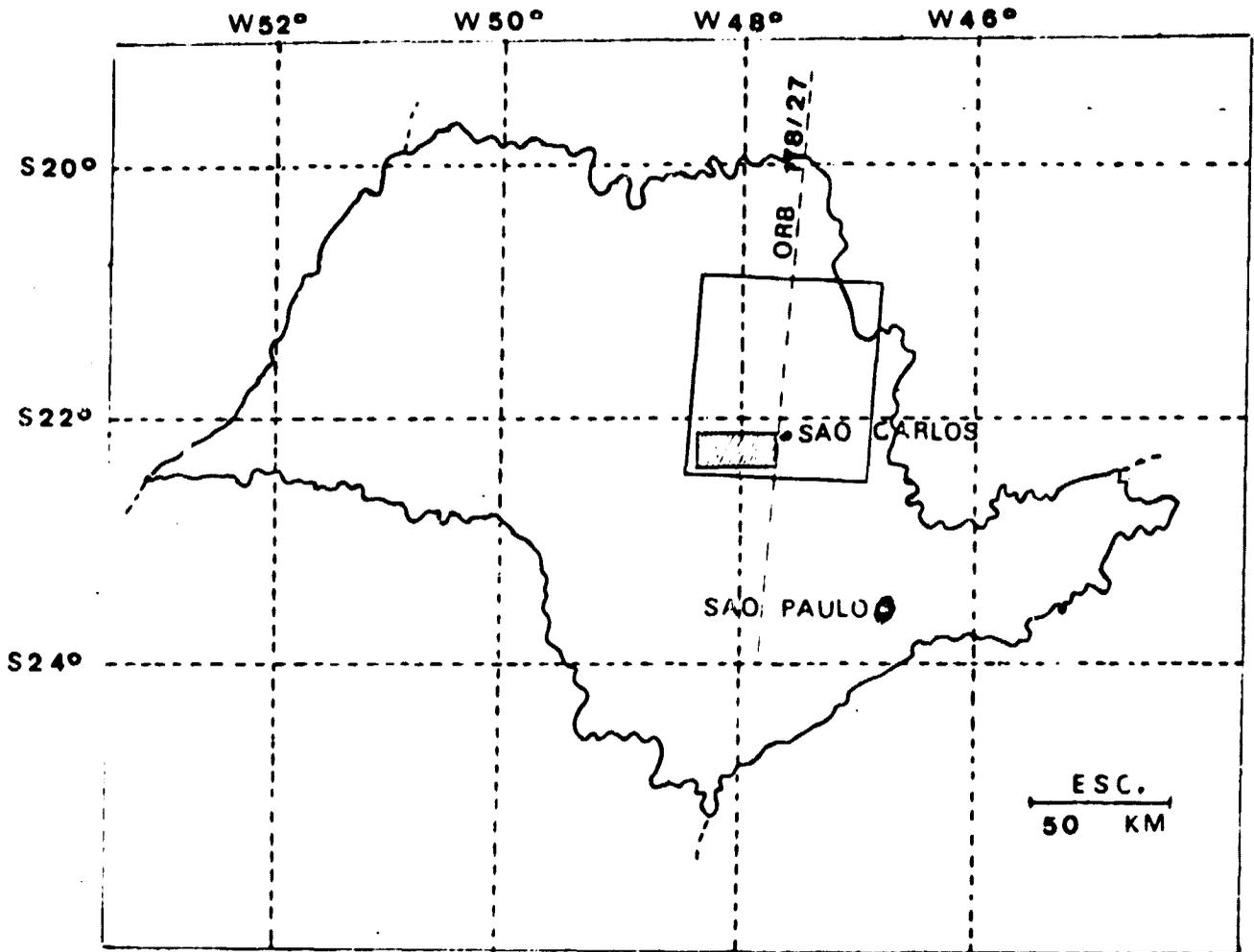


Fig. 1 - Localização da Área de Estudo.

### 3.3 - IMAGENS DO RBV

As imagens utilizadas para o presente trabalho foram produzidas através do subsistema RBV (Return Beam Vidicon) do satélite LANDSAT-3.

Este subsistema consta de uma câmara que opera na faixa visível do espectro eletromagnético (0,505 - 0,750  $\mu\text{m}$ ). A câmara é alinhada no satélite de modo a cobrir uma área de 185 Km x 185 Km no terreno. Segundo Harper (1977) este sensor permite uma resolução em torno de 37 m, o que o coloca, sob este aspecto, em vantagem sobre o MSS (Multispectral Scanner Subsystem).

A apresentação das imagens é feita sob 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.

Cabe salientar que a imagem, ao ser processada, é fracionada em quatro subcenas, sendo que a subcena C da passagem de 02 de junho de 1979 - órbita 178, ponto 27 - foi utilizada (Figura 1).

### 3.4 - METODOLOGIA

Por meio de acurado exame dos pares estereoscópicos das fotografias aéreas verticais, foi feito o traçado, sobre papel transparente ("overlay"), da rede de drenagem completa, incluindo todos os canais de drenagem bem definidos e claramente visíveis, quer de cursos d'água permanentes, quer temporários. Nesta etapa foi utilizado um estereoscópio de espelhos Wild, com ocular 3 X.

A seguir, para obter uma visão global do conjunto da drenagem decalcada, procedeu-se à montagem dos "overlays" individuais, tendo como controle os pontos mais proeminentes do terreno; utilizou-se somente a área relativa à localização mais central das aerofotografias, a fim de diminuir os efeitos das conhecidas distorções periféricas das mesmas.

Na imagem do RBV/LANDSAT-3, após a delimitação da área de interesse, extraiu-se, com o máximo de critério possível, 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 do RBV/LANDSAT-3, para a mesma escala daquele obtido das aerofotografias, isto é, cerca de 1:60.000, com o auxílio do 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, 1976 b).

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. A maioria desses canais seriam perdidos durante a interpretação das imagens do RBV, devido à menor resolução desse sistema. Dessa forma, foi feita uma separação da área de estudo em zonas homólogas menos drenadas (designadas por "A") e, relativamente mais drenadas (designadas por "B").

Para cada zona homóloga, foram selecionadas amostras circulares de 20 Km<sup>2</sup>, como recomenda Koffler (1976 a e b) para trabalhos em produtos na escala de 1:60.000.

#### 3.4.1 - ÍNDICES UTILIZADOS

Pelo exame de bibliografia, foram selecionados os seguintes índices quantitativos das redes de drenagem, a fim de que as informações obtidas das aerofotografias e da imagem do RBV utilizadas, pudessem ser comparadas:

- 1) Densidade de Drenagem: adaptado da fórmula de Horton (1945)

por Ray e Fischer (1960), e utilizado por França (1968), Marchetti (1969), Fadel (1972), Vasques Filho (1972), Leão (1972), Gevaerd (1974), Souza (1975), Koffler (1976 a e b), Valério Filho et alii (1976);  $\bar{D}_c$  é designado por  $D_c$ :

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

onde:  $L_t$  é o comprimento total dos rios (Km)  
 $A$  é a área da amostra circular (Km<sup>2</sup>)

2) Frequência de Rios: adaptado da fórmula de Horton (1945) por Souza (1975) e também utilizado por Koffler (1976 a e b); é designado por  $F_c$ :

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

onde:  $N$  é o número total de rios de 1ª ordem  
 $A$  é a área da amostra circular (Km<sup>2</sup>)

3) Razão de Textura: adaptado por França (1968) e Souza (1975) da fórmula de Smith (1950), e também utilizado por Koffler (1976 a e b); foi efetuado em cada amostra circular e é designado por  $T_c$ :

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

onde:  $N$  é o número total de rios de 1ª ordem  
 $P$  é o perímetro da amostra circular (Km)

4) Comprimento Médio: sugerido por Koffler (1976 a) e também utilizado por Koffler (1976 b); é designado por  $L_m$ :

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

onde:  $L_t$  é o comprimento total de rios (Km);

$N$  é o número total de rios de 1.<sup>a</sup> ordem, na amostra circular.

Além desses Índices, procurou-se descrever um fator que pudesse expressar a quantidade de informações que se perderia quando da mudança de produto e de escala para a interpretação de drenagem. Para tal escopo, elaboraram-se as fórmulas:

$$P_n = \frac{\sum N_{F.A}}{\sum R_{RBV}} \quad e \quad P_{lt} = \frac{\sum L_{t_{F.A}}}{\sum L_{t_{RBV}}}$$

onde:  $P_n$  = fator de perda para número de rios;

$N_{F.A}$  = nº de rios de 1.<sup>a</sup> ordem nas aerofotografias;

$N_{RBV}$  = nº de rios de 1.<sup>a</sup> ordem na imagem RBV;

$P_{lt}$  = fator de perda para comprimento de rios;

$L_{t_{F.A}}$  = comprimento de rios nas aerofotografias;

$L_{t_{RBV}}$  = comprimento de rios na imagem do RBV.

A fim de verificar se havia significância nas diferenças entre os dados obtidos da interpretação da rede de drenagem de aerofotografias e a interpretação de imagens do RBV, aplicou-se a eles uma análise estatística não paramétrica, através do Teste das Ordens Assinaladas de Wilcoxon (Steel e 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.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medidas efetuadas nas amostras circulares são apresentados na Tabela 2. As análises estatísticas não-paramétricas

tricas, através do Teste das Ordens Assinaladas de Wilcoxon, são apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6.

Tanto para a zona homóloga A, quanto para a zona homóloga B, os resultados das análises estatísticas mostraram que há diferenças significativas entre as interpretações de fotografias aéreas e as de imagens do RBV, para todos os índices analisados.

A Densidade de Drenagem ( $D_c$ ) expressa a razão entre o comprimento de rios e a área da amostra circular. Pode-se dizer que a diferença encontrada mostrou-se significativa, devido a uma perda acentuada de informação sobre o comprimento de rios na imagem do RBV, em relação às fotografias aéreas. Como muitos rios de 1.<sup>a</sup> ordem não puderam ser delineados quando da interpretação da imagem do RBV, o comprimento correspondente não pôde ser medido, influenciando decisivamente nesta diferença.

Ao analisar a Frequência de Rios ( $F_c$ ), que mostra uma relação entre o número de rios de 1.<sup>a</sup> ordem e a área da amostra circular, percebe-se que a significância da diferença encontrada entre as duas interpretações resulta de uma grande perda de informações sobre os rios de primeira ordem, ocorrida na interpretação da drenagem sobre a imagem do RBV.

A Textura de Drenagem ( $T_c$ ), que é a relação entre o número de rios de 1.<sup>a</sup> ordem e o perímetro da amostra circular, apresentou-se significativamente diferente nos dois produtos devido, igualmente, a uma perda de informação no tocante à observação do número de rios.

O Comprimento Médio de Rios ( $L_m$ ) apresentou significativa diferença, quando observado em cada produto. Os três primeiros índices analisados mostraram valores maiores na interpretação das aerofotografias. Porém, com o Comprimento Médio dos Rios ocorreu o inverso, ou seja, os maiores valores foram os medidos nas imagens do RBV. Todos os índices analisados levam em conta o comprimento e/ou o número de rios.

TABELA 2

RESULTADOS DAS MEDIDAS SOBRE AS AMOSTRAS CIRCULARES

FOTOGRAFIAS AEREAS										IMAGEM RBV					
AMOSTRA	NÚMERO DE RIOS	COMPRIMENTO DE RIOS	DENSIDADE DE DRENAGEM Dc	FREQUÊNCIA DE RIOS Fc	RAZÃO DE TEXTURA Tc	COMPRIMENTO MÉDIO Lm	ZONA A			ZONA B					
							NÚMERO DE RIOS	COMPRIMENTO DE RIOS	DENSIDADE DE DRENAGEM Dc	FREQUÊNCIA DE RIOS Fc	RAZÃO DE TEXTURA Tc	COMPRIMENTO MÉDIO Lm	NÚMERO DE RIOS	COMPRIMENTO DE RIOS	DENSIDADE DE DRENAGEM Dc
01	18	19,80	0,990	0,90	1,134	1,100	05	17,10	0,855	0,25	0,315	3,420			
02	28	25,50	1,275	1,40	1,764	0,910	08	12,60	0,630	0,40	0,504	1,575			
03	23	22,80	1,140	1,15	1,450	0,991	06	12,30	0,615	0,30	0,378	2,050			
04	20	22,26	1,113	1,00	1,260	1,113	08	10,56	0,528	0,40	0,504	1,320			
05	16	17,40	0,870	0,80	1,008	1,087	08	14,34	0,717	0,40	0,504	1,792			
06	19	17,88	0,894	0,95	1,198	0,941	14	15,06	0,753	0,70	0,883	1,076			
07	15	16,92	0,846	0,75	0,945	1,128	07	16,80	0,840	0,35	0,441	2,400			
08	33	29,88	0,149	1,65	2,079	0,905	11	17,46	0,873	0,55	0,693	1,587			
09	10	16,80	0,840	0,50	0,630	1,680	13	22,86	1,143	0,65	0,820	1,758			
10	22	25,20	1,260	1,10	1,386	1,145	04	7,80	0,390	0,20	0,252	1,950			
11	11	11,40	0,570	0,55	0,693	1,036	08	13,87	0,690	0,40	0,504	1,725			
12	13	19,60	0,990	0,65	0,820	1,523	06	13,80	0,690	0,30	0,378	2,300			
13	06	13,50	0,675	0,30	0,378	2,250	04	6,96	0,348	0,20	0,252	1,740			
14	12	19,20	0,960	0,60	0,756	1,600	04	13,50	0,675	0,20	0,252	3,375			
15	19	18,60	0,930	0,95	1,198	1,021	08	11,52	0,576	0,40	0,504	1,410			
01'	31	30,00	1,500	1,55	1,955	0,967	16	23,58	1,179	0,80	1,008	1,474			
02'	27	33,60	1,650	1,35	1,701	1,244	15	28,08	1,404	0,75	0,945	1,872			
03'	42	42,00	2,100	2,10	2,649	1,000	19	21,94	1,097	0,95	1,198	1,155			
04'	31	34,20	1,710	1,55	1,955	0,039	08	17,40	0,870	0,40	0,504	2,175			
05'	40	32,10	1,605	2,00	2,520	0,802	06	8,28	0,414	0,30	0,378	1,380			
06'	62	48,60	2,430	3,10	3,910	0,783	08	6,72	0,336	0,40	0,504	0,840			
07'	47	34,20	1,710	2,35	2,965	0,727	11	16,80	0,840	0,55	0,693	1,527			
08'	45	39,00	1,950	2,25	2,835	0,022	15	14,94	0,747	0,75	0,945	0,996			
09'	48	43,20	2,160	2,40	3,024	0,900	15	20,88	1,044	0,75	0,945	1,392			
10'	54	44,40	2,220	2,70	3,402	0,822	15	25,14	1,257	0,75	0,945	1,676			
11'	40	38,40	1,920	2,00	2,520	0,960	10	15,90	0,795	0,50	0,630	1,590			
12'	29	33,00	1,650	1,45	1,829	1,137	09	17,28	0,664	0,45	0,567	1,920			
13'	23	23,40	1,170	1,15	1,450	1,017	09	7,50	0,375	0,45	0,567	0,833			
14'	48	43,26	2,163	2,40	3,024	0,901	13	20,46	1,023	0,65	0,820	1,574			

TABELA 3

ANÁLISE ESTATÍSTICA DA FREQUÊNCIA DE RIOS PARA AS ZONAS HOMÓLOGAS A E B

ZONA A

AMOSTRA	Fc (F.A.)	Fc (RBV)	DIFERENÇA	ORDEM CRESCENTE	SINAL DO RANK
01	0,90	0,25	+0,65	+0,10	+1
02	1,40	0,40	+1,00	-0,15	-2,5
03	1,15	0,30	+0,85	+0,15	+2,5
04	1,00	0,40	+0,60	+0,25	+1
05	0,80	0,40	+0,40	+0,35	+5
06	0,95	0,70	+0,25	+0,40	+7
07	0,75	0,35	+0,40	+0,40	+7
08	1,65	0,55	+1,10	+0,40	+7
09	0,50	0,65	-0,15	+0,55	+9
10	1,10	0,20	+0,90	+0,60	+10
11	0,55	0,40	+0,15	+0,65	+11
12	0,65	0,30	+0,35	+0,85	+12
13	0,30	0,20	+0,10	+0,90	+13
14	0,60	0,20	+0,40	+1,00	+14
15	0,95	0,40	+0,55	+1,10	+15
				T =	2,5

Tc 0,05 = 25

Tc 0,01 = 16

Significativo para os níveis de 1% e 5%.

ZONA B

01'	1,55	0,80	+0,75	+0,15	+1
02'	1,35	0,75	+0,60	+0,60	+2
03'	2,10	0,95	+0,15	+0,70	+3
04'	1,55	0,40	+1,15	+0,75	+4
05'	2,00	0,30	+1,70	+1,00	+5
06'	3,10	0,40	+2,70	+1,15	+6
07'	2,35	0,55	+1,80	+1,50	+7
08'	2,25	0,75	+1,50	+1,50	+8
09'	2,40	0,75	+1,65	+1,65	+9
10'	2,70	0,75	+1,95	+1,70	+10
11'	2,00	0,50	+1,50	+1,75	+11
12'	1,45	0,45	+1,00	+1,80	+12
13'	1,15	0,45	+0,70	+1,95	+13
14'	2,40	0,65	+1,75	+2,70	+14
				T =	0,0

Tc 0,05 = 21

Tc 0,01 = 13

Significativo para os níveis de 1% e 5%.

TABELA 4

ANÁLISE ESTATÍSTICA DA RAZÃO DE TEXTURA PARA AS ZONAS HOMÓLOGAS A E B

ZONA A

AMOSTRA	Tc (F.A.)	Tc (RBV)	DIFERENÇA	ORDEM CRESCENTE	SINAL DO RANK
01	1,134	0,315	+0,819	+0,126	+1
02	1,764	0,504	+1,260	+0,189	+2
03	1,450	0,378	+1,072	-0,190	-3
04	1,260	0,504	+0,756	+0,315	+4
05	1,008	0,504	+0,504	+0,442	+5
06	1,198	0,883	+0,315	+0,504	+7
07	0,945	0,441	+0,504	+0,504	+7
08	2,079	0,693	+1,386	+0,504	+7
09	0,630	0,820	-0,190	+0,694	+9
10	1,386	0,252	+1,134	+0,756	+10
11	0,693	0,504	+0,189	+0,819	+11
12	0,820	0,378	+0,442	+1,072	+12
13	0,378	0,252	+0,126	+1,134	+13
14	0,756	0,252	+0,504	+1,260	+14
15	1,198	0,504	+0,694	+1,386	+15
				T =	3,0

Tc 0,05 = 25

Tc 0,01 = 16

Significativo para os níveis de 1% e 5%.

ZONA B

01'	1,955	1,008	+0,947	+0,756	+1
02'	1,701	0,945	+0,756	+0,883	+2
03'	2,649	1,198	+1,451	+0,947	+3
04'	1,955	0,504	+1,451	+1,134	+4
05'	2,520	0,378	+2,142	+1,262	+5
06'	3,910	0,504	+3,406	+1,451	+6,5
07'	2,965	0,693	+2,272	+1,451	+6,5
08'	2,835	0,945	+1,890	+1,890	+8,5
09'	3,024	0,945	+1,134	+1,890	+8,5
10'	3,402	0,945	+2,457	+2,142	+10
11'	2,520	0,630	+1,890	+2,204	+11
12'	1,829	0,567	+1,262	+2,272	+12
13'	1,450	0,567	+0,883	+2,457	+13
14'	3,024	0,820	+2,204	+3,406	+14
				T =	0,0

Tc 0,05 = 21

Tc 0,01 = 13

Significativo para os níveis de 1% e 5%.

TABELA 5

ANÁLISE ESTATÍSTICA DO COMPRIMENTO MÉDIO DE RIOS PARA AS ZONAS HOMÓLOGAS A E B

ZONA A

AMOSTRA	Lm (F.A.)	Lm (RBV)	DIFERENÇA	ORDEM CRESCENTE	SINAL DO RANK
01	1,100	3,420	-2,320	-0,078	-1
02	0,910	1,575	-0,665	-0,135	-2
03	0,991	2,050	-1,059	-0,207	-3
04	1,113	1,320	-0,207	-0,419	-4
05	1,087	1,792	-0,705	+0,510	+5
06	0,941	1,076	-0,135	-0,665	-6
07	1,128	2,400	-1,272	-0,682	-7
08	0,905	1,587	-0,682	-0,689	-8
09	1,680	1,758	-0,078	-0,705	-9
10	1,145	1,950	-0,805	-0,777	+10
11	1,036	1,725	-0,689	-0,805	-11
12	1,523	2,300	-0,777	-1,059	-12
13	2,250	1,740	+0,510	-1,272	-13
14	1,600	3,375	-1,775	-1,775	-14
15	1,021	1,440	-0,419	-2,320	-15
				T =	5,0

Tc 0,05 = 25

Tc 0,01 = 16

Significativo para os níveis de 1% e 5%.

ZONA B

01'	0,967	1,474	-0,507	-0,056	-1
02'	1,244	1,872	-0,628	-0,155	-2
03'	1,000	1,155	-0,155	+0,164	+3
04'	0,039	2,175	-2,136	-0,492	-4
05'	0,802	1,380	-0,578	-0,507	-5
06'	0,784	0,840	-0,056	-0,578	-6
07'	0,727	1,527	-0,800	-0,628	-7
08'	0,022	0,996	-0,974	-0,620	-8
09'	0,300	1,392	-0,492	-0,673	-9
10'	0,822	1,676	-0,854	-0,800	-10
11'	0,960	1,540	-0,630	-0,854	-11
12'	0,138	1,920	-1,782	-0,974	-12
13'	1,017	0,433	+0,194	-1,782	-13
14'	0,901	1,574	-0,673	-2,136	-14
				T =	3,0

Tc 0,05 = 21

Tc 0,01 = 13

Significativo para os níveis de 1% e 5%.

TABELA 6

ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DENSIDADE DE DRENAGEM PARA AS ZONAS HOMÓLOGAS A E B

ZONA A

AMOSTRA	Dc (F.A.)	Dc (RBV)	DIFERENÇA	ORDEM CRESCENTE	SINAL DO RANK
01	0,990	0,855	+0,135	+0,006	+1
02	1,275	0,630	+0,645	-0,120	-2
03	1,140	0,615	+0,525	+0,135	+3
04	1,113	0,528	+0,585	+0,141	+4
05	0,870	0,717	+0,153	+0,153	+5
06	0,894	0,753	+0,141	+0,285	+6
07	0,546	0,840	+0,006	+0,300	+7
08	1,494	0,873	+0,621	-0,303	-8
09	0,840	1,143	-0,303	+0,327	+9
10	1,260	0,390	+0,870	+0,354	+10
11	0,570	0,690	-0,120	+0,525	+11
12	0,990	0,690	+0,300	+0,585	+12
13	0,675	0,348	+0,327	+0,645	+13
14	0,960	0,675	+0,285	+0,724	+14
15	0,930	0,576	+0,354	+0,870	+15
				T =	10,0

Tc 0,05 = 25

Tc 0,01 = 16

Significativo para os níveis de 5% e 1%.

ZONA B

01'	1,500	1,179	+0,321	+0,276	+1
02'	1,660	1,404	+0,276	+0,321	+2
03'	2,100	1,097	+1,003	+0,786	+3
04'	1,710	0,870	+0,840	+0,795	+4
05'	1,605	0,414	+1,191	+0,840	+5
06'	2,430	0,336	+2,094	+0,670	+6
07'	1,710	0,840	+0,870	+0,963	+7
08'	1,950	0,747	+1,203	+1,003	+8
09'	2,160	1,044	+1,116	+1,116	+9
10'	2,220	1,257	+0,963	+1,125	+10
11'	1,920	0,735	+1,185	+1,140	+11
12'	1,650	0,864	+0,786	+1,191	+12
13'	1,170	0,375	+0,795	+1,203	+13
14'	2,163	1,023	+1,140	+2,094	+14
				T =	0,0

Tc 0,05 = 21

Tc 0,01 = 13

Significativo para os níveis de 1% e 5%.

Todos os índices mostram uma diferença significativa a favor das aerofotografias, exceto o comprimento médio dos rios. Isto quer dizer que, ao 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.

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, quanto ao número de rios, em áreas mais drenadas que em áreas menos drenadas. Isto é confirmado pelos dados da Tabela 7, que mostram os fatores de perda para número de rios (Pn) e para comprimento de rios (Plt). Na zona homóloga A, o fator de perda para número de rios foi 2,409, enquanto na zona homóloga B, foi 3,355. Fazendo-se a comparação entre as duas zonas quanto ao fator de perda para o comprimento de rios, verifica-se que o fator Plt para a zona A é 1,428, enquanto para a zona B é 2,120.

TABELA 7

FATORES DE PERDA DE INFORMAÇÃO DE NÚMERO DE RIOS (Pn) E DE COMPRIMENTO DE RIOS (Plt), PARA AS ZONAS HOMÓLOGAS A E B, DE DRENAGEM.

FATORES DE PERDA	Pn	Plt
ZONAS HOMÓLOGAS		
ZONA A	2,409	1,428
ZONA B	3,355	2,120

Percebe-se que, ao perder mais informação sobre os canais de ordens inferiores, quando se trabalha com escalas menores, há prejuízo mais acentuado para efeito de inferências sobre solos.

Nesse tipo de trabalho, em que se procura analisar a per

da de informação nas interpretações de dois produtos diferentes, deve-se levar em consideração as facilidades de interpretação proporcionadas pelo uso de uma ferramenta útil e auxiliar, como é o caso da estereoscopia. Este fator foi, sem dúvida, preponderante na caracterização de diferenças quanto às possibilidades de interpretação da drenagem sobre os dois produtos analisados.

Ao se tentar avaliar as causas das grandes variações apresentadas nas interpretações dos dois citados produtos, outros aspectos devem ser levados em consideração. Entre esses fatores, pode-se destacar aquele que diz respeito à resolução que, no caso das imagens do RBV/LANDSAT-3, é de cerca de 30m. Outro fator que contribui para que as diferenças se acentuem é o fator de ampliação; o negativo original do RBV é obtido na escala de 1:1.963.000, e o negativo da fotografia aérea já está na escala de 1:60.000. Sabe-se que, para cada ampliação, há uma perda de qualidade do produto final (National Academy of Sciences, 1971).

Há que se destacar ainda que muitos canais de primeira ordem são perdidos durante a interpretação da RBV porque, como nem sempre há matas de galerias (devido à diferença de datas), eles se tornam indivisos na interpretação, além de a menor resolução torná-la ainda mais difícil.

Durante a execução dos trabalhos, notou-se que a definição de critérios para a interpretação das aerofotografias e da imagem RBV é imprescindível e deve ser feita "a priori", a fim de tornar a comparação de interpretações entre produtos diferentes, escalas diferentes ou diferentes datas de interpretação menos tendenciosa. Observou-se que as interpretações da mesma cena, feitas pela mesma pessoa, diferiram quando espaçadas de certo tempo. Isto pode ser devido a uma maior aquisição de experiência, a uma maior acuidade adquirida, ou ainda a uma mudança de critérios neste entretanto.

Outro fato ocorrido durante a execução dos trabalhos foi a dificuldade em proceder à montagem dos "overlays" com os traçados das

aerofotografias. Isto não chegou a afetar a obtenção das amostras, nem tampouco provocou a perda de qualquer parte do traçado fotográfico. Porém, trouxe o inconveniente de dificultar a ajustagem de sobreposição dos dois "overlays" fotointerpretados quanto à drenagem (RBV e aerofotografias). Acredita-se que outro fator que aumentou estas dificuldades refere-se ao fato de as escalas das aerofotografias e da imagem do RBV não serem exatamente aquelas transcritas nos produtos.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que o presente trabalho foi realizado, e com os materiais e métodos empregados, os dados obtidos, interpretados e analisados permitiram que se chegasse às conclusões apresentadas a seguir:

- 1) Todos os índices analisados apresentaram diferenças significativas entre as interpretações de drenagem sobre aerofotografias e sobre imagens do RBV.
- 2) Houve perda de informações na interpretação de drenagem na imagem do RBV, em comparação com a interpretação de drenagem nas aerofotografias.
- 3) Houve maior perda de informações com relação ao número de rios do que com relação ao comprimento de rios.
- 4) As áreas mais drenadas perdem maiores informações sobre drenagem do que as áreas menos drenadas.
- 5) Devido à menor resolução, ausência de estereoscopia e de matas de galerias em muitos canais de primeira ordem, houve uma menor caracterização destes na imagem do RBV.
- 6) Tendo-se em consideração que os canais de ordens menores são os mais significativos para fotopedologia, pode-se inferir que, tendo havido uma degradação deste tipo de informação à medida

que se diminui a escala, tais estudos ficam prejudicados.

- 7) Conforme o nível de detalhe desejado para o levantamento de solos, e com o auxílio de outros elementos de reconhecimento além da drenagem, podem-se utilizar imagens do RBV/LANDSAT, de pequena escala.
- 8) As imagens do RBV poderão trazer grandes benefícios para o delineamento da rede de drenagem em áreas que apresentam constraste entre as matas-galeria e a circunvizinhança. Esse é o exemplu típico das áreas de cerrado, onde há uma acentuada diferença entre a vegetação e a mata-galeria que acompanha os canais.
- 9) Dentro desse aspecto de contraste, cabe destacar a potencialidade dessas imagens para caracterização de áreas extensivamente cultivadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURINGH, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: American Society of Photogrammetry. *Manual of photographic interpretation*. Washington, 1960. p.633-666.
- CRIMPOS, H. de. *Estatística experimental não-paramétrica*. 3 ed. Piracicaba, ESALQ/USP, 1979. 345p.
- 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 redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba*. Tese de Doutorado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ-USP, 1968. 151 p.
- FROST, R.E. Photointerpretation of soils. In: American Society of Photogrammetry. *Manual of photographic interpretation*. Washington, 1960. p. 343-402.
- GEVAERD, I. *Parâmetros fotoanalíticos de três unidades de solos da região nordeste paranaense*. Tese de Mestrado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ-USP, 1974. 110p.
- HARPER, D. *Eye in the Sky: Introduction to remote sensing*. 2 ed. Montreal, Multiscience, 1977. 164 p.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: 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, 1976 a, 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. 1976 b, 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 Mestrado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ-USP, 1969. 58 p.

MILLER, V.C.; MILLER, C.F. *Photogeology*. New York, McGraw-Hill, 1969. 248 p.

MORAES, E.M.L. de. *Análise morfométrica de bacias hidrográficas através de imagens do LANDSAT-1*. São José dos Campos, INPE, ago, 1975. 29p. (INPE-728-NTI/026).

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Remote sensing with special reference to Agriculture and forestry*. 3 ed. Washington, D.C., 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. *Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológicos*. São Paulo. Instituto Geográfico e Geológico-USP, 1963. 88 p.

RAY, R.G.; FISCHER, W.A. Quantitative photography: a geologic research tool. *Photogrammetric Engineering*, 26(2): 143-150. 1960.

RICCI, M.; PETRI, S. *Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica*. São Paulo, Nacional, 1965. 226 p.

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).

- SMITH, H.T.V. *Aerial photographs and their applications*. New York, D. Appleton-Century, 1943. 372 p.
- SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248 (sp): 655-668, 1950.
- SOUZA, M.L.P. *Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrente no município de Ponta Grossa-PR*. Tese de Mestrado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ-USP, 1975. 135 p.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transaction American Geophysical Union*, 38 (sf): 913-920, 1957.
- 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. de. *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, 251 p.
- VASQUES FILHO, J. *Critérios morfométricos aplicados à fotointerpretação de redes de drenagem de três unidades de solos no município de Piracicaba (SP)*. Tese de Doutorado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ-USP, 1972. 113 p.
- VON ENGELN, O.D. *Geomorphology: systematical and regional*. New York, McMillan, 1942. 655 p.