

INTERPRETAÇÃO FOTOGRÁFICA DOS PADRÕES DE DRENAGEM DESENVOLVIDOS EM DOIS SOLOS DO DISTRITO FEDERAL

Sertorio Ribeiro Fernandes Leão

Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. Geraldo Victorino de França

Orientador

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura «Luiz de Queiroz» da Univer-
sidade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre.

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL
1973

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

O autor expressa seus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

Ao Prof. Dr. Geraldo Victorino de França, pela orientação e colaboração prestadas na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Rubens Scardua, pelas críticas e sugestões apresentadas.

Ao Prof. Dr. Delmar Antonio Bandeira Marchetti, pelas críticas e sugestões apresentadas.

Ao Prof. Dr. Roberto Simionato Moraes, pelos esclarecimentos quanto as análises dos dados.

Ao Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos, pela correção do texto em inglês.

Ao Mestre em Solos e Nutrição de Plantas Hermes Fadel, pelo apoio dado.

À Prof^a Maria Noêmia Zerbini Leão, por ser minha procuradora em Brasília, durante o período de meu afastamento para a realização do Curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão de Bolsa de Estudo de Pós-Graduação e pelo auxílio de tese.

A Fundação Zoobotânica do Distrito Federal (FZDF), pela autorização de meu afastamento, possibilitando a realização do presente trabalho.

Ao Sr. Antônio Neves da Silva, pelos serviços de dactilografia e impressão deste trabalho.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para que o presente trabalho pudesse ser realizado.

D E D I C A T Ó R I A

À meus pais

À minha esposa

À meus filhos

e

À meus irmãos

C O N T E Ú D O

	Página
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>REVISÃO DA LITERATURA</u>	4
2.1. <u>Fotografias aéreas na interpretação e mapeamen-</u> <u>to de solos</u>	4
2.2. <u>Estudos de bacias hidrográficas e da composição</u> <u>de redes de drenagem</u>	8
2.3. <u>Padrão de drenagem - tipos, características, sig-</u> <u>nificado</u>	20
2.4. <u>Composição e características do padrão de drena</u> <u>gens e suas relações com solos</u>	24
3. <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	26
3.1. <u>Material</u>	26
3.1.1. Descrição das áreas estudadas	26
3.1.2. Solos	29
3.1.2.1. Latossol Vermelho Amarelo Dis - trófico Textura Argilosa Fase Cerrado	29
3.1.2.2. Solos Bruno Ácidos (similar) ..	30
3.1.3. Fotografias aéreas	30
3.1.4. Estereoscópio	31
3.1.5. Equipamento de medição e desenho	31
3.2. <u>Métodos</u>	31
3.2.1. Seleção das áreas de estudo	31
3.2.2. Obtenção dos mapas básicos de drenagem .	32

3.2.3. Análise das bacias hidrográficas	33
3.2.3.1. Localização	34
3.2.3.2. Representatividade	34
3.2.3.3. Propriedades dimensionais	34
3.2.3.4. Propriedades não dimensionais .	35
3.2.4. Análise das redes de drenagem	36
3.2.4.1. Composição da rede de drenagem.	36
3.2.4.2. Características do padrão de drenagem	37
3.2.4.3. Relação entre densidade de drenagem e razão de textura	39
3.2.4.4. Relação entre razão de textura e frequência de rios	39
4. <u>RESULTADOS</u>	40
4.1. <u>Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado</u>	40
4.1.1. Características das bacias hidrográficas	40
4.1.2. Características das redes de drenagem ..	44
4.1.2.1. Composição da rede de drenagem.	44
4.1.2.2. Padrão de drenagem	50
4.2. <u>Solos Bruno Ácidos (similar)</u>	53
4.2.1. Características das bacias hidrográficas	53
4.2.2. Características das redes de drenagem ..	56
4.2.2.1. Composição da rede de drenagem.	56
4.2.2.2. Padrão de drenagem	61
4.3. <u>Confronto entre solos</u>	65

	Página
4.3.1. Razão de ramificação	68
4.3.2. Comprimento médio dos segmentos de rios.	68
4.3.3. Razão de comprimento	70
4.3.4. Frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura de bacias hidrográficas	72
4.3.5. Razão de textura média	73
4.3.6. Razão de textura média e textura topográfica	74
4.3.7. Densidade de drenagem determinada em amostras circulares	74
4.3.8. Relação entre densidade de drenagem e razão de textura	76
4.3.9. Relação entre razão de textura e frequência de rios	78
5. <u>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</u>	79
5.1. <u>Limitações da análise de bacias hidrográficas</u> .	79
5.2. <u>Composição das redes de drenagem</u>	83
5.2.1. Ordens de ramificação de rios	83
5.2.2. Relação entre número de segmentos de rios e ordem de ramificação	85
5.2.3. Razão de ramificação	86
5.2.4. Relação entre comprimento e ordens de rios	87
5.3. <u>Padrão de drenagem</u>	91
5.3.1. Características qualitativas do padrão de drenagem	91

5.3.2. Características quantitativas do padrão de drenagem	91
5.3.2.1. Características baseadas no estudo de bacias hidrográficas ..	92
5.3.2.2. Razão de textura média e densidade de drenagem determinada em amostras circulares	93
5.3.2.3. Relação entre densidade de drenagem e razão de textura	94
6. <u>CONCLUSÕES</u>	96
6.1. <u>Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado</u>	96
6.2. <u>Solos Bruno Ácidos (similar)</u>	97
6.3. <u>Conclusões gerais</u>	98
7. <u>RESUMO</u>	100
8. <u>SUMMARY</u>	103
9. <u>LITERATURA CITADA</u>	105

1. INTRODUÇÃO

Desejando conduzir uma agricultura racional, é necessário avaliar os solos quanto as suas possibilidades e limitações para uso agrícola, bem como realizar pesquisas relacionadas ao seu comportamento face a diferentes tratamentos visando o estabelecimento de normas adequadas para o uso e manejo dos solos. Para tanto, não se pode dispensar um prévio levantamento de solos, cuja importância é reconhecida universalmente.

A utilidade prática do levantamento de solos é função do maior ou menor detalhamento categórico e cartográfico que nos oferece. O método de fotointerpretação com controle de campo possibilita a execução de levantamento de solos, proporcionando as seguintes vantagens: maior exatidão de limi

tes, maior economia de tempo e menor custo.

Os critérios usados em fotointerpretação dependem da natureza do objeto de estudo, porém, como princípio geral, baseiam-se no estabelecimento de correlações entre determinados aspectos do terreno e as características de sua imagem fotográfica.

Dentre os muitos aspectos do terreno que são registrados nas fotografias aéreas e que constituem os elementos de reconhecimento utilizados em fotointerpretação, um dos mais importantes, pela soma de informações que pode oferecer, é o padrão de drenagem.

Este trabalho visa os seguintes objetivos:

- a) . estudar as características descritivas e, principalmente, as quantitativas, estas por permitirem fazer comparações e interpretações em bases mais concretas, fundamentadas no estudo de bacias hidrográficas, na composição da rede de drenagem e suas correlações. Estes estudos serão feitos em áreas representativas de duas unidades de mapeamento de solos que ocorrem na Estação Experimental e Colégio Agrícola de Brasília;
- b) . comparar e correlacionar os vários elementos estudados e avaliar a sua significância em relação aos solos.

Espera-se, com esse trabalho, dar alguma contribuição para o estabelecimento dos padrões aerofotográficos, aplicáveis em outras áreas de solos semelhantes aos estudados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento de solos

Em 1929, Bushnell e seus colaboradores, conforme informação de SIMONSON (25) e de ROURKE e AUSTIN (23), usaram pela primeira vez fotografias aéreas em mapeamento de solos. Dada a riqueza de detalhes nela registrados, os técnicos e cientistas de solo passaram a usá-las como fonte adicional de informações. SIMONSON (25) e Lueder (segundo citação de RAY, 20) consideram a utilização de fotografias aéreas como um dos maiores avanços em levantamento de solos, conseguidos nas duas décadas anteriores a 1950.

A fotointerpretação foi definida por COLWELL (4) como o ato de examinar imagens fotográficas de objetos ,

com o propósito de identificá-los e avaliar a sua significância. SUMMERSON (30), dando um sentido mais amplo, define interpretação como a previsão do que não pode ser realmente visto. Esta última definição, tendo em vista o solo como um indivíduo da paisagem, tridimensional e independente, resultante da ação ativa do clima e organismos sobre o material de origem situado num determinado relevo durante certo período de tempo, se ajusta perfeitamente à interpretação fotográfica de solos uma vez que as fotografias aéreas não mostram todo o corpo do solo, mas somente sua superfície que geralmente apresenta cobertura vegetal. Porém, vários aspectos visíveis na superfície do terreno, como as formas topográficas, os padrões de drenagem, de erosão, de vegetação e de uso, mais a tonalidade fotográfica, indicam ou sugerem diferenças entre solos e seu padrão de distribuição.

Schultz, Cleaves e outros autores, citados por RAY (20), consideram a forma fisiográfica como o elemento mais importante na fotointerpretação de solos, dada as afinidades entre solos e aspectos geomórficos. Entretanto, a forma fisiográfica é apenas um elemento do padrão de solo; outros elementos, como as características de drenagem, de erosão e de relevo, podem fornecer informações igualmente importantes.

Segundo COLWELL (4), a fotointerpretação se apoia no princípio da convergência de evidência, segundo o qual os vários elementos de reconhecimento conduzem a uma de-

terminada conclusão, que provavelmente será correta.

Segundo RABBEN (19), RAY (2), RICCI e PETRI (22), a fotointerpretação é geralmente considerada como um processo em duas etapas. A primeira, reúne a observação, coleta de dados, medição e identificação de aspectos visíveis nas fotografias aéreas. A segunda, inclui os processos mentais dedutivos e/ou indutivos, usando a informação obtida na solução de um problema. FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32), usando este processo, foram bem sucedidos em seus trabalhos de diferenciação entre solos.

GOOSEN (11) evidencia a utilidade da fotointerpretação nos levantamentos de reconhecimento, detalhado e semi detalhado.

Segundo RABBEN (19), tres fatos fundamentais explicam a utilidade incomparavel da fotografia aérea: (a) na escala de 1:20.000 cada fotografia aérea cobre uma área de aproximadamente 20 km^2 e cerca de 33 km^2 na escala de 1:25.000; (b) os pares estereoscópicos de fotografias aéreas proporcionam imagens tridimensionais da superfície terrestre e dos objetos localizados sobre ela; (c) as imagens fotográficas são representações permanentes dos objetos originais, permitindo ao fotointérprete um exame cuidadoso e detalhado da área, no momento em que ele deseja, em condições de trabalho mais confortáveis e favoráveis de que aquelas normalmente conseguidas no campo.

FROST (9) afirma que a fotointerpretação de solos pode ser conduzida apoiada em tres princípios básicos: (a) solos semelhantes aparecem nas fotografias aéreas com padrão semelhante; (b) solos diferentes aparecem com padrões diferentes; (c) desde que as características da imagem fotográfica tenham sido correlacionadas com as propriedades do solo observadas no campo e no laboratório, muitas propriedades importantes de solos semelhantes podem ser inferidas por meio de fotointerpretação.

HOWE (13), debatendo a aplicação da fotointerpretação na investigação de problemas hidrológicos, afirma ser ela útil no estudo de vários problemas de água superficial e subterrânea.

O uso da fotointerpretação em trabalhos de levantamentos de solos dia a dia vem sendo aumentado, embora haja uma certa divergência à respeito da quantidade de informação que pode ser obtida. ROURKE e AUSTIN (23), CRESWICK e ROCKWELL (5), BOMBERGER e DILL (2), BURINGH (3) e outros autores, têm adotado uma posição intermediária: reconhecem que a fotografia aérea não substitui completamente o trabalho de campo, mas o auxilia bastante, aumentando o rendimento e a exatidão dos mapeamentos de solo.

FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7), VASQUES (32), recentemente usando a fotointerpretação adotaram o prin

cípio proposto pelo método denominado "análise de elementos", desenvolvido por BURINGH (3) e empregaram um método morfométrico para o dimensionamento de índices relativos a bacias hidrográficas e redes de drenagem, com o fim de se estabelecer critérios que possam permitir a identificação e mapeamento de solos.

2.2. Estudos de bacias hidrográficas e da composição de redes de drenagem

O estudo de bacias hidrográficas e redes de drenagem, há muitos anos despertou o interesse de pesquisadores em ciências da terra. De início o conduziram em linha puramente descritiva e, mais recentemente, em bases quantitativas.

Segundo a citação de VON ENGELN (34), a lei das junções concordantes de Playfair diz: todo rio consiste de um tronco principal alimentado por vários ramos, cada qual correndo em um vale proporcional ao seu tamanho, formando em conjunto um sistema de vales comunicantes, que tem um ajustamento adequado de suas declividades, de maneira que nenhum deles se une ao vale principal em um nível demasiado superior ou inferior. HORTON (12) interpretou esta lei em bases quantitativas, seguindo uma aproximação hidrofísica em que considerou as relações deflúvio-infiltração e os processos de erosão pelas águas correntes; daí estabeleceu leis fundamentais onde

correlaciona o número e o comprimento de rios às diversas ordens de ramificação da rede hidrográfica.

HORTON (12) cita que em 1914, Gravelius descreve o sistema europeu de classificar os rios em ordem. Segundo este sistema, o rio principal é designado como o de 1ª ordem, seus tributários imediatos como de 2ª ordem e assim sucessivamente.

Desta forma, a ordem mais elevada se referia aos tributários menores e não ramificados. HORTON (12) inverteu esta sequência de numeração, considerando os tributários menores, não ramificados, como sendo de 1ª ordem e atribuindo a ordem mais elevada ao rio principal. Isto sem dúvida, veio facilitar a análise e a comparação das redes de drenagem, pois somente são comparáveis os elementos de mesma ordem de ramificação. STRAHLER (29), SCHUMM (24), MAXWELL (16), Coates, citado por STRAHLER (29), FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32) e outros pesquisadores, adotaram este sistema.

HORTON (12) argumentou que, a seu ver, a composição da rede de drenagem tem alto grau de significância hidrológica, enquanto o padrão isolado tem pouca significância hidrológica; reconheceu, contudo, que o padrão de drenagem é altamente significativo como indicador de controle geológico. Usou a expressão "composição da rede de drenagem" para indicar os números e comprimentos de rios e tributários de diferentes classes ou ordens, independentemente do padrão.

As argumentações de HORTON (12) foram comprovadas por FRANÇA (8), em seu estudo sobre a significância das diferenças na composição e características do padrão de drenagem de cinco séries de solos da região de Piracicaba.

A lei dos números de rios de HORTON (12) expressa a relação entre o número de rios de cada ordem e as ordens de ramificação, em termos de uma série geométrica inversa, da qual a razão de ramificação é a base desta série. A lei dos comprimentos de rios do mesmo autor, expressa a relação entre os comprimentos médios de rios de cada ordem e a ordem de ramificação, em termos de uma série geométrica direta na qual o primeiro termo da série é o comprimento médio dos rios de primeira ordem.

De acordo com MAXWELL (16), a regressão linear dos logaritmos dos números de rios de cada ordem (ordenadas) sobre as ordens de rios (abscissas) produz uma linha reta com muito pouca dispersão. A equação linear é a seguinte:

$$\log N_w = a - bw$$

onde: w é a ordem de segmentos de rios e

N_w é o número de segmentos de uma dada ordem.

Este autor propôs ainda, como a melhor expressão empírica da razão de ramificação, R_b , a equação:

$$R_b = \text{antilog } b$$

STRAHLER (29), correlacionando os logaritmos dos comprimentos totais de rios às ordens de rios, obteve uma regressão logarítmica expressa pelas equações:

$$\log L_w = \log a - b \log w$$

$$L_w = a w^{-b}$$

onde w é a ordem de segmentos de rios e L_w a soma dos comprimentos de rios de uma dada ordem.

Para expressar a razão de ramificação, propôs a equação:

$$R_b = \log^{-1} b$$

Na equação de STRAHLER (29), acima referida, a inclinação b da linha de regressão é o expoente em uma função exponencial relacionando as somas dos comprimentos de rios às ordens de rios; trabalhando com dados combinados de seis bacias de 4ª ordem, esse autor, encontrou o valor $b = -1,67$.

HORTON (12) encontrou valores para razão de ramificação, trabalhando com bacias suavemente onduladas e bacias montanhosas, variando de 2,22 a 3,91, respectivamente.

Coates, citado por STRAHLER (29), encontrou valores variando de 4,0 a 5,1 para razões de ramificação de rios de 1ª para 2ª ordem; e razões de ramificação de rios de

2ª para 3ª ordem, variando de 2,8 a 4,9. Com base nos dados acumulados, este autor encontrou, para a razão de ramificação, o valor médio de 3,52.

FRANÇA (8), em sua pesquisa, encontrou como medida da variação apresentada pelos comprimentos de rios das várias ordens, uma regressão exponencial, expressa pelas equações:

$$L_w = ab^{-w}$$

$$\log L_w = \log a - w \log b$$

Este autor, trabalhando com bacias de 4ª ordem para quatro séries de solos da região de Piracicaba, encontrou para razão de ramificação, valores variando entre 3,22 e 3,70. Para a razão de comprimento médio, R_l, encontrou valores variando entre 2,09 e 2,17.

FADEL (7), trabalhando com bacias de 3ª ordem para tres séries de solos, encontrou para a razão de ramificação, valores variando entre 2,51 e 2,89. Para a razão de comprimento médio, R_l, encontrou valores variando entre 1,41 e 1,86.

HORTON (12) propôs, para expressar quantitativamente o grau de desenvolvimento da rede de drenagem, na superfície de uma bacia hidrográfica, além da ordem de ramificação atingida, duas relações: a densidade de drenagem e a fre-

quência de rios.

Este autor definiu densidade de drenagem como sendo o comprimento médio de segmentos de rios por unidade de área. É expressa pela equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

onde Dd é a densidade de drenagem, Lt é o comprimento total de rios das diversas ordens e A é a área da bacia; sendo que Lt e A devem ser expressos em unidades do mesmo sistema.

A frequência de rios, Fr, foi definida como sendo o número de segmentos de rios por unidade de área. É expressa pela equação:

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

onde N é o número total de rios das diversas ordens e A é a área da bacia de drenagem.

SMITH (27) cita que Johnson definiu a expressão textura topográfica como sendo o tamanho médio das unidades compondo uma dada topografia.

SMITH (27), estudando a textura topográfica de regiões dissecadas por rios, derivou um índice semelhante, ao qual denominou razão de textura topográfica, com o propósito

de expressar o espaçamento entre os canais de drenagem, em plantas topográficas com curvas de nível; a equação que expressa a razão de textura topográfica, T , é:

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

onde N é o número de canais de drenagem, permanentes ou temporários, conforme indicados pelas crênulas na curva de nível possuindo o maior número delas e P é o perímetro da bacia, expresso em milhas.

Para caracterizar a textura topográfica de uma área como um todo, levando em consideração o tamanho das bacias, SMITH (27) propôs o uso do valor médio ponderado em relação as áreas das bacias, que é determinado pela seguinte equação:

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

onde T_m é o valor médio ponderado da razão de textura topográfica, A é a área e T a razão de textura topográfica de cada bacia.

FRANÇA (8) modificou a razão de textura de SMITH (27), com o fim de torná-la aplicável a fotografias aéreas, considerando N como sendo o número total de segmentos de rios da bacia. Neste caso, a relação entre densidade de

drenagem (ordenadas) e razão de textura (abcissas) passou a ser exponencial, para bacias hidrográficas.

Tanto HORTON (12) como SMITH (27) reconheceram que os valores da densidade de drenagem e frequência de rios para pequenas e grandes bacias não são diretamente comparáveis porque variam com o tamanho da área de drenagem. Uma bacia de drenagem relativamente grande pode conter tantos tributários pequenos por unidade de área como uma bacia de drenagem menor e, além disso, contém um ou mais rios de ordens mais elevadas. Segundo STRAHLER (29), para que bacias de drenagem possam ser comparadas de maneira significativa é necessário considerar bacias de mesma ordem de ramificação. Assim, se medirmos as áreas de bacias de 2ª ordem, estaremos medindo elementos correspondentes dos sistemas de drenagem. Este autor tentou basear um sistema de geomorfologia quantitativa sobre princípios de análise dimensional e semelhança geométrica. Se existe semelhança geométrica aproximada entre duas bacias, todas as medições de comprimentos entre pontos correspondentes, mantêm uma razão de escala fixa. Se medirmos as áreas de bacias de 2ª ordem, estaremos medindo elementos correspondentes, cuja razão é o quadrado da razão de escala.

ANDERSON (1), procurando relacionar a produção de sedimentos às variáveis de uma bacia hidrográfica, considerou que a área é a variável mais importante, visto que a maioria das outras características da bacia, estão a ela relacionadas.

Conforme estabeleceu SCHUMM (24), a área da bacia de drenagem aumenta, exponencialmente, com a ordem de ramificação de rios, à semelhança da lei dos comprimentos de rios de Horton.

FRANÇA (8) constatou que a área de drenagem e as modificações na composição e nas características quantitativas do padrão, aumentam quando se aumenta a ordem de ramificação da rede de drenagem. A tendência é diminuir a densidade de drenagem e a frequência de rios e aumentar a razão de textura topográfica, porque a área da bacia aumenta proporcionalmente mais que o perímetro.

Segundo RAY (20), a densidade de drenagem, num determinado ambiente climático, relaciona-se principalmente com a resistência à erosão dos materiais presentes. Diminuindo a resistência à erosão, aumenta a densidade de drenagem. Comentando sobre as generalizações que podem ser feitas, relacionadas ao caráter litológico das rochas sedimentares, quando examinadas por fotointerpretação, afirmou que folhelhos e outras rochas semelhantes de granulação fina, tendem a apresentar drenagem de textura fina, enquanto que rochas sedimentares de granulação grossa, tende a apresentar drenagem de textura grosseira. Porém, este autor admitiu que podem ocorrer muitas exceções.

FRANÇA (8) admite que muitas das exceções são

devidas à natureza dos solos que se desenvolveram sobre essas rochas.

Segundo LUEDER (14), a análise da rede de drenagem superficial se justifica principalmente pelo fato de fornecer indicações sobre a relação infiltração/deflúvio, capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais presentes. Assim, materiais relativamente impermeáveis como folhelhos e argilitos, devido a sua textura fina, dificultam a infiltração e favorecem o deflúvio, provocando a erosão dos canais de drenagem e resultando, como consequência, uma rede de drenagem relativamente densa. Por outro lado, materiais relativamente permeáveis, como cascalho e arenitos, em virtude de sua textura grosseira, têm uma capacidade de infiltração relativamente alta e resistem à formação de redes de drenagem superficial, a menos que recebam influências de fatores extras como o escoamento rápido de grande quantidade de água, o desenvolvimento de planos de menor resistências etc. Segundo este autor, materiais pouco permeáveis, em virtude de sua textura fina, dificultando a infiltração e favorecendo o deflúvio, em geral apresentam um padrão de drenagem bem desenvolvido, enquanto que materiais de boa permeabilidade e alta infiltração, apresentam um padrão de drenagem pouco desenvolvido. Porém, o autor adverte que se trata de uma regra geral, e podem existir exceções e casos especiais, como por exemplo, a existência de camadas densas no subsolo, profundidade do substrato rochoso e fatores de controle geral ou localizados.

Mac Guinness et al., citados por VAN DOREN (33), observaram que as condições geológicas, topográficas e de solos na bacia hidrográfica experimental de North Appalachian próxima de Coshocton, Ohio - relacionam-se com o tamanho da bacia hidrográfica. Notaram que, à medida que aumenta o tamanho da bacia hidrográfica, o relevo se acentuou e os canais de drenagem se aprofundaram mais na coluna geológica. URBAN (31) afirmou que as água sub superficiais de aquíferos representados por estratos de rocha com fraturas ou juntas, contribuem para a vazão em muitos canais que entalham a coluna geológica. À medida que aumenta o tamanho da bacia hidrográfica, sucessivos lençóis de água percolada são interceptados pelos canais de drenagem. Estas fontes e infiltrações contribuem para a sustentação do fluxo em canais de drenagem na estação seca.

Os métodos geomórficos quantitativos recente - mente desenvolvidos, segundo STRAHLER (29) fornecem meios de medir as propriedades de tamanho e forma das bacias hidrográficas. Segundo este autor, são duas as classes gerais dos números descritivos: (a) medições de escala linear, pelas quais as unidades topográficas geometricamente semelhantes podem ser comparadas de acordo com o seu tamanho; (b) números sem dimensões, em geral ângulos ou razões de medidas de comprimento, pelos quais as formas das unidades semelhantes podem ser comparadas sem considerar a escala. Com relação às medições de escala linear incluem: comprimentos de rios, perímetro da

bacia, densidade de drenagem e outras. Se duas bacias de drenagem são geometricamente semelhantes, todas as suas dimensões de comprimento correspondentes devem estar numa razão constante. Com relação aos números sem dimensões, incluem as razões de ramificação e de comprimento, ângulos de junção, números de ordem de rios, além de propriedades referentes ao relevo. Existindo semelhança geométrica entre duas bacias de drenagem, embora sejam de tamanho diferentes, haverá uma relação constante entre os números sem dimensão.

Segundo GARCEZ (10), o índice de compacidade, K_c , é uma medida do grau de irregularidade da bacia. Quanto menor o seu valor, maior a probabilidade de ocorrência de picos de enchentes elevados. É definido como sendo a relação entre o perímetro de uma bacia hidrográfica e a circunferência do círculo de área igual à da bacia. Da definição resulta que, para uma bacia circular ideal, o índice de compacidade, $K_c = 1$.

É determinado segundo a fórmula:

$$K_c = \frac{P}{C} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

2.3. Padrão de drenagem - tipos, características, significado

O termo padrão de drenagem é definido como a maneira pela qual os cursos d'água se arranjam ou se distribuem dentro de uma dada área de drenagem, lembrando a configuração de um objeto conhecido, que empresta o seu nome para a classificação de padrão.

MILLER e MILLER (17) classificaram os rios, para uso em fotogeologia, de acordo com suas relações com a topografia e a estrutura dos materiais subjacentes.

Segundo HORTON (12), quando se constatam afastamentos das leis dos números e dos comprimentos de rios e se as condições de topografia, clima, geologia e solos são normais, geralmente esses afastamentos podem ser atribuídos a efeitos de controle de estruturas geológicas.

Segundo LUEDER (14), o objetivo principal da análise da drenagem superficial é fornecer indicações sobre a relação infiltração-deflúvio, capacidade de infiltração, erodibilidade e textura dos materiais presentes em uma área. Para indicar os aspectos significantes do padrão de drenagem, este autor propôs a descrição das seguintes características: (a) grau de integração; (b) densidade; (c) grau de uniformidade; (d) orientação; (e) grau de controle; (f) angularidade;

(g) ângulos de confluência; (h) tipo ou modelo do padrão.

FROST (9), considerando que os padrões de drenagem pode ser facilmente vistos e delineados em pares estereoscópicos de fotografias aéreas, afirma que os mesmos refletem a maneira pela qual a água que atinge a superfície do solo se distribui, em termos de infiltração e deflúvio, fornecendo indicações sobre a origem e composição dos materiais de solos.

BURINGH (3) adverte que o pesquisador em ciência do solo, além da textura e dos processos de deposição dos materiais de origem, deve estudar, também, a ação dos fatores de formação e saber a que grupo genético pertence um dado solo. FRANÇA (8) constatou a advertência de Buringh, em seu estudo da composição e das características do padrão de drenagem de solos desenvolvidos a partir de arenitos eólicos da formação Botucatu. Foi constatado por este autor que, embora se tratando de materiais de textura semelhante e depositados pelo mesmo agente de transporte, deram origem a solos diferentes, cujas diferenças se refletiram, também, na composição e nas características do padrão de drenagem.

PARVIS (18) afirmou que os padrões de drenagem regionais são formados de linhas retas e linhas curvas. Onde o controle estrutural não existe, os canais de drenagem são curvos. Em regiões de rochas sedimentares, o controle pelo

declive desempenha um papel importante, pois os declives serão mais acentuados, quanto mais resistente for o material. Em regiões de materiais residuais a rede de drenagem superficial depende da distribuição de substrato rochoso de sua profundidade relativa e de suas superfícies de menor resistência. Em geral os arenitos são mais resistentes à erosão do que os folhelhos; os padrões de drenagem nestas rochas apresentam uma "curvatura" que contrasta com a "angularidade" dos padrões em áreas de arenito.

SMITH (27) estudou as razões de textura topográfica em duas regiões, usando plantas topográficas. Notou-se que o tamanho das bacias de drenagem individuais variou bastante nas duas regiões, sendo que os comprimentos de perímetros variaram de 0,95 a 3,99 km numa região e de 3,70 a 10,63 km na outra. Contudo, as bacias eram semelhantes quando os rios principais eram de 2ª e 3ª ordens e, assim, as amostras eram de rede de drenagem de unidades comparáveis. Além disso, Smith estabeleceu um valor médio ponderado para caracterizar a textura topográfica de uma dada área como um todo, levando em consideração o tamanho de cada bacia.

SMITH (27), propôs o emprego de parâmetros para os valores da razão de textura média, com a finalidade de classificar a textura topográfica nas classes grosseiras, média e fina, sendo os seus valores, respectivamente: menos de 4,0; entre 4,0 e 10,0 e mais de 10,0. Como esses parâmetros

são referidos a comprimentos de perímetro expressos em milhas e áreas expressas em milhas quadradas, FRANÇA (8) apresentou a equivalência para aqueles valores referidos a quilômetros e quilômetros quadrados. Desta maneira, os parâmetros correspondentes às classes de textura topográfica grosseira, média e fina passaram a ser, respectivamente: menos de 2,5; entre 2,5 e 6,2 e mais de 6,2. SMITH (27) conclui ainda que existe uma relação de função logarítmica entre a razão de textura topográfica e a densidade de drenagem. Baseando-se nesta conclusão, RAY (20) sugere que, sendo fácil determinar a densidade de drenagem, as fotografias aéreas seriam úteis num estudo comparativo de topografias de erosão.

RAY e FISCHER (21) fizeram medições de comprimentos de rios e de áreas de drenagem, sobre mapas básicos da drenagem, decalcados de fotografias aéreas. Os comprimentos de rios foram relacionados com as áreas de bacias hidrográficas e áreas circulares de 10 km^2 . Concluíram que as amostras circulares fornecem resultados mais consistentes com referência à densidade de drenagem, para qualquer tipo de rocha, do que as amostras representadas por bacias hidrográficas.

Segundo as observações de muitos autores, como HORTON (12), RAY (20) e SMITH (27), a rede de drenagem será tanto mais desenvolvida, quanto mais elevados forem os valores da frequência de rios Fr, densidade de drenagem Dd e textura média Tm.

2.4. Composição e característica do padrão de drenagem e suas relações com solos

Grande número de autores, procuraram correlacionar o desenvolvimento e as características das redes de drenagem com fatores tais como: litologia, estrutura geológica, clima, relevo e estágio de ciclo geomórfico, entre os quais MILLER e MILLER (17), RAY (20), RICCI e PETRI (22), SCHUMM (24), STRAHLER (29), RAY e FISCHER (21), VON ENGELN (34), SMITH (26).

Poucos autores, como PARVIS (18), LUEDER (14), FROST (9) fizeram referência ao fator solo, porém num sentido bem amplo, correspondendo mais propriamente ao conceito de regolito. Recentemente, FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32) estudaram a composição e características das redes de drenagem, relacionando-as com solos considerados do ponto de vista pedológico.

PARVIS (18), fez um estudo sobre a significância do padrão de drenagem na identificação de solos e substratos rochosos por meio de fotointerpretação, num nível regional.

Segundo FROST (9) e LUEDER (14), os padrões de drenagem indicam a maneira pela qual a água que atinge a superfície do solo se distribui por deflúvio ou infiltração e

fornece indícios sobre a composição e a origem dos materiais de solos.

HORTON (12) defendeu o ponto de vista de que, além de outros fatores como a precipitação e o relevo, dois fatores importantes nos processos de erosão hídrica responsáveis pelo desenvolvimento de sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem são a capacidade de infiltração do solo e a sua resistência à erosão. Porém observou que, isoladamente, a resistência do solo à erosão é o mais importante. A capacidade de infiltração é importante, porém, considerando um longo período de tempo.

FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32), concluíram que tanto a composição como as características de padrão de drenagem dependem, em primeiro lugar, da natureza do solo e, depois, da posição topográfica e da natureza e profundidade do substrato rochoso.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Materiais

Os materiais usados no presente trabalho são descritos a seguir.

3.1.1. Descrição geral das áreas estudadas

As áreas da Estação Experimental de Brasília e do Colégio Agrícola de Brasília são contíguas, estando localizadas no Distrito Federal.

A primeira, com área aproximada de 1 600 ha, situa-se na parte centro-norte do Distrito Federal, entre os paralelos de $15^{\circ}34'30''$ e $15^{\circ}37'30''$ de latitude Sul e entre os

meridianos de $47^{\circ}41'30''$ e $47^{\circ}45'30''$ de longitude a Oeste de Greenwich.

A segunda, com área aproximada de 12 400 ha, encontra-se localizada na parte central do Distrito Federal entre os paralelos de $15^{\circ}46'30''$ e $15^{\circ}46'00''$ de latitude Sul e entre os meridianos de $47^{\circ}39'00''$ e $47^{\circ}47'00''$ de longitude a Oeste de Greenwich.

A formação geológica e material originário, segundo a EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (6), são os seguintes:

Holoceno - São referidas a este período formações recentes, integradas por sedimentos argilosos e arenosos, além de deposições orgânicas, que constituem o material originário dos Solos Hidromórficos e Solos Aluviais.

Siluriano - Compreende rochas referidas à série Bambuí, sendo constituída das seguintes rochas: folhelhos argilosos, xistos argilosos e siltitos.

Pré-cambriano A - Representado pela série Canastra ou Itacolomi, a qual é constituída de filitos e quartzitos.

Segundo a mesma fonte, o clima dessa área é o que predomina no planalto Central do Brasil, o qual correspon

de ao tipo climático Aw da classificação de Köppen, ou seja: tropical, caracterizado por verões chuvosos e invernos secos. Apresenta em anos normais, uma estiagem bastante prolongada, na estação seca, sendo pequena ou nula a precipitação nos meses de junho e julho. No verão as chuvas são frequentes, com trovoadas e fortes aguaceiros. A precipitação total anual média é de 1 577 mm. (*)

A temperatura média anual oscila em torno de 21°C sendo setembro e outubro os meses mais quentes, com médias mensais em torno de 23°C; a mais alta média das máximas ocorre em setembro, em torno de 32°C e a mais baixa média das mínimas verifica-se em julho, da ordem de 10,4°C; junho e julho são os meses mais frios, com médias mensais em torno de 18°C.

A percentagem de umidade relativa anual varia em torno de 70%.

Segundo a EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (6), os dados utilizados são os de um período de 5 anos, muito curto para que seja feito um estudo mais exato das condições climáticas da área.

(*) "Diagnóstico do Espaço Natural do Distrito Federal",
"Codeplan", Brasília: 181-182, 1971.

3.1.2. Solos

Serviram de base para o presente estudo duas unidades de mapeamento que constam do Levantamento Semidetalhado dos Solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal, realizado pela EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (6).

As unidades escolhidas representam solos geneticamente diferentes, com morfologia e propriedades diferentes e, por conseguinte, apresentando comportamento diferente quanto às relações infiltração/deflúvio e desenvolvimento da rede de drenagem superficial. Representam unidades de mapeamento, ocupando áreas extensas na região do Distrito Federal.

3.1.2.1. Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado

- Origem - Solos desenvolvidos a partir de argilitos e siltitos da Série Bambui, do Siluriano.
- Relevo - Suavemente ondulado, sendo mais frequentes os declives entre 1 e 5%.
- Altitude - 990 m, variando de 820 - 1 150 m.
- Drenagem - bem drenado
- Erosão - Laminar ligeira

Uso atual - Pastagem

Vegetação - Cerrado com substrato graminóide.

3.1.2.2. Solos Bruno Ácidos (similar)

Origem - Os solos desta unidade estão relacionados a rochas referidas ao pré-cambriano A, tendo como substrato rochoso filitos e quartizitos.

Relevo - Ondulado, constituído de colinas de topo arredondado, vertentes convexas e côncavas, sendo de 10 a 30 m a altitude relativa das elevações e os declives mais frequentes entre 8 a 20%.

Altitude - 900 m, variando de 800 a 1 000 m.

Drenagem - Moderadamente drenado

Erosão - Laminar ligeira

Uso atual - Pastagem de gramíneas nativas

Vegetação - Cerrado e campo-cerrado.

3.1.3. Fotografias aéreas

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais resultantes de ACORDO BRASIL-ESTADOS UNIDOS SOBRE SERVIÇOS CARTOGRÁFICOS-VÔO USAF/AST/10, de setembro de 1965 a setembro de 1966, na escala aproximada de 1:20.000.

O recobrimento entre as fotografias é de **cerca** de 60% na mesma faixa de vôo e de 30% entre faixas adjacentes, o que permite a visão estereoscópica.

3.1.4. Estereoscópio

Foi usado para a observação estereoscópica dos pares de fotografias aéreas, um estereoscópio de bolso marca Vasconcelos.

3.1.5. Equipamento de medição e desenho

Com base no mapa decalcado das fotografias aéreas, foram feitas medições usando os seguintes equipamentos: planímetro polar, curvímetro, escala triangular, esquadros, compasso e transferidor, além de pantógrafo para a redução de escala da rede de drenagem das amostras circulares da densidade de drenagem.

3.2. Métodos

3.2.1. Seleção das áreas de estudo

A escolha das áreas pertencentes à Estação Experimental de Brasília e ao Colégio Agrícola de Brasília se

preendeu ao fato delas apresentarem carta de solos, levantamento plani-altimétrico e cobertura aerofotográfica, imprescindíveis à realização do trabalho em questão.

Com base no método de pesquisa lógica sugerido por RABBEIN (19), as fotografias aéreas foram analisadas tomando como referência as cartas topográficas e de solos disponíveis. Foram separados grupos de fotografias aéreas que deveriam conter as unidades de mapeamento escolhidas, esperando assim encontrar as informações pesquisadas. Procedeu-se ao exame preliminar das áreas nelas representadas, com o propósito de se escolherem as unidades de mapeamento e as áreas típicas de ocorrência; em seguida foi feita minuciosa observação estereoscópica, visando o estudo dos padrões e das características de drenagem correspondentes a cada unidade de solo.

3.2.2. Obtenção dos mapas básicos de drenagem

Inicialmente, procedeu-se à delimitação da área útil em fotografias sucessivas, de acordo com o método preconizado por RABBEIN (19). Adotou-se este método pelas seguintes razões: (a) número de fotografias aéreas ser relativamente pequeno; (b) obter-se melhor distribuição dos deslocamentos. A fim de evitar, nas fotos, o excesso de anotações, o que favorece o exame do modelo estereoscópico, empregou-se o papel transparente "ultraphan", fixado somente de um lado da foto, com o intuito de facilitar o manuseio das mesmas.

Através de detalhado exame dos pares estereoscópicos, traçaram-se, nas áreas representativas de cada um dos solos estudados, os divisores de água e a rede de drenagem completa, com todos os canais de drenagem bem definidos, visíveis nas fotografias aéreas, permanentes ou temporários.

Os resultados deste trabalho de exame decalque, segundo a sugestão de RAY (20), dos diferentes aspectos da drenagem, bem como os limites das unidades de mapeamento, foram transferidos para papel vegetal. Para maior precisão dos mapas básicos, utilizou-se o processo de "match line", conforme a indicação do SOIL SURVEY STAFF (28).

Para cada unidade de mapeamento escolhida, foram separadas tres bacias de drenagem, de mesma ordem de ramificação, relativamente homogêneas quanto à unidade de solo representada e de forma geométrica a mais semelhante possível, de acordo com as recomendações de STRAHLER (29).

3.2.3. Análise das bacias hidrográficas

Para a análise geral das bacias hidrográficas, seguiu-se a metodologia adotada por FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32). Dos diferentes aspectos ou elementos analisados nas fotografias aéreas e que se relacionam aos propósitos deste trabalho, procurou-se dar maior ênfase

se àqueles mensuráveis e cujos dados fossem dignos de confiança. Os elementos analisados nas bacias de drenagem foram:

3.2.3.1. Localização

Situação geográfica da bacia.

3.2.3.2. Representatividade

Expressa em termos de predominância do solo que está sendo amostrado.

3.2.3.3. Propriedades dimensionais

- a) . Maior comprimento - medido com escala, acompanhando aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de água;
- b) . Maior largura - medida com escala, transversalmente ao vale principal;
- c) . Desenvolvimento longitudinal ou comprimento do curso principal - medido com curvímetro, acompanhando as sinuosidades do curso principal, da foz até a nascente;
- d) . Perímetro - expresso pelo comprimento da linha do divisor de água que circunda a bacia, medido com curvímetro;

- e) . Área - medida com planímetro;
- f) . Índice de compacidade - determinado segundo a fórmula usada por GARCEZ (10).

$$K_c = \frac{P}{C} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

onde K_c é o índice de compacidade; P é o perímetro da bacia e A é a área da mesma.

3.2.3.4. Propriedades não dimensionais

- a) . Forma aproximada - indicada pelo contorno da bacia e designada por termos descritivos (ovalada, reniforme, periforme, retangular, etc.);
- b) . Ordem da bacia - determinada pela ordem do rio principal nela contido, o qual é o segmento de ordem mais elevada, de acordo com o sistema adotado;
- c) . Simetria das vertentes - dada pelos declives das encostas em relação ao vale principal e pela disposição dos tributários;
- d) . Semelhança geométrica - seguindo os princípios propostos por STRAHLER (29), esta característica foi testada para cada grupo de três bacias representativas de cada unidade de mapeamento. Este teste de semelhança geométrica, entre bacias de mesma ordem, foi usado para dar maior segurança às comparações feitas e maior consistência aos resultados.

3.2.4. Análise das redes de drenagem

Para a análise geral das redes de drenagem, seguiu-se a metodologia adotada por FRANÇA (8), FADEL (7) e VASQUES (32).

3.2.4.1. Composição da rede de drenagem

- a) . Ordem de ramificação - os segmentos de rios ou canais de drenagem foram classificados tomando como base a ordem de ramificação segundo o sistema de HORTON (12) modificado por STRAHLER (29); sendo a ordem designada com a letra w;
- b) . Número de segmentos de rios - foram computados os segmentos de rios em cada ordem e designados por N_w e o total da bacia, designado por N.
- c) . Razão de ramificação - segundo definição de HORTON (12), expressa a relação entre o número de segmentos de rios de uma determinada ordem e o da ordem imediatamente mais elevada, sendo representada por R_b. Determinada segundo STRAHLER (29), pela equação:

$$R_b = \log^{-1} b$$

- d) . Comprimentos de rios - com curvímetro, foram medidos os comprimentos dos segmentos de rios contidos na bacia. Designando por w uma dada ordem de rios, a soma dos com-

primentos dos segmentos de rios em cada ordem é representada por L_w e o comprimento total de rios contidos na bacia, por L_t . Os comprimentos médios de segmentos de rios (l_m) foram obtidos dividindo-se a soma dos comprimentos de rios de cada ordem (L_w) pelo número de segmentos da ordem respectiva (N_w). Assim:

$$l_m = \frac{L_w}{N_w}$$

- e) . Razão de comprimento - é designada por R_l e expressa a relação entre o comprimento médio de segmentos de rios de uma determinada ordem e o da ordem imediatamente inferior. Esta definição corresponde à razão de comprimento médio, segundo HORTON (12). Determinou-se também a razão entre os comprimentos totais das ordens de rios (R_{lw}) segundo a modificação feita por STRAHLER (29).

3.2.4.2. Características do padrão de drenagem

- a) . Características descritivas - analisadas segundo LUEDER (14) e incluindo o tipo ou modelo segundo PARVIS (18);
- b) . Características quantitativas - frequência de rios e densidade de drenagem são designadas Fr e Dd , respectivamente, e a razão de textura por T , sendo que as duas primeiras foram definidas por HORTON (12) e a terceira por FRANÇA (8). Estas tres características quantitativas são referidas a bacias hidrográficas individuais.

Para representar o padrão de drenagem como um todo, foram determinadas outras duas características quantitativas, a saber:

Razão de textura média - expressa pela média ponderada em relação às áreas das respectivas bacias, segundo SMITH (27); este valor médio foi obtido usando-se a fórmula:

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

onde T_m é a razão de textura média, A representa a área e T indica a razão de textura de cada bacia hidrográfica.

Densidade de drenagem determinada em amostras circulares - o método de amostragem proposto por RAY e FISCHER (21) para interpretação litológica, foi aplicado a solos por FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32), com bons resultados. O método consiste na tomada de amostras circulares, relativamente homogêneas quanto a solos, com área de 10 km².

c) . Textura topográfica - com base nos valores da razão de textura média, procedeu-se à classificação da textura topográfica segundo os parâmetros propostos por SMITH (27) e adaptados por FRANÇA (8), os quais acham-se indicados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Parâmetros para a classificação da textura topográfica com base nos valores da razão de textura média.

Classe de textura topográfica	Razão de textura média	
	Medidas expressas em milhas	Medidas expressas em quilômetros
grosseira	abaixo de 4	abaixo de 2,5
média	4 a 10	2,5 a 6,2
fina	acima de 10	acima de 6,2

3.2.4.3. Relação entre densidade de drenagem e razão de textura

No estudo comparativo entre a densidade de drenagem e a razão de textura das bacias hidrográficas individuais, combinou-se os dados das seis bacias de 3ª ordem, usando-se para isso o método empregado por FRANÇA (8).

3.2.4.4. Relação entre razão de textura e frequência de rios

Comparou-se os dados de razão de textura das bacias hidrográficas com os de frequência de rios empregando o método utilizado por FADEL (7).

4. RESULTADOS

4.1. Unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado

O estudo das características das bacias hidrográficas e das respectivas redes de drenagem forneceu os resultados apresentados a seguir.

4.1.1. Características das bacias hidrográficas

a) . Localização

Região Central do Distrito Federal, vertente direita do rio São Bartolomeu: bacia II, cabeceira do córrego do Meio; bacia I, cabeceira a sudeste e a esquerda da rodovia D.F. 6, ambas situadas em área do Colégio Agrícola de Brasília -

lia; bacia III, cabeceira do córrego Capão Comprido, localizada no núcleo rural Sobradinho I, adjacente à área acima referida.

b) . Representatividade

As tres bacias hidrográficas escolhidas apresentam boa representatividade, com dominância de solos semelhantes, pertencentes à unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado, com pequenas inclusões de outros solos. Estão representadas na Figura 1.

c) . Propriedades dimensionais

As propriedades expressas por números dimensionais, selecionadas para caracterização das bacias hidrográficas estudadas, estão indicadas no Quadro 2.

QUADRO 2 - Propriedades dimensionais de bacias hidrográficas representativas da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

Bacia hidro - gráfica	Maior comprimento (C) km	Maior largura (L) km	Comprimentos de rios		Perímetro (P) km	Área (A) km ²	Índice de compacta- dade (Kc)
			principal (Cp) km	rede (Cr) km			
I	3,14	3,02	2,20	4,77	9,20	5,59	1,09
II	6,00	5,00	5,20	9,64	17,40	14,33	1,29
III	6,22	3,50	4,10	7,01	16,40	14,92	1,19

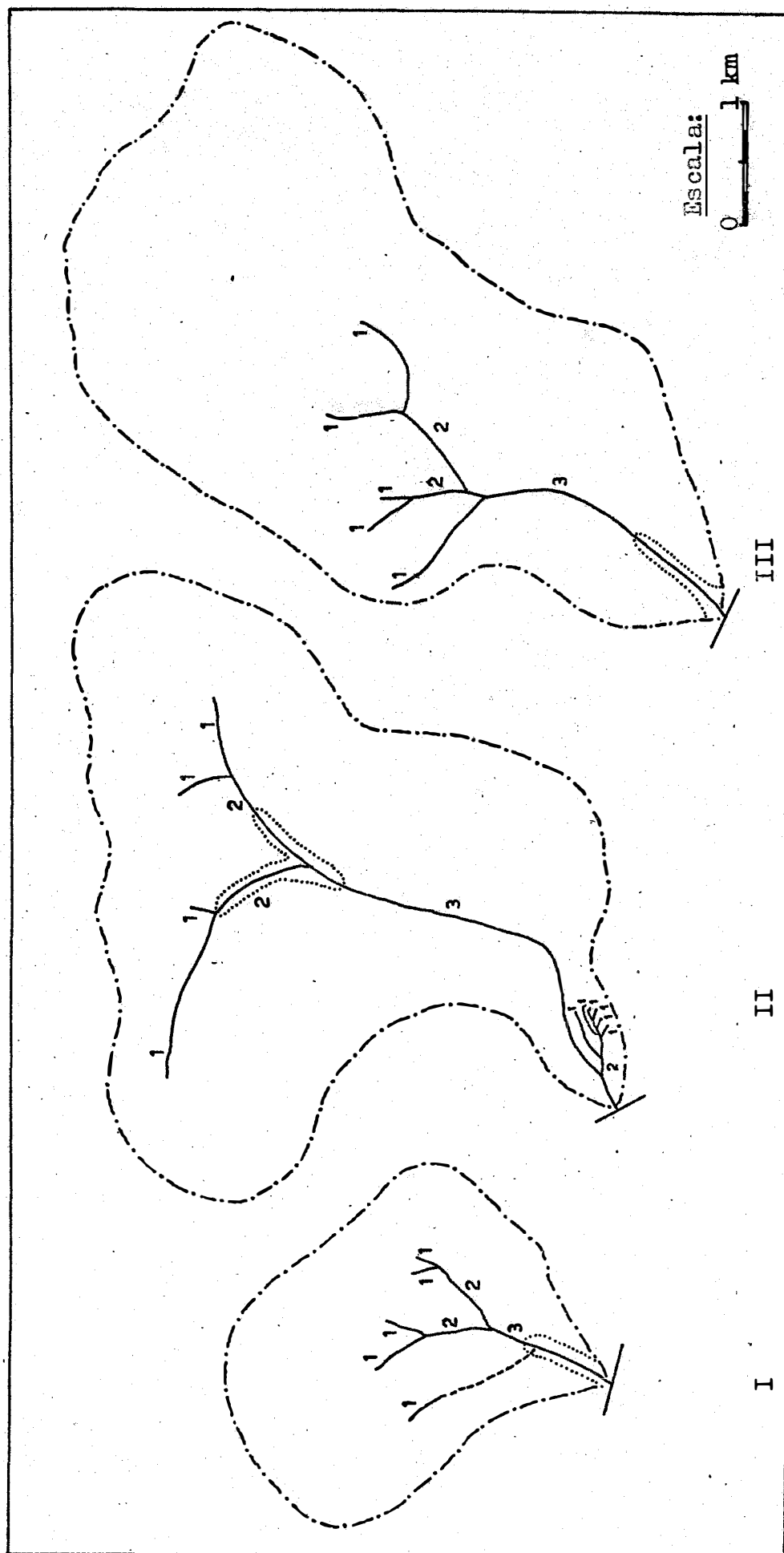


Figura 1 - Bacias de 3ª ordem selecionadas para representar as redes de drenagem desenvolvidas em solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

d) . Propriedades não dimensionais

As propriedades qualitativas ou representadas por números não dimensionais, escolhidas para caracterizar as bacias hidrográficas estudadas, estão indicadas no Quadro 3.

QUADRO 3 - Propriedades não dimensionais de bacias hidrográficas representativas da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

Bacia hidrográfica	Forma aproximada	Ordem (W)	Nº de segmento de rios (N)	Simetria das vertentes
I	retangular	3ª	8	assimétrica
II	amebóide	3ª	14	assimétrica
III	alongada	3ª	8	assimétrica

e) . Semelhança geométrica

Usando os princípios de análise dimensional e semelhança geométrica constatou-se que as bacias escolhidas para representar os solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado são semelhantes, embora apresentando ligeiras diferenças entre si no tamanho, como se verifica pelos Quadros 2 e 4.

QUADRO 4 - Análise dimensional e semelhança geométrica aplicadas a bacias hidrográficas representativas da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

Bacias hidrográficas comparadas	Razão de escala linear (R)					Razão média	Razão de escala quadrática	
	$\frac{C}{C_1}$	$\frac{L}{L_1}$	$\frac{CP}{CP_1}$	$\frac{CR}{CR_1}$	$\frac{P}{P_1}$	Rm	$\frac{A}{A_1}$	Rm ²
$\frac{I}{II}$	0,52	0,60	0,42	0,49	0,53	0,51	0,39	0,26
$\frac{I}{III}$	0,50	0,86	0,54	0,68	0,56	0,63	0,37	0,40
$\frac{II}{III}$	0,96	1,43	1,27	1,38	1,06	1,22	0,96	1,49

4.1.2. Características das redes de drenagem

4.1.2.1. Composição da rede de drenagem

As características referentes à composição das redes de drenagem das bacias hidrográficas estudadas, estão indicadas no Quadro 5.

a) . Análise de número de rios

Os segmentos de rios em cada ordem e o total da bacia, observados e calculados, estão indicados no Quadro 6.

QUADRO 5 - Composição das redes de drenagem das bacias hidrográficas de 3ª ordem representativas da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

Bacia hidrográfica	Ordem (w)	Nº de segmentos de rios		Razão de ramificação (Rb)	Comprimento de rios em km			Razão de comprimento médio (Rl)
		em ordem (Nw)	total da bacia (N)		em cada ordem		total de bacia (Lt)	
					total (Lw)	médio (Lm)		
I	1ª	5		-	2,53	0,51		1,14
	2ª	2		2,50	1,17	0,58		1,84
	3ª	1	8	2,00	1,07	1,07	4,77	-
II	1ª	10		-	3,98	0,39		1,77
	2ª	3		3,33	2,06	0,69		5,22
	3ª	1	14	3,00	3,60	3,60	9,64	-
III	1ª	5		-	3,20	0,64		1,05
	2ª	2		2,50	1,34	0,67		3,69
	3ª	1	8	2,00	2,47	2,47	7,01	-

QUADRO 6 - Número de segmentos de rios em cada ordem e número total da bacia, observados e calculados; dados de tres bacias de 3ª ordem representativas da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

Ordem de rios (W)	Número de segmentos de rios em cada ordem (Nw)					
	Observados				Calculados	
	I	II	III	média ponderada	equação	HORTON
1ª	5	10	5	7,06	6,82	6,84
2ª	2	3	2	2,41	2,56	2,65
3ª	1	1	1	1,00	0,76	1,00
Nº total de rios (N)	8	14	8	10,47	10,14	10,49

A equação que relaciona o número de rios às ordens de ramificação é do tipo:

$$\log N_w = \log a - w \cdot \log b$$

Para os dados observados nas bacias representativas de solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado, a equação toma a seguinte forma:

$$\log N_w = 1,25856 - 0,42440 w$$

As razões de ramificações observadas variam de 2,00 a 3,33, tendo como valor médio 2,55. O valor médio calculado foi:

$$R_b = \log^{-1} b = 2,65$$

A regressão do número de segmentos de rios sobre as ordens de rios, está representada na Figura 2.

b) . Análise dos comprimentos de rios

A soma dos comprimentos de segmentos de rios em cada ordem de ramificação e o comprimento total dos mesmos nas bacias, observados e calculados, estão indicados no Quadro 7.

QUADRO 7 - Soma dos comprimentos de segmentos de rios em cada ordem e comprimento total de rios na bacia, observados e calculados; dados de tres bacias de 3ª ordem representativas de solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

Ordem de rios (W)	Comprimento de rios em cada ordem, Lw (km)					
	Observados				Calculados	
	I	II	III	media ponderada	total da ordem (Lt)	medio (Lm)
1ª	2,53	3,98	3,20	3,41	2,75	0,40
2ª	1,17	2,06	1,34	1,61	2,45	0,96
3ª	1,07	3,60	2,47	2,71	2,19	2,88
Comprimento total de rios (Lt)	4,77	9,64	7,01	7,73	7,39	-

A equação que relaciona o comprimento de rios às ordens de ramificação, é do tipo:

$$\log L_w = \log a - w \log b$$

Para os dados observados nas bacias representativas dos solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado, a equação toma a seguinte forma:

$$\log L_w = 0,49024 - 0,04989 w$$

As razões de comprimento observadas são muito variáveis, estando entre os valores de 1,05 a 5,22. A razão de comprimento calculada, entre comprimentos totais de uma ordem e a seguinte, é:

$$R_{lw} = \log^{-1} b = 1,12$$

De outro lado, a razão de comprimento entre comprimentos médios de segmentos de rios de uma ordem e os da anterior, é:

$$R_l = 2,70$$

A regressão da soma dos comprimentos de rios sobre as ordens de rios, está representada na Figura 3.

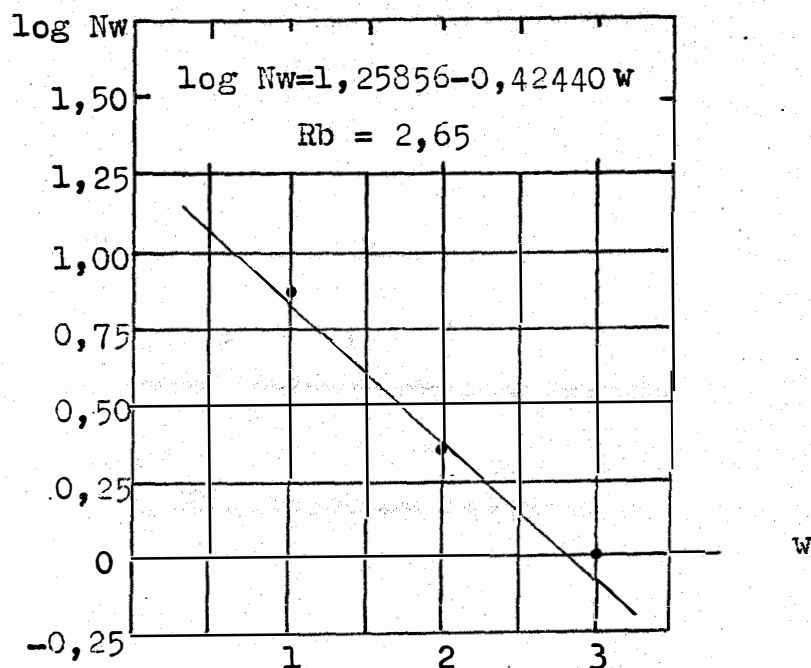


Figura 2 - Regressão do número de segmento de rios sobre as ordens de rios, em solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

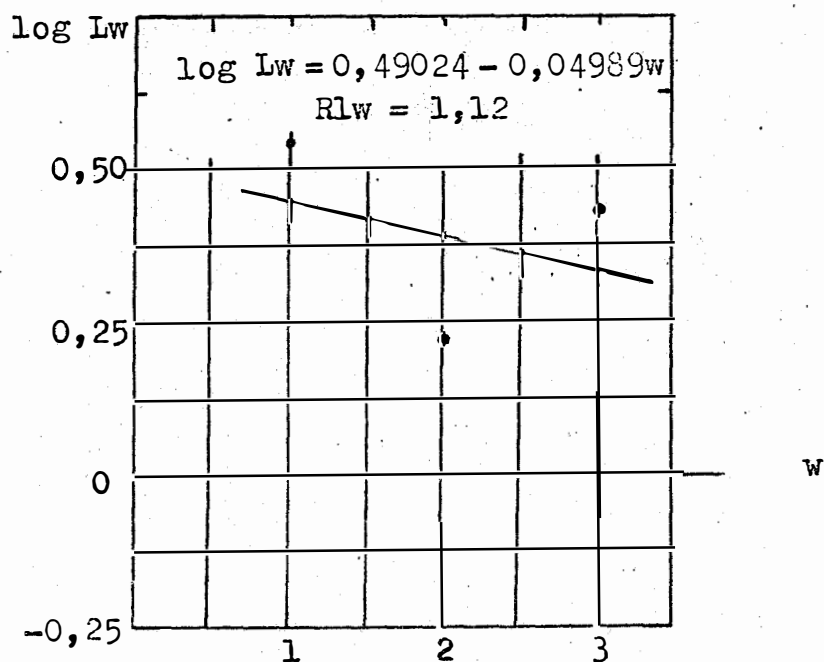


Figura 3 - Regressão da soma dos comprimentos dos segmentos de rios sobre as ordens de rios, em solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

4.1.2.2. Padrão de drenagem

- a) . As características descritivas do padrão de drenagem, referentes às redes de drenagem das bacias representativas dos solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado, estão relacionadas no Quadro 8.

QUADRO 8 - Características descritivas do padrão de drenagem da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

Características do padrão	Descrição
Grau de integração	moderado
Densidade	baixa
Uniformidade	uniforme, ligeiramente assimétrica
Orientação	não orientado
Grau de controle	não controlado
Ângulos de junção	agudos a retos
Angularidade	ausente
Tipo ou modelo	subparalelo

As inferências que as características descritivas permitem, são: trata-se de material não facilmente erodível, de permeabilidade relativamente alta. Estas inferências estão de acordo com a natureza do solo - textura argilosa e

porosidade acentuada ao longo de todo o perfil; solos profundos a muito profundos, bem drenados.

- b) . As características quantitativas do padrão de drenagem , relacionando a rede de drenagem à área e ao perímetro das bacias hidrográficas, estão indicadas no Quadro 9.

QUADRO 9 - Características quantitativas do padrão de drenagem de solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

Bacia hidrográfica	Frequência de rios (Fr)	Densidade de drenagem (Dd)	Razão de textura (T)
I	1,43	0,85	0,87
II	0,98	0,67	0,80
III	0,54	0,47	0,49

- c) . A razão de textura média, ponderada em relação às áreas das bacias, apresenta o valor $T_m = 0,69$.
- d) . As densidades de drenagem determinadas em amostras circulares de 10 km^2 de área, representativas dos solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado, estão indicadas no Quadro 10. Foram tomadas tres amostras para cada unidade de solo, as quais são reproduzidas na Figura 4.

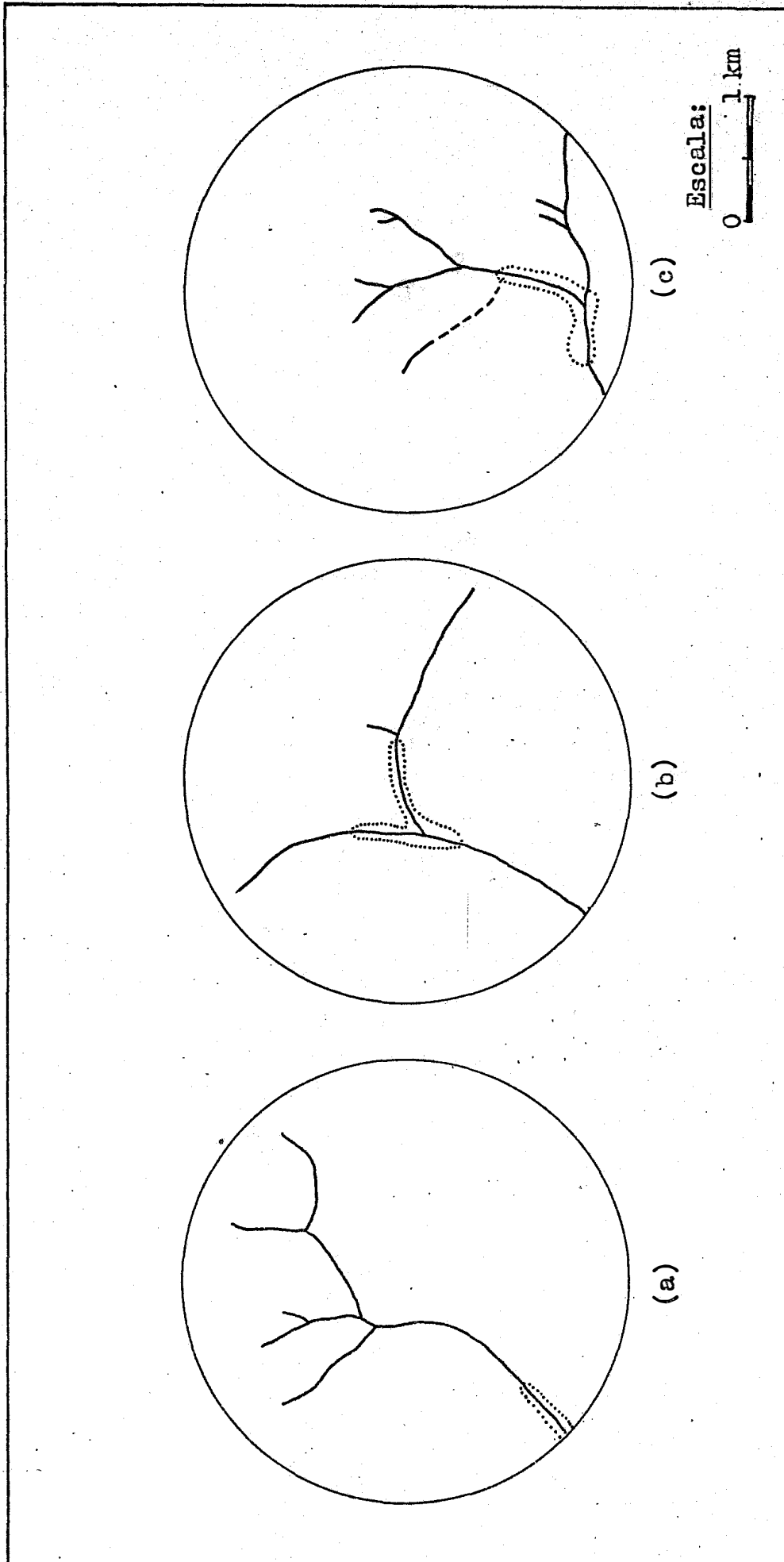


Figura 4 - Amostragem circular da densidade de drenagem em solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Ditrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

QUADRO 10 - Densidades de drenagem obtidas em amostras circulares de 10 km² de área para a unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

Unidade de Solo	Densidade de drenagem Ddc = km/km ²				Desvio padrão
	determinações			média	
	a	b	c		
Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado	0,62	0,59	0,70	0,64	± 0,06

4.2. Unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar)

O estudo das características das bacias hidrográficas e das respectivas redes de drenagem forneceu os resultados apresentados a seguir.

4.2.1. Características das bacias hidrográficas

a) . Localização

Os solos pertencentes a esta unidade de mapeamento, ocupam áreas na parte sudeste do Colégio Agrícola de Brasília.

b) . Representatividade

As bacias hidrográficas escolhidas para representar a unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar) apresentam alta representatividade, com dominância exclusiva de solos pertencentes a esta unidade de mapeamento. Estão representadas na Figura 5.

c) . Propriedades dimensionais

As propriedades expressas por números dimensionais, selecionadas para caracterização das bacias hidrográficas estudadas, estão indicadas no Quadro 11.

QUADRO 11 - Propriedades dimensionais das bacias hidrográficas representativas da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

Bacia hidrográfica	Maior comprimento (C) km	Maior largura (L) km	Comprimentos de rios		Perímetro (P) km	Área (A) km ²	Índice de compactidade (Kc)
			principal (Cp) km	rede (Cr) km			
I	0,36	0,38	0,30	1,22	1,00	0,08	1,00
II	0,60	0,48	0,60	1,94	1,76	1,19	1,15
III	0,46	0,36	0,56	1,39	1,20	0,08	1,20

d) . Propriedades não dimensionais

As propriedades qualitativas ou representadas por números não dimensionais, escolhidas para caracterizar as bacias hidrográficas estudadas, estão indicadas no Quadro 12.

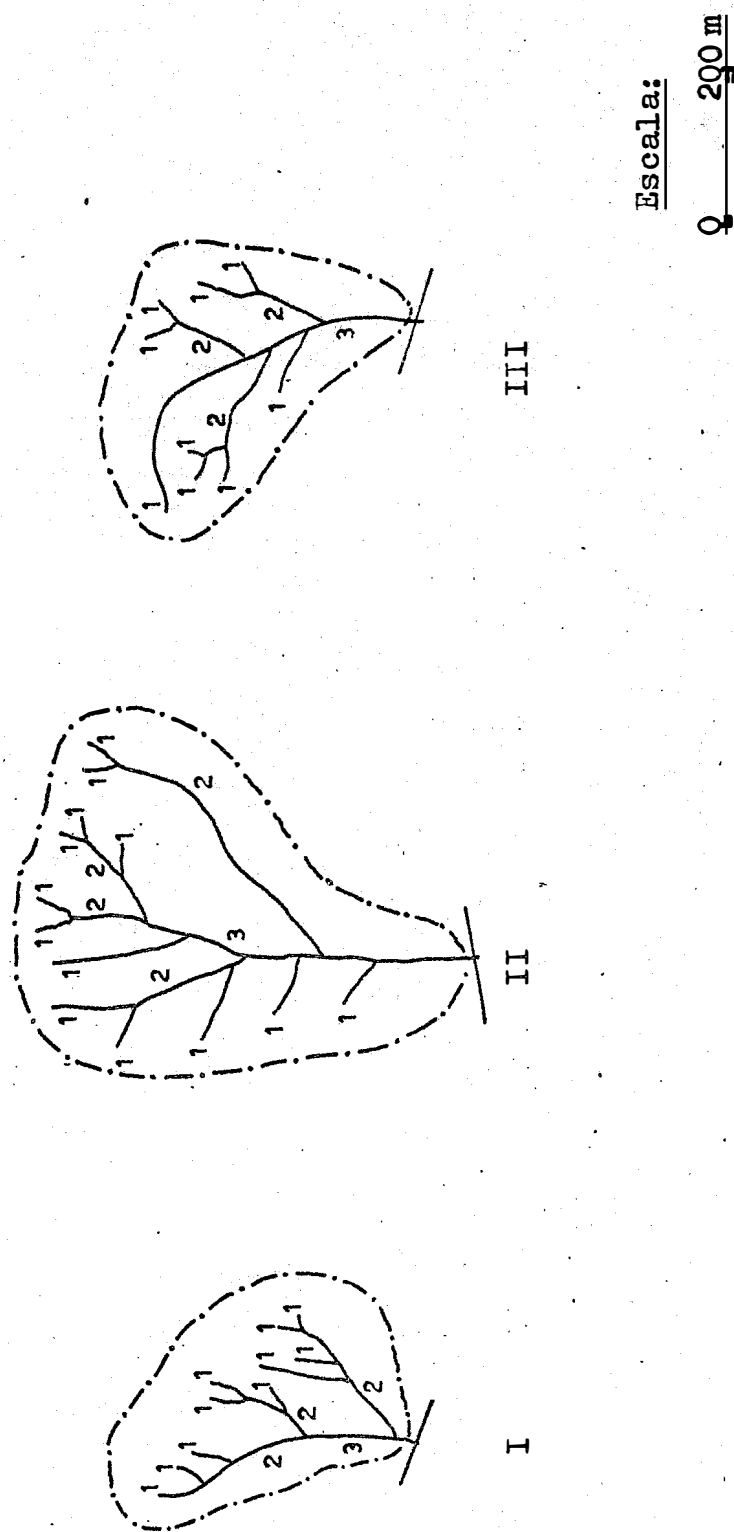


Figura 5 - Bacias de 3ª ordem selecionadas para representar as redes de drenagem desenvolvidas em solos da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

QUADRO 12 - Propriedades não dimensionais de bacias hidrográficas representativas da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

Bacia hidrográfica	Forma aproximada	Ordem (W)	Nº de segmentos de rios (N)	Simetria das vertentes
I	oval	3ª	14	assimétrica
II	piriforme	3ª	18	assimétrica
III	leque	3ª	13	assimétrica

e) . Semelhança geométrica

Usando os princípios da análise dimensional e semelhança geométrica, constatou-se que as bacias escolhidas para representar os solos da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar) são semelhantes, embora apresentando ligeira diferença entre si no tamanho, como se verifica pelos Quadros 11 e 13.

4.2.2. Características das redes de drenagem

4.2.2.1. Composição da rede de drenagem

As características referentes à composição das redes de drenagem das bacias hidrográficas estudadas, estão indicadas no Quadro 14.

QUADRO 13 - Análise dimensional e semelhança geométrica aplicadas às bacias hidrográficas representativas da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

Bacias hidrográficas comparadas	Razão de escala linear (R)					Razão média	Razão de escala quadrática	
	$\frac{C}{C_1}$	$\frac{L}{L_1}$	$\frac{CP}{CP_1}$	$\frac{CR}{CR_1}$	$\frac{P}{P_1}$	Rm	$\frac{A}{A_1}$	Rm ²
$\frac{I}{II}$	0,60	0,79	0,50	0,63	0,57	0,62	0,42	0,38
$\frac{I}{III}$	0,78	1,06	0,54	0,88	0,83	0,82	1,00	0,67
$\frac{II}{III}$	1,30	1,33	1,07	1,40	1,47	1,31	2,38	1,72

a) . Análise do número de rios

Os segmentos de rios em cada ordem e o total da bacia, observados e calculados, estão indicados no Quadro 15.

A equação que relaciona o número de rios às ordens de ramificação é do tipo :

$$\log Nw = \log a - w \cdot \log b$$

Para os dados observados nas bacias representativas de solos da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar), toma a seguinte forma:

$$\log Nw = 1,59220 - 0,52845 \cdot w$$

QUADRO 14 - Composição das redes de drenagem das bacias hidrográficas de 3ª ordem representativas da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

Bacia hidrográfica	Ordem (w)	Nº de segmentos de rios		Razão de ramificação (Rb)	Comprimento de rios em km			Razão de comprimento médio (Rl)
		em cada ordem (Nw)	total da bacia (N)		em cada ordem		total da bacia (Lt)	
					total (Lw)	médio (Lm)		
I	1ª	10		-	0,68	0,07		2,00
	2ª	3		3,33	0,41	0,14		0,93
	3ª	1	14	3,00	0,13	0,13	1,22	-
II	1ª	13		-	0,89	0,07		2,00
	2ª	4		3,25	0,58	0,14		3,36
	3ª	1	18	4,00	0,47	0,47	1,94	-
III	1ª	9		-	0,83	0,09		1,22
	2ª	3		3,00	0,32	0,11		2,18
	3ª	1	13	3,00	0,24	0,24	1,39	-

QUADRO 15 - Número de segmentos de rios em cada ordem e número total da bacia, observados e calculados; dados de tres bacias de 3ª ordem representativas da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

Ordem de rios (w)	Número de segmentos de rios em cada ordem (Nw)					
	Observados				Calculados	
	I	II	III	média ponderada	equação	HORTON
1ª	10	13	9	11,40	11,58	12,46
2ª	3	4	3	3,54	3,43	3,37
3ª	1	1	1	1,00	1,01	1,00
Nº total de rios (N)	14	18	13	15,94	16,02	16,83

As razões de ramificação observadas variam de 3,00 a 4,00, tendo como valor médio 3,26. O valor médio calculado foi:

$$R_b = \log^{-1} b = 3,37$$

A regressão de número de segmentos de rios sobre as ordens de rios, está representada na Figura 6.

b) . Análise dos comprimentos de rios

As somas dos comprimentos de segmentos de rios em cada ordem de ramificação e o comprimento total dos mesmos na bacia, observados e calculados, estão indicados no Quadro 16.

QUADRO 16 - Soma dos comprimentos de segmentos de rios em cada ordem e comprimento total de rios na bacia, observados e calculados; dados de tres bacias de 3ª ordem representativas de solos da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

Ordem de rios (W)	Comprimento de rios em cada ordem, Lw (km)					
	Observados				Calculados	
	I	II	III	média ponderada	total da ordem (Lt)	média (Lm)
1ª	0,68	0,89	0,83	0,83	0,80	0,07
2ª	0,41	0,58	0,32	0,49	0,51	0,15
3ª	0,13	0,47	0,24	0,34	0,33	0,34
Comprimento total de rios (Lt)	1,22	1,94	1,39	1,66	1,64	-

A equação que relaciona o comprimento de rios às ordens de ramificação, é do tipo:

$$\log L_w = \log a - w \log b$$

Para os dados observados nas bacias representativas dos solos da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar), a equação toma a seguinte forma:

$$\log L_w = 0,10147 - 0,19380 w$$

As razões de comprimento observadas são muito variáveis, estando entre os valores 0,93 a 3,36. A razão de comprimento calculada, entre comprimentos totais de uma ordem e a seguinte, é:

$$R_{lw} = \log^{-1} b = 1,56$$

De outro lado, a razão de comprimento entre os comprimentos médios de segmentos de rios de uma ordem e os da anterior, é:

$$R_l = 2,20$$

A regressão da soma dos comprimentos de rios sobre as ordens de rios, está representada na Figura 7.

4.2.2.2. Padrão de drenagem

- a) . As características descritivas do padrão de drenagem, referentes às redes de drenagem das bacias representativas dos solos da unidade de mapeamento Solos Bruno Ácidos (similar), estão relacionadas no Quadro 17.

As inferências que as características descritivas permitem, são: trata-se de material facilmente erodível, de permeabilidade moderada; evidências de pouco orientado a orientado, baixo a maior grau de controle litológico, indican

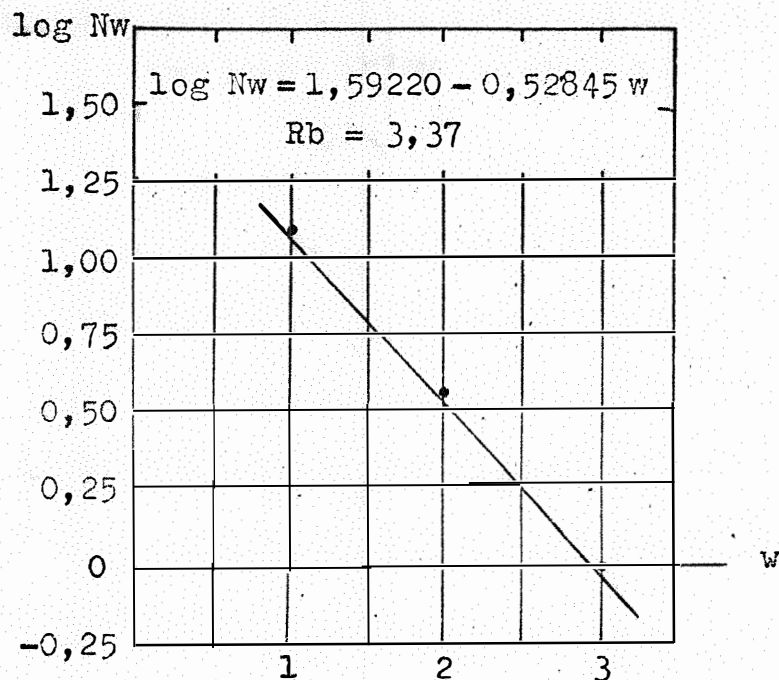


Figura 6 - Regressão do número de segmento de rios sobre as ordens de rios, em solos da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

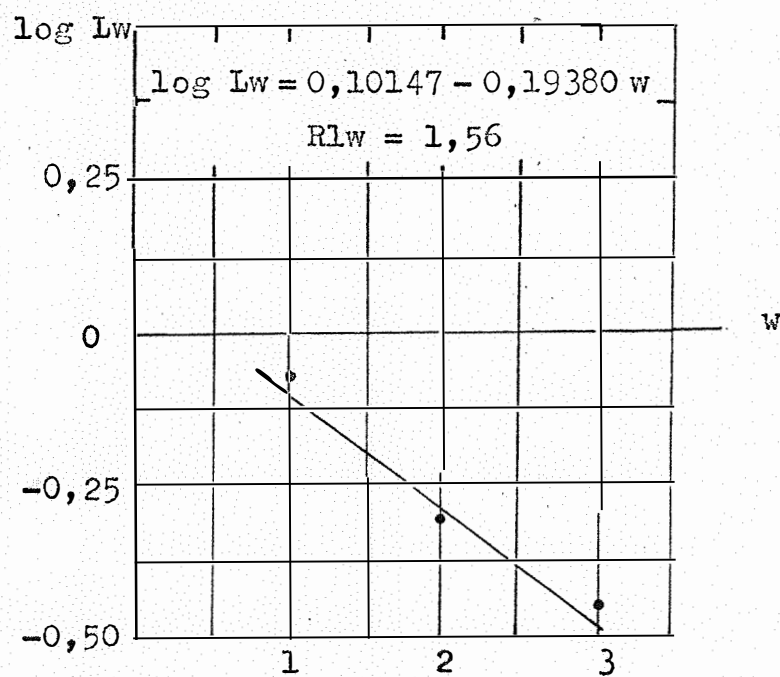


Figura 7 - Regressão da soma dos comprimentos dos segmentos de rios sobre as ordens de rios, em solos da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

QUADRO 17 - Características descritivas do padrão de drenagem da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (simi - lar).

Características do padrão	Descrição
Grau de integração	alto
Densidade	alta
Uniformidade	pouco uniforme, simetria variável
Orientação	pouco orientado nas cabeceiras e orientado nas proximidades dos cursos maiores
Grau de controle	baixo controle nas cabeceiras, evidenciando maior controle nas proximidades dos cursos maiores
Ângulo de junção	agudos nas cabeceiras, passando a retos nas proximidades dos cursos maiores
Angularidade	ausente nas cabeceiras e bem evidenciada nos cursos de ordem mais elevada
Tipo ou modelo	arborescente modificando-se para retangular

do a pequena profundidade do substrato rochoso, com afloramento de rochas. Estas inferências estão de acordo com a natureza do solo - textura argilosa, sendo moderadamente a bem dre-nados, susceptíveis a erosão, principalmente devido ao relevo onde se encontram; os perfis apresentam espessura que varia de 1 a 2 metros, constituindo característica comum, a presen-ça de cascalhos e pedras ao longo de todo o perfil.

- b) . As características quantitativas do padrão de drenagem , relacionando a rede de drenagem à área e ao perímetro das bacias hidrográficas, estão indicadas no Quadro 18.

QUADRO 18 - Características quantitativas de padrão de drenagem de solos da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

Bacia hidrográfica	Frequência de rios (Fr)	Densidade de drenagem (Dd)	Razão de textura (T)
I	175,00	15,25	14,00
II	94,74	10,21	10,23
III	162,50	17,38	10,83

- c) . A razão de textura média, ponderada em relação às áreas das das bacias, apresenta o valor $T_m = 11,23$.
- d) . As densidades de drenagem determinadas em amostras circulares de 10 km^2 de área, representativas dos solos da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar), estão indicados no Quadro 19. Foram tomadas tres amostras para cada unidade de solo, as quais estão reproduzidas na Figura 8.

QUADRO 19 - Densidades de drenagem, obtidas em amostras circulares de 10 km² de área, para a unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

Unidade de Solo	Densidade de drenagem Ddc = km/km ²				Desvio padrão
	determinações			médias	
	a	b	c		
Solo Bruno Ácido (similar)	6,61	6,75	6,48	6,61	± 0,13

4.3. Confronto entre solos

Os resultados obtidos nas áreas representativas das unidades de mapeamento estudadas, foram comparadas com o propósito de se verificar que características das bacias hidrográficas e/ou das redes de drenagem poderiam ser adotadas como critérios de diferenciação entre solos, para uso em fotointerpretação.

Baseando-se nas observações e medições efetuadas em bacias hidrográficas de 3ª ordem, selecionadas para representar as unidades de mapeamento estudadas, verificou-se que: (a) quanto ao perímetro e à área, houve uma variação acentuada entre as unidades de solos; isto provavelmente ocorre, em virtude de serem os solos da unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado

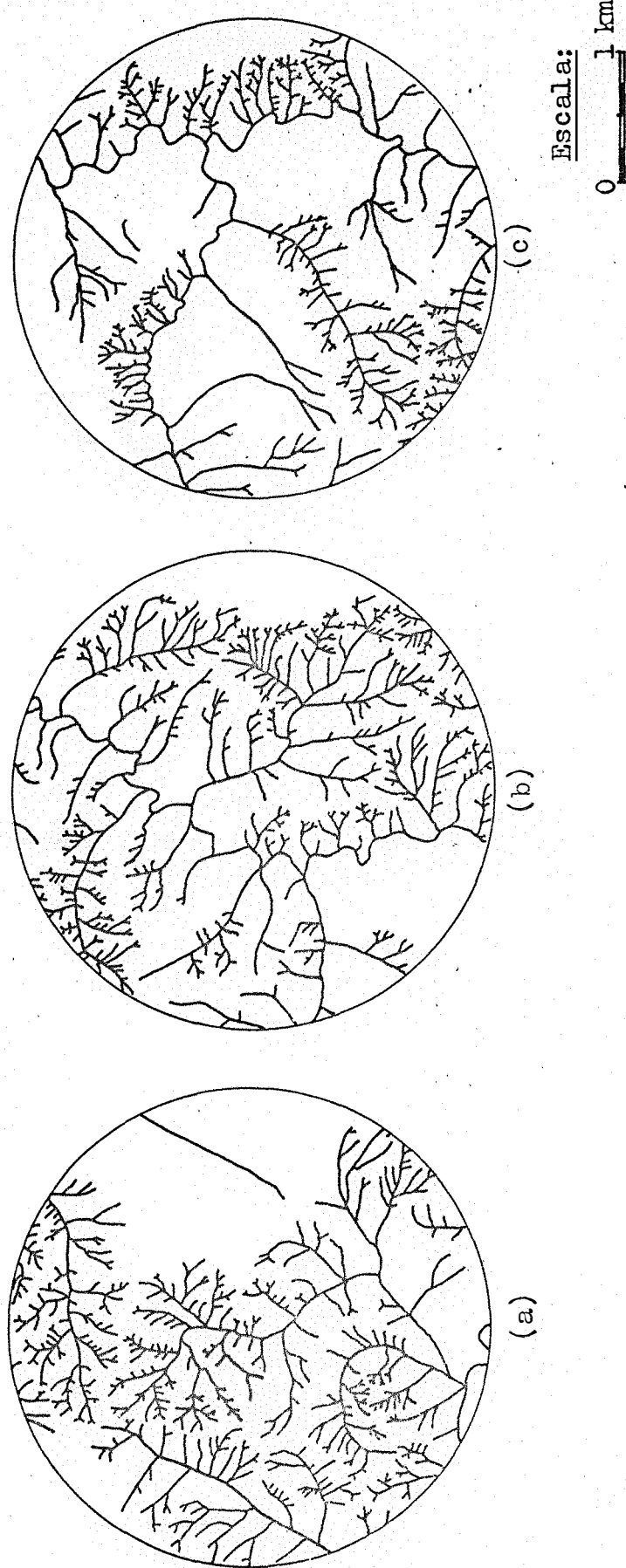


Figura 8 - Amostragem circular da densidade de drenagem da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

mais permeáveis em relação aos Solos Bruno Ácidos (similar); porém, a variação é pequena quando se comparam bacias dentro de uma mesma unidade de solo; (b) com referência aos índices de compacidade, sugeridos por GARCEZ (10) para caracterizar as irregularidades de formas das bacias, mostraram-se de difícil interpretação em termos de diferenças entre solos; (c) quanto à forma, houve variação quando se compararam bacias de solos diferentes, porém dentro de uma mesma unidade de solo a variação é muito pequena; (d) quanto à simetria das vertentes, não houve variação, mesmo analisando, conjuntamente, as seis bacias representativas das duas unidades de solos. Em termos muito gerais, podemos dizer que bacias hidrográficas de mesma ordem são frequentemente de maior tamanho quando desenvolvidas em solos mais permeáveis, como é o caso do Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado e, comparativamente, menores em solos menos permeáveis, como é o caso dos Solos Bruno Ácidos (similar).

Constatou-se que a rede de drenagem forneceu indícios mais sugestivos do que as bacias, para a distinção entre solos.

Com relação ao padrão de drenagem, foram investigadas algumas características quantitativas, dentre as quais, as que melhores indícios forneceram para a distinção entre os solos estudados, foram: (a) razão de ramificação; (b) comprimento médio de segmento de rios; (c) razão de comprimen

to; (d) frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura de bacias hidrográficas; (e) razão de textura média; (f) densidade de drenagem de amostras circulares.

4.3.1. Razão de ramificação

A razão de ramificação indica quantas vezes aumenta o número de segmentos de rios quando se passa de uma ordem para outra imediatamente inferior.

Esta característica variou com a natureza do solo, indicando que se relaciona com o comportamento hidrológico do mesmo. Constatou-se que a razão de ramificação é menor, tanto para os valores observados como para os calculados, para os solos mais permeáveis - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado; e maior para os solos menos permeáveis - Solos Bruno Ácidos (similar), como se observa no Quadro 20.

4.3.2. Comprimento médio dos segmentos de rios

O comprimento médio dos segmentos de rios, analisados segundo a ordem de ramificação, é outra característica relacionada ao comportamento hidrológico do solo, embora seja muito provável que ocorram variações nesta característi-

QUADRO 20 - Variação encontrada e valores médios observados e calculados para a razão de ramificação, em redes de drenagem de 3ª ordem, para as unidades de solos estudadas.

Unidade de Solo	Razão de ramificação, Rb			
	variação encontrada		valor médio	
	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3}$	observado	calculado

(*) 2,50 - 3,33 2,00 - 3,00 2,55 2,65

(**) 3,00 - 3,33 3,00 - 4,00 3,26 3,37

(*) - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

(**) - Solos Bruno Ácidos (similar).

ca por controle geológico ou topográfico. Para os solos estudados, o comprimento médio de rios parece estar associado à declividade de terreno, à capacidade de infiltração e à resistência do solo à erosão. Assim, a unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado é a que apresenta os maiores comprimentos médios de rios e a unidade de mapeamento Solos Bruno Ácidos (similar), os menores valores. Os resultados estão apresentados no Quadro 21.

QUADRO 21 - Variação encontrada e valores médios observados e calculados para os comprimentos médios dos segmentos de rios de cada ordem, em redes de drenagem de 3ª ordem desenvolvidas nos solos estudados.

Unidade de Solo	Ordem (w)	Comprimento médio de segmentos de rios, Lm (km)		
		variações encontrada	valor médio	
			observado	calculado
(*)	1ª	0,39 - 0,64	0,51	0,40
	2ª	0,58 - 0,69	0,65	0,96
	3ª	1,07 - 3,60	2,38	2,88
(**)	1ª	0,07 - 0,09	0,08	0,07
	2ª	0,11 - 0,14	0,13	0,15
	3ª	0,13 - 0,47	0,28	0,34

(*) - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

(**) - Solos Bruno Ácidos (similar).

4.3.3. Razão de comprimento

Segundo HORTON (12), a razão de comprimento indica quantas vezes o comprimento médio dos segmentos de rios aumenta ao se passar de uma ordem para outra mais elevada; variou com a natureza de solo, sugerindo que se relaciona com o comportamento hidrológico do mesmo. Estes resultados estão apresentados no Quadro 22.

QUADRO 22 - Variação observada e valores médios calculados e observados para a razão de comprimento, em redes de drenagem de 3ª ordem desenvolvidas nas unidades de solo estudadas.

Unidade de Solo	Razão de comprimento, Rl			
	variação encontrada		valor médio	
	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_1}$	observado	calculado
(*)	1,84 - 5,22	1,05 - 1,77	2,45	2,70
(**)	0,93 - 3,36	1,22 - 2,00	1,95	2,20

(*) - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

(**) - Solo Bruno Ácido (similar).

Verifica-se que a razão de comprimento se comporta de modo diferente à razão de ramificação: tende a ser maior para os solos mais permeáveis - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado e apresenta valor menor para os solos menos permeáveis - Solos Bruno Ácidos (similar).

Foi verificado, também, que a razão de comprimentos médios, Rl, pode ser expressa pela relação entre a razão de ramificação, Rb, e a razão de comprimentos totais de segmentos de rios das várias ordens, Rlw, ou seja:

$$Rl = \frac{Rb}{Rlw}$$

As relações que existem entre razão de comprimento total, razão de comprimento médio e razão de ramificação, estão apresentadas no Quadro 23.

QUADRO 23 - Relações entre razão de ramificação, razão de comprimento total e razão de comprimento médio, para as redes de drenagem de 3ª ordem desenvolvidas nas unidades de solo estudadas.

Unidade de Solo	Razão de ramificação (Rb)	Razão de comprimento total (Rlw)	$Rl = \frac{Rb}{Rlw}$	Razão de comprimento médio (Rl) ⁺
(*)	2,65	1,12	2,37	2,70
(**)	3,37	1,56	2,16	2,20

(+) - Valores calculados conforme constam do Quadro 22.

(*) - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

(**) - Solo Bruno Ácido (similar).

4.3.4. Frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura de bacias hidrográficas

No Quadro 24 estão reunidos os valores médios de frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura, os quais mostraram ser bons índices das diferenças entre solos, por refletirem diferenças no comportamento hidrológico dos mesmos.

QUADRO 24 - Valores médios da frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura para os solos estudados.

Unidade de Solo	Frequência de rios (Fr)	Densidade de drenagem (Dd)	Razão de textura (T)
(*)	0,78	0,66	0,72
(**)	144,08	14,28	11,69

(*) - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

(**) - Solo Bruno Ácido (similar).

4.3.5. Razão de textura média

Os valores médios ponderados da razão de textura, para as unidades de solos estudadas, são apresentadas no Quadro 25.

QUADRO 25 - Valores médios ponderados da razão de textura para as unidades de mapeamento estudadas.

Unidade de Solo	Soma das áreas das bacias representativas	Soma dos produtos área x razão de textura	Valor médio ponderado da razão de textura
(*)	34,84	23,638	0,69
(**)	0,35	3,930	11,23

(*) - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

(**) - Solo Bruno Ácido (similar).

Esta característica mostrou-se útil para evidenciar diferenças entre os solos estudadas, traduzindo comportamentos hidrológicos diferentes.

4.3.6. Razão de textura média e textura topográfica

Considerando-se os parâmetros apresentados no Quadro 1 e, tomando-se por base os resultados do Quadro 25, os solos de unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado podem ser classificados como de textura topográfica grosseira, enquanto que os solos da unidade de mapeamento Solos Bruno Ácidos (similar) apresentam textura topográfica fina.

4.3.7. Densidade de drenagem determinada em amostras circulares

A densidade de drenagem foi determinada em tres amostras circulares de 10 km^2 de área, para cada unidade de solo, procurando-se sempre selecionar áreas que abrangeram a maior proporção possível de cada unidade. Os resultados obtidos estão indicados no Quadro 26.

Da mesma forma que a razão de textura média, a densidade de drenagem determinada em amostras circulares reve

lou ser um bom índice das diferenças entre solos, refletindo diferenças no comportamento hidrológico dos mesmos.

QUADRO 26 - Valores da densidade de drenagem obtidos em amostras circulares de 10 km² da área, representativas das redes de drenagem dos solos estudados.

Unidade de Solo	Densidade de drenagem Ddc = km/km ²		
	determinações	média	erro da média
(*)	0,62	0,64	± 0,06
	0,59		
	0,70		
(**)	6,62	6,61	± 0,13
	6,75		
	6,48		

(*) - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

(**) - Solo Bruno Ácido (similar).

No Quadro 27 estão reunidos os valores médios da densidade de drenagem de amostras circulares e da razão de textura média.

QUADRO 27 - Valores médios da densidade de drenagem de amostras circulares e da razão de textura média, para os solos estudados.

Unidade de Solo	Valor médio da densidade de drenagem	Razão de textura média
(*)	0,64	0,69
(**)	6,61	11,23

(*) - Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado.

(**) - Solo Bruno Ácido (similar).

4.3.8. Relação entre densidade de drenagem e razão de textura

Investigou-se as relações entre características quantitativas do padrão de drenagem, referidas às bacias hidrográficas selecionadas para a pesquisa. Para tanto reuniram-se os dados da densidade de drenagem (Dd) e os dados da razão de textura (T), apresentados nos Quadros 9 e 18. Procedeu-se ao estudo comparativo entre essas duas características quantitativas do padrão de drenagem, por serem elas as mais usadas para expressar o grau de desenvolvimento das redes de drenagem. A Figura 9 mostra: (a) a existência de uma correlação linear altamente significativa entre os dados da densidade de drenagem e razão de textura; (b) que as unidades de solos estudadas são bem contrastantes e; (c) que os valores correspondentes ficam bem destacados.

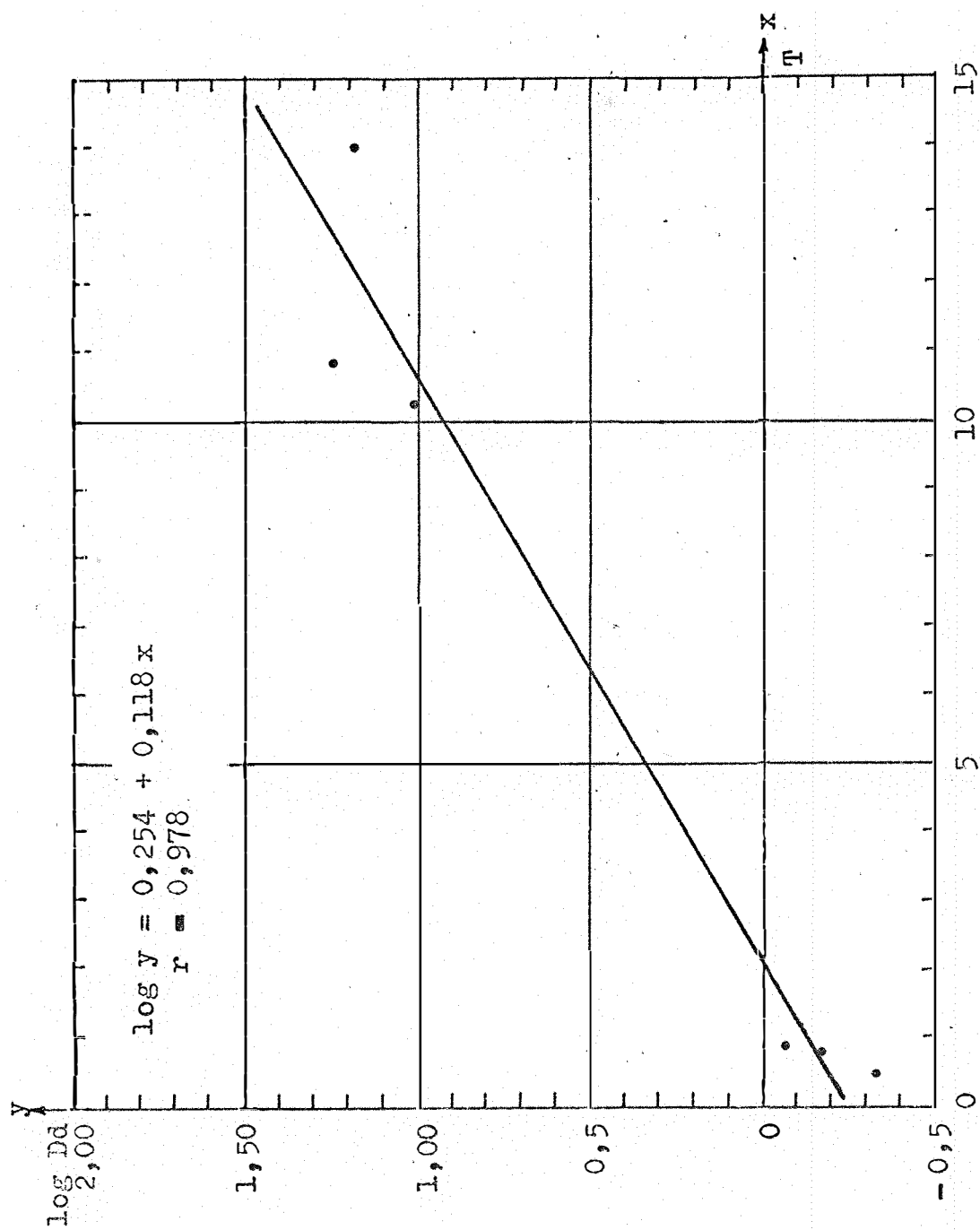


Figura 9 - Relação entre densidade de drenagem e razão de textura; dados de seis ba-
cias hidrográficas representando as duas unidades de solos estudados.

4.3.9. Relação entre razão de textura e frequência de rios

Comparando os dados, não foi encontrada correlação.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir, é apresentada a discussão dos resultados obtidos nesta investigação.

5.1. Limitações da análise de bacias hidrográficas

O estudo da composição de redes de drenagem e das características do padrão de drenagem, visando a sua aplicação em fotointerpretação de solos e substratos rochosos é, em linhas gerais baseado na delimitação, análise e comparação de dados obtidos em pequenas bacias hidrográficas. Obviamente, para que sejam válidas a comparação de dados e as conclusões tiradas, é necessário que as amostras de bacias hidrográficas sejam suficientemente homogêneas quanto à geologia e

edafologia ou, no dizer de FROST (9), apresentem solos semelhantes.

Além da homogeneidade de rochas e de solos, STRAHLER (29) afirma ser necessário uma outra condição, a semelhança geométrica entre as bacias a comparar. Existindo se melhança geométrica, embora as bacias sejam de tamanho diferente, todas as medições feitas guardarão razões de escala aproximadamente constantes.

O que nos leva a concluir, a semelhança geométrica entre as bacias é um reflexo da semelhança dos materiais sobre os quais se desenvolveram. Esta relação de causa e efeito foi verificada pelos trabalhos de FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32).

As bacias que servem de amostragem para estudos de fotointerpretação devem satisfazer, ainda, a uma outra condição, que é serem da mesma ordem de ramificação, conforme salientaram HORTON (12), STRAHLER (29), SMITH (27), SCHUMM (24), FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32).

HORTON (12), SMITH (27) e FRANÇA (8) demonstraram que, em igualdade de condições, bacias de ordem diferentes apresentam modificações na composição e nas características das redes de drenagem. Por esta razão, foram selecionadas bacias de mesma ordem para elaborar o presente trabalho.

PARVIS (18), VAN DOREN (33) e URBAN (31) notaram que, com o aumento da ordem de ramificação, os cursos de água entalham mais profundamente a coluna geológica, expondo materiais diferentes que influenciam o comportamento das redes de drenagem. FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32), com base nessas observações, utilizaram bacias de 3ª ou 4ª ordem em seus estudos e constataram uma maior influência do fator solo na composição e características das redes de drenagem; tendo em vista o que foi exposto e o objetivo deste trabalho, decidiu-se pela escolha de bacias de 3ª ordem.

Notando que as redes de drenagem podem ser localmente alteradas por fatores como variação na profundidade do substrato rochoso, inclusão de outras unidades de solos, posição topográfica e controle estrutural, FRANÇA (8) afirmou que, quando se considera uma amostra de tamanho suficiente, obtêm-se valores médios que diferem apreciavelmente de uma unidade de solo para outra. Face ao exposto, utilizou-se como amostragem, para a execução deste trabalho, tres bacias para cada unidade de solo.

De um modo geral, as bacias escolhidas para representar cada unidade de solo, preenchem satisfatoriamente todas as condições estabelecidas pelos autores citados, conforme se pode constatar pelo exame dos Quadros 4 e 13 e pelas ilustrações que constam das Figuras 1 e 5.

Com relação à unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado, a representatividade pode ser considerada como alta, uma vez que nesta unidade de solo, as tres bacias apresentam dominância de solos semelhantes; as pequenas inclusões que nela ocorrem, são de Solos Pouco Desenvolvidos não Hidromórficos, Solos hidromórficos e Solos Bruno Ácidos (similar).

Quanto à unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar), a representatividade é muito alta, uma vez que nesta unidade de solos, as tres bacias apresentam dominância exclusiva de solos pertencentes a esta unidade de mapeamento.

No que diz respeito à semelhança geométrica, as bacias escolhidas para representar a unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado são semelhantes, o mesmo ocorrendo com as bacias hidrográficas representativas da unidade de mapeamento Solo Bruno Ácido (similar).

Apesar das pequenas limitações apontadas, a análise das bacias hidrográficas forneceu resultados consistentes, que sugerem diferenças significativas entre solos, quanto às redes de drenagem. Estas diferenças foram realçadas pelas características quantitativas do padrão de drenagem, particularmente a razão de textura média ponderada e a densidade de drenagem determinada em amostras circulares.

5.2. Composição das redes de drenagem

HORTON (12) propôs a expressão "composição das redes de drenagem" para indicar as ordens de ramificação, número de segmentos de rios em cada ordem e o total da bacia, comprimento total e comprimentos médios dos segmentos de rios em cada ordem, assim como as relações entre número e comprimento de rios e as respectivas ordens de ramificação.

Os resultados obtidos, mostram alta significância hidrológica e refletem melhor as diferenças entre solos, do que o padrão de drenagem em si. O padrão, por ligar-se mais aos modelos de distribuição de rios e tributários, embora indique alguma diferença entre solos, revela um significado relativo e subjetivo, dando margem a interpretações pessoais.

5.2.1. Ordens de ramificação de rios

O sistema proposto por HORTON (12) e modificado por STRAHLER (29), para a classificação das ordens de rios, mostrou-se útil, permitindo comparações e a obtenção dos resultados apresentados. Este sistema de classificação, iniciando pelos menores tributários, mantém invariável a designação dada às ordens de rios, mesmo quando as redes de drenagem são complexas; permitindo, desta forma, a análise dos elemen-

tos semelhantes de diferentes redes de drenagem e a comparação de resultados, como aconselharam HORTON (12) e, posteriormente, SMITH (26), SCHUMM (24), STRAHLER (29) e MAXWELL (16).

FRANÇA (8), MARCHETTI (15), FADEL (7) e VASQUES (32) também utilizaram o sistema de STRAHLER (29), para a classificação das ordens de rios, obtendo bons resultados em suas pesquisas aplicadas a solos.

HORTON (12), SMITH (26), STRAHLER (29), bem como outros autores, consideram a ordem de rios como um índice quantitativo simples e seguro para indicar o grau de desenvolvimento de redes de drenagem: quando duas bacias hidrográficas são de tamanho comparáveis, aquela que atinge ordem mais elevada será a de rede de drenagem mais desenvolvida. Em igualdade das demais condições, a ordem de ramificação aumenta com o tamanho das bacias.

Segundo STRAHLER (29), a principal vantagem do sistema de classificar os segmentos de rios de acordo com a ordem de ramificação, é que os elementos correspondentes de duas bacias hidrográficas podem ser comparados, embora elas sejam de tamanho diferente, desde que tenham o mesmo número de ordem.

Desta forma, a medida dos comprimentos dos segmentos de rios de cada ordem e os comprimentos dos segmentos

de rios das diversas ordens, é de grande importância quando se quer analisar uma rede de drenagem.

Comprovou-se a afirmativa feita pelos autores atrás referidos, de que o número e o comprimento total de segmentos de rios diminuem à medida que aumenta a ordem de ramificação, enquanto o comprimento médio dos segmentos tende a aumentar, embora existam algumas exceções quando se passa da 2ª para a 3ª ordem, como observou FADEL (7).

5.2.2. Relação entre número de segmentos de rios e ordem de ramificação

Segundo a lei de Horton, os números de segmentos de rios de cada ordem formam uma série geométrica inversa àquela do número de ordem. Os resultados obtidos confirmam esta lei e, de maneira geral, estão de acordo com aqueles apresentados por HORTON (12), STRAHLER (29), SCHUMM (24), FRANÇA (8), MARCHETTI (15) e FADEL (7).

A afirmativa de MAXWELL (16), de que a equação ou regressão obtida quando se relaciona os logarítmos dos números de rios com as ordens de rios produz uma linha reta com muito pouca dispersão dos dados, também foi comprovada. A equação de regressão é do tipo:

$$\log N_w = a - bw$$

Os resultados obtidos confirmam também as observações de FRANÇA (8) e FADEL (7), de que trabalhando com amostras abrangendo unidades de solo mais homogêneas, as variações encontradas nos valores numéricos podem ser atribuídas aos solos.

5.2.3. Razão de ramificação

Os dados obtidos mostram ser a razão de ramificação um índice útil para expressar a composição de um sistema de drenagem.

Os valores encontrados para a razão de ramificação nesta pesquisa (Quadro 20), podem ser consideradas como significativas, confirmando as observações de FRANÇA (8) e de FADEL (7) e discordando da afirmativa de STRAHLER (29) de que a razão de ramificação seria um número altamente estável e que somente apresenta variações acentuadas, no caso de ocorrer forte controle geológico.

Não existe, na área de estudo, forte controle geológico para explicar as diferenças observadas entre os solos estudados. Existem, porém, diferenças nas características dos solos, que se refletem no comportamento hidrográfico dos mesmos e justificam as diferenças observadas.

Os solos pertencentes à unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado foram as que apresentaram valor médio calculado mais baixo para a razão de ramificação - 2,65. Estes solos são os mais permeáveis, apresentando B latossólico, textura argilosa, profundos a muito profundos, bem drenados e bastante porosos.

Os solos pertencentes à unidade de mapeamento Solos Bruno Ácidos (similar), foram as que apresentaram valor médio calculado mais alto para a razão de ramificação - 3,37. Estes solos são os menos permeáveis, predominantemente argilosos, com B incipiente; os perfis apresentam espessura que varia de 1 a 2 metros, com sequência de horizontes A, (B) e C, constituindo característica constante a presença de cascalho e de pedras ao longo de todo o perfil.

5.2.4. Relação entre comprimentos e ordens de rios

A segunda lei de Horton diz que os comprimentos médios de segmentos de rios das diversas ordens tendem a se aproximar de uma série geométrica direta, na qual o primeiro termo é o comprimento médio dos rios de 1ª ordem e cuja razão é a razão de comprimento, R_L .

Segundo STRAHLER (29), as relações entre com -

primentos totais de rios e as respectivas ordens, tendem a formar uma sequência inversa aos números de ordem de rios.

HORTON (12), STRAHLER (29), SCHUMM (24), FRANÇA (8) e FADEL (7) observaram que a lei dos comprimentos de rios em geral não é obedecida com a mesma precisão da lei dos números de rios.

Pelo exame das Figuras 2, 3, 6 e 7 observa-se que os resultados obtidos comprovam isso, pois os desvios observados para a lei dos comprimentos de rios realmente são maiores que aqueles verificados para a lei dos números de rios.

STRAHLER (29), para corrigir em parte estes desvios, preconizou o emprego de expressões logarítmicas, relacionando o comprimento total de rios com as ordens de ramificação. A sua equação adquiriu a forma:

$$\log L_w = \log a - b \cdot \log w \dots\dots (1)$$

O referido autor, sugere que a inclinação b da linha de regressão representaria uma variação de comprimento dos segmentos de rios ao se passar de uma ordem para outra. Mesmò admitindo que muitos dados de comprimentos de rios apresentam realmente uma variação linear, concluiu que nem sempre estes dados se ajustam a este tipo e equação, visto que a semelhança geométrica pode se alterar com o aumento da ordem de

grandeza da bacia hidrográfica.

FRANÇA (8) verificou que se ajusta melhor uma regressão exponencial do tipo:

$$L_w = ab^{-w} \quad (2)$$

$$\log L_w = \log a - w \cdot \log b \quad (3)$$

como medida da variação apresentada pelos comprimentos de rios das várias ordens.

Os resultados obtidos neste trabalho, se ajustam melhor à equação do tipo exponencial obtida por FRANÇA (8).

Segundo MAXWELL (16), o antilogaritmo de \underline{b} na equação que relaciona o número de segmentos de rios às ordens de ramificação pode ser considerado como expressão empírica da razão de ramificação, R_b . STRAHLER (29) sugeriu que o antilogaritmo de \underline{b} na equação (3) que relaciona a soma dos comprimentos de segmentos de rios às ordens de ramificação, fosse tomado como expressão da razão de comprimentos totais, R_{lw} . Este procedimento foi adotado por FRANÇA (8) e FADEL (7). Assim:

$$R_{lw} = \text{antilog } b \quad (4)$$

Os resultados apresentados no Quadro 23, confirmam as observações de FRANÇA (8) e FADEL (7), de que a ra-

zão de comprimentos médios, R_l , calculados conforme constam no Quadro 22, está relacionada com as razões de ramificação e de comprimentos totais, segundo a equação:

$$R_l = \frac{R_b}{R_{lw}} \quad (5)$$

embora apresentem pequena variação.

STRAHLER (29) e FRANÇA (8), usando dados combinados de bacias de 4ª ordem, encontraram o valor médio $R_{lw} = 1,67$ e $1,64$ respectivamente. FADEL (7), trabalhando com bacia de 3ª ordem, encontrou um valor médio de $R_{lw} = 1,70$; os resultados por nós encontrados, trabalhando também, com bacias de 3ª ordem, dão um valor médio de $R_{lw} = 1,34$. Contudo, analogamente ao que acontece com a razão de ramificação, ocorrem variações sensíveis nos valores de R_{lw} de acordo com a natureza do solo. O valor mais baixo $1,12$, por nós encontrado, corresponde às bacias desenvolvidas na unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado, enquanto o valor mais elevado $1,56$ foi encontrado nas bacias representativas da unidade de mapeamento Solos Bruno Ácidos (similar), como mostra o Quadro 23.

Como se observa no Quadro 22, o valor médio calculado para a razão de comprimentos médios foi $2,45$, valor que está mais próximo da média $2,3$ obtida por HORTON (12), que também trabalhou com bacias de 3ª ordem.

5.3. Padrão de drenagem

Na pesquisa em questão, adotou-se a linha de estudo seguida por PARVIS (18) e LUEDER (14).

5.3.1. Características qualitativas do padrão de drenagem

Os resultados apresentados nos Quadros 8 e 17, e ilustrados nas Figuras 1 e 5, concordam com PARVIS (18), porquanto os solos estudados diferem quanto ao modelo isolado; esta observação é reforçada pelo uso do modelo combinado com outras características descritivas, conforme a sugestão de LUEDER (14).

5.3.2. Características quantitativas do padrão de drenagem

A importância das características quantitativas, com base em amostragem representativa e medições simples, conforme discussão no item 5.1., é notada quando se deseja fazer uma descrição do padrão de drenagem em termos mais objetivos.

5.3.2.1. Características baseadas no estudo de bacias hidrográficas

Consultando a literatura, verificou-se que vários autores empregam as características quantitativas de modo incorreto e termos subjetivos de significado vago. LUEDER (14) empregou o termo densidade, referindo-se a números de rios por unidade de área, uma definição que cabe à frequência de rios de Horton, utilizando-a, ainda, em um sentido descritivo; PARVIS (18) deu ao termo textura um sentido um tanto vago, ligando-o ao tipo ou modelo do padrão de drenagem, para indicar o espaçamento entre os tributários de um sistema fluvial; LUEDER (14), MILLER e MILLER (17), RAY (20) caracterizaram a densidade de drenagem como alta e baixa; VON ENGELN (34), PARVIS (18), RICCI e PETRI (22), RAY (20), caracterizaram semi quantitativamente a textura como fina e grosseira. Esses termos: alta, baixa, fina e grosseira, por não se referirem a valores numéricos, fazem com que estas características adquiram pouco ou nenhum significado.

A afirmativa de HORTON (12), comprovada por FRANÇA (8) e, até certo ponto, por MARCHETTI (15), de que para caracterizar quantitativamente um padrão de drenagem, são necessárias duas relações, não foi observada.

Examinando os Quadros 9, 18 e 24, nota-se que os resultados obtidos concordam, em parte, com a observação

de FADEL (7), pois tanto a frequência de rios (Fr) como a densidade de drenagem (Dd) servem para distinguir as redes de drenagem desenvolvidas nos solos estudados. A discordância diz respeito à densidade de drenagem que, segundo FADEL (7), não oferecera a mesma segurança que a frequência de rios.

Da mesma forma que a frequência de rios e a densidade de drenagem, a razão de textura também mostrou-se útil para diferenciar as redes de drenagem desenvolvidas nos solos estudados, como se pode observar nos Quadros 9, 18 e 24. Observa-se, ainda, que os resultados relativos à densidade de drenagem (Dd) e à razão de textura (T) estão altamente correlacionados, como mostra a Figura 9.

5.3.2.2. Razão de textura média e densidade de drenagem determinada em amostras circulares

FRANÇA (8) e FADEL (7), observaram que os dados obtidos em bacias hidrográficas individuais apresentam pouca consistência, mesmo usando maior rigor na seleção das mesmas. Esta observação, como mostram os Quadros 9 e 18, e discutida no item anterior, não foi confirmada neste trabalho.

Mesmo assim, adotou-se o procedimento usado por FRANÇA (8) e FADEL (7), testando dois outros métodos: a razão de textura média ponderada em relação a área, preconiza

da por SMITH (27) e a densidade de drenagem determinada em amostras circulares, conforme sugestão de RAY e FISCHER (21).

Os resultados do valor médio ponderado da razão de textura, conforme mostra o Quadro 25, foram: 0,69 e 11,23, respectivamente, para as unidades de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado e Solo Bruno Ácido (similar). Estes resultados concordam com os de SMITH (27), FRANÇA (8), MARCHETTI (15) e FADEL (7), mostrando que a razão de textura média é índice suficientemente bom para a caracterização de solos.

Os resultados referentes às densidades de drenagem de amostras circulares, assim como os valores da razão de textura média ponderada, mostrados no Quadro 27, indicaram diferenças contrastantes entre os solos estudados, concordando com FRANÇA (8), FADEL (7) e VASQUES (32).

5.3.2.3. Relação entre densidade de drenagem e razão de textura

A Figura 9 mostra a relação entre a densidade de drenagem e a razão de textura para as seis bacias hidrográficas, das duas unidades de solos estudadas.

Da análise feita, resultou uma tendência linear com um alto coeficiente de correlação $r = 0,978$. Compara-

tivamente, em estudo semelhante, aquele valor foi superior aos encontrados por França, $r = 0,737$ e por Fadel, $r = 0,854$.

No presente trabalho, encontrou-se uma equação exponencial semelhante àquela apresentada por FRANÇA (8) e também por FADEL (7), para a relação entre a densidade de drenagem e a razão de textura, e não a equação logarítmica sugerida por SMITH (27).

6. CONCLUSÕES

A partir dos materiais e métodos empregados, dos dados obtidos, das análises e das interpretações nas condições que caracterizaram a presente pesquisa, foi possível que se chegasse às seguintes conclusões:

6.1. Unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado

Esta unidade de mapeamento foi a que apresentou:

- a) . representatividade alta, nas bacias hidrográficas de ocorrência;

- b) . a menor razão de ramificação ;
- c) . a maior razão de comprimento médio de segmentos de rios, cujo valor não diferiu significativamente da outra unidade de mapeamento ;
- d) . a menor razão de comprimento total ;
- e) . o menor valor para a razão de textura média, permitindo sua inclusão na classe de textura topográfica grosseira ;
- f) . o menor valor médio para a densidade de drenagem determinada em amostras circulares ;
- f) . os menores valores para a frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura de bacias hidrográficas ;
- h) . padrão de drenagem modelo sub paralelo, não orientado e não controlado ;
- i) . baseando-se nas conclusões anteriores, pode-se inferir que esta unidade de mapeamento é mais permeável e apresenta maior resistência à erosão, o que concorda com a natureza do perfil e com suas características físicas.

6.2. Unidade de mapeamento Solos Bruno Ácidos (similar)

- a) . representatividade muita alta, nas bacias hidrográficas de ocorrência ;
- b) . a maior razão de ramificação ;
- c) . a menor razão de comprimento médio de segmentos de rios ;

- d) . a maior razão de comprimento total;
- e) . o maior valor para a razão de textura média, permitindo sua inclusão na classe de textura topográfica fina;
- f) . o maior valor médio para a densidade de drenagem determinada em amostras circulares;
- g) . os maiores valores para a frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura de bacias hidrográficas;
- h) . padrão de drenagem modelo arborescente, modificando-se para retangular, pouco orientado nas cabeceiras e orientado nas proximidades dos cursos maiores, com baixo controle nas cabeceiras evidenciando maior controle nas proximidades dos cursos maiores;
- i) . baseando-se nas conclusões anteriores, pode-se inferir que esta unidade de mapeamento é menos permeável e apresenta menor resistência à erosão, o que concorda com a natureza do perfil e com suas características físicas.

6.3. Conclusões gerais

A comparação dos resultados obtidos das duas unidades de mapeamento pesquisadas permitiu as seguintes conclusões gerais.

- a) . tanto as características das bacias hidrográficas como as das redes de drenagem, principalmente esta última, depen

dem da natureza do solo ;

- b) . dentre as características quantitativas das redes de drenagem que melhor evidenciaram diferença entre solos foram: a razão de ramificação, a razão de comprimento médio e razão de comprimento total de segmentos de rios, a razão de textura média, a densidade de drenagem em amostras circulares e a frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura de bacias hidrográficas ;
- c) . o modelo isolado ou combinado com outras características descritas do padrão de drenagem, evidenciaram diferença entre solos, embora não oferecendo a mesma segurança que os índices quantitativos ;
- d) . observou-se uma correlação linear altamente significativa entre a densidade de drenagem e a razão de textura de bacias hidrográficas.

7. RESUMO

Este trabalho foi realizado com a finalidade de estudar, por meio de fotografias aéreas, a significância das diferenças na composição e nas características do padrão de drenagem de duas unidades de solos da região do Distrito Federal.

Tomando-se por base o Levantamento Semi-detalhado dos Solos de Áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal escolheram-se duas unidades de solo geneticamente diferentes, com morfologia e propriedades distintas.

As unidades escolhidas foram: (a) unidade de mapeamento Latossol Vermelho Amarelo Distrófico Textura Argilosa Fase Cerrado que, de acordo com a 7ª aproximação, pertencem

ce a ordem dos Oxisols, Subordem Ustox e Grande Grupo dos Acrustox. Estes solos são desenvolvidos a partir de argilitos e siltitos da série Bambui, do Siluriano em áreas cujo tipo climático, segundo a classificação de Köppen, prevalece o Aw; (b) e unidade de mapeamento Solos Bruno Ácidos (similar) que, segundo a 7ª aproximação, pertence a Ordem dos Inceptisols, Subordem Tropepts, Grande Grupo Humitropepts e Sub grupo Oxic Humitropepts. Estes solos estão relacionados a rochas referidas ao Pré-Cambriano A, tendo como substrato rochoso filitos e quartzitos e ocorrem em áreas cujo clima é do tipo Aw de Köppen.

Para representar cada unidade de solo, selecionaram-se tres bacias de 3ª ordem, relativamente homogêneas e geometricamente semelhantes, a partir das quais foi feita a análise da composição e das características dos respectivos padrões de drenagem.

A comparação dos resultados obtidos das duas unidades de mapeamento permitiu que se chegasse às seguintes conclusões gerais:

- a) . tanto as características das bacias hidrográficas como as das redes de drenagem, principalmente esta última, dependem da natureza do solo;
- b) . dentre as características quantitativas das redes de drenagem que melhor evidenciaram diferença entre solos fo

ram: a razão de ramificação, a razão de comprimento médio e razão de comprimento total de segmentos de rios, a razão de textura média, a densidade de drenagem em amostras circulares e a frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura de bacias hidrográficas;

- c) . o modelo isolado ou combinado com outras características descritivas do padrão de drenagem, evidenciaram diferença entre solos, embora não oferecendo a mesma segurança que os índices quantitativos;
- d) . observou-se uma correlação linear altamente significativa entre a densidade de drenagem e a razão de textura de bacias hidrográficas.

8. SUMMARY

Aerial photographs were used with the purpose of studying the significance of differences observed in the composition and characteristics of the drainage pattern of two units of soils of the Distrito Federal region. The climate of the region is Aw - according to Koppen's classification.

Two soil units were selected based on the semi-detailed soil survey of the Brasilia Experimental Station and Brasilia Agriculture College of the Ministry of Agriculture; specifically:

- a) . Red-Yellow Latosol, dystrophic, clayey, "cerrado" phase
- b) . Brun Acide.

Each of these soil units were represented by three third order basins selected on the basis of their similarity in geometry and soil characteristics. These basins were analysed as to their composition and individual drainage patterns.

A comparative study of the results obtained for the two soil units allowed the following conclusions:

- a) . the river basin characteristics and the drainage network are a function of the soil, particularly the latter;
- b) . the quantitative characteristics best suited to differentiate the soils studied were: branching ratio, average length ratio and total length ratio of river segments, average textural ratio, drainage density of circular samples and river frequency, drainage density and texture ratio of river basins;
- c) . the drainage model by itself or combined with other descriptive characteristics of the drainage pattern, though yielding useful information, are less reliable than the quantitative indexes;
- d) . a highly significant linear correlation was found between drainage density and texture ratio of the river basins.

9. LITERATURA CITADA

- 1 . ANDERSON, H.W. Relating sediment yield to watershed variables. Trans. Amer. Geophys. Un., Washington. 38: 921-924. 1957.
- 2 . BOMBERGER, E.H. & DILL, H.W., Jr. Photointerpretation in agriculture. In: American Society of Photogrammetry. Manual of photographic interpretation. Washington. 1960. Cap. 11: 561-632.
- 3 . BURINGH, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: American Society of Photogrammetry. Manual of photographic interpretation. Washington. 1960. Cap. 11: 633-666.

- 4 . COLWELL, R.N. Photographic interpretation for civil purposes. In: American Society of Photogrammetry. Manual of photogrammetry. Washington. 1952. 2ª ed. 535-602.
- 5 . CRESWICK, W.J. & ROCKWELL, W.H. Applications of aerial photographic techniques to agricultural surveys. In: Aerial photographic interpretation: principles and applications. New York. McGraw-Hill. Book Co., Inc. 1959. p. 373-385.
- 6 . EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Convênio MA-CONTAP-USAID/BRASIL. Rio de Janeiro. 135 p. (Boletim Técnico nº 8).
- 7 . FADEL, H. Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de tres séries de solos da Fazenda Ipanema, Município de Araçoiaba da Serra (SP). Piracicaba 1972. 92 p. (Dissertação - ESALQ).
- 8 . FRANÇA, G.V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba, 1968. 151 p. (Tese - ESALQ).

- 9 . FROST, R.E. Photointerpretation of soil. In: American Society of Photogrammetry. Manual of photographic interpretation. Washington. 1960. Cap. 5: 343-402.
- 10 . GARCEZ, L.N. Hidrologia. São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo, 1967. 249 p.
- 11 . GOOSEN, D. Interpretación de fotos aéreas y su importancia en levantamiento de suelos. Traduzido por Izabel Diagnostini. Roma, FAO 1968. 55 p. (Boletín sobre suelos, nº 6).
- 12 . HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bul. Geol. Soc. Amer., 56: 275-370. 1945.
- 13 . HOWE, R.H.L. The application of aerial photographic interpretation to the investigation of hydrologic problems. Photogramm. Engng., 26: 85-95. 1960.
- 14 . LUEDER, D.R. Aerial photographic interpretation: principles and applications. New York. McGraw-Hill. 1959. 162 p.

- 15 . MARCHETTI, D.A.B. Fotointerpretação de atributos do relevo aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba. 1969. 58 p. (Tese - ESALQ).
- 16 . MAXWELL, J.C. The bifurcation ratio in Horton's law stream numbrers. Trans. Amer. Geophys. Un. Washington. 36: 520. 1955. (Resumo).
- 17 . MILLER, V.C. & MILLER, C.F. Photogeology. New York McGraw-Hill. 1961. 248 p.
- 18 . PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. Photogramm. Engng., 16: 387-409. 1950.
- 19 . RABBen, E.L. Fundamentals of photointerpretation. In: American Society of Photogrammetry. Manual of Photographic interpretation. Washington. 1960. Cap. 3. 99-168.
- 20 . RAY, R.G. Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológicos. Traduzido por Jesuino Felicissimo Jr. São Paulo. Inst. Geográfico e Geológico. 1963. 88 p. 75 fotogramas.
- 21 . RAY, R.G. & FISCHER, W.A. Quantitative photographic: a geologic research tool. Photogramm. Engng., 26: 143-150. 1960.

- 22 . RICCI, M. & PETRI, S. Principios de aerofotogrametria e interpretação geológica. São Paulo. Ed. Nacional. 1965. 226 p.
- 23 . ROURKE, J.D. & AUSTIN, M.E. The use of airphotos for soil classification and mapping in the field. Separata de Photogramm. Engng., 17: 738-747. 1951.
- 24 . SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. New Jersey. Bul. Geol. Soc. Amer., 67: 597-646. 1956.
- 25 . SIMONSON, R.W. Use of aerial photographs in soil surveys. Photogramm. Engng., 16: 308-315. 1950.
- 26 . SMITH, H.T.U. Aerial photographs and their applications. New York. Appleton-Century. 1943. 372 p.
- 27 . SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. Amer. J. Sci., 248: 655-668. 1950.
- 28 . SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. Washington, U.S. Dept. Agric. 1951. 503 p. (Handbook nº 18).
- 29 . STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Amer. Geophys. Un., Washington 38: 913-920. 1957.

- 30 . SUMMERSON, C.H. A philosophy for photointerpreters.
Photogramm. Engng., 20: 396-397. 1954.
- 31 . URBAN, J.B. Geologic and hydrologic significance of
springs and seeps in Eastern Ohio. J. Soil & Water
Cons., 20: 178-179. 1965.
- 32 . VASQUES, J. (FILHO). Critérios morfométricos aplica-
dos à fotointerpretação de redes de drenagem em
tres unidades de solos no Município de Piracicaba.
Piracicaba. 1972. 113 p. (Tese - ESALQ).
- 33 . VAN DOREN, C.A. Soil and water research in a area
of intensive agriculture. In: I Congresso Pan Ame-
ricano de Conservação do Solo. S. Paulo. 1966.
20 p. (mimeogr.)
- 34 . VON ENGELN, O.D. Geomorphology: systematical and
regional. New York. McMillan. 1942. 655 p.