

# PEDOLOGIA DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR IV. FOTOINTERPRETAÇÃO DE AMOSTRAS CIRCULARES\*

Marcio ROSSI\*\*  
Rui Marconi PFEIFER\*\*  
Marco Aurélio NALON\*\*

## RESUMO

Com o auxílio de fotografias aéreas, foram estudadas a composição das redes de drenagem e as características do padrão de drenagem, quantitativamente, através de amostras circulares de 5 km<sup>2</sup>, a fim de estabelecer uma relação entre solos morfogeneticamente distintos, do Parque Estadual da Serra do Mar, em Cubatão (São Paulo, Brasil). Concluiu-se que todas as características quantitativas analisadas forneceram subsídios para a distinção das unidades de solos e que as modificações no padrão de drenagem foram devidas à natureza e profundidade do substrato rochoso e às condições locais do relevo.

Palavras-chave: pedologia, fotointerpretação, amostras circulares, Serra do Mar e Cubatão.

## 1 INTRODUÇÃO

O conjunto do Parque Estadual da Serra do Mar, na região de Cubatão - SP., situado entre as coordenadas 23°45' e 24°00' Lat. S. e entre 46°15' a 46°35' de Long. W., compreende parte das folhas topográficas de Santos e Riacho Grande. Constitui área de grande interesse sócio-econômico, dado o pólo industrial de Cubatão e a região portuária de Santos. De grande interesse conservacionista, devido ser um importante remanescente da flora e fauna do Estado, apresenta um clima tipo tropical úmido, com elevadas precipitações (aproximadamente 2.000 mm anuais) e vegetação

## ABSTRACT

Aerial photographs were used to show the quantitative composition of natural drainage systems, and the characteristics of drainage pattern through 5 km<sup>2</sup> circular sampling with the objective to establish a relation among morphogenetically different soils in the "Parque Estadual da Serra do Mar", in "Cubatão" (São Paulo State, Brazil). It was concluded that all the quantitative characteristics of the drainage pattern considered in this study indicated differences among soil units. The alterations in the drainage pattern were clue to the soil constitution the rocky substratum profundity and the condition of the site relief.

Key words: pedology, photointerpretation, circular samplings, "Serra do Mar" and "Cubatão".

rica e exuberante como a mata pluvial tropical.

Com o objetivo de diferenciar unidades de solo, com o auxílio da fotointerpretação da rede de drenagem, através de amostras circulares de 5 km<sup>2</sup>, estuda-se as características quantitativas da drenagem como o número e comprimento de rios e a frequência, densidade e razão de textura dos padrões de drenagem relacionadas com a paisagem e propriedades dos solos.

Nesta linha de pesquisa, RAY & FISCHER (1960), estudam a rede de drenagem para fins de caracterização litológica, utilizando o

(\*) Aceito para publicação em dezembro de 1991. Trabalho financiado pela Petróleo Brasileiro S/A. (PETROBRAS).

(\*\*) Instituto Florestal, SP. Caixa Postal 1322 - 01059-970 - São Paulo, SP. Brasil.

ROSSI, M. & PFEIFER, R. M. Pedologia do Parque Estadual da Serra do Mar IV. Levantamento de reconhecimento dos solos.

critério de amostras circulares de 10 km<sup>2</sup> de área.

BURINGH (1960), salienta que as amostras circulares podem variar em área de 10 a 100 km<sup>2</sup>.

Aplicando a metodologia para o estudo de solos, FRANÇA (1968) obtém resultados significativos para a densidade de drenagem de amostras circulares. Como vantagens indica a eliminação de influência da área, que é constante e a amostragem pode ser deslocada dentro da área de ocorrência de uma unidade de solo, buscando maior proporção e homogeneidade da unidade que é amostrada.

Os resultados de FRANÇA são confirmados por MARCHETTI (1969), FADEL (1972), VASQUES FILHO (1972), LEÃO (1972), GEVAERD (1974), GARCIA (1975), KOFFLER (1976 a), FREIRE (1977), CARVALHO (1977), POLITANO (1980), MANECHINI (1981) e PFEIFER (1984).

PFEIFER (1984) obtém resultados mostrando diferenciação hidrológica entre unidades de solos, através da simples observação da rede de drenagem. Com relação aos comprimentos de rios, os resultados foram bastante diferenciados para as unidades de solos PVL, LV e Li-gr, comprovando os trabalhos de CARVALHO (1977 e 1981).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Como material de estudo é utilizado o Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão - SP (FIGURA 1), o mapa da rede de drenagem da região, extraído das fotografias aéreas do recobrimento da área de 1972 (pancromático) e 1985 (infravermelho), na escala aproximada de 1:25.000, considerando-se os cursos de água permanentes e temporários, segundo os critérios sugeridos por STRAHLER (1957), LUEDER (1959) e RAY (1963).

Para observação dos pares de fotos em estereoscopia são utilizados um estereoscópio de espelhos marca Topcon e um estereoscópio de bolso marca Vasconcellos. As várias medições são feitas com curvímeter marca Derby, escala triangular e planímetro polar marca OTT.

Para cada unidade de solo, determinada apenas pela interpretação da rede de drenagem através dos padrões de drenagem, são tomadas três amostras circulares com área de 5 km<sup>2</sup>, conforme propõem SOUZA (1975), KOFFLER (1976 b), FREIRE (1977) e POLITANO (1980), permitindo constatar uma melhor representação dos solos, bem como quando a conformação da área de ocorrência limita amostras de maior tamanho.

As unidades estudadas se enquadram em associações de solo e são: unidade I, Latossolo Vermelho-Amarelo + Cambissolo + Litossolo; unidade II, Cambissolo + Latossolo Vermelho-Amarelo; unidade III, Latossolo Vermelho-Amarelo + Cambissolo + Litossolo + Podzólico Vermelho-Amarelo; unidade IV, Cambissolo + Latossolo Vermelho-Amarelo + Litossolo; e unidade V, Latossolo Vermelho-Amarelo + Cambissolo.

Nas amostras circulares são determinados apenas o número de rios e o comprimento total da rede, uma vez que, a área e o perímetro são conhecidos e constantes. Com isto, define-se os seguintes índices:

- densidade de drenagem (Ddc): calculada de acordo com HORTON (1945) e adaptada por RAY & FISCHER (1960);
- frequência de rios (Fc): desenvolvida conforme HORTON (1945) e adaptada às amostras circulares por SOUZA (1975);
- comprimento médio de rios (Lmc): calculado conforme procedimentos de KOFFLER (1976 a e b);
- razão de textura (Tc): calculada segundo a definição de SMITH (1950), modificada por FRAN

ROSSI, M. & PFEIFER, R. M. Pedologia do Parque Estadual da Serra do Mar IV. Levantamento de reconhecimento dos solos.

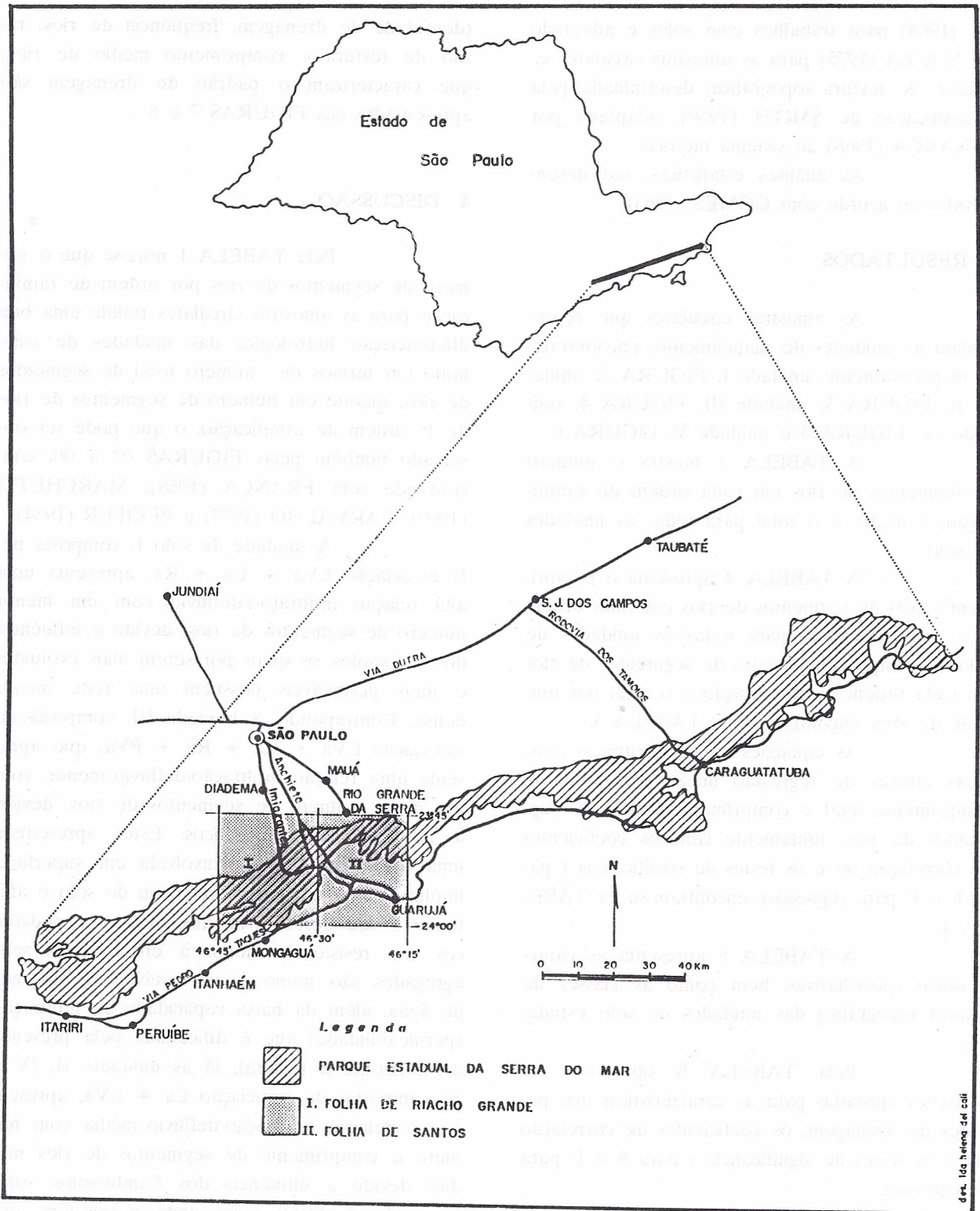


FIGURA 1 - Mapa de localização.

ÇA (1968) para trabalhos com solos e adaptado por SOUZA (1975) para as amostras circulares e, - classe de textura topográfica: determinada pela classificação de SMITH (1950), adaptada por FRANÇA (1968) ao sistema métrico.

As análises estatísticas, são desenvolvidas de acordo com GOMES (1963).

### 3 RESULTADOS

As amostras circulares que representam as unidades de mapeamento, encontram-se respectivamente, unidade I, FIGURA 2; unidade II, FIGURA 3; unidade III, FIGURA 4; unidade IV, FIGURA 5 e unidade V, FIGURA 6.

A TABELA 1 mostra o número de segmentos de rios em cada ordem de ramificação, a média e o total para todas as unidades de solo.

A TABELA 2 apresenta o comprimento total de segmentos de rios em cada ordem e o total observado para todas as unidades de solo. O comprimento médio de segmentos de rios em cada ordem de ramificação e o total por unidade de área encontram-se na TABELA 3.

As equações monologarítmicas ajustadas através de regressão linear para número, comprimento total e comprimento médio de segmentos de rios, juntamente com os coeficientes de correlação ( $r$ ) e os testes de significância  $t$  para  $b$  e  $F$  para regressão, encontram-se na TABELA 4.

A TABELA 5 apresenta as características quantitativas, bem como as classes de textura topográfica das unidades de solo estudadas.

Pela TABELA 6 observa-se as equações ajustadas para as características dos padrões de drenagem, os coeficientes de correlação ( $r$ ) e os testes de significância  $t$  para  $b$  e  $F$  para a regressão.

A correlação entre os parâmetros

(densidade de drenagem, frequência de rios, razão de textura e comprimento médio de rios) que caracterizam o padrão de drenagem são apresentados nas FIGURAS 7 e 8.

### 4 DISCUSSÃO

Pela TABELA 1 nota-se que o número de segmentos de rios por ordem de ramificação para as amostras circulares reflete uma boa diferenciação hidrológica das unidades de solo, tanto em termos de número total de segmentos de rios, quanto em número de segmentos de rios de 1ª ordem de ramificação, o que pode ser observado também pelas FIGURAS 02 à 06, concordando com FRANÇA (1968), MARCHETTI (1969), CARVALHO (1977) e PFEIFER (1984).

A unidade de solo I, composta pela associação LVa + Ca + Ra, apresenta uma alta relação infiltração/deflúvio, com um menor número de segmentos de rios, devido a influência dos Latossolos, os quais por serem mais evoluídos e mais permeáveis possuem uma rede menos densa. Contrapondo, a unidade III, composta da associação LVa + Ca + Ra + PVa, que apresenta uma relação infiltração/deflúvio menor, com um maior número de segmentos de rios, devido a influência dos Podzólicos. Estes apresentam uma drenagem bem desenvolvida em superfície, implicando numa menor drenagem do solo e afetando o seu desenvolvimento, isto é, os podzólicos têm resistência menor à erosão, pois seus agregados são muito pouco estáveis à presença de água, além da baixa capacidade de infiltração (permeabilidade) que é dificultada pela presença do horizonte B textural. Já as unidades II, IV e V, compostas da associação Ca + LVa, apresentam a relação infiltração/deflúvio média com número e comprimento de segmentos de rios médios devido a influência dos Cambissolos, solos pouco desenvolvidos, razos, onde os rios têm di-

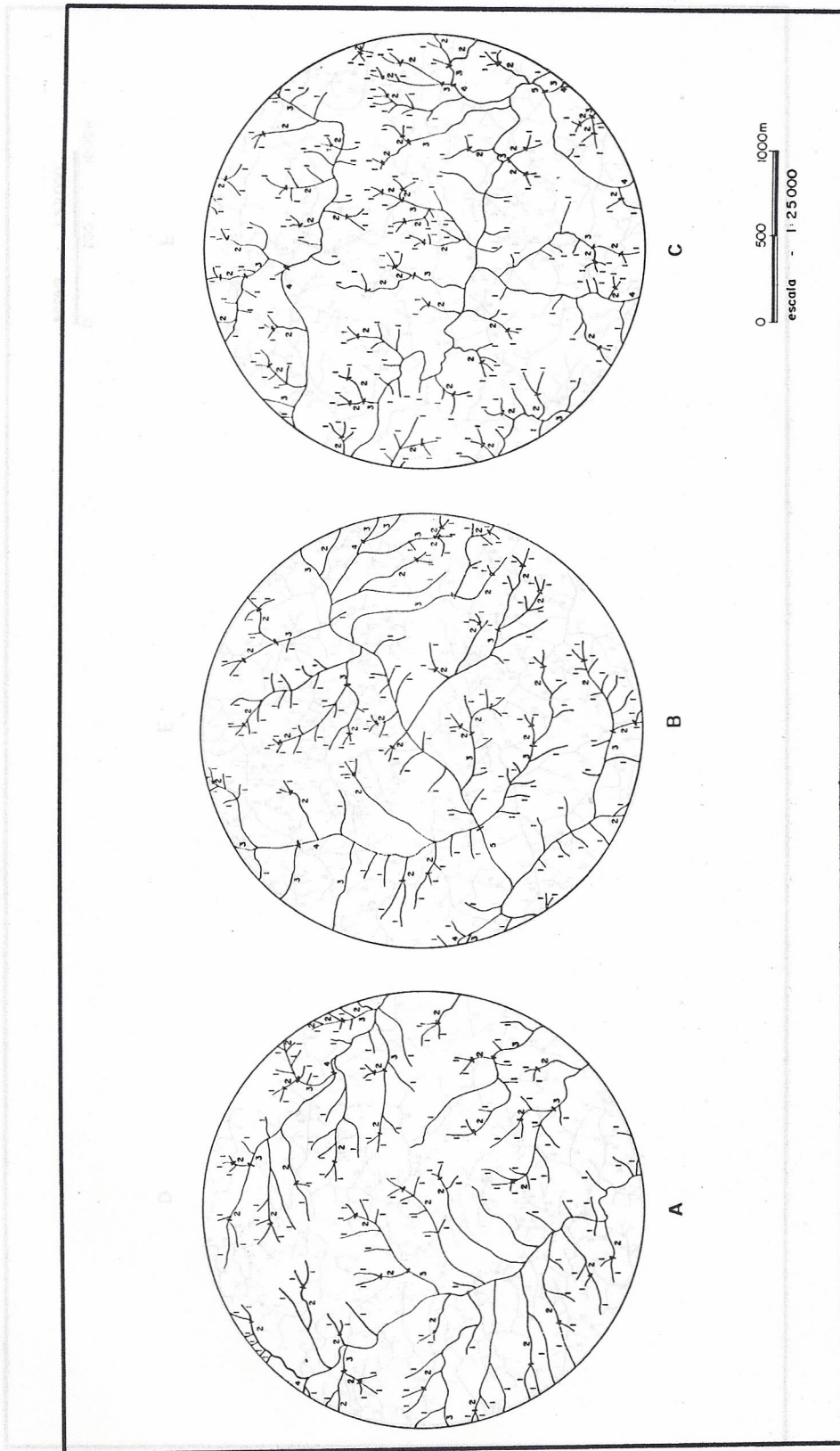


FIGURA 2 - Amostras circulares A, B e C (5 km<sup>2</sup>) representativas da unidade de solo I (LVa+Ca+Ra).

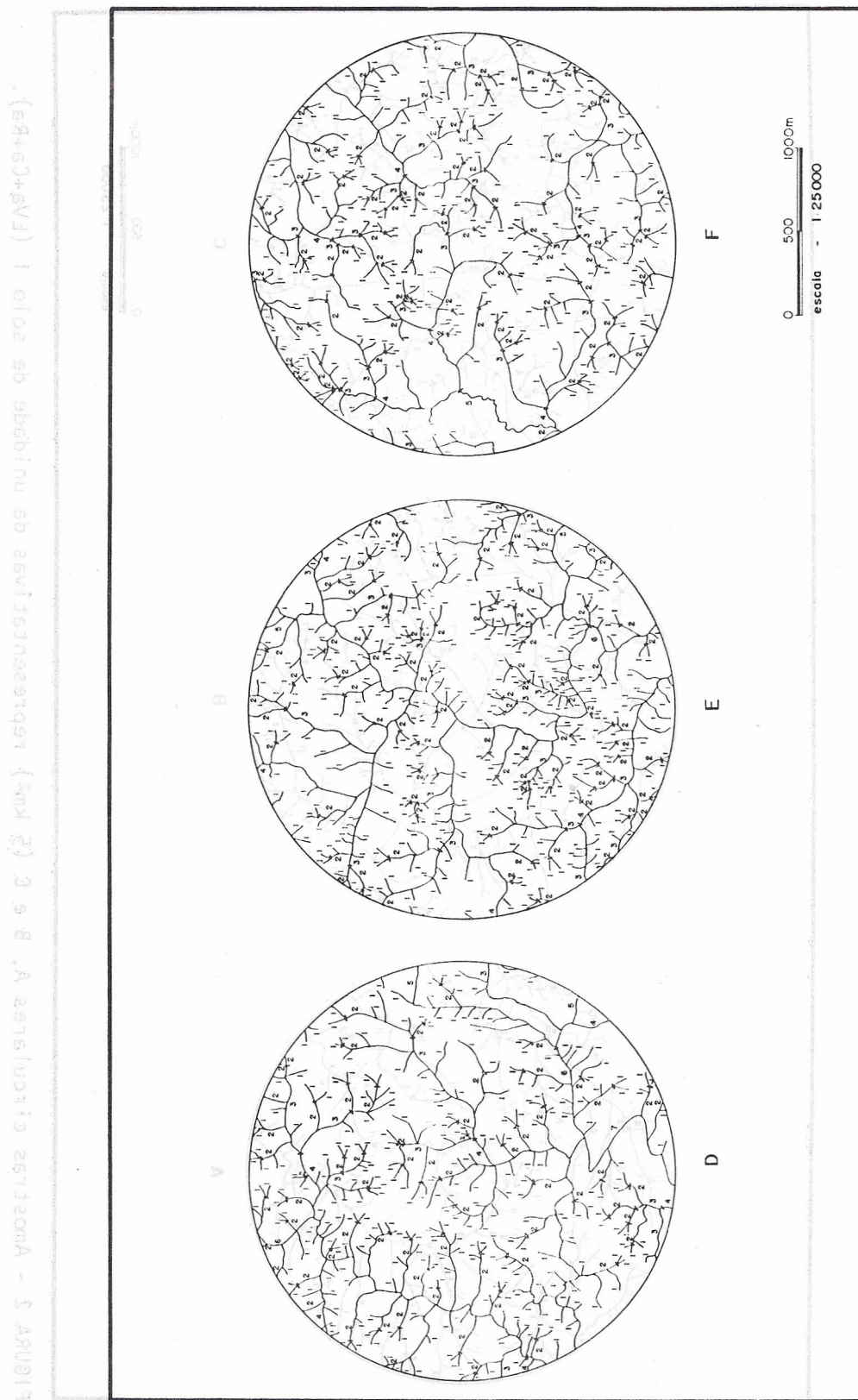


FIGURA 3 - Amostras circulares D, E e F (5 km<sup>2</sup>) representativas da unidade de solo II (Ca+LVa).

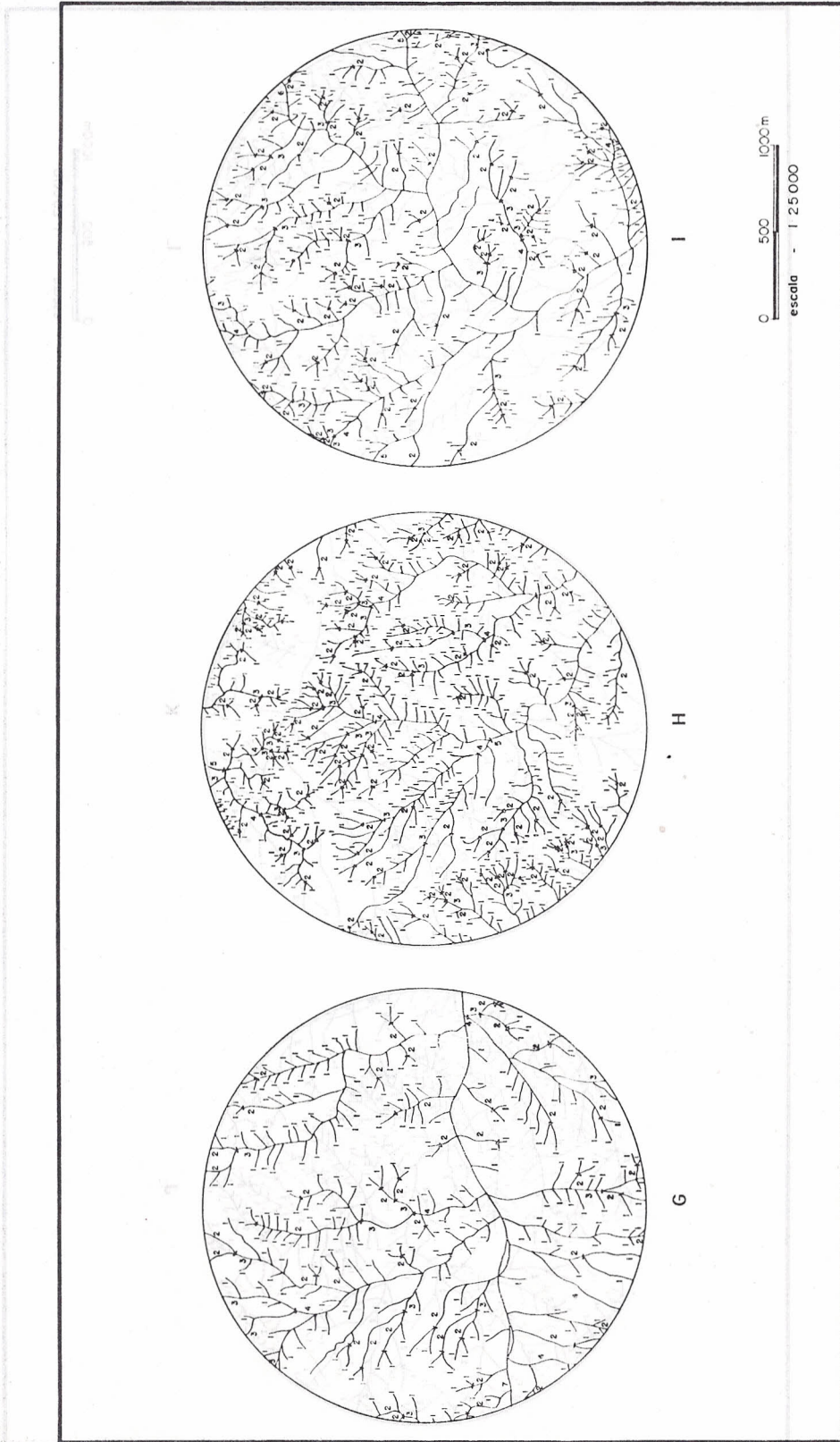


FIGURA 4 - Amostras circulares G, H e I (5 km²) representativas da unidade de solo III (LVa+Ca+Ra+PVa)

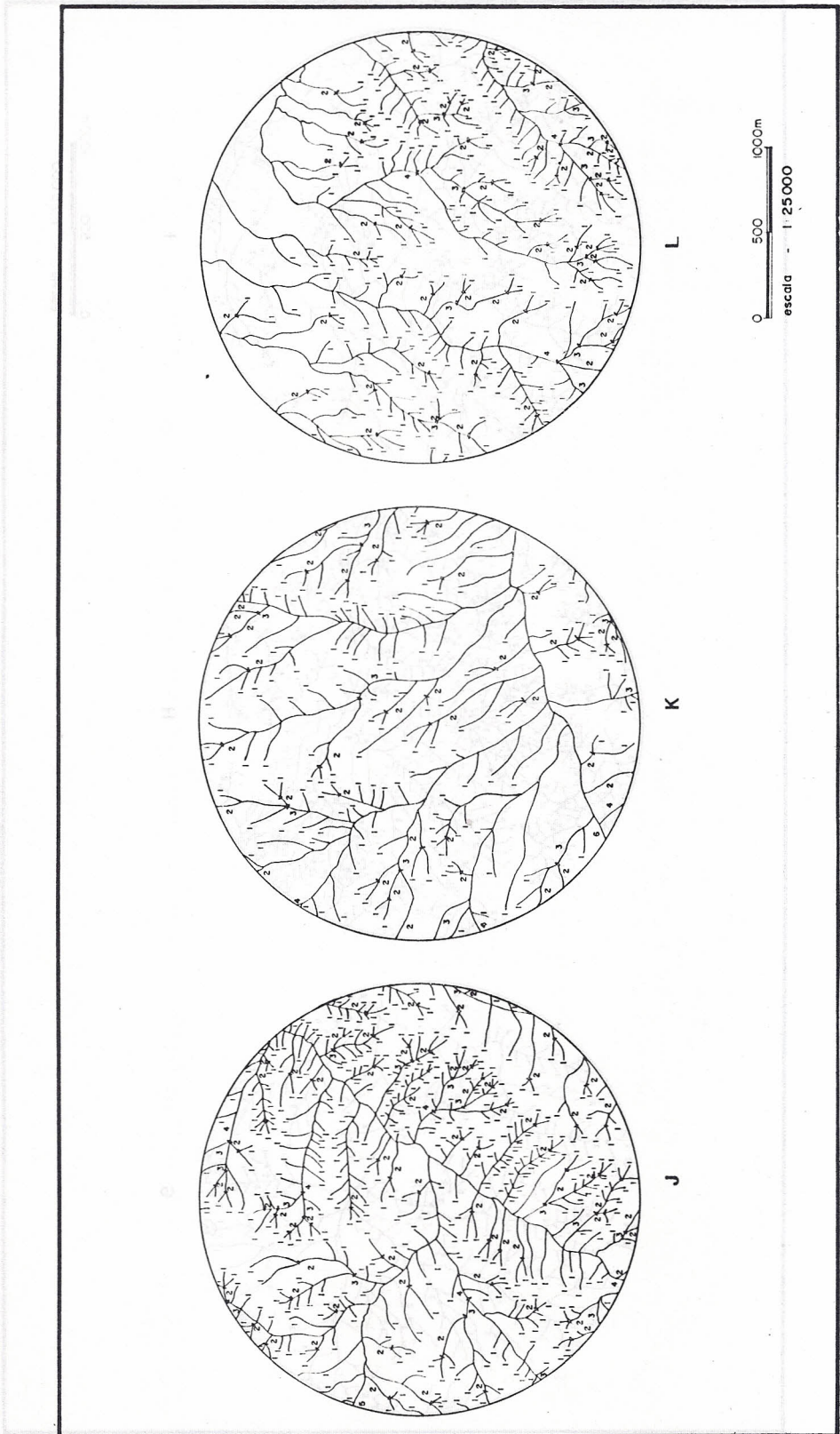


FIGURA 5 - Amostras circulares J, K e L (5 km<sup>2</sup>) representativas da unidade de solo IV (Ca+LVa+Ra).



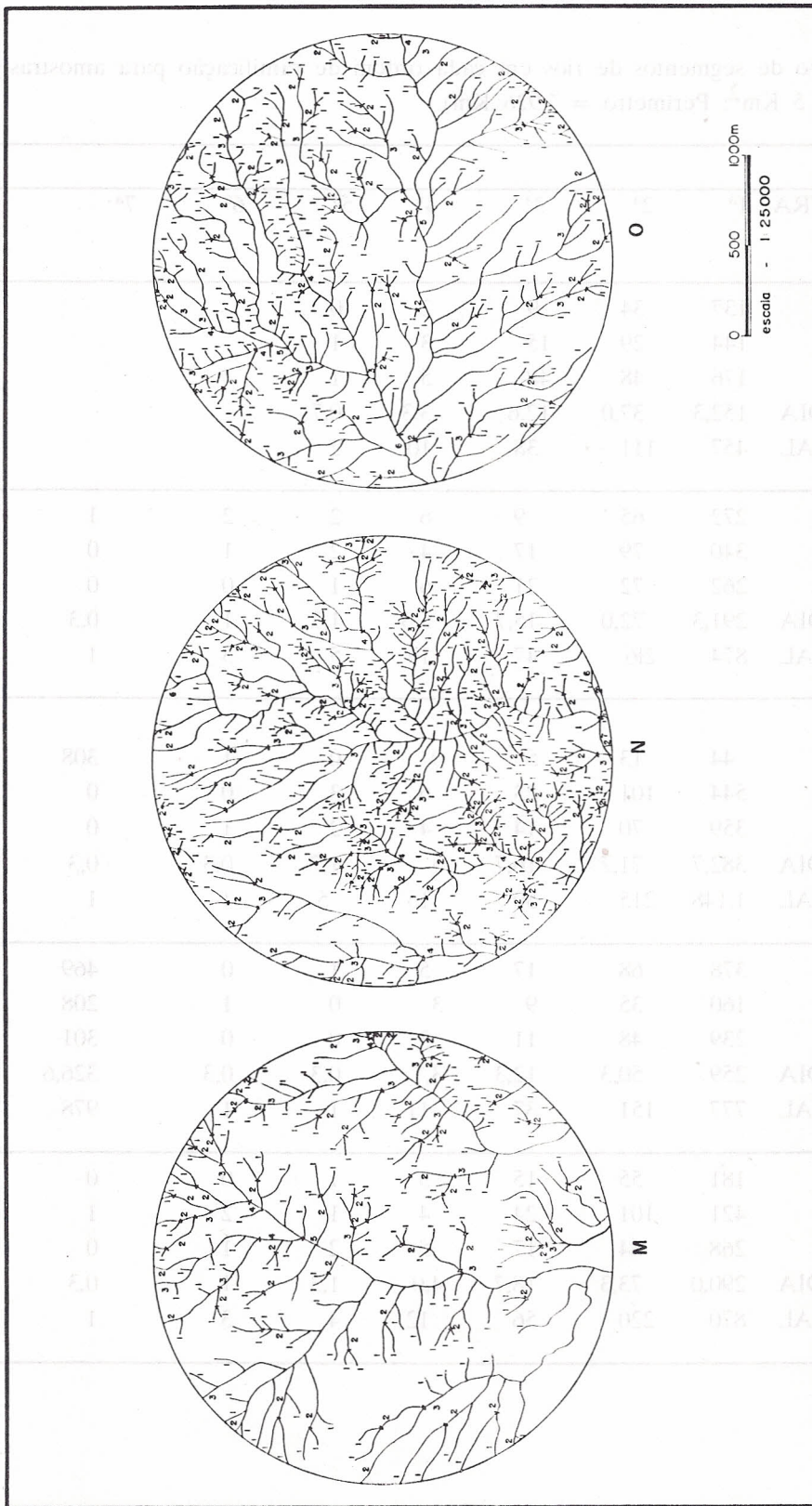


FIGURA 6 - Amostras circulares M, N e O (5 km<sup>2</sup>) representativas da unidade de solo V (LVa+Ca).

TABELA 1 - Número de segmentos de rios em cada ordem de ramificação para amostras circulares (Área = 5 Km<sup>2</sup>; Perímetro = 7,926 Km).

| UNIDADE DE SOLO |       | AMOSTRA | 1 <sup>a</sup> | 2 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup> | 4 <sup>a</sup> | 5 <sup>a</sup> | 6 <sup>a</sup> | 7 <sup>a</sup> | TOTAL (Nt) |
|-----------------|-------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| I               | A     |         | 137            | 34             | 9              | 2              | 0              |                |                | 182        |
|                 | B     |         | 144            | 29             | 15             | 3              | 1              |                |                | 192        |
|                 | C     |         | 176            | 48             | 48             | 5              | 1              |                |                | 244        |
|                 | MÉDIA |         | 152,3          | 37,0           | 12,6           | 3,3            | 0,7            |                |                | 205,9      |
|                 | TOTAL |         | 457            | 111            | 38             | 10             | 2              |                |                | 618        |
| II              | D     |         | 272            | 65             | 9              | 6              | 2              | 2              | 1              | 357        |
|                 | E     |         | 340            | 79             | 17             | 4              | 2              | 1              | 0              | 443        |
|                 | F     |         | 262            | 72             | 21             | 6              | 1              | 0              | 0              | 362        |
|                 | MÉDIA |         | 291,3          | 72,0           | 15,7           | 5,3            | 1,7            | 1              | 0,3            | 387,3      |
|                 | TOTAL |         | 874            | 216            | 47             | 16             | 5              | 3              | 1              | 1.162      |
| G<br>III        | 245   |         | 44             | 13             | 5              | 0              | 0              | 1              | 308            |            |
|                 | H     |         | 544            | 101            | 23             | 6              | 3              | 0              | 0              | 677        |
|                 | I     |         | 359            | 70             | 14             | 4              | 2              | 1              | 0              | 450        |
|                 | MÉDIA |         | 382,7          | 71,7           | 16,7           | 5              | 1,7            | 0,3            | 0,3            | 478,4      |
|                 | TOTAL |         | 1.148          | 215            | 50             | 15             | 5              | 1              | 1              | 1.435      |
| IV              | J     |         | 378            | 68             | 17             | 5              | 1              | 0              | 469            |            |
|                 | K     |         | 160            | 35             | 9              | 3              | 0              | 1              | 208            |            |
|                 | L     |         | 239            | 48             | 11             | 3              | 0              | 0              | 301            |            |
|                 | MÉDIA |         | 259            | 50,3           | 12,3           | 3,7            | 0,3            | 0,3            | 326,6          |            |
|                 | TOTAL |         | 777            | 151            | 37             | 11             | 1              | 1              | 978            |            |
|                 | M     |         | 181            | 55             | 15             | 3              | 1              | 0              | 0              | 255        |
|                 | N     |         | 421            | 101            | 24             | 4              | 1              | 2              | 1              | 554        |
|                 | O     |         | 268            | 64             | 17             | 5              | 2              | 1              | 0              | 357        |
|                 | MÉDIA |         | 290,0          | 73,3           | 18,7           | 4,0            | 1,3            | 1              | 0,3            | 388,6      |
|                 | TOTAL |         | 870            | 220            | 56             | 12             | 4              | 3              | 1              | 1.166      |

ROSSI, M. & PFEIFER, R. M. Pedologia do Parque Estadual da Serra do Mar IV. Levantamento de reconhecimento dos solos.

TABELA 2 - Comprimento de rios em cada ordem de ramificação (Lm), comprimento total (Lt), das amostras circulares.

| UNIDA<br>DE DE<br>SOLO | AMOS-<br>TRA | COMPRIMENTO EM CADA ORDEM, Lw (Km) |        |        |        |       |       |       | TOTAL (Lt) |
|------------------------|--------------|------------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------------|
|                        |              | 1a                                 | 2a     | 3a     | 4a     | 5a    | 6a    | 7a    |            |
| I                      | A            | 16,582                             | 10,750 | 3,325  | 3,150  |       |       |       | 33,807     |
|                        | B            | 13,582                             | 8,517  | 6,582  | 3,432  | 0,750 |       |       | 32,863     |
|                        | C            | 10,400                             | 7,917  | 4,750  | 3,500  | 3,207 |       |       | 29,774     |
|                        | TOTAL        | 40,564                             | 27,184 | 14,657 | 10,082 | 3,957 |       |       |            |
| II                     | D            | 17,917                             | 12,350 | 3,582  | 1,767  | 1,457 | 4,367 | 1,150 | 42,590     |
|                        | E            | 21,575                             | 11,333 | 4,550  | 4,350  | 3,733 | 0,500 |       | 46,041     |
|                        | F            | 20,650                             | 10,567 | 6,150  | 3,642  | 0,750 |       |       | 41,759     |
|                        | TOTAL        | 60,142                             | 34,250 | 14,282 | 9,759  | 5,940 | 4,867 | 1,150 |            |
| III                    | G            | 21,100                             | 11,167 | 6,167  | 2,850  |       |       | 2,500 | 43,784     |
|                        | H            | 31,750                             | 14,875 | 5,733  | 2,917  | 1,517 |       |       | 56,792     |
|                        | I            | 25,917                             | 11,750 | 4,500  | 3,258  | 2,333 | 2,992 |       | 50,750     |
|                        | TOTAL        | 78,767                             | 37,792 | 16,400 | 9,025  | 3,850 | 2,992 | 2,500 |            |
| IV                     | J            | 29,350                             | 13,367 | 4,300  | 3,342  | 2,800 |       |       | 53,159     |
|                        | K            | 21,833                             | 9,683  | 5,167  | 3,517  |       | 1,925 |       | 42,125     |
|                        | L            | 24,183                             | 11,442 | 5,350  | 4,817  |       |       |       | 45,792     |
|                        | TOTAL        | 75,366                             | 34,492 | 14,817 | 11,676 | 2,800 | 1,925 |       |            |
| V                      | M            | 20,967                             | 11,417 | 6,525  | 1,983  | 1,817 |       |       | 42,709     |
|                        | N            | 30,417                             | 18,100 | 7,750  | 2,100  | 0,325 | 3,175 | 0,258 | 62,125     |
|                        | O            | 24,933                             | 13,917 | 9,850  | 2,325  | 2,258 | 0,333 |       | 53,616     |
|                        | TOTAL        | 76,317                             | 43,434 | 24,125 | 6,408  | 4,400 | 3,508 | 0,258 |            |

TABELA 3 - Comprimento médio de segmentos de rios em cada ordem de ramificação (Lm) e o total por unidade de área das redes de drenagem de amostras circulares.

| UNIDA<br>DE DE-<br>SOLO | AMOS-<br>TRA | COMPRIMENTO MÉDIO EM Km EM CADA ORDEM (Lm) |       |       |       |       |       |       | TOTAL | Lmt*  |
|-------------------------|--------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         |              | 1a   | 2a    | 3a    | 4a    | 5a    | 6a    | 7a    |       |       |
| I                       | A            | 0,121                                      | 0,316 | 0,369 | 1,575 |       |       |       | 2,381 | 0,186 |
|                         | B            | 0,094                                      | 0,294 | 0,439 | 1,144 | 0,750 |       |       | 2,721 | 0,171 |
|                         | C            | 0,059                                      | 0,165 | 0,339 | 0,700 | 3,207 |       |       | 4,470 | 0,122 |
|                         | TOTAL        | 0,274                                      | 0,775 | 1,147 | 3,419 | 3,957 |       |       |       |       |
| II                      | D            | 0,066                                      | 0,190 | 0,398 | 0,294 | 0,728 | 2,183 | 1,150 | 5,009 | 0,119 |
|                         | E            | 0,063                                      | 0,143 | 0,268 | 1,087 | 1,866 | 0,500 |       | 3,927 | 0,104 |
|                         | F            | 0,079                                      | 0,147 | 0,293 | 0,607 | 0,750 |       |       | 1,876 | 0,115 |
|                         | TOTAL        | 0,208                                      | 0,480 | 0,959 | 1,988 | 3,344 | 2,683 | 1,150 |       |       |
| III                     | G            | 0,058                                      | 0,254 | 0,474 | 0,570 |       |       | 2,500 | 3,856 | 0,142 |
|                         | H            | 0,057                                      | 0,147 | 0,249 | 0,486 | 0,506 |       |       | 1,445 | 0,084 |
|                         | I            | 0,072                                      | 0,168 | 0,321 | 0,814 | 1,166 | 2,992 |       | 5,533 | 0,113 |
|                         | TOTAL        | 0,187                                      | 0,569 | 1,044 | 1,870 | 1,672 | 2,992 | 2,500 |       |       |
| IV                      | J            | 0,078                                      | 0,196 | 0,253 | 0,668 | 2,800 |       |       | 3,995 | 0,113 |
|                         | K            | 0,136                                      | 0,277 | 0,574 | 1,172 |       | 1,925 |       | 4,084 | 0,202 |
|                         | L            | 0,101                                      | 0,238 | 0,486 | 1,606 |       |       |       | 2,431 | 0,152 |
|                         | TOTAL        | 0,315                                      | 0,711 | 1,313 | 3,446 | 2,800 | 1,925 |       |       |       |
| V                       | M            | 0,116                                      | 0,207 | 0,435 | 0,661 | 1,817 |       |       | 3,236 | 0,167 |
|                         | N            | 0,072                                      | 0,179 | 0,323 | 0,525 | 0,325 | 1,587 | 0,258 | 3,269 | 0,112 |
|                         | O            | 0,093                                      | 0,217 | 0,579 | 0,465 | 1,129 | 0,333 |       | 2,816 | 0,150 |
|                         | TOTAL        | 0,281                                      | 0,603 | 1,337 | 1,651 | 3,271 | 1,920 | 0,258 |       |       |

(\*) Lmt = Lt/Nt

TABELA 4 - Equações ajustadas para número, comprimento total e comprimento médio de segmentos de rios para amostras circulares por unidade de área para as unidades de solo; coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação ( $r^2$ ); teste t para r (tr); teste t para b da regressão (tb); teste t para b (tb) e teste F para a regressão (F).

| UNIDADE DE SOLO | EQUAÇÃO                 | r       | $r^2$  | tr     | b     | tb       | F        |
|-----------------|-------------------------|---------|--------|--------|-------|----------|----------|
| I               | log Nwc = - 2,61-0,40 w | -0,9870 | 0,9742 | -22,17 | -0,49 | -22,17** | 491,53** |
| II              | log Nwc = 2,60-0,39 w   | -0,9598 | 0,9212 | -14,90 | -0,39 | -14,90** | 222,01** |
| III             | log Nwc = 2,67-0,42 w   | -0,9508 | 0,9040 | -13,38 | -0,42 | -13,38** | 179,38** |
| IV              | log Nwc = 2,68-0,48 w   | -0,9666 | 0,9343 | -15,09 | -0,48 | -15,09** | 227,68** |
| V               | log Nwc = 2,59-0,40 w   | -0,9546 | 0,9113 | -13,97 | -0,40 | -13,97** | 195,27** |
| I               | log Lwc = 1,40-0,21 w   | -0,9054 | 0,8197 | -7,69  | -0,21 | -7,69**  | 59,09**  |
| II              | log Lwc = 1,45-0,20 w   | -0,9195 | 0,8455 | -10,20 | -0,20 | -10,20** | 103,95** |
| III             | log Lwc = 1,54-0,22 w   | -0,9095 | 0,8272 | -9,54  | -0,22 | -9,54**  | 90,99**  |
| IV              | log Lwc = 1,56-0,23 w   | -0,8246 | 0,6800 | -5,83  | -0,23 | -5,83**  | 34,00**  |
| V               | log Lwc = 1,61-0,24 w   | -0,9506 | 0,9036 | -13,35 | -0,24 | -13,35** | 178,27** |
| I               | log Lmc = -0,04+0,07 w  | 0,6302  | 0,3971 | 2,93   | 0,07  | 2,93*    | 8,57*    |
| II              | log Lmc = 0,04+0,03 w   | 0,3760  | 0,1414 | 1,77   | 0,03  | 1,77NS   | 3,13NS   |
| III             | log Lmc = 0,03+0,03 w   | 0,3239  | 0,1049 | 1,49   | 0,03  | 1,49NS   | 2,23NS   |
| IV              | log Lmc = 0,06+0,02 w   | 0,2927  | 0,0857 | 1,22   | 0,03  | 1,22NS   | 1,50NS   |
| V               | log Lmc = 0,09+0,01 w   | 0,1868  | 0,0349 | 0,83   | 0,01  | 0,83NS   | 0,69NS   |

(\*) Significativo a nível de 5%

(\*\*) Significativo a nível de 1%

(NS) Não significativo

TABELA 5 - Características quantitativas dos padrões de drenagem e as classes de textura topográfica das amostras circulares (A=5 km<sup>2</sup> P= 7,926 km).

| CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS OBSERVADAS | AMOSTRAS CIRCULARES |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | A                   | B     | C     | D     | E     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | L     | M     | N     | O     |
| Frequência (F)                           | 36,4                | 38,4  | 48,8  | 71,4  | 88,6  | 72,4  | 61,6  | 135,4 | 90,0  | 93,8  | 41,6  | 60,2  | 51,0  | 110,8 | 71,4  |
| Média                                    |                     | 41,3  |       |       | 77,5  |       |       | 95,7  |       |       | 65,2  |       |       | 77,7  |       |
| Erro padrão da média                     |                     | 3,84  |       |       | 5,57  |       |       | 21,49 |       |       | 15,27 |       |       | 17,55 |       |
| Densidade de drenagem (Dd)               | 6,76                | 6,57  | 5,95  | 8,52  | 9,21  | 8,35  | 8,76  | 11,36 | 10,15 | 10,63 | 8,42  | 9,16  | 8,54  | 12,42 | 10,72 |
| Média                                    |                     | 6,43  |       |       | 8,69  |       |       | 10,09 |       |       | 9,40  |       |       | 10,56 |       |
| Erro padrão da média                     |                     | 0,24  |       |       | 0,26  |       |       | 0,75  |       |       | 0,65  |       |       | 1,12  |       |
| Razão de Textura (T)                     | 22,96               | 24,22 | 30,78 | 45,04 | 55,89 | 45,67 | 38,86 | 85,41 | 56,77 | 59,17 | 26,24 | 37,98 | 32,17 | 69,90 | 45,04 |
| Média                                    |                     | 25,99 |       |       | 48,87 |       |       | 60,35 |       |       | 41,13 |       |       | 49,04 |       |
| Erro padrão da média                     |                     | 2,42  |       |       | 3,52  |       |       | 13,56 |       |       | 9,64  |       |       | 11,07 |       |
| Razão de textura média (Tm)              |                     | 25,99 |       |       | 48,87 |       |       | 60,35 |       |       | 41,13 |       |       | 49,04 |       |
| Classe de textura topográfica            |                     | fina  |       |       | fina  |       |       | fina  |       |       | fina  |       |       | fina  |       |
| Comprimento média de rios (Lr)           | 0,186               | 0,171 | 0,122 | 0,119 | 0,104 | 0,115 | 0,142 | 0,085 | 0,113 | 0,113 | 0,202 | 0,152 | 0,167 | 0,112 | 0,150 |
| Média                                    |                     | 0,160 |       |       | 0,113 |       |       | 0,113 |       |       | 0,156 |       |       | 0,143 |       |
| Erro padrão da média                     |                     | 0,019 |       |       | 0,004 |       |       | 0,016 |       |       | 0,026 |       |       | 0,016 |       |

TABELA 6 - Relações funcionais entre parâmetros que definem as características dos padrões de drenagem, obtidas para as unidades de solo, de amostras circulares; coeficiente de correlação (r); coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>); teste t para r (tr); coeficiente b da regressão (b); teste t para b (tb) e teste F para a regressão (F).

| EQUAÇÃO |                        | r       | r <sup>2</sup> | tr      | b       | tb      | F       |
|---------|------------------------|---------|----------------|---------|---------|---------|---------|
| x-y     | Fc = -47,33+13,15 Ddc  | 0,8423  | 0,71           | 5,63**  | 13,15   | 5,64**  | 31,82** |
| y-x     | Ddc = 5,18+ 0,05 Fc    | 0,8423  | 0,71           |         |         |         |         |
| x-y     | Fc = 168,64-710,05 Lmc | -0,8390 | 0,70           | -5,56** | -710,05 | -5,55** | 30,83** |
| y-x     | Lmc = 0,21+ 0,0 Fc     | -0,8390 | 0,70           |         |         |         |         |
| x-y     | Ddc = 5,18+ 0,09 Tc    | 0,8424  | 0,71           | 5,64**  | 0,09    | 5,64**  | 31,77** |
| y-x     | Tc = -29,87+ 8,29 Ddc  | 0,8424  | 0,71           |         |         |         |         |
| x-y     | Ddc = 12,81- 27,6 Lmc  | -0,5087 | 0,26           | -2,13NS | -27,6   | -2,14NS | 4,56NS  |
| y-x     | Lmc = 0,22- 0,01 Ddc   | -0,5087 | 0,26           |         |         |         |         |
| x-y     | Tc = 106,38-447,92 Lmc | -0,8389 | 0,70           | -5,56** | -447,92 | -5,61** | 31,82** |
| y-x     | Lmc = 0,21+ 0,0 Tc     | -0,8389 | 0,70           |         |         |         |         |

(\*\*) Significativo a nível de 1%

(NS) Não significativo

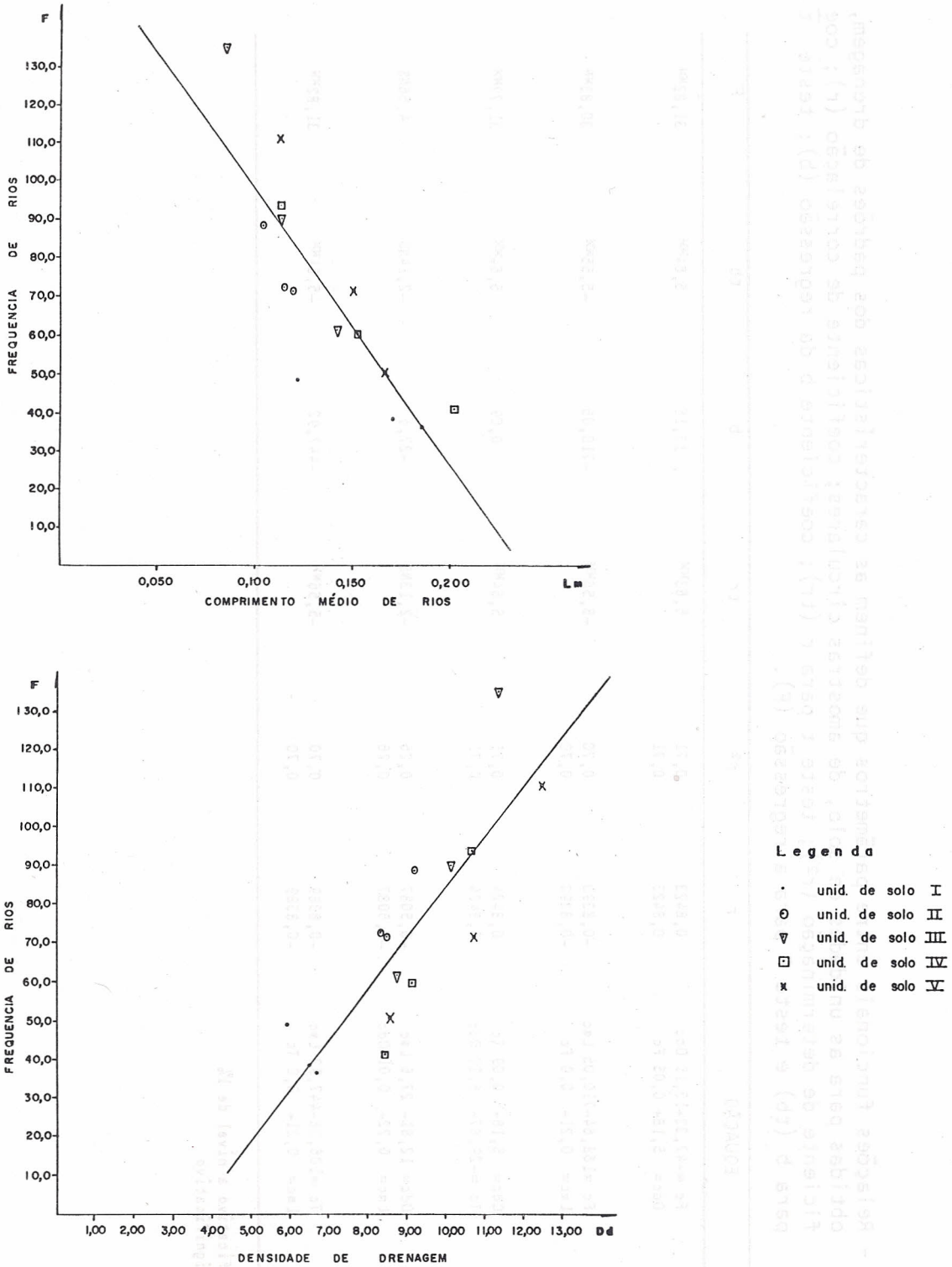


FIGURA 7 - Relações funcionais entre parâmetros que caracterizam o padrão de drenagem de amostras circulares para as unidades de solo.



ROSSI, M. & PFEIFER, R. M. Pedologia do Parque Estadual da Serra do Mar IV. Levantamento de reconhecimento dos solos.

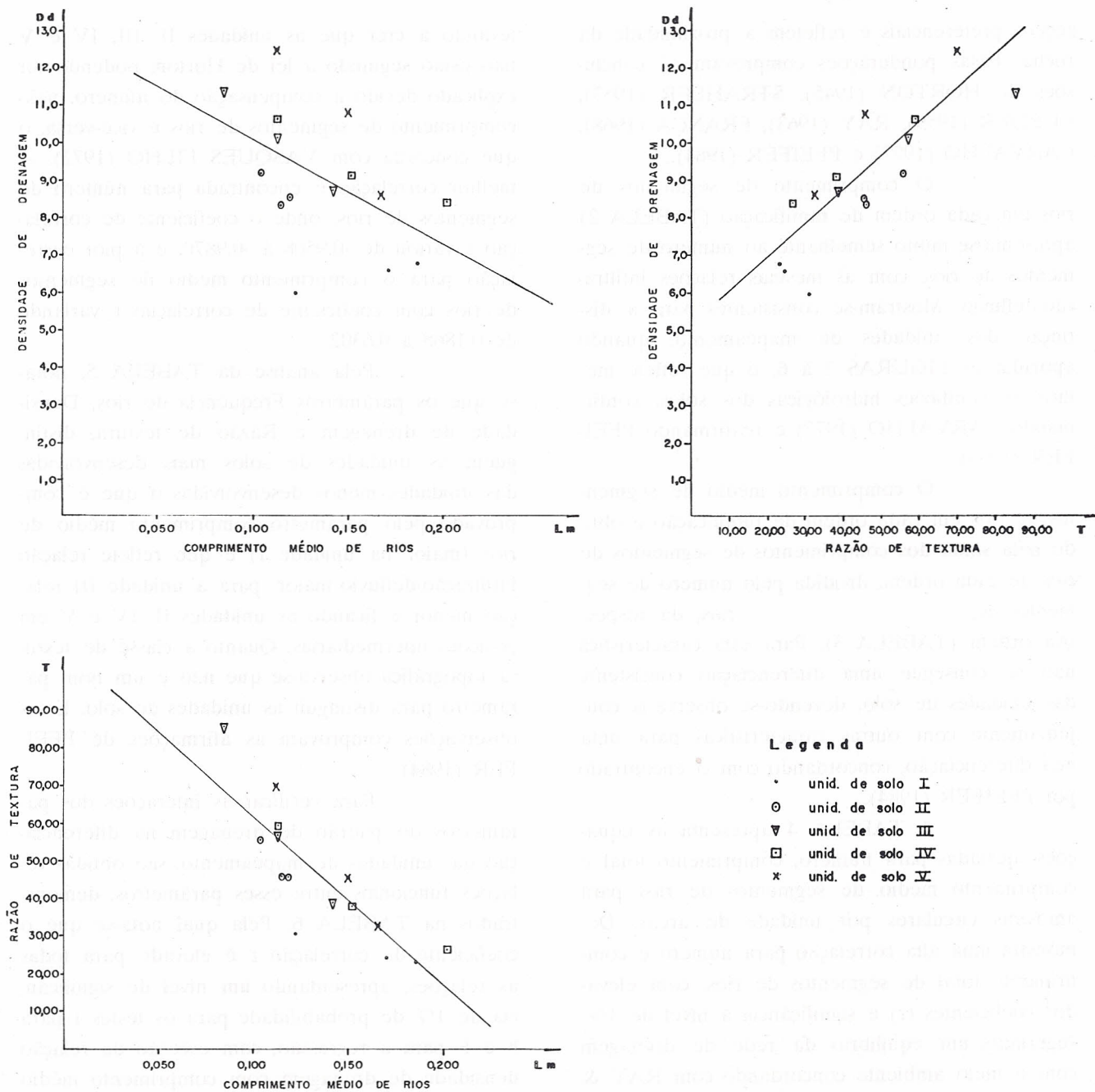


FIGURA 8 - Relações funcionais entre parâmetros que caracterizam o padrão de drenagem de amostras circulares para as unidades de solo.

reções preferenciais e refletem a proximidade da rocha. Essas ponderações comprovam as conclusões de HORTON (1945), STRAHLER (1957), LUEDER (1959), RAY (1963), FRANÇA (1968), CARVALHO (1977) e PFEIFER (1984).

O comprimento de segmentos de rios em cada ordem de ramificação (TABELA 2) apresenta-se muito semelhante ao número de segmentos de rios, com as mesmas relações infiltração/deflúvio. Mostram-se consistentes para a distinção das unidades de mapeamento, quando apoiadas às FIGURAS 2 à 6, o que reflete melhor as condições hidrológicas dos solos, confirmando CARVALHO (1977) e reafirmando PFEIFER (1984).

O comprimento médio de segmentos de rios em cada ordem de ramificação e obtido pela soma dos comprimentos de segmentos de rios de cada ordem, dividida pelo número de segmentos de rios, da respectiva ordem (TABELA 3). Para esta característica não se consegue uma diferenciação consistente das unidades de solo, devendo-se observá-la conjuntamente com outras características para uma boa diferenciação, concordando com o encontrado por PFEIFER (1984).

A TABELA 4 apresenta as equações ajustadas para número, comprimento total e comprimento médio de segmentos de rios para amostras circulares por unidade de áreas. Demonstra uma alta correlação para número e comprimento total de segmentos de rios, com elevados coeficientes ( $r$ ) e significância à nível de 1%, sugerindo um equilíbrio da rede de drenagem com o meio ambiente concordando com RAY & FISCHER (1960), FRANÇA (1968), SOUZA (1975) e KOFFLER (1976 a, b). Para as equações monologarítmicas ajustadas para o comprimento médio de segmentos de rios, obtém-se significância a nível de 5% apenas para a unidade I. As outras unidades apresentam coeficiente de correlação  $r$ , baixo e não significância dos dados,

levando a crer que as unidades II, III, IV e V não estão seguindo a lei de Horton, podendo ser explicado devido a compensação do número, pelo comprimento de segmentos de rios e vice-versa, o que concorda com VASQUES FILHO (1972). A melhor correlação é encontrada para número de segmentos de rios, onde o coeficiente de correlação  $r$  variou de -0,9508 à -0,9870, e a pior correlação para o comprimento médio de segmentos de rios com coeficiente de correlação  $r$  variando de 0,1868 à 0,6302.

Pela análise da TABELA 5, nota-se que os parâmetros Frequência de rios, Densidade de drenagem e Razão de textura, distinguem as unidades de solos mais desenvolvidas das unidades menos desenvolvidas o que é comprovado pelo parâmetro comprimento médio de rios (maior na unidade I) e que reflete relação infiltração/deflúvio maior, para a unidade III relação menor e ficando as unidades II, IV e V em posições intermediárias. Quanto à classe de textura topográfica observa-se que não é um bom parâmetro para distinguir as unidades de solo. Essas observações comprovam as afirmações de PFEIFER (1984).

Para verificar as interações dos parâmetros do padrão de drenagem na diferenciação das unidades de mapeamento, são obtidas relações funcionais entre esses parâmetros, demonstrados na TABELA 6. Pela qual nota-se que o coeficiente de correlação  $r$  é elevado para todas as relações, apresentando um nível de significância de 1% de probabilidade para os testes  $t$  para  $b$  e  $F$  para a regressão, com exceção da relação densidade de drenagem com comprimento médio total de segmentos de rios onde o coeficiente de correlação  $r$ , é -0,5087 e os dados não significativos.

Examinando-se as FIGURAS 7 e 8, constata-se que há um ajustamento das equações neste tipo de amostragem (amostra circular de 5 km<sup>2</sup>) entre os parâmetros correlacionados:

densidade de drenagem versus frequência de rios, comprimento médio de rios versus frequência de rios e razão de textura versus densidade de drenagem. Fato este não observado na correlação entre comprimento médio versus densidade de drenagem, para a qual os dados não foram significativos e o coeficiente de correlação apresentou-se baixo, confirmando a observação de CARVALHO (1977 e 1981) e PFEIFER (1984).

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- as modificações do padrão de drenagem foram devidas à natureza e propriedades dos solos, às características e profundidade dos substrato rochoso e às condições do relevo;
- os parâmetros estudados mostraram-se significativos para a diferenciação das unidades de mapeamento (LVa + Ca + Ra; LV + Ca + Ra + PVa e Ca + LVa);
- o comprimento médio de segmentos de rios, das ordens de ramificação não segue a lei de Horton e não se ajusta à equação proposta por França sugerindo a presença de controle geológico e dentre os parâmetros que definem o padrão de drenagem, a razão de textura é o índice mais eficiente para a diferenciação das unidades de mapeamento.

## 6 AGRADECIMENTOS

A PETRÓLEO BRASILEIRO S/A, pela oportunidade oferecida através do auxílio fi-

nanceiro prestado à pesquisa.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Wolmar Aparecida Carvalho, pela amizade e colaboração na discussão dos resultados.

À Arquiteta Ida Helena del Cali, pela dedicação e destreza na confecção das figuras.

Às Escriturárias Neide Cappoccie Helena de Oliveira Barretta, pelo carinho e dedicação na datilografia.

Ao Geógrafo Isabel Fernandes de Aguiar Mattos, pelo apoio irrestrito em todos os momentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURINGH, P. 1960. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: Manual of Photographic Interpretation. Washington, American Society of Photogrammetry, Chap. 11, appendix A. p. 633-666.
- CARVALHO, W.A. 1977. *Fotointerpretação de Bacias Hidrográficas e Amostras Circulares de Redes de Drenagem de Solos com Horizonte B Textural*. Piracicaba. ESALQ/USP, 126p. (Tese de Doutorado).
- CARVALHO, W.A. 1981. *Relações entre Relevo e Solos da Bacia do Rio Capivara - Município de Botucatu, SP*. Botucatu, FCAB/UNESP. 193p. (Tese de Livre-Docência).
- FADEL, H. 1972. *Fotointerpretação de Bacias e de Redes de Drenagem de Três Séries de Solos da Fazenda Ipanema, Município de Araçoiaba da Serra (SP)*. Piracicaba, ESALQ/USP, 92p. (Dissertação de mestrado).
- FRANÇA, G.V. de. 1968. *Interpretação Fotográfica de Bacias e de Rede de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba*. Piracicaba, ESALQ/USP. 151p. (Tese de Doutorado).
- FREIRE, J.C. 1977. *Fotointerpretação de Redes de Drenagem de Três Solos da Região de*

- Altinópolis, Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 136p. (Tese de Doutorado).
- GARCIA, G.J. 1975. *Fotointerpretação Comparativa de Fotografias Pancromáticas, Coloridas e Infravermelhas Coloridas (Falsa Cor)*. Piracicaba, ESALQ/USP, 111p. (Tese de Doutorado).
- GEVAERD, I. 1974. *Parâmetros Fotoanalíticos de Três Unidades de Solo da Região Nordeste Paranaense*. Piracicaba, ESALQ/USP, 110p. (Dissertação de Mestrado).
- GOMES, P.F. 1963. *Curso de Estatística Experimental*. Piracicaba, ESALQ/USP, 384p.
- HORTON, R.E. 1945. *Erosional Development Streams and their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology*. *Bul. Geol. Soc. Amer., Colorado*, 56: 275-370.
- KOFFLER, N.F. 1976a. *Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados de arenito Bauru*. São José dos Campos. INPE, 150p. (Tese de Mestrado).
- KOFFLER, N.F. 1976b. *Análise Aerofotográfica da Influência da Área de Amostragem Circular na Caracterização Quantitativa do Padrão Drenagem*. São José dos Campos, S.P., INPE, 20p.
- LEÃO, S.R.F. 1972. *Interpretação Fotográfica dos Padrões de Drenagem Desenvolvidos em Dois Solos do Distrito Federal*. Piracicaba, ESALQ/USP, 110p. (Tese de Mestrado).
- LUEDER, D.R. 1959. *Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications*. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York, 462p.
- MANECHINI, C. 1981. *Utilização de Fotografias Aéreas na Comparação de Sistemas de Amostragem e Estudo das Redes de Drenagem de Três Solos da Região de Tambaú - SP*. Piracicaba, ESALQ/USP, 133p. (Dissertação de Mestrado).
- MARCHETTI, D.A.B. 1969. *Fotointerpretação de Atributos de Relevô Aplicada a Solos da Região de Piracicaba*. Piracicaba, ESALQ/USP, 58p. (Tese de Doutorado).
- PFEIFER, R.M. 1984. *Fotointerpretação de Bacias Hidrográficas e Amostras Circulares de Redes de Drenagem dos Solos do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (SP)*. ESALQ/USP, Piracicaba, 90p. (Dissertação de Mestrado).
- POLITANO, W. 1980. *Estudo Fotointerpretativo sobre a Morfometria das Áreas de Dois Solos Podzólicos Vermelho-Amarelos*. Piracicaba, ESALQ/USP, 169p. (Tese de Doutorado).
- RAY, R.G. & W.A. FISCHER. 1960. *Quantitative Photography: A Geologic Research Tool*. *Photogrammetric Engineering* Washington, 26: 143-150.
- RAY, R.G. 1963. *Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico*. Inst. Geogr. e Geol., São Paulo, 88p. (Trad. de J. Felcissimo).
- SMITH, K.G. 1950. *Standards for Grading Texture of Erosional Topography*. *Amerc. J. Sci., New Aveni*, 248: 655-668.
- SOUZA, M.L.P. 1975. *Fotointerpretação de Redes de Denagem de Três Solos com Horizonte B Latossólico Ocorrentes no Município de Ponta Grossa - PR*. Piracicaba, ESALQ/USP, 135p. (Dissertação de Mestrado).
- STRAHLER, A.N. 1957. *Quantitative Analyses of Watershed Geomorphology*. *Transaction American Geophysical. Union.*, New Haven, 38: 913-920.
- VASQUES FILHO, J. 1972. *Crítérios Morfométricos Aplicados á Fotointerpretação de Redes de Drenagem em Três Uidades de Solos no Município de Piracicaba*. Piracicaba, ESALQ/USP. 113p. (Tese de Doutorado)