

ANÁLISE MULTIVARIADA APLICADA EM VARIÁVEIS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E AMOSTRAS CIRCULARES

Zacarias Xavier de Barros

Lincoln Gehring Cardoso

Sérgio Campos

FCA-UNESP- Depto de Engenharia Rural

Fone: (014) 821-3883; Fax: (014) 821-3438

CEP 18603-970 - Botucatu-SP

1. RESUMO

No presente trabalho aplicou-se análise multivariada à variáveis da composição e do padrão da rede de drenagem obtidas em bacias hidrográficas de 3ª ordem de ramificação e amostras circulares de 10 km², pertencentes ao município de ITOBI-SP, objetivando agrupar bacias e também amostras circulares segundo graus de similaridade, bem como detectar a ordem de importância das variáveis estudadas nos solos envolvidos em relação a CARTA DE SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO de 1960. Foram utilizadas fotografias aéreas verticais escala nominal aproximada 1:25.000, Cartas planialtimétricas escala 1:50.000, restituídor, estereoscópio de espelho e curvímeter. As análises das variáveis e métodos empregados tornaram possíveis as seguintes conclusões:

As variáveis da rede de drenagem obtidas em amostras circulares foram mais discriminatórias para definir as unidades de solo em estudo que as variáveis estudadas em bacias hidrográficas.

A análise dos componentes principais (Y_1 e Y_2), acumulou somente 65,00% do total de informações referentes as bacias e 81,92% das informações obtidas das amostras circulares, sendo que as variáveis que mais contribuíram para a discriminação das amostras foram: Densidade de drenagem (Dd), número de segmentos de rios de segunda ordem (Nw_2), Razão de textura (Rt) e Frequência de rios (Fr).

UNITERMOS: Fotointerpretação, Análise Estatística Multivariada.

BARROS, Z.X.de, CARDOSO, L.G., CAMPOS, S. Multivariate statistic applied in hydrographic basins and circular samples.**2. ABSTRACT**

Photointerpretation, multivariate statistic techniques, were applied to variables of hydrographic basins of 3rd ramification order, to composition and drainage net standard variables, obtained from hydrographic basins and 10 km² circular samples, belonged to municipality of Itobi, SP. The aim group basins, and circular samples according to similar dogres, to detect spacial agroupation distribution in relation to 1960 Soil Chart. The analysis, and the methods used allowed reaching the following conclusion: The ret-net drainage variables obtained from circular samples were more sensitive for defining soil unity involved in relation to the variable studied on hydrographic basins.

- The main component analysis (Y_1 and Y_2) stowed only 65,90% of the total the informations related to the basins, and 81,92% informations obtained from circular samples.

KEYWORDS: Photointerpretation, Multivariate Statistic Analysis.

3. INTRODUÇÃO

As fotografias aéreas, um dos produtos de sensoriamento remoto, constitui-se num fator de grande importância no estudo dos efeitos naturais e antrópicos sobre o solo de uma região.

A superfície terrestre há milênios vem sendo alvo de intempéries, culminando com a topologia atual, onde a interpretação pedológica tem nas fotografias aéreas uma indispensável aliada. -

Existe uma série de relações entre os padrões de drenagem e as rochas, interações que acabam por refletir as características dos solos. No Brasil tais relações foram estudadas por França (1968), o qual efetuou com sucesso a interpretação da correlação existente entre os solos e aspectos da paisagem como a rede de drenagem e o relevo.

A rede de drenagem é um conjunto de linhas organizadas que representam os rios e seus afluentes nos mapas. A bacia hidrográfica é o espaço territorial que contém o conjunto das redes de drenagem. Quando delimitadas, as bacias hidrográficas apresentam-se como espaços em forma de polígonos irregulares, de dezenas, centenas, milhares ou até de milhões de quilômetros quadrados de área (Ab'Saber - 1975).

Para Lueder (1959), o estudo da drenagem superficial fornece indicações sobre a relação infiltração/deflúvio, capacidade de infiltração, permeabilidade e textura do material presente na área.

Segundo Frost (1960), padrões de drenagem refletem a maneira pela qual a água que atinge a superfície do solo se distribui, em termos de deflúvio e infiltração, fornecendo, assim, indícios da origem e da composição dos materiais de origem.

Horton (1945) propôs uma correlação do número e do comprimento de segmento de rios com as mais variadas ordens de ramificações da rede, estabelecendo dessa maneira, as leis do desenvolvimento de rios e suas bacias. Nesse sentido, as análises e comparações das redes de drenagem tornaram-se mais simples, uma vez que o estudo só poderá ser efetuado para elementos de bacias de mesma ordem de ramificação.

França (1968) destaca que utilização de amostras circulares, no estudo das variáveis da rede de drenagem, além de eliminar a influência da área, pode ser deslocada dentro da região em estudo.

Para Sneath & Sokal (1973) a análise de agrupamento pode ser completamentada com outras técnicas multivariadas dentre as quais a análise de componentes principais (Y_1 , Y_2).

Os objetivos deste trabalho foram os de agrupar bacias e amostras circulares segundo grau de similaridade utilizando como coeficiente de semelhança a Distância Euclidiana Média entre pares de bacias e pares de amostras, determinar a importância de cada uma das variáveis no processo classificatório na ordenação das bacias e amostras com os prováveis agrupamentos e finalmente verificar a representatividade dos grupos frente a distribuição espacial dos solos segundo a Comissão de Solos (1960).

4. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao município de ITOBI-SP, situada na sub-região de Casa Branca, região administrativa de Campinas (SP), quadrante Nordeste do Estado de São Paulo.

O município situa-se entre as longitudes $46^{\circ}50'34''$ a $47^{\circ}00'34''$ W_{GR} e as latitudes $21^{\circ}41'04''$ a $21^{\circ}50'34''$ S.

O clima e os solos predominantes no município segundo a Comissão de Solos (1960) são: clima do tipo C_{wa} , solos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo-orto (LV) e Podzólico Vermelho Amarelo-orto (PV), sendo que o LV apresenta a mesma localização e material de origem do PV ou, seja, o granito. E as demais características consideradas para definir as unidades de solo são diferentes entre os mesmos, ainda segundo a Comissão de Solos (1960).

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais, escala nominal aproximada 1:25.000, provenientes da cobertura aerofotogramétrica do Estado de São Paulo, ano de 1972, Carta do Brasil (1969), escala 1:50.000, estereoscópio de espelho Wild modelo ST4, Aerosketchmaster Zeiss, curvimetros marca Derby e planímetro polar A.OTT.

A rede de drenagem foi obtida das fotografias aéreas conforme sugestão de Luder (1959) e Strahler (1957), levando-se em consideração tanto os cursos d'água permanentes como os temporários.

A rede de drenagem do município foi decalcada em filme de poliéster Terkron D-50 microns. Após os devidos controles das posições relativas das fotos, elaborou-se o mapa base utilizando-se do aerosketchmaster.

As bacias hidrográficas de 3ª ordem de ramificação e as amostras circulares de 10 km² utilizadas, das quais foram determinadas as variáveis para o presente trabalho, são provenientes do mapa base na escala 1:50.000.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as 16 bacias hidrográficas de 3ª ordem de ramificação e as 8 amostras circulares, utilizadas para efetuar os estudos de rede de drenagem. As amostras circulares foram dispostas de maneira que pudessem representar as cabeceiras dos principais rios do município e seus efluentes.

As variáveis da rede de drenagem tanto da composição como do padrão observadas para as bacias hidrográficas (Tabela 1 e 2) consideradas para o presente estudo adotam a conceituação de Horton (1945) com modificações de Strahler (1957), estudadas por França (1968), dentre outros.

Os segmentos dos rios de 1ª ordem (N_{w1}) e os comprimentos totais de segmentos de rios de 1ª ordem (Tabela 1) (L_{w1}), apresentam valores de 05 a 23 para (N_{w1}) e 1,58 a 7,75 km para (L_{w1}), sugerindo a existência de diferentes unidades de solo.

Os comprimentos totais de segmentos de rios de 3ª ordem de ramificação (L_{w3}) e os comprimentos médios de segmentos de rios de 1ª ordem de ramificação (L_{m1}) variando de 0,32 a 3,67 km e 0,25 a 0,54 km, respectivamente, podem estar indicando diferenciações hidrográficas e possível imposição do relevo local, coerente com BARROS².

O formato alongado das bacias 01,08 e 11, resulta em valores elevados de razão de bifurcação R_b (5,25; 4,80 e 4,25), os quais irão determinar a velocidade de escoamento e sugerir a ocorrência de controle estrutural.

Tanto a razão de comprimentos totais (R_{Lw}), quanto a razão de comprimentos médios (R_{Lm}), segundo Carvalho (1977), não se constituem em característica consistente na diferenciação de uma unidade de solo.

As variáveis do padrão de drenagem (Tabela 2) refletem a maneira pela qual a água que atinge a superfície do solo se distribui por deflúvio ou infiltração, fornecendo indícios sobre a composição e a origem dos materiais dos solos, Frost (1960).

No intuito de apresentar todas as considerações anteriores em forma matemática, foram aplicadas análises multivariada às variáveis da composição e do padrão (Tabela 1 e 2).

Das doze bacias hidrográficas que se localizam em solos do tipo Podzólico Vermelho-orto (PV) segundo a Comissão de Solos (1960), nove estão no grupo 1, apesar da distância Euclideana Média variar de 0,10 a 0,36. Segundo Curi (1983) quanto menor a amplitude verificada entre as distâncias Euclideana Média, mais semelhantes são os agrupamentos e os elementos envolvidos na análise. O grupo 2 composto pelas bacias 02, 03, 07, 09 as bacias 02 e 03 estão situadas no Latossolo Vermelho Amarelo-orto (LV) e as 07 e 09, segundo a Comissão de Solo (1960) estariam localizadas na unidade de solo PV.

TABELA 1 - Variáveis da composição da rede de drenagem observadas para as bacias hidrográficas.

	BH	N _{w1}	N _{w2}	L _{w1}	L _{w2}	L _{w3}	L _{m1}	L _{m2}	Rb	RL _w	RL _m
LV	1	17	04	7,75	1,83	3,67	0,46	1,94	5,25	2,36	3,06
	2	07	02	2,25	1,42	2,75	0,32	0,71	2,75	1,05	3,06
	3	11	02	3,92	1,83	2,08	0,36	0,92	3,75	1,51	2,42
	4	05	02	1,58	0,66	0,83	0,32	0,33	2,25	1,58	1,77
PV	5	09	03	3,75	1,67	0,33	0,42	0,55	3,00	3,63	0,96
	6	11	03	5,92	0,75	2,66	0,54	0,25	3,33	4,08	5,56
	7	15	04	4,66	3,08	1,66	0,31	0,77	3,87	1,68	2,33
	8	23	05	6,25	4,08	1,25	0,27	0,82	4,80	2,39	2,25
	9	09	03	2,25	3,00	1,83	0,25	1,00	3,00	1,19	2,92
	10	09	03	3,83	2,33	0,32	0,43	0,77	3,00	4,50	1,12
	11	13	02	4,00	1,92	0,71	0,31	0,96	4,25	4,79	1,92
	12	06	02	3,33	0,40	0,75	0,55	0,13	2,50	4,43	2,06
	13	07	02	2,00	0,95	1,00	0,28	0,48	2,75	1,53	1,89
	14	09	02	3,92	1,20	0,83	0,43	0,60	3,25	2,35	1,38
	15	09	02	2,92	1,08	0,33	0,33	0,54	3,25	2,92	1,14
	16	05	02	2,25	0,30	1,04	0,45	0,15	2,25	3,89	3,64

TABELA 2 - Variáveis do padrão de drenagem observadas para as bacias hidrográficas.

	BH	Dd	Fr	Rt
LV	1	2,08	3,45	0,96
	2	1,01	1,58	0,86
	3	1,49	2,66	1,39
	4	2,67	6,96	1,74
PV	5	0,85	1,93	1,20
	6	1,77	2,67	1,61
	7	2,38	5,07	2,22
	8	3,56	8,92	3,78
	9	2,32	4,26	1,52
	10	2,92	5,86	2,23
	11	3,20	7,73	2,26
	12	2,26	4,55	1,61
	13	2,11	5,35	1,87
	14	3,18	6,42	2,11
	15	2,62	7,27	2,57
	16	2,32	5,16	1,42

A Figura 2 apresenta o fenograma ilustrativo resultante das variáveis acima citadas.

Analisando o referido fenograma constata-se a formação de dois grupos (G_1 e G_2) heterogeneos e o não agrupamento das bacias 08, 06 e 01.

A Tabela 3 e a Figura 3 são resultantes da análise multivariada denominada análise dos componentes principais, a qual permite visualizar as variáveis que mais contribuíram para o agrupamento das bacias hidrográficas semelhantes. As treze variáveis consideradas (Tabela 3), após transformadas em dois componentes principais (Y_1 e Y_2) produziram uma variância acumulada de apenas 65,90% do total de informações, o que segundo valores definidos por Curi (1983) é de pouca representabilidade para coordenadas bidimensionais.

TABELA 3 - Análise dos componentes principais (Y_1 e Y_2) utilizando-se das variáveis da rede, composição e do padrão de drenagem, obtidas em bacias hidrográficas.

Variáveis	Y_1	Y_2	Ord. de Import.
N_{w1}	0,96	0,09	5
N_{w2}	0,86	-0,01	10
L_{w1}	0,76	-0,20	1
L_{w2}	0,84	0,20	3
L_{w3}	0,43	-0,85	2
L_{m1}	-0,32	-0,28	11
L_{m2}	0,75	-0,30	7
R_b	0,91	-0,06	6
RL_w	-0,22	0,34	12
RL_m	0,08	-0,62	13
D_d	0,34	0,79	8
Fr	0,24	0,89	9
R_t	0,44	0,81	4
%Var.	36,17	29,73	
%Var.Acum.	36,17	65,90	

O exame da Figura 3 comprova a heterogeneidade dos agrupamentos verificados no fenograma representado na Figura 2.

O exame da Figura 3 comprova a heterogeneidade dos agrupamentos verificados no fenograma representado na Figura 2.

As oito amostras circulares de 10 km² foram suficientes para representar as unidades de solo predominantes no município em estudo (Figura 1).

Os dados obtidos pelas medições e cálculos efetuados na rede de drenagem, dentro de cada amostra circular estão representados nas Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8. Estes valores deram origem ao fenograma representado pela Figura 4, ordenação das bacias, Figura 5 e a Tabela 9, a qual mostra a importância de cada variável na discriminação da unidade de solo.

TABELA 4 - Números totais de segmentos de rios (N_w) obtidos em amostras circulares das unidades de solo estudados no município de Itobi, SP - 1972.

ORDEM DE RAMIFICAÇÃO	Solo (PV)				Solo (LV)			
	1	2	3	6	4	5	7	8
1ª	39	26	22	30	19	18	18	11
2ª	10	08	06	08	05	03	06	02
3ª	02	04	02	04	01	01	01	01
Nt	51	38	30	42	25	22	25	14

TABELA 5 - Comprimentos totais de segmentos de rios (L_w) obtidos em amostras circulares para as unidades de solo estudados no município de Itobi, SP - 1972.

ORDEM DE RAMIFICAÇÃO	Solo (PV)				Solo (LV)			
	1	2	3	6	4	5	7	8
1ª	13,44	13,92	14,16	15,36	12,48	8,50	12,72	5,00
2ª	10,32	6,48	5,70	4,80	4,80	2,00	2,76	1,00
3ª	2,40	3,24	1,92	2,04	2,04	1,80	1,44	4,00
Lt	26,16	23,64	21,78	27,96	19,32	12,30	16,92	10,00

TABELA 6 - Comprimentos totais médios de segmentos de rios (L_m) obtidos em amostras circulares para as unidades de solo estudados no município de Itobi, SP - 1972.

ORDEM DE RAMIFICAÇÃO	Solo (PV)				Solo (LV)			
	1	2	3	6	4	5	7	8
1ª	0,34	0,54	0,64	0,51	0,66	0,47	0,71	0,45
2ª	1,04	0,81	0,95	0,52	0,52	0,66	0,46	0,50
3ª	1,20	0,81	0,96	1,32	1,32	1,80	1,44	4,00
L_{mt}	2,57	2,16	2,55	2,35	3,66	2,93	2,61	4,95

TABELA 7 - Razões obtidas em amostras circulares para as unidades de solo estudadas no município de Itobi, SP - 1972.

RAZÕES	Solo (PV)				Solo (LV)			
	1	2	3	6	4	5	7	8
Rb	13,44	13,92	14,16	15,36	12,48	8,50	12,72	5,00
RL_w	10,32	6,48	5,70	4,80	4,80	2,00	2,76	1,00
RL_m	2,40	3,24	1,92	2,04	2,04	1,80	1,44	4,00

TABELA 8 - Variáveis do padrão de drenagem obtidas em amostras circulares para as unidades de solo estudada no município de Itobi, SP - 1972.

CARACTERÍSTICA	Solo (PV)				Solo (LV)			
	1	2	3	6	4	5	7	8
Dd	2,62	2,60	2,18	2,79	2,55	1,93	1,23	2,03
Fr	5,10	3,90	3,00	4,20	4,05	2,50	2,20	2,60
Rt	4,64	3,55	2,73	3,82	3,68	2,27	2,00	2,36

O Grupo 2 reúne as amostras circulares 1, 2 e 6 em acordo com a unidade PV definida pela Comissão de Solos (1960).

Analisando o fenograma (Figura 4) pode-se constatar a formação de dois grupos (G_1 e G_2). O grupo 1 reúne as amostras (Comissão de Solos, 1960; Curi, 1983; Frost, 1960) de unidade de solo LV, com exceção da amostra 3 que de acordo com a Comissão de Solo (1960) pertence ao solo PV.

A análise dos componentes principais, Tabela 9 e Figura 5, confirmam o fenograma obtido com as variáveis da composição e do padrão de rede de drenagem.

A Tabela 9 mostra a importância das 4 principais variáveis a 1ª, 3ª e 4ª pertencente ao padrão e a 2ª refere-se à composição.

As quinze variáveis empregadas na análise e composição do gráfico bidimensional conseguem acumular uma variância de 81,92%, e destacar a densidade de drenagem (Dd), número de segmentos de rios de 2ª ordem de ramificação (N_{w2}), razão de textura (Rt) e frequência de rios (Fr) no estudo para definição de unidades de solo (Tabela 9).

TABELA 9 - Análise dos componentes principais (Y_1 e Y_2) utilizando-se das variáveis da composição e do padrão da rede de drenagem observadas em amostras circulares.

Variáveis	Y_1	Y_2	Ord. de Import.
N_{w1}	0,92	0,60	6
N_{w2}	0,96	-0,10	2
N_{w3}	0,78	0,53	9
L_{w1}	0,88	-0,21	7
L_{w2}	0,94	-0,07	5
L_{w3}	0,22	0,96	13
L_{m1}	-0,18	-0,38	15
L_{m2}	0,47	-0,52	11
L_{w3}	-0,81	0,40	8
Rb	-0,45	-0,66	12
RL_w	-0,20	-0,88	14
RL_m	0,70	0,41	10
Dd	0,97	0,05	1
Fr	0,96	0,03	4
Rt	0,96	-0,01	3
%Var.	63,17	18,75	
%Var.Acum.	63,17	81,92	

6. CONCLUSÕES

- As variáveis da rede de drenagem obtidas em amostras circulares, foram mais discriminatórias para definir as unidades de solo envolvidas, que as variáveis estudadas em bacias hidrográficas.
- A análise dos componentes principais (Y_1 e Y_2) acumulou somente 65,90% do total de informações referentes às bacias e 81,92% das informações obtidas das amostras circulares, sendo que as variáveis que mais contribuíram para a discriminação foram: Densidade de drenagem (Dd), número de segmentos de rios de segunda ordem (N_{w2}), Razão de Textura (Rt) e Frequência de rios (Fr).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. *Formas do relevo*. São Paulo: EDART, 1975. 80p.
- BARROS, Z.X., PIEDADE, G.C.R. Análise de agrupamentos aplicada a variáveis da rede de drenagem. *Eng. Agric.* (Botucatu), v.3, n.3, p.28-34, 1988.
- CARVALHO, W.A. *Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizonte B textural*. Botucatu, 1977. 126p. Tese (Doutoramento)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- COMISSÃO DE SOLOS. *Levantamentos de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo*. Bol. Cent. Nac. Pesqui. Agron. (Rio de Janeiro), n.12, p. 1-634, 1960.
- CURI, P.R. A similaridade na análise de agrupamento: coeficientes de correlação e distâncias. *Cienc. Cult.* (São Paulo), v.35, p.1678-86. 1983.
- FRANÇA, G.V. *Interpretação fotográfica de bacias de rede de drenagem aplicada a solos da Região de Piracicaba-SP*. Piracicaba, 1968. 151p. Tese (Doutoramento) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- FROST, R.E. Photointerpretation of soil. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMETRY. *Manual of photographic interpretation*. Washington, 1960. p.343-402.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v.56, p.275-370, 1945.

LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation, principles and application*. New York: MacGraw Hill, 1959. 562p.

SNEATH, P.H.A., SOKAL, R.R. *Numeral taxonomy*. San Francisco: W.H. Freeman, 1973. 573p.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Univ. (New Haven)*, v.38, p.913-20, 1957.