

Artigo Científico

Resumo

Este trabalho visou analisar os atributos do relevo através das variáveis: altitude máxima (HM); altitude média (Hmd); altitude mínima (Hm); a amplitude altimétrica (H); comprimento médio de vertente (CVm); comprimento mínimo de deflúvio (Cd); declividade média da amostra circular (I) e integral hipsométrica (IH), integral volumétrica (IV), altura média da integral volumétrica (hIV), altura média da integral hipsométrica (hIH) e desenvolvimento da erosão (DE) obtidos em 4 microbacias de terceira ordem de ramificação e três unidades de solo da bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP), tendo como base cartográfica: fotografias aéreas coloridas, Carta Topográfica de Botucatu e Carta de solos do Município de Botucatu - SP. A distinção dos solos foi realizada através da análise de agrupamentos e de componentes principais. Os resultados obtidos permitiram concluir que os métodos se mostraram interessantes para indicação dos grupos semelhantes de microbacias. O primeiro componente principal possibilitou a discriminar as microbacias em função dos maiores valores das variáveis hIV, hIH, H, DE e I, indicando que quanto maior o valor da variável observada para a microbacia, maior será o poder discriminatório, enquanto que o maior valor do segundo componente principal, para variáveis do relevo, resultou em função dos maiores valores de HM, HMD e Hm. As variáveis hIV e hIH foram as que apresentaram maior poder discriminatório na formação dos grupos de microbacias mais similares.

Palavras-chave: agrupamentos de microbacias; métodos multivariados; componentes principais

Agrupamento de microbacias em função do tipo de solo

Sérgio Campos¹

Teresa Cristina Tarlé Pissarra²

Daniela Polizeli Traficante²

Elen Fittipaldi Brasília Carrega²

Nathalia Maria Salvadeo Parizoto²

Agrupación de Cuencas hidrográficas de acuerdo con el tipo de suelo

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo analizar los atributos de relieve a través de las variables: altura máxima (HM); altitud media (Hmd); altura mínima (Hm); amplitud altimétrica (H), longitud media de la pendiente (CVm); longitud mínima de la escorrentía (Cd), pendiente media de la muestra circular (I) y integral hipsométrica (IH); el volumen total (IV), la altura media de la integral volumétrica (hIV); la altura media de la integral hipsométrica (hIH) y el desarrollo de la erosión (DE), obtenidos en cuatro cuencas de tercer orden de ramificación y tres unidades de suelo de la cuenca del río Capivara - Botucatu (SP). Las bases cartográficas eran: fotografías aéreas en colores, mapas topográficos y de suelos de Botucatu-SP. La distinción de los suelos se realizó mediante análisis de conglomerados y componentes principales. Los resultados mostraron que las técnicas se mostraron interesantes para indicar los grupos similares de cuencas hidrográficas. El primer componente principal permitió discriminar las cuencas debido a los mayores valores de las variables hIV, hIH, H, DE y I, lo que indica que cuanto mayor sea el valor de la variable observada en la cuenca, mayor es el poder discriminatorio, mientras que el valor más alto de lo segundo componente principal, para las variables de lo relieve, ha resultado en mayores valores de HM, HMD y Hm. Las variables hIV y hIH presentaron el mayor poder de discriminación en la formación de los grupos de cuencas más similares.

Palabras clave: conglomerados de cuencas; métodos multivariados; componentes principales

Introdução

O conhecimento e a representação detalhada do relevo de uma área constituem-se em elementos indispensáveis ao planejamento das atividades agropastoris, à elaboração de projetos de engenharia,

ao levantamento e conservação de solos, aos estudos hidrológicos (SILVA e PIEDADE, 1993), etc.

A intensidade de erosão aumenta com a diminuição da cobertura vegetal do solo ligada a cada tipo de comunidade de planta e com o aumento da dissecação do relevo, que está relacionado ao tipo de

Recebido em: 02/07/2011

Aceito para publicação em: 28/11/2011

1 Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. Autor para correspondência. E-mail: seca@fca.unesp.br

2 Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

solo, conforme afirmam POLITANO et al. (1988) em estudo que procuraram avaliar as relações entre uso e erosão de solos arenosos.

STRAHLER (1952) classificou o relevo, de acordo com seu estágio de maturidade, em jovem, maduro e senil. Segundo ele, o estágio da juventude caracteriza-se por apresentar um desequilíbrio entre a erosão e a deposição, sendo esta maior que aquela. No estágio senil a situação se inverte, ou seja, a sedimentação é menor que a erosão, e na maturidade do relevo já há um equilíbrio entre as duas.

O relevo tem maior influência no grau de evolução dos solos do que as diferenças de idade dos materiais originários e dos paleoclimas ou das modificações climáticas existentes (TERCINIER e QUANTIN, 1968).

A análise de microbacias por meio do relevo, permite inferir sobre a natureza e distribuição dos solos. O estudo hipsométrico das microbacias conjuntamente com as características do relevo constituem um meio consistente na comparação entre o estágio de evolução e das unidades de solos.

A análise multivariada é uma técnica estatística que vem sendo utilizada com sucesso por muitos pesquisadores em variáveis da rede de drenagem e do relevo, como KOFLER (1982), BARROS (1988), CARDOSO (1988), CAMPOS e BARROS (1994), etc.

A análise dos componentes principais permite a verificação em ordem de importância de cada variável original na discriminação de microbacias na constituição dos agrupamentos (CURI, 1983).

A integral hipsométrica e a volumétrica, para VIEIRA (1978), respectivamente, representa o material existente antes do início do processo erosivo e o volume de terra ainda existente, enquanto que a diferença entre elas, nada mais é do que o material erodido, tomando-se por base o rio de terceira ordem de ramificação.

A utilização da integral hipsométrica e integral volumétrica permitem o estudo da evolução do relevo pois, como afirma BARROS (1988), enquanto a primeira representa a maneira como o material está distribuído antes da erosão, caracterizando um estágio evolutivo do relevo, a segunda representa o que restou até nossos dias.

Assim, este trabalho objetivou com auxílio de técnicas fotointerpretativas e da análise multivariada de microbacias de terceira ordem de ramificação, procurou-se avaliar as características do relevo na discriminação de três unidades de solo (LVA, RL e RQ) ocorrentes da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

Material e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido na bacia do Rio Capivara, com uma área de 37840,03 hectares, a qual está localizada no Município de Botucatu (SP), entre os paralelos 22° 39' 36" a 22° 57' 39" de latitude S e os meridianos 48° 17' 34" a 48° 29' 36" de longitude W Gr..

Os solos ocorrentes na área foram classificados como: Neossolo Quartzarênico Argissólico e Latossólico (RQ), Latossolos Vermelhos-Amarelo (LVA) e Neossolos Litólicos (RL), segundo PIROLI, 2002.

As unidades Neossolo Quartzarênico Argissólico e Latossólico (RQ), conforme Piroli (2002), são solos profundos, de textura muito leve, acentuadamente drenados, de cor geralmente vermelho amarelado, com seqüência de horizontes A, B e C, originados a partir de arenitos, de fertilidade baixa, ácidos e muito susceptíveis à erosão.

O conteúdo de argila é baixo, sendo menor de 15%, variando de 7,8 a 15% nos horizontes A e B, enquanto que o conteúdo de silte no horizonte B varia de 0,2 a 2,3%.

O relevo predominante é o suavemente ondulado a ondulado. Quando suavemente ondulado, as colinas apresentam declives suaves e formam vales em V abertos e, quando ondulado, as colinas ou morros são mais declivosos e os vales em V mais fechados.

A altitude varia de 420 a 740 metros, sendo nas partes altas de 600 a 740 metros e nas baixas de 420 a 600 metros.

A vegetação predominante é a do tipo cerrado e o material original é arenito.

O Neossolos Litólicos (RL), segundo PIROLI (2002), são solos poucos desenvolvidos com espessura em torno de 35 cm, constituídos pelo horizonte A e a camada D. Granulometricamente, apresentam o conteúdo de argila em torno de 46,7%, sendo a fração silte muito baixa, em torno de 2,1%.

Estes solos ocupam os topos das elevações, distribuídos em pequenas manchas esparsas, sendo o relevo forte ondulado de topos arredondados, vertentes convexas, vales em V com declive em torno de 40% e a altitude em torno de 700 metros.

O clima predominante é o do tipo Cfa e o material original é o basalto, metáfiro e provavelmente diabásico (eruptivas básicas).

A vegetação nativa predominante nestes solos é a floresta latifoliada tropical.

As áreas mapeadas por PIROLI (2002) como pertencentes à unidade de solo Latossolos Vermelhos-Amarelo (LVA) caracterizam-se por serem solos profundos, de textura leve, bem drenados, de coloração vermelho amarelado, formados a partir de arenito, ácidos, de baixa fertilidade, de pequenas variações nas características, fazendo com que os vários subhorizontes se apresentem pouco individualizados, com transição variando de gradual a difusa.

A composição granulométrica deste solo apresenta o conteúdo de argila entre 15 a 30%, nos horizontes A e B, sendo geralmente o teor de argila no horizonte C menor que no B.

Estes solos localizam-se na região do alto planalto, onde formam manchas contínuas entrecortadas por solos de outras unidades. Geralmente encontram-se nas superfícies dos espigões, que podem ser estreitas ou muito largas, apresentando uma topografia suavemente ondulada com pendentes de centenas de metros, ou completamente plana e, muito raramente, ondulada e mesmo assim de pendentes alongadas.

A altitude considerada na área de estudo varia de 500 a 1000 metros, estando a sua maior parte entre 600 a 900 metros.

A cobertura vegetal é variável, apresentando nas partes altas campo limpo, campo cerrado e cerrado, nas partes baixas é mais fina e de arbustos tortuosos, mas predominando campo cerrado e, nas

transições, apresenta capoeira com espécies mistas nativas e cerrado quando a unidade vizinha é o Nitossolo Vermelho (NV), contudo os arbustos do cerrado são mais eretos e vigorosos.

O clima predominante para esta unidade de solo e local é o Cfa, conforme classificação de climática de Köppen, com índice pluviométrico variando de 1.100 a 1.700 mm.

O material de origem desses solos é constituído por arenito de Botucatu, arenito de Furnas e possivelmente sedimentos do terciário.

Foram utilizadas as fotografias aéreas verticais coloridas de 2000, em escala nominal aproximada de 1:30000, para elaboração do mapa da rede de drenagem da bacia do Rio Capivara - Botucatu -SP (Figura 1) e da Carta de Solos do Município de Botucatu -SP (Figura 2), na escala 1:50000, para identificação dos limites das unidades de solo e a localização das 12 microbacias de terceira ordem de ramificação, objeto de estudo neste trabalho, sendo os pontos de apoio cartográfico obtidos na Carta do Brasil, escala 1:50000, editada pelo IBGE (1969).

As áreas foram determinadas com auxílio do Software SPLAN -Sistema de planimetria digitalizada (SILVA et al., 1993) e as distâncias retas foram efetuadas com auxílio do compasso de ponta seca e da escala triangular, sendo as distâncias curvas determinadas com o curvímeter, da marca DERBY.

Após o decalque da rede de drenagem das fotos, utilizando-se dos estereoscópicos de

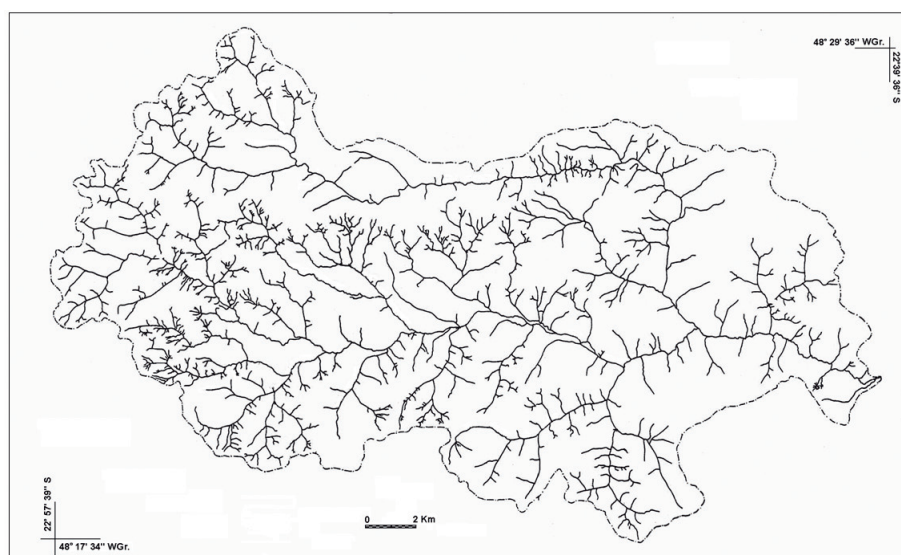


Figura 1. Rede de drenagem da bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP.

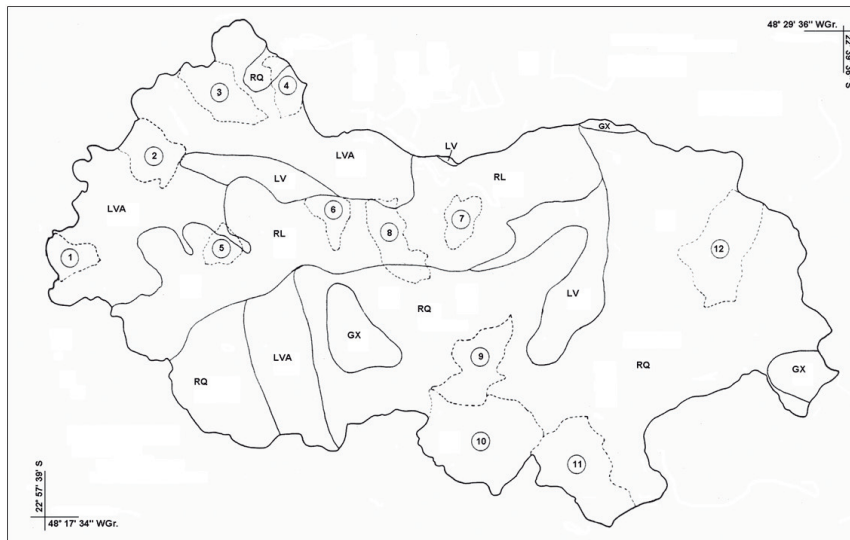


Figura 2. Unidades de solos da bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP (PIROLI, 2002) e a localização das 12 microbacias.

espelho marca WILD, modelo ST4, efetuou-se o enriquecimento da rede de drenagem constante do mapa básico, transferindo-se os detalhes obtidos de cada foto para a carta base, com o auxílio do Aerosketchmaster, marca Carl Zeiss, JENA.

A partir das Cartas do Brasil, em escala 1:50000, identificaram-se as 12 microbacias de terceira ordem de ramificação (Figura 2), através de seus divisores de água, decalcando em filme de poliéster Terkron D - 50u, as curvas de nível equidistantes de 20 em 20 metros, correspondentes às amostras.

Os atributos do relevo foram analisados através das variáveis: altitude máxima (HM); altitude média (Hmd); amplitude altimétrica (H); comprimento médio de vertente (CVm); comprimento mínimo de deflúvio (Cd); Declividade média da amostra circular (I) e integral hipsométrica (IH), integral volumétrica (IV), altura média da integral volumétrica (hIV), altura média da integral hipsométrica (hIH) e desenvolvimento da erosão (DE). Conforme dados de MOREIRA e RODRIGUES (2010)*, tem-se:

- **Altitude máxima (HM)*** - maior altitude ocorrente na microbacia;

- **Altitude mínima (Hm)*** - menor altitude ocorrente na microbacia;

- **Altitude média (Hmd)*** - média aritmética entre os valores de cota mais alta (HM) e cota mais baixa (Hm) na microbacia;

- **Amplitude altimétrica (H)*** - diferença entre a maior e a menor altitude na microbacia;

- **Integral Hipsométrica (IH)** - medida com planímetro, refere-se à porção inferior da curva hipsométrica obtida em função do quadrado, conforme procedimento descrito por STRAHLER (1952). Para obtenção da curva planimetram-se as áreas compreendidas entre a primeira curva de nível e a linha do divisor de água na sua parte mais alta e a seguir planimetram-se as áreas projetadas (a) correspondentes a cada curva e sua subsequente. Estabelecem-se relações de cada área projetada com a área total (a/A). Esses valores foram demarcados no eixo "x", enquanto que no eixo "y" foram representadas as altitudes relativas (h/H), sendo a diferença entre a maior (HM) e a menor (Hm) altitude da bacia "H" e o valor da distância entre curvas de nível "h";

Outros procedimentos foram realizados conforme descrito por VIEIRA (1978)**:

- **Integral Volumétrica (IV)**** - obtida por procedimento idêntico a IH, A partir da altura e da área de cada faixa entre duas curvas de nível calcularam-se os volumes de terra, segundo a fórmula $V = (h_1 - h) \cdot (a + a_1)/2$. A somatória dos volumes forneceu o volume total (V) de terra compreendido pelo plano horizontal (base plana), que passa pelo ponto mais baixo da bacia e o plano inclinado, contorno da mesma. Estabeleceram-se valores relativos v/V que foram representados no mesmo gráfico da integral hipsométrica (eixo x), resultando a curva integral volumétrica. O espaço abaixo da curva volumétrica, de acordo com o mesmo autor,

representa o volume de sedimentos ainda existente na bacia após a formação dos vales;

- **Desenvolvimento da Erosão**** - obtido pela diferença entre a integral hipsométrica (IH) e volumétrica (IV);

- **Altura média da integral hipsométrica (hIH)**** - obtida a partir do cálculo da integral hipsométrica, representa a relação entre a superfície correspondente ao volume total da bacia e o comprimento proporcional ao volume da superfície projetada da bacia;

- **Altura média da integral volumétrica (hIV)**** - obtida a partir do cálculo da integral volumétrica, representa a relação entre a superfície correspondente ao volume total da bacia e o comprimento proporcional ao volume da superfície projetada da bacia;

Foi também utilizada a **análise multivariada**, utilizando-se como coeficiente de semelhança a **Distância Euclideana Média** entre os pares de microbacias, segundo SNEATH e SOKAL (1973), com o objetivo de encontrar a melhor maneira de descrever os padrões de similaridade mútuas entre microbacias.

O teste "t" Student foi aplicado com o objetivo de verificação dos contrastes ortogonais entre as médias dos solos (C1 = RPV/RLV x Li-b, C2 = RPV-RLV x LVa, C3 = RPV-RLV x (Li-b + LVa) e C4 = LVa x Li-b), bem como, analisar as variáveis do relevo que mais contribuíram na discriminação dos solos.

Resultados e Discussão

Os resultados (Quadro 1) revelaram que os maiores valores médios de altitude máxima (HM), mínima (Hm) e média (Hmd) foram observados, respectivamente, para a unidade de solo LVA e os menores para o solo RQ, enquanto que os valores intermediários foram observados para a unidade RL.

A amplitude altimétrica (H) mostrou uma grande variação de relevo de ocorrência para o solo Li-b e pequena para os outros dois solos (RQ e LVA).

A declividade média (I) de 9,13% para a unidade de solo RQ; de 9,50% para o solo LVA e de 21,23% para a unidade RL permitiram classificar o relevo de ocorrência dos solos LVA e RPV-RLV como suavemente ondulado, segundo PIROLI (2002) e o da unidade de solo RL como fortemente ondulado. A declividade média obtida para o solo LVA concorda com os valores obtidos por LIMA (1987).

As representações gráficas das unidades de solo LVA e RQ não apresentaram diferenças no contorno de seus divisores tão nítidas quanto às apresentadas no solo RL, que apresentaram maiores angulações em suas curvas de nível, além das curvas de nível se apresentarem mais próximas evidenciando relevo mais movimentado.

A conformação do terreno constitui-se num componente importante do sistema natural que cada solo representa, segundo RANZANI (1979), pois as relações entre o desenvolvimento do relevo e a

Quadro 1. Variáveis do relevo observadas para as 12 microbacias na bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

U S	Bacia	HM (m)	H m (m)	H m d (m)	H (m)	I (%)	I H (m)	I V (m)	h I H (m)	h I V (m)	DE (m)	CV m (m)
LVA	1	921,00	848,00	884,50	73,00	9,97	0,6442	0,3521	47,0266	25,7033	21,3233	280,3571
	2	908,00	834,00	871,00	74,00	7,73	0,5851	0,3245	43,2974	24,0130	19,2844	352,7778
	3	934,00	811,00	872,50	123,00	11,49	0,5237	0,3229	64,4151	39,7164	24,6984	477,7778
	4	915,00	822,00	868,50	93,00	8,82	0,3894	0,2632	36,2142	24,4776	11,7366	407,5000
	Média	919,50	828,75	874,13	90,75	9,50	0,5356	0,3157	47,7383	28,4777	19,2607	379,6032
RL	5	858,00	632,00	745,00	226,00	21,33	0,6573	0,3738	148,5498	84,4788	64,0710	356,5000
	6	828,00	527,00	677,50	301,00	25,43	0,4857	0,3339	146,1957	100,5039	45,6918	333,3333
	7	784,00	533,00	658,50	251,00	23,36	0,3818	0,2800	95,8318	70,2800	25,5518	337,5000
	8	833,00	485,00	659,00	348,00	14,78	0,3169	0,2415	110,2812	84,0420	26,2392	458,3333
	Média	825,75	544,25	685,00	281,50	21,23	0,4604	0,3073	125,2146	84,8262	40,3885	371,4167
RQ	9	635,00	493,00	564,00	142,00	9,20	0,3869	0,2557	54,9398	36,3094	18,6304	597,2222
	10	635,00	488,00	561,50	147,00	9,84	0,6447	0,3639	94,7709	53,4933	41,2776	554,1667
	11	605,00	494,00	549,50	111,00	10,97	0,5235	0,3063	58,1085	33,9993	24,1092	670,5357
	12	626,00	454,00	540,00	172,00	6,51	0,5644	0,3182	97,0768	54,7304	42,3464	643,7500
	Média	625,25	482,25	553,75	143,00	9,13	0,5299	0,3110	76,2240	44,6331	24,0909	616,4187

OBS: AC - Amostra circular; US - Unidade de solo; HM - Altitude máxima; Hm - Altitude mínima; Hmd - Altitude média; H - Amplitude altimétrica; I - Declividade média; CVm - Comprimento médio da vertente; IH - Integral hipsométrica; IV - Integral volumétrica; hIV - Altura média da integral volumétrica; hIH - Altura média da integral volumétrica e DE - Desenvolvimento da erosão.

idade dos solos correspondem à história da erosão e sedimentação com a idade do solo num determinado local. Se não houver erosão ou sedimentação marcante numa determinada área, por um longo período de tempo, relevo e solos velhos poderão ser encontrados, pois são áreas normalmente constituídas de sedimentos antigos com grandes extensões e topografia plana ou ligeiramente ondulada. Os solos mais jovens geralmente apresentam-se constituídos de sedimentos recentes influenciados por erosões recentes (PIROLI, 2002).

A interpretação correta das curvas hipsométricas e do valor de suas integrais definem a distribuição do material desde as partes mais altas até as mais baixas, bem como, a maturidade do relevo, conforme STRAHLER (1957).

Os menores valores médios de amplitude altimétrica (90,75 m) constatados para as microbacias na unidade de solo LVA vem de encontro com a sua planialtimetria, pois essa unidade se apresenta com topografia suavemente ondulada e que associada às suas pequenas bacias não permite diferenças acentuadas entre as altitudes de suas cabeceiras e foz, enquanto que a as unidades de solo RL pela sua topografia acidentada e pequenas bacias, porém com curvas de nível bem próximas conferem-na valor de amplitude altimétrica (H) mais alto, ou seja, a

declividade média alta (21,25%) permite diferenças altas em termos de distância vertical entre a cabeceira e a foz.

Os resultados do teste “t” aplicados aos contrastes C_1 , C_2 , C_3 e C_4 (Quadro 1) mostram que somente as variáveis IH e IV mostraram-se não significativas em todos os contrastes. Estes indicam também que às variáveis HM, Hm e Hmd mostraram significância para $p < 0,01$ e $p < 0,05$ para todos os contrastes, sendo que as variáveis H, IH e HIV mostraram sensibilidade estatística apenas para os contrastes C_1 e C_4 , enquanto que as variáveis CVm e I não foram significativas, respectivamente, para os contrastes C_4 e C_2 .

Como somente as variáveis Hm, Hm e Hmd apresentaram significância em todos os contrastes para as três unidades de solo, e que segundo a AMARAL (1991), as variáveis relacionadas à amplitude de variação altimétrica refletem mais as condições de relevo, não podendo ser relacionadas com fatores ligados ao meio, podemos afirmar que esta análise estatística não se mostrou eficiente na discriminação dos solos.

A análise multivariada referentes aos valores das variáveis do relevo (Figura 3) mostram claramente que esses parâmetros foram eficientes no agrupamento das microbacias, pois constata-

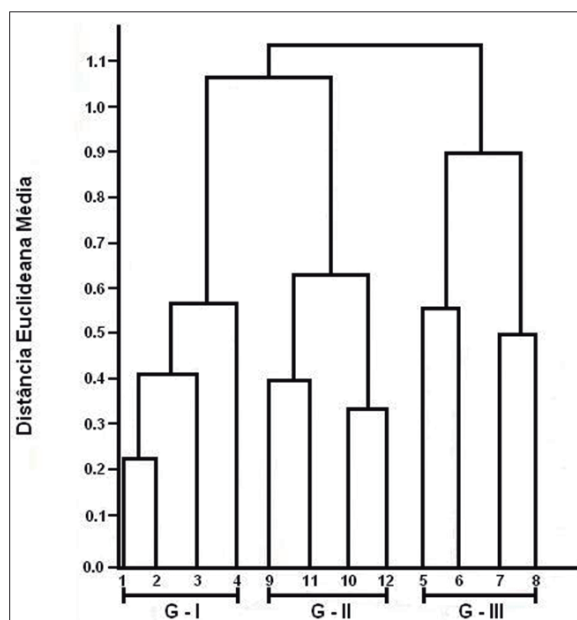


Figura 3. Dendrograma dos agrupamentos das microbacias para as variáveis do relevo, utilizando o algoritmo UPGMA e a Distância Euclidiana Média com coeficiente de similaridade.

se a formação de três grupos homogêneos (G-I, G-II e G-III), pois esses grupos reuniram todas as microbacias selecionadas para cada unidade de solo, ou seja, o G-I reuniu as microbacias 1, 2, 3 e 4; o G - II as microbacias 5, 6, 7 e 8 e o G- II as microbacias 9, 10, 11 e 12.

Os coeficientes dos dois primeiros componentes principais (Tabela 1) permitiram constatar que a variável mais importante no

agrupamento das microbacias foi a altitude média (Hmd) e a menos sensível foi a integral hipsométrica (IH). Esses resultados estão coerentes com os obtidos pelo teste "t" que mostrou alta significância a nível de $p < 0,01$ para a variável altitude média (HMD), e a não significância para a integral hipsométrica (IH). Essas variáveis conseguiram acumular uma variância total de 73,9%.

Os parâmetros do relevo (Tabela 1) mais

Tabela 1. Valores dos componentes principais (Y_1 e Y_2) para as variáveis de relevo, ordem de importância e porcentagem da variância total e acumulada.

Variáveis	1º Componente Principal (Y_1)	2º Componente Principal (Y_2)	Ordem de Importância
HM	-0,187	0,449	5
Hm	-0,371	0,314	9
Hmd	-0,302	0,391	1
H	0,394	0,082	7
I	0,316	0,289	4
IH	-0,053	0,192	11
IV	0,036	0,281	10
HIH	0,423	0,192	2
HIV	0,424	0,172	3
DE	0,340	0,191	6
CVm	0,051	-0,487	8
% Variância total	43,35	30,44	
% Variância acumulada	43,35	73,79	

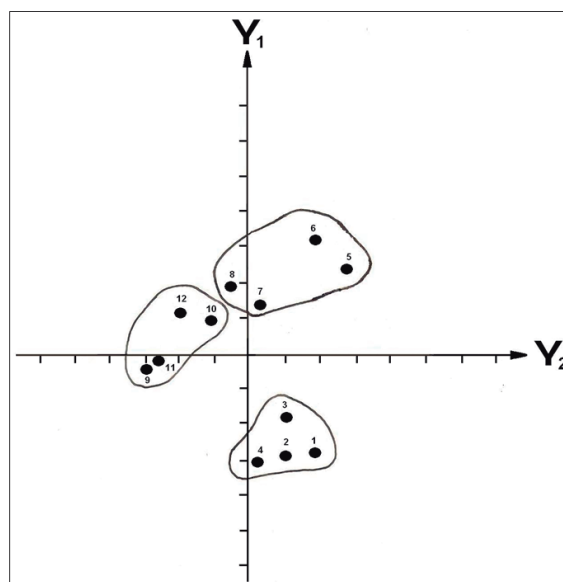


Figura 4. Ordenação das 12 microbacias, usando-se os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2).

significantes na discriminação dos solos por ordem de importância foram: Hmd, hIV, hV, I, HM, DE, H, CVm, Hm, IV e IH. Na figura 4 é apresentada a ordenação do agrupamento das 12 microbacias, obtida em função do tipo de solo usando-se os primeiro e segundo componentes principais (Y_1 e Y_2).

CONCLUSÕES

Os resultados permitiram as seguintes conclusões:

-As variáveis do relevo para bacias HM, Hm e Hmd foram as únicas variáveis sensíveis na diferenciação dos três solos, enquanto que as

variáveis H, I, hIH e hIV conseguiram diferenciar o RQ de LVA e o LVA de RL;

-A análise multivariada foi eficiente na discriminação dos solos RQ, LVA e RL quando foram utilizadas as variáveis do relevo para microbacias indicando a seguinte ordem de importância para estas variáveis: Hmd, hIH, hIV, I, HM, DE, H, CVm, Hm, IV e IH;

-As variáveis do relevo foram mais eficientes na discriminação dos solos através da análise multivariada; as variáveis do relevo, submetidas à análise de agrupamento discriminaram 100% das bacias representativas das unidades LVA, RL e RQ.

Referências

- AMARAL, C. **Fotointerpretação de características de bacias hidrográficas de terceira ordem na diferenciação de unidades de solo**. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu: UNESP, 1991. 104f.
- BARROS, B.Z.X. de., BARROS, Z.X. de, POLLO, R.A., NASCIMENTO, F.M., CAMPOS, S. Análise multivariada aplicada em bacias hidrográficas no Município de Botucatu. **Irriga**, v.16, n.3, p.351-359, 2011.
- BARROS, Z.X. de. **Caracterização de bacias hidrográficas no mapeamento de solos mediante o uso de análise multivariada**. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu: UNESP, 1988. 113f.
- CAMPOS, S., BARROS, Z.X. de. Comportamento da rede de drenagem na bacia do rio Capivara - Botucatu (SP), durante 15 anos. **Energia na Agricultura**, v.9, n.1, p.37-53, 1994.
- CARDOSO, L.G. **Comportamento das redes de drenagem em solos com cana-de-açúcar e com eucalipto**. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu: UNESP, 1988. 139 f.
- CURI, P.R. A similaridade na análise de agrupamento: coeficientes de correlação e distância. **Ciência & Cultura**, n.11, p.1678-8, 1983.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cartas do Brasil. Folha de Botucatu**. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil, 1969.
- KOFFLER, N.F. Análise do relevo a partir de índices de drenagem obtidos com fotografias aéreas. **Boletim de Geografia Teórica**. v.12, n.23/24, p.69-76, 1982.
- LIMA, S.L. **Características da rede de drenagem e do relevo de três solos do Estado de São Paulo determinadas em fotografias aéreas e cartas planimétricas**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba: USP, 1987. 100f.
- MOREIRA, L., RODRIGUES, V.A. Análise morfométrica da microbacia da Fazenda Edgárdia - Botucatu (SP). **Revista Científica Eletrônica da Engenharia Florestal**, v.16, n.1, p.9-21, 2010.
- PIROLI, E.L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu-SP**. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, UNESP, 2002. 108f.
- POLITANO, W.; ATHAYDE, M.L.F.; CORSINI, P.C.; LOPES, L.R. Avaliação mediante o emprego de imagens aéreas das condições ligadas ao uso da terra e erosão acelerada de uma área com solos arenosos provenientes da formação Bauru. In: Resumos do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 17, Iperó, CENEA/SBEA, 1988. p.48.

SILVA, C.M., CATANEO, A., CARDOSO, L.G. Sistema de planimetria digitalizada. **In:** Anais da Jornada Científica da Associação dos Docentes. Botucatu, 18, 1993. p.109.

SILVA, M.S., PIEDADE, G.C.R. Análise do relevo de uma bacia hidrográfica através da curva de distribuição percentual da superfície em função de suas declividades parciais. **In:** Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 22, Ilhéus-BA, CEPLAC/SBEA, 1993. p.362-373.

STRAHLER, A.N. Hypsometric analysis of erosional topographic. **Bulletin the Geological Society of America**, v.63, p.1117-41,1953.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, v.38, p.913-920, 1957.

TERCINIER, G.; QUANTIN, P. Influence de l'alteration de cendres et pouces volcaniques d'age récent sur la nature, les propriétés et la fertilité des sols aux Nouvelles-Hébrides. **Cahiers ORSTOM Serie Pedologie**, v.6, p.203-224, 1968.

VIEIRA, N.M. **Estudo geomorfológico das voçorocas de Franca, SP**. Tese (Doutorado em História) - Instituto de História e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista, Franca: UNESP, 1978. 255f.

Campos et al. (2011)