

## **ANÁLISE MULTIVARIADA COM DADOS GEORREFERENCIADOS EM ESTUDOS DE SOLOS**

Valter Antonio Becegato<sup>1</sup>, João Batista Pereira Cabral<sup>2</sup>, Olívia Aparecida Rodolfo Figueiredo<sup>3</sup>,  
Leandson Roberto Fernandes Lucena<sup>4</sup>, Rodrigo Vilella Machado<sup>5</sup>, Francisco José Fonseca  
Ferreira<sup>6</sup>

( 1 - Universidade do Estado de Santa Catarina – [becegato@cav.udesc.br](mailto:becegato@cav.udesc.br); [a2oaf@cav.udesc.br](mailto:a2oaf@cav.udesc.br). 2  
- Fundação Educacional de Jataí/Universidade Federal de Goiás - [jbcabral2000@yahoo.com.br](mailto:jbcabral2000@yahoo.com.br). 3  
- Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN -  
[leandson\\_Lucena@yahoo.com.br](mailto:leandson_Lucena@yahoo.com.br). 4 – Universidade Federal de Lavras - [rmachado@ufla.br](mailto:rmachado@ufla.br). 5 –  
Universidade Federal do Paraná - [francisco.ferreira@ufpr.br](mailto:francisco.ferreira@ufpr.br). )

### **Resumo**

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a correlação entre as variáveis: níveis de cinza das bandas 3, 4 e 5 do sensor TM/Landsat-5, modelo numérico de elevação e comprimentos dos canais de drenagem de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, e 4<sup>a</sup> ordens, utilizando-se análise multivariada. A área de estudo situa-se na Região metropolitana de Curitiba-PR, entre as coordenadas 672000m a 675000m de longitude oeste e 7152800m a 7158200m de latitude sul. Os dados foram coletados de células georreferenciada (observações) de 150 x 150m. Gerou-se, através da análise de agrupamentos, gráficos em forma de dendrogramas que, depois de interpretados, possibilitaram a separação de grupos de indivíduos resultando em pictogramas. Tais dados combinados com produtos de transformações IHS/RGB das imagens TM/Landsat-5, modelo numérico de elevação e drenagem, viabilizaram a separação de unidades fisiográficas, as quais, após verificações de campo, possibilitaram discriminar diferentes tipos de solos. Os resultados permitiram concluir que a metodologia de análise multivariada em ambiente de SIG, através da integração de dados multifonte, foi eficiente para a discriminação de solos.

Palavras chaves: SIG, solos, análise multivariada

### **Abstract**

This work was developed with the aim to evaluate the correlation among the following variables: gray levels 3, 4, and 5 bands of TM/Landsat-5 sensor, numeric model of elevation and length of

1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, and 4<sup>th</sup> rate drain canals, using multivariate analysis. Coordinates 672000m to 675000m W and 7152800m to 7158200m S, located in the Curitiba-PR Metropolitan Area. The data were collected from 150 x 150m georeferenced cells (notes). Dendrogram-like graphics were generated through grouping analyses, which, after being interpreted, allowed the separation of groups of individuals resulting into pictograms. Such data, combined with IHS/RGB transformation products from TM/Landsat-5 images, and numeric model of elevation and drain, permitted the separation of physiographic units, which, after field tests, allowed the differentiation of particular kinds of soil. The results lead to the conclusion that the multivariate analysis methodology in an GIS environment, through the integration of multiple source data, was efficient for soil differentiation.

Key words: GIS, soils, multivariate analysis

### **Introdução**

Os sistemas de informações geográficas (SIGs), envolvendo imagens de satélite, fotografias aéreas e mapas temáticos, constituem ferramentas importantes para o levantamento de solos, possibilitando planejar melhor os trabalhos de campo e o decorrente entendimento da paisagem onde eles estão inseridos, bem como sua distribuição espacial. Dentre os vários aspectos do terreno registrados nas fotografias aéreas e imagens de satélites, destaca-se a drenagem, que acrescida do relevo, revelam correlações com as formações de solos.

Vários são os trabalhos que tem utilizaram a rede de drenagem, relevo, imagens de satélite, principalmente do TM/Landsat-5, com o objetivo de delimitar unidades fisiográficas e solos. A análise multivariada é o ramo da estatística que objetiva sintetizar, representar e interpretar dados a partir de populações, nas quais, em cada unidade considerada, são avaliadas diversas variáveis, cuja base é a álgebra de matrizes.

Os processos estatísticos multivariados podem ser classificados em dois conjuntos: a) os que permitem extrair a informação sobre a interdependência entre variáveis que caracterizam cada um dos indivíduos, e, b) os que possibilitam obter informação de dependência entre diversas variáveis e uma outra, ou outras variáveis JOHNSON & WICHERN (1990).

Conforme ROMESBURG (1984), a análise de agrupamentos é um termo genérico empregado para designar uma série de métodos matemáticos que podem ser usados para definir quais elementos, dentro de um dado conjunto, são similares, ou seja, para fazer classificações.

A análise de componentes principais é uma das funções de processamento de imagens mais poderosa de dados espectrais (CRÓSTA, 1992). No entender de PEREIRA (1995), a análise de componentes principais é um método auxiliar para análise de agrupamentos e fatorial, constituindo uma abstração estatística da variabilidade inerente ao conjunto original de dados.

Autores como RIBEIRO (1997), NANNI (1995) e SOUZA (1997) utilizaram o SIG em estudos de solos para integrar dados e analisá-los por métodos multivariados. MEIJER *et al.* (2001), EL-ARABI & KHALIFA (2002), KUMRU & BAKAÇ (2003), também aplicaram análise multivariada em estudos de solos e ambientais.

Segundo SILVA (1988), desde o século passado, os sistemas fluviais têm sido estudados por pesquisadores em ciência da Terra, especialmente geólogos e geomorfólogos e, mais recentemente, despertou também interesse de pedólogos, por verificarem que as redes de drenagem refletiam algumas características das formações superficiais sob as quais os solos se desenvolveram.

Estudos litológicos feitos por RAY & FISCHER (1960), permitiram comparações da densidade de drenagem em bacias hidrográficas e amostras circulares com área de 10 Km<sup>2</sup>, obtendo resultados mais significativos. O comportamento espectral dos solos é afetado por diferentes aspectos contextuais e que, de uma certa forma, são considerados quando trabalhos de radiometria são conduzidos tanto ao nível de campo quanto de laboratório. Estes fatores, obviamente, também afetam o registro das informações da superfície, quando imageadas ao nível orbital.

Os alvos absorvem, refletem e emitem radiação eletromagnética de forma diferenciada, ao longo do espectro eletromagnético, em função de suas propriedades específicas. GALVÃO (1994) e DEMATTÊ (1995), observaram que os contrastes de reflectância espectral para os alvos naturais, denotam diferenças tonais em imagens fotográficas e orbitais, as quais são importantes em todo o intervalo espectral da energia solar refletida (cerca de 250 a 3000 nanômetros) pela superfície do terreno.

No caso dos solos, o comportamento espectral varia de acordo com diversos fatores, dentre os quais têm sido citados como os mais importantes: umidade, teor de matéria orgânica,

textura, cor, capacidade de troca catiônica, teor de óxidos de ferro e suas condições de superfície. Para ROSA (1990), apesar dos vários alvos passíveis de observação, os solos têm merecido atenção por parte dos pesquisadores, no tocante sobre ao seu comportamento espectral. SANTOS *et al.* (1990), estudando o comportamento espectral de solos do estado da Paraíba, mostraram a necessidade da análise de pelo menos duas bandas (uma no visível e outra no infravermelho), dentre as bandas espectrais utilizadas na identificação das unidades de mapeamento.

AGBU *et al.* (1990), relataram que a incorporação de satélites dentro de um programa de mapeamento de solos é extremamente significativa. Assim sendo, o objetivo principal do presente trabalho foi utilizar a análise multivariada, envolvendo dados de relevo, drenagem e níveis de cinza do TM/Landsat-5, em ambiente de SIG, para separar os tipos de solos, cujos dados foram retirados de uma malha georreferenciada de 150x150 metros, de uma área da Região metropolitana de Curitiba.

### **Materiais e Métodos**

1) Construção da grade regular de observação e extração da rede de drenagem por meio de fotointerpretação.

Elaborou-se uma grade regular (Figura 1), com células de observação de 150 x 150m, totalizando 720. A partir de cada uma delas foram obtidas informações sobre a rede de drenagem, altitude do terreno e níveis de cinza das imagens TM-Landsat/5 (bandas 3, 4 e 5), objetivando-se alimentar uma matriz de dados.

Por meio de exame estereoscópico em fotografias aéreas pancromáticas na escala aproximada de 1:25.000, foram traçados sobre papel poliéster todos os canais bem definidos, de cursos d'água perenes ou temporários, conforme orientação de LUEDER (1959).

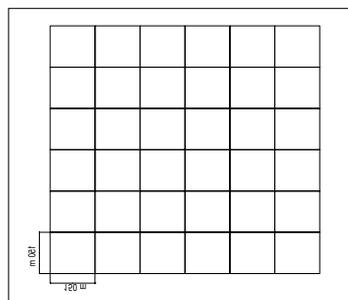


Figura 1 - Grade regular

Os conjuntos de templates contendo o traçado da rede de drenagem superficial, foram montado utilizando-se a área útil das fotografias, cujo objetivo foi diminuir as distorções de escala que normalmente ocorrem nas bordas (VALÉRIO FILHO, 1984).

A hierarquização dos canais por ordem foi efetuada de forma digital, conforme Figura 2, utilizando-se o software *Autocad r.14*. Com o arquivo de drenagem na tela do computador, procedeu-se à individualização dos canais, a partir do arquivo original, representado por um único plano de informação *layer*.

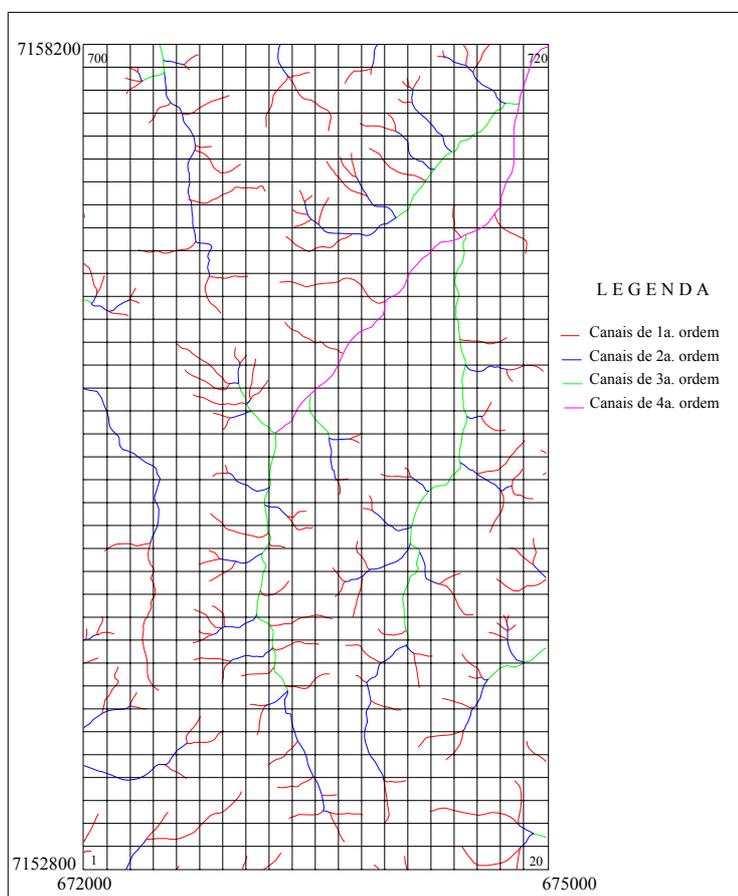


Figura 2 – Hierarquização da rede de drenagem

Durante os processos de separações das drenagens, novos *layers* eram então gerados, correspondentes às 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>,... n-ésima ordens. Para calcular os comprimentos em metros dos canais da rede de drenagem, utilizou-se o software *Arcview r3.2*.

## 2 - Geração do modelo numérico de elevação

A partir do arquivo de curvas de nível equidistância de 5 metros (figura 3), foi gerado o modelo numérico de elevação (MNE), através do software *Arcview r3.2*.

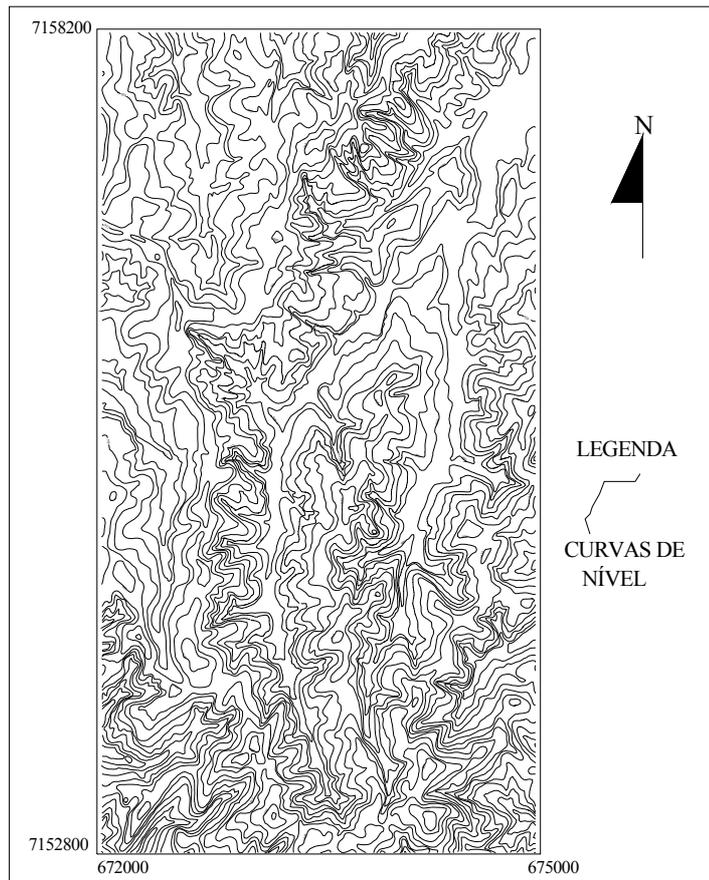


Figura 3 - Curvas de níveis equidistantes de 5 metros

## 3 - Tratamento das imagens do TM/landsat-5

O registro das imagens do TM/Landsat-5 foi realizado através de correção geométrica. Esta correção visou georreferenciar as imagens, com base na localização de pontos (x, y) notáveis no sistema de coordenadas cartesianas de cartas topográficas e seus correspondentes na imagem digital.

Nesse processo, os coeficientes dos polinômios utilizados representam pares de pontos de controle, que são feições bem definidas, geralmente de grande contraste espectral em relação aos

*pixels* vizinhos e facilmente reconhecíveis, podendo ser precisamente localizados tanto no mapa topográfico, quanto na imagem, como por exemplo, intersecção de estradas, extremidades de construções, pontes e confluência de rios.

Após a seleção dos pontos de controle, foi indicado o grau de polinômio, a localização geográfica, o tamanho e a resolução da grade. Definido os parâmetros do registro, seguiu-se à fase de reamostragem das grades, na qual o próprio algoritmo calcula o valor do nível de cinza de cada pixel, sobre a nova grade da imagem.

A reamostragem pode ser feita por vários interpoladores, como por exemplo: vizinho mais próximo, bilinear, bicúbica entre outros. Após vários testes, optou-se pelo vizinho mais próximo. A precisão desta operação é determinada por processo estatístico, denominado erro médio quadrático (RMS), expressando o erro entre as distâncias das coordenadas reais e transformadas para o mesmo ponto, calculado pela seguinte expressão:

$$RMS = \sqrt{(Xr - Xi)^2 + (Yr - Yi)^2}$$

onde:

$X_i$  e  $Y_i$  = coordenadas verdadeiras

$X_r$  e  $Y_r$  = coordenadas a serem transformadas

**4 - Sobreposição da grade na rede de drenagem nas imagens do TM/landsat-5 e modelo de elevação do terreno.**

Para proceder a sobreposição dos *layers* de cada célula da rede de drenagem, níveis de cinza das bandas 3, 4 e 5 das imagens do TM/Landsat-5 e altitudes (metros) do modelo numérico de elevação, tais planos de informação foram segmentados a partir da grade Figura 2, utilizando o *software Arcview r.3.2 e Idrisi r2.0*, resultando num banco de dados.

**5 - Matrizes de dados**

As matrizes de dados foram elaboradas por unidade de mapeamento dos solos, derivadas do levantamento efetuado pela EMBRAPA (1984), ao nível de reconhecimento escala 1:600.000 (Figura 4).

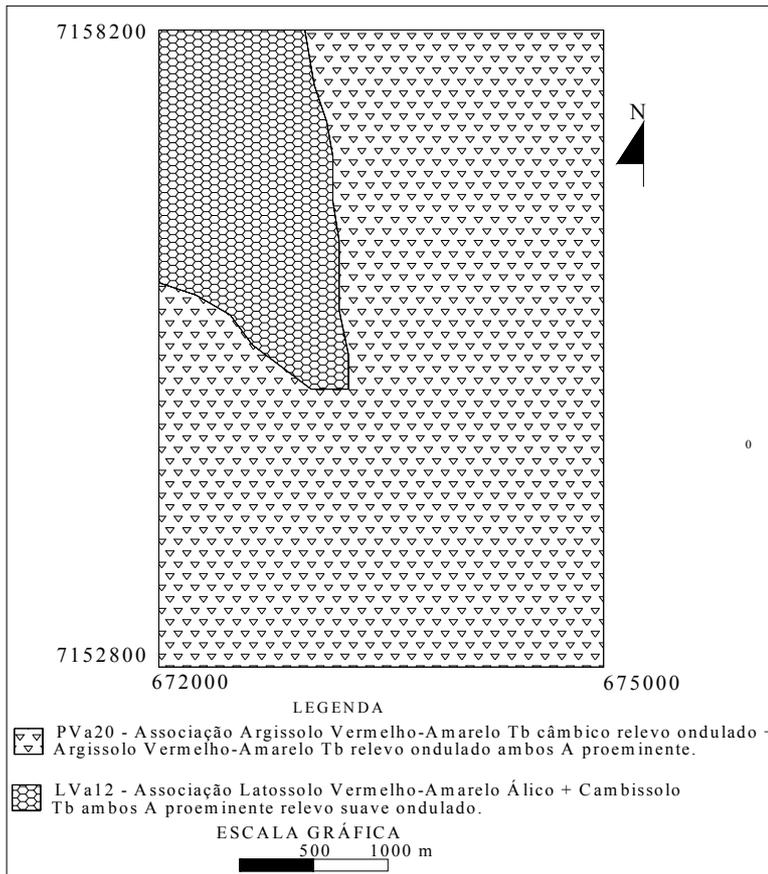


Figura 4 - Mapa de solos – adaptado da Embrapa (1984)

## Resultados e Discussão

### 1) Associação Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)

O dendrograma da Figura 5 mostra a individualização de seis grupos. Os grupos 2 e 4, caracterizados até a distância Euclidiana de 2,79, foram interpretados como um único grupo, embora estejam representados em posições distintas.

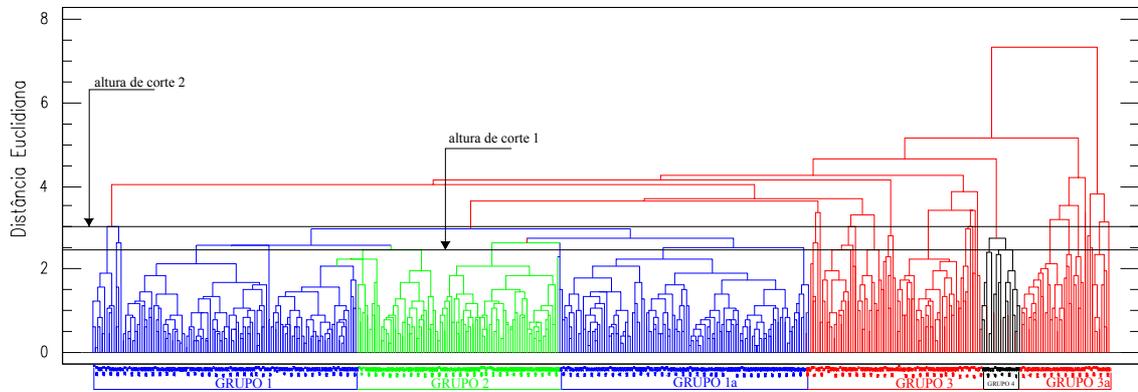


Figura 5 – Dendrograma da Associação PVA

Trata-se de Argissolo Vermelho-Amarelo-fase relevo suave ondulado situada na parte mais elevada da paisagem, com relevo menos acidentado (cor verde, Figura 6).

Os grupos 1 e 1<sup>a</sup> entre as distâncias Euclidiana 2,79 a 3,03, representam os Argissolos Vermelho-Amarelo-fase relevo forte ondulado, indicando o trato mais acidentado da paisagem (cor vinho, Figura 6). Os grupos 3 e 3<sup>a</sup>, posicionados além da distância 3,03, com árvores mais irregulares, denominados de Argissolos Vermelho - Amarelo-fase, relevo ondulado, com drenagem bem encaixada, situam-se no terço inferior e nas partes baixas da paisagem (cor vermelha, Figura 6).

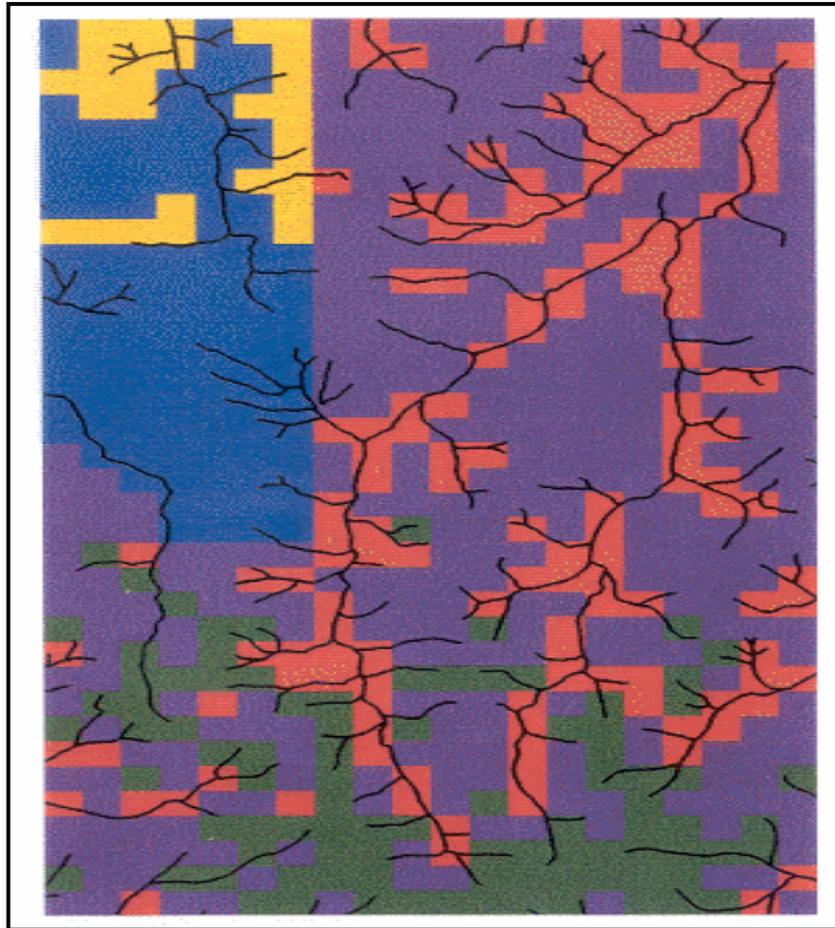


Figura 6 - Pictograma com drenagem sobreposta

## 2 - Associação Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)

Há dois grupos no dendrograma da Figura 7. O grupo 1 caracterizado até a distância Euclidiana de 3,18, representa a Associação Latassolo-Vermelho Amarelo+Cambissolo álico-fase relevo suave ondulado (cor azul, Figura 6). Além da referida distância, enquadra-se a unidade Cambissolo álico-fase relevo ondulado encaixada na rede de drenagem (cor amarela, Figura 6).

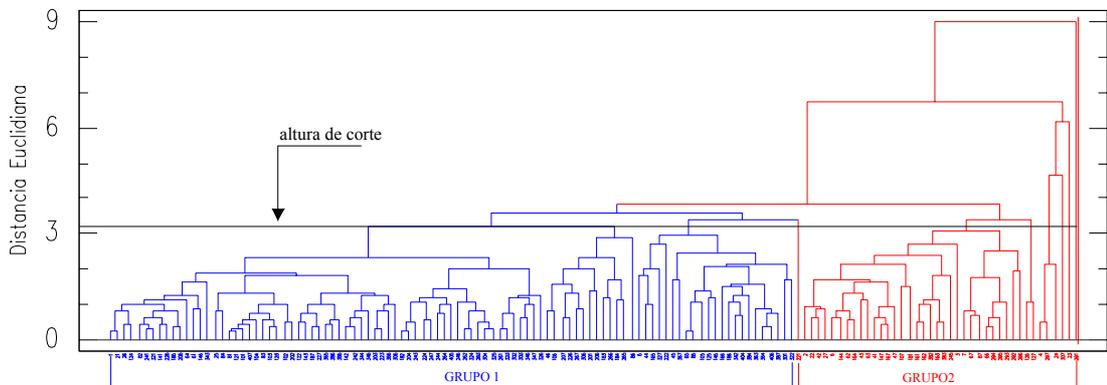


Figura 7 – Dendrograma da Associação LVA

De acordo com os dados das Tabelas 1 e 2, as quais representam as análises por componentes principais das associações PVA e LVA, ocorre uma distribuição da variabilidade dos dados das componentes principais. A primeira delas (1ª CP), relativa à associação PVA, representa 30,17% da variância total, tendo como principais variáveis as bandas 5 e 3.

Não se verificou uma concentração de informação em uma ou duas componentes como constatado por SILVA (1988) e CARVALHO *et al.* (1990), com variância acima de 90% para as duas primeiras componentes.

O que se observou no processamento, foi uma distribuição de informação ao longo de todas as componentes, cujas variáveis mais importantes foram a rede de drenagem e o relevo, confirmando os resultados dos autores mencionados, exceto para a primeira componente.

Estas variáveis se refletem na forma de distâncias Euclidianas maiores nos dendrogramas Figuras 6 e 7. Isto permitiu interpretar os dendrogramas em termos de unidades de mapeamento de solos, separando principalmente diferentes fases de relevo como os Argissolos e os Cambissolos.

Os valores das imagens do TM/Landsat-5 foram obtidos das bandas 3 com comprimento de onda (0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$ ) referente ao vermelho, 4 (0,76 – 0,90  $\mu\text{m}$ ) e 5 (1,55 – 1,75  $\mu\text{m}$ ) estas últimas na faixa do infra- vermelho refletido. Diversos são os trabalhos que utilizaram estas bandas para o estudo do comportamento espectral dos solos como os de BAUMGARDNER & STONER (1982), ROCHA (1993) e GALVÃO (1994).

Tabela 1 – Análise por componentes principais – Associação PVA

Variáveis	Componentes principais		
	1ª CP	2ª CP	3ª CP
Banda3	0,517(*)	0,228	-0,239
Banda4	0,359	0,017	0,067
Banda5	0,587(*)	0,194	-0,152
Canal 1ª	-0,163	-0,438	0,126
Canal 2ª	-0,270	-0,010	-0,627(*)
Canal 3ª	-0,255	0,432	-0,300
Canal 4ª	-0,097	0,486(*)	0,637(*)
MNT	0,287	-0,540(*)	0,089
(%) Variância total	30,17	17,61	12,68
(%) Variância acumulada	30,17	47,78	60,46

Tabela 2 – Análise por componentes principais – Associação LVA

.....Variáveis	Componentes principais		
	1ª CP	2ª CP	3ª CP
Banda3	0,542(*)	0,169	0,239
Banda4	0,356	0,288	-0,229
Banda5	0,579(*)	0,252	0,142
Canal 1ª	-0,114	0,2405	0,361
Canal 2ª	-0,388	0,209	0,218
Canal 3ª	-0,173	0,508(*)	0,241
Canal 4ª	-0,010	0,229	-0,784(*)
MNT	0,220	-0,641(*)	0,133
(%) Variância total	30,61	19,42	13,85
(%) Variância acumulada	30,61	50,03	63,88

Na Tabela 3 verifica-se que a média dos níveis de cinza para a banda 5 é maior, implicando numa imagem mais clara ao contrário da banda 3, cuja média é menor, conseqüentemente mais escura. A banda 3 exibe menor desvio padrão, do que decorre, também, menor quantidade de informação.

Tabela 3. Estatística descritiva dos níveis de cinza das unidades de mapeamento - Embrapa (1984).

	Unidades de mapeamento					
	Associação LVA			Associação PVA		
	Bandas					
	3	4	5	3	4	5
Máximo	32	86	96	41	84	91
Mínimo	12	29	28	11	29	26
Média	18,5	50,5	53,7	19,1	52,6	54,3
Moda	13	48	64	15	52	52
Desvio Padrão	4,8	9,32	15	4,7	7,3	11,7
Coef. de variação (%)	26,3	18,4	27,9	24,5	13,8	21,6

Com o objetivo de separar as unidades fisiográficas, segundo os critérios preconizados por BURING (1960) e desenvolvido por GOOSEN (1968), denominado análise fisiográfica, adaptado para tratamento de imagens orbitais, e também segundo as especificações de VALÉRIO *et al.* (1981), utilizadas por ROCHA (1993) e SCHIMIDLIN (1998), foi possível relacionar os processos dinâmicos da paisagem com os solos da área de estudo.

Para realçar a dissecação do relevo, acrescentou-se a rede de drenagem na imagem Figura 8, facilitando desta forma o processo interpretativo. As bandas 3, 4 e 5 do TM/Landsat-5 foram usadas na composição colorida RGB (5-4-3), procedendo-se as transformações RGB/IHS e IHS/RGB com integração do modelo numérico de elevação., conforme a seguinte ilustração:

→ *Transformação no sistema RGB/IHS*

R: 5 → I

G: 4 → H

B: 3 → S

→ *Transformação no sistema IHS/RGB*

I: 5 → R

H: 4 → MNE

S: 3 → B

A partir das imagens IHS/RGB com drenagem sobreposta, efetuou-se a vetorização na tela do monitor das unidades fisiográficas.

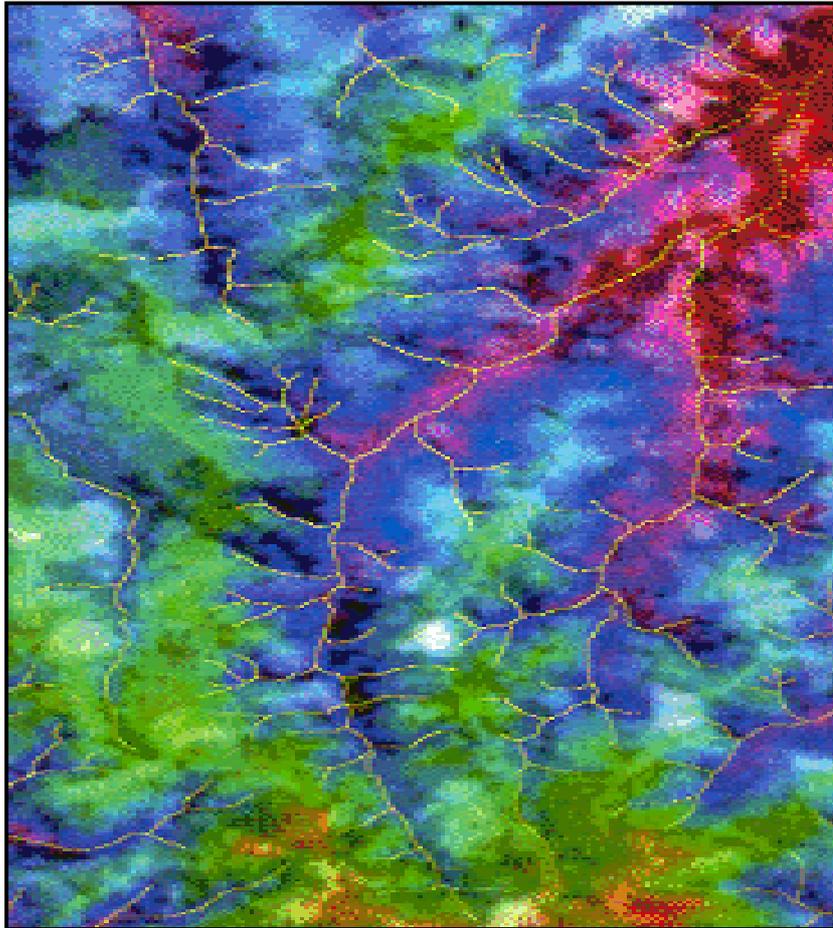


Figura 8 – Composição bandas 5, 4 e 3 do TM/Landsat -5 IHS/RGB integrando relevo e drenagem.

Em seguida este mapa foi impresso, com drenagem sobreposta, o qual foi utilizado para os trabalhos de campo, no sentido de verificar as unidades de solo interpretadas pelo mencionado processo. No campo, as observações foram feitas através de tradagens e descrição de perfis em cortes de estradas, nas diferentes unidades de solos. Tais descrições e demais observações foram realizadas segundo o Manual de Métodos de Descrição e Coleta de Solo no Campo (LEMOS, 1984).

## Conclusões

- A interpretação das imagens IHS/RGB com sobreposição da drenagem, modelo numérico de elevação, possibilitou a discriminação das unidades fisiográficas, enriquecendo através dos métodos utilizados, o detalhamento do mapa original da Embrapa (1984).
- As curvas de níveis eqüidistantes de 5 em 5 metros, resultou num modelo numérico de elevação de boa precisão, permitindo uma interpretação de boa acurácia das imagens IHS/RGB com o MNE na banda H.
- As variáveis mais importantes para separação das fases de relevo dos Argissolos e Cambissolos foram a drenagem e o relevo.

## Referências Bibliográficas

- AGBU, P.A.; FEHRENBACHER, D.; JANSEN, L.J. *Soil property relationships whit SPOT satellite digital data in east central Illinois*. Soil Science Society of American Journal, Madison, v. 54 p. 807-12, 1990.
- BAUMGARDNER, M.F.; STONER, E.R. 1982 *Soil mineralogical studies by remote sensing*. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE 12.: New Delhi. Índia.
- BURINGH, P. *The application of aerial photographs in Soil Surveys* In: Manual of photograhic interpretation. Washington, p. 663-6. 1960.
- CARVALHO, W.; FRANCA, G.V.; CURI, P.R. *Aplicação de análise multivariada na discriminação de unidades de solo, mediante parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas, em Botucatu, SP*. Rev. Bras. Ciên. Solo, Campinas, 14(2):195-203, 1990.
- CRÓSTA, A.P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*, Campinas, SP. IG/Unicamp. 1992, 170p.
- DEMATTÊ, J.A M. *Relações entre dados espectrais e características físicas, químicas e mineralógicas de solos desenvolvidos de rochas eruptivas*. Piracicaba, 1995. 265p. (Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP).
- EL-ARABI, A.M.; KHALIFA, I.H. *Application of multivariate statistical analyses in the interpretation of geochemical behaviour of uranium in phosphatic rocks in the Red Sea, Nile Valley and Western Desert, Egypt*. Journal of Environmental Radioactivity, 61, 169-190. 2002.

- EMBRAPA - *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná*. Londrina, IAPAR/SUDESUL, 1984 v.2 (EMBRAPA/SNLCS – Boletim técnico no 57).
- GALVÃO L.S. *Litoestratigrafia da reflectância espectral e uma abordagem quantitativa para análise de espectros*. São Paulo: USP/Instituto Astronômico e Geofísico, 1994. 179p. (Doutorado em Geofísica).
- GOOSEN, D. *Interpretation de fotos aereas y su importância en levantamiento de suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y da Alimentación, 1968. 58 p. (Boletín sobre Suelos, 6).
- JOHNSON, R.; WICHERN, D.W. *Applied multivariate statistical analysis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hala, 1990. 607 p.
- KUMRU, M.N.; BAKAÇ, M. *R-mode factor analysis applied to the distribution of elements in soils from the Aydin basin, Turkey*. Journal of Geochemical Exploration, 77, 81-91. 2003.
- LEMONS, R.C.; SANTOS, R.D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 2. Ed. Campinas: SNLCS/SBCS, 1984 37 p.
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York, McGraw-Hill, 1959. 462p.
- MEIJER, R.J.; JAMES, I.R.; JENNINGS, P.J.; KOEYERS, J.E. *Cluster analysis of radionuclide concentrations in beach sand*. Applied Radiation and Isotopes, 54, 535-542. 2001.
- NANNI, M.R. *Delimitação de unidades fisiográficas para estudos de solos utilizando análise multivariada e técnicas de sensoriamento remoto*. Curitiba, 1995. 184p. (Mestrado- Universidade Federal do Paraná).
- PEREIRA, R.S. *Sistema de tratamento de imagens multiespectrais digitais*. Curitiba, 1995. 262p. (Doutorado – Universidade Federal do Paraná).
- RAY, R.G.; FISCHER, W.A. *Quantitative photography: a geologic research tool*. Photogrammetry Engineering, Falls Church, 26 (1): 144-8, 1960.
- RIBEIRO, S.R.A. *Aplicação de técnicas de geoprocessamento no estudo de solos e confecção de banco de dados relacional digital do município de Palotina-PR*. Curitiba, 1997. 155p. (Mestrado – Universidade Federal do Paraná).
- ROCHA, H.O. *Integração de dados através da análise de agrupamentos e interpretação de imagens orbitais para levantamento de solos*. Curitiba, 1993. 106 p. Tese Professor (Titular

- área de conhecimento Fotointerpretação e levantamentos de solos) – Universidade Federal do Paraná).
- ROSA, R. *Introdução ao sensoriamento remoto*. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 1990. 136 p.
- ROMESBURG, H.C. *Cluster analysis for researchers*. California, Lifetime Learning Publications, 1984. 334p.
- SANTOS, M. J. dos.; MENINO, I.B.; FERNANDES, M.F. *Caracterização das unidades de mapeamento de solos da folha de Itaporanga SB. 24-z-c-II, com base em imagem de satélite e trabalho de campo*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 6., 1990, Manaus. Anais. São José dos Campos: INPE, 1990, v.1, p.892-902.
- SCHIMIDLIN, D. *Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações para atualização e geração do mapa compilado de solos da área de proteção ambiental – Apa de Guaratuba (PR)*. Curitiba, 1998. 111 p. (Mestrado – Universidade Federal do Paraná).
- SILVA, M.S. *Fotointerpretação da rede de drenagem e do relevo de três solos do município de São Manuel, SP*. Botucatu, 1988. 150 p. (Doutorado – Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP).
- SOUZA, L.C.P. *Utilização de dados digitais TM/Landsat e análise de agrupamentos na delimitação das unidades de solos da planície de inundação do rio Ivaí-PR*. Piracicaba, 1997. 143p. (Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz/USP).
- VALÉRIO FILHO, M. *Parâmetros da drenagem e do relevo na caracterização de solos e suas relações fotointerpretativas em imagens de pequena escala*. Piracicaba, 1984. 141 p. (Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP).
- VALÉRIO FILHO, M.; DONZELL, P.L.; PINTO, S.A.F. *Técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica aplicadas ao plano de manejo e microbacias hidrográficas*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, 9., 1992. Jaboticabal. Roteiro de apresentação. Jaboticabal: SBCS, 1981. (Separata).