



# ANÁLISE DE AGRUPAMENTO EM VARIÁVEIS DE OCUPAÇÃO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU-SP.<sup>1</sup>

**Bruna Soares Xavier de Barros<sup>2</sup>, Zacarias Xavier de Barros<sup>3</sup>, Lincoln Gehring Cardoso<sup>4</sup>, Ronaldo Alberto Pollo<sup>5</sup> & Arilson José de Oliveira Junior<sup>6</sup>**

**RESUMO:** Neste trabalho aplicaram-se técnicas fotointerpretativas e estatísticas multivariada a variáveis da ocupação do solo, medidas em bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação pertencentes à bacia do rio Tietê no município de Botucatu – SP, com o objetivo de agrupar bacias segundo grau de similaridades, bem como inferir sobre a representatividade da distribuição espacial dos agrupamentos em relação à Carta de solo da Embrapa. Foram utilizadas, imagens aéreas não orbitais e como base cartográfica as cartas do IBGE. Foram estudadas 06 (seis) bacias hidrográficas situadas em duas regiões fisiográficas do município, ou seja, Depressão Periférica e frente da “cuesta”, abrangendo unidades de solos distintas conforme Carta de solos da Embrapa. A ocupação do solo nem sempre reflete a sua fertilidade, podendo estar associada ao poder aquisitivo dos proprietários, localização da propriedade e ou incentivos fiscais para determinadas culturas de maior valor comercial na época do levantamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise multivariada, imagens aéreas, rede de drenagem.

**CLUSTER ANALYSIS APPLIED TO VARIABLES OF WATERSHED SOIL OCCUPATION IN BOTUCATU-SP.**

**ABSTRACT:** The present study applied photo and multivariate statistics techniques to the variables of soil occupation measured in third order watersheds belonging to the Tietê River Basin in the municipality of Botucatu – SP. The goal was to group basins according to their similarity levels, as well as inferring about the representativeness of the groups spatial distribution regarding Embrapa's soil map. Non- orbital aerial images and IBGE maps were used. Six (06) watersheds located in two physiographic regions of the municipality, ie Peripheral Depression and front of "Cuesta", were studied, covering different soil units, according to Embrapa's soil map. Land use does not always reflect its fertility, and may be associated to the purchasing power of the owners, location of property and or to tax incentives for certain higher value commercial crops at the time of the survey.

**KEYWORDS:** Multivariate analysis, aerial images, drainage system.

## 1 INTRODUÇÃO

O espaço na superfície da Terra tornou-se objeto de relevância, a partir do momento em que o homem deixou de ser nômade, havendo assim a necessidade de se demarcar a porção de terra no intuito de organizar a implantação de primitivos sistemas de cultivos.

No Brasil, onde extensas áreas já se encontram quase que exauridas devido a uma agricultura intensiva e nem sempre técnica, ocorre a necessidade do aproveitamento de áreas ainda pouco conhecida ou inaproveitadas e, por isso, torna-se importante a utilização da ferramenta de sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto constitui cada vez mais em uma solução para levantar o potencial e as condições de cada espécie de recursos presentes, pois abrange desde as fotografias aéreas até imagens de radar e de satélite (CRUZ, 1981).

A fotointerpretação da vegetação exige basicamente o conhecimento das espécies mais comuns, sua representação em imagens aéreas e os tipos de plantas que geralmente, se associam. O método de reconhecimento baseia-se em, em parte, no estudo da tonalidade, textura, padrão de sombra, forma e dimensão das espécies (SPURR, 1960).

Para Rocha (1978), o levantamento de uso da terra consiste em um agrupamento e avaliação quantitativa de tudo o que existe sobre a litosfera, e que os elementos mapeados e avaliados são convencionados para facilitar a sua identificação; o autor ainda inclui o levantamento

<sup>1</sup> Este trabalho foi realizado na FCA/UNESP com resultados de pesquisa de doutorado.

<sup>2</sup>, <sup>3</sup>, <sup>4</sup>, <sup>5</sup> e <sup>6</sup> Departamento de Engenharia Rural (Topografia e Sensoriamento Remoto). E-mails: [brunaxb@gmail.com](mailto:brunaxb@gmail.com), [zacariasxb@fca.unesp.br](mailto:zacariasxb@fca.unesp.br), [cardosolg@fca.unesp.br](mailto:cardosolg@fca.unesp.br), [rapollo@fca.unesp.br](mailto:rapollo@fca.unesp.br), [arilsonjr@outlook.com](mailto:arilsonjr@outlook.com)

de uso da terra como um aspecto indispensável para o Planejamento Físico Rural, pois é um dos melhores indicativos da propriedade do solo.

A análise de agrupamento não pressupõe a existência, em princípio, de grupos de elementos semelhantes. Os processos desta metodologia trabalham com um conjunto de variáveis separando-as em agrupamentos de unidades caracterizadas por diversos parâmetros reunindo-os em grupos homogêneos entre os elementos (CURI, 1982).

Segundo Sneath e Sokal (1973), a análise de agrupamento pode ser complementada com outras técnicas multivariadas dentre as quais a análise de componentes principais, cujo objetivo é tentar explicar a estrutura de variâncias e covariâncias das variáveis construindo, mediante processo matemático, um conjunto menor de combinações lineares das variáveis originais que preserve a maior parte da informação fornecida pelas variáveis originais.

Segundo Bueno et al. (2010), a aplicação de técnicas de análise multivariada de componentes principais, permitiram a classificação de áreas das unidades Nitossolos e Latossolos, em solo irrigado por pivô central, sendo que 98% dos parâmetros analisados encontraram correspondência com a análise de agrupamento. Corroborando com Campos et al. (2010), esta análise não mostrou-se eficiente na discriminação de unidades de solo quando utilizou-se variáveis dimensionais da rede de drenagem estudadas em bacias de terceira ordem de ramificação.

Para Barros et al. (2011), a Distância Euclidiana Média mostrou-se eficiente na discriminação de bacias hidrográficas para o mapeamento de unidades de solos.

A análise multivariada, segundo Campos & Pissarra (2014) foi determinante na discriminação dos solos: Neossolo Quartzarênico (RQ); Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA); Neossolo Litólico (RL); quando utilizadas as variáveis do relevo para amostras circulares indicando a seguinte ordem de importância: altitude mínima (Hm); altitude máxima (HM); altitude média (Hmd); amplitude altimétrica (H); comprimento mínimo de deflúvio (Cd); comprimento médio de vertente (CVm) e declividade média da amostra circular (I).

Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho é o agrupamento de bacias hidrográficas segundo graus de similaridades, por meio de análise multivariada (análise de agrupamento) em variáveis de ocupação do solo, e verificar se os grupos formados refletem, isoladamente, coerência com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Serviram de base para este estudo bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação que compõem a drenagem do rio Tiête no município de Botucatu-SP, localizada na frente da “cuesta” e Depressão Periférica, situadas entre as coordenadas 22° 33’ a 23°04’ de

Latitude S e 48°14’ a 48°32’ de Longitude W Gr, com altitudes variando de 600 a 850 metros.



**Figura 1** - Localização do município de Botucatu no Estado de São Paulo.

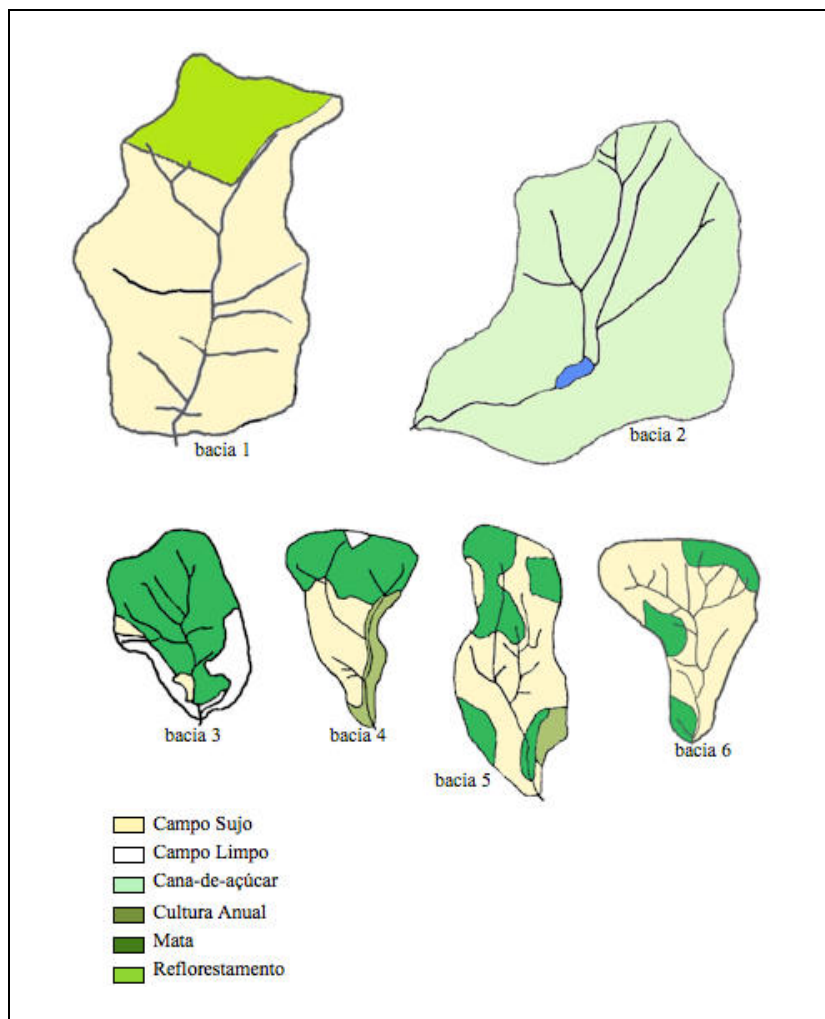
A região estudada, segundo Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA, 1999), apresenta as unidades de solo Latossolos Vermelhos distrófico (LVdf) e Neossolos Litólicos (RL), sendo a última predominante na área. A cobertura vegetal original desses solos apresenta-se pobre, com predomínio de campo cerrado. O clima, segundo o sistema Köppen, pode ser classificado como subtropical chuvoso do tipo Cfa.

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais coloridas pertencentes a cobertura aerofotogramétrica de 2005, na escala nominal aproximada 1:30000 juntamente com a ferramenta *Google Earth* para a melhor localização da área, apoio planimétrico e identificação da cobertura vegetal de cada bacia estudada. Utilizou-se também a Carta do Brasil, escala 1:50000, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1969), como base cartográfica, para efetuar as devidas correções de escala das imagens.

Com base nas fotografias aéreas e na carta planialtimétrica do IBGE, delimitou-se as bacias hidrográficas a serem estudadas, e realizou-se a fotointerpretação da ocupação do solo segundo unidades de ocorrência, Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, conforme a Figura 2, tais como: Mata, Reflorestamento, Cana de açúcar, Campo sujo, Campo limpo e Culturas anuais.

As áreas de ocupação de solo, em cada bacia, após devidamente identificadas e suas escalas corrigidas tendo como base a carta do IBGE, foram avaliadas utilizando-se do programa SPLAN - Sistema de Planimetria Digitalizada (SILVA et al., 1993).

A aplicação da análise de agrupamentos teve por finalidade detectar a melhor maneira de situar, em um mesmo grupo, bacias hidrográficas similares entre si para verificar se existem identidades entre esses grupos e as unidades de solos ocorrentes na região, tomando como base o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo de 1999, tomando como unidades operacionais a serem agrupadas as sete variáveis de ocupação do solo.



**Figura 2** - Ocupação do solo nas bacias hidrográficas estudadas, escala 1:50000.

Em termos gerais os processos classificatórios, dentre os quais a análise de Agrupamentos, são usados para localizar entidades em classes inicialmente indefinidas, de modo que as unidades da mesma classe sejam similares entre si em algum sentido definido pelo coeficiente de semelhança calculada com base nas variáveis.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocupação do solo, apresentada na Tabela 1, indica que o exame interpretativo das bacias estudadas permitiu constatar a existência de mata, reflorestamento, cana de

açúcar, campo sujo, campo limpo, culturas anuais e espelho d'água em forma de represa.

A presença da vegetação tipo mata e campo sujo, verificadas nas bacias 03, 04, 05 e 06, é consequência da localização destas, uma vez que as mesmas estão situadas na região denominada frente da "cuesta", valendo considerar que a totalidade destas bacias estão localizadas na Área de Proteção Ambiental (APA), conforme Decreto 20.956 de 03/06/1983.

**Tabela 1** - Ocupação do solo nas bacias hidrográficas estudadas, valores em hectares.

Bacias	Área (Km <sup>2</sup> )	I %	Mata	Refl.	C. sujo	C. limpo	Cult. anuais	Cana	Barragem
01	8,42	6,77		161,00	681,00				
02	8,87	7,66						811,96	75,04
03	2,25	24,26	171,00		4,99	49,01			
04	1,75	18,73	85,99		62,00		27,00		
05	2,81	18,22	99,98		180,01		1,01		
06	2,55	17,80	4,99		250,00				

O reflorestamento com 161,00 hectares, representando 19,12%, Tabela2, da área da bacia 01, reflete a importância desta cobertura vegetal para o município, que atualmente concorre frontalmente com o cultivo da cana de açúcar por espaço, a qual apresenta 811,96 ha, ou seja, 80,88% da área da bacia 02 conforme Tabelas 1 e 2, bacia esta que segundo o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo de 1999, está situada na transição entre as unidades de solo Latossolos Vermelhos distrófico (LVdf) e Neossolos Litólicos (RL).

As coberturas tipo culturas anuais apresentam valores poucos expressivos, 28,01 ha, Tabela1, fato perfeitamente justificado, uma vez que, quatro das seis bacias se localizam dentro da Área de Proteção Ambiental.

A partir da Tabela 1 elaborou-se a Tabela 2, cujos valores em hectares foram transformados em percentuais de ocupação por bacia, para que se pudesse agrupá-las usando-se como medida de semelhança a Distância Euclidiana Média.

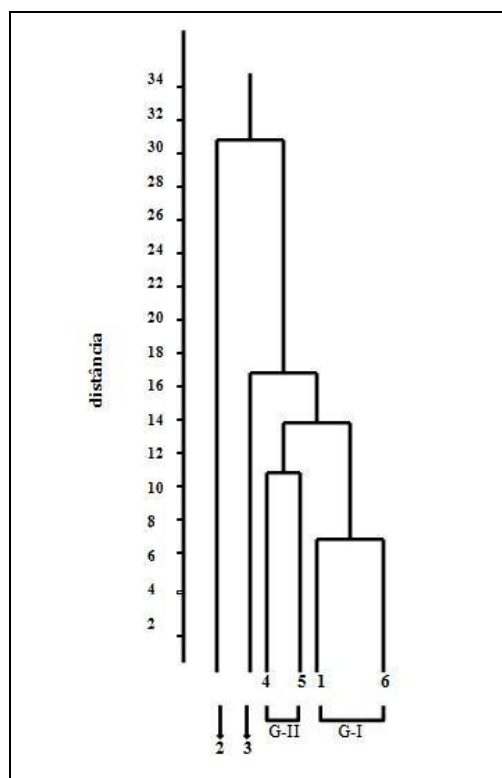
**Tabela 2 - Ocupação do solo nas bacias hidrográficas estudadas, valores em porcentagem.**

Bacias	Mata	Refl.	C. sujo	C. limpo	Cult.anuais	Cana	Barragem
01		19,12	80,88				
02						91,54	8,46
03	76,00		2,22	21,78			
04	49,14		35,43		15,43		
05	35,58		64,06		0,36		
06	1,96		98,04				

Analisando a Tabela 2, pode-se constatar que a bacia 06 apresenta o menor valor percentual de ocupação por matas, fato este verificado devido ao desmatamento sem controle no intuito de abrir espaço para as pastagens que após a criação da APA estas pastagens foram abandonadas e iniciou-se uma lenta recuperação da área

em forma de campo sujo, conforme a Tabela 2, com 98,04% desta ocupação.

O fenograma representativo da ocupação do solo, Figura 3, apresenta dois agrupamentos principais (G-I e G-II) e duas bacias isoladas a de número 02 e 03.



**Figura 3 - Fenograma ilustrativo das inter-relações das 06 bacias hidrográficas, utilizando-se a distância Euclidiana Média.**

O não agrupamento das bacias 02 e 03 é consequência da desigual ocupação de suas áreas: na bacia 02 quase a totalidade (91,54%) da área é ocupada por cana de açúcar enquanto que na bacia 03 cerca de 76% da área é coberta por mata.

O grupo I, Figura 2, formado pelas bacias 06 e 01, mostra uma ocupação de campo sujo que varia de 81,88% a 98,04%—, um exame conjunto do Mapa Pedológico e do fenograma indica que estas bacias estão localizadas em unidades de solo distintas. A bacia 01 esta na região denominada Depressão Periférica e a bacia 06 na região denominada frente da “cuesta”, portanto não poderiam pertencer ao mesmo grupo para definir unidade de solo semelhante. Quanto ao agrupamento levando-se em consideração os altos valores percentuais da vegetação, tipo campo sujo, o resultado é pertinente.

O grupo II, Figura 2, composto pelas bacias 04 e 05 com ocupações dos tipos campo sujo e matas em proporções muito próximas, situou estas bacias na região da “cuesta”, onde segundo o Mapa Pedológico predominam os solos rasos.

Em regiões onde a ação antrópica se fez presente, a ocupação nem sempre refletiu a fertilidade destes solos. A bacia 03, com 100% de sua área agricultável ocupada pela cultura canavieira, Tabela 2, ilustra perfeitamente as considerações efetuadas no parágrafo anterior, onde duas unidades distintas de solo são cultivadas com a mesma monocultura.

Apesar de um dos objetivos deste trabalho ter sido buscar a correspondência entre a ocupação e os solos ocorrentes na área de estudo e ter-se verificado que a ocupação muito mais dependente de outros fatores pode considerar que o grupo II refletiu a ocupação predominante, assim como diferenciaram as bacias 02 e 03 que se apresentaram praticamente cobertas por uma única cobertura vegetal, campo sujo e cana-de-açúcar respectivamente. Essas considerações indicam que a utilização da distância Euclideana Média como medida de semelhança, quando se deseja estabelecer a distribuição de bacias, segundo grau de maiores similaridades na ocupação de solos, mostrou-se coerente

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que as variáveis da ocupação do solo nem sempre refletem a fertilidade dos solos nos quais estão inseridos e que a Distância Euclidiana Média, aplicada à ocupação do solo, agrupou bacias com predomínio das coberturas vegetais campo sujo e cana-de-açúcar.

#### 5 REFERÊNCIAS

BARROS, B. S. 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*, Botucatu, v.16, n.3, p.351-359, 2011.

BUENO, C. R. P.; ARRAES, C. L.; PEREIRA, G. T.; CORÁ, J. E.; CAMPOS, S. Análise multivariada na determinação do risco de erosão em solos sob irrigação. *Irriga*, Botucatu, v. 15, n-1, p. 23-35, janeiro-março 2010.

CAMPOS, S. PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; BARROS, Z. X.; RIBEIRO, F. L. Análise multivariada de microbacias em relação ao tipo de solo. *Irriga*, Botucatu, v. 15, n-2, p. 208-216, abril-junho 2010.

CAMPOS, S. PISSARRA, T. C. T. Agrupamentos de amostras circulares em função das unidades de solo. *Irriga*, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 174-185, abril- junho 2014.

CRUZ, O. **Alguns conhecimentos básicos para fotointerpretação**. Aerofotogrametria. São Paulo, v.25, n-2, p.1-13,1981.

CURI, P. R. Análise de agrupamento: métodos seqüências, aglomerativos e hierárquicos. *Ciência e Cultura*. São Paulo, v.35, n-10, p.1416-29, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas do Brasil**. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de Botucatu-SP, Rio de Janeiro,1969.

ROCHA, J. S. M. **Fotografias aéreas aplicadas ao planejamento físico rural**. Santa Maria, 1978. 51p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade federal de Santa Maria.

SILVA, C. M.; CATANEO, A.; CARDOSO, L. G. Sistema de planimetria digitalizada. In: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES, Botucatu, 18, 1993. *Anais...* Botucatu - SP, 1993, p.109.

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

SPURR, S. H. **Photogrammetry and photointerpretation**. New York: Ronald Press, 1960. 472p.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas, Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999, 64p: mapa.