



Análise multivariada no estudo de atributos químicos de solos de pequenas propriedades rurais do Vale do Ribeira, SP.

Camila Aparecida Nunes^(2*); Leandro José Grava de Godoy⁽³⁾; Luiz Carlos Ferreira de Almeida⁽³⁾; Lorenzo Gomes Mascetra⁽²⁾; João Paulo Martins Carmo⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da PROEX (Pró-reitoria de Extensão Universitária)

⁽²⁾ Estudante; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus Experimental de Registro; nunesca@live.com; ⁽³⁾ Professor; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus Experimental de Registro.

RESUMO: O Projeto “FERTBIKE – Pedalando e Divulgando a Fertilidade do Solo” foi desenvolvido em 2013, com o intuito de levar ao pequeno produtor, a importância da avaliação da fertilidade do solo e real utilização do laudo da recomendação de calagem e adubação. Objetivou-se com este estudo, avaliar os atributos do solo na região do Vale do Ribeira, SP, por meio dos métodos de estatística multivariada. Utilizando-se o software IBM® SPSS Statistics, realizou-se a análise dos componentes principais, tendo como variáveis 13 atributos (pH, M.O, P res., H+Al, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B) de 60 amostras de solo. Utilizando o critério de Kaiser, foram extraídos apenas fatores com autovalores maiores que um, a partir desses valores foram construídos autovetores, sendo retidas somente as variáveis com correlações maiores do que | 0,60 |. Os valores das coordenadas das observações nos eixos fatoriais foram obtidos com o objetivo da realização de análise de agrupamento. Foram extraídos os cinco fatores, com autovalores superiores a um, que explicam 76,6% da variabilidade entre os atributos químicos do solo. Atributos como K, S e Fe não apresentaram valores significativos para a formação de grupos. Os resultados da análise permitiram formar oito grupos distintos entre si. A análise estatística multivariada possibilitou agrupar as amostras de acordo com os atributos do solo.

Termos de indexação: Amostragem de Solo, cluster analysis, componentes principais.

INTRODUÇÃO

O Vale do Ribeira, localizado no Sul do Estado de São Paulo e Nordeste do Estado do Paraná, apresenta os maiores remanescentes de Mata Atlântica existentes no país. Possui uma vasta extensão territorial, onde se cultiva principalmente banana, pupunha e plantas ornamentais. O clima da região é quente e úmido, apresentando relevo montanhoso. Os principais solos da região são: Cambissolo Háplico, Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Gleissolo e Organossolo.

O Projeto “FERTBIKE – Pedalando e Divulgando a Fertilidade do Solo” foi desenvolvido em 2013, pela UNESP – Campus Experimental de Registro e PROEX (Pró-reitoria de Extensão Universitária), com o intuito de levar ao pequeno produtor, a importância da avaliação da fertilidade do solo e real utilização do laudo da recomendação de calagem e adubação, bem como de incentivar os discentes do Campus Experimental de Registro – UNESP – a praticarem atividades físicas, tendo como veículo a bicicleta.

Os pequenos produtores, devido à falta de informação, não possuem conhecimento da importância de avaliar a fertilidade do solo, e na maioria das vezes, acabam não realizando esta prática. No entanto, graças ao projeto, são atendidos gratuitamente pelos agentes FERTBIKE, que além de ensinarem o modo correto de realizar a amostragem de solo, ao final, entregam aos produtores o “Manual Ilustrado de Amostragem de Solo (2013)”, que servirá como um guia, para que o produtor seja capaz de realizar futuras amostragens por conta própria.

O Projeto “FERTBIKE” encontra-se em andamento, onde novas amostragens estão sendo realizadas e os laudos para recomendação de calagem e adubação referente a estas amostragens, estão sendo entregues aos produtores.

Atualmente, as áreas do conhecimento relacionadas à fertilidade do solo ganham importância cada vez maior, pois os fertilizantes contribuem com um elevado peso no custo de produção e a eficiência agrônômica das adubações raramente é alta (SILVA BUENO; LEMOS, 2006).

Através do levantamento da fertilidade do solo podem-se determinar as correções necessárias antes da implantação das culturas, visando à exploração racional do solo (FERNANDES, 1991 *apud* GODOY et al., 2009).

Objetivou-se com este estudo, avaliar os atributos químicos de solos de pequenas propriedades rurais, na região do Vale do Ribeira, SP, por meio dos métodos de análise multivariada.



MATERIAL E MÉTODOS

Onde encontrar os produtores?

Procurou-se órgãos como: Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e Associação dos Bananicultores do Vale do Ribeira (ABAVAR), no entanto, nenhum desses órgãos possuía acervo cadastral de produtores.

Posteriormente, elaborou-se um questionário onde se buscou levantar dados relevantes sobre os produtores. O questionário foi, por meio do Sindicato dos Trabalhadores Rurais, anunciado na rádio local, informando que os produtores interessados poderiam se dirigir à sede do Sindicato para preenchê-lo, contudo, a procura pelos produtores foi abaixo do esperado.

Assim, com o auxílio do software Google Earth, estabelecer rotas que abrangessem propriedades rurais próximas entre si, para que, em um dia, o maior número de produtores pudessem ser atendidos.

Além disso, foi estabelecida uma parceria com a Cooperativa Solidária de Eldorado, SP (COOPERSOL), onde os agentes FERTBIKE deram uma palestra a pequenos produtores, sobre a importância da realização da amostragem do solo para fins de fertilidade e posteriormente, coletaram amostras nas propriedades rurais.

Amostragem de Solo

Utilizando um trado holandês acoplado a bicicleta, os agentes FERTBIKE se dirigiam às propriedades rurais de produtores de banana, pupunha, plantas ornamentais e hortaliças, para a coleta das amostras de solo, que foram realizadas conforme os procedimentos descritos por Raij (2011), no período de setembro de 2013 a dezembro de 2014. Foram coletados 10 pontos por talhão, na camada de 0-20 cm de profundidade.

As amostras foram secas em estufa a 45 °C e enviadas ao laboratório de fertilidade solo para análise de pH (em CaCl_2), matéria orgânica, H e Al, Ca, Mg, K, P, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn segundo Raij et al. (2001).

Análise estatística

Com o auxílio do software IBM® SPSS Statistics (v.13 para Windows), realizou-se a análise dos componentes principais, tendo como variáveis 13 atributos (pH, M.O, P resina, H+Al, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B) de 60 amostras de solo, sendo 28 do Município de Registro, 20 de Eldorado, 11 de Pariquera-Açu e uma amostra de Sete Barras.

Utilizando o critério de Kaiser (HAIR et al., 2005), foram extraídos apenas fatores com autovalores

maiores que um, obtidos da matriz de covariância dos dados originais. A partir dos autovalores maiores que um, foram construídos autovetores, denominados de componentes principais, sendo retidas somente as variáveis com correlações maiores do que | 0,60 |. Os valores das coordenadas das observações nos eixos fatoriais foram obtidos com o objetivo da realização de análise de agrupamento, conforme descrito por Ferran-Aranaz (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram extraídos os cinco fatores (**Tabela 1**), com autovalores superior a um, que explicam 76,6% da variabilidade entre os atributos químicos do solo, sendo 30,7% para o fator 1; 15,9% para o fator 2; 13,1% para o fator 3; 8,6% para o fator 4 e 8,2% para o fator 5. Assim analisando o primeiro componente principal (fator 1) (**Tabela 2**) em termos de contribuição, verificou-se que pH (0,931), Mg (0,897), Ca (0,858), H+Al (-0,759) foram as variáveis que mais contribuíram para a definição. Para o segundo componente principal (fator 2), Zn (0,834) e Cu (0,791). Para o fator 3, Matéria Orgânica (0,963). Para o fator 4, B (0,743) e P resina (0,682). Fator 5, a variável de maior influencia foi Mn (0,973).

Atributos químicos importantes para a fertilidade do solo, como K, S e Fe não apresentaram valores significativos para a formação de grupos. O teor médio de K foi de 1,9 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, S foi de 14 mg dm^{-3} e Fe 85 mg dm^{-3} . Segundo o Boletim 100 (1997), a classificação dos teores é respectivamente, médio, alto e muito alto. Para o K, isto pode ser justificado devido à ciclagem deste nutriente no solo, vindo da cultura da bananeira; já o alto teor de S provém da matéria orgânica, uma vez que este elemento é pouco aplicado através da adubação. O teor de Fe muito alto pode ser explicado pelo material de origem dos solos analisados, pois os produtores não aplicam adubos contendo este micronutriente, além de ambiente redutor devido às chuvas e solos mais argilosos e siltosos com baixa infiltração.

Os resultados da análise permitiram formar oito grupos distintos entre si (**Tabela 1**), onde o grupo 1 é composto por uma amostra na cultura da pupunha, única do município de Sete Barras, caracterizada pelo elevado teor de Zn, o que pode ser explicado pela baixa altitude e proximidade da propriedade com o Rio Ribeira de Iguape, podendo sofrer enchentes no período de alta intensidade pluviométrica, trazendo consigo resíduos de mineração, como Zn; grupo 2 – composto por três amostras de solo do município de Eldorado nas culturas da bananeira, pupunha e hortaliças, no qual apresentaram altos teores de Mn, devido o material



que deu origem ao solo, uma vez que o manejo para as culturas é diferenciado e também pelo ambiente redutor, além de apresentar os menores índices de P resina acarretado pelo baixo pH e falta de adubação ou uso de doses insuficientes de P; grupo 3 – formado por três amostras de solo do município de Registro, realizadas nas culturas da bananeira, hortaliças e plantas ornamentais, sendo diferenciado dos demais por apresentar teores altos de Ca, P resina, Cu, Zn e Mn, o que pode ser explicado pela calagem e aplicações sucessivas de fósforo, além da adubação orgânica que produtores de hortaliças e plantas ornamentais realizam; grupo 4 – formado por duas amostras de solo na cultura da bananeira nos municípios de Registro e Eldorado, é caracterizado pelo maior índice de matéria orgânica, o que pode ser fundamentado pelo acúmulo de biomassa sobre o solo, pela cultura da bananeira. Constituído por duas amostras de solo em hortaliças no município de Registro, o grupo 5 foi caracterizado por apresentar índice elevado de M.O acarretado pelo uso de adubos orgânicos por estes produtores, o que justifica o alto teor de B e alta acidez potencial. O grupo 6 foi formado por uma única amostra de solo em pousio no município de Registro, onde apresentou altos índices dos atributos analisados, devido ao alto valor de pH, o que proporciona maior disponibilidade dos nutrientes no solo. Caracterizado pelos menores índices dos atributos avaliados, o grupo 7 foi composto de uma única amostra de solo da cultura da pupunha no município de Registro, no entanto, embora o baixo índice de pH, apresentou teor de P resina elevado, explicado pelo fato de que o produtor havia acabado de realizar, em sua propriedade, a adubação fosfatada. Composto por 47 amostras de solo, o grupo 8 não apresentou nenhuma contribuição específica de algum fator para a formação de outros grupos, sendo caracterizado, de acordo com o Raij et al. (1997) como solos de acidez alta, saturação por bases média, CTC média-alta, teores de Ca, Mg, S, Fe e Cu altos e MO, K, P, B, Mn, com teores médios, o qual reflete a fertilidade de solos na maioria das pequenas propriedades amostradas.

Devido a alta CTC dos solos (**Tabela 3**) em muitas propriedades, o teor de Ca e Mg (bases) pode ser considerado alto, entretanto o pH é baixo, pois muitos produtores não realizam a correção do solo, e nestas condições, a acidez potencial ainda é alta e as bases ocupam não mais do que 50% das cargas na maioria dos casos, não atendendo assim, a necessidade das culturas (Banana V%= 60; pupunha V%=50; plantas ornamentais V%= 40-80; hortaliças V%= 70-80).

CONCLUSÕES

A análise estatística multivariada por meio de análise de componentes principais e de agrupamento possibilitou formar grupos de acordo com os atributos do solo, o que pode auxiliar na tomada de decisões referente à fertilidade do solo e manejo da adubação nesta região.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu – UNESP, ao Sindicato Rural de Juquiá e ao Ciclo Ribeira, pela doação das bicicletas.

REFERÊNCIAS

a. Periódicos:

SILVA BUENO, A.C.; LEMOS, C.A.S. Levantamento da Fertilidade do Solo cultivado com Arroz Irrigado no município do Uruguaiana. **Revista da FZVA**, v.13, n.1, p. 41-51. 2006

b. Livro:

FERRÁN ARANAZ, MAGDALENA. SSPS para Windows: **Análisis estadístico**. Madrid: Mc Graw-Hill, 2001.

GODOY, L.J.G.; SOUZA, C.A.N.; CARMO, J.P.; MASCETRA, L.G. **Manual Ilustrado de Amostragem de Solo**: “Fertbike pedalando e divulgando a fertilidade do solo”. Registro: Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2013. 24p.

HAIR, J. F.; ANDERSON, et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre, 2005

RAIJ, B. **Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes. Piracicaba**. Internecional Plant Nutricional Institute, 2011, 420 p.

RAIJ, B., ANDRADE, J.C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC/FUNDAG, 2001, 285p.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A; FURLANI, A.M.G. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas, Instituto Agrônomico/ Fundação IAC, 1997, p.9-12. (Boletim 100).

c. Capítulo de livro:

GODOY, L.J.G. et al. **Fertilidade do Solo em Bananas do Vale do Ribeira** In: GODOY, L.J.G, GOMES, J.M, ed. Tópicos sobre Nutrição e Adubação da Cultura da Banana. FEPAF: Botucatu, SP, 2009. p. 122-142.

Tabela 1 - Médias dos atributos químicos do solo em função dos grupos formados pela Análise Multivariada (Vale do Ribeira, SP, 2015).

F	Atributos	Grupos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	pH	4,6	4,6	6,0	4,8	4,6	6,1	3,6	4,6
	Ca	31	20,4	81,8	27,5	53,4	89	9	24,1
	Mg	11	9,7	19,8	12,3	20,2	35	2	9,6
	H+Al	55	41	19,4	77,1	104,9	14	129	54,6
2	Cu	2,8	3,1	4,0	2,9	1,6	0,3	0,3	1
	Zn	13,6	0,5	8,4	1,7	1,2	0,2	0,7	1
3	M.O	32	22,5	22,1	65,7	58,5	19	21	21,7
4	P resina	55	8,8	228,2	17,7	33	179	168	18,7
	B	0,47	0,3	0,5	0,4	0,7	0,37	0,46	0,3
5	Mn	4,5	92,6	8,8	6,9	2,4	1,4	0,3	4,3

F: fator da componente principal; pH: CaCl; M.O: g dm^{-3} ; P res: mg dm^{-3} ; H+Al, Ca, Mg: $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; Cu, Zn, B, Mn: mg dm^{-3}

Tabela 2 - Contribuição das variáveis para a formação dos componentes principais (Vale do Ribeira, SP, 2015).

Atributos	Fator				
	1	2	3	4	5
pH	,931	,228	-,099	-,003	,000
M.O	-,017	,065	,963	,064	-,008
P resina	,399	,393	-,246	,682	-,061
H+Al	-,759	-,147	,417	,290	-,134
K	,198	,087	-,004	,085	-,023
Ca	,858	,177	,075	,358	-,033
Mg	,897	-,092	,173	,172	-,003
S	,025	,008	,034	,089	-,003
B	,004	,151	,449	,743	-,071
Cu	,156	,791	,136	,010	,461
Fe	,010	-,085	-,025	-,063	-,072
Mn	,004	,053	-,041	-,074	,973
Zn	,145	,834	,005	,324	-,159

Tabela 3 - Médias de atributos que não entraram na análise, mas que contribuem para a explicação dos grupos (Vale do Ribeira, SP, 2015).

	Grupos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
CTC	100	73	132	119	180	140	121	93
V%	45	42	86	35	41	90	13	40

CTC: $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$