

INFLUÊNCIA DO MANEJO SOBRE A VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SOLO DE CERRADO SOB CAFEICULTURA. II. FÓSFORO, POTÁSSIO, ENXOFRE E MATÉRIA ORGÂNICA

SILVA, C.A.¹; BORGES, E.N.²; PASSOS, R.R.³; GUIMARÃES, E.C.⁴; GONTIJO, I.⁵; NETTO, J.V. P.⁶ e GUIMARÃES, P.T.G.⁷

Trabalho financiado pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ-CBP&D/Café.

¹ Aluno de Graduação do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG, <silva@alunos.ufu.br>; ² Professor do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG; ³ Professor do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG; ⁴ Professor do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG; ⁵ Bolsista FUNAPE/CBP&D/Café, ⁶ Aluno de Graduação do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG; ⁷ Pesquisador da EPAMIG/CTSM Lavras-MG.

RESUMO: Este trabalho objetivou aplicar a metodologia geoestatística para avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos (P, K, S e matéria orgânica) em solo de cerrado, atualmente cultivado com café, sob dois sistemas de manejo, visando observar a necessidade de adoção de novos procedimentos de amostragem e indicar práticas de manejo que possibilitem aumento de produtividade. Para isso, foram demarcadas na Fazenda Experimental da EPAMIG, Patrocínio -MG, duas malhas amostrais de 45 x 55 m, contendo cada uma 45 pontos, uma com manejo de controle de plantas daninhas com herbicida de contato e a outra com gradagens intensivas nas entrelinhas. Os pontos de amostragem foram georreferenciados com o uso do GPS e corresponderam às regiões do meio da rua, saia do cafeeiro e rodada do trator, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Nestes pontos foram coletadas amostras para análises químicas de fósforo, potássio, enxofre e matéria orgânica. Os resultados foram submetidos à análise geoestatística, obtendo-se os modelos de variabilidade espacial dos atributos do solo, para o mapeamento dos atributos químicos estudados. A utilização da geoestatística e o mapeamento das variáveis estudadas revelaram-se importantes ferramentas para tomada de decisões em sistemas de uso do solo com a cultura do café, visando sobretudo a sustentabilidade do ecossistema. Os sistemas de manejo induziram respostas diferenciadas na variabilidade espacial dos atributos químicos estudados. O planejamento da amostragem de solo para análises, interpretação dos dados de laboratório e correção da adubação para a cultura cafeeira em questão deve ser reavaliado, em termos quantitativos e qualitativos.

Palavras-chave: cafeicultura, variabilidade espacial, manejo, fertilidade do solo e nutrição de plantas.

EFFECT OF CROP MANAGEMENT ON SPATIAL VARIABILITY OF SOIL CHEMICAL

ATTRIBUTES. II P, K, S AND ORGANIC MATTER

ABSTRACT: In the hedge areas cultivated with coffee for a long time it's usual the occurrence of soil chemical problems that interfere directly in the growth and the productive capacity of plants. This work objective was to apply the geostatistic methodology to evaluate the spatial variability of chemical attributes (phosphorus, potassium, sulfur and organic matter) in hedge soil, now cultivated with coffee, under two management system, seeking observe the necessity of new samplers proceeding adaption and indicate management practices that allow increase of productivity. For this were demarcated in EPAMIG'S experimental farm, Patrocínio/MG, two meshes of 45x55 m, that contains each 45 points, one with the management of damaging herb control with contact, herbicide and other with intensive railing in the interlineation. The experimentation area presents light wavy topography and the soil is Red Yellow Latosol (Oxisol) The coffee (*Coffea arabica*) cultivated is new word (376/19) with 13 year old, planted in the spacement of 3,5x1,0 m (a plant for hole). The points of sampler were georeferenced with GPS and corresponds to regions of street middle canopy projection and tractor wheel marking, in the profundity of 0-20 and 20-40 cm. In this points were collected samples for chemical analyses of: phosphorus, potassium, sulphur and organic matter. The results were submit to geostatistics analysis, obtaining models of space variability of the attributes of soil by semivariogram, and the realization of the estimation kriging, for the listing of the studied chemical attributes. The utilization of geostatistic and the listing of the variable studied reveal important instrument gather decision in soil use system with the culture of coffee, seeking overall the maintenance of the ecosystem. The management system induces different answers in the spatial variability of the studied chemical attributes. The projection of soil sampler for analysis, interpretation of the laboratorial dates and the fertilization correction for the coffee planting, must be reevaluate, in qualitative and quantitative terms.

Key words: coffee plantation, spatial variability, management, soil fertility and plant nutrition.

INTRODUÇÃO

O café foi e ainda é o mais importante produto agrícola de exportação do Brasil, gerando riquezas e divisas para o país. Além disso, o café tem grande função social, pois apresenta grande relevância, traduzida pelo seu papel no mercado como gerador de emprego e como fator de fixação de mão-de-obra no meio rural. Minas Gerais é o Estado brasileiro com maior produção anual e maior área cultivada,

totalizando aproximadamente 46% do total cultivado no Brasil. Essa área significativa em Minas Gerais deve-se à introdução da cafeicultura no cerrado, onde têm-se registrado excelentes produtividades.

Nas áreas de cerrado cultivadas há mais tempo com café, é comum a ocorrência de problemas químicos de solo que interferem diretamente no desenvolvimento e na capacidade produtiva das plantas. Uma amostragem simples ao acaso nem sempre é a forma mais eficiente de estimar os parâmetros relacionados aos solos, o que se deve ao fato de a maioria das propriedades possuir, além da variabilidade casual (intemperismo diferencial pontual, erosão e adição diferencial, fatores biológicos, erros analíticos e de amostragem, etc.), também variabilidade espacial (sistemática), que pode ser explicada em função da paisagem, dos aspectos geomorfológicos, dos fatores de formação e do próprio uso e manejo do solo. A ferramenta estatística que vem despontando como alternativa e propondo um método de investigação da dependência espacial e/ou temporal de atributos do solo é a Geoestatística.

O objetivo deste trabalho foi aplicar a metodologia geoestatística para avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos (P, K, S e matéria orgânica) em solo de cerrado, atualmente cultivado com café, sob dois sistemas de manejo, visando observar a necessidade de adoção de novos procedimentos de amostragem e indicar práticas de manejo que possibilitem aumento de produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento está sendo conduzido em área da Fazenda Experimental da EPAMIG em Patrocínio/MG, localizada na região do Alto Paranaíba (Microrregião 171), com latitude de 18° 57'00"S, longitude de 47° 00'00"W de Greenwich e altitude de 934 metros. A temperatura média anual está entre 20 e 22° C e a precipitação pluviométrica média anual é de 1.372 mm, com períodos de seca e de chuva bem definidos, sendo novembro o mês de maior precipitação (423,6 mm) e junho o de menor precipitação (0,2 mm).

A área do experimento apresenta topografia leve ondulada e o solo é um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura argilosa. O café (*Coffea arabica*) cultivado foi o Mundo Novo (376/19) com 13 anos de idade, plantado no espaçamento de 3,5 x 1,0 m (uma planta por cova). O manejo de adubação consistiu na aplicação de 400 g de calcário dolomítico, 100 g de gesso agrícola e 100 g de superfosfato simples por metro linear/ano. A adubação de manutenção consistiu na aplicação no solo de 150 g de sulfato de amônio/metro linear/ano e na pulverização foliar de 0,8% Zn, 0,4% B, 0,8% Cu, 1% Mg, 1% MAP e 0,25% K.

Foram selecionadas e demarcadas duas malhas de 45 x 55 m, contendo cada uma 45 pontos equidistantes de 5 x 10 m, os quais foram georreferenciados com o uso do GPS (sistema de posicionamento global). Nestas malhas foram implantados os tratamentos de manejo das plantas daninhas: controle de plantas daninhas com herbicida de contato e controle de plantas daninhas com gradagens. Os pontos de amostragem corresponderam às regiões do meio da rua, saia do café e rodada do trator, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Nestes pontos foram realizadas as coletas para análises químicas de fósforo disponível, por colorimetria, após extração com extrator Mehlich-1; potássio trocável, por fotometria de chama, após extração com extrator Mehlich-1; enxofre, pelo método do $BaCl_2$ em pó; e matéria orgânica do solo, por oxidação da matéria orgânica, via úmida, utilizando-se solução de dicromato de potássio em meio ácido, conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997).

Os resultados das análises químicas foram submetidos à análise geoestatística, com o objetivo de se definir o modelo de variabilidade espacial dos atributos do solo envolvidos neste estudo, obtendo-se assim os semivariogramas e a realização de estimativas em locais não-amostrados, utilizando a krigagem, para o mapeamento desses atributos químicos. Compararam-se também as médias destes atributos, para os diferentes sistemas de manejo e regiões do cafeeiro, utilizando-se o teste t de Student a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os teores de potássio do solo, optou-se pelo ajuste do semivariograma com efeito pepita puro (Tabela 1, Figura 1). Este modelo indica uma tendência geral de independência espacial para distâncias maiores ou iguais a 5 m, independentemente do manejo e da profundidade. Neste caso, é possível inferir que toda variabilidade deste elemento foi ao acaso, ajustando assim os estudos, a interpretação de resultados para fins de recomendações de adubações e calagens, bem como as técnicas de amostragens, às situações classicamente adotadas.

Os teores de fósforo e enxofre do solo, para o manejo com herbicida, na profundidade de 20-40 cm apresentaram dependência espacial, com alcance de 13 e 9 m, respectivamente, mostrados pelo modelo exponencial de semivariograma (Tabela 1, Figura 2). Para a profundidade de 0-20 cm, o modelo ajustado para o fósforo foi o linear sem patamar (Tabela 1, Figura 3), representando um fenômeno de infinita capacidade de dispersão. Neste caso, o campo de amostragem não foi suficientemente grande para detectar o alcance da dependência para esse atributo. Já os teores de matéria orgânica, para o manejo com herbicida e profundidade de 0-20 cm, foram independentes para distâncias iguais ou superiores a 5 m, enquanto para

a profundidade de 20-40 cm houve dependência espacial com alcance de aproximadamente 12 m e o modelo ajustado foi o esférico (Tabela 1, Figura 4).

Quando se utilizou grade no controle de plantas daninhas, à exceção da matéria orgânica, os atributos apresentaram independência espacial para distâncias maiores ou iguais a 5 m, com ajuste do modelo pepita puro (Tabela 1). Para a matéria orgânica, seus teores foram dependentes até o alcance próximo de 16 m na profundidade de 0-20 cm, com ajuste de semivariograma pelo modelo exponencial (Tabela 1). Para a profundidade de 20-40 cm, também houve dependência espacial dos teores de matéria orgânica, porém com ajuste do modelo linear sem patamar.

Os resultados obtidos revelam a necessidade de inclusão de dependência para os teores de fósforo, enxofre e matéria orgânica nas estimativas realizadas na área de manejo com herbicida. Contudo, no manejo com grade, a inclusão da dependência se faz necessária somente para os teores de matéria orgânica.

Tabela 1 - Coeficientes das funções dos semivariogramas teóricos e médias dos teores de fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), em mg kg⁻¹, e matéria orgânica (MO), em dag kg⁻¹, para os dois sistemas de manejo e profundidades

Manejo	Atributo	Modelo	Co	C	a	b	Média
Profundidade 0-20 cm							
Herbicida	Fósforo	LSP	0,4470	-----	-----	0,009	0,95
	Potássio	EPP	4564,85	-----	-----	-----	179
	Enxofre	EPP	7838,44	-----	-----	-----	89
	Matéria Orgânica	EPP	0,1439	-----	-----	-----	4,15
Grade	Fósforo	EPP	0,2226	-----	-----	-----	0,43
	Potássio	EPP	956,67	-----	-----	-----	149
	Enxofre	EPP	4563,3	-----	-----	-----	67
	Matéria Orgânica	EXP	0,0129	0,0617	15,84	-----	4,04
Profundidade 20-40 cm							
Herbicida	Fósforo	EXP	0,0060	0,0201	13,38	-----	0,14
	Potássio	EPP	2503,8	-----	-----	-----	111
	Enxofre	EXP	1510,0	5179,0	9,21	-----	126
	Matéria Orgânica	ESF	0,0002	0,1022	11,67	-----	3,92
Grade	Fósforo	EPP	0,1229	-----	-----	-----	0,35
	Potássio	EPP	1189,0	-----	-----	-----	109
	Enxofre	EPP	5059,1	-----	-----	-----	89
	Matéria Orgânica	LSP	0,0079	-----	-----	0,002	3,86

Co – efeito pepita; Co +C – patamar; a – alcance (m); b - coeficiente angular. EPP – efeito pepita puro; LSP – modelo linear sem patamar; ESF – modelo esférico; e EXP-modelo exponencial.

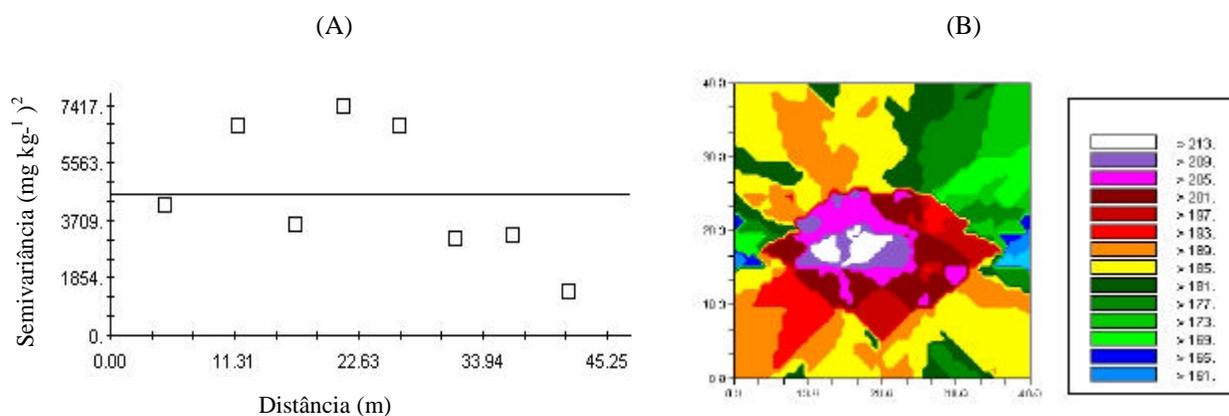


Figura 1 - Semivariograma (A) e mapa (B) do teor de potássio do solo (mg kg⁻¹) no sistema de manejo com herbicida e profundidade de 0-20 cm.

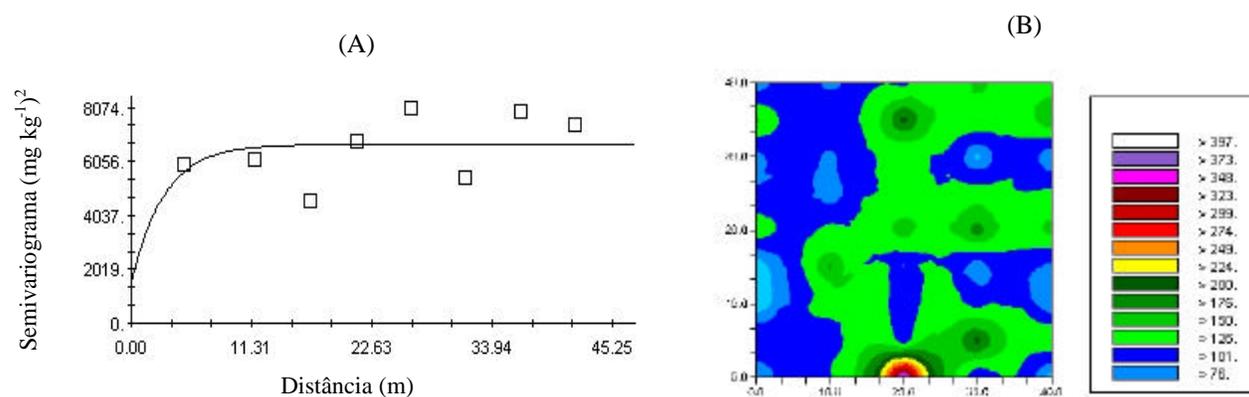


Figura 2 - Semivariograma (A) e mapa (B) do teor de enxofre do solo (mg kg⁻¹) no sistema de manejo com herbicida e profundidade de 20-40 cm.

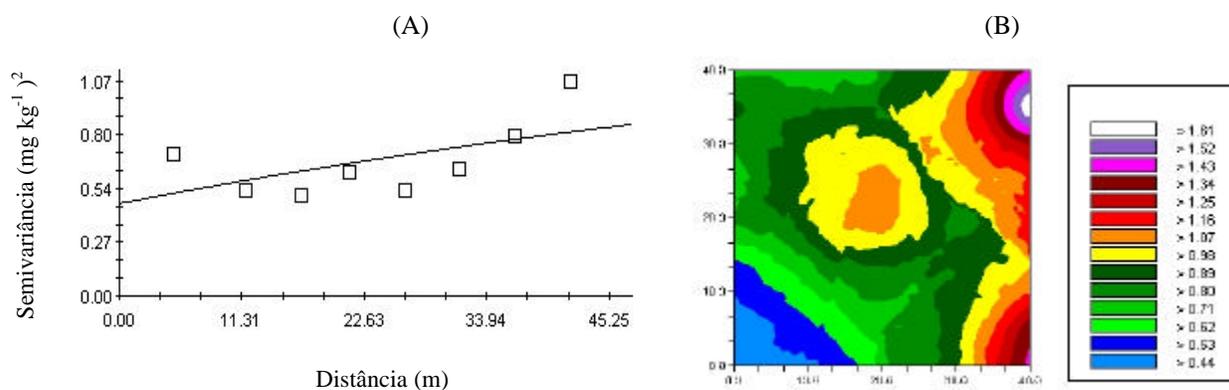


Figura 3 - Semivariograma (A) e mapa (B) do teor de fósforo do solo (mg kg⁻¹) no sistema de manejo com herbicida e profundidade de 0-20 cm.

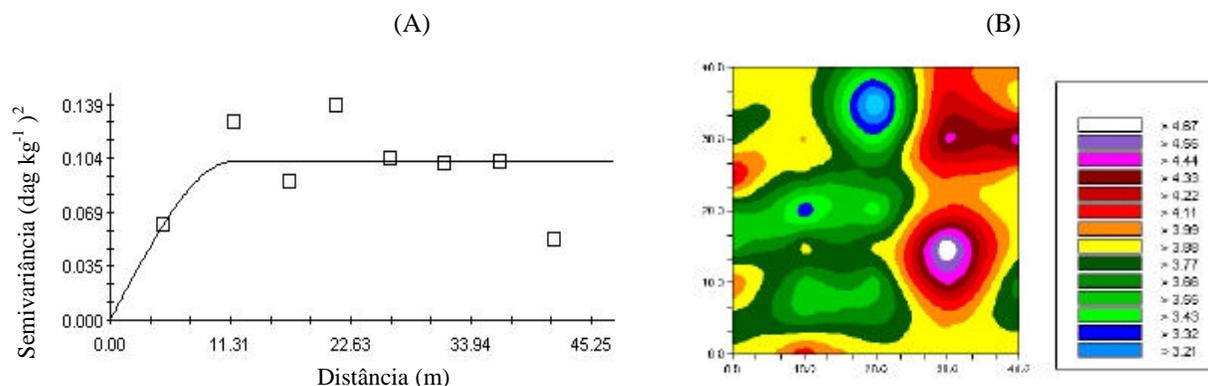


Figura 4 - Semiovariograma (A) e mapa (B) do teor de matéria orgânica do solo (dag kg^{-1}) no sistema de manejo com herbicida e profundidade de 20-40 cm.

Comparando os valores de fósforo, potássio, enxofre e matéria orgânica de amostras de solo em diferentes regiões do cafeeiro, verificam-se, com relação ao fósforo, teores superiores na região da saia do cafeeiro no manejo com grade (Tabela 2). Entretanto, independentemente de sistema de manejo, região do cafeeiro e profundidade, esses valores estão bem abaixo do nível crítico considerado para este solo, ou seja, 9 mg dm^{-3} de P (MARTINEZ et al., 2000). Isso indica que o solo encontra-se exaurido neste elemento e que a adubação química de cobertura do cafeeiro tem sido deficiente para atender a demanda da cultura, comprometendo assim a produtividade desta. Por sua vez, contrariamente, os teores de potássio, independentemente do manejo, estão acima do nível crítico considerado adequado para a cultura do café na profundidade de 0-20 cm, que é de 120 mg dm^{-3} de K (MARTINEZ et al., 2000). Na profundidade de 20-40 cm, os teores de potássio são elevados, contudo, em determinadas regiões do cafeeiro, estão um pouco abaixo do nível crítico. Com relação à matéria orgânica, independentemente do manejo e da região do cafeeiro, seus teores na profundidade de 0-20 cm estão acima ou próximos do nível crítico considerado adequado para a cultura do café ($4,0 \text{ dag kg}^{-1}$). Os teores de enxofre na saia do cafeeiro foram superiores aos encontrados na rodada do trator e no meio da rua, para os dois manejos e profundidades (Tabela 2). Os elevados teores de S encontrados estão associados à aplicação de gesso agrícola e de sulfato de amônio, na cultura do cafeeiro. Com base nesses resultados, pode-se inferir que deve ser feita uma reavaliação da correção e adubação do solo, em termos quantitativos e qualitativos.

Tabela 2 - Valores médios de fósforo, potássio, enxofre e matéria orgânica do solo, nas profundidades 0-20 e 20-40 cm, em diferentes sistemas de manejo e regiões do cafeeiro

Manejo	Profundidade	Localização		
		Meio	Saia	Rodada
		Fósforo (mg kg⁻¹)		
Herbicida	0-20 cm	0,86 ab	1,42 a	0,57 b
	20-40 cm	0,15 a	0,17 a	0,12 a
Grade	0-20 cm	0,31 b	0,82 a	0,15 b
	20-40 cm	0,29 b	0,59 a	0,18 b
		Potássio (mg kg⁻¹)		
Herbicida	0-20 cm	153 b	166 ab	218 a
	20-40 cm	99 a	102 a	131 a
Grade	0-20 cm	161 a	131 b	155 ab
	20-40 cm	100 b	125 a	103 ab
		Enxofre (mg kg⁻¹)		
Herbicida	0-20 cm	20,40 c	195,60 a	51,87 b
	20-40 cm	109,07 b	163,07 a	105,53 b
Grade	0-20 cm	20,20 c	132,93 a	47,93 b
	20-40 cm	48,53 b	164,47 a	54,60 b
		Matéria Orgânica (dag kg⁻¹)		
Herbicida	0-20 cm	4,33 a	4,17 ab	3,96 b
	20-40 cm	4,03 a	3,76 b	3,95 ab
Grade	0-20 cm	4,04 a	4,08 a	3,98 a
	20-40 cm	3,88 a	3,88 a	3,80 a

Médias seguidas da mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo teste t de Student.

CONCLUSÃO

- A utilização da geoestatística e o mapeamento das variáveis estudadas se revelaram importantes ferramentas para tomada de decisões em sistemas de uso do solo com a cultura do café, visando sobretudo a sustentabilidade do ecossistema.
- Os sistemas de manejo induziram respostas diferenciadas na variabilidade espacial dos atributos químicos estudados.
- O planejamento da amostragem de solo para análises, interpretação dos dados de laboratório e correção da adubação para a cultura cafeeira em questão deve ser reavaliado, em termos quantitativos e qualitativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V.; V.H.; MENEZES, J.F.S.; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES, P.G.; ALVARENGA, A.P.; FONTES, P.C.R. Avaliação da fertilidade do solo, padrões para diagnose foliar e potencial de resposta à adubação de lavouras cafeeiras de Minas Gerais. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 209-238.