



XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas  
XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas  
XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo  
VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo  
Guarapari – ES, Brasil, 13 a 17 de setembro de 2010.  
Centro de Convenções do SESC

## Variabilidade horizontal dos teores de P e K de acordo com o volume de solo utilizado na amostragem em uma lavoura de café

André Guarçoni M.<sup>(1)</sup>; Luiz Carlos Prezotti<sup>(2)</sup>; Aledir Cassiano da Rocha<sup>(3)</sup>

(1) Pesquisador Incaper, BR 262, Km 94, CRDR – Centro Serrano, Incaper, Fazenda do Estado, Venda Nova do Imigrante – ES, CEP: 29.375-000, [guarconi@incaper.es.gov.br](mailto:guarconi@incaper.es.gov.br); (2) Pesquisador Incaper, CRDR – Centro Serrano, [prezotti@incaper.es.gov.br](mailto:prezotti@incaper.es.gov.br); (3) Pesquisador Incaper, CRDR – Centro Serrano, [aledircassiano@incaper.es.gov.br](mailto:aledircassiano@incaper.es.gov.br).

**RESUMO** - Na cultura do café pouca atenção tem sido dada ao volume das amostras simples de solo coletadas para formar uma amostra composta. Visando avaliar a influência do volume das amostras simples na estimativa da variabilidade dos teores de P e K do solo, foram coletadas amostras simples com cinco volumes diferentes (80; 320; 720; 1.280 e 2.000 cm<sup>3</sup>; 2 x 2; 4 x 4; 6 x 6; 8 x 8 e 10 x 10 cm de lado por 20 cm de profundidade), em solo de lavoura cafeeira adubada anualmente. As amostras foram analisadas individualmente, sendo determinados os teores de P e K (Mehlich-1). Foram realizadas análises de variância e regressão, utilizando como variáveis independentes os volumes de amostragem e como variáveis dependentes os coeficientes de variação (CV) dos teores de P e K do solo. O valor do CV dos teores de P foi elevado e maior do que o dos teores de K, gerando excessivo número de amostras simples para formar uma amostra composta representativa; o aumento do volume das amostras simples reduziu o CV dos teores de P e K até valores que praticamente se estabilizaram; recomendam-se trados com diâmetro entre 4,5 e 6,8 cm para a coleta de 20 amostras simples de solo em lavouras de café.

**Palavras-chave:** trado, diâmetro, amostra simples.

**INTRODUÇÃO** - Dentro do processo produtivo do café ou de qualquer cultura, uma etapa de extrema relevância é a recomendação de corretivos e fertilizantes. Para que as recomendações atinjam seu objetivo, deve-se conhecer a fertilidade do solo no qual será ou está implantada a cultura. Nesse caso, segundo Mallarino (1996), um importante erro potencial, envolvido na avaliação da fertilidade do solo, pode ser gerado pela amostragem inadequada.

Para que a amostragem seja eficiente e econômica, deve-se trabalhar com amostras simples

e amostras compostas de solo. As amostras simples são aquelas coletadas de forma individual, em pontos escolhidos ao acaso, dentro de cada unidade de amostragem (talhão homogêneo) da lavoura. Já as amostras compostas são formadas pela mistura homogênea de um número predefinido de amostras simples de pequeno volume (Cline, 1944).

Segundo Upchurch e Edmonds (1991), há três fatores distintos envolvidos na amostragem de solo para uma característica particular: número de amostras a ser coletado, local de coleta e volume da amostra. Para amostragem de solo na cultura do café, geralmente são coletadas, ao acaso, 20 amostras simples de solo sob a copa de cafeeiros distribuídos na unidade de amostragem, visando formar uma amostra composta representativa. Nesse caso, os dois primeiros fatores descritos por Upchurch e Edmonds (1991) já estariam contemplados. Entretanto, Guarçoni M. et al. (2007) observaram que o volume da amostra simples tem elevada influência na estimativa da variabilidade de características químicas da fertilidade do solo, sendo os teores de fósforo (P) e potássio (K) os que apresentaram maior variação.

Na cultura do café pouca atenção tem sido dada ao volume das amostras simples coletadas, sendo preferido para amostragem o equipamento denominado sonda, o qual apresenta um volume interno de, aproximadamente, 45,4 cm<sup>3</sup>, considerando uma amostragem de solo de 0 a 20 cm de profundidade. Nessa situação, devido ao reduzido volume coletado, os resultados obtidos por meio da análise de solo podem não representar corretamente a fertilidade média da área amostrada, como sugerido por Guarçoni M. et al. (2007). Esse fato pode comprometer a eficácia dos programas de adubação.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do volume das amostras simples de solo

na estimativa da variabilidade dos teores de P e K; determinar o número de amostras simples necessário para formar uma amostra composta representativa, de acordo com o volume de solo utilizado na amostragem; e estimar os desvios em torno da média a serem tolerados ao se coletar conjuntos de 20 amostras simples com diferentes volumes, em um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café arábica.

**MATERIAL E MÉTODOS** – O estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho-Amarelo que vinha sendo cultivado com café arábica por nove anos. A lavoura de café era adubada, anualmente, sob a copa das plantas, de acordo com a análise de solo. Numa unidade de amostragem (talhão homogêneo) individualizada na lavoura, sob a copa das plantas, foram coletados grupos de 30 amostras simples de solo com cinco volumes diferentes: 80; 320; 720; 1.280 e 2.000 cm<sup>3</sup>; correspondendo a prismas de 2 x 2; 4 x 4; 6 x 6; 8 x 8 e 10 x 10 cm de lado por 20 cm de profundidade, totalizando 150 amostras simples. As amostras simples foram agrupadas em três amostras para cada volume estudado, sendo, cada uma, formada por 10 amostras simples (10 prismas).

Para coleta das amostras simples de solo utilizaram-se lâminas galvanizadas com 1 mm de espessura x 20 cm de altura x largura correspondente à seção (2, 4, 6, 8 ou 10 cm).

As amostras simples foram secas ao ar, peneiradas (2 mm), homogeneizadas e analisadas separadamente, sendo determinados os teores de P e K disponíveis (Mehlich-1).

O estudo foi analisado como em um delineamento de blocos casualizados, com três repetições (três amostras), formadas, cada uma, por 10 amostras simples de solo (10 prismas). Esse artifício foi utilizado para se obter o erro das estimativas das variabilidades para cada volume estudado.

Foram determinadas as médias dos teores de P e K e as médias dos respectivos desvios-padrão e coeficientes de variação de cada uma das três amostras.

Foi realizada análise de variância dos desvios padrão e dos coeficientes de variação (GL resíduo = 8). Utilizando análise de regressão foram selecionados os modelos que melhor explicaram o comportamento das estimativas da variabilidade dos teores de P e K, em função do volume das amostras simples de solo utilizadas na amostragem.

O número de amostras simples, necessário para formar uma amostra composta, e a variação em torno da média ( $f$ ) a ser aceita para a coleta de 20 amostras simples foram calculadas por meio da fórmula proposta por Cline (1944):  $n = (t \cdot /2 CV/f)^2$ ,

com desvio em torno da média ( $f$ ) de 20 % e o valor tabelado da distribuição t de Student ( $t \cdot /2$ ) igual a 2,262 (referente a 5 % de probabilidade e  $n-1 = 9$ ).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO** – Cada volume utilizado na amostragem de solo gerou médias distintas para os teores de K e P (Tabela 1). A princípio, não haveria maiores problemas, uma vez que as médias obtidas em cada volume foram muito próximas. Entretanto, isso se deveu apenas ao acaso, uma vez que a estimativa da variabilidade dos teores de K e P, medida pelo coeficiente de variação (CV), foi elevada, especialmente para P, e também variou conforme o volume da amostra simples de solo (Tabela 1). Nesse caso, as médias dos teores revelados pelas análises das amostras de solo poderiam ser extremamente discrepantes. Schindwein e Anghinoni (2002) e Guarçoni M. et al. (2007) também observaram maior variabilidade dos teores de P em relação ao K e a outras características químicas do solo, mas em plantio direto e convencional de culturas anuais.

A partir dos dados obtidos, foi selecionado o modelo hiperbólico para descrever a variabilidade (CV) dos teores de P e K em função do volume das amostras simples de solo (Fig. 1).

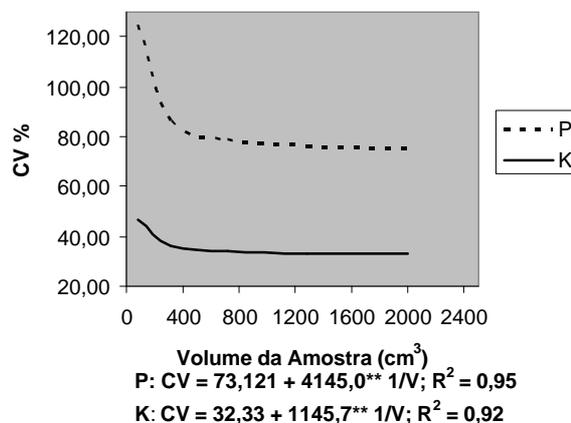


Figura 1 – Equações de regressão de coeficientes de variação (CV %) dos teores de P e K, em função do volume das amostras simples, em um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com café.

O aumento do volume da amostra de solo causou redução na estimativa da variabilidade dos teores de P e K, até valores que praticamente se estabilizaram (Fig. 1), como observado por Guarçoni M. et al. (2007). Nesse sentido, McBratney e Webster (1983), Webster e Burgess (1984) e Burrough (1991) também observaram redução na estimativa da variabilidade de características químicas do solo, quando aumentaram, porém, o número de amostras simples. Portanto, há duas alternativas para se reduzir a estimativa da variabilidade de características químicas do solo: ou

aumenta-se o número ou aumenta-se o volume das amostras simples de solo a serem coletadas.

A redução na estimativa da variabilidade dos teores de P e K, quando se aumentou o volume das amostras simples, deveu-se à expansão na área das amostras simples. Essa expansão lateral incorpora no volume de solo coletado as variações horizontais a curtas distâncias, ou seja, as microvariações (< 5 cm), as quais, segundo Guarçoni M. et al. (2007), apresentam elevada influência sobre a estimativa da variabilidade de características químicas do solo.

Como a estimativa da variabilidade (CV) dos teores de K não foi tão elevada quanto à dos teores de P (Tabela 1 e Fig. 1), o número de amostras simples necessário para representar o teor médio de K na unidade de amostragem ficou um pouco acima do usual (20 amostras), mas dentro de limites aceitáveis, considerando o menor volume de amostra estudado (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de amostras simples de solo (n) necessário para representar adequadamente os teores médios de K e P e desvios em torno da média (f %) a serem tolerados na amostragem do solo quando forem coletadas 20 amostras simples, em um talhão homogêneo cultivado com café arábica

Variável	Volume das amostras simples (cm <sup>3</sup> )				
	80	320	720	1.280	2.000
Potássio					
n	27	19	16	13	13
f %	23	19	18	16	16
Fósforo					
n	199	102	67	70	84
f %	63	45	37	37	41

A elevada variabilidade de P (Tabela 1 e Fig. 1), por outro lado, se refletiu no número de amostras simples necessário para formar uma amostra composta representativa da unidade de amostragem (Tabela 2). Nesse caso, o número de amostras simples necessário para representar o teor médio de P é impraticável, mesmo que tenha diminuído com o incremento no volume das amostras simples (Tabela 2).

No caso do P, ao se utilizar a coleta de 20 amostras simples de solo, com volume reduzido, deve-se aceitar um desvio em torno da média de aproximadamente 63 %. Se o teor é extremamente baixo, esse desvio não se faz notar de forma marcante. Entretanto, em alguns casos, pode promover a mudança na classe de fertilidade, passando, por exemplo, de 8,0 para 13,4 mg/dm<sup>3</sup> de P, ou seja, da classe de disponibilidade baixa para a classe de disponibilidade boa, em um solo com teor

de argila entre 35 e 60 %. Esse fato tem acentuada influência sobre a recomendação de adubação.

Considerando a redução na estimativa da variabilidade dos teores de P (Fig 1), bem como a consequente redução no número de amostras simples (Tabela 2), causadas pelo aumento do volume das amostras simples, pode-se recomendar um incremento no volume das amostras simples comumente utilizadas para a determinação da fertilidade do solo em lavouras de café.

O ponto de curvatura do modelo hiperbólico se dá entre os volumes de 320 e 720 cm<sup>3</sup> da amostra simples, tanto para P quanto para K (Fig 1). Nesse caso, se o volume das amostras simples for menor do que 320 cm<sup>3</sup>, a estimativa da variabilidade tende a aumentar rapidamente, reduzindo a confiabilidade em relação à representatividade da amostra composta formada. Por outro lado, se o volume das amostras simples for maior do que 720 cm<sup>3</sup>, a redução na estimativa da variabilidade é irrisória, o que iria aumentar o esforço de amostragem, mas não o número de amostras simples a serem coletadas.

A partir do exposto, para a coleta de 20 amostras simples, podem-se recomendar trados com diâmetro entre 4,5 e 6,8 cm, correspondendo a volumes entre 320 e 720 cm<sup>3</sup>, visando aumentar a confiabilidade e a representatividade da amostragem de solo para determinação da fertilidade média de talhões homogêneos em lavouras de café.

## CONCLUSÕES

- A estimativa da variabilidade (CV) dos teores de P foi elevada e maior do que a dos teores de K, o que promoveu o cálculo de excessivo número de amostras simples para formar amostra composta representativa da unidade de amostragem..
- Ao se realizar a amostragem de solo usual para lavouras de café (20 amostras simples de pequeno volume), deve-se aceitar um desvio em torno da média (f) para o P de, aproximadamente, 63 %.
- O aumento do volume das amostras simples, para uma mesma profundidade de coleta, reduziu a estimativa da variabilidade dos teores de K e P até valores que praticamente se estabilizaram.
- Recomendam-se trados com diâmetro entre 4,5 e 6,8 cm para a coleta de 20 amostras simples de solo em lavouras de café.

## REFERÊNCIAS

- BURROUGH, P.A. Sampling designs for quantifying map unit composition. In: MUSBACH, M.J. e WILDING, L.P., eds. Spatial variabilities of soil and landforms. Madison, Soil Science Society of America, 1991. p.89-125. (SSSA Special Publication, 28).
- CLINE, M.G. Principles of soil sampling. Soil Sci., 58:275-288, 1944.
- GUARÇONI M., A; ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; CANTARUTTI, R.B.; LEITE, H.G.; FREIRE, F.M. Diâmetro de trado necessário à coleta de amostras num Cambissolo sob plantio direto ou sob plantio convencional antes ou depois da aração. R. Bras. Ci. Solo, 31:947-959, 2007.
- MALLARINO, A.P. Spatial variability patterns of phosphorus and potassium in no-tilled for two sampling scales. Soil Sci. Soc. Am. J., 60:1473-1481, 1996.
- McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. How many observations are needed for regional estimation of soil properties? Soil Sci., 135:177-183, 1983.
- SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Tamanho da subamostra e representatividade da fertilidade do solo no sistema plantio direto. Ci. Rural, 32:963-968, 2002.
- UPCHURCH, D.R.; EDMONDS, W.J. Statistical procedures for specific objectives. In: MUSBACH, M.J.; WILDING, L.P., eds. Spatial variabilities of soil and landforms. Madison, Soil Science Society of America, 1991. p.49-71. (SSSA Special Publication, 28).
- WEBSTER, R.; BURGESS, T.M. Sampling and bulking strategies for estimating soil properties in small regions. J. Soil Sci., 35:127-140, 1984.

Tabela 1 – Médias<sup>1/</sup> dos teores no solo de K e P (mg/dm<sup>3</sup>), e dos respectivos desvios padrão (s) e dos coeficientes de variação (CV %), de acordo com o volume das amostras simples utilizadas na amostragem, em um talhão homogêneo cultivado com café arábica

Variável	Volume das amostras simples (cm <sup>3</sup> )					$\hat{Y}$
	80	320	720	1.280	2.000	
	Potássio					
Teor	91,8	88,3	86,4	88,2	85,8	88,1
s	42,4	33,6	30,4	28,0	27,0	32,3
CV	46,1	38,1	35,2	31,8	31,4	36,5
	Fósforo					
Teor	11,9	10,3	11,8	9,3	8,5	10,4
s	15,9	9,0	8,1	6,5	6,3	9,2
CV	124,8	89,3	72,3	74,0	81,0	88,3

<sup>1/</sup>Médias de três amostras (10 amostras simples cada) por volume.