



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I.

VARIABILIDADE HORIZONTAL DE ATRIBUTOS DE FERTILIDADE E AMOSTRAGEM DO SOLO NO
SISTEMA PLANTIO DIRETO

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 24, núm. 1, 2000, pp. 85-91

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218272012>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

VARIABILIDADE HORIZONTAL DE ATRIBUTOS DE FERTILIDADE E AMOSTRAGEM DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO⁽¹⁾

J. A. SCHLINDWEIN⁽²⁾ & I. ANGHINONI⁽³⁾

RESUMO

As adubações, a lanço, quando desuniformes, ou as em linhas, no sistema plantio direto, aumentam a variabilidade dos atributos químicos do solo. Nestas condições, há necessidade de se saber qual a melhor forma e o número de subamostras por coletar para uma boa representatividade da fertilidade da área a ser cultivada. O objetivo deste estudo foi quantificar a variabilidade horizontal de atributos de fertilidade do solo no sistema plantio direto com diferentes modos de adubação e tempos de cultivo, com vistas em definir o número de subamostras necessárias para formar uma amostra representativa da fertilidade do solo de uma área. Foram coletadas, em novembro de 1997, 36 amostras simples, com pá de corte, na camada de 0-10 cm, de forma diferenciada nas adubações a lanço (5 e 10 cm, espessura da fatia e largura) e em linhas (5 cm de espessura da fatia pela largura das entrelinhas de semeadura da última cultura), em oito lavouras comerciais na região noroeste do Rio Grande do Sul. O número mínimo de subamostras para estimar com boa representatividade ($\alpha = 0,05$ e erro em relação à média de 10%) o pH, o índice SMP e o teor de matéria orgânica foi baixo (menor do que 8) e alto (maior do que 40) para fósforo e potássio (Mehlich-1). O número de subamostras indicado para o sistema convencional (20) pode ser usado no sistema plantio direto, desde que seja admitido um erro de 20% em relação à média.

Termos de indexação: atributos químicos, número de subamostras, formas de adubação.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Financiado pela FAPERGS e FINEP/PRONEX. Recebido para publicação em maio de 1999 e aprovado em novembro 1999.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo MsC. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS). E-mail: jairojas@vortex.ufrgs.br.

⁽³⁾ Professor Adjunto da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq.

SUMMARY: HORIZONTAL VARIABILITY OF SOIL FERTILITY ATTRIBUTES AND SOIL SAMPLING UNDER A NO-TILLAGE SYSTEM

Non-uniformly broadcast as well as row applied fertilizers under a no-tillage system increase the variability of soil chemical attributes. Therefore, to accomplish an appropriate fertility description of an area under no-tillage it is necessary to establish better sampling procedures, including number of subsamples. So, the main objective of this work was to measure the horizontal variability of soil fertility attributes, allowing, as a consequence, a definition of the number of subsamples needed to compose a whole and representative fertility sample. In November 1997, in eight chosen areas of commercial agriculture production in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, 36 single samples were collected in 0-10 cm layer depths with a cutting shovel, with the slices being 5 cm-thick, and 10 cm-wide in broadcast areas and 5 cm-thick/interrow-wide in row fertilized areas. The minimum number of subsamples to acceptably estimate ($\alpha=0.05$ and 10% mean error) pH, SMP value and organic matter was low (less than 8) and high (more than 40) for phosphorus and potassium (Mehlich-1). The number of subsamples defined for conventional tillage (20) may also be used for the no-tillage system, provided a 20% mean error is allowed.

Index terms: chemical characteristics, number of subsamples, fertilization methods.

INTRODUÇÃO

A utilização do solo no sistema convencional de cultivo altera seus atributos químicos originais, pela aplicação de corretivos e fertilizantes (Santos & Vasconcellos, 1987; Couto 1997). No sistema plantio direto, a variabilidade do solo é aumentada, ainda mais, pela ação residual das linhas de adubação, que se mantém na seqüência dos cultivos, juntamente com a redistribuição dos nutrientes reciclados dos resíduos (Souza, 1992; Couto, 1997; Anghinoni & Salet, 1998).

O aumento da área cultivada no sistema plantio direto no Brasil está ocorrendo em maiores proporções na década de 90, em relação às anteriores, atingindo, em 1996, 5,2 milhões de ha, aproximadamente 10% da área total cultivada (Wiethölter et al., 1998). No estado do Rio Grande do Sul, esse incremento foi mais pronunciado, atingindo, em 1997, 2,3 milhões de ha, o que representa 40% da área total cultivada (Farias & Ferreira, 1997). Existem regiões nesse estado, onde o incremento é ainda maior, como nas do Planalto Médio e Alto Uruguai, com mais de 90% de suas áreas cultivadas nesse sistema (Denardin et al., 1998).

A distribuição superficial uniforme de calcário e da palhada das culturas no sistema plantio direto leva à baixa variabilidade horizontal nos atributos de acidez do solo e nos teores de matéria orgânica, o que determina um pequeno número de subamostras para a coleta de amostras de solo representativas da área (Souza, 1992; Salet et al., 1996; Couto, 1997; Schlindwein et al., 1998). Entretanto, as adubações a lanço, quando desuniformes, ou em linhas, favorecem a variabilidade horizontal de nutrientes,

como fósforo e potássio, que ficam disponíveis por mais de uma cultura (James & Dow, 1972; Klepker & Anghinoni, 1993, 1995; Kray et al., 1997). Neste caso, o número de subamostras necessárias para a coleta de amostras representativas da lavoura torna-se maior.

Segundo Schlindwein et al. (1998), o instrumento utilizado na amostragem do solo também pode ser fonte de variabilidade, considerando o próprio tamanho (volume de solo) da subamostra, como também possíveis perdas, como, por exemplo, na coleta com trado de rosca, que pode acarretar perdas de solo, principalmente das camadas superficiais, mais ricas em alguns dos atributos químicos do solo.

A rotação de culturas é uma condição básica para o sucesso e continuidade do sistema plantio direto. Culturas, com diferentes espaçamentos, são cultivadas numa mesma área, e as linhas de adubação quase sempre não coincidem. Esta prática sugere, segundo Anghinoni & Salet (1998), que o sistema plantio direto consolidado (mais do que 5 anos) apresenta variabilidade menor do que na fase inicial de implantação e, provavelmente, mais próxima da variabilidade do sistema convencional de preparo do solo.

Considerando esses fatores potenciais de variabilidade no sistema plantio direto, torna-se necessário definir métodos de amostragem representativos quanto ao sítio de coleta, quanto ao tamanho (volume) e quanto ao número de subamostras necessárias para contemplar tal variabilidade dentro de critérios (parâmetros) de confiabilidade estatística.

O objetivo deste trabalho foi determinar a magnitude da variabilidade horizontal dos índices

de fertilidade dos solos utilizados no Programa de Adubação e Calagem dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão..., 1995), em lavouras comerciais, considerando diferentes solos, modos de adubação e tempos de cultivo, para definir o número de subamostras de solo por coletar em lavouras no sistema plantio direto, dentro de determinados limites de precisão.

MATERIAL E MÉTODOS.

Amostras de solos foram retiradas durante o mês de novembro de 1997 em oito lavouras localizadas na região Noroeste do Rio Grande do Sul, nos municípios de Santo Augusto, Coronel Bicaco, São Valério do Sul e Campo Novo. Os solos, originários de derramamentos basálticos, são de textura argilosa e classificados como Latossolo Vermelho distrófico típico, Latossolo Vermelho distroférrico típico e Chernossolo Argilúvico férreo típico (EMBRAPA, 1999).

Nas lavouras selecionadas, foram demarcadas áreas, que variaram de dois a quatro ha, consideradas homogêneas quanto ao tipo de solo, cor, textura, topografia e histórico de cultivo. As amostras foram retiradas em 36 pontos (amostras simples), distribuídos aleatoriamente nessas áreas. Utilizou-se pá de corte para a coleta de amostras, com 5 cm de espessura da fatia e 10 cm de largura, nas lavouras com adubação a lanço, e 5 cm de espessura da fatia pela largura das entrelinhas do último cultivo (soja: 45 cm e milho: 80 cm), nas lavouras com adubação em linhas. A amostragem foi feita na camada de 0-10 cm de profundidade.

As amostras dos solos, após secas ao ar e peneiradas, foram analisadas de acordo com os procedimentos descritos por Tedesco et al. (1995). Foram determinados o pH em água, índice SMP, utilizado para recomendação da necessidade de calcário pela Comissão... (1995), teor de argila, fósforo e potássio disponíveis (Mehlich-1) e matéria orgânica, por digestão úmida e determinação colorimétrica. As análises foram feitas em duplicata no laboratório, tendo sido utilizados os dados médios na apresentação dos resultados.

Na determinação do número mínimo de subamostras, para formar uma amostra composta e representativa, foram utilizados os resultados analíticos das amostras simples para o cálculo da variabilidade dos índices de fertilidade do solo e dos parâmetros estatísticos indicados na Equação (1), utilizada por Petersen & Calvin (1986), Santos & Vasconcellos (1987), Souza (1992), Davis et al. (1995) e Couto (1997), com algumas diferenças quanto à sua denominação e definição.

$$n = [(t_{\alpha} \cdot CV) / e]^2 \quad (1)$$

em que n é o número médio de subamostras; CV é o coeficiente de variação; t é o valor da tabela (teste t) correspondente ao erro α e ao número de graus de liberdade do quadrado médio residual, e e é o erro em torno da média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos atributos de fertilidade das amostras simples dos solos estão apresentados no quadro 1. Os teores de matéria orgânica estão, em sua maioria, na faixa "média" (25 a 50 g kg⁻¹), considerando a classificação utilizada para o sistema de cultivo convencional nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão..., 1995). O menor valor (25 g kg⁻¹) corresponde à lavoura com cinco anos de cultivo no sistema plantio direto, com teor de argila mais baixo e com histórico de menor manutenção da palhada no solo. A argila, que confere proteção física, físico-química e química para a matéria orgânica no solo (Sollins et al., 1996), pode ser um dos fatores responsáveis pelos diferentes teores encontrados. Além disso, os maiores teores de matéria orgânica foram encontrados nas lavouras com maior tempo de cultivo (10 e 12 anos) no sistema plantio direto indicam, como também observado por Bayer (1996), que os sistemas conservacionistas tendem a acumular matéria orgânica com o tempo de cultivo.

O pH do solo foi baixo em todas as lavouras, com os menores valores nos locais com maior tempo de cultivo (10 e 12 anos) sem aplicação de calcário; o índice SMP, que mede as fontes potenciais de acidez do solo, foi variável entre as lavouras, indicando a necessidade de 2,7 t ha⁻¹ de calcário em três lavouras (Índice SMP 6,1) a 9,1 t ha⁻¹ de calcário em uma lavoura (Índice SMP 5,1), para elevar o pH do solo a 6,0 (Comissão..., 1995).

Os teores de potássio disponível (Mehlich-1) no solo ficaram acima do nível crítico (80 mg kg⁻¹) para a maioria das culturas, indicado para o sistema convencional de cultivo (Comissão..., 1995), bem como os teores de fósforo disponível (Mehlich-1), considerando o teor de argila adotado pela Comissão... (1995). Neste caso, a não-mobilização do solo nas lavouras cultivadas no sistema plantio direto evita a exposição de novos sítios de adsorção das formas lábeis de fósforo (Sousa & Volkweiss, 1987) e justificam a predominância dos teores elevados de fósforo disponível (Quadro 1). Já para o potássio, os valores elevados deveram-se, possivelmente, à menor lixiviação decorrente do acúmulo de matéria orgânica (maior CTC) e da remoção do potássio de camadas subsuperficiais pelas raízes com liberação na superfície, pela lavagem das folhas (Klepper & Anghinoni, 1995). A menor perda de solo por erosão e a adição de fósforo e potássio nas

adubações, em quantidades maiores do que as exportações pelos grãos, também determinaram aumento desses nutrientes na camada superficial do solo com o tempo de cultivo no sistema plantio direto (Wiethölter et al., 1998).

A variabilidade dos valores de matéria orgânica, pH em água e índice SMP foi baixa (Quadro 1), com valores médios dos coeficientes de variação menores do que 10% e com pequena amplitude entre as lavouras, especialmente para o índice SMP, que apresentou os valores mais baixos. No entanto, a variabilidade para o fósforo e potássio foi muito elevada, alcançando valores de coeficiente de variação de até 48% e grande amplitude de variação.

Os coeficientes de variação da matéria orgânica, fósforo e potássio disponíveis encontrados neste trabalho atingiram a mesma magnitude dos obtidos por Souza (1992), em diferentes sistemas de cultivo, locais e profundidades de amostragem, e por Salet et al. (1996) e Schlindwein et al. (1998), em diferentes lavouras no sistema plantio direto. Foram, no entanto, inferiores aos obtidos no sistema convencional e superiores aos encontrados por Couto (1997) em solo com vegetação de cerrado, na camada de 0-20 cm.

A baixa variabilidade horizontal dos índices de matéria orgânica, pH em água e SMP era esperada, uma vez que a distribuição da palhada e do calcário no solo é uniforme. Isto, entretanto, não ocorre na aplicação dos fertilizantes no sistema plantio direto, que é efetuada a cada cultivo, predominantemente em sulcos, nas linhas de semeadura, que se mantêm pouco alteradas com o tempo de cultivo (Kray et al.,

1997). Considerando que a variabilidade observada para os índices de fósforo e potássio neste trabalho não foi relacionada com o tempo de cultivo (R^2 de 0,12^{ns} e 0,50^{ns}, respectivamente), a hipótese de maior uniformidade, pela não-coincidência das linhas de adubação, levantada por Anghinoni & Salet (1998), não foi comprovada. Observou-se, somente, e a exemplo do relatado por Kray et al. (1997), uma tendência de diminuição da variabilidade com o aumento dos teores dos nutrientes, especialmente de potássio.

Os manuais dos diversos Programas de Adubação e Calagem, elaborados regionalmente no Brasil, pelas respectivas Comissões de Fertilidade do Solo (Anghinoni & Volkweiss, 1984), recomendam coletar em torno de 20 subamostras para formar cada amostra composta e representativa de determinada área homogênea no sistema convencional de cultivo. Tais recomendações se referem a subamostras pequenas, normalmente coletadas com trado de rosca, calador (diâmetro de 2 a 3 cm) ou a parte central da fatia retirada com pá de corte (em torno de 2,5 e 5,0 cm de espessura e de largura). Embora os limites de precisão não tenham sido apresentados nesses manuais, acredita-se, com base nos diversos trabalhos sobre o assunto (Petersen & Calvin, 1986; Santos & Vasconcellos, 1987; Souza, 1992; Davis et al., 1995; Couto, 1997), que uma baixa probabilidade de erro ($\alpha = 0,05$ e erro ϵ em relação à média de 10%) tenha sido adotada na Equação (1) para o cálculo do número (n) de subamostras. Assim, a coleta das 20 subamostras recomendada pelos manuais estará conferindo grande confiabilidade e representatividade

Quadro 1. Teores de argila, matéria orgânica e valores de pH, índice SMP e potássio e fósforo disponíveis em oito lavouras com diferentes formas de adubação e tempo de cultivo no sistema plantio direto, na região noroeste do RS

Forma de adubação	Tempo de cultivo	Característica da lavoura	Atributo de fertilidade do solo					
			Teor de argila	Matéria orgânica	pH água	Índice SMP	Potássio Mehlich-1	Fósforo Mehlich-1
	anos	— g kg ⁻¹ —					— mg kg ⁻¹ —	
Lanço	6	500	40 (12,6) ⁽¹⁾	5,6 (5,9)	5,9 (3,7)	241 (18,0)	12,5 (47,8)	
Lanço	9	510	43 (11,2)	5,0 (5,5)	5,5 (2,7)	231 (18,0)	36,1 (33,0)	
Linha	3	360	45 (8,5)	5,3 (7,4)	5,7 (4,6)	80 (48,0)	19,9 (15,6)	
Linha	3	470	41 (7,7)	5,3 (8,3)	6,1 (3,5)	159 (32,5)	5,0 (20,6)	
Linha	5	310	25 (11,6)	5,1 (5,0)	6,1 (2,6)	188 (42,6)	6,4 (41,1)	
Linha	7	530	36 (8,5)	5,2 (7,9)	6,1 (5,1)	94 (36,1)	14,2 (42,7)	
Linha	10	670	48 (7,4)	4,4 (6,6)	5,1 (4,5)	134 (26,9)	20,9 (33,0)	
Linha	12	650	56 (10,7)	4,7 (9,6)	5,3 (6,4)	212 (17,4)	38,0 (32,6)	
Média			(9,8)	(7,0)	(4,1)	(29,9)	(33,3)	

⁽¹⁾ Média de 36 amostras simples; () C.V. em %.

aos índices de matéria orgânica, pH em água e SMP, pois a utilização de $\alpha = 0,05$ e $e = 10\%$, na Equação (1) resulta em um número de subamostras substancialmente menor (Quadro 2).

A definição do número de subamostras, visando atender às recomendações de adubação e calagem, deve considerar a variabilidade de todos os índices de fertilidade do solo, incluídos no programa. O quadro 3 apresenta o número de subamostras, calculado pela Equação (1), para os índices de maior variabilidade, no caso o fósforo e potássio disponíveis. O número médio de subamostras calculado com base na variabilidade do fósforo foi superior ao do potássio e reflete a maior variabilidade do primeiro (Quadro 1), principalmente quando se deseja maior confiabilidade dos resultados ($\alpha = 0,05$ e $e = 10\%$). A utilização desse critério estatístico implica, neste caso, a coleta de um número elevado de subamostras (na média 51, podendo chegar a 94).

Ressalta-se que a forma de amostragem no presente trabalho, diferenciada entre os modos de adubação para contemplar a variabilidade dos sítios de coleta, determinou um número de subamostras substancialmente maior do que o número recomendado pela Comissão... (1995) para o sistema plantio direto: 20 subamostras, em lavouras com adubação a lanço, coletadas de forma aleatória com trado, calador ou pá de corte (parte central), originando subamostras pequenas (pequeno volume), e em torno de 8 subamostras, em lavouras com adubação em linhas na largura da entrelinha, coletadas com pá de corte, originando subamostras grandes (Comissão..., 1995).

A retirada de subamostras pequenas pode apresentar problemas. Schlindwein et al. (1998) encontraram valores para fósforo disponível 30% menores em amostragem efetuada com trado de rosca em relação à efetuada com pá de corte em lavoura com adubação em linha. Essa diferença foi atribuída à perda de solo da camada superficial, mais rica nesse nutriente. Além disto, encontraram coeficiente de variação maior (67%) em relação à amostragem efetuada com pá de corte (33%), refletindo a necessidade de coleta de 183 subamostras para $\alpha = 0,05$ e $e = 10\%$, 46 subamostras para $\alpha = 0,05$ e $e = 20\%$. Tais valores foram bastante superiores ao número de 44 e 11 subamostras, obtidos por esses autores pela amostragem com pá de corte, para as mesmas variações do erro e .

Cabe ainda salientar que, além dos erros de amostragem, podem ocorrer problemas em laboratório, inerentes às instalações, equipamentos, pessoal e limitações dos próprios métodos de análise (Olsen & Somers, 1982). Por exemplo, Wiethölter (1997) encontrou grande variabilidade nos resultados das análises das amostras "padrão" para fósforo disponível (Mehlich-1), entre os laboratórios da Rede Oficial dos Laboratórios de Análise de Solos dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Quadro 2. Amplitude e média do número⁽¹⁾ de subamostras, considerando a variabilidade dos índices de matéria orgânica, pH e SMP de oito lavouras da região noroeste do RS, no sistema plantio direto para $\alpha = 0,05$ e $e = 10\%$

Atributo	Número de subamostra	
	Amplitude	Média
Matéria orgânica	2 - 7	4,1
pH em água	1 - 4	2,1
Índice SMP	1 - 2	1,1

⁽¹⁾ $n = I(t_\alpha \cdot CV)/e^2$, sendo n o número de subamostras, CV o coeficiente de variação, t o valor da tabela do teste t para o nível de probabilidade α e e é o erro em torno da média.

Quadro 3. Amplitude e média do número de subamostras calculadas⁽¹⁾ com base na variabilidade dos índices de potássio e fósforo disponíveis em oito lavouras da região noroeste do RS, no sistema plantio direto e probabilidades de erro

Probabilidade	α	Potássio (Mehlich-1)		Fósforo (Mehlich-1)	
		Amplitude	Média	Amplitude	Média
%		Número de subamostras			
10	0,05	13-95	42	10-94	51
	0,10	9-66	29	7-65	35
	0,20	5-39	18	4-31	21
20	0,05	3-24	11	3-24	13
	0,10	2-16	8	2-16	9
	0,20	2-10	5	1-6	5

⁽¹⁾ $n = I(t_\alpha \cdot CV)/e^2$.

(ROLAS), que apresentaram, entre 1991 e 1996, um coeficiente de variação de 44,2%. Deste modo, como há possibilidade de ocorrer outros erros, além dos inerentes à amostragem, nas diferentes etapas do processo de recomendações de adubação e calagem pelos laboratórios, muitas vezes de grande repercussão na definição das doses desses insumos por aplicar, os limites de precisão ($\alpha = 0,05$ e $e = 10\%$) utilizados nas pesquisas (Petersen & Calvin, 1986; Santos & Vasconcellos, 1987; Souza, 1992; Davis et al., 1995; Couto, 1997), para determinar o número de subamostras, podem ser demasiadamente exigentes para as condições de lavoura. A opção de utilizar $\alpha = 0,05$ e erro $e = 20\%$ apresentou um número médio de 13 e 11 subamostras para fósforo e potássio disponíveis, respectivamente, com variação, para ambos, de 3 a 24 subamostras (Quadro 3).

O quadro 4 foi então elaborado com o objetivo de verificar o enquadramento dos valores de fósforo disponível em amostras compostas pelo número de subamostras calculado pela Equação (1), considerando $\alpha = 0,05$ e um erro $e = 20\%$ em relação à média, nas classes de fósforo em função do teor de argila adotado pela Comissão... (1995). Para isso, foram retirados aleatoriamente 13 valores (Quadro 3) de fósforo disponível do conjunto de 36 amostras simples de cada lavoura e calculadas as respectivas médias. Esses valores foram então comparados com a média dos valores das 36 amostras simples de cada lavoura, para verificar o enquadramento de ambos nas faixas de interpretação desse nutriente para fins de recomendação de adubação adotadas pela Comissão... (1995). A utilização de 13 subamostras para o cálculo da média não alterou as faixas de interpretação dos resultados em relação ao enquadramento das médias resultantes das 36 amostras simples.

O número de 20 subamostras é uma recomendação de rotina para o sistema convencional, sendo amplamente divulgado e exequível em lavoura. Esse número, que representa a fertilidade do solo dentro do critério de $\alpha = 0,05$ e $e = 20\%$, é aceitável para o sistema plantio direto, desde que as subamostras contemplam a variabilidade do sítio de coleta, como utilizado no presente estudo (5 e 10 cm espessura e largura nas lavouras de adubação a lanço e de 5 cm de espessura pela largura da entrelinha de cultivo quando as adubações são nas linhas de cultivo).

CONCLUSÕES

Desde que a representatividade do sítio de coleta seja atendida, como adotado neste trabalho, utilizando pá de corte na coleta das amostras com 5 e 10 cm de espessura e largura, respectivamente, na adubação a lanço, e 5 cm de espessura pela largura da entrelinha, na adubação em linhas, conclui-se que, no sistema plantio direto:

1. a variabilidade horizontal dos atributos de fertilidade do solo não se relaciona com os teores no solo e tempo de cultivo;
2. a variabilidade é baixa para matéria orgânica, pH em água e índice SMP e alta para potássio e fósforo disponíveis;
3. pequeno número de subamostras (menor do que 8) é suficiente para representar o solo, dentro dos limites de precisão preconizados (probabilidade de erro α de 0,05 e erro em relação à média de 10%) para a matéria orgânica, pH em água e índice SMP; no entanto, o número de subamostras é elevado para potássio (média 42) e fósforo (média 51);
4. o número de subamostras (20), preconizado para a coleta de amostras no sistema convencional, admite um erro de 20% em relação à média no sistema plantio direto, não altera as faixas de interpretação dos resultados e as respectivas recomendações de adubação nesse sistema.

Quadro 4. Teores médios de fósforo (Mehlich-1) em lavouras no sistema plantio direto com diferentes características, calculados com base no número de amostras simples e faixas de interpretação adotadas pela Comissão... (1995)

Modo de adubação	Tempo de cultivo	Classe de solo ⁽²⁾	n=36		n=13 ⁽¹⁾	
			Valor médio	Faixa de interpretação ⁽³⁾	Valor médio	Faixa de interpretação ⁽³⁾
	anos		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
Lanço	6	2	12,5	Suficiente	10,7	Suficiente
Lanço	9	2	36,1	Suficiente	43,6	Suficiente
Linha	3	3	19,9	Suficiente	18,7	Suficiente
Linha	3	2	5,0	Baixo	4,6	Baixo
Linha	5	3	6,4	Baixo	5,6	Baixo
Linha	7	2	14,2	Suficiente	17,9	Suficiente
Linha	10	1	20,9	Suficiente	20,9	Suficiente
Linha	12	1	38,0	Suficiente	36,5	Suficiente

⁽¹⁾ Calculado pela equação $n = [t_{\alpha} \cdot CV]/e^2$, sendo n o número de subamostras retiradas aleatoriamente das 36 amostras simples, CV o coeficiente de variação das 36 amostras simples, t o valor da tabela do teste t para $\alpha = 0,05$ e $e = 20\%$ em relação à média. ⁽²⁾ Classe 1, solo com mais de 55% de argila; Classe 2, solos entre 41 a 55% de argila; Classe 3, solos entre 26 a 40% de argila. ⁽³⁾ Interpretação dos resultados para as classes de solo, considerando o teor de argila. Classe 1, faixa suficiente: > 6,0 mg kg⁻¹ de P no solo; Classe 2, faixa baixo: 3,1-6,0 mg kg⁻¹ de P no solo, faixa suficiente: > 9,0 mg kg⁻¹ de P no solo; Classe 3, faixa baixo: 4,1-9,0 mg kg⁻¹ de P no solo, faixa suficiente: > 14,0 mg kg⁻¹ de P no solo.

LITERATURA CITADA

- ANGHINONI, I. & SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J., ed. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 1998. p.27-52.
- ANGHINONI, I. & VOLKWEISS, S.J. Recomendações de uso de fertilizantes no Brasil. In: ESPINOSA, W. & OLIVEIRA, A.J. SIMPÓSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1984. p.179-204.
- BAYER C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado)
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - CFSRS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA/CNPT, 1995. 224p.
- COUTO, E.G. Variabilidade espacial de propriedades do solo influenciadas pela agricultura em escala regional e local no sul do estado do Mato Grosso. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 183p. (Tese de Doutorado)
- DAVIS, J.G.; HOSSNER, L.; WILDING, L.P. & MANU, A. Variability of soil chemical properties in two sandy Dunal soil of Niger. *Soil Sci.*, 159:321-330, 1995.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A.; PORTELLA, J.A.; VOSS, M.; BEN, J.R.; BERTON, A.L.; MELO, I.B. & CIPRANDI, M.A.O. Projeto Metas - Um caso de sucesso na aplicação do modelo de pesquisa e desenvolvimento. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - MANEJO SUSTENTÁVEL DO SOLO, 2., Santa Maria. 1998. Resumos Expandidos. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 1998. p.263-268.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- FARIAS, A.D. & FERREIRA, T.N. Expansão do sistema plantio direto no Rio Grande do Sul. *Inf. EMATER - RS*, 8:1-3, 1997.
- JAMES, D.W. & DOW, A.I. Source and degree of soil variation in the field: the problem of sampling for soil test and estimating soil fertility status. Washington, 1972. 749p. (Agricultural Experiment Station Bulletin)
- KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Phosphate uptake and corn root distribution as affected by fertilizer placement and soil tillage. *Agronomy-Trends in Agril. Sci.*, 1:111-115, 1993.
- KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo, afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:395-401, 1995.
- KRAY, C.H.; SALET, R.L. & ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal e amostragem dirigida do solo no sistema plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 6p. (Relatório de Pesquisa)
- OLSEN, S.R. & SOMMERS, L.E. Phosphorus. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R. Chemical and microbiological properties. 2. ed. Madison, Soil Science Society of America, 1982. p.403-427.
- PETERSEN, R.G. & CALVIN, L.D. Sampling. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis: part 1. Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.33-51.
- SALET, L.R.; KRAY, C.H.; FORNARI, T.G.; CONTE, E.; KOCHHANN, R.A. & ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal e amostragem de solo no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., Lages, 1996. Resumos Expandidos. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 1996. p.74-76.
- SANTOS, H.L. & VASCONCELLOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 11:97-100, 1987.
- SCHLINDWEIN, J.A.; SALET, L.R. & ANGHINONI, I. Variabilidade dos índices de fertilidade do solo no sistema plantio direto e coleta de amostras representativas de solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, Caxambú, 1998. Resumos. Caxambú, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.265.
- SOLLINS, P.; HOMANN, P. & CALDWELL, B.A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Elsevier Sci.*, 74:65-105, 1996.
- SOUZA, D.G.M. & VOLKWEISS, S.J. Efeito residual do superfosfato triplo aplicado em pó e em grânulos. *R. Bras. Ci. Solo*, 11:141-146, 1987.
- SOUZA, L.S. Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. 102p. (Tese de Doutorado)
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5)
- WIETHÖLTER, S. Controle de qualidade de análises de solo da ROLAS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.
- WIETHÖLTER, S.; BEN, J.R.; KOCHHANN, R. & PÖTTKER, D. Fósforo e potássio no solo no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J., ed. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 1998. p.121-149.