

## AMOSTRAGEM DE SOLO EM ÁREA COM ADUBAÇÃO FOSFATADA APLICADA A LANÇO E NO SULCO DE PLANTIO <sup>(1)</sup>

C. A. VASCONCELLOS<sup>(2)</sup>, H. L. dos SANTOS<sup>(2)</sup>, A. F. C. BAHIA FILHO<sup>(2)</sup>,  
A. C. OLIVEIRA<sup>(2)</sup> & E. B. PACHECO<sup>(2)</sup>

### RESUMO

Visando estudar o procedimento de amostragem de solo para determinação do teor de fósforo disponível pelo método de Mehlich, utilizou-se um experimento de milho que havia recebido diferentes níveis de adubação fosfatada a lanço e no sulco de plantio em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, fase cerrado. Nos dois anos de duração do ensaio, após a colheita do milho e antes da aração e gradeação do terreno, foram retiradas de cada tratamento, dez amostras simples nas entrelinhas e dez nos sulcos de plantio na parcela útil com 8 m<sup>2</sup> para compor amostras das entrelinhas e do sulco. Dessas amostras, formaram-se amostras compostas com diferentes porcentagens (em peso) da terra proveniente dos sulcos de plantio e das entrelinhas. No segundo ano do ensaio, o mesmo procedimento foi efetuado após a aração e gradeação do terreno. Quando o solo foi amostrado antes do preparo mecânico, os teores de fósforo disponível, tanto no primeiro como no segundo ano, variaram com a adubação a lanço, com a adubação no sulco de plantio e com as diferentes porcentagens de mistura da terra. Após o preparo mecânico do solo, foi observada diferença significativa no teor de fósforo disponível apenas quando a adubação foi efetuada a lanço. Constatou-se também que o fósforo extraído variou linearmente com a terra proveniente do sulco de plantio, dentro de cada nível de adubação a lanço, e que os maiores valores de P foram obtidos com as amostras tomadas só no sulco de plantio. Nas condições deste trabalho, sugere-se que as amostras de solo sejam tomadas após a aração e gradagem.

### SUMMARY: SOIL SAMPLING ON AREAS WITH PHOSPHORUS FERTILIZER BROADCASTING AND IN THE PLANTING ROW

*This trial was conducted to study soil sampling procedures to estimate available phosphorus in a Dark Red Latosol from cerrado area by North Caroline tractor. Different combinations of broadcasting and banding phosphorus, applied as triple superphosphate, were used. During two years of experimentation, after corn harvest and before plow, soil from the planting row and from between rows were combined at different percent (W/W) to estimate the P availability. It was collected one composite soil sample obtained from ten simple cores between rows and ten in the row in each experimental plot which was 8 m<sup>2</sup>. In the second year the soil sampling followed the same pattern after plow and disking.*

*Phosphorus availability in soil samples which were taken before plowing and disking was dependent on methods of P application and on sampling procedures. Increasing the proportion of soil from the planting row, the available P increased linearly as P banded applied increased.*

*The highest P values were noted for samples that were taken from the planting row. However, for soil samples which were taken after soil preparation, differences in P availability were noted only for broadcasting P application.*

*Variation on soil P availability was greater after plowing than before, but less affected by the percentage of soil which were taken from the planting row.*

### INTRODUÇÃO

Ao se elaborar trabalho de calibração da análise do solo para o estabelecimento de níveis de adubação, é necessário modificar, através da fertilização química, os níveis dos elementos a serem estudados.

O fósforo, um dos nutrientes essenciais à nutrição mineral das plantas, sendo adsorvido na superfície dos colóides do solo, passa, rapidamente, para formas insolúveis, impossibilitando sua pronta recuperação por extratores de ácidos fracos como o Carolina do Norte, ou de base fraca

(1) Trabalho apresentado na XIII Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, Londrina (PA). Recebido para publicação em junho de 1981 aprovado em junho de 1982.

(2) Pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo CNPMS/EMBRAPA — 35.700 — Sete Lagoas (MG).

como o Olsen. Essa recuperação segue uma relação direta com a quantidade do fósforo aplicado.

Por outro lado, aliado à adubação aplicada a lanço, torna-se necessário quantificar os melhores níveis da fertilização no sulco de plantio. É dentro do manejo de adubação (lanço e sulco) que surgem dificuldades para a amostragem do solo, necessária na elaboração de tabelas que irão orientar a recomendação de fertilizantes com base na análise química do solo.

Quando o solo não recebeu adubação no sulco de plantio, as especificações técnicas para a amostragem minimizam o erro oriundo da variação natural dos elementos. Conforme Catani et alii (1954), são necessárias três amostras compostas, cada uma formada de vinte amostras simples, em glebas uniformes, de cinco hectares aproximadamente.

Após as adubações convencionais no sulco de plantio, há aumento da heterogeneidade do terreno. Neste caso, a quantidade de amostras simples retiradas nas entrelinhas e nos sulcos de plantio irá determinar a fertilidade de solo amostrado.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar as variações do fósforo disponível, obtido pelo extrator de Mehlich em amostras de solo cultivado com milho e fertilizado com diferentes níveis de adubação fosfatada aplicada a lanço e no sulco de plantio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em uma área de relevo suave ondulado caracterizado como Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, fase cerrado, no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, cujas características químicas iniciais foram pH = 4,9;  $Ca^{2+} + Mg^{2+} = 1,30$  meq/100 cm<sup>3</sup>; P = 3 ppm; K = 39 ppm;  $Al^{3+} = 1,9$  meq/100 cm<sup>3</sup>; matéria orgânica 3,8%. O solo recebeu 5 t de calcário dolomítico/hectare.

O delineamento experimental foi de parcelas subdivididas e três repetições. Nas parcelas, com 120 m<sup>2</sup>, distribuíram-se as adubações a lanço nos níveis de 0, 200, 400 e 800 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo. Dentro de cada um desses níveis, efetuaram-se adubações no sulco de plantio com 50, 100 e 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, também na forma de superfosfato triplo.

A cultura utilizada foi o milho Cargill 111 plantado no espaçamento de 1 m entre linhas e na densidade de 40.000 plantas/hectare. No primeiro ano, após a colheita, foram retiradas, de cada subparcela, dez amostras simples das entrelinhas e dez amostras simples dos sulcos de plantio, na área útil de 8 m<sup>2</sup>, para formar as amostras compostas de 400 g com 100% de terra das entrelinhas (EL); 75% EL e 25% do sulco de plantio (S); 50% EL e 50% S; 25% EL e 75% S, 100% S.

No segundo ano, o mesmo procedimento foi realizado antes e depois da aração e gradeação mecânica do terreno. Foram empregados arado de disco não reversível e grade leve com 24 discos. Após o preparo do terreno, estudaram-se apenas os níveis de 0 e 800 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a lanço, incluindo-se o nível zero no sulco de plantio. Neste ano, com o objetivo de verificar a variação de P no solo, retiraram-se também dez amostras simples em cada subparcela e uma amostra composta de dez amostras simples.

O fósforo disponível foi extraído pelo processo de Mehlich, conforme descrito por Vettori (1969) e a concentração determinada em fotocolorímetro após o desenvolvimento da cor azul, conforme Murphy & Riley (1962).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando o solo foi amostrado antes do preparo do terreno, os teores de fósforo obtidos pelo extrator de Mehlich, tanto no primeiro como no segundo ano, variaram com a adubação a lanço, no sulco de plantio, e com as diferentes misturas, conforme demonstrado na análise de variância no quadro 1. Após o preparo do terreno, houve diferença significativa apenas para o fósforo extraído, quando a adubação foi efetuada a lanço.

As interações significativas envolvendo o tipo de mistura com as adubações no sulco e a lanço indicam haver comportamento diferencial para os teores de fósforo "disponível". O desdobramento dessas interações significativas demonstrou que o fósforo extraído variou linearmente com a porcentagem de terra proveniente do sulco do plantio, dentro de cada nível de adubação a lanço. Os maiores valores de fósforo "disponível" foram obtidos com amostras do sulco de plantio, enquanto os menores valores foram observados em amostras tomadas nas entrelinhas.

Através dos resultados apresentados nos quadros 2 e 3, onde se observa a variação dos teores de fósforo, pode-se inferir que o ajustamento das funções de produção, que relacionam o rendimento da cultura com os níveis de fertilizantes aplicados e com os teores de fósforo no

Quadro 1. Análise de variância (teste F) para o fósforo extraído pelo método Carolina do Norte em relação ao sistema de amostragem e da adubação antes e depois do preparo do terreno

Fonte	Antes		Após	
	G. L.	F	G. L.	F
Repetição	2	1,14	2	0,06
Lanço (L)	3	33,07 **	1	42,49 *
Erro (a)	6	(45,82) <sup>(1)</sup>	(2)	(72,90)
Sulco (S)	2	4,70 *	2	2,35
L × S	6	0,90	2	0,71
Erro (b)	16	(59,24)	(7)	(66,12)
Mistura (M)	4	93,07 **	4	0,81
L × M	12	2,99 **	4	0,73
S × M	8	2,52 **	8	1,65
L × S × M	24	0,91	8	0,64
Erro (c)	96	(10,65)	(49)	(18,56)

(1) O número entre parênteses refere-se ao quadrado médio do erro.

Antes: 1º ano:  $CV_a = 56,6\%$ ;  $CV_b = 64,4\%$ ;  $CV_c = 27,3\%$ ;  
e 2º ano:  $CV_a = 85,6\%$ ;  $CV_b = 84,2\%$ ;  $CV_c = 39,0\%$ ;  
Após 2º ano:  $CV_a = 58,0\%$ ;  $CV_b = 55,3\%$ ;  $CV_c = 29,3\%$ .

**Quadro 2.** Valores médios de fósforo disponível em função das adubações no sulco de plantio e a lanço e da percentagem de mistura de terra (1º Ano)

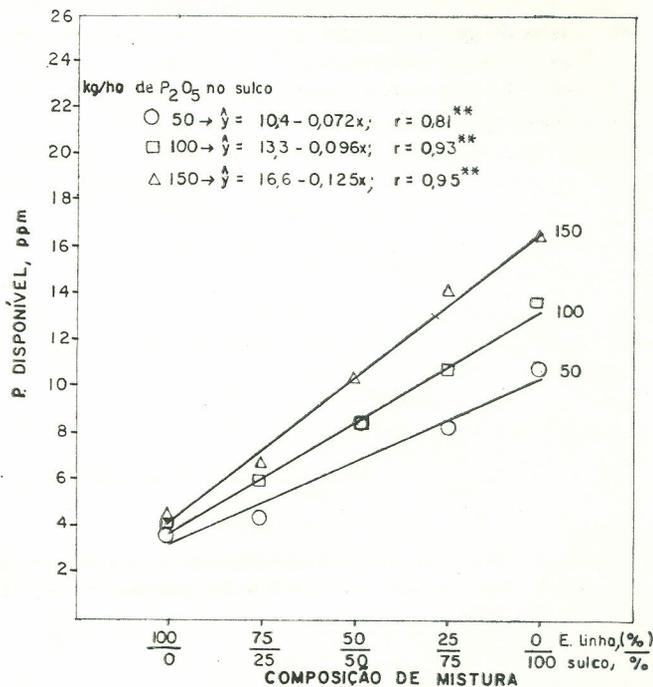
Adubação no sulco (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Terra do sulco	Adubação a lanço			
		0	200	400	800
kg/ha	%	ppm			
50	0	2,7	3,7	5,0	9,0
	25	3,3	4,3	7,3	12,3
	50	6,3	8,3	12,0	22,7
	75	6,3	8,3	12,0	22,7
	100	7,3	10,7	14,7	23,3
100	0	2,3	4,0	6,0	12,0
	25	3,0	6,0	8,7	18,0
	50	4,7	8,3	14,0	21,3
	75	6,3	10,7	18,7	25,0
	100	7,7	13,7	24,7	36,7
150	0	2,7	4,3	7,0	12,0
	25	4,3	6,7	11,3	14,0
	50	8,3	10,3	14,3	18,3
	75	14,0	14,0	21,7	21,7
	100	17,3	16,3	27,7	28,0

**Quadro 3.** Valores médios do fósforo disponível em função das adubações no sulco de plantio e a lanço e da percentagem de mistura de terra, antes e depois do preparo do terreno (2º Ano)

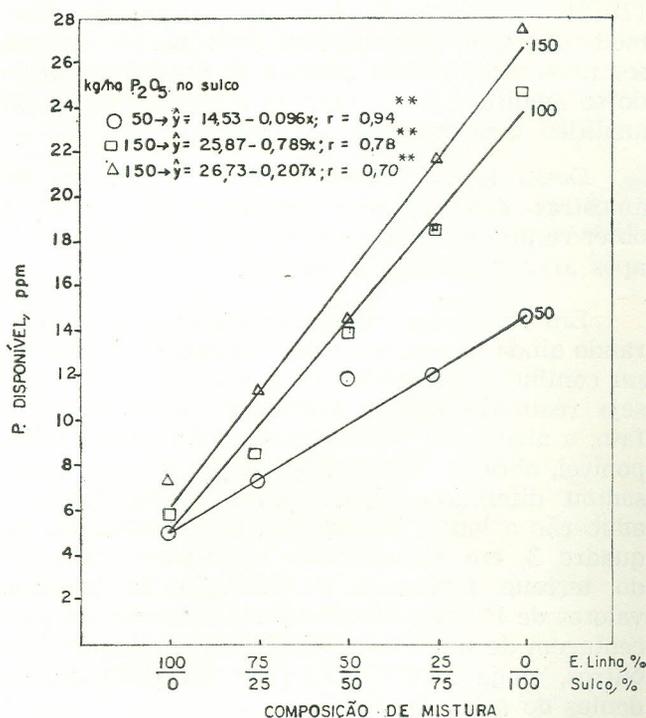
Adubação no sulco (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Terra do sulco	Adubação a lanço					
		Antes				Depois	
		0	200	400	800	0	800
kg/ha	%	ppm					
50	0	4,7	5,3	10,7	21,3	9,3	21,0
	25	6,0	7,7	12,0	21,3	8,0	18,0
	50	8,3	9,3	15,3	28,3	7,0	16,7
	75	12,3	10,3	19,0	23,7	7,3	15,7
	100	13,3	13,7	19,0	25,0	7,3	15,3
100	0	5,7	6,7	10,0	19,7	11,7	21,0
	25	10,7	8,0	12,7	22,0	10,0	18,7
	50	13,7	13,0	19,0	23,3	8,0	18,7
	75	17,0	23,3	20,0	28,0	7,0	20,7
	100	24,0	24,0	22,7	34,3	7,7	21,3
150	0	5,0	8,3	7,0	15,0	9,3	21,0
	25	11,7	14,0	17,0	26,3	8,7	19,0
	50	18,0	18,0	34,7	41,3	9,3	22,7
	75	24,3	31,0	49,3	63,3	12,0	28,3
	100	33,3	49,0	71,7	92,3	10,0	30,7

solo, poderá fornecer uma tabela de recomendação diferente para cada critério de amostragem.

Além disso, devido ao não paralelismo das retas, como mostrado nas figuras 1 e 2, haverá discrepância nos ajustamentos das equações obtidas com os teores de P no solo.



**Figura 1.** Variação do fósforo disponível em função de composição da amostra no nível 200 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a lanço.



**Figura 2.** Variação do fósforo disponível em função de composição da amostra, no nível 400 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a lanço.

A figura 3 indica a variação dos teores de fósforo disponível quando a amostragem foi efetuada somente nas entrelinhas de plantio, antes do preparo do terreno. Caso não houvesse contaminação na adubação do sulco de plantio, as equações deveriam ser representadas por única

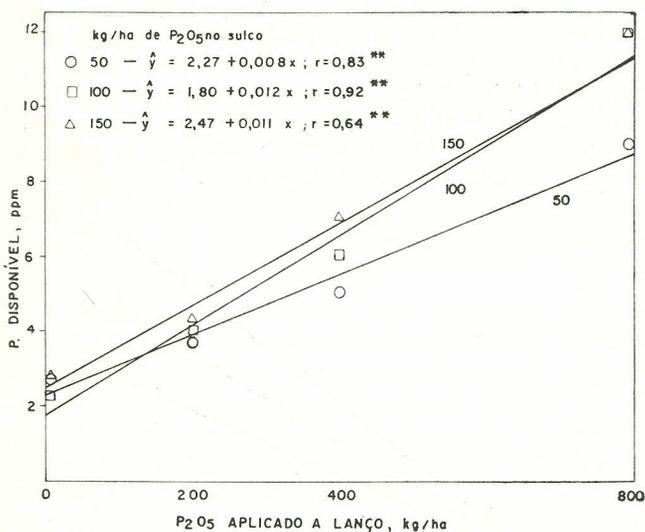


Figura 3. Variação de fósforo disponível quando amostrado apenas nas entrelinhas de plantio. — Dados do 1º ano.

reta. Dessa forma, o posicionamento da amostragem, mais distante ou mais próxima do sulco, principalmente quando a adubação é aplicada manualmente, pode afetar a determinação correta do fósforo disponível no solo. Barreto et alii (1974), trabalhando em um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico, fase terraço, constataram ser necessário grande número de amostras, quando se analisa fósforo, para se obter um resultado analítico com razoável segurança.

Dessa forma, aumentando-se o número de amostras simples, provavelmente será possível obter resultados mais satisfatórios, principalmente após arar e gradear o terreno.

Em razão dos resultados obtidos e considerando ainda que os trabalhos de calibração devem ser contínuos, sugere-se que a amostragem do solo seja realizada após a gradagem do terreno. De fato, a análise de variância dos valores de P disponível, obtidos após o preparo do terreno, apresentou diferenças significativas apenas para a adubação a lanço. Entretanto, como mostrado no quadro 3, em alguns casos o preparo mecânico do terreno favoreceu a obtenção de maiores valores de P “disponível” com o aumento da percentagem de terra nas entrelinhas de plantio. Em outros, ainda se pode observar variações dependentes do sulco de plantio.

Com os resultados analíticos de P “disponível” obtidos em amostras simples tomadas nos tratamentos com 0 e 800 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, procedeu-se à análise de variância, cujos resultados se encontram no quadro 4. Através dessa análise, verificaram-se variações significativas em função dos tratamentos estudados (lanço e interação sulco x lanço), apesar de os coeficientes de variação encontrados serem bastante elevados.

Quadro 4. Análise de variância para os teores de P “disponível” obtidos em diferentes amostras simples, coletadas após a aração e gradeação do terreno

F. Variação	G. L.	F
Repetição	2	0,57
Lanço	1	23,34 *
Erro (a)	2	—
Sulco	3	3,19
L × S	3	4,12 *
(Sulco × d/lanço 0)	3	0,64
(Sulco × d/lanço 800)	3	6,66 **
Erro (b)	12	—
Erro amostral	216	—
Total	239	—

$$CV_a = 69,78; CV_b = 107,02.$$

Quadro 5. Influência do método de aplicação e do nível de adubação fosfatada sobre o número de amostras (calculado) e sobre os valores de fósforo disponível (método de Mehlich) obtidos em amostras simples e compostas

Tratamento		Nº de amostras (n) <sup>(1)</sup>	Média de 10 amostras simples	Média de 3 amostras compostas
Lanço	Sulco			
— kg/ha —			— ppm —	
0	0	4	3,6	4,0
	50	64	7,3	11,0
	100	46	7,2	12,7
	150	33	6,3	7,6
800	0	105	15,7	17,6
	50	30	12,8	21,3
	100	49	11,4	24,0
	150	76	23,9	21,0

(1) Os valores de s (desvio padrão) foram calculados, eliminando-se o efeito de repetição.

As adubações no sulco de plantio apresentaram efeitos significativos para o P “disponível” quando se usaram 800 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

Desdobrando-se os graus de liberdade para o erro amostral apresentado no quadro 4, não se constataram tendências quanto aos tratamentos em aumentar ou diminuir este erro. Através da variação das médias obtidas em amostras simples e compostas (quadro 5), pode-se verificar que os valores de P “disponível”, mesmo após a aração e gradeação do terreno, ainda podem apresentar influência das adubações no sulco de plantio, ou seja, em alguns pontos o adubo permanece no próprio sulco, ou distribuídos ao acaso, nas entrelinhas de plantio.

Através da fórmula descrita por Petersen & Calvin (1965),  $n = t^2 S^2 D^2$ , onde n é o número de amostras, S o desvio padrão, D o limite de erro (tomado como 2 ppm) e, o t, valor t de Student

com  $(n - 1)$  graus de liberdade a 95% de probabilidade, obtiveram-se os valores de  $n$  constantes no quadro 5. Através desses dados, verifica-se, também, haver discrepância nas respostas entre tratamentos, reforçando a hipótese da presença de pontos complementares diferentes quanto aos teores de "fósforo disponível". A essas observações deve-se, também, considerar os erros oriundos da própria análise do elemento no laboratório e observar que as amostras compostas forneceram resultados diferentes, na maioria dos tratamentos, daqueles apresentados pela média das amostras simples. De qualquer forma, apesar das variações no teor de P disponível, tanto nas amostras simples quanto nas compostas, sugere-se que as amostras de solo sejam tomadas após a aração e gradeação do terreno.

### CONCLUSÕES

Os resultados encontrados permitiram concluir que o teor de fósforo disponível, obtido pelo extrator de Mehlich, é influenciado pela adubação no sulco de plantio. O fósforo extraído variou linearmente com a quantidade de terra prove-

niente do sulco de plantio, dentro de cada nível de adubação a lanço. A amostragem de solo, em áreas com adubação no sulco de plantio, quando efetuada após o preparo mecânico do terreno (aração e gradeação) pode minimizar o erro amostral ocasionado pela concentração do fertilizante fosfatado.

### LITERATURA CITADA

- BARRETO, A. C.; NOVAIS, R. F.; BRAGA, J. M. Determinação estatística do número de amostras simples de solo por área para avaliação de sua fertilidade. *R. Ceres*, 21(114):142-147, 1974.
- CATANI, R. A.; GALLO, J. R.; GARGANTINI, H. Amostragem de solo para estudos de fertilidade. *Bragantia*, 14(3):19-26, 1954.
- MURPHY, J. & RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta*, 27:31-36, 1962.
- PETERSEN, R. G. & CALVIN, L. D. Sampling. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER, L. E.; CLARCK, F. E. *Methods of soil analysis*. Madison, Am. Soc. Ag., Inc., 1965. p. 54-72.
- VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7)

