

DETERMINAÇÃO DAS VÁRIAS FORMAS DE FÓSFORO EM TORTAS DE FILTRO ROTATIVO

M.E.Mattiazzo-Prezotto*
N.A.da Glória*

RESUMO: São descritos métodos analíticos visando a determinação das várias frações de fósforo presente em tortas de filtro rotativo. Essas frações podem ser classificadas de acordo com a sua solubilidade em diversos extratores, a saber: água, solução de ácido cítrico a 2%, solução neutra de citrato de amônio, solução de ácido sulfúrico 0,5 N.

Também é apresentada a descrição da metodologia necessária para a determinação do teor total de fósforo por via seca e para a determinação de fósforo orgânico.

Todas as determinações foram feitas por métodos colorimétricos, adaptando-se os reativos de acordo com a sensibilidade desejada.

A forma predominante foi a inorgânica, com os teores variando de 2,3 a 0,8% dependendo da origem e período da safra.

Conclui-se que o melhor procedimento é a análise da torta na sua condição natural (úmida) com o fósforo sendo extraído com solução de ácido cítrico a 2%.

Termos para indexação: tortas de filtro, fósforo, métodos colorimétricos de análise.

* Departamento de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - 13.400 - Piracicaba, SP.

ANALYTICAL METHODS FOR PHOSPHORUS DETERMINATION IN FILTER CAKE

ABSTRACT: This paper describes analytical methods for determining the various phosphorus fractions in filter cake. These fractions can be classified as to their solubility in several extractants: water; 2% citric acid; neutral ammonium citrate; 0,5 N sulfuric acid. All procedures employed colorimetric methods, using the reagents according to the needed sensitivity. The methodology for the determination of total phosphorus after a dry solubilization procedure is described as well as the methodology for organic phosphorus determination. The inorganic phosphorus predominate in the samples with a range of 2,3 to 0,8%, depending on the origin and harvesting period. The best procedure was the analysis of the cake in its natural condition (moist cake) using the extraction by 2% citric acid solution.

Index terms: filter cake; phosphorus; analytical methods for analysis; colorimetric methods of analysis.

INTRODUÇÃO

A fertilização do solo através da utilização racional da torta de filtro já tem seu uso difundido no Brasil e embora a torta de filtro apresente teor apreciável de nitrogênio, cálcio e micronutrientes (GLORIA *et alii*, 1974a), o fósforo é o macronutriente primário que usualmente aparece em maior concentração. Dessa maneira, com a utilização da torta, procura-se substituir total ou parcialmente o fósforo proveniente do fertilizante mineral (COLETTI *et alii*, 1980), COLETTI *et alii*, 1982; ALONSO *et alii*, 1984; SILVA *et alii*, 1984).

Para uma adequada avaliação do potencial

fertilizante da torta de filtro comparada aos fertilizantes fosfatados tradicionais torna-se necessária a adaptação de uma metodologia analítica que possibilite essa comparação.

A fim de situar melhor a questão dos diferentes extratores para fósforo usados nas diferentes determinações, convém fazer algumas considerações acerca do comportamento do fósforo.

O fósforo é um elemento que se caracteriza por aparecer nos compostos sempre como ânion e por formar compostos de baixa solubilidade. Com relação à forma do ânion presente, pode-se ter, em função do pH do meio: $H_2PO_4^-$; HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} .

Com relação a solubilidade pode-se dizer que à exceção dos fosfatos metais alcalinos, fosfatos de amônio e fosfatos diácidos de cálcio e magnésio, todos os demais fosfatos são de muito baixa solubilidade. De acordo com CHANG & JACKSON (1957) dentre as formas pouco solúveis de fósforo, as formas ligadas ao cálcio são as que apresentam melhor solubilidade.

O uso da água como extrator é capaz de solubilizar apenas aquelas já citadas, formas solúveis de fósforo.

A solução de ácido cítrico 2%, utilizada como solução extratora, é capaz de solubilizar, além das formas de fósforo solúveis em água, formas de baixa solubilidade ligadas ao cálcio (ALCARDE, 1979).

A solução neutra de citrato de amônio é capaz de solubilizar, além das formas de fósforo solúveis em água, formas de baixa solubilidade ligadas ao ferro e alumínio (ALCARDE, 1979).

A determinação do fósforo inorgânico total pode ser feita com uma solução 0,5 N de H_2SO_4 (GLÓRIA *et alii*, 1974b).

A determinação conjunta de todas as formas de fósforo presente na torta (inclusive a orgânica) deve

ser feita por via seca e adiante será descrita a metodologia necessária para esse fim, de acordo com GLÓRIA *et alii* (1974b).

O fósforo orgânico aparece quando se faz a diferença entre o fósforo total e o fósforo inorgânico total.

O objetivo do presente trabalho é a descrição de uma metodologia analítica visando a adequada avaliação da torta de filtro como fertilizante fosfatado; o suporte a essa adaptação foi obtido de ALCARDE (1984).

MATERIAL E MÉTODOS

A) Reativos

Soluções padrão de fósforo contendo 100 e 10ppm de P.

- Pesar 0,4387g de KH_2PO_4 seco à 110°C por 2 horas, transferir para balão volumétrico de 1000ml, acrescentar cerca de 500ml de água destilada, a 5ml de ácido sulfúrico concentrado e completar o volume com água destilada e homogeneizar. Esta solução contém 100ppm de P. Por diluição desta com água destilada foi preparada a solução contendo 10ppm de P.

Solução sulfo-bismuto molíbdica (para determinação do fósforo solúvel em água)

- Diluir 150ml de H_2SO_4 concentrado em aproximadamente 400ml de água destilada e deixar esfriar. Adicionar 2,0g de subcarbonato de bismuto e agitar a solução para dissolver o sal. Aquecer cerca de 100ml de água destilada à $80-90^\circ\text{C}$ e dissolver aos poucos 20,0g de molibdato de amônio. Esfriar e reunir as duas soluções num balão volumétrico de 1 litro. Completar o volume e homogeneizar.

Solução sulfo-bismuto molíbdica para determinação do fósforo solúvel em solução neutra de citrato de amônio.

- A preparação desse reativo é semelhante à descrita para determinação do fósforo solúvel em água com a diferença que deve-se usar 3,0g de subcarbonato de bismuto e 40,0g de molibdato de amônio.

Solução de ácido ascórbico 3% (p/v)

- Pesar 3,0g de ácido ascórbico e diluir a 100ml com água destilada. Uma solução de ácido ascórbico não se conserva por muito tempo, razão pela qual não se deve prepará-la com muita antecedência.

Soluções de ácido cítrico a 10 e 2% (p/v)

- Pesar 10,0g de ácido cítrico p.a. cristalizado e diluir a 100ml com água destilada. Por diluição desta, com água destilada preparar a solução a 2% (p/v). Para preservar a solução acrescentar cerca de 100mg de timol por litro.

Solução neutra de citrato de amônio 0,88 M e densidade 1,09

- Dissolver 370,0g de ácido cítrico cristalizado em 1,5 litros de água destilada. Adicionar 345ml de solução de hidróxido de amônio (28-29% NH_3). Esfriar e ajustar o pH a 7,0 com solução de NH_3 1,5 M ou com solução de ácido cítrico a 10%. Determinar a densidade que deve ser de 1,09 à 20°C, adicionando água destilada se necessário. Essa solução deve ser guardada em frasco hermeticamente fechado e ter seu pH verificado semanalmente. Acertar o pH quando necessário.

Solução neutra de citrato de amônio 0,18 M

- Diluir 100,0ml da solução de citrato de amônio 0,88 M com 500ml de água destilada.

Solução vanadomolibdica (para determinação do fósforo inorgânico total)

- Dissolver 20,0g de molibdato de amônio em cerca de 400ml de água destilada à 80-90°C e deixar esfriar. Dissolver 1,0g de metavanadato de amônio em cerca de 200ml de água destilada à 80-90°C, esperar esfriar e

adicionar 180ml de HNO_3 p.a. concentrado. Adicionar a solução de metavanadato e de molibdato, aos poucos e agitando. Transferir para balão volumétrico de 1 litro e completar o volume com água destilada.

Solução vanadomolibdica (para determinação do fósforo solúvel em ácido cítrico a 2%)

- Preparar de forma semelhante à descrita para fósforo inorgânico total, com a diferença que deve-se usar 30,0g de molibdato de amônio e 1,5g de metavanadato de amônio.

B) Métodos

Determinação do fósforo solúvel em água pelo método do azul de molibdênio

1. Obtenção da curva padrão

a) Transferir 0; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0ml da solução padrão 10ppm P para balões volumétricos de 50,0ml.

b) Adicionar 5ml do reativo sulfo-bismuto-molibdico e 1ml de ácido ascórbico 3%. Completar o volume com água destilada e homogeneizar. Fazer a leitura a 640nm ou usar colorímetro com filtro vermelho (60-64).

2. Preparo do extrato

a) Transferir 1,000g de torta úmida (ou 0,500g de torta seca) para erlenmeyer de 250-300ml. Adicionar 125ml de água destilada e agitar a 220rpm por 1 hora*.

* A determinação pode ser feita utilizando-se 0,500g de amostra seca (70°C até peso constante) e moída (moinho Wiley, peneira 20). Para se fazer a determinação nas amostras úmidas o material após homogeneização foi cortado com tesoura.

b) Centrifugar a suspensão e filtrar através de papel de filtro Whatman nº 1 para "snap-cap" limpo e seco**.

Determinação do fósforo solúvel em solução neutra de citrato de amônio pelo método do azul de molibdênio***.

1. Obtenção da curva padrão

a) Transferir 0; 0,25; 0,5; 1,0; 3,0 e 4,0ml da solução padrão 10ppm P para balões volumétricos de 50ml. Adicionar a todos os balões 10,0ml de solução neutra de citrato de amônio 0,18 M e \pm 20,0ml de água destilada.

b) Adicionar 10,0ml do reativo sulfo-bismuto-molibdico, 1ml de ácido ascórbico 3% e completar o volume.

c) Esperar cerca de meia hora para o completo desenvolvimento da cor e fazer a leitura da Absorbância em colorímetro com filtro vermelho (60-64) ou no comprimento de onda de 640nm. Acertar o zero do aparelho com solução branca.

** As suspensões devem ser centrifugadas antes de serem filtradas em virtude das partículas da torta tanto úmida quanto secas entupirem os poros do papel de filtro tornando impossível uma filtragem adequada.

*** Devido à interferência do ácido cítrico e do citrato de amônio na formação do composto colorido as quantidades dos reativos sulfo-bismuto-molibdico e vanadomolibdico devem ser rigorosamente as indicadas, bem como se deve observar sempre a concordância entre as alíquotas do extrato a ser analisado e a quantidade de ácido cítrico ou citrato de amônio presente nas soluções utilizadas no preparo da curva padrão.

2. Preparo dos extratos

1) Transferir 1,000g da amostra úmida para copo de 100ml (ou 0,500g da amostra seca e moída). Acrescentar 25,0ml de solução neutra de citrato de amônio, cobrir com vidro de relógio, aquecer até início da ebulição e deixar por 10 minutos.

2) Adicionar 50,0ml de água destilada, homogeneizar a suspensão com bastonete. Centrifugar a suspensão e filtrar através de papel de filtro Whatman nº 1 para "snap-cap" limpo e seco.

3) Retirar uma alíquota de 5,0ml do extrato e transferir para balão volumétrico de 50,0ml.

4) Prosseguir conforme itens b c e da obtenção da curva padrão.

Determinação do fósforo solúvel em solução de ácido cítrico a 2% pelo método do amarelo de molibdênio

1. Obtenção da curva padrão

a) Transferir 0,0; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0ml da solução padrão contendo 100ppm P para balões volumétricos de 50,0ml. Adicionar a todos os balões 10,0ml de solução de ácido cítrico 2%.

b) Adicionar 25,0ml de solução vanadomolíbdica, completar o volume com água destilada, homogeneizar e esperar aproximadamente 10 minutos para o completo desenvolvimento da cor. Determinar a Absorbância da solução em colorímetro com filtro azul (42) ou no comprimento de onda de 420nm, acertando o zero do aparelho com a solução branco.

2. Preparo dos extratos

1) Transferir 1,000g do material úmido para erlenmeyer de 250ml seco (ou 0,5000g da amostra seca e moída).

2) Adicionar 50ml de ácido cítrico 2% à temperatura ambiente, tampar o frasco e colocá-lo em agitador tipo Wagner (com regulagem para 30-40rpm) por 30 minutos.

3) Centrifugar imediatamente a 300-400rpm por 15 minutos e transferir filtrando através de papel de filtro Whatman nº 1, para frascos "snap-cap" secos.

4) Transferir 10,0ml do extrato para balão volumétrico de 50ml, adicionar cerca de 20,0ml de água destilada.

5) Proceder conforme item b da obtenção da curva padrão.

Determinação do fósforo inorgânico total pelo método do amarelo de molibdênio

1. Obtenção da curva padrão

a) Transferir 0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0ml de solução padrão 100ppm P para balões volumétricos de 50,0ml e adicionar à cada balão 10,0ml de H_2SO_4 0,5 N.

b) Adicionar 10,0ml do reativo vanadomolibdico, completar o volume, homogeneizar e esperar 10 minutos para o completo desenvolvimento da cor. Fazer a leitura em colorímetro com filtro azul (42) ou no comprimento de onda de 420nm. Acertar o zero do aparelho com a solução branco.

2. Preparo dos extratos

1) Pesar 2,000g da torta úmida (ou 1,000g de torta seca e moída) e transferir para erlenmeyer de 250-300ml. Acrescentar 100ml de H_2SO_4 0,5 N e agitar a 220rpm por 3 horas. Centrifugar e filtrar a suspensão através de papel de filtro Whatman nº 1, para frasco "snap-cap" seco.

2) Retirar alíquota de 10,0ml do extrato, adicionar cerca de 20ml de água destilada e proceder conforme

item 2 da obtenção da curva padrão.

Determinação do fósforo total pelo método do amarelo de molibdênio

1. Obtenção da curva padrão

a) Transferir 0,0; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0ml da solução padrão contendo 100ppm P para balões volumétricos de 50ml. Acrescentar água destilada até se obter um volume de aproximadamente 25ml em cada balão.

b) Adicionar a todos os balões 1 gota de fenolftaleína e ir neutralizando com NH_3 (1 + 3) até viragem do indicador.

c) Acrescentar 10,0ml do reativo vanadomolibdico. Completar o volume com água destilada e homogeneizar a solução. Esperar 10 minutos para o completo desenvolvimento da cor e fazer a leitura da absorbância em colorímetro com filtro azul (42) ou no comprimento de onda de 420nm. Acertar o zero do aparelho com a solução branco.

2. Preparo dos extratos

1) Pesar 2,000g de torta úmida (ou 1,000g de amostra seca e moída), transferir para cápsula de porcelana e incinerar a 550-600°C por 2 horas.

2) Retirar da mufla, deixar esfriar e acrescentar 10ml de solução de HCl (1 + 1). Colocar em banho-maria até secar e em seguida acrescentar 10,0ml de HCl concentrado. Deixar secar novamente.

3) Acrescentar 25,0ml de HCl 2N e filtrar através de papel de filtro Whatman nº 1, para balão volumétrico de 100,0ml, lavando a cápsula e o papel de filtro com 5 x 10,0ml de HCl (1 + 9). Completar o volume com água destilada e homogeneizar a solução.

4) Retirar alíquota de 25,0ml do extrato, transferir para balão volumétrico de 50,0ml e proceder conforme itens 2 e 3 da obtenção da curva padrão.

Fósforo Orgânico

O teor do fósforo orgânico será obtido pela diferença:

$$P \text{ total} - P \text{ inorgânico total}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram feitas determinações das várias formas de fósforo presente em tortas de filtro provenientes de 5 usinas e 1 destilaria, em vários períodos da safra. O modo de obtenção dessas amostras pode ser encontrada em MATTIAZZO & GLÓRIA, 1987. Na Tabela 1 estão algumas características dessas tortas, incluindo-se aí a umidade.

Os resultados obtidos para as várias formas de fósforo bem como, erro padrão da média e coeficiente de variação dos resultados podem ser vistos na Tabela 2.

Dentre as formas de fósforo avaliadas, os teores mais baixos foram os de P solúvel em água.

As determinações de fósforo solúvel em ácido cítrico 2% feitas com o material úmido foram sistematicamente maiores do que quando as determinações foram feitas com o material seco, ocorrendo o inverso na extração com citrato de amônio, isto é, os resultados são sistematicamente maiores quando as determinações são feitas nas amostras secas. Isto nos conduz à hipótese de que a secagem drástica da torta leva uma retrogradação das formas mais solúveis de fósforo, indicando que essa avaliação deve ser feita com as amostras úmidas.

O teor de fósforo orgânico presente na torta de filtro variou numa proporção maior ou menor do fósforo total em função do processamento da cana para açúcar ou

Tabela 1. Algumas características das tortas de filtro utilizadas na determinação das diferentes formas de fósforo (1)

Procedência	Período da safra(2)	Umidade	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica	Nitrogênio protéico	Sílica (SiO ₂)
Us.da Pedra	Início (6)	74,33 ± 0,34	30,20 ± 1,31	74,58 ± 0,88	1,51 ± 0,03	9,35 ± 0,45
	C.V.	1,12	10,64	2,90	5,39	11,81
	Meio (7)	75,21 ± 0,96			1,79 ± 0,08	7,52 ± 0,40
	C.V.	3,39			12,32	14,12
Fim (9)	Início (9)	72,84 ± 1,28	27,28 ± 0,64	73,12 ± 2,00	1,33 ± 0,09	10,86 ± 0,79
	C.V.	5,27	7,07	8,22	10,46	21,96
Us.Sta.Elisa	Início (7)	77,06 ± 1,00			1,04 ± 0,04	6,83 ± 0,85
	C.V.	3,44			10,84	32,90
	Meio (7)	76,34 ± 1,79			1,20 ± 0,04	9,93 ± 0,61
	C.V.	6,21			8,05	18,19
Fim (8)	Início (8)	76,23 ± 0,48	27,29 ± 0,56	75,15 ± 0,88	0,67 ± 0,04	8,45 ± 0,81
	C.V.	1,79	5,76	3,33	18,59	27,12
Dest.M.B.	Início (7)	74,34 ± 0,79			1,40 ± 0,07	5,76 ± 0,51
	C.V.	2,80			12,93	23,24
	Meio (7)	71,49 ± 0,74			1,67 ± 1,08	8,47 ± 0,64
	C.V.	2,72			12,79	19,84
Fim (7)	Início (7)	74,93 ± 0,75	28,39 ± 0,87	77,09 ± 0,23	1,08 ± 0,08	7,54 ± 1,06
	C.V.	2,66	8,09	10,05	19,55	37,21
Us.da Barra	Início (8)	78,48 ± 0,24	31,79 ± 0,84	83,48 ± 0,41	1,73 ± 0,01	4,97 ± 0,17
	C.V.	0,87	7,50	1,40	1,95	9,41
	Meio (7)	75,60 ± 0,25			1,34 ± 0,04	12,60 ± 0,74
	C.V.	0,89			7,43	15,46
Fim (6)	Início (6)	76,72 ± 0,35	28,38 ± 0,88	70,73 ± 1,10	1,29 ± 0,04	12,30 ± 0,91
	C.V.	1,12	7,56	3,82	7,71	18,06
Us. Iracema	Início (7)	75,59 ± 0,35	30,68 ± 0,78	81,34 ± 1,23	1,10 ± 0,09	7,24 ± 0,63
	C.V.	1,21	6,25	4,00	22,47	22,92
	Fim (7)	72,83 ± 0,69			0,97 ± 0,05	14,65 ± 1,46
	C.V.	2,49			13,35	26,38
Us.Sta. Barbara	Início (8)	77,46 ± 0,60	29,32 ± 1,10	83,90 ± 1,10	1,12 ± 0,07	5,39 ± 0,62
	C.V.	2,20	10,63	3,72	16,46	30,63
Fim (6)	Início (6)	81,13 ± 0,32			1,25 ± 0,05	10,60 ± 0,52
	C.V.	0,98			10,52	11,92

(1) Dados extraídos de MATTIAZZO & GLÓRIA (1987)

(2) Entre parênteses o número de amostras compostas analisadas no período.

Tabela 2. Valores médios das determinações de fósforo em amostras de torta de filtro de varias procedências e em diferentes períodos da safra(1)

Procedência	Período da safra(2)	Água Úmida(3)		Ácido cítrico(4)		Citrato de Amônio(3)		H ₂ SO ₄ 0,5N(4)		Total(4)		Orgânico(4)	
		Úmida(3)	Seca(4)	Úmida(3)	Seca(4)	Úmida(3)	Seca(4)	Seca(4)	Seca(4)	Seca(4)	Seca(4)	Seca(4)	Seca(4)
Us. da Pedra	Inicio (6)	0,09 ± 0,01	1,42 ± 0,08	1,65 ± 0,11	0,38 ± 0,02	0,10 ± 0,02	1,54 ± 0,11	1,67 ± 0,10	1,54 ± 0,11	1,67 ± 0,10	1,67 ± 0,10	1,16 ± 0,08	1,30 ± 0,04
	C.V.	38,88	14,13	16,05	15,58	62,16	17,20	14,05	17,20	14,05	17,20	130,04	130,04
	Meio (7)	0,20 ± 0,10	1,80 ± 0,10	2,16 ± 0,14	0,73 ± 0,04	0,26 ± 0,03	1,79 ± 0,15	2,02 ± 0,12	2,02 ± 0,12	1,79 ± 0,15	2,02 ± 0,12	0,26 ± 0,05	0,26 ± 0,05
Us. Sta. Elisa	C.V.	130,17	15,68	16,94	18,84	34,01	22,39	15,66	22,39	15,66	22,39	54,70	54,70
	Fim (9)	0,07 ± 0,02	0,39 ± 0,13	0,81 ± 0,21	0,09 ± 0,03	0,15 ± 0,04	0,62 ± 0,14	0,91 ± 0,12	0,62 ± 0,14	0,91 ± 0,12	0,91 ± 0,12	0,31 ± 0,05	0,31 ± 0,05
	C.V.	99,19	96,52	77,50	108,04	69,51	67,15	40,84	67,15	40,84	67,15	53,80	53,80
Dest. M.B.	Inicio (7)	0,10 ± 0,02	0,47 ± 0,14	0,65 ± 0,13	0,10 ± 0,05	0,04 ± 0,02	0,49 ± 0,12	0,80 ± 0,08	0,49 ± 0,12	0,80 ± 0,08	0,80 ± 0,08	0,31 ± 0,05	0,31 ± 0,05
	C.V.	46,55	78,71	52,52	117,57	141,72	65,40	26,18	65,40	26,18	65,40	43,20	43,20
	Meio (7)	0,33 ± 0,07	1,07 ± 0,04	1,04 ± 0,09	0,58 ± 0,06	0,11 ± 0,01	1,10 ± 0,06	1,41 ± 0,09	1,41 ± 0,09	1,10 ± 0,06	1,41 ± 0,09	0,31 ± 0,08	0,31 ± 0,08
Us. da Barra	C.V.	59,21	10,77	23,50	29,06	34,42	14,65	16,42	14,65	16,42	14,65	65,29	65,29
	Fim (8)	0,14 ± 0,03	0,28 ± 0,05	0,61 ± 0,09	0,03 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,35 ± 0,02	0,50 ± 0,04	0,35 ± 0,02	0,50 ± 0,04	0,50 ± 0,04	0,12 ± 0,04	0,12 ± 0,04
	C.V.	68,51	47,76	43,85	122,07	73,50	26,64	21,51	26,64	21,51	26,64	94,12	94,12
Us. da Barra	Inicio (7)	0,11 ± 0,02	0,52 ± 0,10	0,91 ± 0,18	0,04 ± 0,01	0,10 ± 0,03	0,51 ± 0,06	0,88 ± 0,07	0,51 ± 0,06	0,88 ± 0,07	0,88 ± 0,07	0,37 ± 0,05	0,37 ± 0,05
	C.V.	46,06	48,89	50,95	77,29	83,57	30,93	22,31	30,93	22,31	30,93	34,12	34,12
	Meio (7)	0,33 ± 0,05	0,69 ± 0,04	0,79 ± 0,10	0,20 ± 0,03	0,10 ± 0,01	0,74 ± 0,05	1,13 ± 0,03	1,13 ± 0,03	0,74 ± 0,05	1,13 ± 0,03	0,39 ± 0,04	0,39 ± 0,04
Us. da Barra	C.V.	42,86	13,80	34,80	37,65	36,97	19,49	7,71	19,49	7,71	19,49	28,40	28,40
	Fim (7)	0,35 ± 0,10	0,45 ± 0,02	0,77 ± 0,15	0,09 ± 0,03	0,33 ± 0,06	0,68 ± 0,08	0,87 ± 0,09	0,68 ± 0,08	0,87 ± 0,09	0,87 ± 0,09	0,19 ± 0,02	0,19 ± 0,02
	C.V.	71,94	11,09	51,89	76,41	49,22	33,11	27,73	33,11	27,73	33,11	31,73	31,73
Us. da Barra	Inicio (8)	0,10 ± 0,02	1,69 ± 0,08	2,26 ± 0,11	0,30 ± 0,03	0,34 ± 0,06	1,92 ± 0,03	2,34 ± 0,07	1,92 ± 0,03	2,34 ± 0,07	2,34 ± 0,07	0,42 ± 0,04	0,42 ± 0,04
	C.V.	42,43	14,07	14,35	28,59	52,82	4,02	7,90	4,02	7,90	4,02	30,45	30,45
	Meio (7)	0,33 ± 0,02	1,19 ± 0,04	1,53 ± 0,10	0,13 ± 0,03	0,16 ± 0,03	1,28 ± 0,05	1,57 ± 0,05	1,57 ± 0,05	1,28 ± 0,05	1,57 ± 0,05	0,28 ± 0,03	0,28 ± 0,03
Us. Itacema	C.V.	19,20	9,75	17,11	53,91	47,92	10,11	7,96	10,11	7,96	10,11	31,40	31,40
	Fim (6)	0,46 ± 0,03	1,46 ± 0,15	1,79 ± 0,11	0,09 ± 0,03	1,08 ± 0,17	1,63 ± 0,16	2,04 ± 0,16	1,63 ± 0,16	2,04 ± 0,16	2,04 ± 0,16	0,41 ± 0,08	0,41 ± 0,08
	C.V.	17,64	25,20	14,78	38,37	23,70	19,09	46,66	23,70	19,09	19,09	46,66	46,66
Us. Itacema	Inicio (7)	0,10 ± 0,01	1,67 ± 0,07	1,96 ± 0,06	0,26 ± 0,07	0,42 ± 0,06	1,65 ± 0,09	2,34 ± 0,16	1,65 ± 0,09	2,34 ± 0,16	2,34 ± 0,16	0,69 ± 0,12	0,69 ± 0,12
	C.V.	27,33	11,59	7,85	75,86	38,38	14,99	18,17	14,99	18,17	18,17	64,31	64,31
	Fim (7)	0,29 ± 0,06	0,70 ± 0,04	0,75 ± 0,06	0,18 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,77 ± 0,06	1,13 ± 0,14	1,13 ± 0,14	0,77 ± 0,06	1,13 ± 0,14	0,37 ± 0,10	0,37 ± 0,10
Us. Sta. Bárbara	C.V.	57,70	17,06	19,35	33,14	80,94	20,47	32,31	20,47	32,31	32,31	74,33	74,33
	Inicio (8)	0,17 ± 0,09	1,64 ± 0,15	19,96 ± 0,11	0,19 ± 0,03	1,64 ± 0,10	1,64 ± 0,10	1,87 ± 0,11	1,64 ± 0,10	1,87 ± 0,11	1,87 ± 0,11	0,23 ± 0,06	0,23 ± 0,06
	C.V.	145,66	26,14	15,86	46,99	15,58	16,33	73,39	15,58	16,33	16,33	73,39	73,39
Us. Sta. Bárbara	Fim (6)	0,43 ± 0,11	1,38 ± 0,09	1,97 ± 0,13	0,43 ± 0,08	1,53 ± 0,08	1,53 ± 0,08	1,74 ± 0,13	1,53 ± 0,08	1,74 ± 0,13	1,74 ± 0,13	0,22 ± 0,06	0,22 ± 0,06
	C.V.	63,41	16,62	16,29	41,52	13,36	18,79	18,79	13,36	18,79	18,79	62,79	62,79

(1) Dados extraídos de MATTIAZZO & GLÓRIA (1987)

(2) Entre parênteses o número de amostras compostas analisadas no período

(3) Determinações feitas nas amostras úmidas e resultados convertidos para base seca

(4) Determinações feitas nas amostras secas.

para álcool. Tendo em vista os resultados obtidos podemos dizer que em média 22% do fósforo total das tortas é orgânico.

O fósforo predomina nas tortas na forma inorgânica e solúvel em ácido cítrico 2%, sendo que esse extrator fornece resultados para teores de fósforo que se correlacionam com o fósforo total com um coeficiente de 0,9454.

CONCLUSÕES

O fósforo está presente na torta de filtro predominantemente na forma inorgânica e solúvel em ácido cítrico 2%.

Em análises de rotina, recomenda-se que a avaliação do potencial fertilizante da torta de filtro seja feita com as amostras na condição de umidade em que vai ser usada e utilizando ácido cítrico 2% como extrator.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C. A ação solubilizante das soluções de citrato de amônio e de ácido cítrico sobre fertilizantes fosfatados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 3:173-8, 1979.
- ALCARDE, J.C. *Métodos simplificados para análise de fertilizantes minerais*. Brasília, Laboratório Nacional de Referência Vegetal, 1984. 49p.
- ALONSO, O.; FONTANARI, N.; GLÓRIA, N.A.da; TEIXEIRA, J.P.B.; FRACAROLLI SOBRINHO, A.; ALBUQUERQUE, F.C. A torta de filtro aplicada no sulco de plantio e em área total na fertilização da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 3., São Paulo, 1984. *Anais*. p. 93-6.

- CHANG, S.C. & JACKSON, M.C. Solubility product of iron phosphate. *Proceedings. Soil Science Society of America*, Madison, 21:265-9, 1957.
- COLETTI, J.T.; BITTENCOURT, V.C.; GIACOMINI, G.M. Torta de filtro rotativo em combinação com diferentes formas de fósforo com vistas à substituição da torta de mamona e de fosfato solúvel em água na fertilização da cana planta. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 96(6):350-61, 1980.
- COLETTI, J.T.; LORENZETTI, J.M.; FREITAS, P.G.R. de; GASPARINI, G. Redução no uso de fontes minerais na adubação da cana planta quando do emprego de torta de filtro rotativo. *STAB. Açúcar, Alcool e Subprodutos*, Piracicaba, 1(1):46-8, 1982.
- GLÓRIA, N.A.da; JACINTHO, A.O.; GROSSI, J.M.M.; SANTOS, R.F. Composição mineral de tortas de filtro rotativo. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 84(3): 37-44, 1974a.
- GLÓRIA, N.A.da; JACINTHO, A.O.; PELLEGRINO, D.; GROSSI, J.M.M.; SANTOS, R.F. Métodos analíticos para a determinação de diversos elementos em tortas de filtro rotativo. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 31:159-74, 1974b.
- MATTIAZZO, M.E. & GLÓRIA, N.A.da. Composição de tortas de filtro rotativo no transcorrer da safra canavieira. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 4., Olinda, 1987. *Anais*. p.186-9.
- SILVA, L.C.F.da; ORLANDO FILHO, J.; PIRES NETO, J. A. Complementação mineral da torta de filtro aplicada no sulco de plantio na fertilização da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 3., São Paulo, 1984. *Anais*. p.89-93.

Entregue para publicação em: 27/12/89

Aprovado para publicação em: 10/07/90