

## SOLUBILIDADE DE FOSFATOS NATURAIS EM SOLUÇÃO DE ÁCIDO FÓRMICO A 2% \*

J.C. ALCARDE\*\*  
R.A. CATANI\*\*  
A.S. ALCARDE\*\*\*

### RESUMO

No presente trabalho foram determinadas as solubilidades dos fosfatos naturais mais comumente usados no Brasil, em solução de ácido fórmico a 2%, sob diversos graus de finura e diversas relações entre a massa de material e o volume do extrator. Os resultados, comparados com a solubilidade dos mesmos materiais em solução de ácido cítrico a 2% e nas mesmas condições, permitiram as seguintes conclusões: a) a variação da solubilidade, em ordem decrescente, entre os materiais estudados foi a seguinte nos dois extratores: farinha de ossos degelatinados, hiperfosfato (fosfato da África), fosfato da Flórida, fosfato de Olinda, fosfato de Araxá e fosfato Alvorada; b) a solubilidade do hiperfosfato em solução de ácido fórmico a 2% é acentuadamente superior a sua solubilidade em solução de ácido cítrico a 2%; c) o fosfato de Araxá tem solubilidade semelhante nos referidos extratores; d) o fosfato da Flórida é um pouco menos solúvel em solução de ácido fórmico a 2% do que em solução de ácido cítrico a 2% até a relação 1/300, invertendo-se a situação em menores relações; e) as solubilidades do fosfato de Olinda e do fosfato Alvorada são ligeiramente maiores em solução de ácido cítrico a 2% do que em solução de ácido fórmico a 2%; f) a solução de ácido fórmico a 2% é mais eficiente na solubilização da farinha de ossos degelatinados do que a solução de ácido cítrico a 2%.

### INTRODUÇÃO

O fósforo é um nutriente vegetal que se apresenta nos fertilizantes com um número relativamente grande de formas químicas. E a essa variedade de formas corresponde um número quase equivalente de comportamentos agrônômicos diferentes, fato esse que tem acarretado sérias dificuldades em relação à avaliação da eficiência fertilizante dessas diferentes formas, tanto em condições de campo como, e principalmente, em condições de laboratório.

Embora o fósforo seja o único nutriente que, pelo menos até o momento, tem mostrado tais dificuldades de forma significativa, a avaliação, em laboratório, da eficiência agrônômica dos nutrientes vegetais contidos nos fertilizantes tem importância no con-

---

\* Entregue para publicação em 31/12/1975. Trabalho realizado com recursos financiados pela CBA – Itaú Fertilizantes S.A.

\*\* Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

\*\*\* Bolsista da CBA – Itaú Fertilizantes S.A.

trole e na fiscalização do comércio desses produtos e conseqüentemente no padrão de qualidade dos adubos comercializados e no sucesso das adubações.

As formas de fósforo que são solúveis em água tem sido analisadas e interpretadas, sob ponto de vista agrônomo, pelo menos a contento em condições de laboratório. Contudo, o mesmo não tem acontecido com as formas de fósforo insolúveis em água. As técnicas comumente empregadas para interpretar o valor agrônomo dessas formas são baseadas na solubilidade em solução de citrato de amônio ou em solução de ácido cítrico a 2% (JACOB & HILL, 1953; CATANI, NASCIMENTO & COSTA, 1956; CATANI, 1970).

A solução de citrato de amônio solubiliza com eficiência o fosfato bicálcico. De há muito considera-se como "fósforo disponível" aos vegetais a soma dos teores de fósforo solúvel em água e solúvel em solução de citrato de amônio (OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE A.O.A.C., 1950 e 1970). Contudo tem sido apontado como desvantagem desse extrator a sua poderosa ação solvente que exerce sobre os fosfatos de ferro e de alumínio e a baixa solubilidade nele apresentada pelos fosfatos naturais, termofosfatos e farinha de ossos, além de relativa complexidade do método analítico.

A solução de ácido cítrico a 2% quando comparada com a de citrato de amônio nas mesmas proporções entre a massa da amostra e o volume de solução usada na extração do fósforo, apresenta ação solubilizante equivalente em relação ao fosfato bicálcico, bem inferior quanto aos fosfatos de ferro e de alumínio e superior em relação aos termofosfatos, farinha de ossos e fosfatos naturais. Tal extrator apresenta a propriedade de aumentar sensivelmente a solubilidade dos fosfatos naturais em função da diminuição da proporção entre a massa de material e o volume da solução de ácido cítrico usada na extração (CATANI & NASCIMENTO, 1952; BRASIL SOBRº, MELLO & COURY, 1965).

A solubilidade em solução de ácido cítrico a 2% tem sido considerada adequada para interpretar, de forma relativa e muito generalizada, o comportamento agrônomo dos fosfatos naturais, isto é, os mais solúveis nesse extrator são os que em geral mostram-se mais eficientes nas adubações (CATANI, 1970).

Contudo deve-se reconhecer que a avaliação da eficiência agrônoma do fósforo contido nos fertilizantes, através de uma técnica de laboratório para fins de controle e fiscalização do comércio desses produtos, é relativamente complexa. Isto porque essa técnica tem por objetivo apenas traduzir ou interpretar a eficiência real, isto é, a eficiência mostrada em condições de campo. E, ao que parece, pelo menos no Brasil, ainda não se conseguiu uma distinção entre a eficiência das diferentes formas dos fertilizantes fosfatados ou uma prática de uso desses fertilizantes plenamente reconhecidos. E, enquanto isso não for estabelecido, parece ser praticamente impossível encontrar uma técnica de laboratório que satisfaça o seu objetivo.

Mais recentemente um novo extrator para avaliar o fósforo dos fosfatos naturais está sendo cogitado: o ácido fórmico em solução aquosa a 2%. Este extrator tem mostrado uma ação solubilizante maior que a do ácido cítrico, notadamente nos fosfatos naturais mais solúveis (PETER, 1972).

No presente trabalho foram determinadas as solubilidades, em solução de ácido fórmico a 2%, dos fosfatos naturais mais comumente usados no Brasil, em função do grau de finura do material e da proporção entre a massa de fosfato e o volume do extrator, comparativamente com as solubilidades dos mesmos materiais em solução de ácido cítrico a 2%.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

O material constou dos fosfatos naturais minerais hiperfosfato (fosfato da África), fosfato da Flórida, fosfato de Olinda, fosfato de Araxá, fosfato Alvorada, além de farinha de ossos degelatinados. De cada amostra foram separadas frações granulométricas com graus de finura situados entre as peneiras 100–150, 200–250 e menor do que 250 “mesh” (Tyler).

### Reativos

Dentre os reativos empregados merecem ser mencionados os seguintes:

**Solução de ácido fórmico a 2%** – Uma solução de ácido fórmico a 2% é 0,4345 N. Determinar alcalimetricamente a normalidade exata da solução de ácido fórmico, HCOOH, comercial p.a., e por diluição desta preparar a solução 0,4345 N.

**Solução de ácido cítrico a 2%** – Preparar a partir do ácido cítrico cristalizado,  $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ , p.a. Adicionar 0,5 a 1,0 g de timol para conservar a solução.

**Solução estoque de  $KH_2PO_4$**  – Dissolver 4,7939 g de  $KH_2PO_4$  p.a., seco por duas horas a 105°C, em água destilada, transferir para balão volumétrico de 250 ml, completar o volume e homogeneizar. Esta solução contém 10 mg de  $P_2O_5$  por ml.

**Soluções padrões de trabalho de  $KH_2PO_4$**  – Transferir por meio de microburetas 4–5–6–7–8–9 e 10 ml da solução estoque de  $KH_2PO_4$  (10 mg de  $P_2O_5$  por ml) para sete balões volumétricos de 100 ml numerados de 1 a 7 respectivamente. Completar o volume com água destilada e homogeneizar. As soluções padrões nºs 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 contêm, respectivamente, 0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 e 1,0 mg de  $P_2O_5$  por ml.

**Solução vanadomolibdica** – Dissolver 20 g de molibdato de amônio em 200-250 ml de água destilada a 80–90°C e deixar esfriar. Dissolver 1 g de metavanadato de amônio em 120–140 ml de água destilada a 80–90°C, esperar esfriar e adicionar 225 ml de ácido perclórico contendo 70% de  $HClO_4$ . Adicionar a solução de molibdato a metavanadato, aos poucos e agitando. Transferir para balação volumétrico de 1 litro, esperar esfriar, completar o volume e homogeneizar.

### Métodos

Todas as determinações foram feitas pelo método colorimétrico do ácido fosfovana-domolíbico.

**Determinação do teor de fósforo total** – Conforme procedimento descrito pelo OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE A.O.A.C. (1970) e CATANI (1973).

**Determinação do teor de fósforo solúvel em solução de ácido cítrico a 2%** – (CATANI, PELLEGRINO & JACINTHO, 1966; CATANI, 1973; ALCARDE & ALCARDE, 1975).

Estabelecimento da curva padrão:

- a – Transferir 5 ml das soluções padrões nºs 1, 2, 3, 4 e 5 para cinco balões volumétricos de 100 ml e acrescentar 10 ml da solução de ácido cítrico a 2%.
- b – Adicionar 50 ml de água destilada, 20 ml da solução vanadomolíbica, homogeneizar, completar o volume e agitar.
- c – Esperar 10 minutos e ler a absorbância das soluções em espectrofotômetro a 430 nm ou em colorímetro (Klett–Summerson, filtro nº 42) contra a solução que contém o padrão nº 1, isto é, 2 mg de  $P_2O_5$  nos 100 ml.
- d – Relacionar os valores das absorbâncias com as respectivas concentrações das soluções, expressas em mg de  $P_2O_5$  por 100 ml, estabelecer a curva padrão e/ou a equação de regressão.

Preparo da solução ou extrato:

- a – Transferir para Erlenmeyers de 500 ml uma massa da amostra de fertilizante e um volume da solução de ácido cítrico a 2% de acordo com a relação desejada entre essas duas quantidades, a saber:

Relação. . . . .	1/100	1/200	1/300	1/400	1/500
Massa da amostra (g) . . . . .	2,500	1,250	0,800	0,625	0,500
Vol. sol. ác. cítrico a 2% (ml) . . . . .	250	250	240	250	250

- b – Imediatamente tampar o frasco com rolha de borracha e agitar mecanicamente a 30–40 rpm durante 30 minutos, de maneira que todo o material entre em suspensão.
- c – Filtrar rapidamente através de papel S&S 589, faixa branca ou equivalente, desprezando os primeiros 20 ml do filtrado.

Procedimento:

- a – Transferir para balão volumétrico de 100 ml uma alíquota do filtrado que contenha mais que 2,0 e menos que 4,0 mg  $P_2O_5$  (adicionar mais um volume de solução de ácido cítrico a 2% tal que somado ao volume usado do extrato resulte 10 ml).

- b – Transferir 5 ml da solução padrão nº 1 (0,4 mg de  $P_2O_5$ /ml) e 5 ml da solução padrão nº 3 (0,6 mg de  $P_2O_5$ /ml-controle) para dois balões volumétricos de 100 ml e adicionar 10 ml de solução de ácido cítrico a 2%.
- c – Prosseguir conforme descrito no estabelecimento da curva padrão, a partir do item b.
- d – Calcular a porcentagem de  $P_2O_5$  solúvel em solução de ácido cítrico a 2% através da curva padrão ou da equação de regressão.

**Determinação do teor de fósforo solúvel em solução de ácido fórmico a 2% (ALCARDE & ALCARDE, 1975)** – Proceder de maneira idêntica a descrita para a determinação do teor de fósforo solúvel em solução de ácido cítrico a 2%, substituindo esse extrator pela solução de ácido fórmico a 2%. Neste caso a curva padrão pode ser desenvolvida com todas as soluções padrões de trabalho (soluções nºs 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7).

## RESULTADOS OBTIDOS

**Teor de fósforo total** – O conteúdo de fósforo total determinado nas diferentes frações granulométricas de cada amostra estão relatados no Quadro 1.

Amostras	Grau de finura ("mesh")	% $P_2O_5$ Total
Farinha de ossos degelatinados	100 - 150	30,1
	200 - 250	29,5
	< 250	30,2
Hiperfosfato	100 - 150	28,4
	200 - 250	27,7
	< 250	28,4
Fosfato da Flórida	100 - 150	33,9
	200 - 250	28,7
	< 250	30,4
Fosfato de Olinda	100 - 150	31,1
	200 - 250	31,7
	< 250	33,2
Fosfato de Araxá	100 - 150	28,6
	200 - 250	24,1
	< 250	23,4
Fosfato Alvorada	100 - 150	34,5
	200 - 250	32,7
	< 250	33,7

QUADRO 1 – Teor de fósforo, em porcentagem, nas diversas frações granulométricas das amostras de fertilizantes

**Solubilidade em solução de ácido fórmico a 2%** – Os resultados da solubilidade dos diferentes fertilizantes em solução de ácido fórmico a 2%, em função do grau de finura e da relação entre a massa de material e o volume do extrator estão descritos no Quadro 2.

Fosfatos Naturais	Grau de finura ("mesh")	Relação entre a massa do material e o volume de solução ácido fórmico a 2%				
		1/100	1/200	1/300	1/400	1/500
Farinha de ossos degelatinados	100-150	29,6	30,1	30,0	30,0	30,1
	200-250	29,6	29,5	29,4	29,6	29,6
	< 250	29,6	30,1	30,2	30,2	30,2
Hiperfosfato	100-150	19,8	25,5	26,6	28,3	28,2
	200-250	20,9	26,3	27,2	27,7	27,8
	< 250	21,5	27,2	27,6	28,4	28,4
Fosfato da Flórida	100-150	6,8	11,1	14,7	17,1	21,2
	200-250	6,8	11,5	17,9	21,8	24,5
	< 250	7,3	12,5	18,3	22,7	25,3
Fosfato de Olinda	100-150	5,4	9,4	12,7	15,8	18,6
	200-250	5,6	9,7	13,3	16,5	18,6
	< 250	5,7	10,2	13,8	18,6	19,2
Fosfato de Araxá	100-150	3,9	6,3	8,1	9,2	11,2
	200-250	4,2	6,7	9,5	11,1	12,9
	< 250	4,2	6,9	9,8	11,4	13,0
Fosfato Alvorada	100-150	4,7	7,3	9,2	11,4	12,7
	200-250	5,5	8,2	11,0	13,3	14,5
	< 250	6,6	9,7	12,6	15,2	16,8

QUADRO 2 – Porcentagem de fósforo ( $P_2O_5$ ) extraído pela solução de ácido fórmico a 2% dos diferentes fosfatos naturais, em função do grau de finura e da relação entre o peso do material e o volume do extrator.

Com os dados do Quadro 2 e do Quadro 1 foram calculadas as respectivas porcentagens de fósforo ( $P_2O_5$ ) solubilizadas na solução de ácido fórmico a 2% em função do teor total de fósforo contido em cada fração granulométrica das diferentes amostras. Esses resultados encontram-se no Quadro 3.

Fosfatos Naturais	Grau de finura ("mesh")	Relação entre a massa do material e o volume de solução ácido fórmico a 2%				
		1/100	1/200	1/300	1/400	1/500
Farinha de ossos degelatinados	100-150	98,2	100,0	99,6	99,6	100,0
	200-250	100,2	100,0	99,6	100,4	100,2
	< 250	97,9	99,8	100,0	100,0	100,2
Hiperfosfato	100-150	69,6	89,8	93,5	99,5	99,6
	200-250	75,4	94,8	98,1	100,0	100,2
	< 250	75,6	95,7	97,1	100,0	100,0
Fosfato da Flórida	100-150	20,1	32,7	43,4	50,5	62,5
	200-250	23,7	40,1	62,5	76,1	85,4
	< 250	24,0	41,1	60,3	74,8	83,4
Fosfato de Olinda	100-150	17,3	30,2	40,7	51,0	59,9
	200-250	17,5	30,5	41,9	52,0	58,8
	< 250	17,1	30,6	41,4	55,9	58,0
Fosfato de Araxá	100-150	13,6	22,3	28,5	32,5	39,3
	200-250	16,7	26,6	37,9	44,4	51,2
	< 250	17,0	28,0	40,0	46,3	53,1
Fosfato Alvorada	100-150	13,6	21,2	26,7	32,9	36,7
	200-250	16,9	25,2	33,6	40,6	44,3
	< 250	19,6	28,8	37,3	45,2	49,8

QUADRO 3 – Porcentagem de fósforo ( $P_2O_5$ ), expressa em relação ao teor total, extraído pela solução de ácido fórmico a 2% dos diferentes fosfatos naturais, em função do grau de finura e da proporção entre o peso de material e o volume do extrator.

Os dados dos Quadros 2 e 3 mostram que a solubilidade, em solução de ácido fórmico a 2%, dos fosfatos naturais minerais estudados obedeceu a seguinte ordem decrescente: hiperfosfato, fosfato da Flórida, fosfato de Olinda, fosfato de Araxá e fosfato Alvorada. No entanto, a solubilidade do hiperfosfato é bastante superior a dos demais, sendo essa superioridade de aproximadamente 3 a 5 vezes, principalmente nas maiores relações entre o peso de material e o volume da solução de ácido fórmico a 2% usados na extração.

**Solubilidade em solução de ácido cítrico a 2%** – A solubilidade em solução de ácido cítrico a 2% dos fosfatos naturais estudados foi determinada nas mesmas amostras e em condições idênticas às descritas em solução de ácido fórmico a 2%, estando os resultados relatados no Quadro 4.

Fosfatos Naturais	Grau de finura ("mesh")	Relação entre a massa do material e o volume de solução ácido cítrico a 2%				
		1/100	1/200	1/300	1/400	1/500
Farinha-de ossos degelatinados	100-150	28,3	30,0	30,1	30,0	30,2
	200-250	27,6	28,9	29,5	29,6	29,6
	< 250	27,0	30,2	30,0	30,3	30,4
Hiperfosfato	100-150	11,6	17,4	23,2	25,2	26,7
	200-250	12,8	19,9	27,0	27,3	27,4
	< 250	12,3	22,4	27,0	27,5	28,3
Fosfato da Flórida	100-150	7,3	11,3	16,2	18,5	19,6
	200-250	7,8	12,7	20,7	20,5	22,1
	< 250	8,1	13,6	20,7	22,2	23,1
Fosfato de Olinda	100-150	5,9	9,8	14,3	17,9	21,4
	200-250	5,7	8,7	14,6	18,6	22,2
	< 250	6,1	9,9	14,4	19,1	22,9
Fosfato de Araxá	100-150	4,2	5,5	8,0	9,0	9,2
	200-250	4,5	7,8	11,3	10,4	13,2
	< 250	4,1	8,4	11,6	11,0	14,4
Fosfato Alvorada	100-150	5,6	7,8	10,3	10,7	11,2
	200-250	6,3	9,0	12,6	13,5	15,6
	< 250	7,6	10,0	14,0	16,6	18,9

QUADRO 4 – Porcentagem de fósforo ( $P_2O_5$ ) extraído pela solução de ácido cítrico a 2% dos diferentes fosfatos naturais, em função do grau de finura e da relação entre o peso do material e o volume do extrator.

Com os dados do Quadro 4 e do Quadro 1 foram calculadas as respectivas porcentagens de fósforo ( $P_2O_5$ ) solubilizadas na solução de ácido cítrico a 2% em função do teor total de fósforo contido em cada fração granulométrica das diferentes amostras. Esses resultados encontram-se no Quadro 5.



Fosfatos Naturais	Grau de finura ("mesh")	Relação entre a massa do material e o volume de solução ácido cítrico a 2%				
		1/100	1/200	1/300	1/400	1/500
Farinha de ossos degelatinados	100-150	94,1	99,7	100,0	99,6	100,2
	200-250	93,6	98,0	100,0	100,2	100,2
	<250	89,5	100,0	99,4	100,3	100,7
Hiperfosfato	100-150	41,0	61,3	81,8	88,8	94,1
	200-250	46,3	71,7	97,5	98,4	99,0
	<250	43,4	78,9	95,1	96,9	99,7
Fosfato da Flórida	100-150	21,4	33,5	47,8	54,5	57,9
	200-250	27,3	44,3	72,2	71,5	76,9
	<250	26,5	44,8	68,4	73,1	76,1
Fosfato de Olinda	100-150	19,1	31,4	46,0	57,7	68,9
	200-250	18,1	27,5	46,2	58,6	70,1
	<250	18,4	29,8	43,4	57,5	69,0
Fosfato de Araxá	100-150	14,8	19,3	28,2	31,8	32,4
	200-250	17,9	31,2	44,9	41,6	52,6
	<250	16,6	34,1	47,3	44,7	58,7
Fosfato Alvorada	100-150	16,1	22,5	29,7	30,9	32,5
	200-250	19,3	27,7	38,6	41,2	47,6
	<250	22,5	29,6	41,7	49,2	56,1

QUADRO 5 – Porcentagem de fósforo ( $P_2O_5$ ), expressa em relação ao teor total, extraída pela solução de ácido cítrico a 2% dos diferentes fosfatos naturais, em função do grau de finura e da proporção entre o peso de material e o volume do extrator.

Os dados dos Quadros 4 e 5 revelam que a solubilidade, em solução de ácido cítrico a 2%, dos fosfatos naturais estudados obedeceu a mesma ordem de solubilidade apresentada em solução de ácido fórmico a 2%. Porém, em solução de ácido cítrico a 2% a diferença de solubilidade entre o hiperfosfato e os demais fosfatos estudados é bem inferior à solubilidade apresentada em solução de ácido fórmico a 2%, isto é, supera de aproximadamente 1,5 a 2,5 vezes, principalmente nas maiores relações entre o peso de material e o volume da solução de ácido cítrico usados na extração.

Comparando os dados dos Quadros 2 e 3 com os dos Quadros 4 e 5 pode-se verificar que: o hiperfosfato apresentou solubilidade acentuadamente mais elevada em solução de ácido fórmico do que em solução de ácido cítrico; o fosfato de Araxá mostrou solubilidade semelhante nos dois extratores estudados; o fosfato da Flórida solubilizou-se pouco mais em ácido cítrico até a relação 1/300 e em menores relações a sua solubilidade foi pouco maior em ácido fórmico; finalmente o fosfato de Olinda e o Alvorada foram ligeiramente mais solúveis na solução de ácido cítrico do que na de ácido fórmico. Finalmente pode-se considerar que a solução de ácido fórmico é mais eficiente na solubilização da farinha de ossos degelatinado do que a solução de ácido cítrico a 2%, pois esse material é totalmente solúvel na solução de ácido fórmico a 2% desde a relação 1/100 e isso só ocorre na solução de ácido cítrico a partir da relação 1/200.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- 1 – A variação da solubilidade entre os materiais estudados foi a seguinte nos dois extratores e em ordem decrescente: farinha de ossos degelatinados, hiperfosfato, fosfato da Flórida, fosfato de Olinda, fosfato de Araxá e fosfato Alvorada.
- 2 – A solução de ácido fórmico a 2% solubiliza o hiperfosfato mais acentuadamente do que a solução de ácido cítrico a 2%.
- 3 – O fosfato de Araxá tem solubilidade semelhante nos dois extratores.
- 4 – A solução de ácido fórmico a 2% solubiliza o fosfato da Flórida em quantidade pouco inferior do que a solução de ácido cítrico a 2% até a relação 1/300, invertendo-se a situação em menores relações.
- 5 – A solução de ácido fórmico a 2% solubiliza o fosfato Alvorada em quantidade ligeiramente inferior à solução de ácido cítrico a 2%.
- 6 – É mais eficiente na solubilização da farinha de ossos degelatinados.

## SUMMARY

### SOLUBILITY OF PHOSPHATE ROCKS IN 2% FORMIC ACID SOLUTION

This paper relates the solubilities in 2% formic acid solution of various phosphate rocks used in Brazil, in function of the particle size and the relation of sample weight with extractor volume. The results were compared with 2% citric acid solution and wake possible the following conclusions: a) the classification in decreasing order of solubility for two extractors was bone degelatinated flour, hyperphosphate (Africa phosphate), Florida phosphate, Olinda phosphate, Araxá phosphate and Alvorada phosphate; b) the Africa phosphate solubility is much higher in formic acid solution than in citric acid solution; c) the Florida and Araxá phosphates solubilities were similar for two extractors; d) the Olinda and Alvorada phosphates were slightly higher in citric acid solution than formic acid solution; e) the formic acid solution was more effective in the solubilization of bone degelatinated flour than citric acid solution.

## LITERATURA CITADA

- ALCARDE, J.C. & ALCARDE, A.S., 1975. A determinação colorimétrica do ióforo pelo método do ácido fosfovanadomolibdico, em presença de ácido cítrico e de ácido fórmico. Anais da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 32 (no prelo).
- BRASIL SOBRº, M.O.C., MELLO, F.A.F. de & COURY, T., 1965. Estudo sobre a solubilidade de fosfatos em ácido cítrico a 2%. Anais da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 22 :104-109.
- CATANI, R.A. & NASCIMENTO, A.C., 1952. Solubilidade de alguns fosfatos naturais. Revista da Agricultura, 27(5/6):149-168.

- CATANI, R.A., NASCIMENTO, A.C. & COSTA, N.A., 1956. Fertilizantes fosfatados, classificação e interpretação dos resultados analíticos. Anais da 4ª Reunião Brasileira de Ciência do Solo (Belo Horizonte), p. 49-64. Publicado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Rio de Janeiro, Brasil.
- CATANI, R.A., PELLEGRINO, D. & JACINTHO, A.O., 1966. A determinação de fósforo em fertilizantes pelos métodos espectrofotométrico e colorimétrico diferenciais do ácido fosfovandomolíbico. Anais da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 23:42-52.
- CATANI, R.A., 1970. A solubilidade de fosfatos naturais em solução de ácido cítrico a 2%, na proporção 1:200. Anais da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 27:1-14.
- CATANI, R.A., 1973. Manual de Controle de Qualidade de Fertilizantes (1ª Parte). Editado pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), São Paulo, Brasil.
- JACOB, K.D. & HILL, W.L., 1953. Laboratory evaluation of phosphate fertilizers. Em: Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition. Vol. IV da série Agronomy, cap. X, p. 299-345. Ed. by W.H. Pierre & A.G. Norman, Academic Press Inc., Publishers.
- OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE A.O.A.C., 1950. 7th ed. Published by the Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C.
- OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE A.O.A.C., 1970. 11th ed. Published by the Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- PETER, A., 1972. Solubilité des phosphates de calcium naturels. Publicação do Centre D'Etudes et de Recherches des Phosphates Minéraux (CERPHOS), Aubervilliers, France, 23 pp.

