

EFEITO SOLUBILIZADOR DE DOIS RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA SOBRE O FOSFATO NATURAL DE PATOS DE MINAS, MINAS GERAIS*

José Mário Braga
José Tarcísio L. Thiébaut
Juarez S.A. Penso**

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico da nação impõe não só o aumento da produção nacional de insumos básicos (energia, produtos técnicos, adubos etc.) como também a economia de tais insumos, pela substituição de uso, sempre que possível, liberando maiores quantidades desses produtos, que poderão ser utilizados em processos onde são insubstituíveis no presente nível tecnológico.

Considerando o Plano Nacional do Álcool, que prevê a produção de volume suficiente à adição de 20% de etanol à gasolina automotiva, haverá a necessidade de $3,3 \times 10^9$ litros de álcool em 1980 (6), acarretando a produção residual de $4,62 \times 10^{10}$ litros de vinhaça. Com base na composição média da vinhaça do mosto misto de cana-de-açúcar (3), tal volume encerrará o equivalente a 8,10%, 0,52% e 70,10% da capacidade industrial brasileira, respectivamente, em sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, instalada e a ser instalada até o final da década (5). Sabemos que em usinas de açúcar com destilarias anexas os resíduos produzidos em grande escala são o bagaço de cana, a torta de filtro rotativo e a vinhaça, sendo o primeiro geralmente utilizado para o aquecimento das caldeiras da própria indústria.

GLÓRIA e MATIAZZO (4) estudaram a solubilização do fosfato tricálcico no solo pelo efeito da matéria orgânica da vinhaça e da torta de filtro. Concluíram que a vinhaça não causou aumento da disponibilidade de fósforo, talvez em razão da curta duração do experimento, ao passo que o conteúdo de fósforo da torta de filtro mascarou os resultados da sua provável ação solubilizante.

Em ensaio preliminar realizado na U.F.V., pelo primeiro autor, em 1976, houve indicação da possibilidade de solubilização de fosfatos naturais pela utilização da vinhança.

Este trabalho objetiva estabelecer uma primeira aproximação metodológica para estudo do efeito solubilizador da vinhaça e da torta de filtro rotativo sobre o fosfato natural de Patos de Minas, Minas Gerais.

* Recebido para publicação em 15/09/77.

** Respectivamente, Prof. Titular da Universidade Federal de Viçosa, Prof. Assistente da Universidade Federal de Viçosa e Auxiliar de Ensino da Fundação Universidade Federal do Mato Grosso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os resíduos empregados, vinhaça e torta de filtro rotativo, foram provenientes das Usinas São João I e II, respectivamente, da Cia. Açucareira Riobranquense, produzidos durante a safra canavieira de 1977, em Visconde do Rio Branco, MG.

A torta de filtro (77% de umidade) sofreu secagem em estufa de ventilação forçada, a 67°C, até peso constante, e moagem em moinho Wiley, passando em peneira 40.

O fosfato utilizado foi o fosfato natural de Patos de Minas-MG, produzido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais — CPRM, passando 85% em peneira de 200 mesh.

Todas as determinações de P_2O_5 foram feitas segundo BRAGA e DEFELIPO (1), em extractos obtidos segundo CATANI (2), e se encontram nos Quadros 1 e 3.

O ensaio, conduzido em laboratório, seguiu o esquema fatorial 5 x 4, com 3 repetições, em delineamento inteiramente casualizado, constando de 5 métodos de mistura dos resíduos com o fosfato natural e 4 diluições fosfato: resíduo. As combinações entre métodos e diluições, tratamentos descritos no Quadro 2, foram realizadas em recipiente de plásticos com volume de 200 ml.

QUADRO 1 - Teores de P_2O_5 (%) nos materiais utilizados

Materiais	P_2O_5 (%)	
	Total	Sol. em ácido cítrico a 2%; 1:100
Fosfato natural de Patos de Minas - MG	23,56	4,59
Vinhaça de mosto de melaço		
Torta de filtro rotativo	2,55	2,12

Decorridos 4 dias da aplicação dos tratamentos, todos os recipientes, até então mantidos nas condições ambientes e sem reposição da água evaporada, foram colocados em estufa de ventilação forçada e secados, a 67°C, até peso constante; determinou-se, na ocasião, o peso seco do material resultante de cada tratamento. Em tais materiais procedeu-se à determinação do teor de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%, na proporção material: ácido de 1:100 (m:v). As variações destes teores de P_2O_5 mediram o efeito solubilizante dos resíduos sobre o fosfato natural.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos teores de fósforo solúvel em ácido cítrico a 2% (1:100), encontrados nos materiais resultantes da ação dos diferentes tratamentos sobre o fosfato natural, corrigidos em função dos teores de P_2O_5 , igualmente solúveis e pré-existentes nos materiais misturados, obtiveram-se os dados médios de solubilização (% P_2O_5) apresentados no Quadro 3.

Durante os dois últimos dias do experimento foi observado desprendimento gássico nos tratamentos M_3D_4 , até o $M_5 D_4$, o que faz supor atividade biológica, visto que os dados observados no Quadro 3 dão valores de solubilização negativos para

QUADRO 2 - Descrição dos tratamentos

	Métodos	Diluições (a)
M 1 :	Manteve-se constante o peso do fosfato natural (2g) e adicionou-se vinhaça nos volumes necessários à obtenção das diluições.	1:40 1:20 1:10 1:1
M 2 :	Manteve-se constante o peso do fosfato natural (2g) e adicionou-se vinhaça nas quantidades necessárias à obtenção das relações usadas, diluindo-se, antes, o volume de vinhaça a ser usado, com água, até o volume de 100 ml.	1:40 1:20 1:10 1:1
M 3 :	Manteve-se constante o volume da vinhaça (100 ml) e adicionou-se fosfato natural nas quantidades necessárias à obtenção das diluições.	1:40 1:20 1:10 1:1
M 4 :	Manteve-se constante o peso do fosfato natural (2g) e misturou-se torta de filtro, na sua umidade natural, nas quantidades necessárias às diluições.	1:40 1:20 1:10 1:1
M 5 :	Manteve-se constante o peso da torta de filtro (100g), tendo 20% a mais de umidade do que a natural, variando-se as quantidades de fosfato natural.	1:40 1:20 1:10 1:1

(a) As diluições foram estabelecidas considerando o peso do fosfato natural misturado com um volume de vinhaça sem diluição; nos casos em que se usou a torta de filtro foi considerado o seu peso seco.

os tratamentos, indicando possível imobilização microbiológica do fósforo. A inexistência de dados negativos nos tratamentos com vinhaça, exceto no tratamento M₃ D₄, leva a crer que altos teores de água dificultam a aeração necessária ao bom desenvolvimento microbiológico dos materiais de tais tratamentos. Sendo assim, haverá possibilidade de que, com a perda de água por evaporação ao longo do tempo, tratamentos que no presente trabalho tiveram índices de solubilização de fosfatos positivos venham a ter índices negativos de solubilização.

A análise de variância apresentou interação método x diluição significativa, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F. Em vista disto, foi feito um desdobramento, mostrado no Quadro 4, no qual se estudou o fator Método dentro dos diferentes níveis de diluição. As significâncias encontradas indicam a existência de pelo menos um contraste entre médias de métodos estatisticamente diferentes de zero, dentro de cada nível de diluição.

Para detectar as diferenças entre métodos, nas comparações múltiplas possíveis, foi usado o teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade. O resultado (Quadro 5) indica que os métodos M₁ e M₂ foram estatisticamente iguais em todas as diluições. Mostra, também, que os métodos com vinhaça diferem dos métodos com torta, dentro de cada diluição estudada.

Objetivando o estabelecimento de níveis de diluição ótimos, que serão usados em trabalhos futuros, foi feita uma análise de regressão dentro de cada método. O

resultado encontra-se no Quadro 6.

QUADRO 3 - Valores médios (3 repetições) de solubilização (% P₂O₅), resultantes da ação dos tratamentos sobre o fosfato natural de Patos de Minas

Método (M)	Diluição (D)	Solubilização (% P ₂ O ₅)
M 1	D1 = 1:40	0,8987
	D2 = 1:20	0,7771
	D3 = 1:10	0,5652
	D4 = 1:1	0,4283
M 2	D1	0,7779
	D2	0,7368
	D3	0,5547
	D4	0,4165
M 3	D1	0,6596
	D2	0,6409
	D3	0,5025
	D4	-0,6036
M 4	D1	-0,0874
	D2	-0,3047
	D3	-0,4134
	D4	-0,2297
M 5	D1	-0,0170
	D2	-0,2139
	D3	-0,2809
	D4	-0,4782

As equações selecionadas foram:

- A) $\hat{Y} d/M1 = 1,01551 + 4,37925 X^2 - 4,96637 X$
Mínimo para X = 0,567
- B) $\hat{Y} d/M2 = 0,87763 + 2,98283 X^2 - 3,44392 X$
Mínimo para X = 0,577
- C) $\hat{Y} d/M3 = 0,73111 + 0,97090 X^2 - 2,30528 X$
Mínimo para X = 1,187
- D) $\hat{Y} d/M4 = 0,29036 - 97,41400 X^3 + 114,26800 X^2 - 17,39510 X$
Mínimo para X = 0,085
Máximo para X = 0,697
- E) $\hat{Y} d/M5 = 0,30250 - 98,99690 X^3 + 114,91700 X^2 - 16,60720 X$
Mínimo para X = 0,081
Máximo para X = 0,693

QUADRO 4 - Quadrados médios da análise de variância dos dados relativos à solubilização (% P₂O₅)

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio
Método d/ D1	4	0,6447 **
Método d/ D2	4	0,8665 **
Método d/ D3	4	0,7179 **
Método d/ D4	4	0,7194 **
Diluição (D)	3	0,8090
Erro	40	0,0032
TOTAL	59	

++ = Significância, ao nível de 1% de probabilidade.

C.V. = 26,09%

QUADRO 5 - Aplicação do teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade, às comparações múltiplas possíveis

Diluição	D1	D2	D3	D4
Método				
M 1	0,8987 a	0,7711 a	0,5652 a	0,4283 a
M 2	0,7779 ab	0,7368 a	0,5547 a	0,4165 a
M 3	0,6596 b	0,6409 a	0,5025 a	-0,6036 b
M 4	-0,0874 c	-0,3047 b	-0,4134 b	-0,2297 c
M 5	-0,0170 c	-0,2139 b	-0,2809 b	-0,4782 b

Obs.: Dentro de cada diluição Di, os tratamentos precedidos de pelo menos uma letra igual são estatisticamente iguais.

Observa-se que, nos métodos com vinhaça, o fenômeno solubilização foi bem descrito por meio de uma equação quadrática. Para a torta, em ambos os métodos, foi significativa a regressão cúbica, em razão, admite-se, da falta de informações entre as diluições D₃ e D₄.

4. RESUMO

Visando a estabelecer uma primeira aproximação metodológica para estudo do efeito solubilizante da vinhaça e da torta de filtro rotativo — resíduos da agroindústria canavieira — sobre rochas fosfatadas, instalou-se um ensaio em esquema fatorial 5 x 4, com 3 repetições, em delineamento inteiramente casualizado, conduzido durante 4 dias, em condições ambientais, no Laboratório de Fertilidade do Solo da

QUADRO 6 - Análise de regressão dos níveis de diluição dentro dos métodos estudados

Causas de variação	G.L.	Quadrado médio
Devida à regressão d/M 1	2	0,06588 ⁺⁺
Independente da regr. d/M 1	1	0,00010NS
Devida à regressão d/M 2	2	0,04167 ⁺⁺
Independente da regr. d/M 2	1	0,00090NS
Devida à regressão d/M 3	2	0,55090 ⁺⁺
Independente da regr. d/M 3	1	0,00123NS
Devida à regressão d/M 4	3	0,01874 ⁺⁺
Devida à regressão d/M 5	3	0,02692 ⁺⁺
Resíduo	40	0,00106

++ - Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

NS - Não significativo, ao nível de probabilidade estudado.

Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Os fatores estudados formam 5 métodos de mistura dos resíduos com fosfato natural (3 com vinhaça e 2 com torta) em 4 diluições fosfato:resíduo. No primeiro método, M 1, foi mantido constante o peso do fosfato natural, variando-se os volumes de vinhaça adicionados para obtenção das diluições estudadas; o segundo método, M 2, também teve constante o peso do fosfato natural em cada nível de diluição, sendo que os volumes de vinhaça necessária às diluições, antes de se efetuarem as misturas, foram completados com água até o volume de 100 ml; no terceiro método, M 3, foi mantido constante o volume de vinhaça e adicionou-se fosfato natural nos pesos necessários às diluições desejadas. O quarto método, M 4, consistiu na adição de quantidades variáveis de torta de filtro ao fosfato natural, mantido constante; no M 5, a torta de filtro teve sua umidade natural acrescida em 20% e seu peso mantido constante, variando-se as quantidades de fosfato natural para a obtenção dos níveis de diluição desejados. Nas diluições estudadas, as razões fosfato: resíduo foram 1:40, 1:20, 1:10 e 1:10.

Considerando a praticabilidade da execução dos métodos de diluição do fosfato natural com os dois resíduos estudados, objetivando obter um material com características de adubo fosfatado com maior teor de P_{2O_5} , sob formas mais facilmente disponíveis aos vegetais do que as existentes na rocha utilizada, constatou-se a superioridade dos métodos M 3, para o caso de se usar vinhaça, e M 4, no caso do emprego da torta de filtro rotativo.

O uso do método M 3 em trabalhos futuros permitirá melhor distinção das causas de solubilização negativa ou positiva, bem como de suas vantagens ou desvantagens, uma vez que ambas se apresentaram juntas no referido método, nas presentes condições experimentais.

Há necessidade de estudar o fator tempo, em vista da sua ação sobre a população microbiológica, aparentemente presente em grande número de tratamentos.

Não se percebeu razão para o uso de grandes diluições, havendo reposição da água evaporada ao longo do tempo, visto que os pontos de máximo e mínimo para as diluições, em todos os métodos considerados, encontram-se próximos ou dentro do intervalo limitado pela diluições 1:1 e 1:10.

5. SUMMARY

This study was carried out in order to establish a first methodological approximation for study of the solubilizing effect of waste from alcohol distilleries (vinasse) and residues from rotating filters used in processing cane sugar on phosphate rocks.

Experiments were done in the soil fertility laboratory of the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, during a four day period. Trials were set up according to a 5 x 4 factorial design with three repetitions, completely randomized. Five methods of mixing the residues with natural phosphate, three using vinasse and two filter residue, in four phosphate:residue ratios.

In the first method, M1, the weight of natural phosphate was held constant, and the quantities of vinasse were varied in order to obtain dilutions giving phosphate:residue ratios of 1:40, 1:20, 1:10 and 1:1. In the second method, M2, the weight of the natural phosphate was kept constant and the volumes of vinasse necessary to achieve the four dilutions were completed with water to 100 ml before addition to the mixture. In the method, M3, the volume of vinasse was constant, and quantities of phosphate necessary to achieve the desired dilutions were added. The fourth method, M4, consisted of addition of necessary quantities of filter residue to a constant quantity of phosphate. In the fifth method, the moisture content of the residue was increased by 20% and its weight held constant, while the quantities of natural phosphate were varied.

In order to maintain a material with characteristics of a phosphate fertilizer of greater phosphate content and with phosphate in forms more readily available to plants than the natural phosphates of untreated rocks, the third methods, M3, using vinasse, was superior in terms of its practicality of execution. With filter residue, method M4 was better.

By using the M3 method, in the future it will be possible to make a better distinction of the negative and positive causes of solubilization and their advantages and disadvantages, since both are present under the conditions of this experiment.

It is necessary to carry out further studies including time as a factor in view of its effect on the microbiological populations apparently present in many treatments.

The optimal dilutions for all methods were found to be within a range of 1:1-1:10, and in view of this, there seems no need to use greater dilutions or try to replace evaporating water.

6. LITERATURA CITADA

1. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Rev Ceres*, 21(113):73-85. 1974.
2. CATANI, R.A. *Manual de controle de qualidade de fertilizantes*. São Paulo ANDA, 1973. 70 p.
3. GLÓRIA, N.A. da. Utilização agrícola da vinhaça. *Brasil Açucareiro*, 86(5): 397-403. 1975.
4. GLÓRIA, N.A. da. & MATIAZZO, M.E. Efeito da matéria orgânica na solubilização de fosfatos no solo; II — Efeito de resíduos de usinas de açúcar e destilarias (bagaço de cana, torta de filtro e vinhaça). *Brasil Açucareiro*, 88(5):386-395. 1976.
5. MALAVOLTA, E. & ROMEIRO, J.P.C. Necessidades brasileiras. In: *Manual de adubação* 2 ed. São Paulo, ANDA, 1975. p. 273-276.
6. SOUZA, R.F.C. *Sistemas de produção de mandioca nos cerrados* Cruz das Almas, EMBRAPA/CNPBMF, 1976. 10 p. (Trabalho apresentado no IV Simpósio sobre Cerrado, Brasília, DF).