

## FRACIONAMENTO DO FÓSFORO DA CAMADA ARÁVEL DE SEIS PERFIS DAS UNIDADES DE SOLO MAIS REPRESENTATIVAS DA REGIÃO DA IBIAPABA, CEARÁ, BRASIL\*

R.I. DA COSTA\*\*  
L.A. CRISÓSTOMO\*\*  
J.F. ALVES\*\*

Em geral, o fósforo está presente no solo em duas grandes categorias: orgânica e inorgânica. Segundo HEMWALL (1957) e FASSBENDER *et alii* (1968), os fosfatos orgânicos consistem principalmente de fosfolipídios, ácidos nucléicos, fosfatos de inositol, fosfatos metabólicos e fosfoproteínas. A quantidade e distribuição de cada uma destas frações depende, em primeira linha, da velocidade de acumulação e mineralização da matéria orgânica do solo. A participação do fósforo total do solo varia, segundo BLACK & GORING (1953), FULLER & McGEORGE (1951), FRIEND & BIRCH (1960) e BORNEMESZA & IGUE (1967), dentro de grandes limites. Com relação à metodologia de análises da forma orgânica, vários métodos foram propostos, WILLIAMS *et alii* (1967).

A química do fósforo inorgânico no solo é muito complexa; entretanto alguns investigadores vêm tentando separar quimicamente suas diferentes frações, objetivando o entendimento de suas transformações nos solos. Inúmeros mé-

todos analíticos foram propostos com a finalidade de qualificar e quantificar os fosfatos inorgânicos presentes nos solos, contudo a base química dos diferentes métodos de fracionamento é tida como discutível. A metodologia proposta por CHANG & JACKSON (1957) tem sido a mais usada por vários pesquisadores e sujeita a críticas e modificações como as sugeridas por FIFE (1959), GLENN *et alii* (1959), SMITH (1965), PETERSEN & COREY (1966).

No que concerne aos teores das diversas frações do fósforo inorgânico, WESTIN & DE BRITO (1969) afirmaram que, à medida que o solo se torna mais intemperizado, um declínio no P-total é observado. Além disto, verificaram também um declínio nas porcentagens das frações ativas do P e, ainda, um decréscimo da fração P-Ca e uma elevação no percentual da fração P-Fe. Para PETERSEN & COREY (1966) e UDO & OGUNWALE (1977) nos solos bastante intemperizados e ácidos as frações P-Al e P-Fe são as dominantes.

O objetivo do presente trabalho era analisar o conteúdo de fósforo total, as diferentes frações inorgânicas e verificar quais as frações do fósforo influenciadas quando da aplicação de um fertilizante fosfatado em seis unidades de solos da região da Ibiapaba, Ceará, Brasil.

\* Parte de Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, pelo primeiro autor, para obtenção do Grau de Mestre.

\*\* Técnico da SUDEC e professor da Universidade Federal do Ceará, respectivamente.

## MATERIAL E MÉTODO

Seis solos da região da Ibiapaba, Ceará, Brasil foram utilizados no presente trabalho. Todos os solos tinham como material originário o arenito da formação Serra Grande e foram classificados por INCLAN *et alii* (1979) como:

1. Latossol Vermelho Amarelo Distrófico A moderado textura média floresta subperenifólia e relevo suave ondulado;
2. Latossol Vermelho Amarelo Distrófico A moderado textura argilosa fase floresta subperenifólia e relevo ondulado;
3. Latossol Vermelho Amarelo Distrófico A proeminente textura argilosa fase floresta subperenifólia e relevo suave ondulado;
4. Latossol Acinzentado Distrófico A fraco textura média fase floresta subcaducifólia e relevo plano.
5. Areias Quartzosas Distróficas A fraco fase floresta subperenifólia e relevo suave ondulado.
6. Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico Latossólico textura franco arenoso floresta subperenifólia e relevo suave ondulado.

Amostras compostas de cada solo foram coletadas dos 25 cm superficiais, as quais, depois de secas ao ar e peneiradas (2 mm), foram submetidas a análise física e química. Subamostras de cada solo foram incubadas com 100 ppm de P por 30 dias. O fracionamento do fósforo do solo natural e incubado foi conduzido seguindo-se a metodologia descrita por PETERSEN & COREY (1966), enquanto o fósforo total e inorgânico foi determinado de acordo com o método de JACKSON (1958). O fósforo orgânico foi calculado por diferença entre o P-total e o P-inorgânico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos estudados formados do arenito da formação Serra Grande são de

baixa fertilidade natural com valores de saturação de bases, capacidade de troca de cátions e soma de bases baixos. O solo 1, contudo, apresentou um valor de V superior a 50%. Quanto à distribuição granulométrica, verificou-se que a fração areia era dominante. (Tabela 1)

Observando-se dados contidos na Tabela 2, verifica-se que o fósforo total apresentou pequena variação de uma para outra unidade de solo. Este resultado, contudo, era esperado, dado o fato de todos os solos serem originados do mesmo material, com apenas pequenas variações no relevo e tipo de horizonte. O fósforo total extraído apresentou um valor médio de 87,36 ppm, com valores extremos entre 58,00 e 123,42 ppm. Os coeficientes de correlação de 0,87 e 0,89, todos significativos ao nível de 5% de probabilidade, definem as relações encontradas entre fósforo total x porcentagem de matéria orgânica e fósforo total x fósforo orgânico, respectivamente.

Os dados obtidos mostram que o fósforo total nestes solos foram inferiores ao encontrado por KENWAR & GRANWAL (1959) e DAHNKE *et alii* (1964) para outros Latossolos.

O baixo teor de fósforo total encontrado provavelmente decorre de os mesmos serem provenientes de um material originário pobre em fosfatos. As diferenças observadas entre uma ou outra unidade de solo podem ser atribuídas à maior ou menor presença de vegetação natural, à menor ou maior lixiviação e à maior ou menor atividade biológica a que estavam sujeitos os solos.

## FÓSFORO ORGÂNICO

No que concerne ao fósforo orgânico, verifica-se que o teor desta forma (Tabela 2), determinada pela diferença entre o P-total e o P-inorgânico, variou entre os limites de 20,90 e 75,51 ppm, com um valor médio de 42,88 ppm. Nota-se, deste modo, que os resultados obtidos são em geral inferiores aos en-

contrados na literatura para os solos tropicais. FASSBENDER *et alii* (1968) verificaram que em solos mais ácidos e com a predominância de fosfatos de ferro e de alumínio os teores de P-orgânico variaram de 34 a 2316 ppm e naqueles onde houve a predominância de fosfatos

de cálcio o teor de P-orgânico variou de 10 a 999 ppm. Por outro lado, FASSBENDER & DIAZ (1970) observaram que 70% do P-total era P-orgânico em solos da região amazônica e derivados de sedimentos do cretáceo e do terciário.

TABELA 1

Características físicas e químicas da camada arável (0 — 25 cm) de seis perfis das unidades de solo mais representativas da Região da Ibiapaba, Ceará, Brasil.

	1	2	3	4	5	6
Ca <sup>++</sup> mE/100g	2,40	0,80	0,90	0,70	0,90	1,40
Mg <sup>++</sup>	1,10	1,00	1,00	0,70	0,90	1,00
K <sup>+</sup>	0,07	0,06	0,08	0,12	0,09	0,06
Na <sup>+</sup>	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03
H <sup>+</sup>	2,02	1,84	3,84	1,35	2,76	4,52
Al <sup>+++</sup>	0,12	0,63	0,81	0,63	0,87	0,76
T	5,73	4,35	6,31	3,52	5,55	7,77
V%	62,00	43,00	32,00	43,00	34,00	32,00
N%	0,084	0,042	0,073	0,039	0,070	0,098
C%	0,810	0,570	0,798	0,438	0,774	1,122
pH(H <sub>2</sub> O)	5,00	4,30	4,20	4,30	4,20	4,30
Areia (2 — 0,05 mm)	76,7	66,6	78,8	79,4	82,8	71,8
Silte%	7,0	5,9	7,3	4,8	8,1	18,9
Argila total%	16,3	27,5	13,9	15,8	9,1	9,3
Argila natural%	4,3	14,4	3,2	6,5	1,7	2,9

TABELA 2

Teores de fósforo total, fósforo inorgânico, fósforo orgânico (ppm) e % do fósforo orgânico em relação ao fósforo total da camada arável (0 — 25 cm) de seis perfis das unidades de solo mais representativas da Região da Ibiapaba, Ceará, Brasil.

Solo N.º	P-Total	P-Inorgânico ppm	P-orgânico	P-orgânico %
01	123,42	47,91	75,51	61
02	94,38	48,00	46,38	49
03	95,00	48,11	46,89	49
04	58,00	37,02	21,00	36
05	58,70	37,80	20,90	36
06	94,70	48,00	46,70	49
Média	87,36	44,47	42,88	46,66

Segundo BARROW (1961) e AWAN (1964), condições de baixa temperatura, alta umidade, alto conteúdo de argila, forte acidez e escassa atividade biológica propiciam acumulação da matéria orgâ-

nica nos solos, isto em decorrência de um bloqueio da mineralização. Nos solos em estudo não foram observadas relações entre o teor de matéria orgânica e o pH com P-orgânico.

Pela análise dos dados contidos na Tabela 3 observa-se que os teores da fração P-salóide são bastante inferiores aos das demais frações. Por outro lado, a adição de fosfato solúvel seguida de incubação concorreu para um ligeiro aumento nesta forma de fósforo (Tabela 4), indicando que o P adicionado foi transformado em outras formas menos utilizáveis, num curto espaço de tempo, ou seja 30 dias.

A fração P-Al dentre as frações ativas de fósforo do solo pode ser considerada como a mais importante, dado os seus teores mais elevados, exceto no solo 6, onde a fração P-Fe foi bastante superior (Tabela 3). As variações nos teores desta fração de fósforo de um para outro solo podem ser explicadas segundo HAWKINS & KUNZE (1965), pelas variações no potencial de oxi-redução do solo que modifica os teores de P-Al.

Um acréscimo substancial na fração P-Al foi observado em todos os solos, quando da incubação do P-solúvel. Isto mostra que parte do P aplicado é facilmente convertida em outras frações menos solúveis.

No que se refere à fração P-Fe, esta segue em ordem de importância a fração P-Al, e constitui cerca de 16% do fósforo inorgânico dos solos. As variações encontradas entre os solos podem ser explicadas pelo diferente grau de desenvolvimento dos solos. Estreita relação foi encontrada entre o P-Fe e o P-Al, relação esta evidenciada pelo coeficiente de correlação de 0,95 e significativo ao nível de 5% de probabilidade. Resultados semelhantes foram encontrados por FASSBENDER (1966) e RYAN & STROEHLIN (1973), para outros solos. No que concerne à incubação, ve-

rificou-se um substancial aumento na fração em questão, indicando a facilidade com que o P-solúvel é convertido em P-Fe. Esta conversão vem em detrimento ao aproveitamento pelas plantas do fósforo aplicado ao solo na forma de fertilizantes fosfatados.

TABELA 3

Distribuição das frações de fósforo inorgânico, fósforo residual e fósforo total da camada arável (0 - 25 cm) de seis perfis das unidades de solo mais representativas da Região da Ibiapaba, Ceará, Brasil.

Solo	NH <sub>4</sub> Cl	P-Al	P-Fe	P-Red ppm	P-Ca	P-Inorg	P-Res	P-Total
01	2,20	7,72	5,66	28,27	1,61	47,91	2,45	123,42
02	1,70	6,17	7,55	21,20	5,58	48,00	5,80	94,38
03	1,70	12,87	7,55	14,60	5,58	48,11	5,61	95,00
04	1,30	7,72	7,55	16,96	3,22	37,02	0,27	58,00
05	0,80	8,85	3,40	16,96	4,46	37,80	3,33	58,70
06	2,20	4,22	10,67	23,56	2,72	48,00	4,63	94,70
Média	1,65	7,92	7,06	20,25	3,86	44,47	3,71	87,36

TABELA 4

Teores das diversas frações de fósforo inorgânico, fósforo residual, fósforo orgânico e fósforo total da camada arável (0 - 25 cm) após incubação por 30 dias com 100 ppm de fósforo de seis perfis das unidades de solo mais representativas da Região da Ibiapaba, Ceará, Brasil.

Solo	N.º	Frações de fósforo inorgânico						P-Total	
		NH <sub>4</sub> Cl	P-Al	P-Fe	P-Red	P-Ca	P-Inorg		P-Res
01	9,59	56,93	32,77	45,23	7,43	152,46	0,51	73,05	225,51
02	11,89	48,28	30,97	61,25	7,43	161,20	1,38	28,94	190,14
03	4,98	55,29	48,06	66,90	7,43	188,74	4,64	1,46	190,20
04	19,29	48,30	14,63	66,90	2,72	152,46	0,62	7,26	159,72
05	13,00	42,11	13,97	56,07	2,10	130,68	3,43	29,04	159,72
06	6,99	53,74	35,60	66,99	4,46	170,22	6,58	20,98	188,76
Média	10,95	50,77	29,33	60,55	5,26	158,97	2,86	27,10	185,84

A fração P-Ca foi removida do solo pela ação do ácido sulfúrico 0,5N. A participação desta fração foi em média 8,68 e 3,31% do fósforo inorgânico, respectivamente no solo natural e incubado. Os resultados encontrados (Tabelas 3 e 4) revelaram baixos teores no solo natural e incubado, isto por ser a fração em apreço a mais solúvel dentre as frações inorgânicas e tende a reverter as frações menos solúveis como P-Al e P-Fe.

Em estudos de fracionamento realizados por FASSBENDER (1966) em solos aluvial e latossol foram constatados valores médios de 60,3 e 15 ppm, respectivamente. Este mesmo autor, em 1972, encontrou resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa para essas mesmas classes de solos.

As Tabelas 3 e 4 apresentam os dados relativos aos teores de P-Red, os quais são bem superiores às outras frações do P-inorgânico. O percentual médio de P-Red no solo natural é de 45%, enquanto no solo incubado é de apenas 38%. Isto significa que a velocidade de formação desta fração é inferior à das outras.

## SUMMARY

Six soils from Ibiapaba área, Ceará, Brasil, were selected and its total phosphorus content analyzed by the JACKSON (1958) method. The phosphorus fractionation was conducted by the procedure as described by PETERSEN & COREY (1966). The organic P-fraction was calculated as a difference between total and inorganic phosphorus.

The P-Al fraction was the most abundant in all soils except in the Podzol Latosol soil. The relative abundance of the extractable inorganic P fractions follow the order P-Solúvel < P Ca < P Fe < P Red. All soils were incubated with 100 ppm P, for a 30 days period which were again fractionated. As expected an increase in all extractable inorganic P fractions was observed, however the P-Al fraction was the most affected.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AWAN, H. B. Effect of lime on availability of phosphorus in Zamorono soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28 (5): 672-3, 1964.
- BARROW, N. J. Phosphorus in soil organic matter. *Soil Fert.* 24 (3): 169-73, 1961
- BLACK, C. A. & GORING, C.A.L. Organic phosphorus in soils. *Soil and Fertilizers Phosphorus*. Pierre, W.H.Y. Norman, A.G. editors. Academic Press Inc. p. 123-52, 1953.
- BORNEMESZA, E., & IGUE, K. Comparison of three methods for determining organic phosphorus in Costa Rica soils. *Soil Sci.* 103 (5): 347-53, 1967.
- CHANG, S. C. & JACKSON, M. L. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.* 84 (2) 133-44, 1957.
- DAHNIKE, W. C. & MALCOLM, J. L., & MENENDEZ, M. E. Phosphorus fractions in selected soil profiles of El Salvador as related to their development. *Soil Sci.* 98 (1): 33-8, 1964.
- FASSBENDER, H. W. Descripción físico-química del sistema fertilizante fosforado suelo - plant. *TURRIALBA*, 16 (3): 237-46, 1966.
- FASSBENDER, H. W. & DIAZ, N. Contenido y formas de fósforo en algunos suelos de la región amazónica del Estado de Maranhão. *Turrialba*, 20 (3): 372-4, 1970.
- FASSBENDER, H. W., MULLER, L. & BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II. Formas y su relación con las plantas. *Turrialba*, Costa Rica, 18(4): 333-47, 1968.
- FASSBENDER, H. W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona Oriental de la México Central y de las Llanuras Atlánticas de Costa Rica. *Turrialba*. 21 (3): 188-202, 1972.
- FIFE, C. V. An evaluation of ammonium fluoride as a selective extractant for aluminum - bound soil phosphate. I. Preliminary studies on non-soil systems. *Soil Sci.*, 87 (1): 13-21, 1959.
- FRIEND, M. T. & BIRCH, H. F. Phosphate response in relation to soil test and organic phosphorus. *J. Agric. Sci.*, 54: 431-7, 1960.
- FULLER, W. H. & Mc GEORGE, W. T. Phosphorus in calcareous Arizona soils. *Soil Sci.* 71 (1): 45-50, 1951.
- GLENN, R.C., HSU, P.H., & JACKSON, M. L. Flow sheet for soil phosphate fractionation. *Agron. Abst. Amer. Soc. of Agronomy*. (Madison, Wis.) p. 9, 1959.
- HAWKINS, R. H., KUNZE, G. W. Phosphate fractions in some Texas Grumosolos and their relation to soil weathering and available phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29 (6): 650-6, 1965.
- HEMWALL, J. B. The fixation of phosphorus by soil. *Advance. Agron.* New York 9:95-112, 1957.
- INCLAN, R. S. & BENEVIDES, E. C. & LEITE, F. R. B. Levantamento de reconhecimento semi-detalhado dos solos da Região da Ibiapaba. Convênio/Sudene/Sudec. p. 350, 1979.
- JACKSON, M. L. *Soil chemical analyzies*. Prentice-Hill, Englewood Cliffs, N. J. 498 p. 1958.
- KENWAR, J. S. & GRANWAL, L. S. Forms of phosphorus in Punjab soil. *J. of The Indian Soc. of Soil Sci.*, 7 (5): 135-42, 1959.
- PETERSEN, G. W., & COREY, R. B. A modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of inorganic soil phosphates. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30 (5): 563-5, 1966.
- RYAN, J., STROENLEIN, J. L. Use of sulfuric acid on phosphorus deficient Arizona soils. *Prog. Agric. in Arizona*, 25 (6): 11-3, 1973.
- SMITH, A. N. Distinction between iron and aluminum phosphate in Chang and Jackson's procedure for fractionation inorganic soil phosphorus. *Agronomica* 9 (2): 162-8, 1965.
- UDO, E. J., & OGUNWALE, J. A. Phosphorus fractions in selected Nigerian soils. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 41 (6): 1141-6, 1977.
- WESTIN, F. C. & de BRITO, J. G. Phosphorus fractions of some Venezuelan soils as related to their stage of weathering. *Soil Sci.* 107(3): 194-202, 1969.
- WILLIAMS, P. H. SYERS, J. K., & WALKER, T. W. Fractionation of soil inorganic phosphate by modification of Chang and Jackson's procedure. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31 (6): 736-9, 1967.