

Fósforo remanescente em solos do Seridó Paraibano

Jandeilson Alves de Arruda^[1], José Wellington de Medeiros Estrela^[2], José Lucínio de Oliveira Freire^[3], Sebastiana Joelma de Azevedo Santos^[4]

[1] jandeilson_agro@hotmail.com. [2] wellingtonestrela18@hotmail.com. [3] lucinio@folha.com.br. [4] joelmaifpbpicui@gmail.com. IFPB-Campus Picuí

RESUMO

O conhecimento acerca do Fator Capacidade Tampão de Fósforo (FCP) dos solos é de extrema importância para a otimização do manejo da adubação fosfatada. O fósforo remanescente (P-rem) tem sido uma das características que mais se correlacionam com o FCP, e sua quantificação pode ajudar na compreensão do comportamento do elemento no solo. Entretanto, não há dados sobre esse atributo químico em solos do Seridó Paraibano. O objetivo deste trabalho foi quantificar o P-rem em seis solos do Seridó Paraibano e correlacioná-lo com atributos químicos e físicos do solo. Foram utilizadas amostras (camada 0-20 cm) de seis solos representativos do Seridó Paraibano, sendo estes selecionados com base na sua ocorrência e importância agrícola. Após a coleta, os solos foram secos ao ar, passados por peneira de 2 mm de malha e caracterizados quimicamente e fisicamente. Para determinação do P-rem, foram colocados 5 g de solo em erlenmeyer com uma solução de CaCl_2 0,01 mol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P. Os erlenmeyers foram agitados durante cinco minutos e deixados em repouso para decantação do solo durante 16 horas. Após esse período, o P foi quantificado por colorimetria. O P-rem foi correlacionado com características químicas e físicas dos solos. Em sua maioria, os solos em estudo apresentam teores elevados de areia, pH acima de 5,5 e elevados teores de Ca+Mg, K, Na, e CTC efetiva. O P-rem, para a maioria dos solos, apresentou valores elevados, refletindo baixo FCP. Verificou-se correlação positiva e significativa com o fósforo disponível (0,56°), K (0,77*) e areia (0,72*) e negativa e significativa com Ca+Mg (-0,56°), Na (-0,74*) e argila (-0,59°). Conclui-se que os valores de P-rem dos solos do Seridó são elevados, mostrando baixo FCP, sendo influenciados principalmente pela textura mais arenosa dos solos e que o P-rem é um bom estimador do FCP.

Palavras-chave: Fator Capacidade de P. Semiárido. Adubação fosfatada.

ABSTRACT

*The knowledge of phosphorus capacity factor (PCF) of soils is of utmost importance to optimize the management of phosphorus fertilization. The remaining phosphorus (P-rem) has been one of the characteristics that best correlate with the PCF and its quantification can help to understand the behavior of the element in the soil. However, no data on this chemical attributes in Seridó soils. The aim of this study was to quantify the P-rem in six Seridó soils and correlate it with chemical and physical soil properties. samples were used (0-20 cm), six representative soils of Seridó, and they are selected based on their occurrence and agricultural importance. After collection, soils were air dried, passed through sieve of 2 mm mesh and characterized chemically and physically. For the determination of P-rem were placed 5 g of soil flask with a solution of CaCl_2 0.01 mol L⁻¹ containing 60 mg L⁻¹ of P. They were stirred for five minutes and allowed to stand for sedimentation for 16 hours. After this period P was quantified by colorimetry. The P-rem was correlated with chemical and physical characteristics of the soils. In most soils in the study have high sand content, pH above 5.5 and higher Ca + Mg, K, Na, and effective CEC. The P-rem for most soils presented high levels, reflecting lower PCF. There was a positive and significant correlation with the available phosphorus (0,56°), K (0.77 *) and sand (0.72 *), and negative and significant with Ca + Mg (-0,56°) Na (-0.74 *) and clay (-0,59°). We conclude that the values of P-rem of Seridó soils are high, showing low PCF, being mainly influenced by the sandier soil and P-rem is a good estimator of a phosphate capacity factor.*

Keywords: Phosphorus capacity factor. Semiarid. Phosphorus fertilization.

1 Introdução

No Seridó Paraibano há predomínio de solos menos intemperizados e pouco desenvolvidos, a exemplo dos Neossolos Litólicos, Luvisolos, Neossolos Regolítico e Planossolos (BRASIL, 1972). Podem ser encontrados também, ainda que em menor escala, solos mais desenvolvidos como o Latossolo e o Argissolo, que ocorrem no topo de serras ou devido à natureza do material de origem.

Nesses solos, assim como na maioria dos solos da região semiárida do nordeste brasileiro, os teores de P são baixos (PEREIRA; FARIA, 1998). Essa baixa disponibilidade é explicada pela pobreza de P nos materiais de origem dos solos e devido aos diversos processos físico-químicos de retenção do elemento. Entre estes, o processo de sorção de P tem sido muito estudado nos últimos anos, principalmente pelo fato de a sorção ser o principal processo de retenção do elemento no solo (COSTA, 2010).

Para Sparks (2003), o termo sorção é utilizado de maneira genérica para se referir aos processos que resultam na retenção de um sorbato na superfície de um sorvente, compreendendo a adsorção, precipitação e polimerização. Este termo deveria ser utilizado quando o mecanismo de retenção do sorbato pelo sorvente é desconhecido, o que comumente ocorre com o P no solo (SIMS; PIERZYNSKI, 2005).

O termo adsorção deveria ser utilizado apenas quando reconhecidamente o processo de retenção envolve a formação de complexos de superfície (SOARES; CASAGRANDE, 2009). Novais, Smyth e Nunes (2007), no entanto, recomendam a utilização do termo adsorção num sentido amplo, para se referir ao conjunto das reações químicas de adsorção e precipitação, apesar de reconhecerem a inadequabilidade plena do termo. Assim, os termos adsorção e sorção, na prática, acabam sendo utilizados como sinônimos.

Estudos relacionados ao processo de adsorção de P nos solos são extremamente importantes, pois ajudam na compreensão dos fatores que influenciam na concentração de P na solução do solo e, consequentemente, no adequado suprimento às plantas (CHAVES; CHAVES; MENDES, 2007). Diversas pesquisas (CASAGRANDE *et al.*, 2003; FALCÃO, SILVA, 2004; ROLIM NETO *et al.*, 2004; MOREIRA *et al.*, 2006; CHAVES *et al.*, 2009; FARIAS *et al.*, 2009; BRITO NETO, 2011) têm sido realizadas com esse intuito, utilizando isotermas de adsorção em diferentes solos.

Isotermas de adsorção são equações matemáticas usadas para descrever, quantitativamente, a adsorção de solutos por sólidos, a temperaturas constantes (ALLEONI; CAMARGO; CASAGRANDE, 1998). Essas equações descrevem as relações entre a quantidade de determinado elemento químico adsorvido e sua quantidade remanescente na solução de equilíbrio (NOVAIS, SMYTH, 1999; DIAS *et al.*, 2001), sendo possível por meio destas equações determinar a capacidade máxima de adsorção do elemento, neste caso, o P (CMAP).

Apesar de trazerem informações extremamente válidas, os métodos de determinação da CMAP são demorados e trabalhosos, o que inviabiliza sua utilização em laboratórios de rotina, havendo, portanto, necessidade de se definirem métodos mais práticos e que possibilitem seu uso em ampla escala. O teor de argila tem sido empregado com essa finalidade (LISBOA *et al.*, 2012), porém esbarra nas mesmas limitações que a determinação da CMAP impõe, principalmente quando o laboratório não realiza análises físicas de solo.

O Fósforo remanescente (P-rem) pode ser utilizado como estimador da atividade sortiva de P pelos solos, conforme afirmado por Alvarez e Fonseca (1990), e apresenta vantagens em relação ao teor de argila, pois, além de ser mais rápido e simples, é potencialmente mais preciso, por avaliar diretamente o potencial de remoção de P, não sofrendo variações de outros fatores, a exemplo da mineralogia predominante na fração argila dos solos (LISBOA *et al.*, 2012).

Conceitualmente, o P-rem mede a quantidade de P que permanece na solução de equilíbrio em resposta a uma concentração de P adicionada ao solo (DONAGEMMA *et al.*, 2008), comportamento inicialmente proposto por Bache e Williams (1971), sendo utilizado no Brasil com alterações.

Alvarez *et al.* (2000) afirmam que, para uma boa recomendação de adubação fosfatada, deve-se conhecer o teor das formas disponíveis do nutriente, o nível crítico desse elemento no solo e a declividade da curva que relaciona o nutriente disponível em função do nutriente aplicado, sendo essas duas últimas dependentes da Capacidade Tampão (CT) que controla o suprimento de P para as plantas. Como o P-rem se correlaciona estreitamente com a CT de fósforo no solo, sua determinação pode auxiliar na melhor interpretação das análises de solo, por permitir a estratificação com maior segurança das faixas de referência, pelo uso do Fósforo relativo (PR), conforme Alvarez *et al.* (2000).

O P-rem pode ser utilizado na estimativa do nível crítico (NiCri) de P no solo, que é a concentração do nutriente no solo que separa classes de alta e baixa probabilidade de resposta à adubação fosfatada (PEREIRA; FARIAS, 1998). Além disso, pode ser utilizado para estimar a necessidade de gesso para solos álicos e afetados por sais (ALVAREZ *et al.*, 2000).

Diante da importância prática do P-rem e da escassez de informações sobre este, o objetivo deste trabalho foi quantificar o P-rem em seis solos representativos do Seridó Paraibano e verificar sua correlação com características químicas e físicas dos solos, além de estimar o nível crítico de P no solo e o P relativo para esses solos.

2 Material e métodos

Foram utilizadas amostras, coletadas na camada 0-20 cm de profundidade, de seis solos representativos do Seridó Paraibano (Quadro 1), sendo selecionados com base na sua ocorrência e importância agrícola, utilizando para tanto os dados presentes em Brasil (1972).

Quadro 1 – Solos utilizados no trabalho e município de coleta

Solo	Município
Latossolo Amarelo (LA)	Picuí
Luvissolo Crômico (TC)	Picuí
Neossolo Flúvico (RY)	Frei Martinho
Neossolo Litólico (RL)	Nova Palmeira
Neossolo Regolítico (RR)	Baraúna
Planossolo Nátrico (SN)	Pedra Lavrada

Fonte: Dados da pesquisa.

Após coleta, os solos foram secos ao ar, passados por peneira de 2 mm de malha e caracterizados química e fisicamente conforme EMBRAPA (2011), sendo determinados o pH, P, K, Na, Ca+Mg, Al, CTC efetiva, teores de areia, silte e argila, além da densidade do solo.

O Fósforo remanescente (P-rem) foi determinado seguindo métodos descritos em Alvarez *et al.* (2000). Para tanto, 5 g de solo foram postos em erlenmeyer, com uma solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P, seguindo a relação solo: solução de 1:10. Os erlenmeyers foram agitados durante cinco minutos

em agitador orbital e deixados em repouso para decantação do solo durante 16 horas.

Após esse período, foi tomada uma alíquota para quantificação do P na solução de equilíbrio (P-rem) por colorimetria, conforme Braga e Defelipo (1974). Todos os procedimentos foram realizados em triplicata.

O Nível Crítico (NiCri) e o Fósforo Relativo (PR) de P nos solos foram estimados, respectivamente, pelas equações 1 e 2 propostas por Alvarez *et al.* (2000):

$$\text{NiCri} = 4,62 + 0,324731\text{P-rem} + 0,00160568\text{P-rem}^2 \quad (1)$$

$$\text{PR} = (100 \times \text{P}) / \text{NiCri} \quad (2)$$

em que:

P-rem = fósforo remanescente (mg L⁻¹)

P = P disponível (mg dm⁻³)

NiCri = nível crítico (mg dm⁻³)

PR = fósforo relativo (%)

Os valores de P-rem foram correlacionados com características químicas e físicas dos solos, utilizando-se o software estatístico SAEG®.

3 Resultados e discussão

Os resultados da caracterização química e física dos solos podem ser encontrados na Tabela 1.

De maneira geral, os solos em estudo apresentam pH ligeiramente ácido, com exceção do LA e TC, que são ácidos com teores médios de K, Na e Ca+Mg (AQUINO *et al.*, 1993), evidenciando que são solos pouco intemperizados. A textura é classificada como arenosa para os três Neossolos; média para o Luvissolo e Planossolo; e argilosa para o LA (39 % de argila).

Os teores naturais de P, de acordo com Aquino *et al.* (1993) são baixos; excetuam-se a essa realidade apenas o RY e o RL, que apresentaram valores de 44,4 e 16 mg kg⁻¹ de P, considerados alto e médio, respectivamente. Os maiores valores de P no RY podem estar relacionados à natureza do seu material de origem (sedimentos inconsolidados do quaternário). Os sedimentos que dão origem a esse solo, apesar de serem arenosos, são bastante micáceos, o que explica o baixo valor para densidade do solo (1,05 g cm⁻³). O maior valor de densidade foi verificado para o RR, que apresentou valor igual a 1,56 g cm⁻³ (dados não apresentados).

Tabela 1– Características químicas e físicas dos seis solos representativos do Seridó Paraibano

Solo	pH	P	K	Na	Ca+Mg	Al	Areia	Silte	Argila	CMAP
		mg kg ⁻¹			cmol _c kg ⁻¹		dag kg ⁻¹			mg kg ⁻¹
Latossolo Amarelo (LA)	5,0	1,3	106,3	84,5	3,4	0,4	52,7	7,7	39,6	0,1989
Luvissolo Crômico (TC)	5,3	0,8	30,8	268,5	9,9	0,0	60,4	23,9	15,7	0,2961
Neossolo Flúvico (RY)	6,1	44,4	170,8	89,2	7,6	0,0	71,0	22,0	7,0	0,112
Neossolo Litólico (RL)	6,7	16,0	345,0	88,5	4,6	0,0	76,1	16,7	7,2	0,0883
Neossolo Regolítico (RR)	5,6	4,8	65,3	19,0	1,8	0,0	85,2	11,5	3,3	0,0749
Planossolo Nátrico (SN)	6,3	4,1	40,0	478,3	9,5	0,0	66,3	18,1	15,7	0,3722

Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores de P-rem, verificados para os solos do Seridó Paraibano, apresentaram amplitude de 42,0 a 56,6 mg L⁻¹ (Tabela 3). Esses dados evidenciam baixa capacidade de adsorção e baixa capacidade tampão de P para os solos LA, TC e SN e muito baixa para os RY, RL e RR, conforme classificação proposta por Alvarez *et al.* (2000). Os valores mais elevados de P-rem foram verificados para os solos mais arenosos (Neossolos).

Tabela 2 – Valores de P-rem, P, NiCri e PR de seis solos representativos do Seridó Paraibano

Solo	P-rem ¹	P ²	NiCri ³	PR ⁴
	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	%
LA	44,9	1,3	22,4	5,8
TC	42,0	0,8	21,1	3,8
RY	52,9	44,4	26,3	168,7
RL	56,6	16,0	28,2	56,8
RR	53,3	4,8	26,5	18,1
SN	42,0	4,1	21,1	19,5
Média	48,6	11,9	24,3	45,5

¹Fósforo remanescente; ²P disponível (Mehlich-1); ³Nível Crítico; ⁴Fósforo relativo. LA = Latossolo Amarelo; TC = Luvissolo Crômico; RY = Neossolo Flúvico; RL = Neossolo Litólico; RR = Neossolo Regolítico; SS = Planossolo Nátrico.

Fonte: Dados da pesquisa.

Estudando três solos do semiárido do Rio Grande do Norte (um Vertissolo e dois Neossolos flúvicos), Godinho *et al.* (1997) obtiveram valores de P-rem variando de 32,11 a 44,63 mg L⁻¹. Tais resultados

são menores do que os observados neste trabalho, possivelmente em função do maior teor de argila dos solos utilizados pelos autores citados.

Valladares, Pereira e Anjos (2003) determinaram o P-rem nos horizontes A e B de 16 solos de diferentes regiões do Brasil. Para os horizontes superficiais, os valores de P-rem situaram-se entre 20,0 mg L⁻¹, em amostra de um Latossolo Bruno distrófico, e 40,8 mg L⁻¹, em Argissolo Amarelo distrófico, enquanto que, no horizonte B, esses valores ficaram entre 7,8 mg L⁻¹, no Latossolo Bruno distrófico, e 35,7 mg L⁻¹, no Argissolo Amarelo distrófico. Os menores valores de P-rem na camada superficial têm relação com os maiores teores de óxidos de Fe no horizonte B.

No estado da Paraíba, Farias *et al.* (2009) verificaram valores de P-rem variando entre 28 e 47 mg L⁻¹, nos solos mais intemperizados (Ki>2,46), e 37 a 54 mg L⁻¹ nos menos intemperizados (Ki<2,46). A variação dos resultados se deu em função de os autores terem estudado 12 solos representativos (em termos de espaço e importância agrícola), distribuídos por todo o território do estado, de modo que os solos estudados apresentavam ampla variação nas suas características químicas, físicas e mineralógicas. Os valores verificados por esses autores mostram baixa capacidade tampão, de modo semelhante à encontrada neste trabalho, principalmente no grupo de solos mais jovens, que são mais arenosos como os solos do Seridó Paraibano.

Ao estudarem a capacidade de extração de P e sua relação com a CT de Fósforo em cinco solos da zona da mata pernambucana, Simões Neto *et al.* (2009), encontraram valores de P-rem variando entre 12 mg L⁻¹, no Latossolo Amarelo distrófico, e 46 mg L⁻¹ no Espodossolo Humilúvico. Os valores

intermediários a esses foram de 17 mg L⁻¹, verificado para o Argissolo Amarelo distrófico e para o Gleissolo Háplico, além de 41 mg L⁻¹, para o Argissolo amarelo distrocoeso. Os autores sugeriram que os baixos valores de P-rem poderiam estar relacionados à mineralogia da fração argila, principalmente à gibbsita mineral, não encontrada nos solos com altos valores de P-rem. Neste trabalho, por não terem sido realizadas análises mineralógicas, não houve como fazer essa relação.

Os valores de P-rem encontrados neste trabalho encontram-se próximos aos observados para os solos mais arenosos estudados por Brito Neto (2011). O autor determinou o P-rem em um Luvissole Crômico (43,74 mg L⁻¹), um Cambissolo Háplico (16,26 mg L⁻¹), um Neossolo Flúvico (27,34 mg L⁻¹) e um Cambissolo eutrófico (41,34 mg L⁻¹), coletados respectivamente em Itaporanga-PB, Irecê-BA, Barbalha-CE e Apodi-RN. Esses solos apresentaram 13,6; 25,5; 33 e 12,5 % de argila, nessa ordem.

Corrêa, Nascimento e Rocha (2011) verificaram valores de P-rem variando entre 12,8 e 57,8 mg L⁻¹, ao estudarem 10 solos do estado de Pernambuco. Os autores afirmaram que essa ampla faixa de variação mostra diferentes capacidades dos solos em adsorverem fosfato. Explicações para esses resultados estão relacionados às características dos solos, muito variáveis, em virtude de terem sido coletados em três regiões diferentes do estado e apresentarem diferentes graus de intemperismo e desenvolvimento pedogenético.

Valores de P-rem próximos aos verificados neste trabalho também foram encontrados por Chaves e Fernandes (2013) ao estudarem a adsorção de fosfato em três solos paraibanos. Os autores observaram valores de P-rem da ordem de 42 mg L⁻¹ em um Latossolo Amarelo, 46 mg L⁻¹ em um Argissolo Acinzentado e 34 mg L⁻¹ no Argissolo Vermelho eutrófico. Apesar de esses solos serem mais velhos e intemperizados do que os utilizados neste trabalho, sua textura arenosa e média pode explicar a semelhança entre os valores observados nos dois estudos.

Utilizando os critérios de Alvarez *et al.* (2000), é possível separar os solos em dois grupos com diferentes capacidades tampão de P, compreendendo aqueles com P-rem ≤ 44 mg L⁻¹ (TC e SN) e com P-rem > 44 mg L⁻¹ (LA, RY, RL e RR).

Os valores de P-rem foram correlacionados com alguns atributos químicos e físicos dos solos estudados (Tabela 3). Verificou-se correlação positiva e sig-

nificativa com o fósforo e potássio disponíveis e com os teores de areia. Foi verificado também correlação negativa e significativa entre o P-rem e os teores de Na e Ca+Mg, com a CTC efetiva e os teores de argila, e positiva e altamente significativa com a CMAP. Não se verificou correlação significativa entre a variável e o pH, Al trocável, teores de silte.

A correlação significativa, verificada com a CMAP, indica que o P-rem pode ser utilizado como um estimador da adsorção de P nos solos estudados e, conseqüentemente, do FCP.

O relacionamento entre essas duas variáveis pode ser visualizado na Figura 1. O modelo encontrado apresenta boa capacidade preditiva (R²=86), podendo ser utilizado para estimar a CMAP de outros solos a partir dos valores de P-rem, de maneira prática e rápida.

Ao caracterizarem a capacidade tampão de 30 solos de Entre Ríos-Argentina, Boschetti, Quintero e Benavidez (1998) verificaram correlação negativa e significativa entre o P-rem e o pH e o teor de argila. Esses resultados divergem com os encontrados neste trabalho com relação ao pH, já que não se verificou correlação significativa entre o P-rem e o pH dos solos do Seridó Paraibano

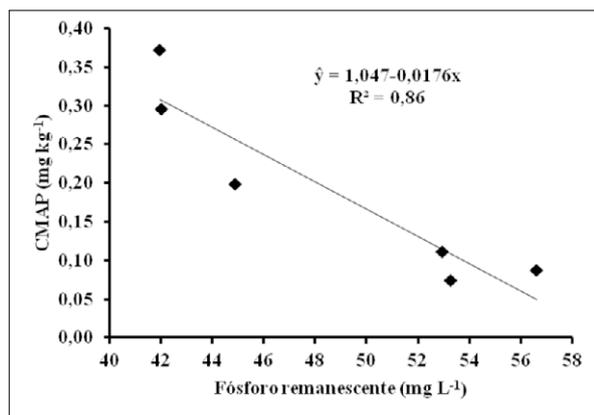
Tabela 3 – Correlação entre P-rem e atributos químicos e físicos de seis solos representativos do Seridó Paraibano

Variável	P-rem
pH	0,5083 ^{ns}
P	0,5633 ^o
K	0,7707*
Na	-0,7406*
Ca+Mg	-0,5871 ^o
Al	-0,2836 ^{ns}
t	-0,6111 ^o
Areia	0,7471*
Silte	-0,1248 ^{ns}
Argila	-0,5963 ^o
CMAP	-0,9291**

^{ns}, ^o, *, ** Não significativo e significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade pelo teste de Pearson respectivamente.

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 1 – Relacionamento entre a CMAP e o P-rem para os seis solos do Seridó Paraibano



Fonte: Dados da pesquisa.

Farias *et al.* (2009) também verificaram correlação negativa e significativa entre o P-rem e os teores de argila de 12 solos representativos do estado da Paraíba. Ao separar esses solos com base no grau de intemperismo (Ki maior ou menor de 2,46), os autores observaram correlação significativa apenas no grupo de solos pouco intemperizados ($r = -0,94^{**}$).

Diferentemente do que foi verificado neste trabalho, Chaves *et al.* (2009) não verificaram correlação significativa entre o P-rem e a CMAP em oito solos paraibanos (três argissolos, dois plintossolos e três cambissolos). O P-rem também mostrou correlação negativa e significativa, de modo similar a este trabalho, com o teor de argila de 10 solos do estado de Pernambuco (CORRÊA; NASCIMENTO; ROCHA, 2011). Os autores verificaram, também, correlação significativa e negativa com a acidez potencial ($-0,84^{**}$), alumínio trocável ($-0,90^{**}$), CTC ($-0,86^{**}$), capacidade de campo ($-0,92^{**}$) e CMAP ($-0,95^{**}$).

Fontana *et al.* (2013) verificaram correlações negativas entre o P-rem e o pH em água, Ca²⁺ e CTC. Os autores afirmaram que os resultados indicam que as reações que controlam a disponibilidade de fosfato, nos solos estudados, estão relacionadas à presença de cátions na solução do solo, principalmente naqueles com altos teores de bases trocáveis, já que, na presença de altos teores solúveis de cátions trocáveis, há precipitação de P e formação de fosfatos insolúveis (MEURER; RHEINHEIMER; BISSANI, 2012).

Apesar de não ter havido correlação significativa com o pH, essa hipótese pode ser aplicada a este estudo, tendo em vista que se verificou correlação negativa com os teores de Ca+Mg e Na (Tabela 3), indicando a possibilidade de contribuição, mesmo que

pequena, da precipitação nas reações do P nos solos estudados.

Os níveis críticos estimados para os solos (Tabela 2) variaram de 21,1 mg kg⁻¹ no SN e TC a 28,2 mg kg⁻¹ no RL. Definindo o NiCri para cada grupo de solos separados com base na capacidade tampão, verificam-se os valores de 21 mg kg⁻¹ para solos com P-rem ≤ 44 mg L⁻¹ e 25,9 para solos com P-rem > 44 mg L⁻¹.

Levando-se em consideração os valores de P disponível e de PR (Tabela 2), verifica-se que apenas o solo RY (PR= 168 %) apresenta teores naturais satisfatórios aos cultivos agrícolas.

Com base nos valores de NiCri e PR foi possível criar uma tabela de interpretação para os teores de P disponível para os solos do Seridó Paraibano (Tabela 4):

Tabela 4 – Faixa de interpretação dos valores de P disponível (mg kg⁻¹) em função do P-rem para os solos do Seridó Paraibano

P-rem	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹				
42-44	<10,5	10,6-15,2	15,3-21	21,1-31,5	>31,5
44-60	<13	13,1-18,8	18,9-25,9	26-38,9	>38,9

Fonte: Dados da pesquisa.

Nesta tabela, as classes foram definidas com base no PR, levando em consideração a recomendação de Alvarez *et al.* (2000): muito baixo= ≤50 %; baixo= 50,1-72,5 %; médio= 72,5-100 %; bom= 100,1-150% e alto>150%.

4 Conclusões

Com base nos resultados alcançados, é possível concluir que:

- Os valores de P-rem nos solos estudados são considerados altos, mostrando baixa capacidade tampão de fosfato;
- O P-rem dos solos mostra estreita correlação com os teores de cátions trocáveis (negativa), sendo influenciado ainda pela textura dos solos, apresentando maiores valores nos solos arenosos;

- O P-rem é um bom estimador da capacidade tampão da acidez em solos do Seridó Paraibano;
- Os níveis críticos estimados para os solos é de 21 mg kg⁻¹ para solos com P-rem ≤44 mg L⁻¹ e 25,9 para solos com P-rem > mg L⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A.; CASAGRANDE, J. C. Isotermas de Langmuir e de Freundlich na descrição da adsorção de boro em solos altamente intemperizados. **Scientia agricola**, v. 55, p. 379-387, 1998.
- ALVAREZ, V. H.; FONSECA, D. M. Determinação de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 14, p. 49-55, 1990.
- ALVAREZ, V. H. *et al.* Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 27-32, 2000.
- AQUINO, A. B. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993.
- BACHE, B. W.; WILLIAMS, E. G. A phosphate sorption index for soils. **European Journal of Soil Science**, v. 22, p. 289-301, 1971.
- BOSCHETTI, A. N. G.; QUINTERO, G. C. E.; BENAVIDEZ, Q. R. A. Caracterização do fator capacidade de fósforo em solos de Entre Ríos, Argentina. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 22, p. 95-99, 1998.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, p. 73-85, 1974.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. I. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba**. II. **Interpretação para uso agrícola dos solos do estado da Paraíba**. Rio de Janeiro, 1972. 683p. (Boletim Técnico, 15; SUDENE. Série Pedologia, 8).
- BRITO NETO, J. F. **Adsorção e disponibilidade de fósforo para o crescimento inicial da mamoneira em solos com diferentes classes texturais**. 2011. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia)—Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu: UNESP, 2011.
- CASAGRANDE, J. C. *et al.* Adsorção de fosfato e sulfato em solos de cargas elétricas variáveis. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 27, p. 51-59, 2003.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; MENDES, J. S. Adsorção de fósforo em materiais de Latossolo e Argissolo. **Revista Caatinga**, v. 20, p. 104-111, 2007.
- CHAVES, L. H. G. *et al.* Características de adsorção de fósforo em argissolos, plintossolo e cambissolos do estado da Paraíba. **Engenharia ambiental**, v. 6, p.130-139, 2009.
- CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D. Adsorção de sulfato em solos do Estado da Paraíba. **Scientia Plena**, v. 9, p. 1-7, 2013.
- CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p.153-159, 2011.
- COSTA, H.S. **Cinética de sorção e disponibilidade de fósforo em função do tempo de contato do fósforo com o solo**. 2010. 56 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba/ Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2010.
- DIAS, N.M.P. *et al.* Isotermas de adsorção de cádmio em solos ácidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 229-234, 2001.
- DONAGEMMA, G. K. *et al.* Fósforo remanescente em argila e silte retirados de Latossolos após pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, p. 1785-1791, 2008.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. R. A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Revista Acta Amazônica**, v. 34, n. 3, p.337-342, 2004.
- FARIAS, D.R. *et al.* Fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba. I. Isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 33, p.623-632, 2009.

FONTANA, A. *et al.* Fósforo remanescente em solos formados sob diferentes materiais de origem em três topossequências. **Semina: Ciências Agrárias**, Pinheiral, v. 34, n. 5, p. 2089-2102, 2013.

GODINHO, V. P. C. *et al.* Adsorção de fosfatos em três solos da região semiárida do Rio Grande do Norte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, p. 819-823, 1997.

LISBOA, B. B. *et al.* Determinação do fósforo remanescente como método alternativo à textura na indicação da classe de disponibilidade de fósforo em três solos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 18, p. 81-84, 2012.

MEURER, E. J.; RHEINHEIMER, D.; BISSANI, C. A. Fenômenos de sorção em solos. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. 5. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p.113-154.

MOREIRA, F. L. M. *et al.* Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, p. 7-12, 2006.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, DPS, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537

PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B. Sorção de fósforo em alguns solos do Semi-árido do Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 33, p. 1179-1184, 1998.

ROLIM NETO, F. C. *et al.* Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 953-964, 2004.

SIMÕES NETO, D. E. *et al.* Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 840-848, 2009.

SIMS, J. T.; PIERZYNSKI, G. M. Chemistry of phosphorus in soils. IN: TABATABAI, M. A.; SPARKS, D. L. **Chemical processes in soils**. Soil Science Society of America, 2005. p.151-192.

SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C. Adsorção e Modelos. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. v. 6. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 71-201.

SPARKS, D. L. **Environmental Soil Chemistry**. 2. ed. Academic Press, 2003. p. 325.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v. 62, p. 111-118, 2003.