



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CAMPUS II – AREIA - PB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**MATEUS GUIMARÃES DA SILVA**

**AVALIAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE EXTRATORES DE FÓSFORO DISPONÍVEL  
EM SOLOS DA ZONA ABACAXICULTORA PARAIBANA**

**AREIA**

**2018**

**MATEUS GUIMARÃES DA SILVA**

**AVALIAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE EXTRATORES DE FÓSFORO DISPONÍVEL  
EM SOLOS DA ZONA ABACAXICULTORA PARAIBANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de Concentração: Solos em Ecossistemas Agrícolas e Naturais. Linha de Pesquisa: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Alexandre Paiva da Silva

**AREIA  
2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S586a Silva, Mateus Guimarães da.

Avaliação e calibração de extratores de fósforo disponível em solos da zona abacaxicultora paraibana / Mateus Guimarães da Silva. - Areia, 2020.

61 f. : il.

Orientação: Alexandre Paiva da Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Ananas comosus comosus. 2. P lábil. 3. Fator quantidade. 4. Taxa de recuperação. 5. Nível crítico.

I. Silva, Alexandre Paiva da. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

MATEUS GUIMARÃES DA SILVA

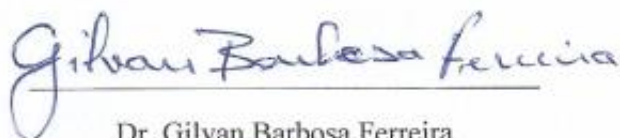
AVALIAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE EXTRATORES DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM  
SOLOS DA ZONA ABACAXICULTORA PARAIBANA.

Aprovada em: 06 de Junho de 2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alexandre Paiva da Silva  
PPGCS/CCA/UEPB - Orientador



Dr. Gilvan Barbosa Ferreira  
EMBRAPA/CNPA - Examinador



Prof. Dr. Roberto Wagner Cavalcanti Raposo  
PPGCS/CCA/UEPB - Examinador

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as bênçãos derramadas na minha vida, pela saúde, sabedoria e por sustentar-me a cada dia.

À Universidade Federal Paraíba, ao Departamento de Solos e Engenharia Rural e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela oportunidade de realização do Curso.

À CAPES e ao CNPq, pelo financiamento e bolsa concedida.

Ao Prof. Alexandre Paiva da Silva, pela orientação, atenção, respeito, confiança e por todos os conhecimentos compartilhados.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Rural, os quais mantive contato, obtive conhecimentos e partilhei experiências durante a realização do Curso, em especial ao Prof. Raphael Moreira Beirigo pelo apoio na descrição dos perfis de solos.

Aos empresários Cleanto de Castro e Geraldo Uchoa, por viabilizarem a realização dos experimentos em suas propriedades.

Aos meus pais Francisco Braga Guimarães e Gilvanete da Silva Guimarães, pelo incentivo e por sempre acreditarem e confiarem em mim.

À minha avó Miriam Alves da Silva e meu avô Joaquim Raimundo da Silva, bem como à toda minha família pelo total apoio e incentivo nas horas mais difíceis, e nos momentos de angústia e provas.

À minha noiva Maria Eduarda Castro Silveira, pelo incentivo, apoio, por todo amor e carinho transmitidos, e por dividir comigo os momentos bons e também os momentos difíceis pelos quais passei no decorrer do curso.

Aos colegas de trabalho Ewerton Gonçalves, Ernandes Fernandes, João Batista, e todos da “Equipe Abacaxi”, pela indispensável ajuda na realização desse trabalho.

Aos colegas de república, Ernandes Fernandes, Josevaldo Ribeiro, Kleber Nascimento, Neto Roque, Lucas “Luquinha”, Samuel Curota, Alex Gerônimo e Renan pela convivência, apoio e amizades sinceras.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

## RESUMO

SILVA, MATEUS GUIMARÃES. **Avaliação e calibração de extratores de fósforo disponível em solos da zona abacaxicultora paraibana.** Areia - PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Junho de 2018. 61 p. il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Alexandre Paiva da Silva.

As recomendações de adubação fosfatada para o abacaxizeiro no estado da Paraíba são feitas a partir da quantificação do P disponível pelo extrator Mehlich-1. Contudo, considerando as mudanças ocorridas no sistema de produção, a ausência de informações sobre os ensaios de calibração que subsidiaram a construção das tabelas, as diferentes capacidades do extrator Mehlich-1 dissolver e solubilizar P de compostos fosfatados e o interesse crescente pela adoção de extratores multielementares torna-se importante reavaliar a adequação das informações existentes, bem como testar a eficiência de outros extratores químicos. Assim, este trabalho objetivou avaliar o desempenho dos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina trocadora de íons (RTI) e Bray-1 (B-1) na avaliação do P disponível em solos da zona abacaxicultora paraibana; estabelecer classes de interpretação de teores e doses de  $P_2O_5$  a serem recomendadas, conforme a disponibilidade de P avaliada pelos extratores. Os experimentos foram realizados com o abacaxizeiro 'Pérola', em condições edafoclimáticas representativas da zona abacaxicultora paraibana. Foram utilizados dois solos: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (PVAdp) do município de Itapororoca e Argissolo Amarelo endoeutrófico abruptico (PAea) do município de Sapé. Os tratamentos constaram de seis doses de P (0, 20, 120, 200, 280 e 380  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  no PVAdp e 0, 8, 48, 80, 112 e 152  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  no PAea), aplicadas no terceiro mês após o plantio. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, totalizando 18 unidades experimentais. Nas amostras de solo, coletadas 90 dias após a colheita, foram determinados os teores de P disponível pelos extratores M-1, M-3, RTI e B-1. O material vegetal foi coletado, amostrando-se cinco folhas "D", em cada unidade experimental, na época de indução floral, para determinação do teor e acúmulo de P. Foram ajustadas equações de regressão entre os dados de produção e as doses de  $P_2O_5$ , a partir das quais foram estimadas as doses de máxima eficiência física (DMEF) e econômica (DMEE), e estabelecidas classes de disponibilidade de P e doses de  $P_2O_5$  associadas a estas em cada solo. As quantidades extraídas e as taxas de recuperação de P variaram entre solos e extratores. O solo PVAdp extraiu menor quantidade, mas teve taxa de recuperação de P maior do que o PAea; M-3 e RTI apresentaram os maiores valores, B-1 os menores, tendo o M-1 apresentado valores intermediários dessas

características. A disponibilidade de P pode ser avaliada nos dois solos por qualquer um dos extratores testados, sendo o desempenho dos mesmos semelhante no PAea e melhor para os extratores B-1 e M-1 no PVAdp. Os níveis críticos de P, determinados pelos extratores M-1, M-3, RTI e B-1, foram 32,5; 58,5; 38,0 e 29,5 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. As doses de MEF foram de 296,5 e 110,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, para os solos PVAdp e PAea, enquanto que as doses de MEE foram, respectivamente, 91,5 e 53,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A disponibilidade de P nos solos avaliados pode ser estratificada em três classes de fertilidade (baixa, média e alta), conforme o extrator. Para as classes de fertilidade baixa, média e alta, são recomendadas doses de 160,0; 80,0 e 20,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> quando a avaliação da disponibilidade for feita pelo extrator M-1, e 150,0; 75,0 e 20,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para avaliação com o extrator RTI.

Palavras-chave: *Ananas comosus comosus*, P lábil, Fator quantidade, Taxa de recuperação, Nível crítico.

## ABSTRACT

SILVA, MATEUS GUIMARÃES. **Evaluation and calibration of available phosphorus extractors in soils of the Paraíba pineapple zone.** Areia - PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB June, 2018. 61 p. il. Master Thesis. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Advisor: Prof. Alexandre Paiva da Silva.

The establishment of P rates for pineapple in the state of Paraíba are based from the Mehlich-1 extractor. However, considering changes in the production system, the lack of information on the calibration tests, that Mehlich-1 extractor presents different capacities to dissolve and solubilize the P in phosphate compounds, and the interest in the adoption of multielementary extractors it becomes important to evaluate the adequacy of existing information, as well as to test the efficiency of other chemical extractors. Thus, the objective of this work was to evaluate the performance of the Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Ion Exchange Resin (RTI) and Bray-1 (B-1) extractors in the evaluation of available P in soils of the Paraíba pineapple zone; establish classes of interpretation of levels and rates of  $P_2O_5$  to be recommended, according to the availability of P evaluated by the tested extractors. The experiments were carried out with 'Pérola' pineapple, under edaphoclimatic conditions representative of the Paraíba pineapple zone. Two soils were used: Plinthic Dystrophic Red-Yellow Argissolo (PVAdp), from the municipality of Itapororoca, and Argissolo endoeutrófico Amarelo (PAea) from the municipality of Sapé. The treatments consisted of six doses of P (0, 20, 120, 200, 280 and 380  $kg\ ha^{-1}$  of  $P_2O_5$  in PVAdp and 0, 8, 48, 80, 112 and 152  $kg\ ha^{-1}$  of  $P_2O_5$  in PAea) applied in the third month after planting. The experimental design was in randomized blocks, with three replications, and 18 experimental units. In the soil samples collected 90 days after harvesting, the levels of P available by extractors M-1, M-3, RTI and B-1 were determined. In the 'D' leaf samples collected at floral induction period, the content and accumulation of P were determined. The amounts extracted and the rates of P recovery varied between soils and extractors. The PVAdp soil extracted less, but had a higher P recovery rate than PAea; M-3 and RTI had the highest values, B-1 the lowest, with M-1 having intermediate values for these characteristics. The availability of P can be assessed in both soils by any of the tested extractors; their performance is similar in PAea and better for extractors B-1 and M-1 in PVAdp. The critical levels of P, determined by the extractors M-1, M-3, RTI and B-1, were 32.5; 58.5; 38.0 and 29.5  $mg\ dm^{-3}$ , respectively. The MEF doses were 296.5 and 110.5  $kg\ ha^{-1}$  of  $P_2O_5$ , respectively, for the PVAdp and PAea soils, while the MEE doses were, respectively, 91.5 and 53.0  $kg\ ha^{-1}$  of  $P_2O_5$ .

The availability of P in the evaluated soils can be stratified into three fertility classes (low, medium and high), depending on the extractor. For low, medium and high fertility classes are recommended doses of 160.0; 80.0 and 20.0 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> when the availability assessment is made by the M-1 extractor, and 150.0; 75.0 and 20.0 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> for evaluation with the RTI extractor.

Keywords: *Ananas comosus comosus*, P labil, Quantity factor, Recovery rates, Critical level.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estratégia de amostragem adotada na coleta de amostras de solo no PVAdp (A) e PAea (B).....	14
Figura 2 - Correlação entre os teores de P extraídos pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Resina e Bray-1 no Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (PVAdp) e no Argissolo Amarelo endoeutrófico abráptico (PAea) .....	23
Figura 3 - Produção do abacaxizeiro ‘Pérola’ em função de doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas no Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (PVAdp) e no Argissolo Amarelo endoeutrófico abráptico (PAea).....	24
Figura 4 - Produção relativa do abacaxizeiro ‘Pérola’ em função de teores de P disponível, obtidos pelos extratores Mehlich-1 (A), Mehlich-3 (B), RTI (C) e Bray-1 (D) no Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAdp).....	29
Figura 5 - Produção relativa do abacaxizeiro ‘Pérola’ em função de teores de P disponível, obtidos pelos extratores Mehlich-1 (A), Mehlich-3 (B), RTI (C) e Bray-1 (D) no Argissolo Amarelo (PAea).....	29
Figura 6 - Perfis de Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (A) e de Argissolo Amarelo endoeutrófico abráptico (B), abertos e descritos em áreas de mata nativa nas proximidades das áreas experimentais, nos municípios de Itapororca e Sapé, respectivamente.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de interpretação de disponibilidade e doses de P recomendadas para o abacaxizeiro nos principais Estados produtores.....	9
Tabela 2 - Atributos químicos e físicos dos solos, na profundidade de 0-0,20m, antes da instalação dos experimentos.....	11
Tabela 3 - Fósforo recuperado e equações de regressão linear simples entre o P recuperado (y, mg dm <sup>-3</sup> ) pelos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina (RTI) e Bray-1 (B-1), como variável dependente das doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas (x, kg ha <sup>-1</sup> ) nos solos PVAdp e PAea.....	16
Tabela 4 - Valores médios e equações de regressão entre os dados de matéria fresca da folha 'D' (MFFD), teor (tP), acúmulo (AcP) e produção (Prod.) em função das doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas nos solos PVAdp e PAea.....	20
Tabela 5 - Coeficientes de correlação linear simples entre os teores de P extraídos pelos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina (RTI) e Bray-1 (B-1) e os dados de matéria fresca da folha 'D' (MFFD), teor (tP), acúmulo de P (AcP) e produção (Prod) no PVAdp e PAea.....	21
Tabela 6 - Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> estimadas para obtenção de máxima eficiência física (DMEF) e econômica (DMEE), e produção de máxima eficiência física (PMEF) e econômica (PMEE) de abacaxizeiros 'Pérola' nos solos PVAdp e PAea.....	25
Tabela 7 - Níveis críticos de P disponível estimados pelos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina trocadora de íons (RTI) e Bray-1 (B-1) e nível crítico foliar (NC <sub>f</sub> ) do abacaxizeiro 'Pérola' nos solos PVAdp e PAea.....	26
Tabela 8 - Classes de interpretação da disponibilidade de P disponível para o abacaxizeiro 'Pérola' pelos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina Trocadora de Íons (RTI) e Bray-1 (B-1) nos solos PVAdp e PAea.....	30
Tabela 9 - Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) recomendadas para a produção de 90% da MEF do abacaxizeiro 'Pérola' de acordo com as classes de disponibilidade de P para os extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina (RTI) e Bray-1 (B-1) nos solos PVAdp e PAea.....	32
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para os teores de P extraídos pelos diferentes extratores e produtividade de abacaxizeiro sob doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas.....	41

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1. DINÂMICA DE P NO SOLO E NA PLANTA .....	13
2.2. EXTRATORES DE P DISPONÍVEL .....	15
2.3. CALIBRAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO .....	17
2.4. ADUBAÇÃO FOSFATADA NO ABACAXIZEIRO .....	18
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
3.1. LOCAL, CLIMA E SOLO .....	20
3.2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DOS SOLOS .....	20
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	21
3.5. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	22
3.6. VARIÁVEIS AVALIADAS .....	23
<b>3.6.1. No solo</b> .....	23
<b>3.6.2. Na planta</b> .....	24
3.7. NÍVEIS CRÍTICOS DE P NO SOLO .....	25
3.8. CLASSES DE DISPONIBILIDADE E DOSES RECOMENDADAS .....	25
3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	26
4.1. AVALIAÇÃO DOS EXTRATORES .....	26
<b>4.1.1. Taxa de recuperação pelos extratores</b> .....	26
<b>4.1.2. Efeito das doses de P sobre crescimento, nutrição e produção</b> .....	29
<b>4.1.3. Correlações</b> .....	30
4.2. CALIBRAÇÃO DOS EXTRATORES .....	34
<b>4.2.1. Doses de máxima eficiência física e econômica</b> .....	34
<b>4.2.2. Níveis críticos no solo e foliar</b> .....	36
<b>4.2.3. Classes de disponibilidade de P</b> .....	38
<b>4.2.4. Doses de P recomendadas</b> .....	42
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	45
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46
<b>APÊNDICES</b> .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

O Estado da Paraíba é um dos principais produtores nacionais de abacaxi, ocupando no ano de 2017, a primeira posição no ranking nacional, com produção de 338 milhões de frutos, numa área colhida de 12,1 mil ha, o que correspondeu a 17,3% da produção nacional (IBGE, 2018). No Estado da Paraíba, a região abacaxicultora está concentrada em municípios das microrregiões litorâneas, em áreas de Tabuleiros Costeiros, nas quais predominam solos de textura arenosa (principalmente os Argissolos), ácidos e de baixa fertilidade natural (Rodrigues et al., 2010).

A adubação e a nutrição mineral são fatores determinantes para o sucesso da abacaxicultura, pois influenciam diretamente o crescimento, o estado nutricional, a produção e a qualidade dos frutos (Silva, et al., 2009). Apesar de menor demanda em relação ao nitrogênio (N) e potássio (K), o fósforo (P) desempenha papel importante no metabolismo do abacaxizeiro, sendo exigido, particularmente, nas fases de diferenciação floral e floração (Malézieux e Bartholomew, 2003).

A determinação do teor de P disponível no solo por meio de extratores químicos é a principal ferramenta para subsidiar as recomendações de adubação fosfatada (Farias et al., 2009). No entanto, a avaliação da disponibilidade de P do solo é complexa, devido a ação integrada dos fatores Intensidade (I), referente à concentração do nutriente na solução do solo; Quantidade (Q), referente à quantidade do nutriente que está adsorvida e, ou, precipitada, mas em equilíbrio com I; e Capacidade Tampão (FCP), referente à medida da resistência que tem o solo para deixar variar o valor de I (Alvarez V., 1996). Assim, considerando que os teores de P disponível revelados nas análises dão ideia apenas do valor (Q), a correta interpretação da disponibilidade de P depende do conhecimento do FCP do solo (Novais e Smyth, 1999; Oliveira et al., 2000).

Há na literatura grande diversidade de métodos para a extração do P disponível do solo, sendo utilizadas soluções de diversas naturezas, incluindo soluções tamponadas de bases, soluções diluídas de ácidos, entre outras (Silva & Raij, 1999; Farias et al., 2009). Na Paraíba, o método utilizado é o Mehlich-1 ou Carolina do Norte, sem se considerar, entretanto, nenhum efeito do FCP. Contudo, considerando que esse extrator apresenta diferentes capacidades de dissolver e solubilizar formas de P de compostos fosfatados, e que há um interesse crescente pela adoção de extratores multielementares, torna-se importante avaliar sua real adequação e o desempenho de outros extratores químicos.

Ensaio de calibração são imprescindíveis para subsidiar as recomendações de adubação, pois possibilitam estabelecer níveis críticos de nutrientes no solo e na planta, bem como definir classes de interpretação de disponibilidade de nutrientes no solo e doses associadas (Cantarutti et al., 2007).

Os detalhes dos experimentos que subsidiaram a elaboração das tabelas de adubação para o abacaxizeiro no Estado da Paraíba são desconhecidos (EMATER, 1979). Além disso, o sistema de produção atual apresenta diferenças em relação às condições predominantes no final da década de 1970, no que se refere aos fatores variedade, produtividade esperada, práticas de manejo, entre outros, o que justifica a necessidade de reavaliação dos níveis de interpretação, e a revisão das doses recomendadas para a cultura nos solos da zona abacaxicultora do Estado.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho: a) avaliar o desempenho dos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Resina e Bray-1 na avaliação do P disponível em dois solos da zona abacaxicultora paraibana; b) estabelecer, em cada solo, classes de interpretação da disponibilidade de P no solo pelos quatro extratores avaliados; c) estabelecer doses de  $P_2O_5$  a serem recomendadas, conforme a disponibilidade de P nos solos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. DINÂMICA DE P NO SOLO E NA PLANTA

O fósforo (P) é um elemento abundante na litosfera (teor médio de 2,8 g kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), sendo encontrado em diversos compostos distribuídos em rochas, minerais, plantas, animais e solo; contudo, a maioria dos solos contêm baixos teores de P (0,20 a 0,82 g kg<sup>-1</sup> de P total) (Dechen & Nachtigall, 2007).

O P do solo está distribuído em diversas formas, que variam com a natureza química do ligante e com a energia de ligação entre o nutriente e o solo. Quanto à natureza do ligante, o P pode ser encontrado como P orgânico (Po) diéster, Po monoéster e P inorgânico (Pi) em ligações com Fe, Al, Ca, argilas silicatadas e óxidos de Fe e Al (Gatiboni et al., 2005).

O P encontra-se distribuído no solo em cinco diferentes compartimentos: a) precipitado com Al, Fe ou Ca; b) adsorvido aos coloides da fração argila; c) em solução; d) na forma orgânica; e) integrando compostos insolúveis. Destes, o compartimento P em solução representa a forma mais disponível, seguido dos compartimentos orgânico, adsorvido, precipitado e, por último, na forma de compostos insolúveis de Fe, Al e Mn (Novais et al., 2007).

O pH do solo é um dos principais fatores que influenciam a disponibilidade de P às plantas, e conseqüentemente a eficiência da adubação fosfatada, pois afeta a solubilidade de minerais, as formas dominantes dos íons na solução, as reações de adsorção-dessorção, a atividade microbiana, o tempo de contato dos minerais com o P adicionado, e os teores de carbono orgânico e de CaCO<sub>3</sub> (Burt et al., 2002).

Para melhor entendimento da dinâmica do P nos solos, é necessário conhecer as diferentes frações do elemento, mediante a utilização sequencial de diferentes soluções extratoras (Silva & Raij, 1999). Entre os métodos de fracionamento, o mais conhecido é o de Chang & Jackson, que permite quantificar as diversas frações de Pi do solo, como o P ligado a Al (P-Al), o P ligado a Fe (P-Fe) e o P ligado a Ca (P-Ca), entre outras (Novais et al., 2007).

De acordo com Novais et al. (2007) predominam nos solos mais intemperizados, ácidos, distróficos e pobres em Ca as formas de P-Fe e P-Al em relação as de P-Ca, a forma predominante em solos menos intemperizados, ricos em Ca trocável e de pH elevado.

Em estudo realizado por Souza Júnior et al. (2012), com amostras de solos representativos do Estado da Paraíba, observou-se que nos solos mais intemperizados e menos intemperizados contendo valores de pH e teores de Ca<sup>2+</sup> mais baixos, a maioria do Pi ocorreu

nas formas de P-Al e de P-Fe; nos solos alcalinos com teores muito elevados de  $\text{Ca}^{2+}$  o  $\text{P}_i$  ocorreu principalmente na forma de P-Ca. Verificou-se também que os Argissolos (PA, PAC e PVA) apresentaram maiores teores de P-Al, enquanto que o PVe apresentou maior teor de P-Fe.

Ao determinar as concentrações de P nas ordens de solo mais comuns no semiárido de Pernambuco e da Paraíba, utilizando-se o fracionamento de Hedley et al. (1982) modificado, Silveira et al. (2006) observaram que a fração P-residual foi a predominante na maioria dos solos, com exceção dos Vertissolos, que apresentaram maiores teores de  $\text{P}_i\text{-NaOH}$  e  $\text{P}_i\text{-H}_2\text{SO}_4$ . Nos Argissolos, houve predominância de P-residual (49,5%) seguida da fração  $\text{P}_i\text{-NaOH}$  (14,2%).

Vários são os atributos do solo que podem influenciar a adsorção de fosfato, sendo os principais: o tipo e teor de argila, de colóides amorfos e de matéria orgânica (Novais & Smith, 1999). Neste sentido, Souza et al. (2007) propuseram que à medida que aumentam os teores de matéria orgânica, gibbsita, argila e os de Fe e de Al extraídos tanto com ditionito como com oxalato, aumenta a adsorção de P.

O papel desempenhado pela matéria orgânica na adsorção de fosfato é ambivalente, podendo tanto adsorver quanto bloquear os sítios de adsorção das superfícies das argilas e dos óxidos de Fe e Al. Quanto à mineralogia, a capacidade de adsorção de fosfato é influenciada pela área superficial e grau de cristalinidade do óxido (Valladares et al., 2003). Adicionalmente, deve-se considerar que a concentração inicial de P no solo pode saturar os sítios de adsorção (Godinho et al., 1997).

O P é essencial para o crescimento das plantas, pois integra vários compostos das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, compostos intermediários da respiração e fotossíntese, além dos fosfolipídios que compõem as membranas vegetais. É também componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP), do DNA e RNA (Taiz e Zeiger, 2004).

A absorção de P pelas plantas é dependente do contato íon-raiz, o que ocorre, quase exclusivamente, por difusão. Em seguida, o P entra nas células através do mecanismo de absorção ativo, por carreadores do tipo simporte. Na planta, o P se movimenta muito rápido dos tecidos mais velhos para os mais novos, razão pela qual as deficiências aparecem primeiro nas folhas velhas. Os sinais de P incluem plantas pequenas, folhas de coloração púrpura ou avermelhada, associado ao aparecimento de áreas necrosadas nas folhas, caule e/ou frutos (Dechen e Nachtigall, 2007).

## 2.2. EXTRATORES DE P DISPONÍVEL

A disponibilidade de P do solo tem sido avaliada pelo uso de extratores químicos e pelas resinas iônicas, sendo que nos laboratórios do Brasil, os extratores mais utilizados são o Mehlich-1 (M-1) e a Resina de Troca de Íons (RTA) (Oliveira et al., 2000).

O extrator M-1 é o mais utilizado no Brasil, o que se deve a facilidade de extração, rapidez, baixo custo e obtenção de extratos límpidos, o que é importante na determinação por espectrofotometria. Ademais, o M-1 possui boa capacidade preditiva em solos ácidos, com baixa CTC, intemperizados e com baixos teores de P-Ca (Raij et al., 2001).

O princípio de extração do M-1 baseia-se na solubilização do P-Ca, P-Al e P-Fe pelos íons  $H^+$ ; em seguida, o  $H^+$  desloca os ânions de P dos coloides para a solução do solo, através da força de atração, e o  $SO_4^{2-}$  ocupa as cargas positivas dos coloides do solo, impedindo a readsorção do P ao bloquear seus sítios de adsorção (Novais et al., 2007).

O método da RTI foi concebido como uma tentativa de reproduzir em laboratório o processo de absorção de P pelas plantas no campo. Assim, a RTI atua de forma a proporcionar remoção contínua do P da solução pela troca com o bicarbonato da resina, criando um gradiente de concentração que força a dessorção do P da superfície dos coloides e a dissolução do P de precipitados, até que seja alcançado um equilíbrio eletroquímico entre o solo ou precipitado e a resina (Silva & Raij, 1999).

Uma das vantagens no uso da RTI é que ela não tem seu poder de exaustão alterado nos solos com maior FCP e não subestimam, assim, o P lábil; também é insensível às formas não-lábeis, como as de P-Ca; ademais, apresenta maior correlação com P extraído pela planta, além de não incluir nenhum agente químico de ação específica sobre as formas de fosfatos do solo (Raij & Quaggio, 1983). No entanto, este método é mais complexo que os demais, e necessita de longo período de extração (16 horas), separação da resina e extração do P da resina, o que eleva os custos das análises (Raij et al., 1984).

O extrator Mehlich-3 (M-3) ( $NH_4F$   $0,015 \text{ mol L}^{-1}$  +  $CH_3COOH$   $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  +  $NH_4NO_3$   $0,25 \text{ mol L}^{-1}$  +  $HNO_3$   $0,013 \text{ mol L}^{-1}$  +  $EDTA$   $0,001 \text{ mol L}^{-1}$ ) tem sua ação baseada na atuação do íon fluoreto ( $F^-$ ) e no pH ácido. O  $NH_4F$  é específico para formas de P-Al, pois o  $F^-$  forma um complexo muito estável com o  $Al^{3+}$ , liberando o P-Al, principal forma de liberação de P para as plantas nos solos de regiões tropicais,. Além disso, o  $NH_4F$  evita a precipitação do Ca solubilizado pelo  $F^-$ , evitando a dissolução excessiva de P-Ca em função do pH tamponado com  $CH_3COOH$  (pH = 2,5). O P como fosfato de Ca também é extraído pela precipitação de  $CaF_2$ , enquanto que o  $HNO_3$  extrai P-Fe e P-Al (Bortolon et al., 2009).

O princípio do extrator Bray-1 (B-1) ( $\text{HCl } 0,025 \text{ mol L}^{-1} + \text{NH}_4\text{F } 0,03 \text{ mol L}^{-1}$ ) baseia-se inicialmente na solubilização das frações P-Ca, P-Al e P-Fe, respectivamente, pela ação dos íons de  $\text{H}^+$ ; em seguida, o  $\text{F}^-$  promove a dessorção do P pelo decréscimo da atividade do  $\text{Al}^{+3}$  devido a formação de complexos Al-F, mais estáveis, liberando o P ligado ao Al. O P como fosfato de cálcio também é extraído pela precipitação de  $\text{CaF}_2$  (Raij et al., 2001).

A grande variedade de métodos de extração de P em uso é indicativa da complexidade do comportamento do elemento P no solo, bem como da falta de concordância sobre qual seria o método mais adequado (Silva & Raij, 1999). Assim, a grande quantidade de pesquisas, comparando extratores químicos para P disponível em testes de avaliação em casa de vegetação ou em campo, sugere que, apesar dos resultados obtidos, ainda não se conseguiu obter um método mais apropriado para estimar o teor de P disponível do solo, em função das peculiares dos solos das diferentes regiões do país (Bomfim et al., 2003).

Nesse sentido, Bortolon e Gianello (2008) avaliaram a capacidade extrativa e o relacionamento das soluções extratoras M-1 e M-3 em amostras de solos do Rio Grande do Sul. Verificaram que os teores de P extraídos pelas soluções M-1 e M-3 apresentaram alto grau de correlação ( $r = 0,95^{**}$ ), e que os teores extraídos pela solução M-3 foram, aproximadamente, 50 % maiores do que os extraídos pela solução M-1.

Farias et al. (2009) avaliaram a eficiência dos extratores M-1, M-3, B-1 e Resina para avaliar a disponibilidade de P em solos da Paraíba com diferentes graus de intemperismo. Constataram que o extrator M-3 foi o que extraiu mais P dos solos, e o B-1 o que extraiu menos, independente da dose de P aplicada e do grau de intemperismo dos solos. Os extratores M-1 e Resina extraíram teores semelhantes de P disponível quando se aplicaram pequenas doses de P aos solos, embora nas duas maiores doses a RTI extraiu mais P disponível dos solos que o M-1. Ademais, nos solos mais intemperizados, com doses mais elevadas de P aplicadas, a RTI extraiu mais P disponível que o M-3.

Steiner et al. (2012) estudando os extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina em 12 solos do estado do Paraná, constataram que os extratores apresentaram eficiência semelhante, com maior correlação do teor de P extraído pela Resina (0,93) seguido pelo M-3 (0,90) com o conteúdo de P nas plantas.

Simões Neto et al. (2015) compararam o desempenho dos extratores M-1, M-3, B-1 e RTI em avaliar a disponibilidade de P, em solos representativos para o cultivo da cana-planta no Nordeste brasileiro. Observaram que os teores de P determinados pelos quatro extratores se correlacionaram positivamente com o P absorvido e acumulado nos componentes da parte

aérea. No entanto, ao contrário do observado para os extratores M-1 e M-3, os níveis críticos de P determinados pelos extratores B-1 e RTI não se correlacionaram com nenhuma característica química ou física dos solos.

### 2.3. CALIBRAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

A calibração do método de análise química do solo é uma das etapas finais de um programa de recomendação de adubação para as culturas, na qual se busca o relacionamento matemático do teor do nutriente extraído pelo método e a resposta da planta à adição do nutriente (Anghinoni e Volkweiss, 1984; Heckman et al., 2006).

Um dos propósitos da calibração é facilitar a interpretação dos resultados de análise de solo, e sua finalidade principal consiste em definir níveis críticos, classes de fertilidade ou de disponibilidade do nutriente e doses dos nutrientes para serem aplicadas, quando necessárias (Alvarez V., 1996; Cantarutti et al., 2007).

Na calibração, são conduzidos experimentos por vários anos e em vários solos representativos da região de cultivo, avaliando-se tratamentos com e sem a adição do nutriente em estudo; os demais nutrientes, assim como os demais fatores de produção controláveis, devem ser mantidos em níveis adequados (Alvarez V., 1996; Bortolon e Gianello, 2008).

Além da produção (absoluta ou relativa), obtêm-se os teores do nutriente no solo extraído pelo método de análise que está sendo calibrado (Bortolon e Gianello, 2008). Cantarutti et al. (2007) afirma que o uso da produção relativa (PR) diminui a interferência de variáveis não controladas, o que possibilita reunir em uma única base de dados resultados de experimentos realizados em diferentes condições – locais, épocas, variedades, etc (Heckman et al., 2006).

Obtida a relação entre o teor do nutriente em estudo no solo e os rendimentos médios relativos dos experimentos, escolhe-se um modelo matemático no qual se ajuste os pontos, gerando assim a curva de resposta da cultura ao teor do nutriente no solo. A partir dessa curva, é possível definir faixas de teores do nutriente ou percentuais de resposta da cultura em relação ao teor do nutriente no solo (Heckman et al., 2006; Schlindwein e Gianello, 2008).

A curva de calibração é dividida em faixas ou classes de fertilidade (baixa, média e alta), as quais apresentam probabilidade de resposta alta, média e baixa, respectivamente, à aplicação do nutriente estudado (Heckman et al., 2006). Segundo Cantarutti et al. (2007), a divisão em classes é subjetiva e arbitrária, mas a probabilidade de resposta econômica à

adubação fosfatada é de 70 a 95, 40 a 70 e 10 a 40%, para as classes de baixa, média e alta disponibilidade, respectivamente.

Na literatura existem diversos trabalhos sobre calibração da adubação fosfatada para diversas culturas e locais: soja, milho e trigo no Paraguai em sistema plantio direto (SPD) (Cubilla et al., 2007); soja, milho e trigo no Rio Grande do Sul em SPD (Schlindwein e Gianello, 2008); milho e feijão em solos do Cerrado (Miranda et al., 2002); cana de açúcar em solos de Pernambuco (Simões Neto et al., 2015). Contudo, inexiste informações sobre calibração da adubação fosfatada para o abacaxizeiro nos solos dos principais estados produtores, incluindo aqueles da zona abacaxicultora paraibana.

#### 2.4. ADUBAÇÃO FOSFATADA NO ABACAXIZEIRO

A demanda de P pelo abacaxizeiro é comparativamente menor em relação às de N e K; no entanto, o P é essencial ao desenvolvimento da cultura, visto seu importante papel no metabolismo da planta, principalmente na fase reprodutiva, quando ocorre o maior acúmulo de P (Pegoraro et al., 2014).

De acordo com Sousa (1999), a época de maior exigência de P pelo abacaxizeiro ocorre entre os 300 e 330 dias após o plantio, sendo extraídas quantidades médias de 21 kg ha<sup>-1</sup> de P (48 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). No entanto, em trabalho com o abacaxizeiro ‘Pérola’, Silva (2006) reportou extração de 33 kg ha<sup>-1</sup> de P (76 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), enquanto que Pegoraro et al. (2014) reportou para a cultivar ‘Vitória’ extração de 107 kg ha<sup>-1</sup> de P (244 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) para produção de 72 t ha<sup>-1</sup>.

Apesar da importância do P para o abacaxizeiro, as respostas da cultura à adubação fosfatada são, em sua maioria, baixas ou nulas, inclusive sob condições de baixa disponibilidade P no solo (Choairy e Fernandes 1981; Choairy e Fernandes 1986; Lacerda e Choairy, 1999; Caetano et al., 2003; Spironello et al., 2004; Silva, 2006). Todavia, respostas positivas do abacaxizeiro à aplicação de P foram reportadas por Nogueira et al. (1970) em solos do município de Rio Tinto-PB e por Guarçoni e Ventura (2011) para o abacaxizeiro ‘Gold MD-2’, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com baixo teor de P disponível (2,60 mg dm<sup>-3</sup>), no município de Sooretama-ES.

Vários dos principais estados produtores de abacaxi no país dispõem de tabelas de recomendação de adubação, baseadas em classes de fertilidade que relacionam a disponibilidade de P (extrator Mehlich-1, com exceção de São Paulo que adota Resina) às doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a serem aplicadas no solo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classes de interpretação de disponibilidade e doses de P recomendadas para o abacaxizeiro nos principais Estados produtores.

Estado	Classe de Interpretação			Dose Recomendada		
	baixo	médio	alto	baixa	médio	alto
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -----		
Bahia <sup>1/</sup>	< 5,0	6,0-10,0	>10,0	50 (1,2)	40 (1,0)	30 (0,7)
Minas Gerais <sup>2/</sup>	< 12,0	12,0-20,0	>20,0	150 (3,0)	100 (2,0)	50 (1,0)
Pará <sup>3/</sup>	< 10,0	11,0-20,0	>20,0	80 (1,7)	60 (1,3)	40 (0,8)
Paraíba <sup>4/</sup>	< 10,0	10,0-30,0	>30,0	80 (2,7)	50 (1,7)	0 (0,0)
Paraíba <sup>5/</sup>	< 5,0	6,0-10,0	>10,0	84 (2,0)	60 (1,4)	40 (1,0)
Rio de Janeiro <sup>6/</sup>	< 10,0	11,0-30,0	>30,0	185 (5,0)	112 (3,0)	0 (0,0)
São Paulo <sup>7/*</sup>	< 12,0	13,0-30,0	>30,0	140 (4,8)	120 (3,8)	100 (3,2)
Tocantins <sup>8/</sup>	< 5,0	6,0-10,0	>10,0	90 (3,2)	60 (2,1)	30 (1,1)

<sup>1/</sup>CEFSBA (1989); <sup>2/</sup>Sousa et al. (1999); <sup>3/</sup> Rodrigues (2007); <sup>4/</sup>EMATER (1979); <sup>5/</sup>Oliveira et al. (2002); <sup>6/</sup>Vasconcelos & Busquet (2013); <sup>7/</sup>Raij et al. (1997); <sup>8/</sup>Souza et al. (2005) \* Resina; Valores entre parênteses representam a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em g planta<sup>-1</sup>, conforme os espaçamentos e densidades de plantios utilizados em cada Estado.

Constata-se, porém, que existe uma grande variação quanto aos teores das classes de interpretação, níveis críticos e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a serem recomendadas (Tabela 1), refletindo, provavelmente, as diferenças das características edafoclimáticas e as peculiaridades dos sistemas de produção da cultura em cada Estado.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho constou de dois experimentos de campo, conduzidos em condições edafoclimáticas representativas da zona abacaxicultora paraibana. Os experimentos foram realizados em propriedades particulares dos municípios de Sapé e Itapororoca, inseridos nas microrregiões de Sapé e Litoral Norte, respectivamente, pertencentes a Mesorregião da Mata Paraibana, e integrantes da unidade geoambiental dos Tabuleiros Costeiros paraibanos.

#### 3.1. LOCAL, CLIMA E SOLO

O experimento no município de Itapororoca foi realizado na Fazenda Quandu, durante o período de dezembro de 2014 à maio de 2016. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As' (quente e úmido), com chuvas de outono-inverno, temperatura média de 25°C e precipitação pluviométrica de 1.600 mm anuais (CPRM, 2005). O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (PVAdp) (EMBRAPA, 2006).

No município de Sapé, o experimento foi conduzido na Fazenda Buracão, durante o período de março de 2003 à agosto de 2005. Pela classificação de Köppen, o clima local é do tipo As' (quente e úmido), com temperaturas médias de 26°C e precipitação pluviométrica de 1.600 mm anuais (CPRM, 2005). O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Amarelo endoeutrófico abruptico (PAea) (EMBRAPA, 2006).

#### 3.2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DOS SOLOS

Selecionadas as áreas para a instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solo, na camada de 0-0,20m de profundidade; em seguida, após secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de malha as amostras foram caracterizadas química (Tedesco et al., 1995) e fisicamente (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1). Ademais, nas proximidades de cada experimento, em área de vegetação nativa, foram abertas trincheiras para fins de descrição morfológica dos perfis, conforme recomendações de Santos et al. (2005).

**Tabela 2.** Atributos químicos e físicos dos solos, na profundidade de 0-0,20m, antes da instalação dos experimentos.

Atributos	Solo	
	PVAdp	PAea
pH em água 1:2,5	4,80	4,70
MO <sup>1/</sup> , g kg <sup>-1</sup>	18,3	21,0
P disponível <sup>2/</sup> , mg dm <sup>-3</sup>	25,6	11,0
P-rem <sup>3/</sup> , mg L <sup>-1</sup>	31,9	41,6
CMAp <sup>4/</sup> , mg g <sup>-1</sup>	0,338	0,253
K <sup>+ 2/</sup> , mg dm <sup>-3</sup>	52,4	21,0
Ca <sup>++ 5/</sup> , cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,30	1,50
Mg <sup>++ 5/</sup> , cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,25	0,60
S disponível <sup>6/</sup> , mg dm <sup>-3</sup>	14,2	3,00
Na <sup>+ 2/</sup> , cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,19	0,00
H + Al <sup>7/</sup> , cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,70	8,50
Al <sup>+++ 5/</sup> , cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,55	0,80
SB, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,87	2,15
t, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,42	2,95
T, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	7,57	10,65
V, %	24,7	20,18
B disponível <sup>8/</sup> , mg dm <sup>-3</sup>	0,40	0,20
Cu disponível <sup>2/</sup> , mg dm <sup>-3</sup>	0,13	0,68
Fe disponível <sup>2/</sup> , mg dm <sup>-3</sup>	37,5	43,1
Mn disponível <sup>2/</sup> , mg dm <sup>-3</sup>	25,1	6,00
Zn disponível <sup>2/</sup> , mg dm <sup>-3</sup>	0,82	3,44
Areia, g kg <sup>-1</sup>	763	734
Silte, g kg <sup>-1</sup>	74	27
Argila <sup>9/</sup> , g kg <sup>-1</sup>	163	239
Classe textural	Franco Arenosa	Franco Arenosa
Dens. Solo <sup>10/</sup> , g cm <sup>-3</sup>	1,56	1,86
Porosidade total, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	0,40	0,30
Mineralogia da fração argila <sup>11/</sup>	Ct, Gt	Ct, Gt e Gb

MO = Matéria orgânica; SB = Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>); t = capacidade de troca catiônica efetiva (SB + Al<sup>3+</sup>); T = Capacidade de troca catiônica a pH (SB + H + Al); V = Saturação por bases = (SB/T) × 100; <sup>1/</sup> Walkley e Black; <sup>2/</sup> Mehlich-1; <sup>3/</sup> Fósforo remanescente (Alvarez V. et al., 2000); <sup>4/</sup> Capacidade máxima de adsorção de P; <sup>5/</sup> KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>6/</sup> Fosfato monocalcico (500 mg L<sup>-1</sup> em ácido acético 2 mol L<sup>-1</sup>); <sup>7/</sup> Acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7,0; <sup>8/</sup> Água quente. <sup>9/</sup> Método do Hidrômetro (Bouyoucos); <sup>10/</sup> Densidade medida pelo método do torrão parafinado; <sup>11/</sup> Conforme Farias et al. (2009); Ct = caulinita; Gt = goethita; Gb = gibbsita; PVAdp = Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico; PAea = Argissolo Amarelo endoeutrófico abrupto.

### 3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado, em ambos os experimentos, foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 unidades experimentais. Os tratamentos constaram de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, avaliando-se as doses de 0, 20, 120, 200, 280 e 380 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no PVAdp e de 0, 8, 48, 80, 112 e 152 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no PAea. As doses

foram aplicadas aos 90 dias após o plantio, utilizando-se as fontes MAP (52% de  $P_2O_5$ ) no PVAdp e superfosfato triplo (42% de  $P_2O_5$ ) no PAea.

A unidade experimental no PVAdp constou de 72 plantas (três fileiras duplas de 12 plantas em cada fileira simples), sendo considerada como área útil as plantas da fileira dupla central, num total de 24 plantas. No PAea, a unidade experimental constou de 100 plantas (dez fileiras simples de 10 plantas), sendo considerada como área útil as oito plantas das oito fileiras centrais, num total de 64 plantas.

### 3.5. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O plantio foi realizado após as operações de preparo (limpeza da área, incorporação dos restos culturais do ciclo anterior e duas gradagens cruzadas) e correção do solo. A calagem foi realizada aos 60 dias antes do plantio das mudas. A necessidade de calagem (NC) foi estabelecida pelo método da neutralização do  $Al^{3+}$  e elevação dos teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  (Alvarez V. e Ribeiro, 1999). Utilizou-se calcário dolomítico (PRNT = 65 %) na dose de  $1,0 t ha^{-1}$ , distribuído em área total na profundidade de 0,20 m.

Foram utilizadas mudas tipo filhote da cultivar ‘Pérola’ previamente selecionadas, padronizadas quanto ao peso e tamanho (peso médio de 250 g), e tratadas quimicamente com solução de dimetoato a 0,05% do princípio ativo. No PVAdp, as mudas foram plantadas no sistema de fileiras duplas, no espaçamento de  $0,90 \times 0,35 \times 0,35$  m, resultando numa população de 45.714 plantas  $ha^{-1}$ . No PAea, as mudas foram plantadas no sistema de fileiras simples, no espaçamento de  $0,80 \times 0,30$  m, resultando numa população de 41.667 plantas  $ha^{-1}$ .

Foram aplicadas em todos os tratamentos doses de  $300 kg ha^{-1}$  de N e  $K_2O$  e  $120 kg ha^{-1}$  de S no PVAdp, e de  $150 kg ha^{-1}$  de N,  $180 kg ha^{-1}$  de  $K_2O$  e  $18 kg ha^{-1}$  de S no PAea. As doses foram parceladas equitativamente em três aplicações (90, 270 e 330 dias após o plantio-dap), utilizando-se as seguintes fontes de nutrientes: PVAdp (N - MAP com 11 % de N e ureia com 45 % de N; K e S - sulfato de potássio com 50 % de  $K_2O$  e 18% de S) e PAea (N - ureia com 45 % de N; K - cloreto de potássio com 60 % de  $K_2O$ ; S - sulfato de magnésio com 14 % de S).

A adubação com micronutrientes no PVAdp constou da aplicação de  $2,5 g planta^{-1}$  de FTE BR 12 (9% de Zn, 1,8% de B, 0,8% de Cu, 3% de Fe e 2% de Mn), parceladas em duas aplicações (aos 200 e 290 dap). No PAea foram aplicados  $4 kg ha^{-1}$  de Cu (sulfato de Cu) e Zn (sulfato de Zn),  $2 kg ha^{-1}$  de Fe (sulfato de Fe) e  $1,5 kg ha^{-1}$  de B (bórax), sendo as doses de

Cu, Zn e Fe parceladas em duas aplicações (90 e 270 dap) e as doses de B aplicadas aos 330 dap. As doses de micronutrientes foram aplicadas via solo, junto à base da planta.

O manejo de plantas daninhas e o controle preventivo de pragas e doenças foram realizados conforme as recomendações para o sistema de produção local (Oliveira et al., 2002). Os experimentos foram conduzidos em condições de sequeiro, sem irrigação, e a indução floral foi realizada aos 12 meses após o plantio. A colheita foi realizada aos 18 meses após o plantio, ocasião em que os frutos da área útil foram contados, pesados, classificados e os valores extrapolados para  $t\ ha^{-1}$ .

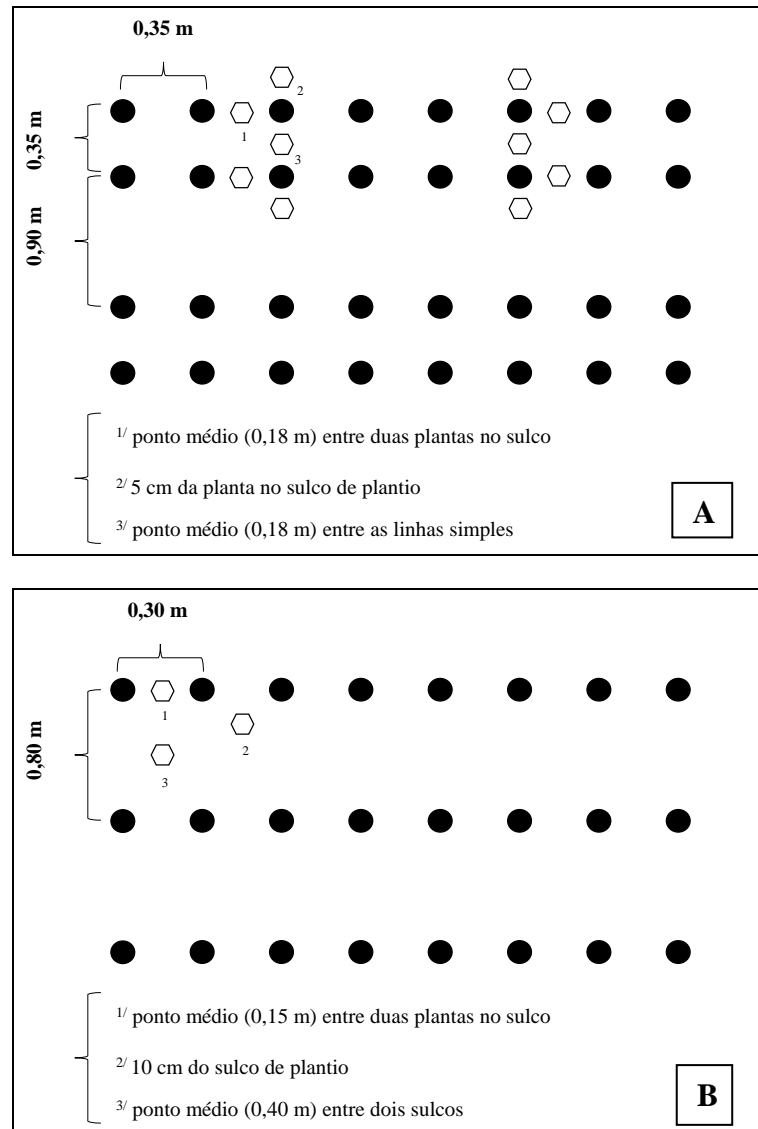
### 3.6. VARIÁVEIS AVALIADAS

#### 3.6.1. No solo

Foram coletadas, aos 90 dias após a colheita, amostras de solo na profundidade de 0-0,20m para determinação do P extraído pelos extratores avaliados, conforme esquema de amostragem apresentado na Figura 1. No PVAdp, foram coletadas dez amostras simples por parcela, sendo quatro amostras entre as plantas (no sulco de plantio), quatro amostras à 5 cm das plantas (do sulco de plantio) e duas amostras nas entrelinhas (no ponto médio entre os sulcos de plantio). No PAea, foram coletadas 21 amostras simples por parcela, sendo sete amostras entre as plantas (no sulco de plantio), sete amostras à 10 cm do sulco de plantio e sete amostras entre os sulcos de plantio.

Nas amostras coletadas determinou-se o teor de P pelos extratores Mehlich-1 (HCl  $0,05\ mol\ L^{-1} + H_2SO_4\ 0,0125\ mol\ L^{-1}$ ), Mehlich-3 ( $NH_4F\ 0,015\ mol\ L^{-1} + CH_3COOH\ 0,2\ mol\ L^{-1} + NH_4NO_3\ 0,25\ mol\ L^{-1} + HNO_3\ 0,013\ mol\ L^{-1} + EDTA\ 0,001\ mol\ L^{-1}$ ), Bray-1 (HCl  $0,025\ mol\ L^{-1} + NH_4F\ 0,03\ mol\ L^{-1}$ ) e Resina Trocadora de Íons (RTI).

Na determinação de P pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e Bray adotou-se a relação solo:solução de 1:10 (v:v), sendo a dosagem do Mehlich-1 realizada pelo método fotocolorimétrico do azul de molibdênio (EMBRAPA, 2017), enquanto que a dos extratores Mehlich-3 e Bray-1 foi realizada pelo método fotocolorimétrico da vitamina C (Braga e Defelipo, 1974). Para a extração pelo método da Resina (Raij et al., 2001), também adotou-se a relação solo:solução de 1:10 (v:v), sendo a determinação do P no sobrenadante realizada conforme Murphy e Riley (1962).



**Figura 1.** Estratégia de amostragem adotada na coleta de amostras de solo no PVAdp (A) e PAea (B).

### 3.6.2. Na planta

O material vegetal foi coletado na área útil da parcela, amostrando-se ao acaso cinco folhas 'D' por parcela, na época de indução floral. Após coletadas, as amostras foram secas a 65-70 °C em estufa com circulação forçada de ar até atingir peso constante. Posteriormente, procedeu-se a moagem (moinho tipo Willey) das amostras para determinação dos teores de P na matéria seca. As amostras foram submetidas à digestão sulfúrica (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e no extrato realizou-se a dosagem de P por colorimetria (Tedesco et al., 1995). O acúmulo de P foi estimado multiplicando-se o teor de P pela quantidade de matéria seca da folha 'D'.

### 3.7. NÍVEIS CRÍTICOS DE P NO SOLO

Foram ajustadas equações de regressão entre os dados de produção ( $t\ ha^{-1}$ ) em função das doses de  $P_2O_5$  aplicadas ( $kg\ ha^{-1}$ ), estimando-se as doses necessárias para atingir 70, 90 e 100% da máxima eficiência física (MEF), em cada solo. Concomitantemente, foram ajustadas equações de regressão relacionando teores de P no solo com os diferentes extratores ( $mg\ dm^{-3}$ ), em função das doses de  $P_2O_5$  aplicadas ( $kg\ ha^{-1}$ ). Assim, pela substituição das doses de máxima eficiência econômica (MEE,  $kg\ ha^{-1}$ ) nessas regressões, obtiveram-se os níveis críticos de P ( $mg\ dm^{-3}$ ) para os diferentes extratores (Santos et al., 2002).

### 3.8. CLASSES DE DISPONIBILIDADE E DOSES RECOMENDADAS

As classes de interpretação de disponibilidade de P no solo foram estabelecidas a partir das equações de regressão entre os dados de produção relativa (%) e os teores de P ( $mg\ dm^{-3}$ ) obtidos pelos diferentes extratores. Os teores foram estratificados em três intervalos de classes de disponibilidade: baixa ( $< 70\%$  da MEF), média ( $70\text{--}90\%$  da MEF) e alta ( $> 90\%$  da MEF). Para a recomendação das doses de P, em função das classes de disponibilidade de P no solo, utilizou-se o critério da dose de suficiência, que preconiza a elevação do teor do nutriente no solo até os valores de nível crítico (Cantarutti et al., 2007).

### 3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados das variáveis de solo, planta e produção foram submetidos a análise de variância pelo teste F, a 5 % de probabilidade. Em seguida, realizou-se análise de regressão dessas variáveis em função do fator quantitativo doses de  $P_2O_5$ , empregando-se o conceito de rendimento relativo aos dados de produção. Os estimadores dos parâmetros dos modelos de regressão ajustados foram testados, escolhendo-se os modelos significativos, com maior coeficiente de determinação. Foram realizadas ainda análises de correlação de Pearson entre o teor de P extraído pelos extratores e as variáveis de planta e produção, em cada solo.

As análises de regressão e correlação foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SAS University (SAS Institute Inc., 2015), ao nível máximo de 15% de significância.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. AVALIAÇÃO DOS EXTRATORES

#### 4.1.1. Taxa de recuperação pelos extratores

Houve variação nas quantidades de P recuperado e nas taxas de recuperação do P aplicado pelos extratores em cada solo (Tabela 3), o que se deve as diferenças nas características dos solos (Tabela 2), nos mecanismos de atuação dos extratores e do manejo da adubação fosfatada (doses e fontes) adotado nos experimentos.

**Tabela 3.** Fósforo recuperado e equações de regressão linear simples entre o P recuperado ( $y$ ,  $\text{mg dm}^{-3}$ ) pelos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina (RTI) e Bray-1 (B-1), como variável dependente das doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicadas ( $x$ ,  $\text{kg ha}^{-1}$ ) nos solos PVAdp e PAea.

Solo	Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$ -- $\text{kg ha}^{-1}$ --	Extrator				Média
		M-1	M-3	RTI	B-1	
PVAdp		----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----				
	0	21,3	48,4	18,7	12,5	25,2
	20	22,0	54,9	21,7	13,5	28,0
	120	34,8	76,8	27,5	18,0	39,3
	200	36,0	89,6	36,0	20,0	45,4
	280	36,3	115,7	40,3	26,0	54,6
	380	47,4	117,7	49,3	25,3	59,9
	Média	32,9	83,8	32,2	19,2	42,0
	$\beta_0$	22,412	51,539	19,176	13,046	26,54
	$\beta_1$	0,0633** x	0,1939** x	0,0784** x	0,0370** x	0,09315** x
$R^2$	0,911	0,961	0,994	0,934	0,950	
PAea	0	35,0	45,7	47,5	40,3	42,1
	8	35,6	46,4	48,2	40,9	42,8
	48	36,2	47,1	49,1	41,6	43,5
	80	37,8	48,9	51,1	43,3	45,3
	112	40,9	52,3	55,1	46,5	48,7
	152	41,4	52,9	55,8	47,1	49,3
	Média	37,8	48,9	51,1	43,3	45,3
	$\beta_0$	34,837	45,544	47,265	40,121	41,94
	$\beta_1$	0,0447* x	0,0501* x	0,0580* x	0,0474* x	0,0505** x
	$R^2$	0,937	0,941	0,942	0,943	0,941
Média	35,3	66,3	41,6	31,2	43,6	

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; PVAdp = Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico; PAea = Argissolo Amarelo endoeutrófico abruptico

Verificou-se que os teores de P extraídos pelos quatro extratores, em ambos os solos, aumentaram em função da elevação das doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicadas (Tabela 3). Todavia, esse aumento não foi proporcional às doses aplicadas, sendo mais pronunciada no PVAdp (Tabela 3). Tais resultados são decorrentes das diferenças nas doses aplicadas, e das características

químicas, físicas e mineralógicas dos solos (Tabela 2), as quais influenciam a capacidade de extração de P pelos extratores (Farias et al., 2009; Simões Neto et al., 2015).

Neste trabalho, embora não houvesse a pretensão e a possibilidade de comparar os solos (doses diferentes e sem relação com CMAP), observou-se que a quantidade de P recuperada foi maior no PAea, o que se deveu aos teores elevados de P nas menores doses (Tabela 3). No entanto, a taxa de recuperação de P foi 86% maior no PVAdp, que apesar do menor teor de argila, teve menor P-rem e maior CMAP (Tabela 2).

Em geral, a capacidade de extração de P pelos extratores químicos diminui com o aumento do poder tampão de P, indicando que solos menos tamponados (menor teor de argila, alto P-rem e baixa CMAP) apresentam maior recuperação do P aplicado (Mumbach et al., 2018). Farias et al. (2009) reportaram ausência de correlação entre a CMAP e teor de argila em solos muito intemperizados do estado da Paraíba, sugerindo maior influência da qualidade mineralógica da fração argila, em detrimento de seu teor, sobre os valores de CMAP.

Vários são os atributos do solo que podem influenciar a adsorção de fosfato, sendo os principais: o tipo e teor de argila, de colóides amorfos e de matéria orgânica (Novais & Smith, 1999). Assim, à medida que aumentam os teores de matéria orgânica, gibbsita, argila e os de Fe e de Al extraídos, tanto com ditonito quanto com oxalato, aumenta a adsorção de P (Souza et al., 2007). Neste sentido, a menor taxa de recuperação do P aplicado no PAea se deveu aos maiores teores de argila e de matéria orgânica, associados a predominância do colóide amorfo gibbsita (Tabela 2).

Quanto ao desempenho dos extratores em cada solo, constatou-se, no PVAdp, que o extrator Mehlich-3 (M-3) extraiu a maior quantidade de P, sendo 1,5 vezes maior do que as quantidades extraídas pelos extratores Mehlich-1 (M-1) e Resina (RTI), e 3,3 vezes maior do que a quantidade de P extraído pelo Bray-1 (B-1) (Tabela 3). As taxas de recuperação de P pelo extrator M-3 no PVAdp também foram bastante superiores aos demais extratores (147% em relação a RTI, 206% em relação ao M-1 e 424% em relação ao B-1).

A maior extração e taxa de recuperação de P pelo M-3 no PVAdp se deve às diferenças no mecanismo de extração de P pelos extratores (Mumbach et al., 2018). O extrator M-3, por exemplo, extrai P preferencialmente ligado a Fe e Al (P-Fe e P-Al), formas predominantes nos Argissolos do estado da Paraíba, incluindo àqueles da zona abacaxicultora paraibana (Silveira et al., 2006). Ademais, devido a presença do EDTA o extrator M-3 pode extrair algumas formas orgânicas de P (Gatiboni et al., 2005).

Ao estudar o desempenho dos extratores M-1 e M-3 em seis solos do Estado do Rio Grande do Sul, Bortolon et al. (2009) reportou recuperação de P pelo extrator M-3 de 50 a 150 % superior ao extraído pelo extrator M-1. Bortolon & Gianello (2008) constataram que os teores de P extraídos pelo M-3 foram, em média, 50 % maiores que os extraídos pelo M-1, sobretudo quando o teor de argila foi inferior a 40 %. Todavia, Simões Neto et al. (2015) observou que o M-3 exibiu a menor taxa de extração (50% menor que a RTI e 5 % menor do que M-1 e B-1) em solos da zona canavieira nordestina, fato que associaram a elevação dos teores de P-Ca pela aplicação de calcário e superfosfato triplo, e em função da determinação do P recuperado ter sido feita apenas 30 dias após a aplicação das doses.

No solo PAea, observou-se que, tanto na quantidade extraída quanto na taxa de recuperação, houve superioridade do extrator RTI, seguido dos extratores M-3, B-1 e M-1 (Tabela 3), havendo, porém, variação nas diferenças percentuais dos extratores em cada variável. No que se refere as quantidades extraídas, por exemplo, o extrator RTI extraiu 4,5%; 18,0 e 35,0 % mais P do que os extratores M-3, B-1 e M-1, respectivamente. Em relação as taxas de recuperação verificou-se que a RTI recuperou 15,7%; 22,3% e 29,7% mais P do que os extratores M-3, B-1 e M-1, respectivamente (Tabela 3).

O melhor desempenho da RTI em termos de quantidade extraída e taxa de recuperação de P no PAea se deveu, provavelmente, a maior capacidade da RTI extrair P de formas lábeis, independentemente do tamponamento do solo (Silva & Raij, 1999), corroborando, assim, os resultados obtidos por diversos autores (Farias et al., 2009; Steiner et al. 2012; Simões Neto et al., 2015). Em solos da Paraíba, Farias et al. (2009) reportou pequena sensibilidade do extrator RTI ao fator capacidade (FCP), sendo esta mais evidente nos solos menos intemperizados e dependente de outros fatores, além do FCP dos solos.

A extração e a taxa de recuperação de P pelo M-1 foram menores que as do M-3, semelhantes a RTI, e superiores ao B-1 no PVAdp. No PAea, entretanto, o extrator M-1 foi o que extraiu as menores quantidades e exibiu a menor taxa de recuperação de P (Tabela 3).

O desempenho do extrator M-1 no PVAdp se deveu ao menor teor de argila desse solo (Tabela 2). Adicionalmente, deve-se considerar a possibilidade de formação de P ligado ao Ca, proveniente do superfosfato triplo, o qual teria aumentado a taxa de recuperação do P pelo extrator (Simões Neto et al., 2015). O menor poder de extração de P no PAea se deveu, possivelmente, ao desgaste do extrator, devido ao maior teor de argila e poder tampão da acidez do solo, e por ter sido usada uma fonte de P isenta de Ca (fosfato monoamônico-MAP) (Novais & Smith, 1999).

O extrator B-1 foi o que extraiu menores quantidades e exibiu a menor taxa de recuperação de P no PVAdp, apresentando desempenho semelhante ao extrator M-1 no PAea (Tabela 3). Farias et al. (2009) observaram que, em solos de referência da Paraíba, B-1 foi o extrator que extraiu menos P, independente da dose de P aplicada, corroborando, assim, os resultados encontrados no presente trabalho, sobretudo no PVAdp. É possível que a menor capacidade de extração do B-1 no PVAdp tenha sido influenciada pela elevação do P-Ca, proveniente do superfosfato triplo; assim, parte dos íons  $F^-$ , em vez de complexar Al e extrair P, deve ter formado complexos  $CaF_2$ , diminuindo os teores e a taxa de recuperação do extrator B-1 nesse solo (Farias et al., 2009).

#### **4.1.2. Efeito das doses de P sobre crescimento, nutrição e produção**

Na Tabela 4 constam os dados referentes aos efeitos das doses de P aplicadas sobre as variáveis de crescimento (massa da matéria fresca da folha D - MFFD), nutrição mineral (teor- tP; acúmulo- AcP) e produção da cultura (Prod.). Pelos resultados, observa-se que as doses de P aplicadas influenciaram positivamente os tP e a Prod. nos dois solos, e os AcP no PVAdp; no entanto, não influenciaram os valores de MFFD nos dois solos e os valores de AcP no PAea (Tabela 4).

A ausência de efeitos das doses de P sobre os valores de MFFD, nos dois solos, pode ser justificada pela capacidade do P nativo do solo suprir a demanda nutricional da cultura (Tabela 2), corroborando os resultados obtidos por diversos autores (Spironello et al., 2004; Guarçoni & Ventura, 2011; Caetano et al., 2013). Especula-se que a elevada capacidade de recuperação do P nativo do solo pelas raízes do abacaxizeiro seja consequência da elevada associação micorrízica e, ou, pela elevada acidificação na rizosfera da planta (Guarçoni & Ventura, 2011).

Os dados de tP nos dois solos e os de AcP no PVAdp se ajustaram a modelos de regressão do tipo quadrático, com melhor ajuste das equações (valor de  $R^2$ ) para os dados do PVAdp (Tabela 4). Com base nas equações de regressão ajustadas estimaram-se tP máximos de 0,98 e 0,99  $g\ kg^{-1}$  com as doses de 283,3 e 120  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  nos solos PVAdp e PAea, respectivamente, enquanto que o AcP máximo no PVAdp foi obtido com a dose de 258  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ .

**Tabela 4.** Valores médios e equações de regressão entre os dados de matéria fresca da folha ‘D’ (MFFD), teor (tP), acúmulo (AcP) e produção (Prod.) em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas nos solos PVAdp e PAea.

Solo	Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> --kg ha <sup>-1</sup> --	Variável			
		MFFD -----g-----	tP ----g kg <sup>-1</sup> ----	AcP mg folha <sup>-1</sup>	Prod. ---t ha <sup>-1</sup> ---
PVAdp	0	64,9	0,76	9,5	35,3
	20	72,1	0,77	10,6	37,1
	120	68,2	0,92	11,2	41,1
	200	77,3	0,96	13,2	43,3
	280	73,4	1,03	13,5	40,4
	380	70,1	0,98	12,3	39,7
	Média	71,0	0,90	11,7	39,5
	$\beta_0$	-	0,7485	9,6311	35,72
	$\beta_1$	-	0,0017*	0,0258*	0,0593*
	$B_2$	-	-3 x 10 <sup>-6</sup> *	-5 x 10 <sup>-5</sup> *	-0,0001*
R <sup>2</sup>	-	0,979	0,897	0,903	
PAea	0	49,8	0,83	7,9	29,8
	8	83,4	0,90	14,3	36,1
	48	61,6	0,87	9,6	39,9
	80	70,8	0,99	12,5	44,8
	112	78,8	0,97	13,6	52,6
	152	71,0	0,91	11,7	43,7
	Média	69,2	0,91	11,6	41,1
	$\beta_0$	-	0,8445	-	30,95
	$\beta_1$	-	0,0024*	-	0,3093*
	$B_2$	-	-1 x 10 <sup>-5</sup> *	-	-0,0014*
R <sup>2</sup>	-	0,654	-	0,855	

\* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t; PVAdp = Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico; PAea = Argissolo Amarelo endoeutrófico abruptico

#### 4.1.3. Correlações

Nos trabalhos de avaliação da fertilidade do solo, o fato de um extrator recuperar teores maiores ou menores de P não significa que ele é melhor ou pior, pois o que interessa é que as variações na produção ou no conteúdo do nutriente sejam proporcionais aos teores extraídos pelo método de análise (Alvarez V., 1996). Assim, a seleção do extrator mais adequado para avaliar a disponibilidade de P deverá recair sobre aquele cujos teores extraídos se correlacionem significativamente com algum indicador da planta, como a quantidade absorvida ou a produção (Simões Neto et al., 2015).

Os teores de P disponível extraídos pelos extratores M-1, M-3, RTI e B-1 se correlacionaram de forma positiva com os dados de MFFD, tP, AcP e Prod em ambos os solos (Tabela 5). Todavia, os coeficientes de correlação dos quatro extratores avaliados com a

variável tP nos dois solos, e com a variável Prod para os extratores M-3, RTI e B-1 no PVAdp foram baixos e não significativos (Tabela 5).

**Tabela 5.** Coeficientes de correlação linear simples entre os teores de P extraídos pelos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina (RTI) e Bray-1 (B-1) e os dados de matéria fresca da folha ‘D’ (MFFD), teor (tP), acúmulo de P (AcP) e produção (Prod) no PVAdp e PAea.

Variável	Extrator			
	M-1	M-3	RTI	B-1
Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (PVAdp)				
MFFD	0,701 <sup>Δ</sup>	0,881 <sup>*</sup>	0,770 <sup>o</sup>	0,897 <sup>*</sup>
tP	0,556 <sup>ns</sup>	0,603 <sup>ns</sup>	0,556 <sup>ns</sup>	0,591 <sup>ns</sup>
AcP	0,677 <sup>Δ</sup>	0,798 <sup>*</sup>	0,714 <sup>Δ</sup>	0,805 <sup>*</sup>
Prod	0,674 <sup>Δ</sup>	0,625 <sup>ns</sup>	0,591 <sup>ns</sup>	0,613 <sup>ns</sup>
Argissolo Amarelo endoendotrófico abruptico (PAea)				
MFFD	0,870 <sup>o</sup>	0,872 <sup>o</sup>	0,869 <sup>o</sup>	0,870 <sup>o</sup>
tP	0,685 <sup>ns</sup>	0,687 <sup>ns</sup>	0,680 <sup>ns</sup>	0,684 <sup>ns</sup>
AcP	0,830 <sup>o</sup>	0,831 <sup>o</sup>	0,827 <sup>o</sup>	0,829 <sup>o</sup>
Prod	0,811 <sup>o</sup>	0,812 <sup>o</sup>	0,809 <sup>o</sup>	0,810 <sup>o</sup>

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>o</sup> e <sup>Δ</sup> não significativo e significativo a 1, 5, 10 e 15% de probabilidade, respectivamente

Os baixos e não significativos coeficientes de correlação entre o P recuperado pelos extratores e a variável tP pode ser justificada pelas diferenças nas tendências dessas variáveis em função das doses de P aplicadas, pois enquanto os teores de P extraídos pelos extratores exibiram tendência linear, o comportamento do tP foi de natureza quadrática (Tabelas 4 e 5). O teor do nutriente na planta é uma variável sujeita a superestimação (efeito de concentração ou “consumo de luxo”) ou subestimação (efeito de diluição), razão pela qual as variáveis conteúdo do nutriente na parte aérea e, ou, produtividade são as mais recomendadas para estabelecer correlações visando selecionar os métodos de extração (Cantarutti et al., 2007).

Independentemente da variável indicadora de disponibilidade utilizada (MFFD, AcP ou Prod), os extratores apresentaram desempenho semelhante no PAea, indicando que a disponibilidade de P neste solo pode ser avaliada por qualquer um dos extratores avaliados. No PVAdp, entretanto, houve melhor desempenho do extrator B-1, seguido do M-3, RTI e M-1 quando se adotou as variáveis MFFD e AcP (Tabela 5). Contudo, quando se adotou a variável Prod os coeficientes de correlação foram significativos apenas para o extrator M-1 (0,674<sup>Δ</sup>) (Tabela 5).

Os maiores coeficientes de correlação obtidos pelos extratores B-1 e M-3 para as variáveis tP e AcP, respectivamente, se devem, provavelmente, ao fato de que esses extratores possuem maior especificidade pelas formas de P-Al (Bortolon et al., 2009), forma

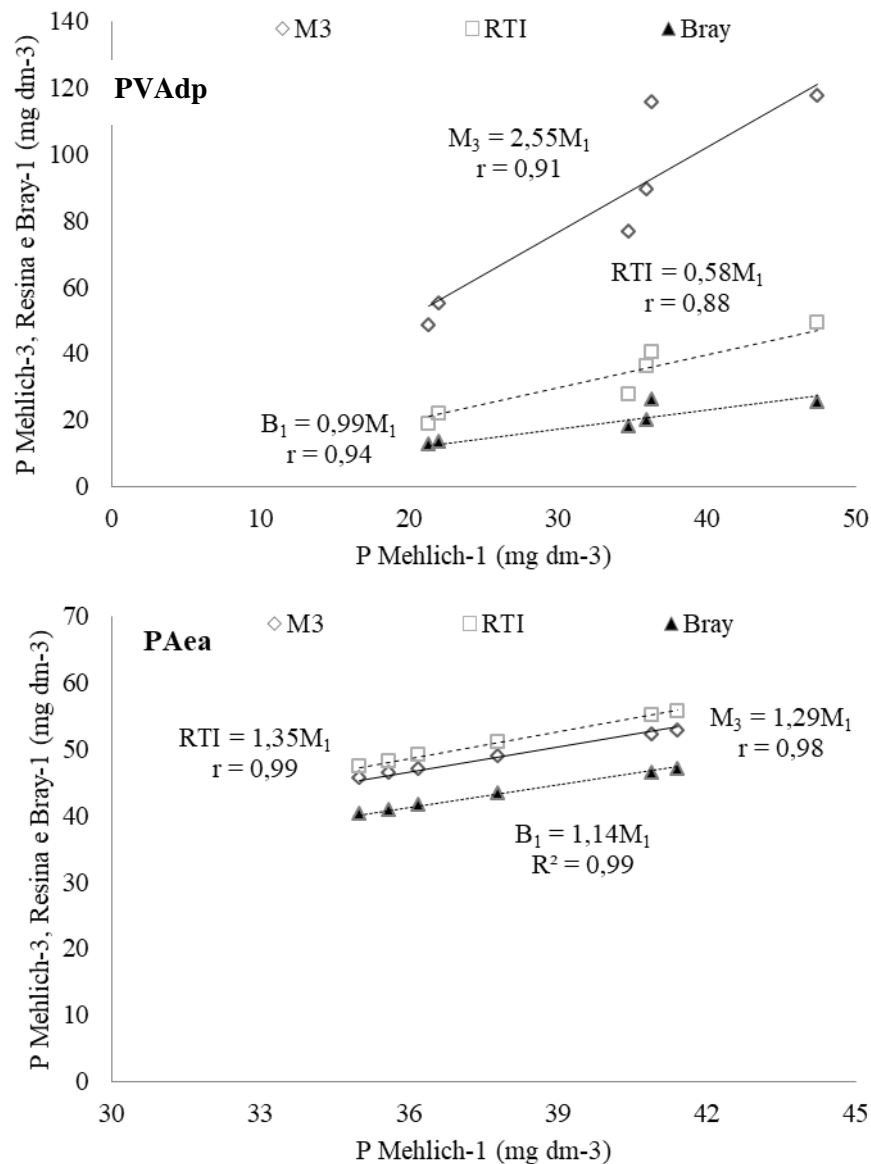
predominante de P neste solo, e que controla a disponibilidade para as plantas (Silveira et al., 2006; Souza Júnior et al., 2012).

Os resultados obtidos no presente trabalho discordam daqueles reportados por Farias et al. (2009) ao constatar que, em solos representativos da Paraíba, os extratores B-1 e M-1 apresentaram as correlações mais satisfatórias, tanto com a produção de matéria seca da parte aérea quanto com o P acumulado na planta. Discordam também de Simões Neto et al. (2015) ao reportarem na avaliação do P disponível de solos da zona canavieira nordestina, melhores coeficientes de correlação com os extratores M-1 e RTI. No entanto, corroboram aqueles obtidos por Reis (2016) em 12 solos (11 de Minas Gerais e um do Espírito Santo) com diferentes características químicas, físicas e mineralógicas.

Em geral, a interação do nutriente com a matriz do solo é pequena quando a extração é feita dias após a aplicação das doses, o que pode elevar os valores de correlação (Alvarez V., 1996). Com o aumento do tempo de contato podem ser formadas ligações adicionais, as quais podem reduzir a disponibilidade do nutriente para as plantas e alterar as correlações estabelecidas inicialmente (Reis, 2016). Assim, é possível que a coleta das amostras de solos no final do experimento tenha influenciado o desempenho dos extratores e os valores dos coeficientes de correlação obtidos no presente trabalho.

A correlação positiva e significativa de M-1 com a variável Prod no PVAdp indica que as plantas absorveram, acumularam e utilizaram de forma mais eficiente as quantidades de P lábil recuperadas por esse extrator, fato que não se repetiu para os demais extratores (Tabela 5). É possível que os referidos extratores tenham extraído, em maior ou menor quantidade, P de compostos aos quais as plantas não tiveram acesso e, ou, não conseguiram utilizar durante o cultivo (Alvarez V., 1996).

Os extratores M-3, RTI e B-1 apresentaram elevada correlação com os valores de P obtidos pelo extrator M-1 em ambos os solos (Figura 2). Contudo, os extratores M-3, RTI e B-1 extraíram, respectivamente, 30; 35 e 15 % de P a mais que o extrator M-1 no PAea. No PVAdp, o extrator M-3 extraiu 150% de P a mais que o extrator M-1, sendo os teores obtidos com os extratores M-1 e B-1 semelhantes; no entanto, o extrator RTI extraiu, aproximadamente, 40% de P a menos que o extrator M-1. Essas diferenças entre os extratores estão relacionadas aos seus diferentes mecanismos de extração (Mumbach et al., 2018).



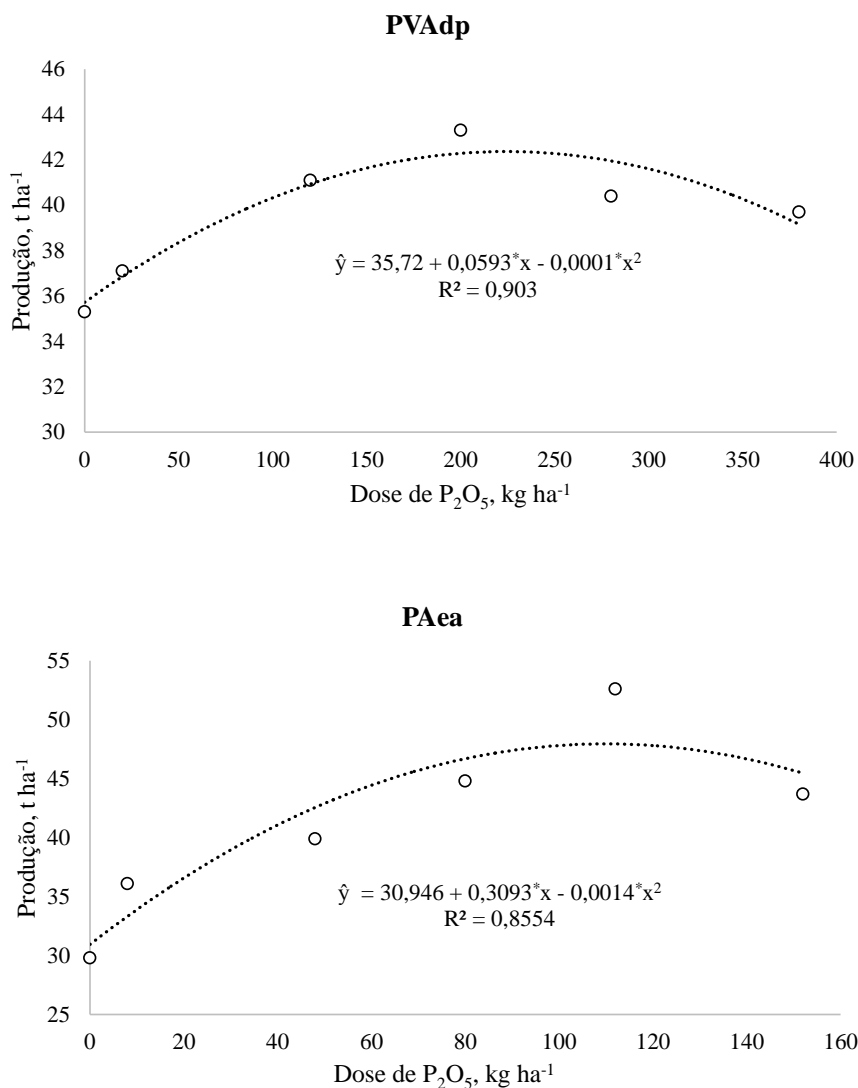
**Figura 2.** Correlação entre os teores de P extraídos pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Resina e Bray-1 no Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (PVAdp) e no Argissolo Amarelo endoeutrófico abrupto (PAea).

Diversos trabalhos têm apontado desempenho melhor ou equivalente dos extratores M-3, RTI ou B-1 na extração de P (Bonfim et al., 2003; Farias et al., 2009; Bortolon e Gianello, 2010; Steiner et al., 2012; Simões Neto et al., 2015; Reis, 2016) em relação ao extrator M-1. Contudo, mesmo que esses extratores superem ocasionalmente o M-1, estes extratores são de difícil operacionalização, têm maiores custos (principalmente o M-3), e no caso da RTI, maior tempo de agitação e mais etapas para separação da resina (Simões Neto et al., 2015). Desse modo, o M-1 continua sendo o extrator mais interessante para uso intensivo nos laboratórios, pois apresenta boa estimativa da disponibilidade de P, tem maior praticidade de uso e menores custos operacionais (Farias et al., 2009).

## 4.2. CALIBRAÇÃO DOS EXTRATORES

### 4.2.1. Doses de máxima eficiência física e econômica

A produção do abacaxizeiro foi influenciada positivamente pelo aumento das doses de  $P_2O_5$  em ambos os solos (Figura 2). Isto indica que apesar das diferenças entre os solos (textura, P-rem, CMAP, teor de P inicial e doses de  $P_2O_5$  aplicadas), os teores de P disponível foram suficientes para que as plantas atingissem os valores de máxima produção na resposta à adição de P (Simões Neto et al., 2015).



**Figura 3.** Produção do abacaxizeiro ‘Pérola’ em função de doses de  $P_2O_5$  aplicadas no Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (PVAdp) e no Argissolo Amarelo endoeutrófico abrupto (PAea).

As respostas positivas do abacaxizeiro à adubação fosfatada encontradas neste trabalho corroboram os resultados obtidos por diversos autores (Nogueira et al., 1970; Bezerra et al., 1981; Mustaffa, 1989; Souza, 1999). Todavia, discordam das generalizações sobre a reduzida ou nula resposta do abacaxizeiro às doses de P, devido a elevada capacidade de recuperação do P nativo do solo pelas raízes (Spironello et al., 2004; Guarçoni & Ventura, 2011).

Conforme esperado, observaram-se diferenças consideráveis entre as doses de máxima eficiência física (DMEF) e econômica (DMEE) entre os solos (2,7 e 1,7 vezes maior no PVAdp em relação ao PAea, respectivamente). Todavia, as produções de máxima eficiência (PMEF) e econômica (PMEE) pouco variaram entre os solos (8,0% maior no PAea em relação ao PVAdp, respectivamente) (Tabela 6).

**Tabela 6.** Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> estimadas para obtenção de máxima eficiência física (DMEF) e econômica (DMEE), e produção de máxima eficiência física (PMEF) e econômica (PMEE) de abacaxizeiros ‘Pérola’ nos solos PVAdp e PAea.

Solo	DMEF	DMEE	PMEF	PMEE
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----		-----t ha <sup>-1</sup> -----	
PVAdp	296,5	91,5	44,5	40,1
PAea	110,5	53,0	48,0	43,2
Média	203,5	86,7	46,2	41,5

PVAdp = Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico; PAea = Argissolo Amarelo endoeutrófico abrupto.

As maiores DMEF e DMEE estimadas para o PVAdp se devem ao maior espaço experimental adotado (0-380 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), associado as doses elevadas de N, K e S aplicadas. Ademais, deve-se mencionar a maior CMAP e o menor P-rem desse solo (Tabela 2). Resultados semelhantes foram também reportados por Simões Neto et al. (2012) em solos cultivados com cana de açúcar no Estado de Pernambuco.

Apesar das diferenças no espaço experimental e do fato das doses terem sido definidas sem considerar o efeito da capacidade tampão do solo, ficou evidenciada a necessidade de se considerar na recomendação de adubação fosfatada para o abacaxizeiro nos solos da Paraíba, uma medida da capacidade tampão de fosfato (argila, CMAP ou P remanescente), particularmente quando o extrator for o Mehlich-1. Trabalhos dessa natureza são imprescindíveis para melhorar a eficiência das recomendações e reduzir os custos da adubação fosfatada.

#### 4.2.2. Níveis críticos no solo e foliar

Os valores de níveis críticos (NC) de P no solo variaram entre os solos e os extratores (Tabela 7). Em relação aos solos, observou-se que o NC de P no PAea ( $44,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ) foi 28% maior em relação ao do PVAdp ( $34,7 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Quanto aos extratores verificou-se que, na média dos dois solos, o maior NC foi obtido com o extrator M-3 ( $58,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ), seguido pela RTI ( $38,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e M-1 ( $32,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ), tendo o extrator B-1 apresentado o menor NC ( $29,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Níveis críticos de P disponível estimados pelos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina trocadora de íons (RTI) e Bray-1 (B-1) e nível crítico foliar ( $\text{NC}_f$ ) do abacaxizeiro ‘Pérola’ nos solos PVAdp e PAea.

Solo	Extrator				Média	$\text{NC}_f$ g $\text{kg}^{-1}$
	M-1	M-3	RTI	B-1		
	-----mg $\text{dm}^{-3}$ -----					
PVAdp	28,0	69,0	26,0	16,0	34,7	0,87
PAea	37,0	48,0	50,0	43,0	44,5	0,90
Média	32,5	58,5	38,0	29,5	39,6	0,88

Os menores valores de NC para o PVAdp estão associados com a maior CMAP e o menor P-rem do PVAdp, o que provavelmente resultou em maior tamponamento em termos de P, apesar do menor teor de argila e da maior taxa de recuperação de P nesse solo (Tabela 3). Ademais, deve-se destacar que o PVAdp apresentou teor inicial de P maior do que o PAea (Tabela 2). Diversos trabalhos também indicaram menores valores de NC de P nos solos mais tamponados em relação àqueles menos tamponados (Novais & Smith, 1999; Silva & Raij, 1999; Silva et al., 2004).

Ao analisar o desempenho dos extratores, em cada solo, observaram-se diferenças na ordem dos valores de NC entre os mesmos, indicando que as características químicas, físicas e mineralógicas dos solos (Tabela 2) influenciaram o desempenho dos extratores e, por conseguinte, os valores de NC de P no solo. Nos solos PVAdp (< argila, < P-rem, > CMAP) e PAea (> argila, > P-rem, < CMAP), a ordem decrescente dos NC foi a seguinte: M-3>M-1>RTI>B-1 e RTI>M-3>B-1>M-1, respectivamente (Tabela 7).

Apesar da impossibilidade de comparações mais aprofundadas, vale ressaltar que o NC obtido pelo M-1 foi o menor, dentre os extratores avaliados, no solo mais tamponado (PAea), e o segundo no PVAdp (< P-rem e > CMAP). E que o NC obtido pelo extrator RTI

ficou próximo do M-1 no solo PVAdp, e foi superior aos demais extratores no PAea (Tabela 7).

Esses resultados concordam com Simões Neto (2012), ao constatarem menores valores de NC para o extrator M-1 em solos de maior capacidade tampão de P, e ausência de influência de características do solo que refletem o fator capacidade sobre os valores de P extraídos pela RTI. Isso indica que na interpretação de níveis críticos ou faixas de disponibilidade de P avaliada por extratores sensíveis ao FCP, a exemplo do Mehlich-1, torna-se necessário incluir uma medida do fator capacidade (argila, P-rem, CMAP) (Novais et al., 2007; Simões Neto et al., 2015).

Os valores de NC estimados neste trabalho pelo extrator M-1 para os solos PVAdp (28,0 mg dm<sup>-3</sup>) e PAea (37,0 mg dm<sup>-3</sup>), e para a média dos dois solos (32,5 mg dm<sup>-3</sup>) se aproximam do valor de 30 mg dm<sup>-3</sup>, estabelecido como NC de P em solos do estado da Paraíba (EMATER, 1979). Tais valores se aproximam também do valor de 30,0 mg dm<sup>-3</sup> sugerido por Vasconcelos & Busquet (2013) para solos do estado do Rio de Janeiro.

Quanto ao extrator RTI, observa-se que o NC do solo PVAdp (26,0 mg dm<sup>-3</sup>) aproxima-se do valor de 30 mg dm<sup>-3</sup>, estabelecido para culturas perenes na recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo, Boletim Técnico nº 100 (Raij et al., 1997). Ademais, o valor de 50,0 mg dm<sup>-3</sup> estimado para o PAea se assemelha ao valor de 53,5 mg dm<sup>-3</sup>, definido como nível crítico de P para o cultivo de cana de açúcar em Argissolos Amarelos do estado de Pernambuco (Simões Neto et al., 2015).

Os valores de NC encontrados no presente trabalho para o extrator M-3 (69,0 e 48,0 mg dm<sup>-3</sup>), respectivamente, para os solos PVAdp e PAea são compatíveis aos valores de 66,0 e 33,0 mg dm<sup>-3</sup> estabelecidos por Mumbach et al. (2018) para solos de Santa Catarina, apresentando < 20,0 e 21,0-40,0% de argila, respectivamente. Todavia, são bastante superiores a amplitude de 1,2-7,0 mg dm<sup>-3</sup> reportada por Simões Neto et al. (2012) para solos da zona canavieira de Pernambuco.

Os níveis críticos de P estimados nesse trabalho para o extrator B-1 são inferiores a amplitude de variação (1º e 2º corte) reportada por Bonfim et al. (2003) para os solos PVAdp (109 e 50 mg dm<sup>-3</sup>) e PAd (125 e 54 mg dm<sup>-3</sup>), cultivados com *Brachiaria brizantha*. Todavia, o NC estimado para o PVAdp no presente trabalho está compreendido na faixa de amplitude (7,0 e 20,0 mg dm<sup>-3</sup>) reportada por Simões Neto et al. (2012) para Argissolos Amarelos, cultivados com cana de açúcar no estado de Pernambuco.

A partir das doses de P estimadas para 90% da produção máxima (Tabela 6) e das equações ajustadas entre os teores de P foliar em função das doses de P aplicadas (Tabela 3), estimaram-se os níveis críticos foliares de P ( $NC_f$ ) (Tabela 7).

Observou-se que os  $NC_f$  apresentaram comportamento semelhante aos níveis críticos de P no solo, ou seja, os  $NC_f$  foram menores no PVadp (solo mais tamponado e com maior FCP) (Tabela 7). Esse comportamento corrobora os resultados obtidos por Simões Neto et al. (2012), ao constatar que os níveis críticos foliares de P em cana de açúcar variaram conforme a FCP dos solos, sendo menores nos solos com alta CMAP e baixo P-rem, reflexo da presença de gipsita e goethita na mineralogia da fração argila.

#### **4.2.3. Classes de disponibilidade de P**

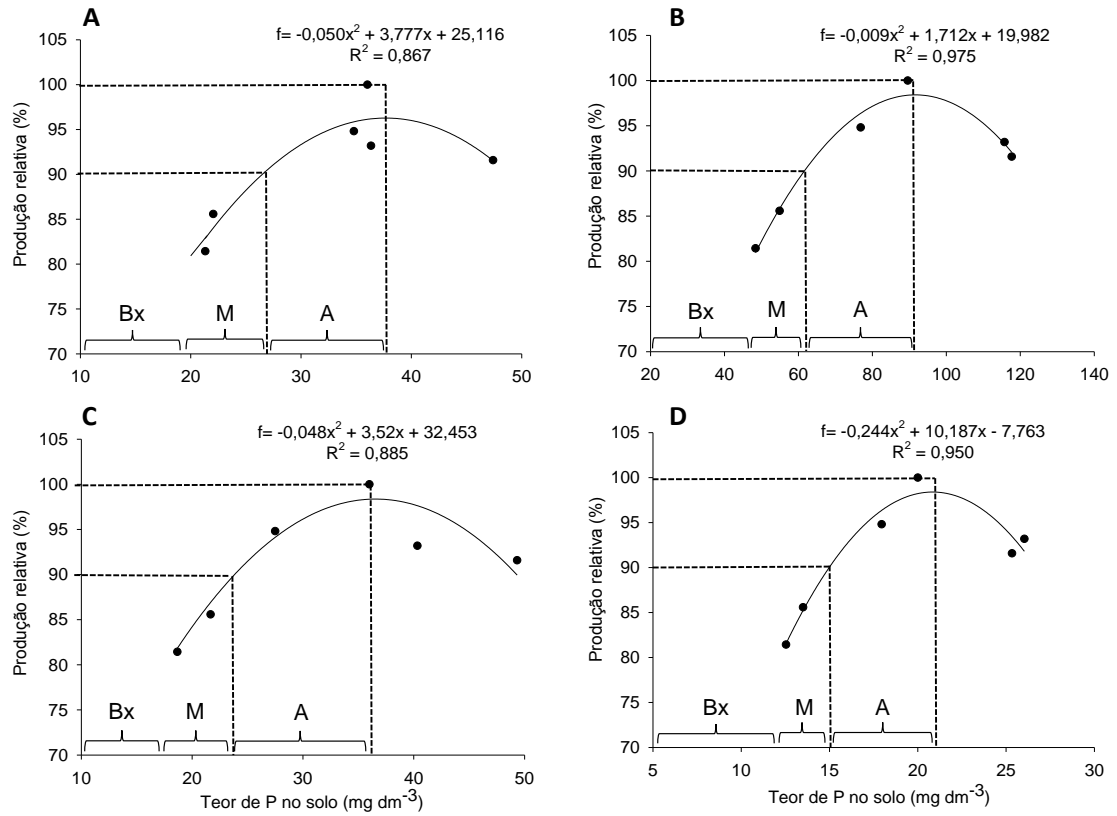
Ao relacionar os teores de P disponível obtidos pelos quatro extratores com os valores de produção relativa de cada solo, ajustaram-se equações de regressão (Figuras 5 e 6), as quais possibilitaram estabelecer uma tabela de interpretação do P disponível, contendo três classes de disponibilidade (baixa, média e alta) para os quatro extratores avaliados, em cada solo (Tabela 8).

Apesar das diferenças entre os solos nas características que influenciam o fator capacidade (mineralogia, argila, CMAP e P-rem), a amplitude de variação dessas características observada nesse trabalho, sobretudo os teores de argila e P-rem, foi insuficiente para justificar a estratificação das classes. Assim, diante das diferenças nas doses aplicadas e dos teores iniciais de P, optou-se por realizar a discussão dos dados sobre as classes de disponibilidade (Tabela 8) e as doses recomendadas de P (Tabela 9) considerando a média dos dois solos.

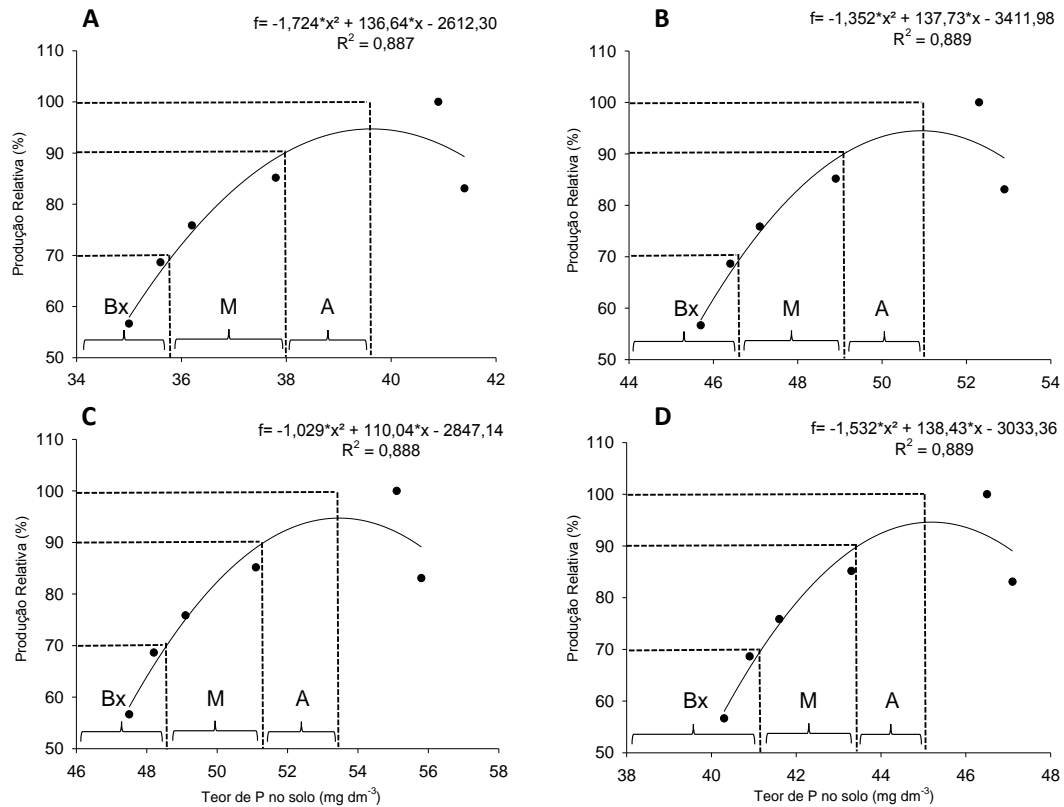
Os intervalos das classes de disponibilidade foram maiores nos extratores RTI e M-3, àqueles que extraíram as maiores quantidades de P e exibiram as maiores taxas de recuperação (Tabela 3). Isto indica que a quantidade de P a ser aplicada para elevar o teor de P em  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  tende a ser maior quando avaliada pelos extratores M-1 e B-1 (Schlindwein & Gianello, 2008).

As classes de interpretação de disponibilidade de P avaliada pelo extrator M-1 foram as seguintes: baixa ( $< 22,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ), médio ( $22,0\text{-}30,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e alto ( $> 30,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Tabela 8). Tais valores, com exceção do teor associado a classe baixa, são compatíveis com os contidos no Manual de Adubação para o Estado da Paraíba (EMATER, 1979), cuja

avaliação do P disponível (Mehlich-1) adota as seguintes classes e teores de interpretação: baixa ( $< 10,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ), média ( $10,0\text{-}30,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e alta ( $> 30,0 \text{ mg dm}^{-3}$  de P).



**Figura 4.** Produção relativa do abacaxizeiro ‘Pérola’ em função de teores de P disponível, obtidos pelos extratores Mehlich-1 (A), Mehlich-3 (B), RTI (C) e Bray-1 (D) no Argissolo Vermelho-Amarelo (PVadp).



**Figura 5.** Produção relativa do abacaxizeiro ‘Pérola’ em função de teores de P disponível, obtidos pelos extratores Mehlich-1 (A), Mehlich-3 (B), RTI (C) e Bray-1 (D) no Argissolo Amarelo (PAea).

**Tabela 8.** Classes de interpretação da disponibilidade de P disponível para o abacaxizeiro ‘Pérola’ pelos extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina Trocadora de Íons (RTI) e Bray-1 (B-1) nos solos PVAdp e PAea.

Solo	Classe de Interpretação		
	Baixa	Média	Alta
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----		
	-----M-1-----		
PVAdp	< 14,0	14,0 - 24,0	> 24,0
PAea	< 30,0	30,0 - 37,0	> 37,0
Média	< 22,0	22,0 - 30,5	> 30,5
	-----M-3-----		
PVAdp	< 34,0	34,0 - 60,0	> 60,0
PAea	< 40,0	40,0 - 48,0	> 48,0
Média	< 37,0	37,0 - 54,0	> 54,0
	-----RTI-----		
PVAdp	< 12,0	12,0 - 23,0	> 23,0
PAea	< 41,0	41,0 - 50,0	> 50,0
Média	< 26,5	26,5 - 36,5	> 36,5
	-----B-1-----		
PVAdp	< 10,0	10,0 - 14,0	> 14,0
PAea	< 35,0	35,0 - 43,0	> 43,0
Média	< 22,5	22,5 - 28,5	> 28,5

Embora não se disponha de informações sobre os experimentos que subsidiaram o estabelecimento das classes de interpretação da disponibilidade de P nos solos do Estado (EMATER, 1979), é possível que essa diferença esteja associada aos maiores teores de P no solo antes da instalação dos experimentos, sobretudo no PVAdp (Tabela 2).

Nos Estados do Pará e de Minas Gerais, dois dos principais produtores de abacaxi no país, a avaliação da disponibilidade de P no solo também é feita pelo extrator Mehlich-1, considerando o efeito do fator capacidade. No Pará, as classes de interpretação para teores de P obtidos com Mehlich-1, em solos com teor de argila entre 15 e 35%, são as seguintes: baixo ( $< 15,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ), médio ( $16,0\text{-}20,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e alto ( $> 20,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Rodrigues, 2007). Em Minas Gerais, as classes de disponibilidade de P variam em função do teor de argila ou do P-rem, constatando-se para solos com teor de argila entre 15 e 35% e valores de P-rem entre 15 e 35  $\text{mg L}^{-1}$  os seguintes teores: baixo ( $< 12,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ), médio ( $12\text{-}20 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e alto ( $> 20 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Ribeiro et al., 1999).

Verifica-se, portanto, que os valores de P estabelecidos no presente trabalho são superiores aos utilizados nos manuais de adubação dos respectivos Estados, indicando, provavelmente, que a fixação de P nos solos da zona abacaxicultora paraibana é pouco efetiva (Farias et al., 2009).

Com relação ao extrator RTI, observa-se que os intervalos de classe estabelecidos nesse trabalho (Tabela 8) são maiores do que aqueles reportados por Raij et al. (1997) para solos do Estado de São Paulo ( $< 12,0$ ;  $13,0\text{-}30,0$  e  $> 30,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Contudo, os referidos intervalos são menores do que aqueles propostos por Simões Neto et al. (2015) para solos da zona canavieira pernambucana ( $< 40,0$ ;  $41,0\text{-}56,0$  e  $> 56,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Tais resultados provavelmente se devem as diferenças no “fator quantidade” entre os solos, e indicam que os solos estudados apresentam compartimento lábil intermediário em relação aos solos utilizados nos respectivos trabalhos.

Em geral, o extrator RTA tem a capacidade de acessar todo o P lábil, independentemente dos atributos físicos ou químicos do solo (Gatiboni et al., 2005; Novais et al., 2007), o que lhe confere melhor embasamento teórico para a determinação do chamado “fator quantidade” de P nos solos, que é o mais importante índice da disponibilidade do nutriente (Silva & Raij, 1999).

As informações sobre intervalos de classe para interpretação da disponibilidade de P no solo, avaliada pelos extratores M-3 e B-1, são comparativamente mais escassas na

literatura nacional, inexistindo ainda recomendações oficiais para esses extratores nos manuais de adubação no País.

Em relação ao extrator M-3, foram propostas para solos de Santa Catarina intervalos de teores para a classe média teores que variam de 22,1-33,0 e 44,1-66,0 mg dm<sup>-3</sup>, para teores de argila entre 21 e 40 e < 20%, respectivamente (Mumbach et al., 2018). No Rio Grande do Sul, os intervalos de teores de P na classe média estão entre 11,0-18,0 e 20,1-34,0 mg dm<sup>-3</sup>, para teores de argila entre 21 e 40 e < 20%, respectivamente (Bortolon & Gianello, 2008). Para solos de Minas Gerais, Reis (2016) propuseram intervalos de teores de P na mesma classe entre 12,4-16,3 e 16,4-21,3 mg dm<sup>-3</sup>, para teores de argila entre 15 e 35 e < 15%, respectivamente. No presente trabalho, estão sendo sugeridos teores de P que variam entre 37,0 e 54,0 mg dm<sup>-3</sup> para teores de argila entre 15 e 35% (Tabela 8).

Verifica-se, portanto, que os valores de P sugeridos, no presente trabalho, para a classe de disponibilidade média, para um mesmo teor de argila, são superiores aos propostos para os solos do Estado de Minas Gerais, e são compatíveis com aqueles sugeridos para os solos de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Esses resultados indicam que os solos da zona abacaxicultora paraibana apresentam maior quantidade lábil do nutriente em relação aos solos de Minas Gerais, devido a sua menor capacidade sortiva e tamponamento, motivada pelas pequenas quantidades de óxidos de Fe e Al (Novais et al., 2007; Farias et al., 2009).

Para o extrator B-1, observa-se que o limite superior da classe de disponibilidade média estabelecida nesse trabalho foi de 28,5 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 8). Esse valor é superior aos valores de 20,0 e 7,0 mg dm<sup>-3</sup> reportados por Simões Neto et al. (2011) para Argissolo Amarelo distrocoeso e Argissolo Amarelo distrófico, respectivamente, cultivados com cana de açúcar em Pernambuco. Vale ressaltar que os solos desse trabalho possuem maiores teores de P inicial e são menos tamponados (menor teor de argila e CMAP, e maior P-rem) do que os do trabalho de Simões Neto et al. (2011), o que possivelmente justifica as diferenças encontradas entre os valores.

#### **4.2.4. Doses de P recomendadas**

As doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendadas para os solos PVAdp e PAea, em função das classes de interpretação de disponibilidade de P estabelecidas (Tabela 8) para os quatro extratores avaliados são apresentadas na Tabela 9. Estas recomendações embora não considerem os efeitos da capacidade tampão representam uma contribuição às recomendações de adubação

para a cultura no Estado, sobretudo para àqueles solos que já estão sendo cultivados com o abacaxizeiro.

**Tabela 9.** Doses de  $P_2O_5$  ( $kg\ ha^{-1}$ ) recomendadas para a produção de 90% da MEF do abacaxizeiro ‘Pérola’ de acordo com as classes de disponibilidade de P para os extratores Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Resina (RTI) e Bray-1 (B-1) nos solos PVAdp e PAea.

Solo	Classe de disponibilidade / Extrator		
	Baixa	Média	Alta
----- kg ha <sup>-1</sup> -----			
-----M-1-----			
PVAdp	160,0	80,0	20 <sup>1</sup>
PAea	160,0	80,0	20
Média	160,0	80,0	20
-----M-3-----			
PVAdp	140,0	70,0	20 <sup>1</sup>
PAea	160,0	80,0	20
Média	150,0	75,0	20
-----RTI-----			
PVAdp	140,0	70,0	20 <sup>1</sup>
PAea	160,0	80,0	20
Média	150,0	75,0	20
-----B-1-----			
PVAdp	110,0	55,0	20 <sup>1</sup>
PAea	170,0	85,0	20
Média	140,0	70,0	20

<sup>1</sup>Reposição das quantidades exportadas pelos frutos e mudas

Com exceção do extrator M-1, em que não houve diferença entre os solos, as doses de  $P_2O_5$  recomendadas quando o P disponível foi avaliado pelos demais extratores foram maiores no solo PAea, devido as menores taxas de recuperação do P aplicado (Tabela 3). Todavia, na média dos dois solos, a dose de  $P_2O_5$  recomendada pelo extrator M-1 foi maior em relação aos demais extratores (Tabela 9). Isso se deve ao menor teor de P na classe baixa (Tabela 8), associado às menores taxas de recuperação do P aplicado (Tabela 3).

As doses de  $P_2O_5$  recomendadas para avaliação da disponibilidade de P pelo extrator M-1 foram de 160, 80 e 20  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , para as classes de disponibilidade baixa, média e alta, respectivamente. Essas doses são superiores àquelas contidas no Manual de Adubação do Estado da Paraíba (EMATER, 1979), o qual estabelece doses de 80, 50 e 0  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  para as mesmas classes de disponibilidade. No entanto, as doses sugeridas no presente trabalho são compatíveis com as doses de 150, 100 e 0  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  recomendadas para a cultura em Minas Gerais, e de 185, 112 e 0  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  no estado do Rio de Janeiro (Sousa et al., 1999; Vasconcelos & Busquet, 2013).

As diferenças tornam-se mais claras ao considerar o efeito da densidade de plantio, pois enquanto pela sugestão de adubação atual (EMATER, 1979) são recomendadas 2,7; 1,7 e 0 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, foram estabelecidas neste trabalho doses de 3,8; 1,9 e 0,5 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, para classes de disponibilidade baixa, média e alta, respectivamente. Nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins são recomendadas doses de 3,0; 5,0; 4,8 e 3,2 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para solos com teores baixos de P, mostrando-se, portanto, mais coerentes com as estabelecidas nesse trabalho, e sugerindo possível subestimação das recomendações adotadas.

Quando a disponibilidade de P foi avaliada pelo extrator RTI, foram recomendadas doses de 150, 75 e 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para as classes de disponibilidade baixa, média e alta, respectivamente (Tabela 9). Com exceção da dose recomendada para a classe alta, as doses foram compatíveis com as doses de 140, 120 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendadas para a cultura, nas mesmas classes e extrator, em solos de São Paulo (Raij et al., 1997).

Apesar das peculiaridades dos experimentos que subsidiaram esse trabalho e das diferenças em relação aos valores de referência estabelecidos (nível crítico, doses, etc), acredita-se que as recomendações estabelecidas constituem uma importante contribuição para o manejo da adubação fosfatada do abacaxizeiro no Estado da Paraíba. Todavia, devido ao número reduzido de solos utilizados essas recomendações preliminares precisam ser validadas em lavouras comerciais. Ademais, futuros trabalhos precisam avaliar de forma mais detalhada a necessidade de estratificação das doses, em função da capacidade tampão de P no solo.

## 5. CONCLUSÕES

As quantidades extraídas e as taxas de recuperação de P variam entre solos e extratores; o solo PVAdp extrai menor quantidade, mas tem taxa de recuperação maior do que o PAea; M-3 e RTI apresentam os maiores valores, B-1 os menores, tendo o M-1 apresentado valores intermediários dessas características;

A disponibilidade de P nos dois solos pode ser avaliada por qualquer um dos extratores testados; o desempenho dos extratores foi semelhante no PAea e melhor para os extratores B-1 e M-1 no PVAdp;

Os níveis críticos de P, estimados para solos com histórico de adubação fosfatada, determinados pelos extratores M-1, M-3, RTI e B-1 foram 32,5; 58,5; 38,0 e 29,5 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente;

As doses de MEF foram de 296,5 e 110,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, para os solos PVAdp e PAea, enquanto que as doses de MEE foram 91,5 e 53,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

A disponibilidade de P nos solos avaliados pode ser estratificada em três classes de fertilidade (baixa, média e alta), conforme o extrator: M-1 (<22,0; 22,0-30,5 e > 30,5 mg dm<sup>-3</sup>), M-3 (<37,0; 37,0-54,0 e > 54,0 mg dm<sup>-3</sup>), RTI (<26,5; 26,5-36,5 e > 36,5 mg dm<sup>-3</sup>) e B-1 (<22,5; 22,5-28,5 e > 28,5 mg dm<sup>-3</sup>);

Para as classes de fertilidade baixa, média e alta, são recomendadas doses de 160, 80 e 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> quando a disponibilidade for avaliada pelo extrator M-1, e 150, 75 e 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pela RTI.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F., eds. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG, SBCS/UFV/DPS, 1996. p.615-646.

ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. (eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999, 359p.

ANGHINONI, I.; VOLKWEIS, J.S. Recomendações de uso de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais**. Brasília, Embrapa/DEP, 1984. p.179-204.

BEZERRA, J.E.F. et al. Efeito da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na produção e qualidade do abacaxi cv. Smooth Cayenne. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.3, p.1-15, 1981.

BONFIM, E. M. S. et al. Avaliação de extratores para determinação de fósforo disponível de solos cultivados com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 25, p. 323-328, 2003.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Interpretação de resultados analíticos de fósforo pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2751-2756, 2008.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C.; SCHLINDWEIN, J.A. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para o milho pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3. **Scientia Agraria**, v. 10, p. 305-312, 2009.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Fósforo extraído pela solução de Mehlich-1 determinado por colorimetria e ICP em solos do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.263-268, 2010.

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.

BURT, R. et al. Phosphorus characterization and correlation with properties of selected benchmark soils of the United States. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, p.117-141, 2002.

CAETANO, L.C.S. et al. Efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi 'vitória'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p.883-890, 2013.

CANTARUTTI, R.B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007, p.769-850.

CEFSBA – Comissão Estadual de Fertilidade do Solo da Bahia. **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia** – 2. ed. Salvador, 1989, 176 p.

CFSEMG – Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** - 5º aproximação. Viçosa, 1999, 322 p.

CHOAIRY, S.A.; FERNANDES, P.D. Adubação fosfatada em abacaxizeiro, cultivar "Smooth Cayenne". In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 6., Recife, 1981. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. v.1, p.59-66.

CHOAIRY, S.A.; FERNANDES, P.D. Adubação fosfatada para produção de abacaxi "Smooth Cayenne" na região de Sapé, Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, p. 105-109, 1986.

CPRM – Companhia de Recursos Minerais. **Diagnóstico do município de Itapororoca, estado da Paraíba**/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CQFS – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Porto Alegre, 2004, 404 p.

CUBILLA, M.M. et al. Calibração visando à fertilização com fósforo para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1463-1474, 2007.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007, p. 91-132.

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba. **Sugestões de adubação para o estado da Paraíba** – 1º aproximação. João Pessoa, 1979, 105p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

FARIAS, D.R. et al. Fósforo em solos representativos do estado da Paraíba. II - disponibilidade de fósforo para plantas de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 633-646, 2009.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. Modificações nas formas de fósforo do solo após extrações sucessivas com Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina Trocadora de Ânions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.363-371, 2005.

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.

GUARÇONI M.A.; VENTURA, J.A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi Gold (MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p.1367-1376, 2011.

HECKMAN, J.R. et al. Soil test calibration for predicting corn response to phosphorus in the Northeast USA. **Agronomy Journal**, v.98, p.280-288, 2006.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro. LSPA, 2017. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistemtico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/2017/lspa\\_201712.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemtico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/2017/lspa_201712.pdf) >. Acesso em: 14 de Julho de 2018.

LACERDA, J.T.; CHOAIKY, S.A. Efeito da adubação fosfatada sobre a produção e qualidade do fruto do abacaxizeiro pérola. In: BARREIRO NETO, M.; SANTOS, E.S. **Abacaxicultura: contribuição tecnológica**. João Pessoa: EMEPA, 1999. p. 79-95.

MALÉZIEUX, E. & BARTHOLOMEW, D.P. Plant nutrition. In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAUL, R.E. & ROHRBACH, K.G., eds. **The Pineapple: Botany, production and uses**. Honolulu, CAB, 2003. p. 143-165.

MIRANDA, L. N. et al. Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1621-1627, 2002.

MUMBACH, G.L. et al. Quantificação de fósforo por Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina Trocadora de Ânions em solos com diferentes teores de argila. **Revista Ceres**, v.65, p. 546-554, 2018.

MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphorus in natural waters. **Analytica Chimica Acta**. v. 27, p. 31-36, 1962.

MUSTAFFA, M.M. Effect of phosphorus application on fruit yield, quality and leaf nutrient content of Kew pineapple. **Fruits**, v.44, p.253-257, 1989.

NOGUEIRA, M.A. et al. Ensaio de adubação NPK em abacaxi nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste. **Pesquisa Agropecuária do Nordeste**, v. 2, p. 57-71, 1970.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. & NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.471-550.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, E.F. et al. **Abacaxi: sistema de cultivo para o tabuleiro paraibano**. João Pessoa: EMEPA, 2002. 38p.

OLIVEIRA, F.H.T. et al. Comparisons of phosphorus availability between anion exchange resin and Mehlich-1 extractions among Oxisols with different capacity factors. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 31, p. 615-630, 2000.

PEGORARO, R.F. et al. Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'Vitória' pineapple plant. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.896-904, 2014.

RAIJ, B.V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B.V.; FEITOSA, C. T.; SILVA, N. M. Comparação de quatro extratores de fósforo de solos. **Bragantia**, Campinas, v. 43, p. 17-29, 1984.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. **Método de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (IAC. Boletim, 81).

RAIJ, B.V. et al. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

REIS, J.V. **Potencial do extrator Mehlich-3 na avaliação da disponibilidade de fósforo de diferentes solos**. 2016. 66f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.,V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

RODRIGUES, A.A.; MENDONÇA, R.M.N.; SILVA, A.P.; SILVA, S.M.; PEREIRA, W.E. Desenvolvimento vegetativo de abacaxizeiros ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’ no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 126-134, 2010.

RODRIGUES, J.E.L.F. Recomendação de adubação e calagem para o abacaxizeiro. In: CRAVO, M.S. et al. (Org.). **Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007, p. 203-204.

SANTOS, H. Q. et al. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 173-182, 2002.

SANTOS, R.D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa: SBCS/SNLCS, 2005. 100p.

SAS Institute Inc. **SAS University edition virtual application**. Cary: North Caroline, USA. 2015.

SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Calibração de métodos de determinação de fósforo em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2037-2049, 2008.

SILVA, A.P. **Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro**. 2006. 176f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SILVA, A.P.; ALVAREZ V.,V. H.; SOUZA, A.P.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. e DANTAS, J.P. Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.1269-1280, 2009.

SILVA, E. M. B. et al. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.28, p.281-288, 2004.

SILVA, F. C.; RAIJ, B. V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 267-288, 1999.

SILVEIRA, M.M.L.; ARAÚJO, M.S.B.; SAMPAIO, E.V.S.B. Distribuição de fósforo em diferentes ordens de solo do semiárido da Paraíba e de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 30, p. 281-291, 2006.

SIMÕES NETO, D.E. et al. Adubação fosfatada para cana-de-açúcar em solos representativos para o cultivo da espécie no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.73-81, 2015.

SIMÕES NETO, D.E. et al. Características agronômicas da cana-de-açúcar em função da adubação fosfatada em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.884-892, 2012.

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.

SIMÕES NETO, D.E. et al. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Revista Ceres**, v.58, p.802-810, 2011.

SOUZA JÚNIOR, R.F. et al. Frações de fósforo inorgânico do solo e suas correlações com o fósforo quantificado por extratores e pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 159-169, 2012.

SOUZA, L.F.S. et al. **Recomendação de adubação pra o abacaxizeiro no Estado do Tocantins, com base na análise do solo**. Palmas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2005, 2p. (Comunicado Técnico nº 4).

SOUZA, L.F.S. Exigências edáficas e nutricionais. In: CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S.; SOUSA, L.F.S. (Eds.). **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: EMBRAPA, 1999, p-67-82.

SOUZA, R.F. Formas de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1535-1544, 2007.

SPIRONELLO, A. et al. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 155-159, 2004.

STEINER, F. et al. Extraction methods and availability of phosphorus for soybean in soils from Paraná State, Brazil. **Ciências Agrárias**, v. 33, p. 1005-1014, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 729p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2 ed., Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

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.

VASCONCELOS, M.A.S.; BUSQUET, R.N.B. Abacaxi. In: FREIRE, L.R. et al. (Org.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p. 311-314.

## **APÊNDICES – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES**

**Tabela 10.** Resumo da análise de variância para os teores de P extraídos pelos diferentes extratores e produtividade de abacaxizeiro sob doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas.

FV	Gl	M-1	M-3	RTI	B-1	Produtividade
-----Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAdp)-----						
Trat	5	283,41**	2627,43**	402,31**	92,08**	26,15**
Rep	2	2,02 <sup>ns</sup>	113,16 <sup>ns</sup>	6,34 <sup>ns</sup>	15,87 <sup>ns</sup>	10,08 <sup>ns</sup>
Resíduo	10	3,58	91,00	6,01	6,13	4,39
<b>CV (%)</b>		<b>5,61</b>	<b>11,13</b>	<b>7,44</b>	<b>13,05</b>	<b>5,26</b>
-----Argissolo Amarelo (PAea)-----						
Trat	5	111,67*	145,84*	194,57*	126,78*	186,03*
Rep	2	27,06 <sup>ns</sup>	35,02 <sup>ns</sup>	45,39 <sup>ns</sup>	30,12 <sup>ns</sup>	5,79 <sup>ns</sup>
Resíduo	10	26,38	31,75	44,17	29,88	3,59
<b>CV (%)</b>		<b>13,12</b>	<b>11,09</b>	<b>12,36</b>	<b>12,08</b>	<b>4,61</b>

<sup>ns</sup>-Não significativo. \*\*, \* e ° Significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente. M-1 = Mehlich-1; M-3 = Mehlich-3; RTI = Resina de troca de íons; B-1 = Bray-1.

## Descrição Geral

**Perfil - 01**

**Data - 19/06/2017**

**Classificação SiBCS (2013)** – Argissolo Amarelo endoeutrófico abruptico

**Localização, Município, Estado e Coordenadas** - Fazenda Buracão, arrendada ao grupo Japungu Agroindustrial, localizada no lado esquerdo e aproximadamente 500 m da PB-004, na saída de Sapé sentido Cruz do Espírito Santo, coordenadas 07° 06' 09,9" S e 35° 11' 34,1" W, altitude 47 m, Sapé – PB.

**Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil** - Descrito e coletado em trincheira situada em patamar (Tabuleiros Costeiros) no terço médio da encosta; 3 - 8% de declive e sob cultivo de cana-de-açúcar.

**Formação Geológica** – Sedimentos do grupo Barreiras

**Material Originário** – Sedimentos argilo-arenosos

**Pedregosidade** – Não pedregosa.

**Rochosidade** – Não rochosa.

**Relevo Local** - Suave ondulado.

**Relevo Regional** - Suave ondulado a ondulado.

**Erosão** - Hídrica forte laminar.

**Drenagem** - Moderadamente drenado.

**Uso Atual** – Vegetação secundária espontânea, sem exploração agrícola.

**Clima** – As' (quente e úmido) segundo a classificação de Köppen.

**Descrito e Coletado por** - (Raphael M. Beirigo; Ernandes Fernandes da Silva; Mateus Guimarães da Silva e João Batista B. Rodrigues).

### Descrição Morfológica

**Ap** 0 - 40 cm, presença de camada compactada (0 – 20 cm) estrutura maciça, black (preto) (10YR 2/1 úmida); textura média; moderada, grande e muito grande, blocos subangulares; friável, plástica, pegajosa; transição plana e clara.

**AB** 40 – 75 cm, brownish black (preto acastanhado) (7,5YR 2,5/2 úmida); textura argilosa; moderada, muito grande, blocos subangulares; muito friável, plástica, pegajosa; transição irregular (75 – 120 cm) e abrupta.

**Bt1** 75 – 130 cm, presença de plintita em degradação, brown (castanho) e brown (castanho brilhante) (7,5YR 5/8 úmida e 5YR 5/8 úmida), presença de mosqueado grande e proeminente, brown (castanho acinzentado) (7,5YR 4/3); presença do horizonte AB brownish black (preto acastanhado) (7,5YR 2,5/2 úmida) que penetra no Bt1 até 120 cm de profundidade; textura argilosa (50%); forte, muito grande, blocos subangulares; presença de cerosidade comum e moderada; firme, muito plástica, pegajosa; transição plana e gradual.

**Bt2** 130 – 190+ cm, brown (castanho brilhante) (7,5YR 5/8 úmida); revestimento de face de agregado dark brown (marron escuro) (7,5YR 3/4) comum; textura argilosa (40%); moderada, muito grande, blocos subangulares; presença de cerosidade comum e fraca; muito friável, plástica, pegajosa.

**Raízes:** Presença frequente de raízes finas nos horizontes superficiais.

**Observações:** No dia da descrição do perfil o solo estava úmido, decorrente de chuvas nos dias anteriores; por isso, a determinação matriz/cor de fundo dos horizontes foi realizada apenas úmida.

## Descrição Geral

**Perfil - 02**

**Data - 19/06/2017**

**Classificação SiBCS (2013)** – Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Plintossólico

**Localização, Município, Estado e Coordenadas** – Fazenda Quandu, localizada no lado esquerdo à aproximadamente 3 km da PB-057, no sentido Araçagi-Itapororoca; coordenadas 06° 48' 42,0" S e 35° 18' 48,4" W, altitude 112 m, município de Itapororoca- PB.

**Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil** - Descrito e coletado em trincheira situada no terço inferior da encosta; 3 - 8% de declive, sob vegetação natural espontânea (plantas daninhas), com cultivo anterior de abacaxi e sob condição de preparo de solo (subsolagem) para novo plantio de abacaxi.

**Litologia** – Gnaisse

**Formação Geológica** - Sedimentos do grupo Barreiras

**Material Originário** - Produto de alteração do Gnaisse (autóctone).

**Pedregosidade** – Não pedregosa.

**Rochosidade** – Não rochosa.

**Relevo Local** - Suave ondulado.

**Relevo Regional** - Suave ondulado a ondulado.

**Erosão** – Ligeira hídrica laminar.

**Drenagem** - Moderadamente drenado.

**Uso Atual** – Vegetação secundária espontânea, sem exploração agrícola.

**Clima** - As' (quente e úmido) segundo a classificação de Köppen.

**Descrito e Coletado por** - (Raphael M. Beirigo; Ernandes Fernandes da Silva; Mateus Guimarães da Silva e João Batista B. Rodrigues).

### Descrição Morfológica

**Ap** 0 - 35 cm, grayish yellow brown (castanho amarelo acinzentado) e black (preto) (10YR 4/2 seca e 10YR 2/1 úmida); textura média (20%); moderada, grande, blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

**Ap2** 35 - 70 cm, dull (maçante – castanho acinzentado) e brownish black (preto acastanhado) (7,5YR 5/3 seca e 7,5YR 2,5/2 úmida); textura média (30%); moderada, grande, blocos angulares; dura, muito friável, ligeiramente plástica, não pegajosa; transição ondulada e abrupta.

**(A/B)** 70 - 85 cm, brown (castanho) e reddish (avermelhado escuro) (7,5YR 4/3 seca e 5YR 3/3 úmida), presença de mosqueado abundante, grande e proeminente, brown (castanho) (5YR 5/8); textura argilosa; moderada, grande, blocos subangulares; presença de cerosidade comum e fraca; dura, muito friável, ligeiramente plástica, não pegajosa; transição irregular (85 – 140 cm) penetrando no Bt, abrupta.

**Bt** 85 - 140 cm, orange (laranja) e brown (castanho) (5YR 6/8 seca e 5YR 5/8 úmida), presença de mosqueado dull (maçante – castanho acinzentado) (7,5YR 5/3), presença do horizonte (A/B) brown (castanho) (7,5YR 4/3) que penetra no Bt; textura argilosa (50%); forte, grande, prismática que se desfaz em blocos subangulares forte e grande; presença de cerosidade abundante e forte brown (castanho brilhante) (2,5YR 3/6) e plintita brown (castanho avermelhado) (2,5YR 4/8); dura, firme, muito plástica, muito pegajosa; transição ondulada e clara.

**Cr** 140 – 220+ cm, red (vermelho), brown (castanho), bright reddish (brilhante avermelhado), orange (laranja), brown (castanho amarelado), brown (castanho) (10R 4/8, 2,5YR 5/8, 5YR 5/6, 5YR 6/8, 10YR 6/8, 7,5YR 4/4); rocha alterada (Gnaiss), maciça.

**Raízes:** Presença de raízes nos horizontes superficiais.

**Observações:**

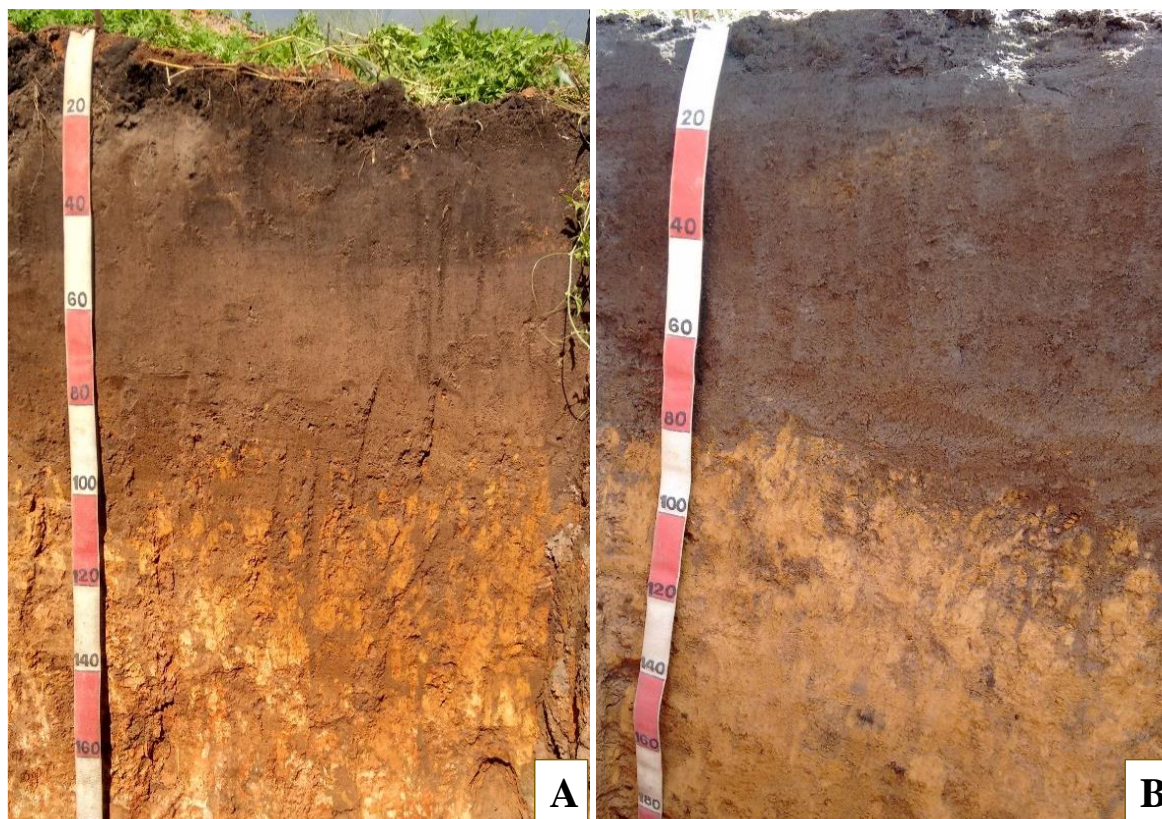
**Tabela 1.A.** Caracterização química dos perfis de solo nos locais dos experimentos

<b>Solo</b>	<b>Horiz.</b>	<b>Prof.</b>	<b>pH</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Na</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>H+Al</b>	<b>SB</b>	<b>CTC</b>	<b>V%</b>	<b>MO</b>
		cm	H <sub>2</sub> O	----mg/dm <sup>3</sup> ----			-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----						g kg <sup>-1</sup>	
PVadp	Ap	0-35	4,7	1,82	76,12	0,04	0,65	1,11	1,37	8,28	1,99	10,27	19,38	8,28
	A2	35-70	4,4	0,70	36,08	0,03	0,5	1,4	1,22	6,48	2,03	8,51	23,80	12,41
	A/B	70-85	4,1	0,00	36,51	0,04	0,85	1,92	1,5	4,72	2,90	7,62	38,08	3,62
	Bt	85-140	3,9	0,00	26,69	0,05	0,47	2,26	1,63	4,72	2,84	7,56	37,61	3,62
	Cr	140-120+	4,4	0,00	40,48	0,06	1,11	1,52	0,24	3,71	2,79	6,51	42,95	3,62
PAea	Ap	0-40	4,0	0,91	20,75	0,05	1,1	1,75	1,51	8,61	2,95	11,56	25,51	15,00
	AB	40-75	4,0	0,00	14,50	0,05	1,11	1,98	0,96	5,82	3,17	9,00	35,27	7,65
	Bt1	75-130	4,3	0,35	8,29	0,06	1,00	0,85	0,29	3,55	1,93	5,48	35,21	4,76
	Bt2	130-190+	4,9	0,49	7,66	0,06	0,98	3,2	0,09	2,94	4,26	7,20	59,20	1,86

**Tabela 2.A.** Caracterização física dos perfis de solo nos locais dos experimentos.

Solo	Horiz.	Prof.	Areia	Silte	Argila	AD	GF	DS	DP	PT	CT
			----- g/kg -----			g/kg	kg/dm <sup>3</sup>	----- g/cm <sup>3</sup> -----		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
PVadp	Ap	0-35	729	95	176	25	858	1,65	2,63	0,37	Franco Arenosa
	A2	35-70	763	71	166	38	771	1,61	2,66	0,39	Franco Arenosa
	A/B	70-85	563	128	309	51	835	1,62	2,64	0,39	Franco Argilo Arenosa
	Bt	85-140	613	103	284	38	866	1,67	2,67	0,37	Franco Argilo Arenosa
	Cr	140-120+	577	109	314	38	878	1,67	2,72	0,39	Franco Argilo Arenosa
PAea	Ap	0-40	734	27	239	25	895	1,86	2,67	0,30	Franco Arenosa
	AB	40-75	636	26	338	25	926	1,59	2,65	0,40	Franco Argilo Arenosa
	Bt1	75-130	497	145	358	51	856	1,62	2,64	0,39	Argila Arenosa
	Bt2	130-190+	711	197	92	13	859	1,61	2,64	0,30	Franco Arenosa

AD = Argila Dispersa; GF = Grau de Flocculação; DS = Densidade do Solo; DP = Densidade de Partícula; PT = Porosidade Total; CT = Classe Textural.



**Figura 6.** Perfis de Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico (A) e de Argissolo Amarelo endoeutrófico abruptico (B), abertos e descritos em áreas de mata nativa nas proximidades das áreas experimentais, nos municípios de Itapororoca e Sapé, respectivamente.