

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
PROGRAMA PÓS – GRADUAÇÃO MESTRADO EM AGROECOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

SIMONE CAMPOS MARTINS FREITAS

**FOSFATO ALUMINOSO DA ILHA DE TRAUÍRA COMO FONTE ALTERNATIVA DE  
FOSFATO PARA A AGRICULTURA FAMILIAR DO MARANHÃO**

São Luis – Maranhão  
Junho de 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FOSFATO ALUMINOSO DA ILHA DE TRAUÍRA COMO FONTE ALTERNATIVA DE  
FOSFATO PARA A AGRICULTURA FAMILIAR DO MARANHÃO

**SIMONE CAMPOS MARTINS FREITAS**  
Médica Veterinária

Orientador: Prof. Dr. Altamiro Souza de Lima Ferraz Junior

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em  
Agroecologia da Universidade Estadual do  
Maranhão para a obtenção do título de Mestre em  
Agroecologia

São Luis – Maranhão - Brasil  
Junho de 2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
PROGRAMA PÓS – GRADUAÇÃO MESTRADO EM AGROECOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

SIMONE CAMPOS MARTINS FREITAS

**FOSFATO ALUMINOSO DA ILHA DE TRAUÍRA COMO FONTE ALTERNATIVA DE  
FOSFATO PARA A AGRICULTURA FAMILIAR DO MARANHÃO**

Dissertação defendida e aprovada em: 16/06/2009

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Altamiro Souza de Lima Ferraz Junior  
Presidente

---

Prof. Dr. Christoph Gehring  
Titular

---

Prof. Dr. José Geraldo Donizetti dos Santos  
Titular

**Dedico,**

Aos meus pais Clício e Rosa  
Minhas filhas Sarah e Beatriz  
Minha irmã Ana Rita e Tia Lêda  
que me fortaleceram na Fé para  
realização desse curso

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Altamiro Souza de Lima Ferraz Junior que não hesitou em me dar um voto de confiança.

Ao Prof. Dr. Manlio Silvestre Fernandes da Universidade Federal Rural do Rio Janeiro, que me incentivou dar continuidade à pesquisa da qual havia participado sobre rochas regionais.

A coordenação e equipe de professores que sempre contribuem para nosso aprendizado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa pela bolsa concedida ao Mestrado.

Ao Prof. Dr. Rômulo Angélica da Universidade Federal do Pará que analisou as amostras identificando os minerais principais.

A equipe dos serviços gerais que esteve sempre presente nas horas de trabalho e desabafo.

Aos técnicos José, Josael e João que estavam sempre dispostos a facilitar os trabalhos desde a recepção até análises de todas as amostras.

Ao Senhor Penha que facilitou a viagem mais importante dessa pesquisa, transportando-nos com segurança.

Aos colaboradores colegas e moradores de Cândido Mendes, que me acompanharam e ajudaram na expedição à Ilha de Trauíra para coleta das amostras.

Aos colegas que trouxeram em sua bagagem a diversidade de cultura e conhecimento dos locais que tiveram suas formações profissionais, especialmente Ana Carolina, Ivaneide, Javier, Luiz, Renato e Rafaela, além do apoio moral em horas confusas.

A Camila e Gabriela, que serão sempre a minha referência de boas vindas à Ilha de São Luis.

A Marinilde, secretária do Mestrado que na sua postura impecável, me lembrou através de suas atitudes a importância da indulgência, condescendência, paciência e Fé.

O Ricardo que surgiu em minha vida no final desse curso, incentivando-me diariamente e amenizando a dor da solidão temporária para, enfim, concluir com determinação mais uma etapa de minha vida e começar uma nova.

“A quem sirvo com a minha ciência?”  
Paulo Freire

**Fosfato aluminoso da Ilha de Trauíra como fonte alternativa de fosfato para agricultura familiar do Maranhão**

**Autora: Simone Campos Martins Freitas**

**Orientador: Altamiro Souza de Lima Ferraz Júnior**

**RESUMO**

Este trabalho teve por objetivo demonstrar o potencial do fosfato aluminoso de uma reserva localizada no noroeste do Maranhão. Determinou-se a concentração de  $P_2O_5$  através de análises de solubilidade e testou seu potencial como fonte de fósforo para a cultura do milho. Foram utilizadas quatro fontes de fosfato (fosfato aluminoso calcinado da Ilha de Trauíra, fosfato aluminoso não calcinado da Ilha de Trauíra, fosfato de cálcio – Arad e superfosfato simples) em um ensaio bi fatorial 4 x 6 com 3 repetições em vasos com capacidade de dois litros. Apesar de não apresentar diferenças significativas entre as interações dose x tratamento, o estudo comparativo das fontes demonstrou o potencial do fosfato aluminoso calcinado da Ilha de Trauíra com fonte alternativa para agricultura familiar do Maranhão.

**Palavras – chave:** calcinação, fósforo, eficiência agronômica, jazidas fosfáticas

**Aluminous phosphate of the island of Trauíra as an alternative source phosphate  
for farming of Maranhão.**

**Autora: Simone Campos Martins Freitas**

**Orientador: Altamiro Souza de Lima Ferraz Júnior**

**ABSTRACT**

This work had the purpose to prove the aluminous phosphate potential island Trauíra, from northwest of Maranhão – Brazil. The concentration  $P_2O_5$  decided through analysis solubility and to makes one's will the potential source phosphorus for the corn crop. Four sources of phosphate employed (phosphate aluminous calcined, phosphate aluminous not calcined the Island of Trauíra, calcium phosphate - Arad and simple superphosphate) in bifactorial test 4 x 6 with 3 replicates in pots with capacity two liters. Although to not be significant differences between dosis x tratament the comparative research the sources proved the potential of phosphate aluminous calcined the Island of Trauíra as an alternative source for farming of Maranhão.

**Key Words:** calcined, phosphorus, agronomic efficiency, rocks phosphate

## LISTA FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1 Estrutura octaédrica do fosfato aluminoso crandalítico.....	5
2 Amostra não calcinada do horizonte transicional caulínítico.....	14
3 Amostra calcinada do horizonte transicional caulínítico.....	15
4 Produção de matéria seca da parte aérea em função das doses de fosfato calcinado (A), não calcinado (B), arad (C), supersimples (D).....	17
5 Tratamento calcinado em doses crescentes de mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 2 l solo (0, 100, 200, 300, 400, 500) com 15 dias após germinação.....	18
6 Tratamento calcinado em doses crescentes de mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 2 l solo (0, 100, 200, 300, 400, 500) com 30 dias após germinação.....	18
7 P disponível no solo após colheita do milho com 30 dias cultivado com diferentes fontes e doses de fosfato calcinado (A), não calcinado (B), arad (C), supersimples (D).....	19

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
1 Análise química do solo utilizado como substrato. São Luis (MA), 2008.....	10
2 Nutrientes, concentrações requeridas, fontes e quantidades das mesmas, utilizadas para adubação básica do solo. São Luis (MA), 2008.....	11
3 Teor de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % de duas amostras não calcinadas (NC1; NC2) e calcinadas (C1; C2) da Ilha de Trauíra, para P total, P solúvel em citrato neutro de amônio (CNA) e P solúvel em água (sol. água) São Luis (MA), 2008.....	12
4 Análise química do solo após colheita do milho. São Luis (MA), 2008.....	20
5 P disponível no solo (mg dm <sup>-3</sup> ) após colheita do milho com diferentes fontes e doses de fósforo. São Luis (MA), 2008 .....	21
6 Interação dose x tratamento P parte aérea do milho (g Kg <sup>-1</sup> ). São Luis (MA), 2008....	21
7 Valores médios de NPK da parte aérea nos tratamentos com diversas fontes fosfatadas (g Kg <sup>-1</sup> ). São Luis (MA), 2008.....	22

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
2.1 Importância do fosfato para a agricultura.....	2
2.2 Reservas de fosfato.....	2
2.3 Fosfatos aluminosos – Caracterização.....	4
2.4 Fatores limitantes para agricultura familiar no Maranhão.....	5
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	8
3.1 Coleta e identificação do material.....	8
3.2 Identificação da composição química.....	9
3.3 Eficiência agronômica.....	10
3.4 Análises estatísticas.....	11
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	12
4.1 Teores de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> no fosfato aluminoso.....	12
4.2 Composição mineralógica do material.....	13
4.3 Eficiência agronômica.....	15
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	23
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	24

## 1 INTRODUÇÃO

A baixa fertilidade dos solos tropicais é um dos fatores limitantes para a produção de alimentos. Entre os elementos essenciais para as plantas o fósforo é encontrado geralmente nos solos brasileiros em formas pouco solúveis ou indisponíveis para as plantas.

Essa realidade gera uma dependência do uso de adubos fosfatados capazes de garantir a boa produtividade das culturas. Fosfatos comerciais solúveis encontram-se disponíveis no mercado, porém na sua grande maioria são importados, já que as maiores reservas de fosfato encontram-se distribuídas de forma concentrada e apenas três países detém 75% delas.

As reservas brasileiras de fosfato são em sua grande maioria de baixa solubilidade, apesar de apresentarem um conteúdo  $P_2O_5$  entre 24 e 30% os materiais extraídos necessitam passar por técnicas para promover a disponibilização do fosfato, o que eleva os custos de produção e conseqüentemente provoca um aumento considerável no valor do produto final.

No Estado do Maranhão as reservas de fosfato pertencem ao contexto geológico dos fosfatos aluminosos e encontram-se distribuídas em seis sítios localizados no noroeste do Estado, sendo a Ilha de Trauíra por muito tempo considerada a grande reserva de fosfato aluminoso brasileira (REZENDE, 2001). A necessidade de utilizar técnicas que favoreçam a solubilização dessa fonte não exige altos custos, pelo fato da técnica se resumir a calcinação do produto moído a temperaturas médias de 500 °C por tempo não superior a duas horas (CÂMARA, 1984).

Diante da situação global atual onde a busca pela sustentabilidade é condição fundamental para minimizar impactos sócio econômicos ambientais, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o potencial do fosfato aluminoso da Ilha de Trauíra, como fonte alternativa de fosfato para agricultura familiar.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Importância do fosfato para a agricultura**

O fósforo é considerado um macronutriente limitante para produção de culturas e apesar de ser exigido em pequenas quantidades pelas plantas, esse elemento reage com componentes do solo, tornando-o menos disponível. A maior parte dos solos brasileiros apresenta pouca disponibilidade de fósforo (P) e fatores que favorecem a sua adsorção comprometem as produções agrícolas comerciais. (BENEDITO, 2007). A complexa dinâmica do P no solo compromete a absorção desse nutriente pelas raízes das plantas em função dos fatores de intensidade (P solução), quantidade (P lábil) e capacidade (capacidade tampão) do P no sistema solo. As inter – relações entre estes fatores é que determinarão o quanto de P estará disponível para a planta (NOVAIS & SMYTH, 1999).

No sistema solo, o P sofre adsorção seja pela presença dos minerais argila, por processos minerais secundários (formação de precipitados com o Alumínio e Ferro) e ou pela imobilização dos organismos (OLVEIRA JUNIOR, 2007).

A adubação fosfatada, através de adubos de alta solubilidade, é a forma mais utilizada para garantir a produtividade das culturas agrícolas. Ao considerar as projeções para o mercado mundial de grãos, que deverá passar de 139,7 milhões de toneladas, em 2007/2008, para 180 milhões em 2018/2019 com crescimento de 28,7% (BRASIL, 2008) e o custo desse insumo, que é alto em função da maior parte adquirida ser feita através de importações, é necessário buscar fontes alternativas de fosfato, capazes de garantir uma boa produtividade com redução de custos.

### **2.2 Reservas de fosfato**

O fósforo em particular, encontra-se em compostos, em sua forma orgânica (P-org) e inorgânica (Pi), representada principalmente pela sua fração fosfato ( $PO_4$ ) (CASSINI, 2005).

Esses compostos estão em rochas, minerais e plantas sendo que sua forma livre só é encontrada em raros meteoritos. É o décimo segundo elemento em abundância na crosta terrestre (0,1%), na forma de minerais fosfatados, como a apatita, wavelita e vivianita. A principal fonte de interesse comercial é a fosforita, ou rocha fosfatada, que nada mais é do que uma massa impura de apatita contendo carbonatos.

A média de  $P_2O_5$  encontrado em rochas ígneas, sedimentares e metamórficas é menor que 0,5%, porém depósitos de origem sedimentar possuem concentrações que excedem 20% e depósitos de origem ígnea podem associar-se a complexos alcalinos e formar grandes reservas de apatita (RAO & WALSH, 1997).

A distribuição de reservas de fosfato no mundo explica em parte o alto custo do insumo. Três países detêm 75% do total, sendo que 42,3% encontram-se no Marrocos que possui **21.000 bilhões** de toneladas. A China, segundo lugar, possui 26% e os Estados Unidos, 7%. O Brasil conta com reservas de 319 milhões de toneladas, que estão localizadas principalmente em Minas Gerais (67%), Goiás (14%) e São Paulo (6%) (SOUZA & CARDOSO, 2008).

As reservas brasileiras apresentam um conteúdo de  $P_2O_5$  que varia de 24 a 30 %, porém a solubilidade é baixa e para suprir as necessidades da agricultura brasileira, a importação de fertilizantes solúveis em água, rochas fosfóricas reativas ou tratamento de rochas fosfóricas locais a altas temperaturas é a solução mais imediata (ZAPATA; ROY, 2007).

No Maranhão, encontram-se seis reservas de fosfato aluminoso: Pirocaua, Trauíra, Pedra Grande, Tromai, Tralhoto e Jacaré, todas na região noroeste do Estado (REZENDE, 2001). De acordo com Braun (1983), as jazidas fosfáticas de Trauíra e Pirocaua somam cerca de 19 milhões de toneladas de  $P_2O_5$ .

O Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (2001) refere que os depósitos de reserva de fosfato da Ilha de Trauíra é em torno de 11.686.000 toneladas de minério, com teor de  $P_2O_5$  alcançando 21,3% a 33,2%. A reserva de Pirocaua mede em torno de 10.000.000 toneladas de minério de bauxita fosforosa, com teor médio de 11,8% de  $P_2O_5$ , equivalente a 1,2 milhão de toneladas de  $P_2O_5$ .

O condicionamento geológico das reservas de Trauíra e Pirocaua, de acordo com Oliveira e Costa (1984), é referente às concentrações formadas por processos supergênicos de enriquecimento, pelo intemperismo de diferentes tipos de rocha (básicas, metabásicas, metaultrabásicas, filitos e xistos variegados, além de

sedimentos areno-argiloso) que já continham um teor elevado de fósforo. Esse ambiente geotectônico metassedimentar é classificado como complexo cristalino indiviso.

O perfil das reservas em questão é similar a um perfil laterítico, sendo este sempre composto por quatro horizontes: 1- rocha parental, 2a - horizonte transicional, geralmente smectita, 2b - horizonte caulinítico, 3- horizonte de bauxita e 4- crosta ferruginosa. A única diferença é que o horizonte de bauxita é substituído por um horizonte de fosfato aluminoso (SCHWAB, 2000).

### 2.3 Fosfatos aluminosos – Caracterização

Os minerais dos fosfatos aluminosos têm forma geral simplificada:  $X Al_3 (PO_4) (PO_3OH) (OH)_6$ , onde X é o cátion predominante e propiciam a formação de minerais fosfáticos como, wavellita, augelita, variscita, milisita, wardita, strengita, crandalita. A formação desses fosfatos aluminosos puros depende apenas da concentração do fosfato na rocha mãe.

A presença desse cátion predominante também diferencia a nomenclatura dos fosfatos aluminosos que podem ser denominados de crandalita, se tiverem o cátion Ca, goyazita - Sr, plumbogummita – Pb, goceirxita – Ba, Florencita – ETR. No caso dos fosfatos aluminosos crandalíticos não são necessárias elevadas concentrações de CaO e fosfato na rocha mãe. A formação é induzida por certos cátions (presentes na rocha mãe), como  $Sr_2^+$  ( $Ba_2^+$ ,  $Pb_2^+$ ) ou  $REE_3^+$  (principalmente,  $La_3^+$ ,  $Ce_3^+$  e  $Nd_3^+$ ). Em muitos casos o  $Sr_2^+$  é o íon presente. Concentrações em torno de  $900 \times 10^{-6}$  Sr na rocha parental como diorita são suficientes. Especificamente na Ilha de Trauíra a composição química dos fosfatos aluminosos são predominantemente crandalita – goyazita:  $Sr Al_3 (PO_4) (PO_3OH) (OH)_6$  (SCHWAB, 2000).

Do ponto de vista mineralógico os fosfatos aluminosos e sulfatos de alunita fazem parte de um supergrupo denominado de *APS minerals* que ocorrem em grande quantidade em ambientes de origem ígnea, sedimentar ou metamórfica. Os

*APS minerals* possuem mais de 40 espécies de minerais justificando assim a diversidade de nomenclatura.

As conhecidas crandalitas estão organizadas em estruturas octaédricas de alumínio e cada uma delas compartilha quatro ângulos com outro octaedro. Dessa forma extensos anéis hexagonais e pequenos trígonos são formados perpendicular ou c-axial. Os cátions metálicos estão localizados em grandes cavidades formadas pelos anéis hexagonais com seis grupos de OH (Figura 1) (DILL, 1993).

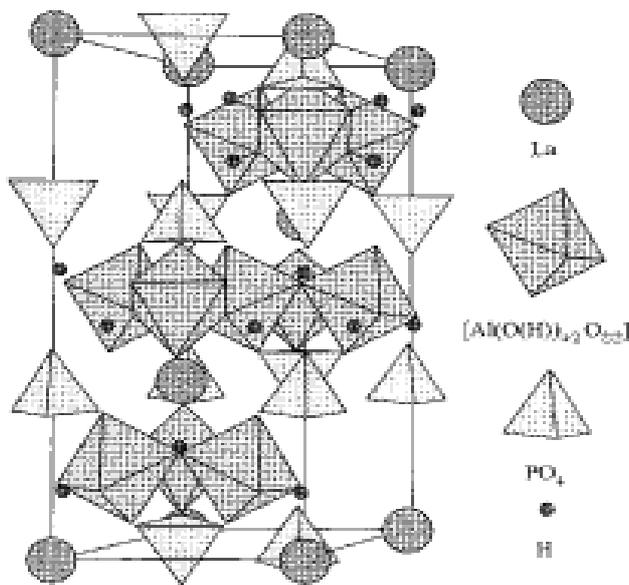


FIGURA 1: Estrutura octaédrica do fosfato aluminoso crandalítico (SCHAWB, 2000).

## 2.4 Fatores limitantes para agricultura familiar no Maranhão

No Maranhão, onde mais da metade da população sobrevive da agricultura, a fome e a pobreza ainda assola boa parte das famílias rurais, principalmente por falta de alternativas tecnológicas que lhes permitam substituir o sistema de agricultura itinerante que utiliza a cinza derivada da queima da vegetação como fertilizante (MOURA, 2006). Outra peculiaridade do Maranhão é o grande número de assentamentos rurais, que totalizam mais de 700 estabelecimentos, ficando em segundo lugar em relação aos outros estados da Federação.

No estado do Maranhão a maior parte dos solos são oriundos de arenito das formações Barreiras e Itapecuru, o que lhes confere estrutura frágil e baixa disponibilidade de nutrientes (PRADO; FERNANDES, 2001).

O sistema de cultivo utilizado, o corte e queima, não repõe os nutrientes retirados do solo pós-colheita, sendo um dos fatores limitantes para uma agricultura sustentável. Em busca de alternativas para reverter à situação de baixa fertilidade desses solos, fontes de minerais presentes em rochas regionais são consideradas chaves para a solução dos problemas de sustentabilidade da agricultura familiar.

A calcinação é uma tecnologia simples que pode ser aplicada a fosfatos aluminosos, demonstrando bom desempenho quando comparados a fosfatos naturais solúveis (CÂMARA, 1984). Essa técnica de solubilização do fosfato pode ser realizada de forma artesanal com uso de fornos rudimentares, utilizando como fonte energética a casca do babaçu. De acordo com Braun (1983), sob o ponto de vista técnico essa estratégia atenderia a demanda local.

Gilkes e Palmer (1979), trabalhando com fosfatos aluminosos das Ilhas Cristhmas, utilizaram calcinação para testar a solubilidade do material. Eles constataram que temperaturas entre 450 e 600° C promoviam a desestruturação dos minerais resultando em um material amorfo e temperaturas acima de 650° C recristalizavam o material formando minerais diferentes.

Palmer e Gilkes (1983) realizaram um estudo com um fosfato aluminoso calcinado a 500° C utilizando plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) e verificaram que o fosfato calcinado teve a capacidade de promover o mesmo rendimento máximo das plantas obtido com superfosfato.

Câmara et al. (1984) testaram fosfatos aluminosos calcinados de uma reserva de Pirocaua no Maranhão e observaram que a calcinação a 600° C aumenta o teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total de 31,3% no material original para 35,7 % e a produção de matéria seca de plantas de milho submetidas ao produto calcinado apresenta incremento positivo de 42% em relação ao tratamento controle.

Francisco (2006) testou amostras calcinadas de fosfatos aluminosos de três reservas brasileiras: Tapira, Catalão e Juquiá em culturas de arroz de sequeiro e inundado e observou um aumento na produção de matéria seca da parte aérea e quantidade de fósforo acumulado com o aumento das quantidades de fósforo adicionadas.

Diante dessa realidade, as reservas de fosfatos aluminosos do Maranhão possivelmente são fontes alternativas de fosfato, quando aplicada a tecnologia de calcinação e são potencialmente viáveis para mitigar as limitações da agricultura familiar.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O material mineral utilizado no experimento foi coletado na Ilha de Trauíra, noroeste do Estado do Maranhão, localizada à 01°16'36,9" S e 045°37'00.00" W município de Cândido Mendes de acordo com o conhecimento já estabelecido por diversas expedições ali realizadas por pesquisadores das mais diversas áreas, incluindo Câmara et al. (1984).

Foram coletados três materiais para posterior determinação da concentração de  $P_2O_5$  provenientes do horizonte de fosfato aluminoso, e do horizonte transicional. A grande quantidade de ferro no horizonte de fosfato aluminoso após filtragem inviabilizou uma leitura confiável pelo espectrofotômetro, sendo descartada a amostra.

#### 3.1 Coleta e identificação do material

Para seleção das amostras coletadas, foram realizadas moagem e peneiramento em malha de 120 mesh, a fim de melhorar o grau de solubilização da rocha (ZAPATA, 2007) e posterior análise do Fósforo total ( $\%P_2O_5$ ), Fósforo solúvel em água, e Fósforo solúvel em citrato neutro de amônio em amostras calcinadas a 500 ° C por duas horas em forno mufla.

Amostras não calcinadas também foram analisadas para as mesmas determinações de acordo com a metodologia oficial para avaliação analítica de fertilizantes minerais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O método utilizado foi o espectrofotométrico do ácido molibdovanadofosfórico. Para P total ( $\%P_2O_5$ ), fundamenta-se no ataque químico fortemente ácido e a quente da amostra, visando extrair todo o seu conteúdo de fósforo. Em seguida procede-se à formação de um complexo colorido entre o fosfato e os reagentes vanadato e molibdato de amônio, de cor amarela, cuja absorbância é medida a 400 nm.

Para o fósforo solúvel em água fundamenta-se na extração com água do fósforo presente na amostra. Em seguida procede-se a formação de um complexo

colorido entre o fosfato e os reagentes vanadato e molibdato de amônio, de cor amarela, cuja absorvância é medida a 400 nm.

Para o P solúvel em citrato neutro de amônio a extração do fósforo da amostra é feita em água e solução neutra de citrato de amônio, formação de complexo colorido entre o fosfato, vanadato e molibdato de amônio, de cor amarela, cuja absorvância é medida a 400 nm.

O cálculo da porcentagem de  $P_2O_5$  na amostra foi feito por meio da seguinte expressão, para as análises P total ( $\%P_2O_5$ ), P solúvel em água, P solúvel em citrato neutro de amônio:

$$\% P_2O_5 = 1,25.C/AG , \text{ onde :}$$

C = concentração em  $mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$  na solução de leitura.

A = volume em ml, da alíquota analisada

G = massa inicial da amostra em grama

Com base nas análises de concentração de  $P_2O_5$  em amostras calcinadas e não calcinadas foi selecionada a amostra do horizonte transicional caulínítico.

As amostras que apresentaram maiores concentrações de  $P_2O_5$  tiveram sua composição química avaliada para determinar a sua possibilidade de aplicação direta, principalmente para fins de comparação nos experimentos de eficiência agronômica.

### 3.2 Identificação da composição química

Foi utilizado um Difratômetro de raios-x modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), da PANalytical, com Goniômetro PW3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de raios-x cerâmico de anodo de Co ( $K_1$  1, 78901 Å), modelo PW3373/00, foco fino longo, 2200 w, 60kv. O detector utilizado é do tipo RTMS, X'Celerator.

A aquisição de dados foi feita com o software X'Pert Data Collector, versão 2.1a, e o tratamento dos dados com o software X'Pert HighScore versão 2.1b, também da PANalytical, no laboratório de Raios-X do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará. Foram utilizadas as seguintes condições de análise: *Voltage* (kV): 40; *Current* (mA): 35; *Scan range* ( $^\circ$  2): 5-70; *Step size* ( $^\circ$  2): 0,02; *Scan mode*: Continuous; *Counting time* (s): 5; *Divergence slit*: Slit Fixed  $1/2^\circ$ ; *Mask Fixed*

10 mm; *Anti-scatter slit Name: Slit Fixed 1°; Sample movement type: Spinning; Rotation time (s): 1,0*

A amostra foi pulverizada em granulometria compatível e montada em porta-amostra específico para a análise.

### 3.3 Eficiência agronômica

Também foi conduzido um experimento em casa de vegetação no campus da Universidade Estadual do Maranhão, localizado a 2° 30' Latitude Sul e 44° 18' Longitude a Oeste do meridiano de Greenwich, clima tropical úmido, temperatura média de 35°C durante a estação seca. O delineamento experimental inteiramente casualizado, em um bifatorial 4x6, envolvendo os seguintes tratamentos: quatro adubos fosfatados: fosfato aluminoso calcinado (P calcinado); fosfato aluminoso não calcinado (P não calcinado), fosfato ARAD (P arad), e superfosfato simples aplicados nas seguintes dosagens: 0, 100, 200, 300, 400 e 500 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total em 2kg de TFSA.

O substrato utilizado foi TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) proveniente dos primeiros 20 cm de um ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, com as seguintes características químicas (Tabela 1).

Tabela 1: Análise química do solo utilizado como substrato. São Luis (MA), 2008.

M.O	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	Na
g Kg <sup>-1</sup>	(0,01M)	mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
7	4,6	1	2,2	2	2	22	4	4,5

Análise química de acordo com metodologia do Instituto Agronômico de Campinas  
M.O. = Matéria Orgânica

Aplicou-se 1,2 g de calcário dolomítico (PRNT 45%) para elevar a saturação por bases a 70%. A adubação com nutrientes foi adaptada segundo Novais (1991), de forma a excluir o fósforo (Tabela 2).

Tabela 2: Nutrientes, concentrações requeridas, fontes e quantidades das mesmas, utilizadas para adubação básica do solo. São Luis (MA), 2008.

Nutriente	Concentração (mg nutriente Kg solo)	Fonte <sup>1</sup>	Quantidade fonte litro <sup>2</sup>
N	100	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14,13 g
K	150	KCl	10,39 g
S	40	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	-
B	0,81	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	139 mg
Cu	1,33	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	185 mg
Fe	1,55	FeCl <sub>3</sub> .6 H <sub>2</sub> O	225,1 mg
Mn	3,66	MnCl <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O	395,5 mg
Mo	0,15	NaMoO <sub>4</sub> .2 H <sub>2</sub> O	10,3 mg
Zn	4,00	ZnSO <sub>4</sub> .7 H <sub>2</sub> O	527,9 mg

<sup>1</sup> reagente p.a.

<sup>2</sup> aplicação 100ml para cada subamostra de 3 Kg de solo

Sementes do milho híbrido AG 1051, foram germinadas e oito dias após a germinação procedeu-se o desbaste deixando duas plantas por vaso. As plantas foram colhidas 30 dias após a semeadura e foi determinada a produção de matéria fresca e seca e analisados os teores de N total, P, K pelo método descrito em Tedesco et al. (1995), nas raízes e na parte aérea. As análises químicas do substrato foram às seguintes: pH em CaCl<sub>2</sub>, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, H+Al, segundo metodologia do Instituto Agrônomo de Campinas (2001).

### 3.4 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram analisados através do programa SAEG 8.0. Dados fora da normalidade foram transformados em log e posteriormente submetidos à análise de variância (ANOVA). Foi aplicado o teste DMS ao nível de 5% para analisar os dados fatorial.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teores de $P_2O_5$ no fosfato aluminoso

Os resultados das análises de P total, P solúvel em água e P solúvel em citrato neutro de amônio, estão apresentados na tabela 3. As amostras do horizonte transicional superior foram identificadas como amostra 1 e a do horizonte transicional inferior como amostra 2.

O teor de  $P_2O_5$  % encontrado nas amostras não calcinadas e calcinadas pertencentes ao horizonte transicional superior e inferior da Ilha de Trauíra estão de acordo com as avaliações de Oliveira e Costa (1984), que demonstraram o efeito da calcinação com o aumento significativo da solubilidade dos fosfatos aluminosos (Tabela 3).

Os valores encontrados são similares aos de Câmara et al. (1984), que observaram em amostras de Pirocaua, pertencente ao mesmo condicionamento geológico de Trauíra, um aumento de 31,3% de  $P_2O_5$  para 35,7% após calcinação a 600 graus Celsius.

Tabela 3: Teor de  $P_2O_5$  % de duas amostras não calcinadas (NC1; NC2) e calcinadas (C1; C2) da Ilha de Trauíra, para P total, P solúvel em citrato neutro de amônio (CNA) e P solúvel em água (sol. água). São Luis (MA), 2008.

ANÁLISE $P_2O_5$ %	AMOSTRA 1		AMOSTRA 2	
	NC1	C1	NC2	C2
P TOTAL	17,85	30,5	31,12	38,37
CNA	4	25	7,25	37,94
ÁGUA	0,02	0,05	0,06	0,15

NC1 amostra não calcinada do horizonte superior    C1 amostra calcinada do horizonte superior  
 NC2 amostra não calcinada do horizonte inferior    C2 amostra calcinada do horizonte inferior

## 4.2 Composição mineralógica do material

Através da análise difratométrica foram identificados os minerais na amostra não calcinada e calcinada referente ao horizonte inferior da Ilha de Trauíra que apresentou o maior teor de  $P_2O_5$  % (Figuras 2 e 3). A amostra não calcinada é constituída de dois minerais principais: Millisita,  $(Na, K) CaAl_6 (PO_4)_4 (OH)_9 \cdot 3H_2O$ ; e Wardita,  $NaAl_3 (PO_4)_2 (OH)_4 \cdot 2H_2O$ ; ambos são fosfatos aluminosos característicos das regiões NE do Pará e NW do Maranhão. A amostra calcinada avaliada apresentou padrão difratométrico característico de uma substância amorfa (ausência de estrutura cristalina), provavelmente o aquecimento provocou a destruição da estrutura cristalina da Milisita e da Wardita. Os demais picos observados podem ser atribuídos à presença do mineral Anatásio ( $TiO_2$ ), que é comumente associado a esses minerais e não foi detectado talvez por se encontrar em pequenas proporções e ter sido mascarado ou superimposto pelos picos dos dois minerais anteriormente descritos.

A identificação dos minerais permite descartar a presença de metais pesados, com o Estrôncio, comum em fosfatos aluminosos da série crandalita, também muito comum de ser encontrado nas reservas de fosfatos aluminosos do Maranhão e Pará.

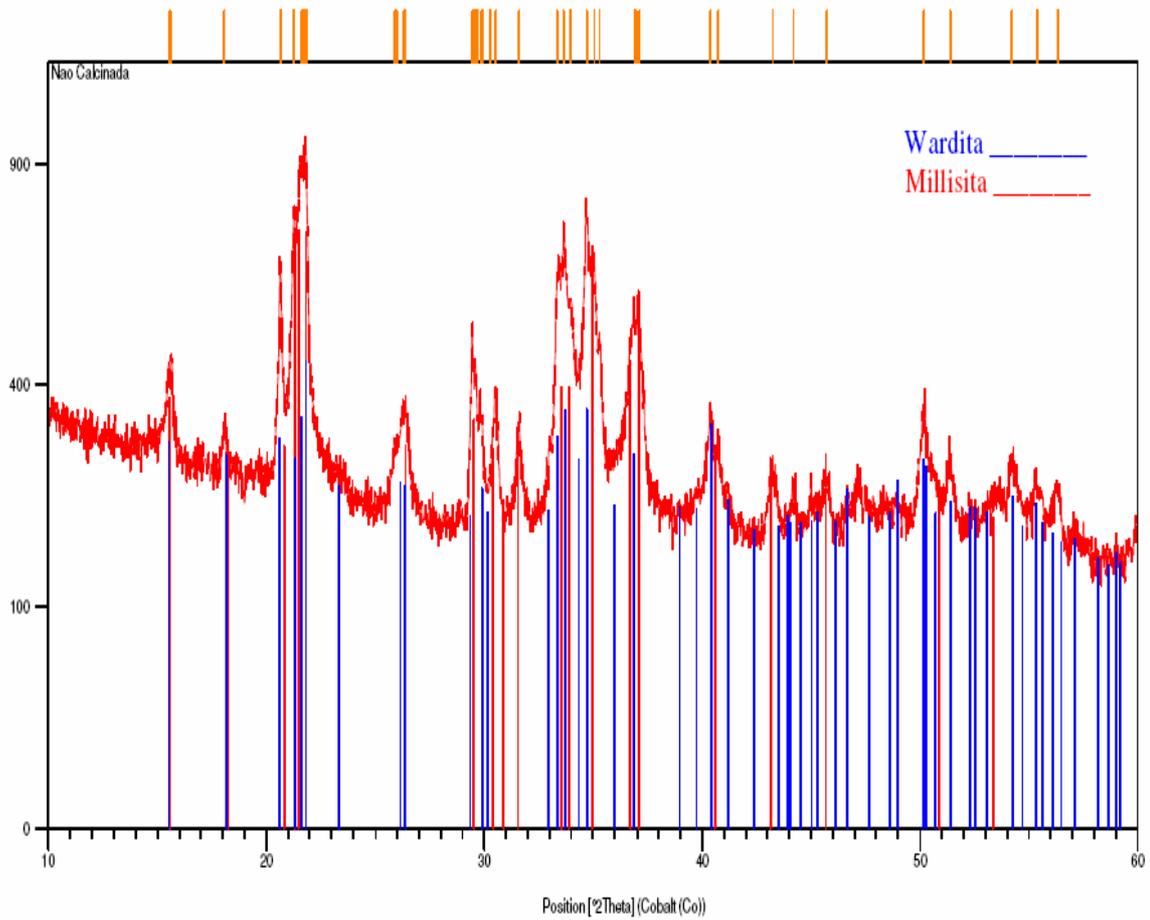


Figura 2: Amostra não calcinada do horizonte transicional caulínico (Trauíra inferior), Ilha de Trauíra, Cândido Mendes (MA), 2008. Leitura do eixo x em nm.

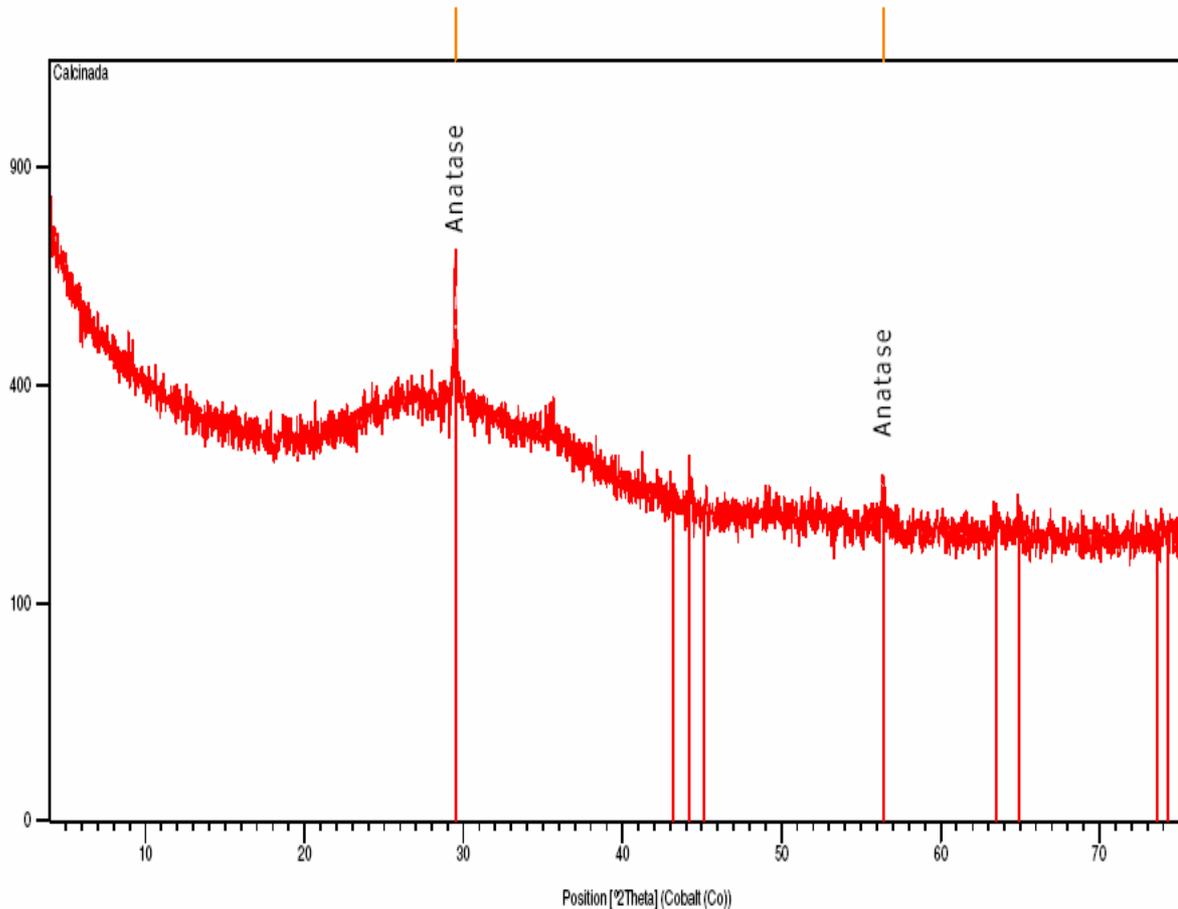


Figura 3: Amostra calcinada do horizonte transicional caulínítico (Trauíra inferior), Ilha de Trauíra, Cândido Mendes (MA), 2008. Leitura do eixo x em nm

### 4.3 Eficiência agronômica

Não houve significância na interação dose x tratamento para produção de matéria seca da parte aérea, porém os dados foram analisados separadamente na Figura 4 e observaram-se respostas distintas para cada tratamento. Os tratamentos com supersimples e fosfato aluminoso calcinado apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea para doses não superiores a 200 mg de  $P_2O_5$  / 2 litros de solo no tratamento supersimples e 300 mg de  $P_2O_5$  / 2 litros de solo para o fosfato aluminoso calcinado. Este resultado está de acordo com o de Moreira et al. (2007) quando observaram resposta similar de um termofosfato e um fosfato acidulado na produção da alfafa. Harger (2007), avaliando diferentes fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho, também observou a superioridade do

fosfato acidulado para produção de matéria seca. Atribui-se essa superioridade a uma melhor nutrição da planta em função da alta solubilidade dessa fonte fosfatada.

Deve-se ressaltar a importância da técnica de calcinação do fosfato aluminoso, que proporcionou um aumento na produção de matéria seca quando comparado com o fosfato aluminoso *in natura*. Câmara et al. (1984) observaram o efeito da calcinação no fosfato aluminoso de Pirocaua utilizando temperaturas de 400, 600, 800 °C por uma hora e obteve maior produção de matéria seca no milho em relação à testemunha. Amostras de fosfato aluminoso de Tapira, Catalão e Juquiá também foram calcinadas por 2 horas em temperatura de 500 °C, por Francisco (2006), comprovando o aumento de produção da matéria seca no arroz de sequeiro e inundado.

O milho cultivado com fosfato aluminoso calcinado apresentou maior produção de matéria seca da parte aérea quando comparado ao uso do fosfato arad. Esse comportamento do Arad, devido a sua solubilidade distinta, foi avaliado por Resende (2006) ao comparar a sua eficiência com fosfato acidulado, termofosfato e fosfato de rocha, onde as maiores produções foram observadas inicialmente nas fontes mais solúveis (termofosfato e fosfato acidulado).

A figura 4 demonstra que o ótimo do fosfato supersimples é alcançado na dose de 200 mg de  $P_2O_5$  para produção de matéria seca, enquanto que os outros tratamentos não conseguem alcançar esse ótimo do supersimples mesmo aumentando as doses até 500mg.

O fosfato supersimples demonstra 100% de superioridade na produção de matéria seca da parte aérea quando comparado na dose de 200 mg de  $P_2O_5$  ao fosfato aluminoso calcinado, enquanto este demonstra ser superior ao arad em torno de 70% para mesma dose.

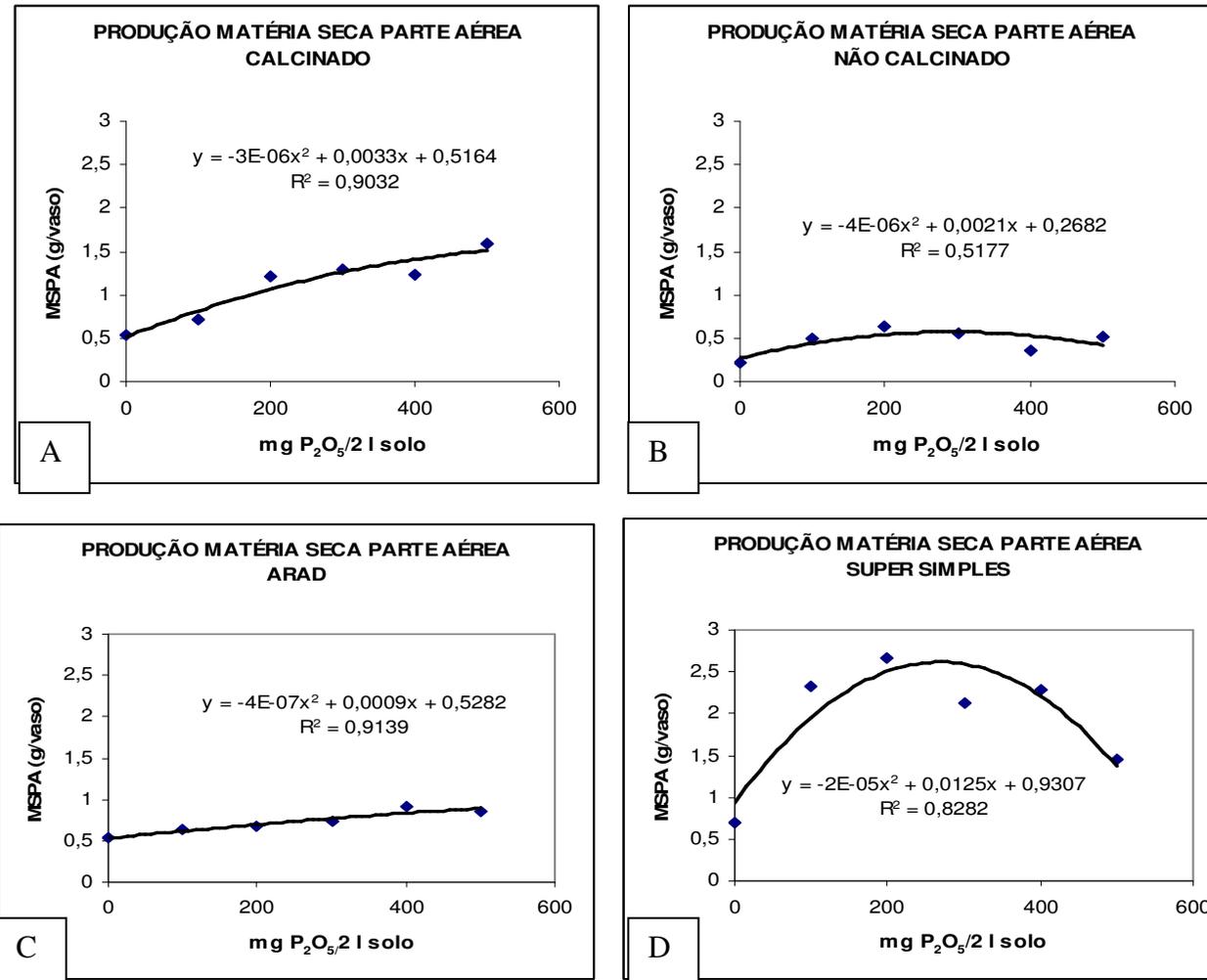


Figura 4: Produção de matéria seca da parte aérea em função das doses de fosfato calcinado (A), não calcinado (B), arad (C), supersimples (D). São Luis (MA), 2008.



Figura 5. Tratamento calcinado em doses crescentes de  $\text{mg P}_2\text{O}_5/2\text{ L solo}$  (0, 100, 200, 300, 400, 500) com 15 dias após germinação.



Figura 6. Tratamento calcinado em doses crescentes de  $\text{mg P}_2\text{O}_5/2\text{ L solo}$  (0, 100, 200, 300, 400, 500) com 30 dias após germinação.

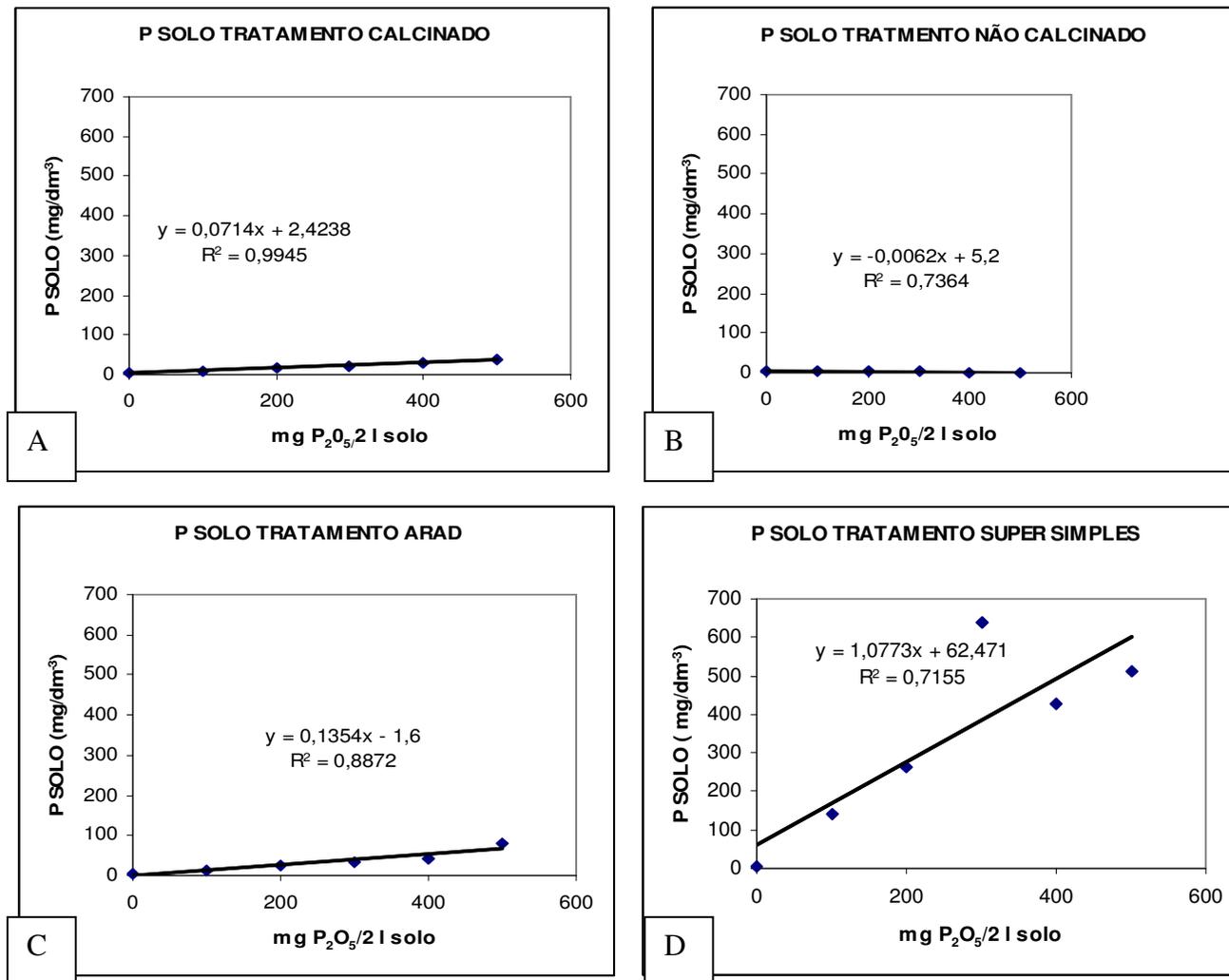


Figura 7. P disponível no solo após colheita do milho com 30 dias, cultivado com diferentes fontes e doses de fosfato calcinado (A), não calcinado (B), arad (C), supersimples (D). São Luis (MA), 2008.

Tabela 4. Análise Química do solo após colheita do milho. São Luis (MA), 2008.

FONTES	pH (CaCl <sub>2</sub> ) (0,01M)	P mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	Ca _____Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> _____	H+Al	Mg
1	4,8 D	20,3 B	3,4 B	13,3 B	22 C	9,5 B
2	5,5 C	3,6 C	4,1 A	13,2 B	22 BC	9,1 B
3	7,5 A	32,3 B	3,8 A	14,7 B	22,8 B	8,4 C
4	6,7 B	381,8 A	3,3 B	57,6 A	36,8 A	8,9 C

Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Teste T a 5% probabilidade  
 Fonte 1: fosfato aluminoso calcinado; Fonte 2: fosfato aluminoso não calcinado; Fonte 3: fosfato arad; Fonte 4: fosfato supersimples

O P disponível no solo foi elevado em todos os tratamentos, exceto no fosfato aluminoso não calcinado (Tabela 5 e Figura 7), de acordo com o aumento das doses. Foloni et al. (2008) observaram utilizando fosfato natural o mesmo resultado crescente de P disponível no solo cultivado com milho. O resultado decrescente dos teores disponíveis de P no tratamento com supersimples nas doses de 400 e 500 mg dm<sup>-3</sup> demonstram o efeito negativo de altas doses de P aliado ao pH muito elevado (Tabela 5). Este resultado corrobora com o encontrado por Almeida (1991), que observou em cultivo do milho com adubação fosfatada e solo calcariado com pH acima de 6,8 um decréscimo da disponibilidade do P. A formação de complexos com o cálcio proveniente da formulação do supersimples explica a imobilização do H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.

Santos et al. (2008) determinando frações de P no solo com diferentes fosfatos observaram maior fração de P total para tratamento com fosfato acidulado altamente solúvel, seguido de um termofosfato e do fosfato reativo arad. Contrariamente no experimento em questão o P disponível no solo foi menor para o fosfato aluminoso calcinado quando comparado ao fosfato arad, porém a superioridade de P disponível no tratamento com supersimples permaneceu.

Tabela 5. P disponível no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) após colheita do milho com diferentes fontes e doses de fósforo. São Luis (MA), 2008.

FONTES	0	100	200	300	400	500
1	3 Aa	9,3 Aa	17,3 Ab	22 Ab	31 Ab	39 Ab
2	5,3 Aa	4,3 Aa	4,3 Ab	4 Ab	2 Ab	2 Ab
3	4,3 Aa	12,3 Aa	23,3 Ab	32,6 Ab	41 Ab	80,3 Ab
4	5 Aa	142 Ca	263,6Ca	639,3Ba	429,3 Ba	511,6 Ba

Letras maiúsculas diferem nas linhas e letras minúsculas nas colunas, segundo teste T a 5% probabilidade. Fonte 1: fosfato aluminoso calcinado; Fonte 2: fosfato aluminoso não calcinado; Fonte 3: fosfato arad; Fonte 4: fosfato supersimples

Os teores de P na parte aérea não diferiram da testemunha nos tratamentos com fosfato aluminoso calcinado não calcinado. Apenas o tratamento com supersimples diferiu da testemunha e demais doses quando aplicado a dose de 100 mg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  / 2L solo (Tabela 6). Guerra (1993) também observou valores semelhantes entre tratamentos fertilizados e não fertilizados, possivelmente oriundos da diluição do elemento na biomassa vegetal, visto o aumento na produção de matéria seca.

Tabela 6. Interação dose x tratamento P parte aérea do milho ( $\text{g Kg}^{-1}$ ). São Luis (MA), 2008.

FONTES	0	100	200	300	400	500
1	2,6 A	2,7 A	2,2 A	1,9 A	1,9 A	1,8 A
2	1,1 A	1,4 A	1,5 A	1,4 A	1,6 A	1,4 A
3	1,7 A	1,6 A	1,9 A	1,7 A	1,8 A	1,8 A
4	18,6 A	2,8 C	10,7B	10 B	10,2 B	10,6 B

Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Teste T a 5% probabilidade. Fonte 1: fosfato aluminoso calcinado; Fonte 2: fosfato aluminoso não calcinado; Fonte 3: fosfato arad; Fonte 4: fosfato supersimples

A Tabela 7 mostra os valores médios de nitrogênio, fósforo e potássio (N, P, K) na parte aérea do milho colhido com 30 dias. O estado nutricional das plantas foi melhor para

as fontes de fosfato de solubilidade mais rápida, o que está de acordo com a produção de matéria seca da parte aérea. Santos (2002), Harger (2007) observaram o mesmo resultado com fontes de alta solubilidade.

Tabela 7: Valores médios de NPK da parte aérea nos tratamentos com diversas fontes fosfatadas ( $\text{g Kg}^{-1}$ ). São Luis (MA), 2008.

TRATAMENTO	N	P	K
P ALUMINOSO CALCINADO	7,62 A	7,01 B	44,12 A
P ALUMINOSO NÃO CALCINADO	3,81 C	4,19 C	38,87 B
P ARAD	7,68 A	4,75 C	44,58 A
P SUPERSIMPLES	4,19 A	29,6 A	32,21 C

Letras iguais não diferem estatisticamente nas colunas. Teste DMS a 5% probabilidade.

## 5 CONCLUSÕES

O fosfato aluminoso calcinado é fonte potencial de fosfato para a agricultura familiar do Maranhão em solos arenosos e sua equivalência em relação ao ótimo alcançado do superfosfato simples depende de doses maiores que as testadas neste experimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. L. Contribuição da adubação orgânica para a fertilidade do solo. Tese (Doutorado em Agronomia) UFRRJ, Itaguaí. Rio de Janeiro, 215f, 1991.

ALVES C. M. V.; PITTA, E.V.G. PARENTONI, N. S.; SCHAFFERT, E.R.; COELHO M. A.; MAGALHÃES V. J. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 3(2): 311–318, 2004.

ATENCIO, Memória da Mineralogia Brasileira - tese de livre - docência, 1999. Disponível em: [www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=1467&bd=1&pg=1&lq](http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=1467&bd=1&pg=1&lq). Acesso em: 10 de novembro de 2008.

BENEDITO, S. D. **Eficiência agrônômica de fontes alternativas de fósforo e modelo de predição do uso de fosfatos naturais**. Tese (Doutorado Agronomia área de concentração: Solos e nutrição de plantas) ESALQ, Piracicaba, 122 f., 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes**. Minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. Disponível em: [extranet.agricultura.gov.br/sislegis](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis) – Acesso em: 10/06/2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br>. Acesso em: 12/2008.

BRAUN, W. A. G. Os fosfatos de alumínio do Brasil, sua tecnologia e uso agrícola. **Fertilizantes**, São Paulo, 5(1): 3-11, 1983.

CÂMARA, L. M. J. R.; RIBEIRO, J. F.; FERNANDES, M. S. Efeito da calcinação na eficiência de fosfatos de alumínio como fertilizante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, 8:345-347, 1984.

CASSINI, S. T. **Biotecnologia Ambiental**. UFES. Programa de Pós Graduação Engenharia Ambiental. p.1-18, 2005.

Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: [www.conab.gov.br/conabweb/agriculturaFamiliar/agricultura\\_familiar\\_3html](http://www.conab.gov.br/conabweb/agriculturaFamiliar/agricultura_familiar_3html) Acesso em: 10 de novembro de 2008.

DILL, G. H. The geology of aluminium phosphates and sulphates of the alunite group minerals: a review. **Earth – Science Reviews**, 53(1-2): 35-93, 2001.

FRANCISCO, E. A. B. **Fosfatos aluminosos do grupo crandallita como fonte alternativa de fósforo para a cultura do arroz**. Tese (Doutorado em Agronomia) ESALQ. Piracicaba, 146f., 2006.

GILKES, R. J. & PALMER, B. Calcined Christmas Island C - grade rock phosphate fertilizers Mineralogical properties reversion and assessment by chemical extraction. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, 17:467–481, 1979.

GUERRA, M. G. J. **Produção sazonal de Braquiaria decumbens STAPF., conteúdo de fósforo orgânico e microbiano em solos tropicais de baixa fertilidade.** Tese (Doutorado Ciência do solo) UFRRJ, Itaguaí. Rio de Janeiro, 269f., 1993.

FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; CALONEGO, C.; ALVES JUNIOR, J. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 32:1147- 1155, 2008.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, F. R. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Ciências Agrárias**, Londrina, 28:39–44, 2007.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C., CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds). IAC: Campinas, 2001.

MOURA, E.G. Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva da agricultura familiar. In: MOURA, E.G. (org). **Agroambientes de transição entre trópico úmido e semi – árido.** Atributos; alterações; uso na produção familiar. São Luís: UEMA, 2006.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P. Comportamento da alfafa sob diferentes adubos fosfatados na absorção, transporte e utilização de fósforo. In: LXIV Reunião da SBZ, 2007, Jaboticabal. **Anais da LXIV Reunião da SBZ.** Jaboticabal: UNESP, 2007.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. (Ed.). Brasília, DF: **EMBRAPA - SEA**, p. 189-255, 1991.

NOVAIS, R. F. & SMITH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. **Viçosa:** UFV-DPS, 1999. p. 62-64, 1991.

OLIVEIRA JUNIOR, A. **Eficiência agronômica dos fosfatos de rocha, utilizados isoladamente ou associados ao superfosfato triplo para a cultura da soja.** Tese (Doutorado em Agronomia) ESALQ – Piracicaba São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, N. P. & COSTA, M. L. Os fosfatos aluminosos do Pará e do Maranhão: estágio atual de conhecimentos e estratégia para o aproveitamento econômico. **Ciências da Terra**, n.10, 1984.

PALMER, B. & GILKES, R.J. Synthesis, properties and dehydroxilation of members of the crandallite – goyazite series. **Mineralogical Magazine**, 47:221-227, 1983.

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB: Turiacu, Folha SA. 23-V-D [e] Pinheiro, Folha SA.23-Y-B. Estados do Pará e Maranhão.

Escala 1:250.000 / Organizado por José Maria do Nascimento Pastana – Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001.

CR-ROM

[ftp://ftp.cprm.gov.br/pub/pdf/turiacu/turiacup\\_credits.pdf](ftp://ftp.cprm.gov.br/pub/pdf/turiacu/turiacup_credits.pdf)

PRADO, M. R. & FERNANDES, M. F. Economic aspects of phosphorus application to the corn crop. **Scientia Agricola**, 58(3):617- 621, 2001.

RAO, P. D. & WALSH, E. D. Nature and distribution of phosphorus minerals in Cook Inlet coals, Alaska **International Journal of Coal Geology**, 33:19-42, 1997.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, E.; ALVES, V. M. C.; CURI, N.; LAGO, F. J. Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do cerrado. **Ciência Agrotécnica Lavras**, 30(3):458 – 466, 2006.

REZENDE, N. G. A. M. Ministério de Minas e Energia, Insumos minerais para agricultura e áreas potenciais no estado do Pará e Amapá, Superintendência Regional de Belém, 2001.

SANTOS, L. Z. J. RESENDE, V. A. NETO, F. E. A. CURIN.; CARNEIRO, F. L.; COSTA, A. G. V. E. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:705-714, 2008.

SCHWAB, R. G.; PIMPL, T. H.; SCHUKOW, H. Compounds of crandallite type: Material from the earth on its way to technical application. **Earth Science Frontiers**. Germany, 7(2):485- 497, 2000.

SOUZA, E. A; CARDOSO, R. S. V. **Fosfato**. Departamento Nacional de Produção Mineral,2008. Disponível em: [www.dnpm.gov.br/](http://www.dnpm.gov.br/). [Acesso em: 10/11/2008](#)

TEDESCO, M. J. Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de planta por digestão por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Porto Alegre / UFRGS, 1982.

ZAPATA, E. & ROY, R. N. Use the phosphate rocks for sustainable agriculture, **FAO Fertilizers and Plant Nutrition Bulletin** – 13 Roma, 2007

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)