

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL**

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a bird, possibly a toucan, with its wings spread. The bird is surrounded by a laurel wreath. Above the bird are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written along the top inner edge of the circle, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written along the bottom inner edge. There are two small dots on the left and right sides of the inner circle.

**FONTES E DOSES DE FÓSFORO NA FORMAÇÃO DE  
MUDAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) EM SOLOS  
DE MANAUS**

**RODOLFO PESSOA DE MELO MOURA**

**MANAUS  
2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL**

**RODOLFO PESSOA DE MELO MOURA**

**FONTES E DOSES DE FÓSFORO NA FORMAÇÃO DE  
MUDAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) EM SOLOS  
DE MANAUS**

Dissertação apresentada a  
Universidade Federal do Amazonas  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia Tropical, área de  
concentração em Produção Vegetal,  
para obtenção do título de Mestre.

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci**

**MANAUS  
2013**

**RODOLFO PESSOA DE MELO MOURA**

**FONTES E DOSES DE FÓSFORO NA FORMAÇÃO DE  
MUDAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) EM SOLOS  
DE MANAUS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovado em 31 de janeiro de 2013

**BANCA EXAMINADORA**

Dr. Carlos Alberto Franco Tucci  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

Dr. Antenor Francisco de Figueiredo  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

Dr. Francisco Adilson dos Santos Hara  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



## DEDICATÓRIA

A Deus Ser Supremo Criador do Universo e razão de tudo;

Aos meus amados pais, Raimundo do Nascimento Moura e Alcemira Pessoa de Melo Moura, pelo apoio incondicional e compreensão nos momentos de ausência, além de representarem minha fonte de segurança e amor;

À meu irmão Rogério Pessoa de Melo Moura pelo apoio nos momentos difíceis;

Aos meus avós que tanto desejaram meu crescimento Genésio Moura (*in memorian*), Maria Moura (*in memorian*), Ermelindo Melo (*in memorian*) e Maria Melo.

## OFEREÇO

Ao Deus Vivo a Rocha Eterna, Rei dos reis e Criador do Universo.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, a Rocha Eterna pela condução de meus caminhos.

Aos meus familiares, pelo amor e por sempre acreditarem no meu sucesso profissional;

A Maisa Gomes Moura em especial;

À Universidade Federal do Amazonas e seus inúmeros funcionários pela minha formação e oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação em Agronomia Tropical;

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de estudos durante o curso;

À Embrapa Amazônia Ocidental, ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e a Yoorin Fertilizantes Ltda e seus funcionários pelo apoio logístico necessário para a conclusão deste trabalho;

Ao Dr. Carlos Alberto Franco Tucci pela orientação, aprendizado e oportunidade de obter conhecimentos na área de solos;

Aos Drs. José Zilton, Antenor Figueiredo, Adilson Hara, Ari Hidalgo, Carlos Moisés, Afrânio Neves, Bruno Pereira e Pedro de Queiroz e Ernesto Oliveira pelo apoio.

Aos Engenheiros Agrônomos Cleomar Vilela e Adolfo Uchiyama pelo apoio logístico na realização do experimento.

Aos Químicos Jonas Filho, Maria Campelo, Vítor Repolho e ao discente de Agronomia Arnon Cardoso pela grande contribuição nas análises químicas;

Aos amigos Alexandre Buzaglo, Paulo Jerry, José Nilton, Rodrigo Seixas, Adriana Uchôa, Franciene Dias, Kédima Sarmiento, Ricardo da Xerox, Carolina Lima, Susan Hidaka, Suellen Melo, July Anne, Herodilson Guimarães, Marcelo Victor, Matheus Ferreira, Diego Viana, Jaisson Miyosi, Andrew Queiroz, Alzenir Lasmar, Guilherme Dias, Evandro Konrad, Isandro Cardoso, Adrenelson de Souza, Vanessa Moura, Laiana Lobo, Carla Heloísa, Lúcia Helena, Rean Zaninette, Aldilane Mendonça, Iza Maria e Sílvio Vieira pela amizade, momentos de descontração e apoio na realização do experimento;

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e para que eu pudesse dar mais um passo em busca do meu sucesso profissional.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Atributos químicos e granulométricos do solo (20 - 40 cm de profundidade), antes da aplicação dos tratamentos. ....	15
<b>Tabela 2.</b> Características do corretivo aplicado no experimento. ....	16
<b>Tabela 3.</b> Caracterização química e física dos fertilizantes fosfatados. ....	17
<b>Tabela 4.</b> Altura (ALT), Diâmetro do colo (DAM), Matéria seca da parte aérea (MSPA), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST) e Índice da qualidade de Dickson do mamão em função da aplicação de fontes de fósforo em Argissolo, conduzido por 60 dias em casa de vegetação. ....	22
<b>Tabela 5.</b> Altura (ALT), Diâmetro do colo (DAM), Matéria seca da parte aérea (MSPA), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST) e Índice da qualidade de Dickson do mamão em função da aplicação de fontes de fósforo em Latossolo, conduzido por 60 dias em casa de vegetação.....	22
<b>Tabela 6.</b> Conteúdo de macronutrientes na parte aérea do mamoeiro ( <i>Carica papaya</i> L.) em Argissolo sob duas fontes P, aos 60 dias após a germinação. 27	27
<b>Tabela 7.</b> Conteúdo de micronutrientes na parte aérea do mamoeiro ( <i>Carica papaya</i> L.) em Argissolo sob duas fontes P, aos 60 dias após a germinação. 27	27
<b>Tabela 8.</b> Conteúdo de macronutrientes na parte aérea do mamoeiro ( <i>Carica papaya</i> L.) em Latossolo sob duas fontes P, aos 60 dias após a germinação. 27	27
<b>Tabela 9.</b> Conteúdo de micronutrientes na parte aérea do mamoeiro ( <i>Carica papaya</i> L.) em Latossolo sob duas fontes P, aos 60 dias após a germinação. 27	27

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Altura (a), diâmetro do colo (b), matéria seca da parte aérea (c), matéria seca de raiz(d), matéria seca total (e) e índice da qualidade de Dickson (F) de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivada em Argissolo e Latossolo em função das fontes termofosfato Yoorin (TFY) e fosfato natural reativo de Arad (FNRA)..... 23
- Figura 2.** Acúmulo de P (a), N (b), K (c), S (d), Ca (e) e Mg (f) na parte aérea do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado em Latossolo e Argissolo em função das fontes termofosfato Yoorin (TFY), fosfato natural reativo de Arad (FNRA). ..... 31
- Figura 3.** Acúmulo de Zn (a), Fe (b), B (c) e Mn (d) na parte aérea do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado em Latossolo e Argissolo em função das fontes termofosfato Yoorin (TFY), fosfato natural reativo de Arad (FNRA). ..... 32
- Figura 4.** Teor de P disponível em Latossolo (LS) e Argissolo (AS) em função das fontes termofosfato yoorin (TFY) e fosfato natural reativo de Arad (FNRA). ..... 33
- Figura 5.** Máxima eficiência física (MEF), econômica (MEE) e nível crítico (NiCri) de P no solo e na matéria seca total de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função da fonte termofosfato Yoorin em Argissolo (a) e Latossolo (b) e em função do fosfato natural reativo de Arad em Argissolo (c) e Latossolo (d) sob diferentes doses de P. .... 35
- Figura 6.** Eficiência de utilização de P (EUP) de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivadas em Latossolo (LS) e Argissolo (AS). ..... 38

## RESUMO

MOURA, Rodolfo Pessoa de Melo. **FONTES E DOSES DE FÓSFORO NA FORMAÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) EM SOLOS DE MANAUS**. 2013. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.

A Amazônia ainda manifesta deficiência em estudos relacionados a atender as exigências nutricionais do mamoeiro nas suas diversas fases produtivas, onde a qualidade das mudas é um dos grandes entraves da cadeia produtiva do mamão. Este trabalho objetivou estudar o efeito de duas fontes fosfatadas com doses crescentes dos fertilizantes na formação de mudas de mamoeiro. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições, com análise em arranjo fatorial 2x2x5. Os fatores foram solos em dois níveis (Argissolo Vermelho Amarelo distrófico textura média e Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa), fonte em dois níveis (TFY - termofosfato magnésiano Yoorin, 18,1% de  $P_2O_5$  e FNRA - fosfato reativo de Arad, 33,1% de  $P_2O_5$ ) e dose em cinco níveis (50, 75, 150, 300, 600 mg  $dm^{-3}$  de P). Cada parcela experimental foi composta por uma planta. O crescimento inicial do mamoeiro é afetado pelas diferentes fontes fosfatadas. Na produção de mudas para cada  $dm^3$  de substrato a recomendação é 331,90 mg de P utilizando o termofosfato yoorin e 451,64 mg de P utilizando o fosfato natural reativo de Arad em Argissolo. Em Latossolo a recomendação é 374,75 mg de P utilizando o termofosfato yoorin e 205,41 mg de P utilizando o fosfato natural reativo de Arad. A espécie mostrou potencial responsivo a adubação fosfatada.

**Palavras-chave:** Mamão, fruticultura, adubação fosfatada.

## ABSTRACT

MOURA, Rodolfo Pessoa de Melo. **SOURCES AND DOSES OF PHOSPHORUS IN FORMATION OF PAPAYA SEEDLINGS (*Carica papaya* L.) IN SOILS OF MANAUS**. 2013. 64p. Dissertation (MSc. in Tropical Agronomy) - Federal University of Amazonas, Manaus, AM.

The Amazon also expresses deficiency related to meet the nutritional requirements of papaya in its various production stages, where the quality of seedlings is a major hurdle in the production chain of papaya studies. This study investigated the effect of two phosphate sources with increasing doses of fertilizers in the formation of papaya seedlings. The experimental design was completely randomized with three replications, with analysis in 2x2x5 factorial arrangement. The factors were two levels in soils (Red Yellow Ultisoil dystrophic medium texture and Yellow Oxisoil dystrophic clayey texture), source at two levels (TFY - magnesium thermophosphate Yoorin, 18,1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and FNRA - Arad phosphate reactive, 33,1 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and doses at five levels (50, 75, 150, 300, 600 mg P dm<sup>-3</sup>). Each experimental plot consisted of a plant. The initial growth of papaya is affected by different phosphorus sources. In the production of seedlings for each dm<sup>3</sup> substrate the recommendation is 331,90 mg P using thermophosphate yoorin is 451,64 mg of P using the reactive phosphate Arad in Ultisoil. In Oxisoil the recommendation is 374,75 mg of P using thermophosphate Yoorin is 205,41 mg of P using the reactive phosphate Arad. The species showed potential responsive to phosphorus fertilization.

**Keywords:** Papaya, fruticulture, phosphorus fertilization.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Geral.....	3
2.2. Específicos .....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1 A cultura do mamão no Amazonas .....	4
3.2. Solos utilizados como substrato.....	5
3.3. A adubação fosfatada na produção de mudas .....	6
3.4. Eficiência da adubação fosfatada para a produção de mudas .....	7
3.5. Fontes de fósforo .....	8
3.6. Doses de fósforo recomendadas para a espécie na produção de mudas.....	11
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1. Local de condução do experimento.....	14
4.2. Preparo e caracterização física e química do solo .....	14
4.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	16
4.4. Condução do experimento .....	18
4.5. Variáveis analisadas .....	18
4.6. Análise estatística .....	20
5.5 Eficiência de utilização de P .....	38
6. CONCLUSÕES.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
APÊNDICE .....	49

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão (*Carica papaya* L.) com produção de 1.520.000 t e produtividade média de 45 t ha<sup>-1</sup>, representando 12% da produção mundial sendo superado apenas pela Índia com produção de 5.160.000 t representando cerca de 42% da produção mundial (FAO, 2012).

No Estado do Amazonas o cultivo do mamão é mais intensivo nas regiões de várzea e nos assentamentos das colônias japonesas de alguns municípios como Iranduba, Itacoatiara, Manacapuru, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva (SANTOS, 2009).

Tradicionalmente, os produtores rurais de várzea amazonenses cultivam o mamão na Região Metropolitana de Manaus e, no período das cheias, essa cultura é interrompida, o que tem dificultado a adoção de uma visão estratégico-empresarial, por parte dos produtores (FALCÃO e BORGES, 2006).

Para o sucesso no desenvolvimento da cultura do mamoeiro é essencial à produção em grande escala de frutos, que tem início a partir da produção de mudas sadias e bem nutridas, refletindo diretamente no crescimento e desenvolvimento da espécie no campo, sendo este o início para o atendimento de um mercado cada vez mais exigente (CORRÊA et al., 2005; AGRIANUAL, 2006).

Apesar da importância no processo de formação de mudas, a maioria dos viveiristas mais tecnicados utilizam normalmente como substrato um composto formado total ou predominantemente por solo e, especialmente,

subsolo que apresenta uma baixa capacidade de fornecer nutrientes as plantas e uma elevada acidez (EMBRAPA, 2000; CORRÊA et al., 2005).

Para que se produzam mudas de qualidade é necessário o conhecimento das características morfo-fisiológicas da espécie, notadamente seus requerimentos nutricionais e suas respostas à correção da acidez do substrato e a adição de fertilizante (CARNEIRO, 1995).

Dentro do cenário atual que se encontra o Estado, as pesquisas são insuficientes para sustentar um programa de adubação para a produção de mudas de mamoeiro, visando à implantação de pomares de alta produtividade, que irá auxiliar o produtor a respeito das recomendações de adubação fosfatada, aliando a melhor fonte a escolha da melhor dose de P, por ser este o nutriente mais limitante para a produção nos solos da Amazônia.

A escolha da fonte e da dose de P não se deve basear apenas na disponibilidade de seu nutriente primário, mas nos seus efeitos gerais sobre fertilidade do solo ao disponibilizar outros nutrientes que nela estão contidos, observando ainda sua adaptabilidade a cada situação por fornecerem de diferentes maneiras, mais acelerada ou gradualmente os elementos de sua composição de modo a otimizar sua utilização (GOEDERT e SOUSA, 1986).

O conhecimento prévio das reações dos fertilizantes fosfatados com os solos, bem como a estimativa da dose adequada irão proporcionar retornos econômicos, pois isto é buscado em uma maior eficiência do uso dos mesmos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Estudar o efeito de fontes fosfatadas na formação de mudas de mamoeiro a partir da utilização de doses crescentes de fertilizantes.

### **2.2. Específicos**

1. Estabelecer a relação P disponível e P adicionado ao substrato.
2. Avaliar a absorção de P.
3. Estabelecer o nível crítico no solo e na planta e a recomendação de adubação para as mudas.
4. Comparar fontes naturais de P na formação de mudas.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 A cultura do mamão no Amazonas**

Segundo IBGE (2012), todos os estados brasileiros produzem mamão com destaque para os estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Espírito Santo. No ano de 2012 o estado do Amazonas ocupou a 10<sup>a</sup> colocação com produção 11340 t e produtividade de 24,1 t ha<sup>-1</sup>, isto representa 0,7% da produção nacional gerando divisas anuais de R\$ 18.045.000,00 que somados aos demais estados da Região Norte expressam 2,7% do total (IBGE, 2012).

Um dos entraves da cadeia produtiva do mamão é a obtenção e manejo do material propagativo (RUGGIERO, 1988). Por ser uma cultura que necessite de uma grande densidade de plantas ha<sup>-1</sup> e renovação dos pomares no máximo a cada três anos, há uma demanda constante por mudas (SOUZA, 2000). No Amazonas poucos estudos foram realizados no que diz respeito ao processo de formação de mudas, como os trabalhos de Pontes et al., (1991) e Falcão e Borges (2006).

De acordo com Santos (2009), os produtores têm buscado soluções para elevar a qualidade dos seus plantios, que tem início na seleção de mudas de qualidade. Desde então estes vêm adotando áreas de terra firme, o que impulsiona o desenvolvimento de novas tecnologias possibilitando soluções aos problemas das plantações locais, sendo a diferença de produtividade no Amazonas devido principalmente à baixa tecnificação nos cultivos.

No Amazonas a baixa produtividade das lavouras tem gerado um volume físico de frutos insuficiente para atender à demanda local, importando a maior parte da produção de Estados como Roraima, Bahia e Espírito Santo (AGRIANUAL, 2011).

### **3.2. Solos utilizados como substrato**

As características físicas e químicas do solo estão entre os principais fatores que condicionam o desenvolvimento de uma espécie e, no caso dos solos da Região Amazônica cerca de 80% é representada pelas classes dos Latossolos e Argissolos, sendo estes caracterizados como solos muito intemperizados, ácidos, considerados distróficos e de baixa fertilidade natural (BRASIL, 1994). Destacando-se o fósforo como o nutriente que primeiro limita o crescimento e desenvolvimento das plantas (POTAFOS, 2001).

Na grande maioria dos solos da Amazônia há predominância de argilas silicatadas de baixa atividade, como a caulinita, e sesquióxidos de ferro (hematita, goethita) e alumínio (gibbsita), que são os principais responsáveis pela fixação de P (NOVAIS e SMYTH, 1999). Segundo os autores nessa situação, o solo compete com a planta pelo P adicionado, caracterizando-se como um forte dreno de P, os quais respondem a grandes adições de fertilizantes fosfatados.

A utilização da camada de 20 – 40 cm de profundidade dos solos como substrato é uma prática rotineira para a produção de mudas em viveiro, por sua grande disponibilidade e baixo custo (SCHMITZ et al., 2002). No entanto, estes substratos, pelas suas características, apresentam inconvenientes para o crescimento das plantas, dentre os quais cita-se a baixa fertilidade natural, tornando-se necessária a sua correção e adubação (CORRÊA et al., 2005).

Nestas condições, o solo é, portanto, um fator limitante para a produção de mudas tendo como consequência a necessidade da aplicação de altas doses de fertilizantes fosfatados, possibilitando assim a obtenção de altas produtividades a partir de mudas de qualidade (NOVAIS e SMYTH, 1999).

### **3.3. A adubação fosfatada na produção de mudas**

No Brasil predominam solos ácidos e de baixa fertilidade natural, sendo comum a necessidade de adicionar fertilizantes para suprir as exigências nutricionais das plantas (CORRÊA et al., 2005). Dentre todos os nutrientes o P é o que mais limita o crescimento das plantas em solos tropicais, e o comportamento dos fertilizantes fosfatados é influenciado diretamente pelo grau de acidez do solo (NOVAIS e SMYTH, 1999).

A utilização adequada de adubos fosfatados requer conhecimentos da dinâmica do P e de suas interações com o solo, bem como a determinação do teor disponível do elemento, objetivando diagnosticar as deficiências nutricionais das plantas e, conseqüentemente, indicar as práticas necessárias para corrigi-las, visando o máximo de rendimento agrícola (BRASIL, 1994).

Para que se possa obter mudas de boa qualidade utilizando-se como substrato solos de regiões tropicais é necessária a utilização de adubações fosfatadas de modo a suprir suas exigências, sendo este um dos fatores de maior importância na implantação de qualquer cultura, pois essa qualidade nas mudas se refletirá diretamente na maior taxa de sobrevivência das plantas e na maior produção na fase jovem, assim como no maior potencial de produção na fase adulta (POTAFOS, 2001; MELO et al., 2007).

Logo, a produtividade e a qualidade dos frutos de mamoeiro dependem muito do atendimento dos requisitos nutricionais destinados às plantas durante a fase de formação de mudas, principalmente aqueles relacionados a adubação fosfatada (MENDONÇA et al., 2006).

### **3.4. Eficiência da adubação fosfatada para a produção de mudas**

O fósforo presente no solo, de interesse agrônômico ou ambiental, é constituído por compostos derivados do ácido ortofosfórico e, menos comumente, dos pirofosfatos, oriundos de minerais primários fosfatados comuns, que são as apatitas (SANTOS et al., 2008).

A elevada capacidade de adsorção de P dos solos tropicais traz como consequência a diminuição da eficiência dos fertilizantes fosfatados aplicados nesses solos. De modo geral, apenas 10 a 20% do nutriente é aproveitado pelas culturas no ano de aplicação, além de proporcionar um baixo efeito residual para os cultivos futuros (NOVAIS e SMYTH, 1999).

São numerosos os fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada, dentre estes estão: o pH, a textura e mineralogia do solo, a matéria orgânica, a solubilidade, granulometria, teor de P, composição química e a forma de aplicação dos fosfatos, o tempo decorrido após a adubação, as diferenças varietais, os métodos de preparo do solo, o sistema de produção, a atividade microbiana, a presença de micorrizas, a atividade de fosfatases e a interação do fósforo com outros elementos (ANGHINONI, 2004; MALAVOLTA, 2006; RESENDE et al., 2006; NUNES et al., 2008; SANTOS et al., 2008).

No entanto, é fundamental determinar a relação entre o teor de nutriente no solo e o rendimento da cultura, para estabelecer o nível crítico de P no solo, a fim de que sua aplicação não seja feita sem necessidade (MOREIRA et al., 1997). A determinação do nível crítico de P na fase de mudas resulta em informações que poderão identificar o potencial máximo de crescimento e a quantidade ideal de insumos, a fim de propiciar plantas com boa qualidade e redução do custo com o manejo adequado da adubação (NOVAIS et al., 1986).

### **3.5. Fontes de fósforo**

A eficiência da fonte de P está relacionada com as características do solo, da espécie e da própria fonte (STEFANUTTI et al., 1995). Mas, independente da fonte, os solos brasileiros representam um forte dreno para o P solubilizado, devido à elevada capacidade de adsorção desse nutriente (NOVAIS e SMYTH, 1999). Considerando a expectativa de melhor relação custo–benefício, em virtude do efeito residual, a utilização de fosfatos naturais de baixa e alta reatividade, fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos vêm sendo amplamente estudada (KAMINSKI et al., 1997; FREIRE et al., 2005).

As principais fontes de P podem ser divididas em: a) fontes com alta solubilidade em água, como é o caso dos superfosfatos simples e triplo; b) produtos insolúveis em água e em ácido cítrico, que incluem os fosfatos naturais brasileiros (Araxá, Patos de Minas, Catalão e outros); c) produtos insolúveis em água e com alta solubilidade em ácido cítrico, entre os quais enquadram-se os termofosfatos; d) os produtos insolúveis em água e com média solubilidade em ácido cítrico, fazendo parte desse grupo os fosfatos naturais sedimentares de alta reatividade (Carolina do Norte, Gafsa, Arad e outros) (SOUSA e LOBATO, 2004).

Os fosfatos naturais podem ser classificados conforme a sua origem e formação como sedimentares, ígneos ou metamórficos (MOREIRA e MALAVOLTA, 2001). Os sedimentares originam-se na deposição acumulada, em camadas, de ossadas e esqueletos de animais marinhos no fundo de águas calmas. Os ígneos são resultados da solidificação do magma de erupções

vulcânicas, enquanto os metamórficos podem ter ambas as origens, porém sofreram alguma alteração química (HOROWITZ e MEURER, 2003).

A aplicação de fosfatos naturais é uma alternativa à aplicação de fontes de maior solubilidade (geralmente de custo mais elevado) que têm sido testadas em várias condições de solo e cultura (MOREIRA e MALAVOLTA, 2001), apresentando efeito residual superior a fontes solúveis por disponibilizar de maneira mais gradual o P (LOPES e GUILHERME, 2000).

Contudo, Lopes e Guilherme (2000) abordam os fosfatos naturais como fontes de baixa reatividade natural, principalmente os de origem magmática, tendo como consequência uma baixa e lenta liberação de P para as plantas, na maioria dos casos, sendo que essa baixa solubilização implica na baixa eficiência agrônômica para culturas de ciclo curto e anuais.

Dentre os fosfatos naturais destaca-se o fosfato natural reativo de Arad que é uma rocha sedimentar, amorfa, que não sofre nenhum tratamento químico com ácidos, sendo apenas moído para se transformar em pó, de baixa solubilização proporcionando um efeito residual de P maior se comparado aos fosfatos acidulados ao longo dos anos, devendo apresentar garantias mínimas para a comercialização de 28% de  $P_2O_5$  e 9% de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico (HOLLMANN, 2004).

Por sua vez, os termofosfatos são fertilizantes resultantes do tratamento térmico de rochas fosfatadas com a adição de materiais fundentes (KAMINSKI et al., 1997), assim, além do fornecimento de fosfato tricálcico, a fonte também fornece ao solo silicatos de cálcio e magnésio (SANTOS et al., 2006). Sua solubilidade é considerada intermediária às fontes solúveis e aos fosfatos

naturais, fator que contribui para tornar o processo de adsorção de P no solo mais lento (TOKURA et al., 2011).

Outros pontos positivos no uso dos termofosfatos referem-se à sua reação corretiva, o que reduz as concentrações de Al e Mn no solo, onde o ânion silicato presente nessas fontes compete com os fosfatos pelos mesmos sítios de adsorção, contribuindo para manutenção de P em sua forma lábil (TOKURA et al., 2011). Além da ação benéfica do silício no controle de pragas e doenças e no aumento da tolerância ao estresse hídrico pelas plantas (OLIVEIRA et al., 2007).

Contudo por apresentarem reação mais lenta no solo os termofosfatos necessitam de um período mais longo para completar sua solubilização, e, com isso, o P liberado do fertilizante poderá não suprir as necessidades das plantas na fase inicial de desenvolvimento, especialmente aquelas de ciclo curto (KAMINSKI et al., 1997; NOVAIS e SMITHY, 1999) além disso, em função de apresentar um valor comercial elevado, a relação custo/benefício pode não ser compensadora (RESENDE et al. 2006).

Dentre os termofosfatos destaca-se o termofosfato Yoorin, que é um fertilizante fosfatado obtido através de tratamento térmico de rochas fosfatadas com ou sem adição de outras matérias primas (GOEDERT e SOUSA, 1986). É insolúvel em água e totalmente solúvel em ácido cítrico, sendo obtido pelo processo de fusão à temperatura de 1500 °C onde é submetido a um choque térmico com jato de água e depois de seco e moído, é ensacado (RAIJ, 1991). Apresentando garantias mínimas para a comercialização de 16% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 12% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico, 16% de cálcio, 6% de magnésio e 9% de silício (MALAVOLTA, 2006).

Dentre os trabalhos que descrevem a importância de se comparar fontes fosfatadas na produção de mudas, destaca-se o trabalho de Silva et al. (2011) avaliando a eficiência agrônômica de quatro fontes de fósforo (superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato natural reativo Arad e termofosfato yoorin) na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) obtiveram a maior eficiência, tanto na absorção de nutrientes quanto para o crescimento da espécie, com o fosfato natural reativo Arad.

Contrastando com os resultados obtidos por Silva et al. (2011), Adami e Hebling (2005) avaliando a eficiência agrônômica de quatro fontes de fósforo (superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato natural reativo Arad e termofosfato Yoorin) na produção de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake) concluíram que as fontes mostraram-se igualmente eficientes no incremento da biomassa durante o período estudado.

Resultados distintos de Silva et al. (2011) e Adami e Hebling (2005), foram encontrados por Moreira et al., (2002) na produção de alfafa (*Rhizobium meliloti*) e centrosema (*Rhizobium centrosema*) em casa de vegetação, avaliando a eficiência agrônômica de quatro fontes de fósforo (superfosfato triplo, fosfato natural reativo Arad, fosfato natural da Carolina do Norte e termofosfato Yoorin), onde os autores concluíram que o maior acréscimo de matéria seca ocorreu quando utilizou-se o termofosfato Yoorin.

### **3.6. Doses de fósforo recomendadas para a espécie na produção de mudas**

Algumas pesquisas com utilização de adubação fosfatada na formação de mudas de mamoeiro têm apresentado bons resultados, demonstrando a

importância destes componentes na formação do substrato (FERNANDES et al., 2002).

Segundo a EMBRAPA (2000), a adubação para produção de mudas de mamoeiro deve ser para cada  $\text{m}^3$  de substrato em média 600 g de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (corresponde a 260 mg de P  $\text{dm}^{-3}$ ) preferencialmente superfosfato simples e 10 a 15 kg de calcário dolomítico.

Para Oliveira (2000) trabalhando com os efeitos do fósforo e na nutrição e crescimento de mudas de mamoeiro recomendou como dose mais adequada 400 mg de P  $\text{dm}^{-3}$ , sendo a que apresentou maior incremento na produção de matéria seca.

Segundo Mendonça et al. (2006), trabalhando com a adubação fosfatada para produção de mudas de mamoeiro em viveiro telado, utilizando o superfosfato simples em quatro doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por  $\text{m}^{-3}$  de substrato (0; 2,5; 5 e 10 kg), obtiveram na dose 10 kg  $\text{m}^{-3}$  (correspondente a 4360 mg de P  $\text{dm}^{-3}$ ) a melhor qualidade na formação das mudas, onde houve maior incremento na produção de matéria seca.

Para Melo et al. (2007), trabalhando com a adubação fosfatada para produção de mudas de mamoeiro em viveiro telado, utilizando quatro doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0; 0,8; 1,6 e 2,4 kg  $\text{m}^{-3}$  de substrato correspondendo a 0; 350; 700 e 1050 mg de P  $\text{dm}^{-3}$ ) aplicadas na forma de superfosfato triplo, não observaram efeito significativo da aplicação das doses de fósforo.

Medeiros et al. (2009), trabalhando com formação de mudas de mamoeiro em casa-de-vegetação utilizaram como doses na formação das mudas por  $\text{m}^{-3}$  de substrato (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10 kg) de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de superfosfato triplo, obtendo na dose de 10 kg  $\text{m}^{-3}$  (correspondente a 4360 mg

de P  $\text{dm}^{-3}$ ) a melhor qualidade na formação das mudas, onde houve maior incremento na produção de matéria seca.

Para orientar a utilização de doses agronômicas adequadas de fertilizantes fosfatados a determinação do nível crítico de P no solo e na planta mostra-se de grande importância no estabelecimento da cultura (ALVES et al., 2008). Portanto como os solos possuem diferentes capacidades de retenção de P é fundamental para o sucesso do plantio a mensuração adequada do elemento (CARVALHO et al., 1995). Entre outros fatores, o nível crítico de P pode ser influenciado pelo fator capacidade do elemento e pelo extrator usado nesta avaliação (BONFIM et al., 2004).

Portanto a eficiência da produção de mudas depende das adubações (das doses e fontes dos adubos utilizados), além das características físicas do substrato, implicando na melhor qualidade da sua formação, aliando o incremento na produção de matéria seca a relação custo-benefício (GONÇALVES et al., 2010).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Local de condução do experimento**

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), no período de janeiro de 2012 a julho de 2012, utilizando como substratos, as amostras de um Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa e um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico textura média, coletados na camada sub-superficial (20-40 cm).

O Latossolo encontrava-se sob uma floresta secundária, situada a altitude de 51,31 m, latitude  $03^{\circ} 06' 12,6''$  S e longitude  $59^{\circ} 58' 32,4''$  W, enquanto o Argissolo sob campo aberto localizado a altitude de 50,35 m, latitude  $03^{\circ} 06' 11,7''$  S, longitude  $59^{\circ} 58' 35''$  W. Os solos foram coletados no Setor Sul do Campus Universitário da UFAM (Setor de Produção da Faculdade de Ciências Agrárias). O clima desta região caracteriza-se como Af clima equatorial úmido (KÖPPEN, 1928).

### **4.2. Preparo e caracterização física e química do solo**

Após a coleta as amostras foram homogeneizadas, destorroadas, secas ao ar, passadas em peneira de 4 mm de abertura e sub-amostras foram passadas em peneiras de 2 mm e submetidas a análises químicas e granulométrica (Tabela 1).

A determinação do pH em água e em KCl na relação 1:2,5; a acidez potencial (H+Al) extraída por acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ ; o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  a partir de sua extração com KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$ ; o S foi extraído por íons (Fosfato de cálcio monobásico -  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  e – ácido acético  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) na

concentração de 500 mg.L<sup>-1</sup>; e os elementos P, K<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup> extraídos por Mehlich-1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol.L<sup>-1</sup> + HCl 0,05 mol.L<sup>-1</sup>); foram realizadas segundo a EMBRAPA (2009). O P remanescente foi extraído por cloreto de cálcio 0,01mol.L<sup>-1</sup> segundo Alvarez V. et al. (2001); o N segundo EMBRAPA (1997); e o B com água quente – H<sub>2</sub>O segundo Hatcher e Wilcox, (1950) e a sua determinação através da leitura da amostra no fotocolorímetro, expressos na tabela 1.

De posse desses dados foram estimados os seguintes atributos capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva (t) e potencial (T), soma de bases (SB), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) expressos na tabela 1. A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, segundo EMBRAPA, (1997) expresso na tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e granulométricos do solo (20 - 40 cm de profundidade), antes da aplicação dos tratamentos.

Atributo	Argissolo	Latossolo
pH (H <sub>2</sub> O)	4,37	4,12
pH KCl	3,83	3,83
P - Mehlich 1 (mg dm <sup>-3</sup> )	7,10	10,33
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	1,4	8,0
Ca <sup>2+</sup> (cmol dm <sup>-3</sup> )	0,15	0,1
Mg <sup>2+</sup> (cmol dm <sup>-3</sup> )	0,05	0,1
Al <sup>3+</sup> (cmol dm <sup>-3</sup> )	1,35	1,4
H+Al (cmol dm <sup>-3</sup> )	6,76	7,9
SB (cmol dm <sup>-3</sup> )	0,2	0,2
t (cmol dm <sup>-3</sup> )	1,55	1,6
T (cmol dm <sup>-3</sup> )	6,96	8,1
V (%)	2,87	2,46
m (%)	87,1	87,5
S – sulfato (mg dm <sup>-3</sup> )	6,7	59,4
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,1	0,2
Cu <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	0,34	0,31
Fe <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	115	168
Mn <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	0,9	0,61
Zn <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	0,9	0,82
P – rem (mg L <sup>-1</sup> )	29,8	26,6
MO (dag kg <sup>-1</sup> )	1,4	1,2
Areia (dag kg <sup>-1</sup> )	73,7	36,2
Silte (dag kg <sup>-1</sup> )	4,3	7,1
Argila (dag kg <sup>-1</sup> )	22	56,7
Classe textural	Textura média	Textura argilosa

SB – soma de bases, t – CTC efetiva, T – CTC a pH 7, V - porcentagem de saturação em bases, m – porcentagem de saturação em alumínio, Prem – fósforo remanescente, MO – matéria orgânica.

Após a caracterização física e química, o substrato recebeu corretivo p.a. (Tabela 2). As doses foram calculadas a partir da realização de uma curva de incubação para ambos os solos adotando-se o critério de aumentar a saturação por bases (V) a 80%, segundo exigência da cultura (CSFMG, 1999). Utilizou-se as doses equivalentes de 6,2 t ha<sup>-1</sup> para o Latossolo e 4,2 t ha<sup>-1</sup> para o Argissolo (Tabela 2).

Posteriormente a aplicação do corretivo, o substrato foi incubado por 30 dias e nesta fase a umidade foi mantida ao correspondente de 30% do peso (FREIRE et al., 1980).

**Tabela 2.** Características do corretivo aplicado no experimento.

Atributo	%
CaO	32
MgO	14
PN – Ca CO <sub>3</sub>	90
PRNT	90
Umidade	3

CaO – óxido de cálcio, MgO – óxido de magnésio, PN – Poder de Neutralização e PRNT – Poder Relativo de Neutralização Total.

### 4.3. Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos foram instalados em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, com análise em arranjo fatorial 2x5. Os fatores foram fonte de P em dois níveis e dose em cinco níveis. As fontes foram o termofosfato magnesiano Yoorin (TFY) (Tabela 3) e o fosfato reativo de Arad (FNRA) (Tabela 3), nas doses (50, 75, 150, 300, 600) mg de P dm<sup>-3</sup> de substrato, sendo a quantidade aplicada calculada com base no teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total dos fertilizantes (Tabela 3). Cada parcela experimental foi composta por uma planta.

**Tabela 3.** Caracterização química e física dos fertilizantes fosfatados.

Atributo	TFY	FNRA
	%	%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	18,1	33,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> solúvel em ac. cítrico	16,5	10
Cálcio	18	37
Enxofre	-	1
Magnésio	7	-
Silício	10	-
Granulometria	Pó	Farelado

TFY – termofosfato magnesiano Yoorin; FNRA – fosfato natural reativo de Arad.

Após a aplicação do corretivo e juntamente com a aplicação dos tratamentos foi realizada uma fertilização básica adaptada de Malavolta (1980) para experimento em casa de vegetação, utilizando-se sais p.a. balanceados. Esta foi composta de: 300 mg de N, 300 mg de K, 40 mg de S, 0,8 mg de B, 5 mg de Zn, 1,5 mg de Cu, 3,6 mg de Mn e 0,15 mg de Mo por dm<sup>-3</sup>. O N e o K foram aplicados parceladamente em três adubações com 100 mg dm<sup>-3</sup> cada, contudo realizou-se a primeira aplicação de K juntamente com a adubação básica, restando apenas mais duas a serem realizadas para este nutriente. Aos 15 e 30 dias foram aplicados juntos e aos 45 dias apenas o N, fornecendo um total de 300 mg dm<sup>-3</sup> de cada.

As fontes utilizadas foram: uréia – NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>; sulfato de potássio – K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; enxofre elementar – S<sup>0</sup>; ácido bórico - H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; cloreto de zinco - ZnCl<sub>2</sub>; cloreto de cobre - CuCl<sub>2</sub>; cloreto de manganês tetraidratado - MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O e ácido molíbdico - H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>. Os nutrientes foram aplicados em forma de solução, exceto para o S em forma de pó e o P na forma de pó e grânulo, sendo misturados aos solos para maior homogeneização e posteriormente incubados por 20 dias.

#### **4.4. Condução do experimento**

Após o preparo do solo, foram colocadas nos sacos de polietileno cujo volume correspondia a  $2 \text{ dm}^3$ , sementes pré – geminadas da marca Feltrin, cultivar Mamão Hawai Ouro, obtidas a partir do acondicionamento destas em germinador com temperatura constante a  $25^{\circ}\text{C}$ . A semeadura foi realizada mantendo-se cinco sementes por cada saco, para garantir que houvesse germinação em todos, realizando desbaste aos 20 e 30 dias, permanecendo a planta mais vigorosa.

No transcorrer do experimento observou-se uma deficiência nutricional possivelmente de Mg e Mn nas plantas que estavam em ambos os substratos e fontes nas doses  $50$  e  $75 \text{ mg dm}^{-3}$ , onde estas foram supridas por duas adubações foliares em todo o experimento aos 30 e 40 dias na concentração de  $1,0 \text{ g L}^{-1}$  e  $0,5 \text{ g L}^{-1}$  de cada nutriente respectivamente, utilizando como fontes o sulfato de magnésio –  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e o sulfato de manganês -  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  e a uréia a 0,1% para facilitar a rápida absorção dos nutrientes (CAMARGO e SILVA, 1990). Ao completarem 60 dias as mudas foram avaliadas.

#### **4.5. Variáveis analisadas**

Foram avaliadas a altura (cm), medida com o auxílio de uma régua graduada, a partir do colo da planta até a extremidade da maior folha e o diâmetro do caule (mm), com o auxílio de um paquímetro digital. Posteriormente as plantas foram colhidas, separando-as em (folhas + caule = parte aérea) e raízes. As diferentes partes foram lavadas em água destilada e

secas em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura 65 °C, até atingirem massa constante.

Após a secagem foi determinada a massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e a matéria seca total (MST), que em seguida foram moídas em moinho tipo Willey para serem analisadas quimicamente. A digestão e determinação analítica dos nutrientes na MSPA foram realizadas conforme Malavolta et al. (1997). Com base no teor de cada nutriente e na produção de MSPA foi calculado o seu acúmulo.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado segundo Dickson et al. (1960), utilizando a seguinte fórmula:

$$IQD = PMST(g) / (H(cm)/DC(mm) + PMSPA(g)/PMSR(g))$$

Onde PMST é peso da matéria seca total, H é altura da parte aérea, DC é diâmetro do coletor, PMSPA é peso de matéria seca da parte aérea e PMSR é peso de matéria seca das raízes.

Para a determinação do índice de eficiência de utilização de P segundo Moll, (1982) empregou-se:

$$EUP = [\text{Matéria seca da parte aérea} / \text{P acumulado na parte aérea}]$$

Modelos de regressão foram ajustados para a variável de crescimento matéria seca total, como dependentes das doses de P. A dose para a máxima eficiência física (MEF) foi obtida derivando-se o modelo ajustado e obtendo o ponto de máxima; e a máxima eficiência econômica (MEE) foi estimada considerando-se 90% da dose para a MEF (TUCCI, et al., 1992).

O nível crítico foi estimado substituindo-se a dose para a MEF na equação de teor de P na matéria seca total. O nível crítico de P no solo foi

obtido substituindo a dose de MEF nas equações de regressão, entre as doses de P aplicadas recuperadas pelo extrator (ALVAREZ V. et al., 2001).

A dose de P a ser recomendada (DR) para a formação de mudas foi obtida empregando-se a fórmula:

$$DR = (NiCri - Pd) / \Delta(P_{rp} / P_{ad})$$

em que: NiCri é o nível crítico estimado para a sacola da muda; Pd é o teor de P disponível no solo ao ser coletado e  $\Delta(P_{rp}/P_{ad})$  é a declividade obtida da equação de P disponível, em função da dose de P adicionada a sacola da muda.

#### **4.6. Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância, e quando o F foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Para as respostas das variáveis quantitativas quando foram significativas realizou-se à análise de variância de regressão utilizando-se o programa estatístico SAEG 9.1.

## **5. RESULTADO E DISCUSSÃO**

A resposta das mudas de mamoeiro aos fatores em estudo variou com a fonte e a dose de P, para os diferentes solos estudados (Tabelas 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A e 8A).

### **5.1 Crescimento das plantas**

Houve interação dos fatores fontes e doses de P sobre as variáveis altura, diâmetro do colo, matéria seca da parte aérea, matéria seca de raiz, matéria seca total e índice da qualidade de Dickson (Tabelas 1A, 2A, 5A e 6A).

Em relação a fonte de P, os maiores valores das variáveis de crescimento foram proporcionados pela fonte TFY (Tabelas 4 e 5). Os resultados para as variáveis de crescimento acompanharam os mesmos comportamentos observados para os acúmulos de nutrientes, tendo em vista que o incremento sobre as variáveis de crescimento na fonte FNRA representaram valores inferiores a 30% daqueles obtidos para a fonte TFY, reforçando o pressuposto de que a fonte TFY possui uma solubilização de P mais rápida que a da fonte FNRA (Tabela 3).

O P é o principal elemento envolvido na produção de energia metabólica da planta (ATP, ADP, NADP, NADPH) (MENGEL e KIRKBY, 2001; BARKER e PILBEAM, 2006) e que a absorção de muitos nutrientes é dependente da formação de gradientes protônicos em regiões próximas as raízes das plantas, e que para a formação desse gradiente há a utilização de energia metabólica pelas bombas de prótons (TAIZ e ZEIGER, 2013; MARSCHNER, 2012), é possível inferir que a solubilização e disponibilidade mais rápida de P favorece a absorção de nutrientes e desenvolvimento do mamoeiro, sendo esta, uma

cultura melhorada para potencializar a produção, cuja exigência nutricional tende a estar altamente atrelada seu crescimento (RUGGIERO et al., 2011).

**Tabela 4.** Altura (ALT), Diâmetro do colo (DAM), Matéria seca da parte aérea (MSPA), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST) e Índice da qualidade de Dickson do mamão em função da aplicação de fontes de fósforo em Argissolo, conduzido por 60 dias em casa de vegetação.

FONTES DE P	ALT	DC	MSPA	MSR	MST	IQD
	-----g.planta <sup>-1</sup> -----					
FNRA	6,986667 b	2,73466 b	0,16967 b	0,05121 b	0,2223 b	0,0365 b
TFY	22,70000 a	9,09866 a	4,37902 a	1,42091 a	5,79993 a	1,0074 a

Medias seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste F.

**Tabela 5.** Altura (ALT), Diâmetro do colo (DAM), Matéria seca da parte aérea (MSPA), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST) e Índice da qualidade de Dickson do mamão em função da aplicação de fontes de fósforo em Latossolo, conduzido por 60 dias em casa de vegetação.

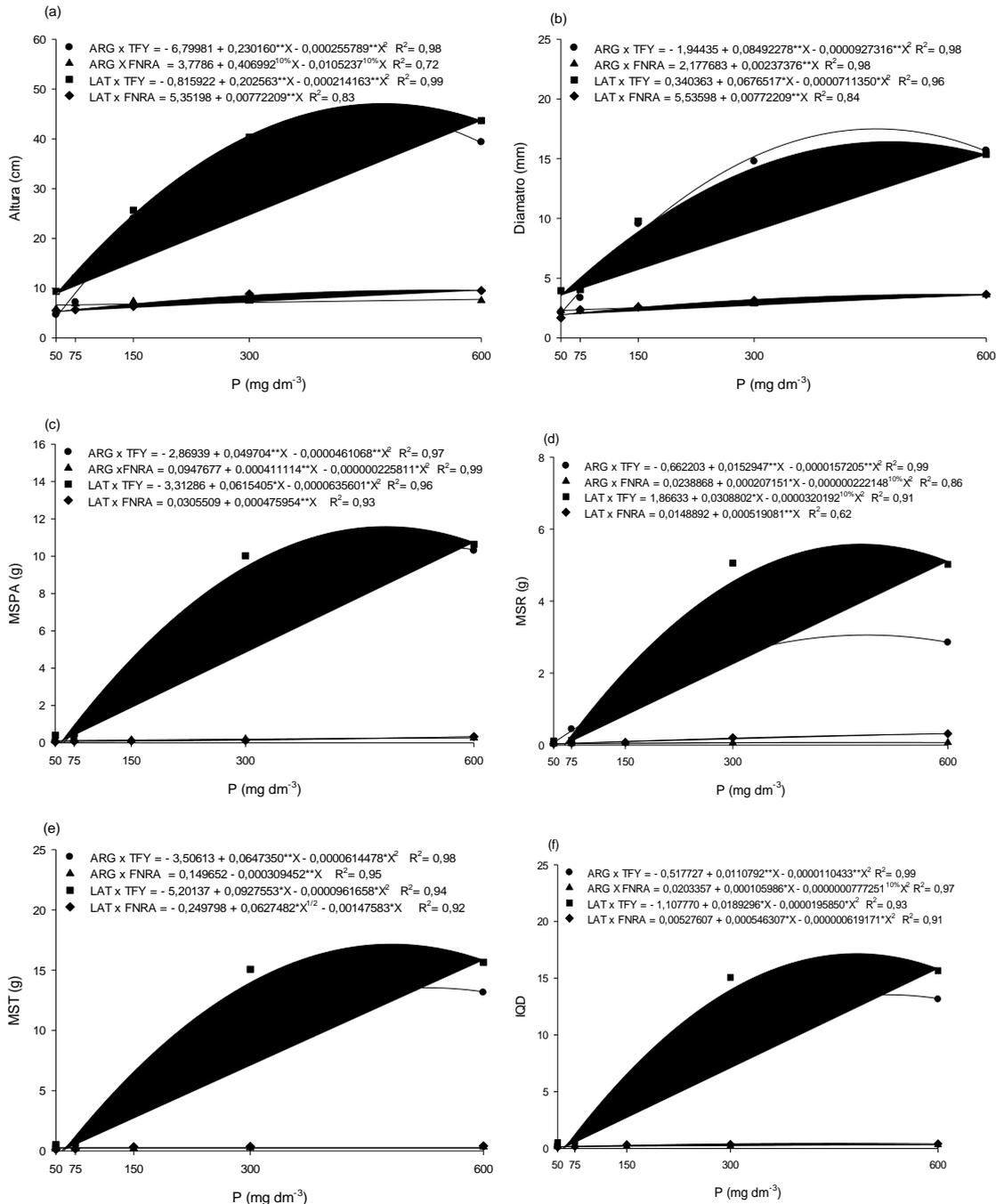
FONTES DE P	ALT	DC	MSPA	MSR	MST	IQD
	-----g.planta <sup>-1</sup> -----					
FNRA	7,166667 b	2,68266 b	0,14240 b	0,13687 b	0,27927 b	0,0722 b
TFY	26,20000 a	9,40066 a	5,03945 a	2,31272 a	7,35217 a	1,4556 a

Medias seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste F.

Quanto a resposta das diferentes variáveis de crescimento para as doses de P, estas mostraram de um modo geral, um comportamento quadrático ao utilizar a fonte TFY e ajuste linear e quadrático para a fonte FNRA (Figura 1). Isto se explica pelo fato de o fosfato natural ser menos solúvel quando comparado ao termofosfato, liberando lentamente o P à solução do solo. Segundo Souza e Yasuda (1995), este adubo apresenta um aumento na solubilidade à medida que o tempo passa, apresentando alto poder residual.

Comportamento quadrático semelhante foi encontrado por Minhoni e Auler (2003) em plantas de mamoeiro para altura, diâmetro e número de folhas, no entanto, a dose máxima aplicada foi de 480 mg de P dm<sup>-3</sup> sendo que houve uma estabilização em doses próximas a 360 mg de P dm<sup>-3</sup> seguido de redução dos valores para estas variáveis. Porém estes resultados entram em contraste

com aqueles obtidos por Melo et al. (2007) que avaliaram o efeito de doses de P no crescimento do mamoeiro em três substratos, não havendo resposta significativa das doses de P.



**Figura 1.** Altura (a), diâmetro do colo (b), matéria seca da parte aérea (c), matéria seca de raiz(d), matéria seca total (e) e índice da qualidade de Dickson (F) de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivada em Argissolo e Latossolo em função das fontes termofosfato Yoorin (TFY) e fosfato natural reativo de Arad (FNRA).

### **5.1.1 Altura e diâmetro**

Em relação às variáveis biométricas altura e diâmetro estas apresentaram um comportamento quadrático (Figura 1a e 1b). De modo geral estas variáveis de crescimento foram influenciadas pelas doses e fontes de P aplicadas, principalmente com a fonte TFY.

Em relação ao comportamento do TFY, provavelmente esse resultado está relacionado a característica de solubilidade que este possui, liberando o P de maneira gradual durante o crescimento das mudas, característica esta, bastante vantajosa. Logo, é possível que esta fonte tenha disponibilizado maior quantidade de P favorecendo a absorção pela planta, como observado por Resende et al. (2006) no milho.

Os resultados obtidos sugerem a importância deste nutriente para o crescimento inicial do mamoeiro e que essa espécie é potencialmente responsiva à adição deste nutriente, sendo justificado por estudos como o de Oliveira (2000) na qual afirma que a utilização de fosfatos como fonte de P provocam aumentos significativos na altura e diâmetro, demonstrando que esta cultura é exigente em fósforo cuja ausência limita severamente o crescimento das mudas.

Os resultados para altura e diâmetro de crescimento estão em consonância com diversos autores (ROCHA, 1987; CANESIN e CORRÊA, 2006; LIMA et al., 1996), obtendo resultados satisfatórios assim como no presente trabalho.

### 5.1.2 Matéria seca

A produção de MSPA, MSR e MST apresentou comportamento semelhante a observado para altura e diâmetro (Figura 1c, 1d, 1e). De acordo com as doses verifica-se um incremento no peso das variáveis a medida que aumentam-se as dose de P.

Esta resposta pode estar relacionada ao crescente acúmulo de P na planta, fazendo com que se tenha maior quantidade de energia metabólica destinada a absorção, transporte e armazenamento de nutrientes, além de compor novas estruturas meristemáticas, principalmente no que se refere a estruturas de novas células como a composição da parede celular pelos fosfolipídios (TAIZ e ZEIGER, 2013; MALAVOLTA, 2006).

O P requerido para o ótimo crescimento das plantas varia conforme a espécie ou órgão analisado de 0,1 a 0,5 % da matéria seca (VICHATO, 2009). Além de promover a formação e o crescimento prematuro de raízes, melhora a eficiência no uso da água, e quando em alto nível no solo, ajuda a manter a absorção deste pelas plântulas, mesmo sob condições de alta tensão de umidade do solo (LOPES, 1989).

Em mudas de mamoeiro, Oliveira (2000) constatou que a utilização de doses de fosfatos provocaram aumentos na produção da matéria seca das mudas. Segundo este autor as respostas encontradas demonstram que esta espécie é exigente em fósforo, cuja ausência limitou severamente o crescimento e conseqüentemente a produção de matéria seca das mudas.

### 5.1.3 Índice da qualidade de Dickson (IQD)

O comportamento apresentado para IQD (Figura 1f) mostra que as mudas produzidas utilizando a fonte TFY apresentaram maiores valores para este parâmetro. Segundo Gomes e Paiva (2004) quanto maior for o valor desse índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas. O IQD é uma fórmula balanceada em que se incluem relações dos parâmetros morfológicos, pois leva em conta, para seu cálculo, a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda (GOMES e PAIVA, 2004).

De modo geral, as fontes TFY, e FNRA tenderam a se comportarem de maneira diferente. Considerando que a fonte TFY é mais solúvel em relação a fonte FNRA, esta promoveu um maior acréscimo nas variáveis de crescimento, refletido com maiores índices nas maiores doses de P, sendo a melhor 600 mg de P dm<sup>-3</sup>.

Entretanto, vale ressaltar que o comportamento das diferentes fontes de P, é reflexo da interação de diversos fatores, como a cultura, as características do solo, a própria natureza química do fertilizante, bem como o tempo de cultivo, sendo este, um aspecto muito importante para as reações de solubilização da fonte que influenciará tanto na disponibilidade do nutriente quanto na perda deste para o solo (SANTOS et al., 2008).

Almeida et al. (2011), trabalhando com formação de mudas de mamoeiro, observaram que as plantas mais bem nutridas apresentaram melhor respostas nas variáveis de crescimento, com um maior IQD, produzindo melhores mudas, estando de acordo com os resultados obtidos por Mendonça et al. (2006) em mudas de mamoeiro. Os resultados obtidos por estes autores evidenciam que o estado nutricional influencia o crescimento, o

desenvolvimento e a qualidade inicial das mudas, mensuradas neste caso pelo IQD, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

## 5.2 Acúmulos de nutrientes na parte aérea

Houve interação dos fatores fontes e doses de P sobre os acúmulos de N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, Fe, B e Mn (Tabelas 3A, 4A, 7A e 8A).

Em relação a fonte de P os maiores valores de acúmulo de nutrientes foram proporcionados pela fonte TFY, diferindo significativamente da fonte FNRA (Tabelas 6, 7, 8 e 9).

**Tabela 6.** Conteúdo de macronutrientes na parte aérea do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em Argissolo sob duas fontes P, aos 60 dias após a germinação.

FONTES DE P	N	P	K	S	Ca	Mg
g.planta <sup>-1</sup>						
FNRA	0,01214 b	0,00029 b	0,00155 b	0,00305 b	0,00255 b	0,00170 b
TFY	0,12072 a	0,01279 a	0,06619 a	0,03251 a	0,06130 a	0,02993 a

Medias seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste F.

**Tabela 7.** Conteúdo de micronutrientes na parte aérea do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em Argissolo sob duas fontes P, aos 60 dias após a germinação.

FONTES DE P	B	Fe	Mn	Zn
mg.planta <sup>-1</sup>				
FNRA	0,007570 b	0,018308 b	0,012289 b	0,003498 b
TFY	0,101584 a	0,279776 a	0,162001 a	0,078149 a

Medias seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste F.

**Tabela 8.** Conteúdo de macronutrientes na parte aérea do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em Latossolo sob duas fontes P, aos 60 dias após a germinação.

FONTES DE P	N	P	K	S	Ca	Mg
g.planta <sup>-1</sup>						
FNRA	0,010008 b	0,000147 b	0,001393 b	0,003033 b	0,002995 b	0,001463 b
TFY	0,138889 a	0,015771 a	0,079452 a	0,036058 a	0,048766 a	0,032783 a

Medias seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste F.

**Tabela 9.** Conteúdo de micronutrientes na parte aérea do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em Latossolo sob duas fontes P, aos 60 dias após a germinação.

FONTES DE P	B	Fe	Mn	Zn
mg.planta <sup>-1</sup>				
FNRA	0,011494 b	0,031121 b	0,012655 b	0,004004 b
TFY	0,146612 a	0,351421 a	0,193415 a	0,100209 a

Medias seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente pelo teste F.

Observa-se que o acúmulo de P foi favorecido pela fonte TFY, o que provavelmente ocorreu em função desta ter maior solubilidade do  $P_2O_5$  em ácido cítrico quando comparada ao FNRA (Tabela 3). O comparativo entre as médias observadas para os acúmulos de nutrientes mostram que, todos os nutrientes tiveram uma redução significativa na fonte FNRA, onde todas as médias para essa fonte representaram valores menores que 10% do valor observado para TFY. Tais resultados mostram que a adoção de uma fonte de solubilização rápida a mediana favorece o acúmulo de nutrientes no mamoeiro em fase de muda.

O acúmulo de nutrientes na parte aérea do mamoeiro foi variável e dependente da fonte utilizada. O acúmulo de macronutrientes na parte aérea do mamoeiro, utilizando como fonte o TFY, obedeceu a seguinte ordem:  $N > K > Ca > S > Mg > P$  (Tabela 6 e 8). Em relação aos micronutrientes houve uma tendência de acúmulo na seguinte ordem:  $Fe > Mn > B > Zn$  (Tabela 7 e 9).

Tais resultados entram em conformidade com Cunha e Haag (1980) que avaliaram a marcha de absorção de nutrientes no mamoeiro em condições de campo observou que a exigência de nutrientes seguia a seguinte ordem  $N > K > Ca > Mg > S > P$  e micronutrientes  $Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo$ , diferindo somente em relação a absorção de S e Mg, no entanto explicado pelo fato de a absorção de Mg ser reduzida ao se fornecer P em doses mais elevadas no mamoeiro como observado por Vichiato et al. (2009). Mostrando que em condições em que não há limitação de P, há pouca variação no conteúdo de nutrientes na parte aérea do mamoeiro.

No entanto, para a fonte FNRA a ordem de acúmulo de macronutrientes na parte aérea do mamoeiro foi:  $N > S > Ca > Mg > K > P$  (Tabela 6 e 8) e

micronutrientes: Fe > Mn > B > Zn (Tabela 7 e 9), indicando que na condição em que o P é o elemento limitante, há uma redução na absorção do K. Esta relação de P e K possivelmente ocorreu devido a baixa concentração de P no solo reduzir a absorção de K. Corroborando com este resultado Lana et al. (2010) trabalhando com o estado nutricional de *Coffea arabica* L. observaram efeito igual para os mesmos nutrientes.

Em geral, o P foi o nutriente que apresentou o menor conteúdo, o nitrogênio e o potássio apresentaram-se como os nutrientes mais requeridos pelo mamoeiro (TRINDADE et al., 2000), sendo exigido de forma constante e crescente, durante todo o ciclo da cultura. Dentre os micronutrientes, o mamoeiro apresenta maior exigência de ferro (Fe), seguido pelo manganês (Mn), com uma necessidade intermediária e semelhante para o zinco (Zn) e o boro (B), enquanto o molibdênio (Mo) é o menos absorvido (MARINHO et al., 2002; CUNHA e HAAG 1980; MESQUITA et al. 2010).

Quanto a resposta aos acúmulos de nutrientes para as diferentes doses de P, estas mostraram de um modo geral um comportamento quadrático quando utilizou-se o TFY (Figura 2 e 3).

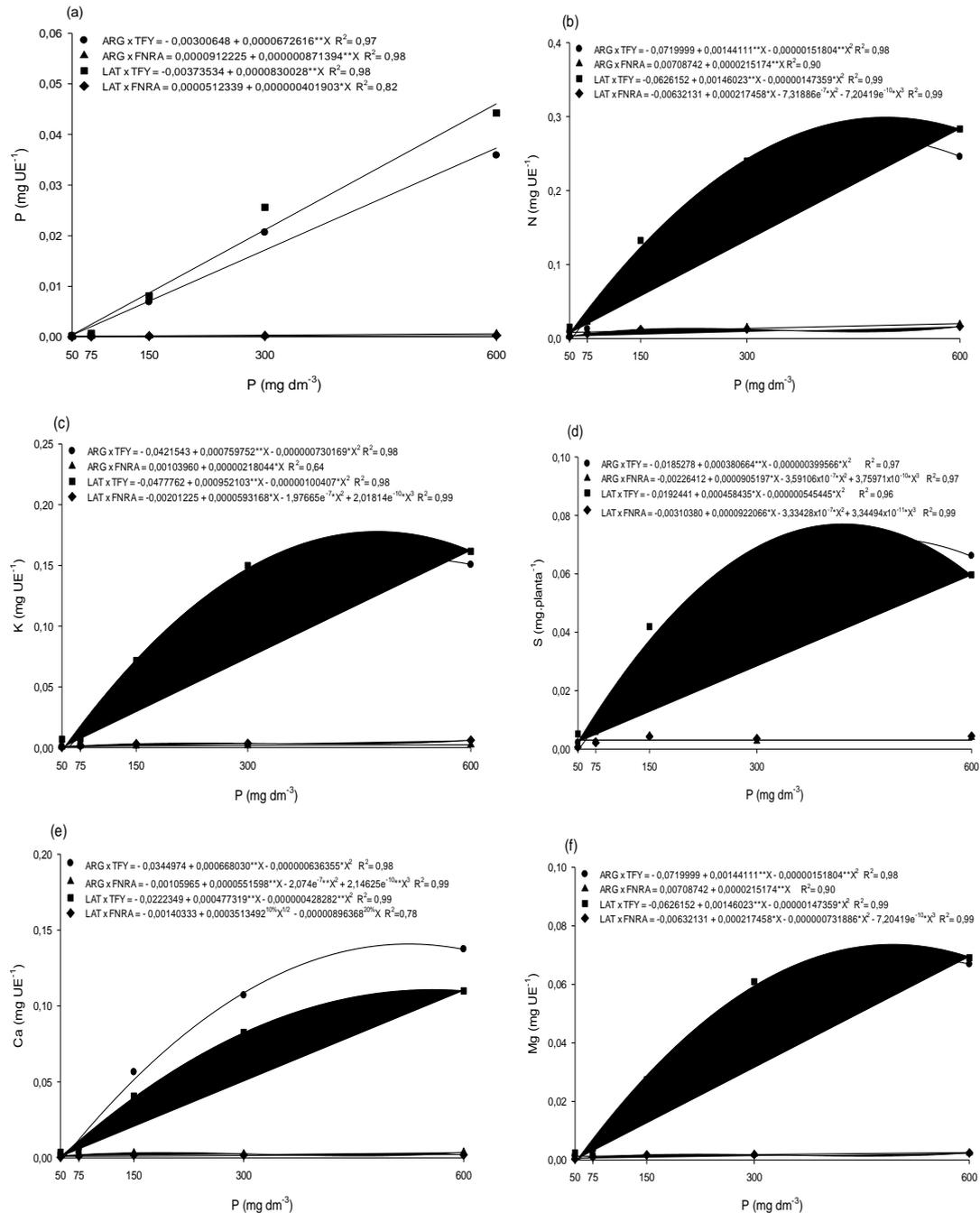
Baseado nas curvas de regressão é possível observar um comportamento linear de acúmulo para N, K, S, Ca e Mg até a dose aproximada de 500 mg de P dm<sup>-3</sup>, a partir da qual há uma tendência de estabilização definido por Marschner (2012) e Mengel e Kirkby (2001) como consumo de luxo, seguido de e uma redução na maior dose de P quando utilizada a fonte TFY (600 mg dm<sup>-3</sup>).

Os resultados obtidos das doses de P para a fonte FNRA (Figura 2 e 3) mostram um comportamento de ajuste a diferentes equações de regressão.

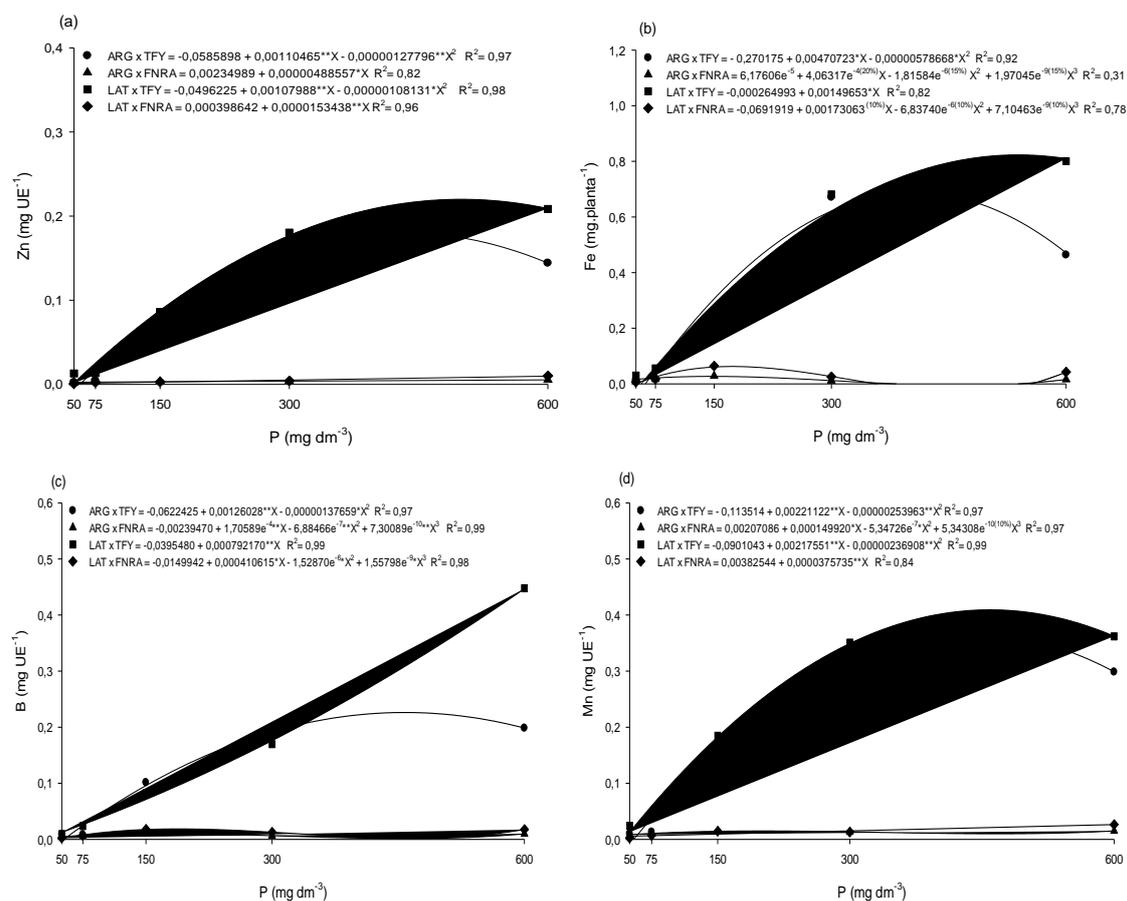
Estes resultados demonstram que a fonte FNRA exerce pouca influência sobre o acúmulo de nutrientes no mamoeiro, o qual necessita uma quantidade maior de P disponível no solo para se obter níveis adequados de nutrientes na planta.

O comportamento resultante do efeito das doses de P na fonte FNRA, demonstra que a utilização desta fonte no desenvolvimento inicial do mamoeiro pode propiciar uma maior ação de agentes externos que atuem de forma desconhecida sobre a absorção e utilização de nutrientes, de forma que, os acúmulos de nutrientes não apresentem um comportamento definido por uma ou duas equações de regressão (linear e/ou quadrático) para esta fonte, como mostram estudos nas mais diversas espécies vegetais (Figura 2 e 3).

Quanto ao solo, é possível observar que em tratamentos contendo Latossolo como substrato, foram encontrados resultados superiores para os conteúdos de nutrientes (Tabela 6, 7, 8 e 9), possivelmente devido a uma distribuição mais uniforme de nutrientes no substrato proporcionado pela maior quantidade de argilas (53,7%), quando comparado ao Argissolo (22,0% de argila), tendo em vista que o maior teor de areia (73,7%) reduz a superfície de troca de íons no solo (NOVAIS et. al. 2007), é possível que as irrigações tenham carregado parte desses nutrientes para as camadas mais profundas do substrato, reduzindo a disponibilidade nos nutrientes na fase inicial de desenvolvimento radicular.



**Figura 2.** Acúmulo de P (a), N (b), K (c), S (d), Ca (e) e Mg (f) na parte aérea do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado em Latossolo e Argissolo em função das fontes termofosfato Yoorin (TFY), fosfato natural reativo de Arad (FNRA).

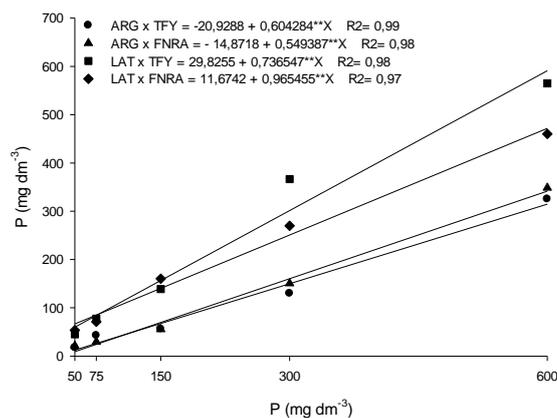


**Figura 3.** Acúmulo de Zn (a), Fe (b), B (c) e Mn (d) na parte aérea do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado em Latossolo e Argissolo em função das fontes termofosfato Yoorin (TFY), fosfato natural reativo de Arad (FNRA).

### 5.3 Disponibilidade de P no solo

As doses crescentes de P proporcionaram um incremento linear na disponibilidade de P para ambos os solo (Figura 4). Maiores teores de P no solo foram encontrados quando utilizou-se a fonte FNRA e TFY em Latossolo como substrato. Possivelmente este resultado deve-se a sorção de P, que inclui tanto adsorção na superfície de minerais quanto sua precipitação como fosfatos de baixa solubilidade, é comum em solos ácidos, relativamente ricos em óxidos de Fe e de Al, como é o caso geral dos Latossolos (MOTTA, et al., 2002).

O fornecimento de doses de P tendo como fonte o FNRA em Argissolo, ainda mostrou-se superior ao TFY quando aplicado no mesmo solo (Figura 4). Possivelmente isto ocorreu devido a liberação de P mais lenta da fonte FNRA quando comparada a TFY, aliando isto a quantidade inferior de sítios de adsorção do P presentes neste solo, apresentando resultados melhores com uma disponibilização de P de maneira mais gradual.



**Figura 4.** Teor de P disponível em Latossolo (LS) e Argissolo (AS) em função das fontes termofosfato yoorin (TFY) e fosfato natural reativo de Arad (FNRA).

Resultados semelhantes foram encontrados por Prado et al. (2005) trabalhando com a produção de mudas de maracujazeiro observaram que a adubação fosfatada, elevou a concentração de P no solo, com o aumento das doses de fertilizante fosfatado ao substrato, havendo um incremento linear nas concentrações de P no solo.

Corroborando com os resultados obtidos Santos et al. (2008) trabalhando com adubação fosfatada na produção de mudas de mogno também verificaram incremento linear na disponibilidade de P no solo a partir do aumento da doses do fertilizante fosfatado.

Outro fator ao qual os resultados podem estar relacionados é a composição de cada fonte, aliada as características físicas de cada tipo de solo

e ao método de extração de P utilizado para se estimar o P disponível. Portanto, o resultado de P disponível pode ter sido influenciado pelo método de extração de P no solo, já que o Mehlich-1 é um extrator de características ácidas que possui a capacidade de solubilizar o P ligado a Fe e Al, desta maneira este extrator superestima o P disponível (RAIJ e DIEST, 1980; RAIJ et al., 1986).

No comparativo das fontes, os termofosfatos, apresentam o processo de dissolução do fósforo mais acelerado quando comparado com o fosfato natural. Entretanto, a longo prazo, o fósforo residual do fosfato natural poderá se equiparar ou mesmo até superar os resultados do termofosfato (STEFANUTTI et al., 1995).

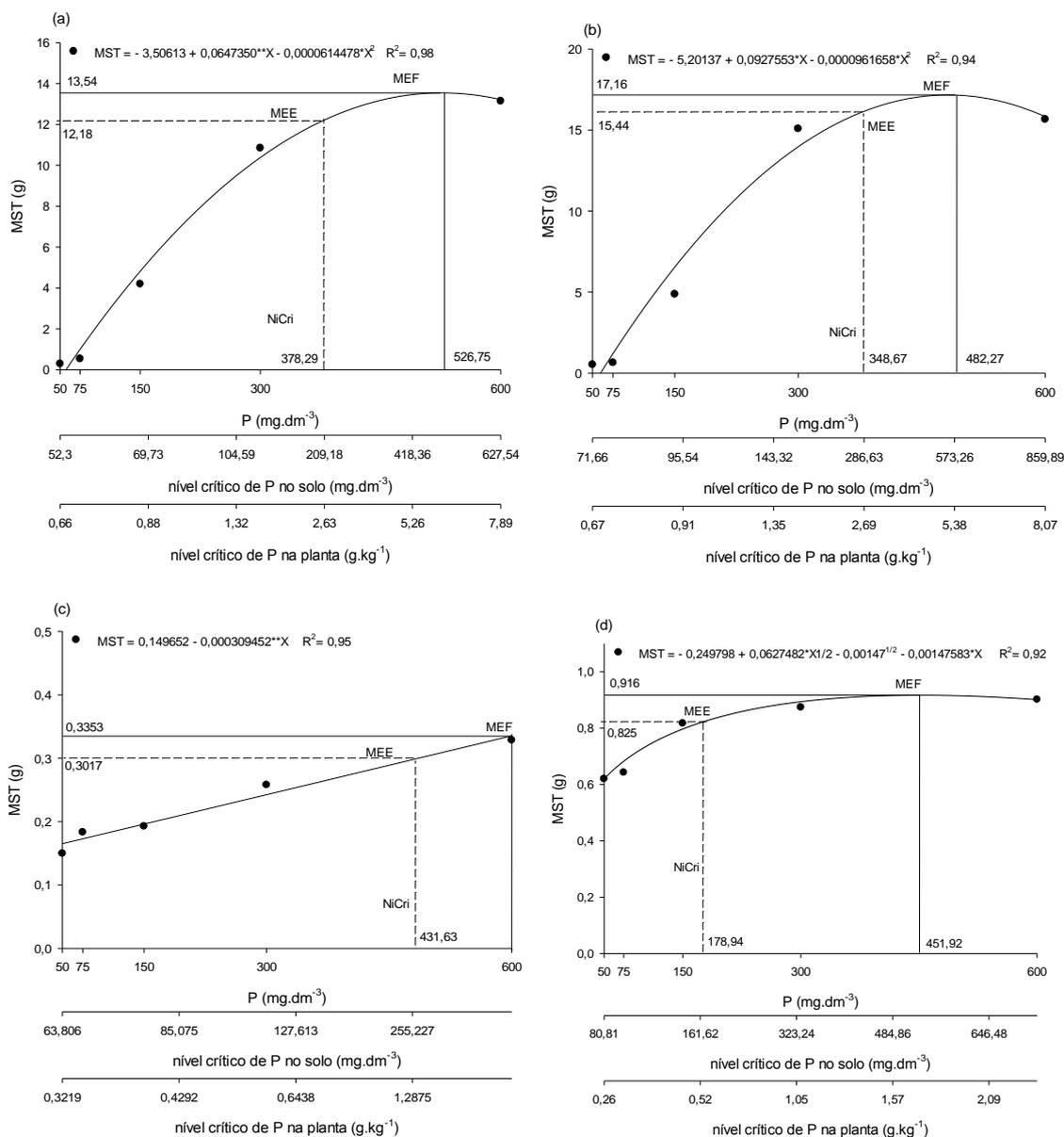
#### **5.4 Máxima Eficiência Física (MEF), Máxima Eficiência Econômica (MEE) e Nível Crítico (NC)**

A MST apresentou um comportamento quadrático em ambos os solos quando aplicado a fonte TFY (Figura 1e), onde a MEF foi de 13,54 e 17,16 g.planta<sup>-1</sup> de MST, nas doses 526,75 e 482,27 mg de P dm<sup>-3</sup> em Argissolo e Latossolo respectivamente (Figura 5a e 5b).

A MEE obtida a partir da fonte TFY foi estimada em 12,18 g planta<sup>-1</sup> de MST na dose 378,29 mg de P dm<sup>-3</sup> em Argissolo, e, 15,44 g planta<sup>-1</sup> de MST, na dose 348,67 mg de P dm<sup>-3</sup> em Latossolo (Figura 5a e 5b).

Os níveis críticos de P para a fonte TFY foram 209,18 mg de P dm<sup>-3</sup> no solo e 2,63 mg de P planta<sup>-1</sup> na dose 378,29 mg de P dm<sup>-3</sup> em Argissolo, e, 286,73 mg de P dm<sup>-3</sup> no solo e 2,69 mg de P planta<sup>-1</sup> na dose 348,67 mg de P dm<sup>-3</sup> em Latossolo (Figura 5a e 5b).

As doses recomendadas para a formação de mudas de mamoeiro utilizando o TFY foram 331,90 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo e 374,75 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo para Argissolo e Latossolo respectivamente.



**Figura 5.** Máxima eficiência física (MEF), econômica (MEE) e nível crítico (NiCri) de P no solo e na matéria seca total de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em função da fonte termofosfato Yoorin em Argissolo (a) e Latossolo (b) e em função do fosfato natural reativo de Arad em Argissolo (c) e Latossolo (d) sob diferentes doses de P.

A MST apresentou um comportamento linear e em base raiz quando aplicado a fonte FNRA (Figura 1e), onde a MEF foi de 0,33 e 0,91 g planta<sup>-1</sup> de MST, nas doses 600,00 e 451,92 mg de P dm<sup>-3</sup> em Argissolo e Latossolo respectivamente (Figura 5c e 5d).

A MEE obtida a partir da fonte FNRA foi estimada em 0,30 g planta<sup>-1</sup> de MST na dose 431,63 mg de P dm<sup>-3</sup> em Argissolo, e, 0,82 g planta<sup>-1</sup> de MST, na dose 178,94 mg de P dm<sup>-3</sup> em Latossolo (Figura 5c e 5d).

Os níveis críticos de P para a fonte FNRA foram 255,22 mg de P dm<sup>-3</sup> no solo e 1,28 mg de P planta<sup>-1</sup> na dose 431,63 mg de P dm<sup>-3</sup> em Argissolo, e, 161,62 mg de P dm<sup>-3</sup> no solo e 0,52 mg de P planta<sup>-1</sup> na dose 178,94 mg de P dm<sup>-3</sup> em Latossolo (Figura 5c e 5d).

As doses recomendadas para a formação de mudas de mamoeiro utilizando o FNRA foram 451,64 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo e 205,41 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo para Argissolo e Latossolo respectivamente.

Observa-se que há um incremento de 3,62 g na MST planta<sup>-1</sup> das mudas de mamoeiro cultivado em Latossolo utilizando a fonte TFY quando comparado com Argissolo aplicado esta mesma fonte. Este mesmo comportamento se refletiu sobre a MEE, sendo a diferença de 3,26 g de MST planta<sup>-1</sup> entre Latossolo e Argissolo.

Para a fonte FNRA, observa-se que há um incremento de 0,58 g na MST planta<sup>-1</sup> das mudas de mamoeiro cultivado em Latossolo quando comparado com Argissolo utilizando esta mesma fonte. Este mesmo comportamento se refletiu sobre a MEE, sendo a diferença de 0,52 g de MST planta<sup>-1</sup> entre Latossolo e Argissolo.

Em relação ao nível crítico de P no solo, é possível observar uma exigência maior de mg de P dm<sup>-3</sup> no Latossolo em comparação com o Argissolo ao utilizar-se a fonte TFY. Tal exigência proporcionou um maior nível crítico de P na MST do mamoeiro sendo seu ganho de 0,06 g kg<sup>-1</sup> de P ao utilizar o TFY em Latossolo.

Para a fonte FNRA, é possível observar uma maior exigência em mg de P dm<sup>-3</sup> no Argissolo em comparação com o Latossolo, o que proporcionou um maior nível crítico de P na MST do mamoeiro sendo seu ganho de 0,76 g kg<sup>-1</sup> de P, ao utilizar-se o FNRA em Argissolo.

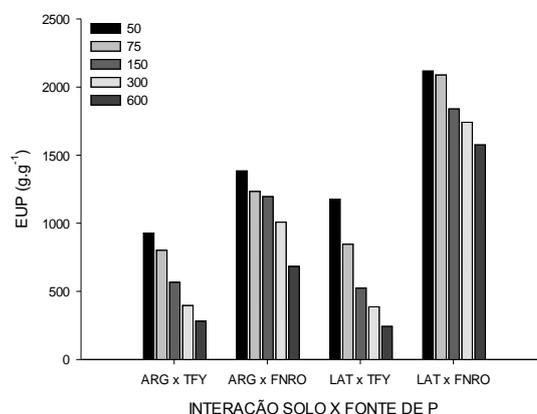
Ao utilizarem-se ambas as fontes observou-se um comportamento diferenciado para a MEF, MEE e nível crítico entre os solos, e possivelmente, tenha ocorrido em função da estrutura química e física de cada um. Passos (1994) explica que, em solos argilosos a maior parte do fósforo aplicado é rapidamente fixado, não permanecendo prontamente disponível para as plantas. No entanto, o Latossolo apresentou melhores resultados quando comparado ao Argissolo, por este apresentar um elevado teor de areia (Tabela 1) e como consequência menos sítios de adsorção e troca de cátions.

A magnitude do fenômeno de adsorção de P depende da natureza e da quantidade de sítios disponíveis na superfície dos minerais, sendo, por isso, dentro de uma mesma mineralogia, afetada pelo maior teor de argila (LEAL e VELOSO, 1973; BAHIA FILHO et al., 1983). Assim, em solos deficientes em P e com grande quantidade de argilominerais e óxidos, a adsorção de P é maior e, para o atendimento da exigência das culturas, são exigidos níveis de adubação fosfatada mais elevados do que para solos mais arenosos (MOTTA et al., 2002).

## 5.5 Eficiência de utilização de P

A eficiência de utilização de fósforo está relacionada à capacidade da planta em manter boa produção de biomassa mesmo em condições de baixo suprimento de P (LUCA et al., 2002).

Em relação à eficiência de utilização de P (EUP) observa-se nas mudas de mamoeiro uma tendência das condições que restringem a disponibilidade de P no solo, aumentarem a EUP. Conforme as doses de P decrescem aumenta-se a EUP, apresentando comportamento semelhante para ambas as fontes (Figura 6).



**Figura 6.** Eficiência de utilização de P (EUP) de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivadas em Latossolo (LS) e Argissolo (AS).

Segundo Vance et al. (2003), vários eventos moleculares regulam as respostas das plantas à deficiência de P resultando em mudanças bioquímicas que facilitam a aquisição desse nutriente. Segundo este mesmo autor, entre esses mecanismos, incluem as modificações na arquitetura do sistema radicular que surgem em resposta às condições do solo, redução na taxa de crescimento, a maior produção de biomassa por unidade de P absorvido e a remobilização do P interno.

É importante ressaltar que as variações na eficiência de uso do P também estão relacionadas com as condições que proporcionam maior ou menor aproveitamento desse nutriente pela planta, entre eles o Fator Capacidade de Fósforo (FCP) dos solos (RESENDE et al., 2006).

Foram observados aumentos progressivos e substanciais na eficiência de utilização de P (Figura 6). Esse comportamento mostra que em solo adubado pela primeira vez é muito mais forte a competição dele com a planta pelo P do fertilizante (SANTOS et al., 2011). Nessa situação, o acúmulo do nutriente pela planta é restringido, e esta é forçada a otimizar o metabolismo, em função da quantidade que consegue absorver do nutriente.

De acordo com Schachtman et al. (1998), quando o suprimento de P é limitado, as plantas crescem mais e as raízes aumentam a taxa de absorção, retranslocam o fósforo inorgânico (Pi) das folhas velhas e promovem uma depleção do Pi armazenado no vacúolo.

Num curto tempo, os fertilizantes fosfatados, quando aplicados, são mais eficientemente utilizados sobre solos com baixo teor de P, porém, em longo prazo, após significativa quantidade de P ter sido adsorvida, ocorre equilíbrio com a dose de P aplicada (HELYAR, 1998). A EUP contribui para minimizar a restrição ao crescimento vegetal em condições de limitação no suprimento do nutriente.

## 6. CONCLUSÕES

1. Os teores de P disponível no substrato aumentaram linearmente, independente da fonte.
2. A fonte TFY proporcionou o maior acúmulo de P independente do solo.
3. Os níveis críticos de P para a fonte TFY foram 209,18 mg de P dm<sup>-3</sup> no solo e 2,63 mg de P planta<sup>-1</sup> na dose 378,29 mg de P dm<sup>-3</sup> em Argissolo, e, 286,73 mg de P dm<sup>-3</sup> no solo e 2,69 mg de P planta<sup>-1</sup> na dose 348,67 mg de P dm<sup>-3</sup> em Latossolo.
4. Os níveis críticos de P para a fonte FNRA foram 255,22 mg de P dm<sup>-3</sup> no solo e 1,28 mg de P planta<sup>-1</sup> na dose 431,63 mg de P dm<sup>-3</sup> em Argissolo, e, 161,62 mg de P dm<sup>-3</sup> no solo e 0,52 mg de P planta<sup>-1</sup> na dose 178,94 mg de P dm<sup>-3</sup> em Latossolo.
5. As doses recomendadas para a formação de mudas de mamoeiro utilizando o TFY foram 331,90 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo e 374,75 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo para Argissolo e Latossolo respectivamente.
6. As doses recomendadas para a formação de mudas de mamoeiro utilizando o FNRA foram 451,64 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo e 205,41 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo para Argissolo e Latossolo respectivamente.
7. A melhor fonte na produção de mudas de mamoeiro é o TFY.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, C.; HEBLING, S. A. Efeitos de diferentes fontes de fósforo no crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. **Natureza on line**, v.3, p.13–18. 2005.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2006. 452 p.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2011. 482 p.

ALMEIDA, J. P. N.; DANTAS, L.G. B.; PEREIRA, E. C.; TOSTA, M. S.; MEDEIROS, P. V. Q. Composição de substratos alternativos com capítulo de girassol na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Verde**, v.6, n.1, p. 174 – 178, 2011.

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JÚNIOR, E. S.; SOUZA, R. B. e FONSECA, C. A. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 131p.

ALVES, A. R.; PASSOS, M. A. A.; SILVA, J. A. A.; FREIRE, M. B. G. S. Níveis críticos de fósforo para crescimento inicial de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) em solos da zona da mata em Pernambuco. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.1, p.240-250, 2008.

ANGHINONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, v.1, p.537-558, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO - POTAFOS. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Boletim técnico, 95. Piracicaba: POTAFOS. 2001. 16p.

BAHIA FILHO, A. F. C.; BRAGA, J. M.; RESENDE, M. e RIBEIRO, A. C. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de Latossolos do Planalto Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.221-226, 1983.

BARKER A. V., PILBEAM D. J. **Handbook of plant nutrition**. London: Taylor and Francis, 2006. 632p.

BONFIM, E. M. S.; FREIRE F. J.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, T. J. A.; FREIRE, M. B. G. S. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.281-288, 2004.

BRASIL, E. C. **Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados**. 160f. Dissertação (Mestrado em Solos e

Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

CAMARGO, P. N.; SILVA, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: HERBA, 1990. 256p.

CANESIN, R. C. F. S e CORRÊA, L. S. Uso de esterco associado à adubação mineral na produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p.481-486, 2006.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas de espécies florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF. 1995. 451p.

CARVALHO, A. M.; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P.; KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.61-67, 1995.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. p.359.

CORRÊA, M. C.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; OLIVEIRA, I. V. M.; ALMEIDA, E. V. Adubação com zinco na formação de mudas de mamoeiro. **Revista Caatinga**, v.18, n.4, p.245-250, 2005.

CUNHA, R. J. P. e HAAG, H. P. Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.): V. marcha de absorção de nutrientes em condições de campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. Piracicaba, v.37, n.2, p. 631-668, 1980.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest. Chronicles**, v.36, p.10-13,1960.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 221p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Normas de produção de mudas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 38p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

FALCAO, N. P. S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão hawái (*Carica papaya* L.). **Acta Amazonica**, v.36, n.4, p. 401-406, 2006.

FERNANDES, F. M.; CANASIN, R. C. F. S.; CORRÊA, L. de S. Adubação orgânica e/ou mineral no crescimento de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Produção mundial de alimentos**. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org.br/>>. Acessado em: 25 de agosto de 2014.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. E. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p.5-8, 1980.

FREIRE, F. M.; LOGAN, K. A. B.; THOMAS, R. J. Manejo da fertilidade do solo em pastagens. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.6, p.44-53, 2005.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Avaliação preliminar de fosfatos com acidulação parcial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, p.75-80, 1986.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; **Viveiros florestais: [propagação sexuada]**. 3.ed.- Viçosa: UFV, 2004. 116p.

GONÇALVES, E. C. P.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R. Fontes de fósforo no crescimento de porta-enxerto de seringueira sob condições de viveiro. **Revista Floresta**, v.40, n.4, p.813-818, 2010.

HATCHER, J. T. e WILCOX, L. V. Colorimetric determination of boron using carmine. **Analytical Chemistry**, v.22, p.567-569, 1950.

HELYAR, K.R. Efficiency of nutrient utilization and sustaining soil fertility with particular reference to phosphorus. **Field Crops Res.**, v.56, p.187-195, 1998.

HOLLMANN, P. **Culturas perenes e o fosfato natural reativo de Arad. Série grandes culturas**. Boletim técnico, 01. Porto Alegre: Ouro Verde Fertilizantes. 2004. 2p.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Revista Ciência Rural**, v.33, n.1, p. 41-47, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal - Culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 101p.

KAMINSKI, J.; PESSOA, A. C. dos S.; RHEINHEIMER, D. dos S. Efeito do tempo de incubação de termofosfato magnésiano no solo e inoculação com

fungos micorrízicos na recuperação de fósforo pelo capim-pensacola. **Revista Ciência Rural**, v.27, n.3, p.407-412, 1997.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LANA, R. M. Q.; OLIVEIRA, S. A.; LANA, A. M. Q.; FARIA, M. V. Levantamento do estado nutricional de plantas de *Coffea arabica* L. pelo DRIS, na região do Alto Paranaíba – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1147-1156, 2010.

LEAL, J. R. e VELOSO, A. C. S. Adsorção de fosfato em Latossolo sob vegetação de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, p.81-88, 1973.

LIMA, M. L. F. N.; PEIXOTO, J. R.; KORNDORFER, G. H.; BORGES, E. N.; ANGELIS, B.; MELO, B. Efeito da composição do substrato na formação de mudas de mamoeiro cv Sunrise solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14. 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IAPAR, p. 295, 1996.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**, São Paulo: ANDA, POTAFOS. 1989. 153p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos**. 3ed. São Paulo: ANDA, 2000. 72 p.

LUCA, E. F. de; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; CHITOLINA, J. C. Eficiência de absorção e utilização de fósforo por mudas de eucalipto e arroz. **Scientia Agricola**, v.59, p.543-547, 2002.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARINHO, C. S.; MONNERAT, P.H., CARVALHO, A. J.C.; MARINS, S.L.D.; VIEIRA, A. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros Solo e Formosa. **Scientia Agricola**, v.59, p. 373-381, 2002.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London Academic Press, 2012. 651p.

MEDEIROS, E. V.; CARVALHO NETO, R. A.; MENDONÇA, V.; JESUS, D. D.; MELO, J. K. H.; ARAUJO, F. A. R. Superfosfato triplo e substrato alternativo na

produção de mudas de mamoeiro. **Bioscience Journal**, v.25, n.2, p.55-62, 2009.

MELO, A. S.; COSTA, C. X.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA JÚNIOR, C. D. Produção de mudas de mamoeiro em diferentes substratos e doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.4, p.257-261, 2007.

MENDONÇA, V.; ABREU, N. A. A.; GURGEL, R. L. S.; FERREIRA, E. A.; ORBES, M. Y.; TOSTA, M. S. Crescimento de mudas de mamoeiro “formosa” em substratos com a utilização de composto orgânico e superfosfato simples. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.5, p.861-868, 2006.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MESQUITA, E. F.; CAVALCANTE, F. C.; GONDIM, S. C.; CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, I. H. L.; GONDIM, P. C. Teores foliares e exportação de nutrientes do mamoeiro Baixinho de Santa Amália tratado com biofertilizantes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 27-39, 2010.

MINHONI M. T. A. e AULER P. A. M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.841-847. 2003.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 562-564, 1982.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Fontes, doses e extratores de fósforo em alfafa e centrosema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36. n.12. p.1519-1527, 2001.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, L. A. C. Eficiência de fontes e doses de fósforo na alfafa e centrosema cultivadas em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.10, p.1459-1466, 2002.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; VIRGENS FILHO, A. C.; SILVEIRA, R. L. V. A.; ABREU, J. B. R. Avaliação da disponibilidade do fósforo no solo por métodos isotópico, químico e biológico. **Scientia Agrícola**, v.54, n.1, p.78-84, 1997.

MOTTA, P. E. F.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J. O.; RAIJ, B.; FURTINI NETO, A. E. e LIMA, J. M. Adsorção e formas de fósforo em latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.349-359, 2002.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp.

Níveis críticos de implantação e de manutenção. **Revista Árvore**, v.10, n.1, p. 105-111, 1986.

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

NOVAIS, R. F. & SMYTH, T. J. e NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R.B. e NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.

NUNES, F. N.; CANTARUTTI, R. B.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R. da; TÓTOLA, M. R.; RIBEIRO, B. N. Atividade de fosfatases em gramíneas forrageiras em resposta à disponibilidade de fósforo no solo e à altura de corte das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1899-1909, 2008.

OLIVEIRA, P. R. A. **Efeitos do fósforo e zinco na nutrição e crescimento de mudas de mamoeiro e mangabeira**. 184f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S. de; CORSI, M. Efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1715-1728, 2007.

PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial de Algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 54f. Tese (Doutorado em solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

PONTES, H. M.; FIGUEIREDO, A. F.; MELO, B.; TUCCI, C. A. F. Substratos para a produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) na Amazônia Ocidental. **Revista da Universidade do Amazonas: Série Ciências Agrárias**, v.1, n.1, p.57-64, 1991.

PRADO, R. M. de; VALE, D. W. do.; ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.3, p.493-498, 2005.

RAIJ, B. van; DIEST, A. Van. Phosphate supplying power of rock phosphate in an Oxisol. **Plant and Soil**, The Hague, v.55, n.1, p.97-104, 1980.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. da. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.17, n.5, p.547- 566, 1986.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RESENDE, A. V. de.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; LAGO, F. J. do. Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do Cerrado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.458-466, 2006.

ROCHA, A. C. da. **Efeito da matéria orgânica e do super fosfato simples na formação de mudas de mamoeiro (Carica papaya L. cv. Solo)**. 52f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1987.

RUGGIERO, C. **Mamão**. Jaboticabal: FCAV Unesp, 1988. 428 p.

RUGGIERO, C.; MARIN, S. L. D. e DURIGAN, J. F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.33, n.1, p.76-82, 2011.

SANTOS, I. P. A. dos; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; MORAIS, A. R.; MESQUITA, E. E.; FARIA, D. J. G.; ROCHA, G. P. Frações de fósforo em gramíneas forrageiras sob fontes e doses de fósforo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.5, p.961-970, 2006.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema de plantio direto. **Revista Ciência Rural**, v.38, n.2, p. 576-586, 2008.

SANTOS, L. P. **Embrapa realiza pesquisas com mamão no Amazonas**. 2009. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/212715.htm>. Acessado em: 25 de Agosto de 2010.

SANTOS, J. Z. L.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V. de; CARNEIRO, L. F.; CURI, NILTON. MORETTI, B. da S. Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada em solos de cerrado com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2011, vol.35, n.1, pp. 193-202.

SCHACHTAMAN, D.P.; REID, R.J. & AYLING, S.M. Phosphorus uptake by plant: From soil to cell. **Plant Physiology**, v.116, p.447-453, 1998.

SCHMITZ, A.; SOUZA, P.; KAMPF, A. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Revista Ciência Rural**, v.32, p.937-944, 2002.

SILVA, T. A. F.; TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L. BATISTA, I. M. P.; MIRANDA, J. F.; SOUZA, M. M. Calagem e adubação fosfatada para a produção de mudas de *Swietenia macrophylla* King. **Revista Floresta**, v.41, n.3, p.459-470, 2011.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. 2ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 168p.

SOUZA, J. S. Aspectos socioeconômicos. **Mamão produção: aspecto técnico**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 2000. 10 p.

SOUZA, E. C. A.; YASUDA, M. **Uso agrônomico do termofosfato no Brasil**. São Paulo: Fertilizantes Mistui. 1995. 60 p.

STEFANUTTI, R.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Recuperação do fósforo residual do solo, derivado de um termofosfato magnesiano com diferentes granulometrias e do superfosfato simples granulado. **Scientia Agrícola**, v.52, n.2, p. 233-238, 1995.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TOKURA, A. M.; FURTINI NETO, A. E.; CARNEIRO, L. F.; CURI, N.; SANTOS, J. Z. L.; ALOVISI, A. A. Dinâmica das formas de fósforo em solos de textura e mineralogia contrastantes cultivados com arroz. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.1, p.171-179, 2011.

TRINDADE, A. V.; FARIA, N. G. e ALMEIDA, F. P. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizados com fungos micorrízicos. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p.1389-1394, 2000.

TUCCI, C. A. F.; BRAGA, J. M.; RIBEIRO, A. C. Adubação fosfatada em solos da região amazônica: uso de metodologia com base no P disponível, no nível crítico e na declividade de P recuperado. **Revista Cerne**, v.39, n.225, p.449-461, 1992.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v.157, p.423-447, 2003.

VICHIATO, M.; CARVALHO, J. G.; VICHIATO, M. R. M. e SILVA, C. R. R. Interações fósforo-magnésio em mudas de mamoeiros Tainung nº. 1 e Improved Sunrise Solo 72/12. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, vol.33, n.5, p.1265-1271, 2009.

## APÊNDICE

Tabela 1A. Resumo da análise de variância para o Argissolo das variáveis altura (ALT), diâmetro do colo (DAM), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR).....	50
Tabela 2A. Resumo da análise de variância para o Argissolo das variáveis matéria seca da raiz matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), eficiência de utilização de P (EUP) e acúmulo de P na parte aérea (P).50	
Tabela 3A. Resumo da análise de variância para o Argissolo das variáveis acúmulo de N na parte aérea (N), acúmulo de K na parte aérea (K), acúmulo de S na parte aérea (S), acúmulo de Ca na parte aérea (Ca) e acúmulo de Mg na parte aérea (Mg). .....	50
Tabela 4A. Resumo da análise de variância para o Argissolo das variáveis acúmulo de Zn na parte aérea (Zn), acúmulo de Fe na parte aérea (Fe), acúmulo de B na parte aérea (B) e acúmulo de Mn na parte aérea (Mn). .....	50
Tabela 5A. Resumo da análise de variância para o Latossolo das variáveis altura (ALT), diâmetro do colo (DAM), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR).....	51
Tabela 6A. Resumo da análise de variância para o Latossolo das variáveis matéria seca da raiz matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), eficiência de utilização de P (EUP) e acúmulo de P na parte aérea (P).51	
Tabela 7A. Resumo da análise de variância para o Latossolo das variáveis acúmulo de N na parte aérea (N), acúmulo de K na parte aérea (K), acúmulo de S na parte aérea (S), acúmulo de Ca na parte aérea (Ca) e acúmulo de Mg na parte aérea (Mg). .....	51
Tabela 8A. Resumo da análise de variância para o Latossolo das variáveis acúmulo de Zn na parte aérea (Zn), acúmulo de Fe na parte aérea (Fe), acúmulo de B na parte aérea (B) e acúmulo de Mn na parte aérea (Mn). .....	51

## 8. ANEXOS

**Tabela 1A.** Resumo da análise de variância para o Argissolo das variáveis altura (ALT), diâmetro do colo (DAM), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR).

FV	GI	QM			
		ALT	DAM	MSPA	MSR
DOSE	4	438.5572**	68.35711**	33.74393**	2.372985**
FONTE	1	1851.816**	303.7537**	132.8895**	14.07059**
DOSE*FONTE	4	379.8288**	50.56526**	32.09371**	2.257633**
Resíduo	20	5.184667	0.6624933	1.146086	0.2048888
CV	-	15.340	13.757	47.071	61.496

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 2A.** Resumo da análise de variância para o Argissolo das variáveis matéria seca da raiz matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), eficiência de utilização de P (EUP) e acúmulo de P na parte aérea (P).

FV	GI	QM			
		MST	IQD	EUP	P
DOSE	4	53.71773**	1.368134**	3811056**	0.000362**
FONTE	1	233.3188**	7.069234**	0.1905637E+08**	0.001173**
DOSE*FONTE	4	51.29845**	1.300473**	2264616**	0.000344**
Resíduo	20	1.204983	0.8332184E-01	60805.94	0.000005
CV	-	36.455	55.299	19.718	34.37

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 3A.** Resumo da análise de variância para o Argissolo das variáveis acúmulo de N na parte aérea (N), acúmulo de K na parte aérea (K), acúmulo de S na parte aérea (S), acúmulo de Ca na parte aérea (Ca) e acúmulo de Mg na parte aérea (Mg).

FV	GI	QM				
		N	K	S	Ca	Mg
DOSE	4	0.020777**	0.007073**	0.001428**	0.005686**	0.001379**
FONTE	1	0.088426**	0.031338**	0.006508**	0.025881**	0.005978**
DOSE*FONTE	4	0.017559**	0.006877**	0.001297**	0.005387**	0.001281**
Resíduo	20	0.000390	0.000124	0.000030	0.000107	0.000025
CV	-	29.71	32.88	30.78	32.46	31.60

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 4A.** Resumo da análise de variância para o Argissolo das variáveis acúmulo de Zn na parte aérea (Zn), acúmulo de Fe na parte aérea (Fe), acúmulo de B na parte aérea (B) e acúmulo de Mn na parte aérea (Mn).

FV	GI	QM			
		Zn	Fe	B	Mn
DOSE	4	0.008424**	0.120373**	0.013422**	0.034746**
FONTE	1	0.041795**	0.512741**	0.066290**	0.168101**
DOSE*FONTE	4	0.007972**	0.125535**	0.012710**	0.032658**
Resíduo	20	0.00017	0.001977	0.000282	0.000716
CV	-	32.12	29.83	30.77	30.71

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 5A.** Resumo da análise de variância para o Latossolo das variáveis altura (ALT), diâmetro do colo (DAM), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR).

FV	GI	QM			
		ALT	DAM	MSPA	MSR
DOSE	4	462.5708**	54.85747**	38.88643**	10.48204**
FONTE	1	2717.008**	338.4864**	179.8585**	35.50732**
DOSE*FONTE	4	291.3208**	32.52266**	36.27815**	8.784362**
Resíduo	20	11.60833	1.188063	0.8430999	0.5178465
CV	-	20.422	18.041	35.439	58.754

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 6A.** Resumo da análise de variância para o Latossolo das variáveis matéria seca da raiz matéria seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), eficiência de utilização de P (EUP) e acúmulo de P na parte aérea (P).

FV	GI	QM			
		MST	IQD	EUP	P
DOSE	4	87.62676**	3.685585**	3528817**	0.000544**
FONTE	1	375.1944**	14.35465**	0.1697279E+08**	0.001831**
DOSE*FONTE	4	82.44448**	3.493006**	3123161**	0.000533**
Resíduo	20	2.167056	0.1442302	94753.54	0.000005
CV	-	38.580	49.711	29.554	27.49

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 7A.** Resumo da análise de variância para o Latossolo das variáveis acúmulo de N na parte aérea (N), acúmulo de K na parte aérea (K), acúmulo de S na parte aérea (S), acúmulo de Ca na parte aérea (Ca) e acúmulo de Mg na parte aérea (Mg).

FV	GI	QM				
		N	K	S	Ca	Mg
DOSE	4	0.024302**	0.008772**	0.001408**	0.003343**	0.001526**
FONTE	1	0.124578**	0.043960**	0.008180**	0.016830**	0.007357**
DOSE*FONTE	4	0.020602**	0.007912**	0.001172**	0.003202**	0.001392**
Resíduo	20	0.000315	0.000098	0.000022	0.000039	0.000017
CV	-	23.84	24.02	23.77	25.06	23.73

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 8A.** Resumo da análise de variância para o Latossolo das variáveis acúmulo de Zn na parte aérea (Zn), acúmulo de Fe na parte aérea (Fe), acúmulo de B na parte aérea (B) e acúmulo de Mn na parte aérea (Mn).

FV	GI	QM			
		Zn	Fe	B	Mn
DOSE	4	0.013402**	0.206277**	0.051020**	0.042753**
FONTE	1	0.069415**	0.769441**	0.136927**	0.245056**
DOSE*FONTE	4	0.011759**	0.191203**	0.046161**	0.035343**
Resíduo	20	0.000154	0.001755	0.000488	0.000568
CV	-	23.82	21.90	27.94	23.14

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.