



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
E AMBIENTAIS – PPGCIFA**

**CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA A PRODUÇÃO DE
MUDAS DE MOGNO (*Swietenia macrophylla* King) E
CEDRO (*Cedrela fissilis* Vell.)**

TÊRES ANTÔNIO FABRÍCIO DA SILVA

MANAUS

2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
E AMBIENTAIS – PPGCIFA**

TÊRES ANTÔNIO FABRÍCIO DA SILVA

**CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA A PRODUÇÃO DE
MUDAS DE MOGNO (*Swietenia macrophylla* King) E
CEDRO (*Cedrela fissilis* Vell.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração Manejo e Tecnologia de Recursos Florestais Tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci

MANAUS

2009

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Silva, Têres Antônio Fabrício da

S586c Calagem e adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) e cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) / Têres Antônio Fabrício da Silva. - Manaus: UFAM, 2009.
79 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) — Universidade Federal do Amazonas, 2009.
Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci

1. Mudas - Produção 2. Calagem dos solos 3. Fertilizante fosfatado I. Tucci, Carlos Alberto Franco II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU 631.415(043.3)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS - PPGCIFA



PARECER

Defesa nº 090

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir o mestrando **Têres Antônio Fabrício da Silva** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado **"CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE MOGNO (*Swietenia macrophylla*, King) E CEDRO (*Cedrella fissilis*, Vell.)"**, é de parecer favorável à APROVAÇÃO do acadêmico habilitando-o ao título de Mestre "*Magister Scientiae*" em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em Manejo e Tecnologias dos Recursos Florestais Tropicais (MTRF).

Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci
Professor e pesquisador do Departamento Engenharia Agrícola e Solos - UFAM
Orientador e Presidente da banca examinadora

Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos
Professor e pesquisador do Departamento Engenharia Agrícola e Solos - UFAM
Primeiro examinador

Prof. Dr. Antenor Francisco de Figueiredo
Professor e pesquisador do Departamento de Produção Animal e Vegetal - UFAM
Segundo examinador

Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa
Coordenador do Programa de Pós Graduação em
Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA

Prof. Dr. Julio César Rodríguez Tello
Vice-coordenador

Manaus, 09 de outubro de 2009.



A Deus, por me conceder saúde e uma família
maravilhosa.

Aos meus pais:

Antonio Rodrigues da Silva

Terezinha Fabrício da Silva

Pelo amor e exemplo de vida.

Por sempre mostrarem o caminho da verdade,
por tantas vezes que abdicaram de seus
sonhos para realizar os meus.

A minha filha, razão de minha vida:

Thayná Thereza da Silva Fabrício

A minha esposa:

Maria Aurilene Lima da Silva, cujo apoio foi, e
é, fundamental durante a minha caminhada, e
que a cada dia Amo mais.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus;

Ao Professor Dr. Carlos Alberto Franco Tucci, por conceder a orientação com sabedoria e paciência diante das minhas limitações, e por acreditar no meu trabalho.

A todos os Professores Drs. que nos compreenderam, incentivaram e nos proporcionaram sua amizade e conhecimentos transmitidos sobre Ciências Florestais e Ambientais, principalmente os professores Zilton e Antenor.

Ao meu grande amigo Moacir, pelo companheirismo, e também aos colegas do meu grupo de trabalho, Josimar, Iza, Miranda e Hélio pelas conversas e pelos cansativos, porém alegres, momentos de estudo e trabalho;

Aos meus pais Antonio e Terezinha, por tudo que fizeram em minha vida. Com certeza, sem eles, não teria chegado até aqui. Por isso, esse título, antes de ser meu é deles.

À minha esposa Aurilene e minha filha Thayná, pelo carinho, compreensão, incentivo e apoio nos momentos mais difíceis de minha vida.

À Universidade Federal do Amazonas pela formação profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais e seu corpo docente e técnico administrativo, pela oportunidade concedida e conhecimentos adquiridos.

À FAPEAM pela concessão financeira para a realização deste trabalho.

À banca examinadora.

Aos demais colegas da turma de 2007, pela convivência e apoio.

Não é mais possível “passar pela vida”, mas é
necessário participar do desenvolvimento de
Humaitá, informar-se, discutir e questionar.

VIVER É CONSTRUIR HUMAITÁ JUNTO COM
OS OUTROS.

(Adaptação do poema de Carlos Drummond de Andrade)

RESUMO

Um aspecto importante, e pouco estudado, é o comportamento das diferentes fontes fosfatadas e da calagem sobre a produção de mudas de espécies florestais nativas, dentre elas o mogno e o cedro. É essencial o estudo da relação calagem x fontes de P, para que a nutrição de P em espécies florestais nativas seja otimizada e, em função do grau de acidez do solo, exercer forte influência sobre a disponibilidade de P. Entre os adubos fosfatados, são comercializados os superfosfatos, os termofosfatos e os fosfatos naturais produzidos a partir de rochas sedimentares, ígneas ou metamórficas e a eficiência dessas fontes é afetada por vários fatores, dentre os quais a acidez do solo. O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes fontes de fósforo na ausência e presença de calagem sobre o crescimento de mudas de mogno e cedro. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, num esquema fatorial 2 x 4, envolvendo ausência e presença de calagem e quatro fontes de P (superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato natural reativo Arad e termofosfato Yoorin). A condição de acidez do solo juntamente com composição e solubilidade das fontes de P afetaram o comportamento das espécies. Em relação às variáveis analisadas foram altura da parte aérea, diâmetro de colo, matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) e total (MST), relação parte aérea/raiz (PA/R) e conteúdo de macronutrientes da matéria seca total. Os resultados indicam que as espécies mogno e cedro mostraram-se pouco responsivas ao calcário, e à maior eficiência das fontes tanto na absorção de nutrientes quanto para o crescimento das espécies foi observada para o fosfato natural reativo Arad.

Palavras-chave: Corretivo, fontes de fósforo, nutrição, mudas, espécies florestais nativas.

ABSTRACT

An important and little studied aspect is the behavior of the different phosphated sources and the liming on the production of seedlings of native forest species, amongst them the mahogany and the cedar. It is essential the study of the relation liming x sources of P, so that the nutrition of P in native forest species is optimized and, in function of the degree of acidity of the ground, to exert strong influence on the availability of P. Among the phosphated fertilizers, are commercialized the superphosphate, thermophosphate and rock phosphate produced from sedimentary, igneous or metamorphic rocks and the efficiency of these sources is affected by several factors, amongst which the acidity of the ground. The present study had as objective to evaluate the efficiency of different sources of phosphorus in the absence and the presence of liming on the growth of seedlings of mahogany and cedar. The experimental delineation used was in randomized blocks with 4 repetitions, in an factorial project 2 x 4, involving absence and presence of liming and 4 sources of P (simple superphosphate, triple superphosphate, rock phosphate reactive Arad and thermophosphate Yoorin). The condition of acidity of the ground together with composition and solubility of the sources of P had affected the behavior of the species. Concerning to the analyzed variable they had been height of the aerial part, col diameter, dry substance of aerial part (MSPA) and of the roots (MSR) and total (MST), relation part aerial/root (PA/R) and content of macronutrients of the total dry substance. The results indicate that the species mahogany and cedar had revealed little responsive to the calcareous rock, and to the biggest efficiency of the sources both in the absorption of nutrients and for the growth of the species was observed for the rock phosphate reactive Arad.

Keywords: Corrective, phosphorus sources, nutrition, seedlings, native forest species.

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Atributos químicos e físicos do solo utilizado como substrato para a produção de mudas de mogno e cedro, antes da aplicação dos tratamentos.....	34
2	Características químicas das fontes de fósforo utilizadas no experimento.....	36
3	Composição química das fontes de micronutrientes e, dose aplicada para o mogno e cedro.....	37
4	Atributos químicos do substrato submetidos à calagem e à adubação fosfatada, após 30 dias de incubação, antes do transplântio.....	42
5	Conteúdos de magnésio (Mg) e enxofre (S) na matéria seca total das mudas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, na ausência ou presença de calagem, e na condição de casa de vegetação aos 90 dias após transplântio.....	49
6	Conteúdos de fósforo (P) e cálcio (Ca) na matéria seca total das mudas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, e na condição de casa de vegetação aos 90 dias após transplântio.....	50

7	Altura das mudas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, na ausência ou presença de calagem, e na condição de casa de vegetação aos 90 dias após transplantio.....	54
8	Relação parte aérea/raiz (PA/R) das mudas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, e na condição de casa de vegetação aos 90 dias após transplantio.....	55
9	Conteúdos de fósforo (P) e magnésio (Mg) na matéria seca total das mudas de cedro (<i>Cedrela fissilis</i> Vell.) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, na ausência ou presença de calagem, e na condição de casa de vegetação aos 115 dias após transplantio.....	58
10	Conteúdos de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e enxofre (S) na matéria seca total das mudas de cedro (<i>Cedrela fissilis</i> Vell.) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo e na condição de casa de vegetação aos 115 dias após transplantio.....	60
11	Matéria seca da raiz (MSR) das mudas de cedro (<i>Cedrela fissilis</i> Vell.) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, na ausência ou presença de calagem, e na condição de casa de vegetação aos 115 dias após transplantio.....	63
12	Altura, diâmetro, matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e relação parte aérea/raiz (PA/R) das mudas de cedro (<i>Cedrela fissilis</i> Vell.) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo e na condição de casa de vegetação aos 115 dias após transplantio.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais

CPAA - Centro de Pesquisa Agroflorestal

DEAS – Departamento de Engenharia Agrícola e Solos

DBC - Delineamento em Blocos Casualizados

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAPEAM - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas

FCA - Faculdade de Ciências Agrárias

LASP - Laboratório de Análises de Solos e Plantas

MIB 3 - Fonte de micronutrientes

SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. Objetivo geral	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1. Espécies florestais.....	18
3.1.1. Mogno	18
3.1.2. Cedro.....	20
3.2. Produção de mudas de espécies florestais	21
3.3. Fósforo no solo e na planta.....	22
3.4. Fontes de Fósforo	24
3.5. Fatores que influenciam na disponibilidade de fósforo.....	28
3.6. Calagem e adubação fosfatada em espécies florestais	29
4. MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1. Localização dos experimentos	33
4.2. Coleta e caracterização física e química do solo	33
4.3. Descrição dos experimentos	34
4.4. Delineamento experimental e tratamentos	34
4.5. Formação de mudas.....	36

4.6. Condução dos experimentos.....	37
4.7. Características avaliadas	38
4.7.1. Altura da parte aérea.....	39
4.7.2. Diâmetro de colo..	39
4.7.3. Matéria seca da parte aérea e raiz.....	39
4.7.4. Teor de nutrientes..	39
4.8. Análise estatística.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1. Análise química do substrato	41
5.2. Absorção de nutrientes pelo mogno	48
5.3. Crescimento das plantas de mogno	52
5.4. Absorção de nutrientes pelo cedro.....	57
5.5. Crescimento das plantas de cedro	62
6. CONCLUSÃO	66
7. REFERÊNCIAS.....	67
APÊNDICE	77

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda de tecnologias para exploração de espécies florestais nativas exige informações sobre silvicultura nos diversos campos de conhecimentos. Dentre esses conhecimentos é fundamental que estejam presentes os da fertilidade do solo/substrato e da nutrição mineral de plantas.

A nutrição das espécies nativas constitui-se num problema, pois os dados de pesquisas disponíveis são ainda muito incipientes, tanto na fase de produção quanto na fase de mudas. Esse fato torna-se mais preocupante, devido à produção de mudas para espécies florestais nativas utilizarem como substrato o subsolo, cuja fertilidade natural, na maioria das vezes, é extremamente baixa.

A qualidade do substrato é fundamental para o desenvolvimento das plantas no campo. A terra de subsolo, geralmente isenta de sementes de plantas indesejáveis e microorganismos patogênicos, é o material mais indicado para a formação do substrato (PAIVA e GOMES, 2000). Todavia, esse material de subsolo, em geral, é ácido e contém níveis baixos de nutrientes, principalmente fósforo (P), cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Por outro lado, a acidez do solo e a eficiência destes nutrientes podem ser corrigidas por meio da calagem e fertilização mineral (TUCCI et al., 2007). No entanto, estudos referentes à disponibilidade desses nutrientes no solo são de grande importância para que a recomendação na produção de mudas seja feita de forma racional. Estudos demonstram que existe uma correlação entre os nutrientes presentes nos substratos e o crescimento das plantas, e que a mesma poderá ser positiva ou negativa, segundo a utilização correta, ou não, dos fertilizantes.

A calagem e a adubação fosfatada são práticas de manejo da fertilidade do

solo que elevam o rendimento das culturas, principalmente onde predominam solos extremamente ácidos e deficientes em fósforo (ERNANI et al., 2000). Segundo Albuquerque et al. (2003) a aplicação de calcário eleva os teores de Ca e Mg, diminui ou elimina o Al trocável e aumenta as cargas negativas nesses solos que têm predomínio de cargas variáveis, dentre outras.

Para espécies florestais nativas, alguns trabalhos (SOUZA, 2007; TUCCI et. al., 2007; RIBEIRO, 2008; SENA, 2008) têm buscado respostas para a utilização racional da terra e/ou dos insumos agrícolas. Isso tem permitido que o manejo do substrato na produção de mudas, como na adequação das plantas ao campo, seja feito de modo satisfatório, no entanto, a grande maioria das espécies florestais, ainda carece de estudos mais conclusivos no que diz respeito à calagem e adubação na produção de mudas.

Quanto às espécies florestais nativas, resultados de pesquisas (GONÇALVES et al., 1992) têm mostrado que os diferentes grupos ecológicos tendem a se comportar distintamente em relação aos requerimentos nutricionais, sendo que as espécies dos estádios sucessionais iniciais possuem maior capacidade de absorção de nutrientes relativamente às daquelas dos estádios sucessionais subsequentes limitantes em termos de fertilidade. Gonçalves et al. (1992), Silva et al. (1996a e 1996b) e Furtini Neto et al. (1999), comparando espécies arbóreas de diferentes grupos sucessionais, foram encontradas diferenças no padrão de comportamento em termos de capacidade de aquisição, concentração e eficiência de utilização de nutrientes. Além disso, existe também a possibilidade de haver comportamento distinto entre espécies dentro do mesmo grupo sucessional, tornando-se a obtenção de informações sobre demanda nutricional, e respostas à fertilização florestal, de imprescindível importância para o êxito de recuperação de áreas degradadas e

programas de reflorestamento.

Em relação ao P, a sua disponibilidade para as plantas, varia com o índice de acidez do solo. Sabe-se que esse nutriente apresenta maior disponibilidade em solos com valores de pH próximo da neutralidade, em torno de 5,5 a 6,2. Por outro lado, os fosfatados naturais necessitam de certa acidez, pois só ocorrerá a liberação do fósforo quando o solo fornecer prótons (H^+) para ter uma maior solubilização. Já os fosfatos solúveis, antes da aplicação, necessitam de correção da acidez do solo para ter uma melhor eficiência de utilização devido os solos com alta acidez potencial e baixo valor de pH, possuírem maior quantidade de sítios de adsorção.

A melhor alternativa na escolha da fonte de P deve associar boa eficiência em suprir as necessidades das plantas e menor custo do fertilizante. De modo geral, verifica-se que os fosfatos solúveis têm apresentado bons resultados para culturas anuais, embora possua elevado custo, ao passo que os fosfatos naturais apresentam baixa solubilidade e menor eficiência agrônômica a curto prazo (GOEDERT e LOPES, 1987). Quanto aos fosfatos naturais, o seu comportamento no solo sugere que o mesmo poderia ser uma boa opção para as espécies florestais nativas que são de crescimento lento, o que contribuiria para um uso mais eficiente de P, presente nessas fontes, que é liberado lentamente.

Diante desse contexto, é importante que se conheça o comportamento da interação calagem x fontes de P, visando uma otimização na nutrição de espécies florestais nativas como mogno e cedro.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar a eficiência de diferentes fontes de fósforo, na ausência e presença de calagem, sobre o crescimento de mudas de mogno e cedro.

2.2. Específicos

- Quantificar as alterações, nos atributos químicos do substrato, promovidas pela calagem e pela adubação fosfatada.
- Verificar a exigência das espécies mogno e cedro quanto ao nutriente fósforo.
- Avaliar o efeito da combinação de calagem, e de diferentes fontes de fósforo, na absorção e no crescimento de mudas de mogno e cedro.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Espécies florestais

3.1.1. Mogno

A área de ocorrência do mogno se estende desde o México, passando pela costa atlântica da América Central, até a um amplo arco do sul da Amazônia venezuelana, equatoriana, colombiana, peruana, boliviana e brasileira (VERÍSSIMO e GROGAM, 1998). É característica do ecossistema de terra firme e classificada como espécie clímax (LORENZI, 1998). Podendo esta atingir até 30m de altura e 80 cm de diâmetro à altura do peito (DAP).

O mogno tem grande valor comercial em todo o mundo, seja pela beleza da madeira que produz, seja por suas boas características tecnológicas. Por isso a demanda é muito grande e o preço da sua madeira no mercado internacional pode chegar a US\$ 1.400,00/m³ (IBAMA, 2008). É, principalmente, por esses motivos que essa é uma espécie sob ameaça de extinção.

A madeira é moderadamente pesada, dura, de resistência moderada ao apodrecimento e ao ataque de cupins. Apresenta baixa durabilidade quando em contato com o solo e umidade. A madeira é indicada para mobiliário de luxo, objetos de adorno, painéis, lambris, régua de cálculo, esquadrias, folhas faqueadas, decorativas e laminados, contraplacados especiais, acabamentos internos em construção civil como guarnições, venezianas, rodapés, molduras, assoalhos, etc. (LORENZI, 2000).

Em relação à fertilização dessa espécie, Tucci et al. (2007) observou resposta positiva à calagem e adubação com NPK nas características: altura da planta;

diâmetro do caule; número de folhas e matéria seca (raiz, caule, folha e total) na fase de mudas do mogno (*Swietenia macrophylla*), no entanto essas respostas variam de acordo com a idade das plantas. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2007) que verificaram efeito positivo no diâmetro, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e relação parte aérea/raiz de mudas de mogno, em relação ao fornecimento da calagem.

Em condições semelhantes, Silva et al. (2007) avaliaram a resposta de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*) a seis doses de calcário num Latossolo Amarelo e concluíram que a dose mais adequada para a produção das mudas de mogno foi equivalente a $0,5 \text{ t ha}^{-1}$ ou 0,250 kg de corretivo por 1000 kg de substrato.

Da mesma forma, Souza (2007) avaliou o crescimento e o requerimento nutricional de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*) em Latossolo Amarelo distrófico, na presença e ausência de calagem e da adição de macronutrientes, por meio da técnica da diagnose por subtração. E chegou à conclusão que é necessária a correção conjunta da acidez e da fertilidade do solo para solos ácidos e de baixa fertilidade natural, mesmo que o teor de matéria orgânica seja considerado alto. O P é o nutriente que mais limita o crescimento da planta.

Avaliando o efeito de doses de P (0, 25, 30, 75, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}) na espécie mogno e num Latossolo Amarelo, Santos et al. (2008) verificaram respostas positivas às doses de P nas variáveis (altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, matéria seca da parte aérea, sistema radicular e total. E a dose máxima de 200 kg ha^{-1} proporcionou o máximo de crescimento das mudas de mogno em 90 dias.

3.1.2. Cedro

O cedro é considerado, dentre as espécies florestais, uma das mais importantes da América tropical, pois sua madeira é de elevado valor comercial, por ser de fácil trabalhabilidade e durabilidade. Sendo considerada espécie secundária inicial e tardia, recomendada para arborização, recuperação de áreas degradadas e de matas ciliares (CARVALHO, 1994).

Sua madeira é muito resistente, não é atacada por insetos, moderadamente pesada; cerne variando do castanho claro ao bege rosado escuro e ao castanho avermelhado, um tanto demarcado do alburno róseo pálido; lustre mediano a elevado, com reflexos dourados; grã direita; textura grosseira; cheiro aromático, bem característico; sabor amargo. Recebe bom acabamento com polimento atrativo. É empregada em contraplacados, marcenaria, caixotaria, compensados, esquadrias, obras internas, carpintaria, caixas de charutos, tabuados e embarcações leves. Sendo considerado como sucedâneo do "mogno", de alto valor comercial e largamente utilizado pelas indústrias madeireiras da região Amazônica (LOUREIRO et al., 1979).

Em relação à fertilização dessa espécie, Ribeiro (2008) avaliou as limitações nutricionais para o crescimento de mudas de cedro num Latossolo Amarelo. E concluiu que é necessária a realização de calagem e combinação de práticas de construção da fertilidade do solo. No entanto, os melhores resultados foram encontrados quando as mudas de cedro (*Cedrela odorata*) foram produzidas utilizando-se calcário magnesiano, na relação Ca:Mg de 9:1 (SENA, 2008), resultados que estão estreitamente relacionados ao seu grupo ecológico, pois para as espécies secundárias, como o cedro, em comparação com as clímax, espera-se um presente crescimento inicial mais pronunciado em relação à adubação fosfatada

(GONÇALVES et al. (1992).

3.2. Produção de mudas de espécies florestais

A produção de mudas é uma das fases mais importantes do cultivo de espécies florestais. Mudas de qualidade são fundamentais no crescimento e desenvolvimento das espécies no campo. Para que se produzam mudas de qualidade é necessário o conhecimento das características das espécies, notadamente seus requerimentos nutricionais e suas respostas à correção da acidez do substrato e a adição de fertilizantes (SOUZA, 2007; RIBEIRO, 2008; SENA, 2008).

Neste sentido, observa-se que aumentos expressivos no crescimento e qualidade das mudas têm sido alcançados pela correta correção do substrato. Assim, tendo em vista que na formação de mudas, normalmente são utilizados solos e subsolos ácidos e pobres em nutrientes que não atendem adequadamente às exigências das espécies, o uso de fertilizantes químicos ou orgânicos de forma balanceada na confecção de substratos para a formação de mudas torna-se imprescindível para a atividade (BARBOSA, 1994), além da correção da acidez do substrato com aplicação de calagem (SILVA, 2004; SOUZA, 2006).

No entanto, em função da grande variabilidade genética observada nas florestas, e face à heterogeneidade dos solos das regiões tropicais, são ainda incipientes os dados disponíveis sobre o acompanhamento da grande maioria das espécies de interesse econômico, principalmente no que se diz respeito aos requerimentos nutricionais e sua capacidade de adaptação a condições ambientais distintas (FURTINI NETO et al., 1999).

De acordo com Carneiro (1995) para avaliação da qualidade das mudas,

deve-se levar em consideração os seguintes parâmetros morfológicos: altura, diâmetro de colo, manutenção da parte aérea e desenvolvimento do sistema radicular. Tais características são de fácil avaliação e podem fornecer boas informações.

3.3. Fósforo no solo e na planta

O fósforo participa de um grande número de compostos nas plantas, sendo essencial em diversos processos metabólicos. A função primordial do fosfato no metabolismo da planta é a formação de ligações pirofosfato, as quais permitem a transferência de energia (MALAVOLTA, 2003). Segundo este autor, o fósforo possui um papel fundamental na vida das plantas, por participar dos chamados compostos ricos de energia, como o trifosfato de adenosina (ATP), sendo absorvido pelas raízes como H_2PO_4^- na condição de pH encontrados na maioria dos solos brasileiros, encontrando-se no xilema em maior proporção nessa forma.

Os solos das regiões tropicais e subtropicais possuem pequenas reservas de nutrientes na forma de minerais primários, com baixa capacidade de troca de cátions, alta capacidade de fixação de P, elevado grau de agregação e, conseqüentemente, a permeabilidade e o potencial de lixiviação de bases dos solos são muito elevados (GONÇALVES et al., 2000).

Segundo Mello et al. (1983), o conteúdo de P total nos solos minerais é variável. Expresso em P_2O_5 , raramente excede a 0,5% variando, geralmente, entre 0,12% a 0,15%. O P disponível se origina da solubilização de minerais fosfatados, da mineralização da matéria orgânica e da adição de fertilizantes.

De acordo com Raij (1991), a baixa solubilidade dos compostos de fósforo formados no solo e a forte tendência de adsorção pelo solo, contribuem para que a

maior parte do elemento passe a fase sólida, onde fica, em parte, como fosfato lábil, passando gradativamente a fosfato não-lábil.

O principal fator a considerar na adubação fosfatada, além da dose e do tipo de adubo, é o fenômeno da fixação, o qual faz com que o elemento “caminhe” pouco no solo por difusão até onde se encontra a raiz (MALAVOLTA, 2003). O processo de fixação é a passagem de formas solúveis para formas insolúveis ou menos solúveis, não disponíveis às plantas. Para a grande maioria dos solos brasileiros, esse fenômeno ocorre principalmente com o fósforo, devido a reações de precipitação com alumínio e ferro e de adsorção em óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de ferro e alumínio. Esses processos, genericamente referidos como fixação do P no solo, fazem com que haja uma diminuição de P na solução do solo, uma vez que a precipitação e a adsorção diminuem a solubilidade do P e, conseqüentemente, a possibilidade de haver absorção pelas plantas.

Para Malavolta (2003), as plantas anuais não conseguem aproveitar mais que 10% do fósforo total aplicado, pois nos solos tropicais ácidos, ricos em ferro e alumínio, ocorre a adsorção deste elemento e precipitação.

O fósforo é, dos três macronutrientes, aquele exigido em menor quantidade pelas plantas. Não obstante, trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Explica-se esta situação pela carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros e, também, porque o elemento tem forte interação com o solo (RAIJ, 1991).

A disponibilidade máxima de P acontece quando o pH está em torno de 6,2; valores mais baixos favorecem a formação de fosfatos de Fe e de Al de baixa disponibilidade. Por outro lado, a elevação do pH, por sua vez, conduz à precipitação do P (solução) como fosfatos de cálcio de menor disponibilidade

(MALAVOLTA, 2003).

A solubilidade de P ou compostos fosfatados é menor em condições de elevada acidez, e este comportamento é mais evidente em solos ricos em ferro e alumínio. A aplicação de calcário é considerada grandemente benéfica por favorecer a disponibilidade e absorção do fósforo. Com a calagem ocorre aumento do pH e como consequência diminuem as cargas positivas, reduzindo a reação de adsorção, ou seja, a prática da calagem em solos ácidos reduz a fixação de P por precipitar as formas trocáveis de Al e Fe e por diminuir as cargas positivas dos óxidos.

3.4. Fontes de fósforo

As reservas totais de rocha fosfática, no Brasil, estão distribuídas principalmente nos estados de Minas Gerais com 73,8%, Goiás com 8,3% e São Paulo com 7,3%, que juntos somam 89,4% do total existente no país, seguido dos Estados de Santa Catarina, Ceará, Pernambuco, Bahia e Paraíba, com os 10,6% restantes (DNPM, 2001).

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 et al., 2004).

As fontes de P solúveis, quando adicionadas ao solo, aumentam rapidamente a concentração de fósforo na solução do solo. Os fosfatos solúveis têm sua

eficiência diminuída ao longo do tempo devido ao processo de adsorção e fixação desse elemento pelo solo. Já os fosfatos naturais, que são de baixa solubilidade em água, se dissolvem lentamente na solução do solo e tendem a aumentar a disponibilidade de P para as plantas com o passar do tempo (KORNDORFER et al., 1999), o que poderia contribuir para uma maior eficiência do uso pelas espécies de crescimento lento.

Nos últimos anos, tem aumentado o uso de fosfatos naturais reativos farelados como alternativa ao uso de fontes de alta solubilidade, pois, apesar dos mesmos apresentarem menor solubilidade em água, seu uso tem-se justificado em função de diversos resultados de pesquisas evidenciarem eficiência semelhante à de fontes mais solúveis (BRAGA et al., 1991), além do menor custo por unidade do nutriente e relativa facilidade de aplicação (HOROWITZ e MEURER, 2003). Segundo esses autores, a eficiência dos fosfatos naturais reativos está relacionada a vários fatores, entre os quais podem-se citar o material de origem, o tamanho de partículas, as propriedades do solo, o modo de aplicação e a própria espécie vegetal utilizada. Na forma farelada ocorre uma diminuição da eficiência agronômica para as culturas anuais no primeiro cultivo, mas a eficiência é aumentada no segundo ano (SOUSA et al., 2004).

Um aspecto importante e pouco estudado é o comportamento das diferentes fontes fosfatadas, solúveis ou não, sobre a produção de mudas de espécies florestais nativas.

Dentre as várias fontes de P disponíveis no mercado, os fosfatos totalmente acidulados, como os superfosfatos, são as fontes de P mais utilizadas no mundo para correção dos baixos teores de fósforo no solo (PROCHNOW et al., 2003). Um benefício desses fertilizantes fosfatados é a facilidade de aplicação localizada por se

tratar de produtos granulados. Entretanto, em solos ácidos intemperizados, imediatamente após a aplicação de fontes de P de elevada solubilidade em água uma parte do fósforo aplicado pode tornar-se imediatamente indisponível pelos processos de adsorção nas superfícies de óxido de Fe/Al e minerais de argila e/ou precipitação como minerais secundários de fósforo ligado a ferro e a alumínio (HAVLIN et al., 2005). Além disso, no potencial de fornecimento de P por estas fontes, aparecem entraves, como o elevado custo, pois sua produção requer tratamento da rocha fosfática com ácido sulfúrico ou ácido fosfórico, reagentes importados. Por outro lado, as rochas fosfáticas do Brasil são de mineralogia extremamente complexa, contendo muitos contaminantes, o que onera a obtenção de fontes solúveis devido à necessidade de processos complexos (PROCHNOW et al., 2003).

Os principais fertilizantes fosfatados com alta solubilidade em água obtidos pela acidulação de rochas fosfatadas são o superfosfato simples que contém 20% de P_2O_5 total, grande parte totalmente solúvel em água, e o superfosfato triplo com alto teor de P_2O_5 total (46 %), representando ambos 50% dos fertilizantes fosfatados fabricados no mundo (FASSBENDER e BORNEMISZA, 1994).

Os superfosfatos simples e triplo (ambos fosfatos monocálcicos), fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP) e alguns fertilizantes complexos (N, P e K no mesmo grânulo), têm mais de 90% do P total solúvel em citrato neutro de amônio, dissolvem-se rapidamente no solo e são praticamente equivalentes quanto à capacidade de fornecimento de P às plantas (SOUZA e LOBATO, 2003).

Os termofosfatos e produtos à base de fosfato bicálcico têm mais de 90% do P total solúvel em ácido cítrico e em citrato neutro de amônio e são insolúveis em água. São produtos obtidos da fusão de rocha fosfatada com rocha magnesiana em

alta temperatura (1.450°C), seguido por resfriamento rápido com água (NOVAIS et al., 2007). O termofosfato magnesiano fundido, quando aplicado na forma finamente moída, dissolve-se rapidamente no solo e apresenta eficiência agrônômica equivalente aos fosfatos solúveis em água. Mostra, ainda, efeito corretivo da acidez, quando utilizado em dose elevada ou continuamente, e é fonte de magnésio, silício e micronutrientes, esse último não é essencial às plantas, mas pode ser benéfico para algumas gramíneas como o arroz e a cana-de-açúcar (SOUZA e LOBATO, 2003).

Fosfatos naturais são concentrados apatíticos obtidos a partir de minérios fosfáticos ocorrentes em jazidas localizadas, que podem ou não passar por processos físicos de concentração, como lavagem e/ou flotação, para separá-los dos outros minerais com os quais estão misturados na jazida. Os principais depósitos de rochas fosfáticas podem ser classificados em três grupos conforme o arranjo mineralógico: a) fosfatos de ferro-alumínio, b) fosfatos de cálcio-ferro-alumínio e c) fosfatos de cálcio. Estes três grupos podem ocorrer numa sequência natural de intemperismo, sendo que os fosfatos de ferro-alumínio representam o extremo de intemperização (HOROWITZ e MEURER, 2003).

Os fosfatos naturais podem ser classificados conforme a sua origem e formação como: sedimentares, ígneos ou metamórficos. 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).

Para os fosfatos que apresentam baixa solubilidade em água, como os fosfatos naturais, quando comercializados isoladamente, o teor de fósforo, expresso em porcentagem de P_2O_5 , deve ser aquele solúvel em ácido cítrico a 2%, na relação

1:100 e o teor de fósforo total (HOROWITZ e MEURER, 2003).

Contudo, quando se compara o efeito residual de fontes totalmente aciduladas (como o superfosfato triplo) com o de fosfatos naturais, os resultados de pesquisa são, muitas vezes, contraditórios, o que, provavelmente, se deve às diferentes condições em que os fosfatos foram testados (pH, tamanho de partículas, espécies cultivadas e número de cultivos, entre outros). De modo geral, os fosfatos naturais são considerados produtos com maior efeito residual que as fontes solúveis (HOROWITZ e MEURER, 2003).

3.5. Fatores que influenciam na disponibilidade de fósforo

Os solos de regiões tropicais são ricos principalmente em óxidos hidratados de ferro e alumínio que, junto a caulinita, perfazem a maior parte da composição mineralógica da fração argila do solo, a parte mais ativa e na qual ocorrem as reações do P com esses compostos (RAIJ, 2003). Essa característica está associada à alta capacidade que esses solos têm em reter o P na fase sólida, na forma de compostos de baixa solubilidade (SOUSA e LOBATO, 2004). Essa retenção se deve à grande afinidade entre o fósforo e outros três elementos químicos do solo: ferro (Fe), alumínio (Al) e cálcio (Ca).

Para solos tropicais que na maioria das vezes apresentam o caráter drenoso maior que o caráter fonte de P, o processo de adsorção ocorrerá como o responsável principal na depleção do P-solução em relação à difusão. Isto talvez explique o fato de que, em algumas situações, o uso de uma fonte de liberação mais lenta seja mais eficaz para o desenvolvimento das plantas, comparado ao uso de uma fonte de fácil reatividade e solubilidade (NOVAIS e SMYTH, 1999).

A dinâmica do fósforo no solo está associada a fatores ambientais que

controlam a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons ortofosfato, e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo. Nos solos altamente intemperizados, como os Latossolos, predominam as formas inorgânicas ligadas à fração mineral com alta energia e as formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente. De acordo com o maior ou menor grau de estabilidade destes compostos, são enquadrados como fosfatos lábeis e não-lábeis. A fração lábil é representada pelo conjunto de compostos fosfatados capazes de repor rapidamente a solução do solo, quando ele é absorvido por plantas ou por microrganismos. Por isso, as frações mais lábeis são dependentes do grau de intemperização do solo, da mineralogia, da textura, do teor de matéria orgânica, das características físico-químicas, da atividade biológica e da vegetação predominante (SANTOS et al., 2008). No caso de solos ácidos, o uso da calagem é uma estratégia para se aumentar a disponibilidade de P para as plantas, uma vez que, com o acréscimo do pH, há um aumento na densidade de cargas negativas nas superfícies dos colóides do solo, o que acarreta maior repulsão (menor adsorção) entre o fosfato e a superfície adsorvente, reduzindo a capacidade máxima de adsorção de P do solo (NOVAIS e SMYTH, 1999).

3.6. Calagem e adubação fosfatada em espécies florestais

A grande maioria dos solos de terra firme, da Amazônia, é naturalmente ácida, em razão da pobreza em bases do material de origem e/ou de processos pedogenéticos que favoreceram as perdas destas (TUCCI, 1991). Sendo a região Amazônica caracterizada por apresentar solos profundos, pobres e ácidos, com fortes limitações quanto à fertilidade natural, onde o P é o elemento mais limitante, seguido do K e N (SOUSA et al., 2001).

Em relação ao P, o mesmo apresenta baixa disponibilidade nos solos tropicais, sendo considerada uma das causas que mais limita o crescimento e a produção florestal, tornando necessário o fornecimento deste nutriente às espécies via fertilização (FURTINI NETO et al., 2000).

Em trabalhos envolvendo respostas ao fornecimento de P pelas espécies florestais para fins de produção de mudas para reflorestamento, têm sido observadas respostas à adubação fosfatada em solos deficientes do nutriente. São exemplos desses trabalhos, os de Venturin et al. (1996) sobre a fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo de copaíba) e de Barroso et al. (2005) sobre o diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca (*Tectona grandis*), mostrando a importância do P para o crescimento de mudas, sendo a sua deficiência limitante para o crescimento das mesmas.

A demanda de P está associada a diversos fatores, como tamanho e conteúdo de P das sementes, grau de desenvolvimento do sistema radicular, dependência micorrízica, taxa de crescimento e estágio de desenvolvimento da planta. Esses fatores têm estreita relação com a classe ecológica da espécie. Maior resposta ao fornecimento de P é esperada em espécies de sementes pequenas e com baixos conteúdos de P, com sistema radicular pouco desenvolvido, com maior capacidade micotrófica, maior taxa de crescimento e na fase inicial de desenvolvimento. Em relação às espécies de crescimento mais lento como as clímax, estas crescem independentemente do suprimento de P (FURTINI NETO et al., 2000). No entanto, Souza (2007), avaliando resposta da espécie mogno (*Swietenia macrophylla* King), pertencente ao grupo ecológico clímax, verificou que a omissão de P tanto na presença quanto na ausência de calagem, limitou o crescimento em altura, diâmetro e a produção de matéria seca da parte aérea, raiz e

total das mudas de mogno, indicando ser o P um nutriente bastante limitante ao crescimento da espécie.

Por outro lado a calagem é a prática agrícola para o manejo do solo e das culturas, imprescindível para melhorar as condições de baixa fertilidade natural, como aquelas encontradas em solos da região amazônica (TUCCI, 1996). Sendo o objetivo principal da calagem, corrigir os problemas relacionados à acidez do solo e diminuir os efeitos tóxicos de Al^{3+} , Mn^{2+} e Fe^{2+} . A correção do solo contribui ainda para elevar os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , aumentar cargas dependentes de pH, diminuir a lixiviação de K^+ , diminuir a fixação de P, neutralizar o Mn^{2+} , aumentar a disponibilidade de MoO_4^{2-} , aumentar a atividade microbiana e liberar nutrientes pela decomposição da matéria orgânica, melhorar o ambiente do solo para bactérias associadas à fixação simbiótica do N (RAIJ, 1991; PAULA et al., 1991). De acordo com a natureza química dos seus constituintes, os corretivos são classificados em carbonatos, óxidos, hidróxidos e silicatos de cálcio e magnésio, sendo o calcário o corretivo mais utilizado para esta finalidade.

Devido aos efeitos benéficos da calagem vários autores encontraram resposta positiva desta prática para espécies florestais, entre eles Fernandez et al. (1996), Furtini Neto et al. (1996), Resende et al. (1996) e Cruz et al. (2004). Vários trabalhos demonstram que as espécies florestais respondem à calagem e à adubação (NOVAIS et al., 1979; DANIEL et al., 1997).

No entanto, algumas espécies florestais toleram a presença de Al (REISSMANN, et al., 1991; VALE et al., 1996; REISSMANN et al., 1997), já outras demonstram diminuição de crescimento (BEUTLER et al., 2001). Sendo que, esta variabilidade de comportamento das plantas, em relação aos efeitos da acidez do solo, não permite generalizações e dificulta bastante o estabelecimento de faixas de

pH adequadas para as diversas culturas (RAIJ, 1991).

A resposta à calagem por quinze espécies florestais, de diferentes grupos sucessionais, foi avaliada por Furtini Neto et al. (1999). Observam-se que as espécies pioneiras e secundárias, crescidas em solo corrigido, apresentaram alto conteúdo de Ca, Mg e P, além de baixa eficiência de uso de Ca, Mg; contrariamente, a eficiência de uso de P que foi elevada. O conteúdo de Ca, Mg e P nas espécies clímax praticamente não foi afetado pela correção do solo; as espécies clímax em comparação com as pioneiras e secundárias foram menos eficientes em usar P e, principalmente, Ca e Mg.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em condições de cultivo protegido do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

4.2. Coleta e caracterização física e química do solo

O solo utilizado como substrato foi coletado na camada sub-superficial (20 a 40 cm de profundidade) de um Latossolo Amarelo, textura argilosa. O local de coleta localiza-se no setor sul da UFAM, a 03° 06' 04.1" de latitude sul e 59° 58' 34" de longitude oeste, a uma altitude média de 268 m.

A área experimental, onde foram coletadas as amostras de solo, apresenta baixa fertilidade natural (Tabela 1), segundo a CFSEMG (1999).

Após a coleta, o solo foi homogeneizado, destorroado, colocado para secar ao ar livre e passado em peneira com malha de 4 mm de abertura, posteriormente subamostras desse solo foram passadas em malhas de 2 mm e submetidos as análises dos atributos físicos e químicos, segundo EMBRAPA (1999).

Todas as análises químicas deste trabalho foram realizadas de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1999) e englobaram pH em água. A determinação de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com KCl 1 mol L^{-1} . Acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) com acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} pH 7,0. P e K pelo extrator Mehlich-1. A partir dos resultados foram estimados os valores da soma de bases (Sb), CTC a pH 7,0 (T) e CTC efetiva (t), saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m).

A análise granulométrica foi realizada de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1999), sendo as análises realizadas no Laboratório de Solos do DEAS/UFAM (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado como substrato para a produção de mudas de mogno e cedro, antes da aplicação dos tratamentos.

pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	P	K	MO
(H ₂ O)	----- cmol _c kg ⁻¹ -----				---- mg kg ⁻¹ ----		dag kg ⁻¹
4,54	0,8	0,4	0,2	4,29	2	14	0,9
Areia	Silte	Argila	Sb	T	t	V	m
----- dag kg ⁻¹ -----			----- cmol _c kg ⁻¹ -----			----- % -----	
11,5	1,7	86,8	0,63	4,92	1,43	12,8	55,94

Al³⁺: alumínio trocável; Ca²⁺: cálcio trocável; Mg²⁺: magnésio trocável; H+Al: acidez potencial; P: fósforo disponível; K: potássio disponível; MO: teor de matéria orgânica; Sb: soma de bases; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; t: capacidade de troca de cátions efetiva; V: percentagem de saturação por bases; m: percentagem de saturação por alumínio.

4.3. Descrição dos experimentos

Foram realizados dois experimentos visando à avaliação de diferentes fontes de fósforo na ausência ou presença de calagem, um com a espécie mogno (*Swietenia macrophylla* King) e outro com a espécie cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) na fase de mudas no período de agosto/2007 a agosto/2008.

4.4. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), num fatorial completo 2 X 4. Os tratamentos consistiram em dois níveis de calagem (ausência e presença) e quatro fontes de P: superfosfato simples (SFS), superfosfato triplo (SFT), fosfato natural reativo Arad (FNRA) e termofosfato Yoorin (TY), com quatro repetições, num total de 32 parcelas experimentais para cada

espécie, sendo cada parcela composta por duas plantas, perfazendo um total de 64 unidades experimentais por espécie.

Para a aplicação do corretivo, nas parcelas que receberam calcário, foi feita uma mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, na relação Ca:Mg de 4:1 e PRNT igual a 95%, em dose equivalente a 1 t ha^{-1} , segundo Silva et al. (2007). Após a aplicação do corretivo as parcelas experimentais foram irrigadas, sendo a umidade mantida próximo a capacidade de campo (TUCCI, 1996) e incubadas por trinta dias para que ocorresse a reação do corretivo com o solo.

A quantidade aplicada de cada fonte de fósforo foi calculada com base no teor de P_2O_5 solúvel em H_2O para superfosfato simples (SFS) e superfosfato triplo (SFT); ácido cítrico para fosfato natural reativo Arad (FNRA) e termofosfato Yoorin (TY), conforme a tabela 2. Sendo aplicados $1.666,7 \text{ kg de SFS ha}^{-1}$; $731,7 \text{ kg de SFT ha}^{-1}$; $3.000,0 \text{ kg de FNRA ha}^{-1}$ e $2.307,6 \text{ kg de TY ha}^{-1}$, correspondeu uma aplicação de $300 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, conforme recomendação adaptada de Tucci et al. (2002), cujas características estão expressas na tabela 2.

Tabela 2. Características químicas das fontes de fósforo utilizadas nos experimentos.

Características	SFS ⁽¹⁾	SFT ⁽¹⁾	FNRA ⁽¹⁾	TY ⁽²⁾
	----- % -----			
P ₂ O ₅ total	20	46	33	17
P ₂ O ₅ solúvel em H ₂ O	18	41	-	-
P ₂ O ₅ solúvel em ácido cítrico	2	5	10	13
Cálcio	20	14	37	20
Enxofre	1,2	1	1	6
Magnésio	-	-	-	7
Zinco	-	-	-	0,55
Molibdênio	-	-	-	0,006
Boro	-	-	-	0,1
Cobre	-	-	-	0,05
Manganês	-	-	-	0,12

(SFS) superfosfato simples; (SFT) superfosfato triplo; (FNRA) fosfato natural reativo Arad e (TY) termofosfato Yoorin. Produtos Comerciais: Fertilizantes Ouro Verde⁽¹⁾ e Fertilizantes Mitsui S.A. Indústria e Comércio⁽²⁾.

4.5. Formação de mudas

As sementes de mogno foram adquiridas da Associação das Indústrias Exportadoras de Madeiras do Estado do Pará - AIMEX, e as sementes de cedro foram coletadas no campus da UFAM, em frente ao bloco V da FCA/UFAM.

As sementes de mogno foram beneficiadas manualmente e colocadas imersas em água por um período de 12 horas, após esse período foram tratadas com produto comercial benlat a 0,02%, como forma preventiva contra fungos, deixando-as imersas por 5 minutos, logo depois lavadas em água corrente (SANTOS, 2008).

As sementes de cedro foram tratadas com o produto comercial hipoclorito de sódio a 1%, para controle fitossanitário, por 2 minutos e em seguida lavadas em água corrente por 5 minutos (SENA, 2008). Posteriormente, as sementes foram recolhidas e colocadas em papel de filtro para retirar o excesso do produto e colocadas para germinar em sementeira contendo areia lavada.

Após a germinação e quando as plântulas de mogno atingiram o tamanho em torno de 13 - 15 cm e as de cedro, cerca de 4 - 7 cm, as mesmas foram selecionadas quanto à uniformidade em altura e transplantadas para os citropotes com capacidade para 3kg.

4.6. Condução dos experimentos

A adubação de correção da fertilidade do solo foi feita com macro e micronutrientes. Utilizou-se 100 e 300 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, as fontes foram uréia e cloreto de potássio. Metade da dose de N foi aplicada no plantio e o restante 30 dias após o transplante, na forma de solução. Como fonte de micronutrientes foi utilizado um produto comercial denominado MIB 3, cuja composição encontra-se na tabela 3, adicionando-se uma dose equivalente a 50 kg ha⁻¹ (SILVA et al., 2007).

Tabela 3. Composição química das fontes de micronutrientes e, dose aplicada para o mogno e cedro.

Micronutrientes	MIB 3	Quantidade aplicada	Chelamix	Quantidade aplicada
	%	mg/ue	%	mg/ue
Boro (B)	1,8	0,45	0,5	0,45
Cobre (Cu)	0,8	0,2	0,2	0,18
Ferro (Fe)	3,0	0,75	0,3	0,27
Manganês (Mn)	2,0	0,5	0,2	0,18
Molibdênio (Mo)	0,1	0,025	0,5	0,45
Zinco (Zn)	9,0	2,25	2,4	2,16

(mg/ue) = miligramas por unidade experimental.

A adubação foi misturada ao substrato de uma só vez com o auxílio de uma betoneira, em seguida transferidos para os citropotes, devidamente identificados. Trinta dias após a incubação com os fertilizantes fosfatados, e antes do transplante,

foram realizadas amostragens nas parcelas experimentais e foram realizadas análises químicas dos substratos segundo EMBRAPA (1999), tabela 4.

Após transplântio realizou-se adubações complementares com micronutrientes na forma de solução em todos os tratamentos. Como fonte, foi utilizado um fertilizante comercial à base de micronutrientes quelatizados chamado Chelamix® (Tabela 3). Foi aplicado 3 mL de Chelamix/L de água destilada, sendo aplicado 50 mL de solução/vaso a cada 15 dias após a repicagem, num total de 6 aplicações em todos os ensaios de acordo com Santos et al. (2008).

Durante a condução do experimento, as plantas foram regadas diariamente e a umidade foi controlada por pesagem dos citropotes e o teor correspondeu aproximadamente à capacidade de campo para Latossolos, que é de cerca de 30% do peso do solo seco, conforme sugerido por Tucci (1996).

Nessa fase, também foi realizada prevenção contra insetos utilizando o produto comercial Folidol® (2 mL de Folidol/L de água destilada) uma vez por semana em todas as mudas e controle manual das plantas daninhas. As mudas de mogno e cedro permaneceram em cultivo protegido durante 90 e 115 dias, respectivamente.

4.7. Características avaliadas

As características analisadas foram: altura da parte aérea, diâmetro de colo (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) e total (MST), relação parte aérea/raiz (PA/R) e conteúdo de nutrientes da matéria seca total.

4.7.1. Altura da parte aérea

A altura da planta foi medida com o auxílio de uma régua graduada (cm), considerando desde a superfície do solo até o ápice de cada planta.

4.7.2. Diâmetro de colo

O diâmetro foi obtido utilizando um paquímetro digital (mm), medindo-se rente à superfície do solo, na altura da base da planta.

4.7.3. Matéria seca da parte aérea e raiz

Aos 90 e 115 dias após transplântio, o material vegetal foi colhido e separado em parte aérea e raiz com o auxílio de uma tesoura de poda, realizado o corte rente ao solo para padronização, e a raiz foi lavada com o auxílio de uma mangueira sobre a peneira. A parte aérea e raiz, de cada planta, foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e levados à estufa com temperatura de 65°C até a obtenção do peso constante. O material vegetal foi pesado com o auxílio de uma balança analítica e moído utilizando um moinho de aço inoxidável (RIBEIRO, 2008).

4.7.4. Teor de nutrientes

As análises dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) da matéria seca total (MST), foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos e Plantas - LASP/ do Centro de Pesquisa Agroflorestal - CPAA da EMBRAPA seguindo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Em função dos teores, foram estimados os conteúdos de N, P, K, Ca,

Mg e S, sendo obtidos através da multiplicação do peso da MST pelo teor de nutrientes em percentagem e dividido por 10.

4.8. Análise estatística

Os resultados obtidos para as diferentes variáveis foram submetidos a análises de variância e comparados utilizando o programa estatístico SAEG (RIBEIRO JUNIOR, 2001). As médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise química do substrato

Os resultados da análise química do solo (Tabela 1), indicam, que o solo utilizado como substrato, após a incubação com os tratamentos, apresenta acidez ativa elevada, teor de cálcio trocável, fósforo disponível e potássio disponível muito baixo, magnésio trocável baixo, acidez trocável, CTC a pH 7,0 e acidez potencial média, saturação por bases muito baixa, soma de bases e CTC efetiva baixa, saturação por alumínio alta e teor de matéria orgânica muito bom (CFSEMG, 1999). Estes valores confirmam que a maioria dos solos/substrato do ecossistema de terra firme da Amazônia brasileira são ácidos, de baixa fertilidade natural, e que para a sua utilização, na produção de mudas, devem sofrer correção da acidez e da fertilidade (TUCCI, 1991; SILVA et al., 2007).

Houve interação significativa dos fatores fontes de fósforo e calagem sobre os diferentes atributos químicos avaliados após a incubação e antes do transplântio (Tabela 1A).

Em relação ao comportamento das fontes de fósforo, as aplicações na ausência e presença de calagem promoveram alterações nos atributos químicos do substrato de cultivo cujos resultados podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4. Atributos químicos do substrato submetidos à calagem e à adubação fosfatada, após 30 dias de incubação, antes do transplântio.

Características	SFS		SFT		FNRA		TY	
	C ₀	C ₁	C ₀	C ₁	C ₀	C ₁	C ₀	C ₁
pH (H ₂ O)	4,74 b	4,97 a	4,75 b	4,97 a	5,49 b	5,70 a	5,02 b	5,26 a
Al (cmol _c kg ⁻¹)	0,25 a	0,10 b	0,31 a	0,09 b	0,07 a	0,05 b	0,18 a	0,10 b
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	2,17 b	2,73 a	1,26 b	1,45 a	2,38 b	2,79 a	2,10 b	2,45 a
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	0,24 b	0,37 a	0,39 b	0,56 a	0,23 b	0,37 a	0,74 b	0,83 a
H+Al (cmol _c kg ⁻¹)	0,40 a	0,08 b	0,56 a	0,24 b	0,52 b	0,65 a	0,32 b	0,57 a
P (mg kg ⁻¹)	34,60 a	35,00 a	21,31 b	27,12 a	60,50 b	66,50 a	10,50 b	13,50 a
K (mg kg ⁻¹)	24,61 b	25,49 a	27,99 b	28,86 a	26,30 b	28,11a	27,21 b	29,06 a
Sb (cmol _c kg ⁻¹)	2,24 b	2,76 a	2,03 b	2,11a	2,92 b	3,07 a	2,38 b	2,39 a
T (cmol _c kg ⁻¹)	4,33 b	4,68 a	3,98 a	3,74 b	4,48 b	4,52 a	4,07 a	3,94 b
t (cmol _c kg ⁻¹)	2,73 b	3,11 a	2,60 a	2,54 b	3,09 b	3,17 a	2,79 a	2,72 b
V (%)	51,05 b	58,95 a	51,30 b	56,49 a	65,35 b	69,35 a	58,90 b	61,93 a
m (%)	17,73 a	9,94 b	20,81 a	16,14 b	5,59 a	3,17 b	14,35 a	11,44 b

Médias seguidas de mesmas letras na linha e dentro de cada fonte, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (SFS) superfosfato simples; (SFT) superfosfato triplo; (FNRA) fosfato natural reativo Arad; (TY) termofosfato Yoorin; (C₀) ausência de calagem e (C₁) presença de calagem.

Os resultados indicam que houve uma redução na acidez ativa do substrato em todos os tratamentos após a incubação, principalmente na presença de calagem, quando comparado com a condição inicial (Tabela 1). Dentre as fontes de fósforo o fosfato natural reativo Arad apresentou os maiores valores de pH, sendo que os mesmos foram maiores na presença de calagem (Tabela 4). Observa-se o fato de que o fosfato natural reativo Arad, mesmo na ausência de calagem, tendeu a uma maior neutralização da acidez, em relação às outras fontes e este comportamento parece incomum. Trabalhos conduzidos por pesquisadores, como Horowitz e Meurer (2003), Sousa e Lobato (2003), mostraram que o fosfato natural reativo pode contribuir para elevar o pH do solo, porém, não encontra-se respostas conclusivas sobre a possível causa, mas, sim da sua eficiência, solubilização e considerações quanto a sua utilização como fonte de P.

Em relação ao pH, a análise de solo demonstrou um valor de 4,54 na condição inicial (Tabela 1) e com a aplicação do fosfato natural reativo Arad, mesmo

na ausência de calagem, elevou-se para 5,49 (Tabela 4). Tal comportamento pode ser devido à presença do carbonato presente na composição do fosfato natural reativo Arad em decorrência da substituição isomórfica do PO_4^{3-} por CO_3^{2-} na apatita, e agindo de maneira análoga ao do calcário, poderia auxiliar na correção do solo. Luchini (2008) obteve resultados semelhantes, ou seja, em elevar o pH em solo não corrigido com a mesma fonte, principalmente quando aplicou a dose de 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Já Korndorfer et al. (1999), observaram que a acidez não foi afetada pela adubação fosfatada, nem mesmo quando se utilizou os fosfatos naturais Arad nas doses mais elevadas (400 kg ha^{-1} de P_2O_5). Coutinho et al. (1991) também não observaram alterações significativas das variáveis relacionadas com a acidez do solo após a aplicação de fosfatos naturais. Entretanto, outros autores citam que os fosfatos naturais podem auxiliar na correção da acidez do solo (CHIEN e HAMMOND, 1978). Da mesma forma Goedert e Lobato (1980), comentam que, os fosfatos naturais são mais reativos em solos ácidos, com alta CTC e deficientes em Ca e P. Porém o fato de que os fosfatos naturais para serem solubilizados consomem prótons (H^+) do solo, o que durante a solubilização poderia contribuir para certa elevação do pH.

É importante ressaltar que esse aumento do pH pela fonte fosfato natural reativo Arad não era esperado. Tal comportamento seria mais esperado para o termofosfato Yoorin, devido ser um excelente beneficiador e revitalizador do solo com efeitos corretivos já comprovados que satisfazem, principalmente, solos ácidos, ou seja, atuando também como corretivo de acidez do solo. O poder de neutralização da acidez do solo, por termofosfatos, tem sido relatado frequentemente em trabalhos de Vitti (2003) e Korndörfer (2003), sendo atribuído à capacidade neutralizante do ânion silicato, na forma de silicatos de cálcio e de

magnésio, presentes nesses fertilizantes.

Quanto às características acidez trocável, acidez potencial e saturação por alumínio seguiram a mesma tendência da acidez ativa (Tabela 4). Nota-se alguns resultados inconsistentes com o fosfato natural reativo Arad na tabela 4, pois essa fonte apresenta os maiores valores de acidez potencial e ao mesmo tempo proporciona os maiores valores de pH, em relação às demais fontes de P e valores mais baixos de saturação por alumínio.

Foi também verificado que os teores de cálcio trocável e fósforo disponível foram superiores com a aplicação do fosfato natural reativo Arad (Tabela 4). Apesar de o fosfato natural reativo Arad ter um alto teor de cálcio em sua composição (Tabela 2), em relação às demais fontes, esse comportamento foi mais expressivo para o P, logo, espera-se que para haver uma liberação de P deva haver, concomitantemente, liberação do cálcio, no entanto, observa-se na tabela 4 que não houve uma relação direta entre a liberação do P e Ca no fosfato natural reativo Arad em relação às demais fontes de P, pois os teores de cálcio ficaram muito próximos às demais fontes, enquanto o P foi quase o dobro. Dessa forma, provavelmente, esses altos teores de P disponível são em função, principalmente, do uso do extrator Mehlich-1, que pode ter superestimado os seus valores na condição de solos adubados com fosfatos naturais (NOVAIS e SMYTH, 1999).

A presença de cálcio (20%) e magnésio (7%) na composição do termofosfato Yoorin foi, provavelmente, a principal responsável pelos altos teores de Ca e Mg no substrato tratado com essa fonte (Tabela 4). Diante desse contexto, o termofosfato Yoorin parece ser uma boa fonte de Mg no solo, pois os valores de Mg trocável no solo aumentaram de $0,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Tabela 1) para $0,74 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Tabela 4), isto comparando com as demais fontes de fósforo que não apresentam o Mg na

composição.

Com a prática da calagem, há aumento do pH e, conseqüentemente, da disponibilidade do fósforo (NOVAIS e SMYTH, 1999). De acordo com Ernani et al. (2000) em valores baixos de pH, parte do P, presente no solo, permanece fortemente retido nos sítios de ligação da fase sólida, e também na forma de precipitados de fosfato de ferro e de alumínio, permanecendo pouco disponível às plantas. Com a elevação do pH, aumentam as cargas negativas do solo, diminui a solubilidade do ferro e do alumínio, e, com isso aumenta a disponibilidade de P na solução do solo (ERNANI et al., 1996).

Rheinheimer et al. (2001) afirmam que a aplicação de calcário também é necessária, mas a elevação do pH retarda o processo de dissolução do fosfato natural e diminui a disponibilidade de fósforo, proveniente desse fertilizante, às plantas, principalmente acima de pH 5,2. Considerando a indicação de Almeida et al. (1999) de que em pH 5,2 já minimizam os efeitos tóxicos do alumínio, esse pH parece ser o mais indicado para ser trabalhado quando da aplicação de fosfato natural.

Na avaliação do P disponível, tem sido dado ênfase ao solo, como fonte de P, procurando evitar grandes erros, que podem acontecer quando um extrator mais ácido, como o Mehlich-1, é utilizado em solos que receberam fosfatos naturais, ou em solos naturalmente ricos em P-Ca (NOVAIS e SMYTH, 1999). Todavia, os fosfatos naturais continuam solubilizando, ao longo do tempo, após sua aplicação no solo. Assim, torna-se necessário estimar essa contribuição do fosfato natural como fonte de P para uma cultura onde extratores tidos como ideais não o detectam de forma consistente. O P obtido por extratores muito sensíveis a P-Ca, como o Mehlich-1, pode não correlacionar-se com a resposta da planta quando o fosfato

natural é, predominantemente, a principal fonte de P para as plantas. Por outro lado, passa a ser um extrator satisfatório do P disponível quando P-Al e P-Fe, e pouco P-Ca, tornam-se fontes importantes de P para planta (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Segundo Raji (1991), a dissolução de adubos fosfatados naturais, pode implicar uma disponibilidade adequada de fósforo para as plantas, com menor custo, já que estes fosfatos não sofrem processo químico industrial para sua produção. No entanto, muitos fosfatos de rocha, segundo Horowitz e Meurer (2003), estão diretamente relacionados com o grau de substituição de fosfato (PO_4^{3-}) por carbonato (CO_3^{2-}) em suas composições químicas, pois esse fato gera uma instabilidade na estrutura cristalina da rocha e aumenta a solubilidade. Os fosfatos naturais reativos de origem sedimentar apresentam estrutura microcristalina pobremente consolidada, com grande superfície específica. A substituição isomórfica do PO_4^{3-} por CO_3^{2-} na apatita causa decréscimo no tamanho do cristalino e aumento na superfície específica do material. Portanto, o aumento do conteúdo de carbonato na apatita leva a uma reatividade maior da rocha fosfática (KASAWNEH e DOLL, 1978; LEHR, 1980; HAMMOND et al., 1986; RAJAN et al., 1996 *apud* NOVAIS e SMITH, 1999).

Diante desse contexto, a utilização dos fosfatos naturais, como possível fonte de P para as plantas, é dependente de condições relacionadas com o próprio fosfato natural, com o solo onde são aplicados e com a planta cultivada. Particularmente, para os fosfatos naturais, insolúveis em água, é necessário o suprimento de acidez (prótons) para que alguma dissolução se inicie (NOVAIS e SMITH, 1999).

Segundo Novais e Smyth (1999), solos ácidos, pobres em bases e em P, com predominância de cargas positivas (liberação alta de prótons – H^+), com CTC elevada (grande dreno de Ca) e, ao mesmo tempo, com baixo poder tampão de P,

oferecem melhores condições para que o uso dos fosfatos naturais seja mais eficiente.

Em relação à fonte termofosfato Yoorin, foi o fertilizante fosfatado que contribuiu para os menores teores de P disponível no substrato, tanto na ausência quanto na presença de calagem (Tabela 4). Isto quando o P disponível foi avaliado pelo extrator Mehlich-1. Todavia, é possível que o uso de extratores ácidos, segundo Novais e Smyth (1999), nas condições brasileiras, torne-se pouco utilizado no futuro, por duas razões principais: 1) com o possível uso crescente de fosfatos naturais, o uso de extratores ácidos como o Mehlich-1, que dissolvem apatita, superestimaria os teores de P disponível; e 2) em solos adubados é de se esperar que a reserva de P lábil encontre-se em grande parte na forma de fosfatos de Al e Fe, principalmente se os solos forem ácidos, sendo preferível, então, extratores ou métodos que tenham maior ação sobre esta fração, como é o caso dos métodos Resina e Olsen.

Nas condições em que foi realizado este trabalho não era esperado esses resultados (Tabela 4), até porque o Yoorin utilizado é um fertilizante termofosfatado com micronutrientes silicatados, enriquecido com 6% de Enxofre, altamente qualificado para atender à agricultura tecnificada. E em alguns casos, o termofosfato tem destacado-se como fonte de fósforo, às vezes superando as fontes solúveis, pois o produto fornece, além do fósforo, outros elementos tais como o Si e o Mg (GUARDANI et al., 1983). O silício presente no termofosfato pode aumentar a resistência a pragas e doenças, aumentar a tolerância ao estresse hídrico e aumentar a atividade fotossintética (KORNDORFER, 2003).

De modo geral, a eficiência da adubação fosfatada está intimamente associada ao grau de solubilidade das fontes visando à minimização da fixação do íon fosfato (ANGHINONI, 2003). Assim, sugere-se que fontes fosfatadas de elevada

solubilidade em água sejam usadas em solos com baixa, à moderada, capacidade de fixação de P e solos com pH elevado, ou seja, que foram corrigidos pela calagem. Em solos ácidos, que fixam grandes quantidades de P, a aplicação de fontes de P menos solúveis pode ser mais eficiente e econômica em relação às fontes de elevada solubilidade (BENEDITO, 2007).

5.2. Absorção de nutrientes pelo mogno

Ocorreu interação significativa entre os fatores fontes de fósforo e calagem para os conteúdos de magnésio (Mg) e enxofre (S) (Tabela 2A). Em relação ao efeito das fontes de P, o termofosfato Yoorin proporcionou um maior conteúdo de Mg em relação às demais fontes de P na condição de ausência de calagem. No entanto, quando o corretivo foi fornecido, houve um comportamento semelhante entre as fontes de P (Tabela 5). Tal comportamento, possivelmente, se deve em função do potencial que o termofosfato Yoorin tem em alterar o pH do solo. Dessa forma, na ausência de calagem, essa fonte promoveria uma elevação do pH e conseqüentemente uma maior disponibilidade de Mg. Além disso, o termofosfato Yoorin é a única fonte que apresenta Mg em sua constituição em relação às outras fontes (Tabela 2).

Tabela 5. Conteúdos de magnésio (Mg) e enxofre (S) na matéria seca total das mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, na ausência ou presença de calagem, e na condição de casa de vegetação aos 90 dias após transplantio.

Fontes de fósforo	Ausência de Calagem	Presença de Calagem
Mg (g/ue)		
Superfosfato simples	0,17 Bb	0,37 Ba
Superfosfato triplo	0,19 Bb	0,49 ABa
Fosfato natural reativo Arad	0,20 Bb	0,51 ABa
Termofosfato Yoorin	0,60 Aa	0,59 Aa
S (g/ue)		
Superfosfato simples	0,24 Aa	0,20 Aa
Superfosfato triplo	0,21 Ab	0,28 Aa
Fosfato natural reativo Arad	0,24 Aa	0,22 Aa
Termofosfato Yoorin	0,28 Aa	0,21 Aa

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas ou minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (g/ue) = gramas por unidade experimental.

Quanto ao conteúdo do Mg, na ausência ou presença de calagem, nota-se que, de maneira geral, o fornecimento do corretivo contribuiu para um maior conteúdo do Mg, exceto para a fonte termofosfato Yoorin que não apresentou diferença estatística significativa entre a ausência ou presença de calagem (Tabela 5). Isso, possivelmente, foi em função da reação básica que essa fonte apresenta e, conseqüentemente, proporcionou uma maior disponibilidade do Mg para absorção, mesmo na ausência de calagem, além da própria constituição da fonte que apresenta um teor de Mg maior em relação às demais fontes (Tabela 4).

Dessa forma, esses resultados sugerem que, na escolha da fonte fosfatada, a constituição química do fertilizante também deve ser observada, pois no caso do Yoorin, devem ser considerados também os efeitos nutricionais e corretivos dos silicatos de Ca e Mg presentes nesse material que auxiliam no incremento da massa da matéria seca, como é o caso dos termofosfatos (CASTRO, 1991).

Quanto ao enxofre (S), observa-se que o conteúdo do mesmo foi afetado pela

interação dos fatores fontes de P e calagem (Tabela 2A). De modo que a calagem afetou o conteúdo do mesmo apenas quando foi aplicado o superfosfato triplo. Nota-se que o superfosfato triplo tem pequena porcentagem em S (Tabela 2).

Em relação ao efeito das fontes de P dentro de calagem, verifica-se que as mesmas não diferenciaram entre si, tanto na ausência quanto na presença de calagem (Tabela 5). Tal comportamento pode ser em função da baixa exigência da espécie em S, sendo o termofosfato Yoorin a fonte que tem a maior porcentagem em sua composição (Tabela 2), o que poderia ter interferido no resultado. Souza (2007) avaliando o efeito da omissão de S, combinado ou não à calagem, na espécie mogno, verificou uma redução do conteúdo de S na planta, evidenciando a importância da adição deste nutriente ao solo.

Quanto aos conteúdos de fósforo (P) e cálcio (Ca) não houve interação significativa entre os fatores fontes de P e calagem (Tabela 2A). Observando-se apenas efeitos isolados das fontes de P sobre os conteúdos de P e Ca (Tabela 6).

Tabela 6. Conteúdos de fósforo (P) e cálcio (Ca) na matéria seca total das mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, e na condição de casa de vegetação aos 90 dias após transplântio.

Fontes de fósforo	P	Ca
	(g/ue)	
Superfosfato simples	0,22 b	2,64 b
Superfosfato triplo	0,17 b	2,49 b
Fosfato natural reativo Arad	0,34 a	3,73 a
Termofosfato Yoorin	0,18 b	3,12 ab

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (g/ue) = gramas por unidade experimental.

Em relação às fontes de fósforo, observa-se, na tabela 6, que o maior conteúdo de P foi observado com o fosfato natural reativo Arad. Isso deve-se ao aumento do teor de P disponível no substrato com a aplicação da fonte fosfato

natural reativo Arad (Tabela 4). Mas, essa fonte apresenta uma menor concentração de P solúvel em relação às demais fontes, ou seja, possivelmente, por essa fonte deveria haver uma liberação mais lenta, pouca perda para o solo e, conseqüentemente, uma menor eficiência de uso.

Dessa forma, tal comportamento deve estar associado às características peculiares de solubilidade e à dinâmica de liberação de P do fosfato natural reativo Arad. Os fosfatos reativos caracterizam-se por apresentar solubilidade intermediária entre os fosfatos acidulados e os fosfatos naturais brasileiros, o que lhes confere capacidade de liberação gradual do P no solo. Essa liberação ocorre por meio de processos semelhantes àqueles que controlam a solubilização dos fosfatos naturais brasileiros, porém de forma mais intensa (NOVAIS e SMYTH, 1999; HOROWITZ e MEURER, 2003).

Resende et al. (2006) observaram que o uso de fontes de P com solubilidade variável, e em distintos modos de aplicação, proporcionou incrementos semelhantes à produção acumulada de três cultivos sucessivos de milho. Contudo, quando usado de forma parcelada, o fosfato natural reativo Arad tendeu a proporcionar produtividade superior à do superfosfato triplo e do termofosfato, apesar de não estarmos discutindo produtividade e sim conteúdos em espécies florestais, e não em culturas anuais como o milho. Esse trabalho mostra que quando se aplica um fertilizante, pretende-se que ele consiga estabelecer uma concentração adequada de nutrientes na solução do solo. Já nas primeiras observações relacionadas com nutrição mineral de plantas, constatou-se que os fertilizantes solúveis em água eram mais eficientes. Mas há que se considerar que a fácil dissolução deixa os nutrientes sujeitos a perdas e insolubilização, principalmente em relação ao fósforo (ALCARDE, 2007), que poderia constituir um entrave para a absorção do mesmo.

Quanto ao conteúdo de cálcio, observa-se na tabela 6 que os maiores valores foram verificados para o fosfato natural reativo Arad juntamente com o termofosfato Yoorin. Nota-se que esses resultados apresentam uma estreita relação com aqueles teores de cálcio observados para o fosfato natural reativo Arad no substrato (Tabela 4) juntamente com o alto teor de cálcio em sua composição (Tabela 2), o que poderia justificar tal comportamento.

5.3. Crescimento das plantas de mogno

Houve interação significativa entre os fatores fontes de fósforo e calagem sobre a variável de crescimento altura (Tabela 3A). Quanto ao efeito das fontes de P dentro de calagem, verifica-se na tabela 7 que apesar de não haver diferença estatística entre as mesmas, houve uma tendência do fosfato natural reativo Arad contribuir com um maior valor em relação às demais fontes na condição de presença de calagem. Entretanto, quando foi aplicado o superfosfato simples na presença de calagem afetou negativamente, pois a altura foi maior na ausência da calagem. Possivelmente este comportamento seja em função da baixa dependência quanto a P dessa espécie na fase de muda (FURTINI NETO et al., 2000).

As espécies florestais clímax, como por exemplo o mogno, mostram um crescimento pouco influenciado pelo nível de fertilidade do solo, o que poderia ser indicativo de uma maior adaptação a solos pouco férteis (MARSCHNER, 1991; LAMBERS e POORTER, 1992; SIQUEIRA et al., 1995). As espécies clímax, de acordo com alguns autores, podem também possuir um rígido ajuste da taxa de crescimento às condições de baixa disponibilidade de nutrientes como o Ca, Mg, K e P, o que restringiria sua resposta à melhoria nos níveis de fertilidade do solo (SILVA et al., 1997; FURTINI NETO et al., 1999).

Quando o corretivo não foi aplicado, houve semelhança de efeito entre as fontes de P (Tabela 7). Nota-se que os valores relativos à altura são bastante similares tanto na presença quanto na ausência de calagem, de modo que esses resultados sugerem uma maior tolerância, dessa espécie, à acidez do solo, comportamento que pode estar estreitamente relacionado a uma baixa exigência desse nutriente nessa fase. Sendo assim, a alteração do pH e, conseqüentemente, a disponibilidade do nutriente pouco afetaria o crescimento da planta. Quanto ao comportamento do fosfato natural reativo Arad, esse proporcionou um maior crescimento na condição de presença de calagem (Tabela 7), entretanto, nota-se que mesmo havendo um maior teor de P disponível no fosfato natural reativo Arad (Tabela 4), além da maior porcentagem de Ca em sua constituição em relação às outras fontes (Tabela 2), a absorção não diferenciou entre as fontes, indicando que pode ter havido uma possível superestimação do P disponível pelo extrator Mehlich-1. Porém, para esse intervalo de tempo de 90 dias de condução do experimento, e ainda na presença de calagem, esse resultado não era esperado.

Para que o uso do fosfato natural reativo Arad seja comprovado como uma fonte ideal de P no processo de formação de mudas, não só para a redução da acidez do solo, mas também como fonte de nutrientes indispensáveis ao crescimento inicial das plantas, especialmente quando utilizado na preparação de substrato para produção de mudas em solos ácidos e pobres em nutrientes, é imprescindível que essa fonte seja mais estudada utilizando essa espécie ou outras afins.

Esse resultado assemelha-se àqueles encontrados por Tucci et al. (2007), que observaram respostas positivas da aplicação de calagem e fosfatagem, os quais proporcionaram maiores taxas de crescimento em mudas de mogno. Pinto et al.

(2000) trabalhando em casa de vegetação, também encontraram respostas positivas à aplicação de corretivo em mudas de mogno, porém, no presente trabalho, tal comportamento não ficou claro.

Tabela 7. Altura das mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, na ausência ou presença de calagem, e na condição de casa de vegetação aos 90 dias após transplântio.

Fontes de fósforo	Ausência de	Presença de
	Calagem	Calagem
Altura (cm)		
Superfosfato simples	23,52 Aa	20,65 Bb
Superfosfato triplo	22,54 Aa	22,77 ABa
Fosfato natural reativo Arad	22,21 Ab	25,38 Aa
Termofosfato Yoorin	25,15 Aa	22,54 ABb

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas ou minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao efeito da calagem dentro de fontes de P, observa-se que, de maneira geral, a aplicação do corretivo foi ligeiramente inferior na condição de ausência de calagem em relação ao crescimento da altura da planta, exceto para a fonte fosfato natural reativo Arad que proporcionou um maior crescimento na presença de calagem (Tabela 7). Esses resultados confirmam que provavelmente essa espécie, na fase de muda, é pouco exigente quanto a P, pois, mesmo nas condições que favorecem um uso mais eficiente do nutriente (ausência de acidez) o crescimento não foi alterado pela disponibilidade do P.

Por outro lado, Silva et al. (2007) concluíram que para as características de crescimento em mudas de mogno, a calagem afetou positivamente o diâmetro, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e relação parte aérea/raiz. Já Furtini Neto et al. (1999), avaliaram o efeito da calagem no crescimento de mudas de quinze espécies florestais, pertencentes aos grupos

ecológicos de plantas secundárias e clímax. Em geral, as espécies clímax, como é o caso do mogno, foram menos eficientes do que as secundárias ao utilizar o Ca e o Mg.

Quanto à variável relação parte aérea/raiz (PA/R), esta não apresentou interação significativa entre os fatores estudados (Tabela 3A), havendo apenas efeito isolado de fontes de P (Tabela 8). Esse resultado, ausência de resposta à calagem, pode estar relacionado ao fato de algumas espécies florestais nativas apresentarem grande variabilidade de comportamento em relação à acidez do solo, saturação por bases e por Al (FURTINI NETO et al., 1999). Este comportamento é um fator importante a ser considerado em reflorestamentos com espécies nativas, prevendo uso mínimo de corretivos em solos muito ácidos (FURTINI NETO et al., 2000). Além disso é importante, do ponto de vista de sobrevivência de mudas no campo, qual é favorecida pelo equilíbrio, ou seja, por relações mais estreitas entre a parte aérea e a raiz.

Tabela 8. Relação parte aérea/raiz (PA/R) das mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, e na condição de casa de vegetação aos 90 dias após transplântio.

Fontes de fósforo	PA/R
Superfosfato simples	1,96 b
Superfosfato triplo	2,17 ab
Fosfato natural reativo Arad	2,02 ab
Termofosfato Yoorin	2,33 a

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. $MSPA \div MSR = PA/R$.

Em relação às fontes de fósforo, observou-se na tabela 8 que o termofosfato Yoorin foi estatisticamente superior ao superfosfato simples. A provável explicação da maior tendência do termofosfato Yoorin contribuir com maior valor para relação parte aérea/raiz, pode ser o alto teor de Mg no substrato devido à aplicação do

mesmo (Tabela 4). Pois esses resultados parecem mostrar que a espécie é pouco responsiva a P nessa fase de muda. Levando-se em conta que o mogno se enquadra no grupo sucessional das espécies clímax (baixa exigência a P), os resultados obtidos pelo presente estudo estão em concordância com os obtidos por Resende et al. (1999). Estes autores, comparando o comportamento de espécies de diferentes grupos sucessionais face à adubação fosfatada, verificaram que apesar de os teores de P variarem em função da dose de P, nas espécies do grupo clímax, os modelos ajustados apresentaram baixos coeficientes de determinação, indicando que as respostas aos tratamentos pelas espécies desse grupo foram menos evidentes. Dessa forma, as espécies desse grupo, tal como o mogno, não apresentaram tendências efetivas de resposta ao fornecimento de fósforo.

Os termofosfatos são fertilizantes silicatados. Os silicatos, por competirem com os sítios de adsorção de fósforo, contribuem para a manutenção do P em sua forma lábil, o que pode ser uma vantagem em solos tropicais (BÜLL et al., 1997), podendo fornecer maior quantidade de P disponível para plantas em condições adversas ao uso de fertilizantes solúveis em água. No entanto, essa maior disponibilidade de P poderia contribuir para um menor crescimento de raízes, pois, onde tem mais P disponível as raízes crescem menos proporcionalmente a ambientes pobres em P. Dessa forma, é plausível que a fonte que contribui com maior disponibilidade de P, nesse caso o termofosfato Yoorin, promova uma maior relação parte aérea/raiz.

Na escolha da fonte fosfatada a ser utilizada, deve-se considerar outros atributos tais como a constituição química dos fertilizantes, pois, segundo Castro (1991), o aumento de matéria seca não pode ser atribuído apenas à disponibilidade de P nesses produtos, mas devem ser considerados também os efeitos nutricionais

e corretivos dos silicatos de Ca e Mg presentes nesses materiais que auxiliam no incremento da massa da matéria seca, como é o caso dos termofosfatos.

5.4. Absorção de nutrientes pelo cedro

Ocorreu interação significativa entre os fatores estudados sobre os conteúdos de P e Mg (Tabela 4A). Em relação ao desdobramento do efeito da calagem, dentro de cada fonte de fósforo no conteúdo de P (Tabela 9), verifica-se um efeito bastante distinto para cada fonte, de modo que as fontes superfosfato simples (bastante solúvel) e o termofosfato Yoorin (mediamente solúvel) não diferiram estatisticamente em função da ausência ou presença de calagem. Por outro lado, observa-se que o fosfato natural reativo Arad proporcionou maiores valores de P na ausência de calagem (Tabela 9). Tal efeito pode estar ligado ao fato de que os fosfatos naturais exigem uma condição de pH mais ácido para tornarem-se solúveis e consequentemente liberarem o P (NOVAIS e SMYTH, 1999). Esses dados confirmam aqueles encontrados na literatura, mostrando que o fosfato natural reativo Arad apresenta melhor desempenho, em termos de liberação de P, em condição de solo com maior acidez e sem aplicação de calcário, segundo Ernani et al. (2001).

Tabela 9. Conteúdos de fósforo (P) e magnésio (Mg) na matéria seca total das mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, na ausência ou presença de calagem, e na condição de casa de vegetação aos 115 dias após transplântio.

Fontes de fósforo	Ausência de	Presença de
	Calagem	Calagem
P (g/ue)		
Superfosfato simples	0,22 ABa	0,23 Aa
Superfosfato triplo	0,06 Cb	0,21 Aa
Fosfato natural reativo Arad	0,34 Aa	0,20 Ab
Termofosfato Yoorin	0,14 Ba	0,05 Ba
Mg (g/ue)		
Superfosfato simples	0,14 Bb	0,29 ABa
Superfosfato triplo	0,06 Cb	0,21 ABa
Fosfato natural reativo Arad	0,19 ABb	0,32 Aa
Termofosfato Yoorin	0,20 Aa	0,14 Ba

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas ou minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (g/ue) = gramas por unidade experimental.

Quanto ao desdobramento do efeito das fontes de fósforo dentro de calagem no conteúdo de P (Tabela 9), nota-se que as fontes que apresentaram os menores valores de conteúdo de P pelo cedro foram o superfosfato triplo na ausência de calagem e termofosfato Yoorin na presença de calagem, sendo que as demais fontes não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 9). Tal comportamento possivelmente seja em função dessa espécie apresentar uma baixa exigência do nutriente P nessa fase (FURTINI NETO et al., 2000), pois, esperaria-se um maior incremento de P na condição não corrigida para a fonte termofosfato Yoorin, que apresenta um maior potencial de disponibilidade de P em função da sua composição e efeitos promovidos no solo.

No entanto, Mattge (2006), estudando as exigências nutricionais e os efeitos da omissão do fornecimento de nutrientes ao solo no crescimento inicial das plantas de cedro (*Cedrela fissilis*), verificou que as plantas não tiveram bom desenvolvimento com a omissão do P, apresentando alterações no crescimento,

peso de massa seca da parte aérea e sistema radicular.

Em relação ao desdobramento do efeito de fontes dentro de calagem no conteúdo de Mg (Tabela 9), verifica-se que na condição de ausência de calagem a fonte superfosto triplo contribuiu com o menor valor de Mg acumulado pelo cedro. No entanto, quando o corretivo foi aplicado, houve um menor conteúdo para o termofosfato Yoorin (Tabela 9). Sendo que nesta condição o efeito do fosfato natural reativo Arad foi o que proporcionou o maior valor de Mg acumulado (Tabela 9).

Quanto ao desdobramento do efeito de calagem dentro de fontes no conteúdo de Mg (Tabela 9), verifica-se que o comportamento foi bastante similar àquele observado para o mogno, de modo que os resultados indicam que a adição de calcário ao solo contribui para um acúmulo de Mg na matéria seca total do cedro, exceto a fonte termofosfato Yoorin. Este resultado não era esperado para o termofosfato Yoorin, devido a fonte ter um boa porcentagem de Mg em sua constituição e fazendo uma comparação com a análise de solo (Tabela 4) o maior teor de magnésio foi encontrado no tratamento com termofosfato Yoorin.

Alguns fatores podem influenciar a efetividade de fosfatos naturais aplicados no solo, tais como: mineralogia do fosfato natural, reatividade do fosfato, tamanho do grão e área superficial, atributos físicos e químicos do solo, especialmente pH, capacidade do solo na manutenção de umidade, estado nutricional da planta, espécie cultivada e seu requerimento nutricional, práticas de manejo, incluindo método e tempo de aplicação, e calagem do solo (STRAATEM, 2002).

Quanto aos conteúdos de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e enxofre (S), não houve interação significativa entre os fatores fontes de P e calagem (Tabela 4A), havendo apenas efeito isolado de fontes de P (Tabela 10).

Tabela 10. Conteúdos de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e enxofre (S) na matéria seca total das mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, e na condição de casa de vegetação aos 115 dias após transplântio.

Fontes de fósforo	N	K	Ca	S
	g/ue			
Superfosfato simples	2,25 ab	3,14 a	1,62 b	0,18 b
Superfosfato triplo	1,56 b	1,76 b	0,66 c	0,10 b
Fosfato natural reativo Arad	2,71 a	3,67 a	2,38 a	0,25 a
Termofosfato Yoorin	1,37 c	1,61 b	0,64 c	0,11 b

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (g/ue) = gramas por unidade experimental.

Em relação ao acúmulo de N, K, Ca e S, a constituição e solubilidade das fontes influenciaram diferentemente nos seus comportamentos (Tabela 10), de modo que o superfosfato simples e fosfato natural reativo Arad, sendo duas fontes de solubilidade distinta, proporcionaram os maiores conteúdos de N e K que não diferenciaram estatisticamente entre essas duas fontes. Nota-se que apenas para o Ca e S a fonte fosfato natural reativo Arad foi estatisticamente superior às demais fontes. Os resultados podem estar relacionados aos altos teores de P disponibilizados no substrato com o fosfato natural reativo Arad (Tabela 4). Quanto ao cálcio, esse comportamento possivelmente é devido à fonte ter em sua composição uma alta porcentagem de Ca (Tabela 2), no entanto, dentro do tempo em que foi conduzido o estudo, era provável que não houvesse uma liberação tão rápida desse cálcio. Apesar de que, na literatura, segundo Vale et al. (1996), estes observaram comportamento muito distinto em algumas espécies florestais, como por exemplo *Caesalpinia férrea* (pau-de-ferro), que pertence ao grupo ecológico das secundárias, relacionados à capacidade destas espécies desenvolverem raízes em subsolo ácido, na tolerância à toxidez de Al e à baixa disponibilidade Ca.

Em relação ao K, Pritchett e Fisher (1987), comentam que espécies florestais arbóreas são capazes de se desenvolver em locais com baixa disponibilidade de K

trocável, mediante a um eficiente sistema interno e externo de ciclagem deste nutriente. No presente estudo, observa-se o fato de duas fontes de solubilidade diferente como o superfosfato simples e fosfato natural reativo Arad obterem o mesmo efeito em relação ao mesmo nutriente, como o N e K (Tabela 10).

Gonçalves et al. (1992) verificaram ampla variação entre espécies pioneiras, secundárias e clímax na concentração e taxa de acumulação de nutrientes, tanto em nível de viveiro como de campo. Na fase de viveiro, com exceção do P na parte aérea, constatou-se que as pioneiras apresentaram concentrações de N, P, K e Ca superiores às secundárias, que é o caso do cedro, e estas superiores às das clímax.

Em trabalho realizado por Silva et al. (1997), a espécie da classe secundária, cedro, respondeu ao nutriente K, as espécies clímax não foram responsivas. De modo Geral, as maiores respostas foram encontradas nas espécies de maiores taxas de crescimento. Espécies pioneiras e secundárias, em comparação às clímax, foram mais eficientes na absorção e assimilação de K. Algumas espécies são capazes de desenvolverem-se, sob condições de baixa disponibilidade de K usando formas de K não trocáveis no solo.

Algumas espécies florestais apresentam, na fase inicial de crescimento, elevada demanda nutricional em S (RENÓ, 1994). Esta constatação sugere que o uso de superfosfato simples, tanto para produção de mudas quanto para fertilização de plantio, pode resultar em maior vigor vegetativo (FURTINI NETO et al., 2000). Entretanto, neste trabalho, a espécie cedro respondeu ao nutriente S, porém, a maior resposta foi com a fonte fosfato natural reativo Arad que tem em sua composição 1% de S (Tabela 2), sugerindo que essa espécie possivelmente apresente uma baixa exigência em relação a esse nutriente, pois é de se esperar uma maior resposta nas fontes que apresentam uma maior porcentagem de S na

sua composição.

O fósforo pode aumentar a disponibilidade de S, pois ele tem preferência de adsorção (ALVAREZ et al., 2007), o que pode ter ocorrido no presente trabalho, no caso do fosfato natural reativo Arad (Tabela 10), devido possivelmente aos altos teores de P disponibilizado no substrato quando se aplicou a fonte fosfato natural reativo Arad (Tabela 4). O ânion fosfato é mais fortemente adsorvido que o SO_4^{-2} , pois é mais reativo com os grupos funcionais e pode ser usado como um extrator para liberar o SO_4^{-2} adsorvido no solo (ALVAREZ et al., 2007).

5.5. Crescimento das plantas de cedro

Houve interação significativa entre os fatores estudados sobre a variável matéria seca da raiz (MSR) (Tabela 5A).

Em relação ao desdobramento do efeito das fontes de P dentro do fator calagem, observa-se que na ausência de calagem as fontes não diferiram entre si, porém o fosfato natural reativo Arad e superfosfato simples tenderam a contribuir com maiores valores de matéria seca da raiz (MSR) em relação às demais fontes de P (Tabela 11). Possivelmente o melhor resultado do fosfato natural reativo Arad, seja devido à solubilidade mais lenta da fonte (RAJAN et al., 1996). Sendo adsorvido pouco P ao solo, conseqüentemente uma boa parte do que é solubilizado é aproveitado pela espécie. Além disso, efeitos como a alta porcentagem do cálcio na composição dessas duas fontes, sendo o maior valor da fonte fosfato natural reativo Arad (Tabela 2), e provavelmente a presença de demais nutrientes da composição dessas fontes poderão estar envolvidos nesse comportamento (Tabela 2) Por outro lado, quando o corretivo foi aplicado as fontes de P não diferiram estatisticamente entre si, no entanto, o termofosfato Yoorin tendeu a apresentar os menores valores

de P (Tabela 11).

Tabela 11. Matéria seca da raiz (MSR) das mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, na ausência ou presença de calagem, e na condição de casa de vegetação aos 115 dias após transplântio.

Fontes de fósforo	Ausência de	Presença de
	Calagem	Calagem
Matéria seca da raiz (g/ue)		
Superfosfato simples	1,04 ABa	1,19 Aa
Superfosfato triplo	0,37 Bb	0,86 ABa
Fosfato natural reativo Arad	1,26 Aa	1,15 ABa
Termofosfato Yoorin	0,70 ABa	0,36 Ba

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas ou minúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (g/ue) = gramas por unidade experimental.

Quanto ao desdobramento do efeito da calagem dentro de cada fonte de P, observa-se que, de maneira geral, a aplicação do corretivo não contribuiu para um maior valor da matéria seca da raiz, exceto para a fonte superfosfato triplo, onde a aplicação de calcário contribuiu para uma maior produção de matéria seca da raiz (Tabela 11). A boa solubilidade em água (41%) (Tabela 2) do superfosfato triplo, aliado à correção da acidez, provavelmente, contribuiu para uma melhor eficácia da fonte, pois o aumento do pH do solo reduz a fixação do P (GOEDERT e LOBATO, 1984). Esses resultados confirmam as premissas de que fontes mais solúveis proporcionam maior ganho inicial para solos corrigidos.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 11, há evidências de que se um dos critérios para a qualidade de mudas for matéria seca das raízes, a mesma só foi influenciada pela calagem apenas quando foi utilizado o superfosfato triplo, de modo que para essa fonte a correção do solo promove um ganho superior a 100% para esta variável em estudo. Segundo Vale et al., (1996) o nutriente que mais limita o crescimento do sistema radicular de espécies florestais em solo é o

cálcio. Vários estudos têm demonstrado que as espécies florestais respondem à calagem (FURTINI NETO et al., 1996; MANN et al., 1996; ROCHA et al., 1996; TUCCI et al., 2002), e à calagem associada à fosfatagem (FERNANDEZ et al., 1996). Vários trabalhos demonstram que as espécies florestais respondem à calagem e à adubação com nitrogênio, fósforo e potássio (PASSOS et al., 1996; DANIEL et al., 1997; TUCCI et al., 2002).

Quanto às características altura, diâmetro, matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e relação parte aérea/raiz (PA/R) não houve interação significativa entre os fatores estudados (Tabela 5A), havendo apenas efeito isolado das fontes de P (Tabela 12).

Tabela 12. Altura, diâmetro, matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e relação parte aérea/raiz (PA/R) das mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo no solo, e na condição de casa de vegetação aos 115 dias após transplântio.

Fontes de fósforo	Altura	Diâmetro	MSPA	MST	PA/R
	cm	mm	----- g -----		
Superfosfato simples	11,95 a	7,73 a	0,85 a	1,97 a	0,80 ab
Superfosfato triplo	8,68 b	5,70 b	0,39 b	1,01 b	0,68 b
Fosfato natural reativo Arad	11,29 ab	8,07 a	1,08 a	2,28 a	0,98 a
Termofosfato Yoorin	8,38 c	5,46 b	0,39 b	0,92 b	0,71 b

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. MSPA=MSR = PA/R.

De modo geral, apesar de não haver diferença estatística entre as fontes superfosfato simples e fosfato natural reativo Arad, os maiores valores das variáveis, altura, diâmetro, MSPA, MST e relação PA/R foram proporcionados por essas duas fontes (Tabela 12). Este comportamento pode ser em função da baixa exigência nutricional da espécie nessa fase de muda, isso porque, quando submetidas à mesma condição de fertilidade do solo, é comum encontrar comportamentos contrastantes entre espécies e entre genótipos, quanto à nutrição e crescimento,

principalmente, em fontes de solubilidade e efeitos diferentes, o que não foi observado no presente estudo.

Nesse contexto, as fontes superfostato simples e fosfato natural reativo Arad constituem exemplos contrastantes. Tratando-se de fontes de alta solubilidade, o superfostato simples libera prontamente grande parte do fósforo aplicado, incrementando, de forma significativa, a fração de P disponível no solo (PROCHNOW et al., 2003), contrastando, quando se aplica ao fosfato natural reativo Arad, em virtude da baixa solubilidade, libera gradualmente o P, o que pode implicar em menor produção inicial, mas propicia maior efeito a longo prazo, beneficiando os cultivos posteriores (RAJAN et al., 1996).

Em relação a este trabalho, esse contraste fica claro quanto ao efeito da fonte de alta solubilidade (superfostato simples), demonstrada na variável de crescimento altura, sendo superior às demais fontes em fase inicial (Tabela 12). Entretanto, a fonte fosfato natural reativo Arad, tendeu a superar o superfostato simples nas demais características de crescimento.

6. CONCLUSÃO

A composição química e a solubilidade das fontes influenciaram de modo diferenciado na eficiência das fontes de fósforo.

Quanto ao efeito das fontes, a maior eficiência, tanto na absorção de nutrientes quanto para o crescimento da espécie mogno e cedro, foi observada para o fosfato natural reativo Arad.

As espécies mogno e cedro mostraram-se pouco responsivas ao calcário, indicando serem as mesmas mais tolerantes à acidez e menor disponibilidade de nutrientes, principalmente para a espécie cedro.

7. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; MAFRA, A.L.; FONTANA, E.C. **Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 27:799-806.

ALCARDE, J.C. Fertilizantes. In: **Fertilidade do solo.** In: NOVAIS et. al. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. Visoça, MG, 2007. p. 737-768.

ALMEIDA, J.A.; ERNANI, P.R.; MAÇANEIRO, K.C. **Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil.** Ciência Rural, Santa Maria, v.29, 1999. p. 651-656.

ALVAREZ, V.H.V.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C.H.; PEREIRA, N.F. Enxofre. In: **Fertilidade do solo.** In: NOVAIS et. al. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. Visoça, MG, 2007. p. 595-644.

ANGHINONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro, 2003. **Anais...** Piracicaba: POTA-FOS, 2003. (CD-Rom).

BARBOSA, Z. **Efeito do fósforo e do zinco na nutrição e crescimento de *Myracrodum urundeuva* Fr. All. (aroeira do sertão).** 1994. 105f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

BARROSO, D. et al. **Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de Teca.** Revista Árvore, 2005. 29 (5): 671-679.

BENEDITO, D.S. **Eficiência agronômica de fontes alternativas de fósforo e modelo de predição do uso de fosfatos naturais.** 121f. 2007. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba – SP.

BEUTLER, A.N.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. **Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 25, n. 4, 2001. p. 923-928.

BRAGA, N.R.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; RAIJ, B.V.; FEITOSA, C.T.; HIROCE, R. **Eficiência agrônômica de nove fosfatos em quatro cultivos consecutivos de soja**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 15, n. 3. set./dez. 1991. p. 315-319.

BÜLL, L.T.; LACERDA, S.; NAKAGAWA, J. **Termofosfato**: alterações em propriedades químicas em um Latossolo vermelho escuro e eficiência agrônômica. Bragantia, v.56, n.1, 1997. p. 79-169.

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

CARVALHO, P.H.R. **Espécies florestais brasileiras**. Recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA -CNPQ. 1994. 674 p.

CASTRO, C. **Avaliação agrônômica de termofosfatos magnesianos fundidos, produzidos a partir de minérios oriundos de Maicuru, PA**. 1991. 80f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, PA.

CHIEN, S.H.; HAMMOND, L.L. **A comparison of various laboratory methods for predicting the agronomic potencial of phosphate rocks for direct application**. Soil Sci. Soc. Am. J., v.42, 1978. p. 935-939.

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

COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; STUPIELLO, J.J.; CARNIER, P.E. **Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho**. Científica, v. 19, 1991. p. 93-104.

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N.; GOMES, K.C.O.; GUERREIRO, C.R.A. **Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley)**. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 66, 2004. p. 100-107.

DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; ALOVISI, A.A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A. M.; PINHEIRO, E.R.; SOUZA, E.F. **Crescimento de mudas de *Acácia mangium* Willd em resposta à aplicação de diferentes fontes de fósforo**. Revista Árvore, Viçosa, v. 21, n. 3, 1997. p. 323-327.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Ministério das Minas e Energia**. Brasília: DNPM/DIRIN, 1 v. 2001. (Texto Fosfato).

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília. 1999. 370p.

ERNANI, P.R.; FIGUEIREDO, O.A.R.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J.A. **Decréscimo da retenção de fósforo no solo pelo aumento de pH**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.20, 1996. p.159-162.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; CAMPOS, M.L.; CAMILLO, R.J. **Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 24, n.3, 2000. p. 537-544.

ERNANI, P.R.; STECKLING, C.; BAYER, C. **Características químicas do solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos em dois níveis de acidez**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2001. 25: 939-946.

FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. 2. ed. San José: IICA, 1994. 420 p.

FERNANDEZ, J.Q.P.; RUIVO, M.L.P.; DIAS, L.E.; COSTA, J.P.V.; DIAZ, R.R. **Crescimento de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre**. Revista Árvore, v.20, n.4, 1996. p. 425-431.

FURTINI NETO, A.E.; ROSSI, A.R.; RESENDE, A.V.; VALE, F.R. **Acidez do solo e crescimento inicial de espécies florestais nativas**. XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Manaus, 1996. p. 238-239.

FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; VALE, F.R.; FAQUIM, V.; FERNANDES, L.A. **A acidez do solo, Crescimento e Nutrição Mineral de Algumas espécies Arbóreas, na fase de muda**. Revista Cerne, v. 5, n.2, 1999. p. 1-12.

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURTI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamento com espécies florestais nativas. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF. 2000. p. 351-383.

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. **Eficiência agronômica de fosfato em solos do cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília-DF, v. 15, n. 3, 1980. p. 311-318.

GOEDERT, W.J.; LOPES, A.S. Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados para culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. In: SEMINÁRIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE FÓSFORO, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRAFOS, 1987. p. 24-49.

GONÇALVES, J.L.M.; KAGEYAMA, P.Y.; FREIXÊDAS, V.M.; GONÇAVES, J.C.; GERES, W.L.A. **Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais**. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.4, 1992. p. 463-469.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF. 2000. p. 3-57.

GUARDANI, R.; RODRIGUES, J.C.; COSTILLES, B. **Produção de termofosfatos: estudo de economicidade**. Fertilizantes, v. 5, n. 3, 1983. p. 5-9.

HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7^a ed. New Jersey, 2005. 515 p.

HOROWITZ, N.; MEURER, E.J. Eficiência agronômica de fosfatos naturais. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos/Anda, 2003. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Instrução normativa Nº 7**. 2003. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/florest/leis/in07mogno.doc>>. / Acesso em 10 fev. 2008.

KORNDORFER, G.H.; LARA CABEZAS, W.A.; HOROWITZ, N. **Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho**. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 56, n. 2, abr./jun. 1999. p. 91-396.

KORNDORFER, G.H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos/Anda, 2003. CD-ROM.

LAMBERS, H.; POORTER, H. **Inherent variations in growth rate between higher plants:** a search for fisiological causes and ecological consequences. Advances in Ecological Research, London, v.23, 1992. p.188-261.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 368 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, vol. 1, 2000. 352 p.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F.; ALENCAR, J.C. **Essências Madeireiras da Amazônia.** Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA. Manaus –AM: v.1, 1979. p.127-128.

LUCHINI, I. **Fósforo disponível em solos ácidos e corrigidos com aplicação de fosfatos solúvel, reativo e natural.** 33f. Dissertação. Mestrado em Agronomia. Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE: Presidente Prudente, SP. 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro, 2003. **Anais...** Piracicaba: Potafos/Anda, 2003. (CD-Rom).

MANN, E.N.; FUTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; VALE, F.R.; FONSECA, F.C. Calagem e crescimento de espécies florestais. In: **Anais...** XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e nutrição de plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manaus, Amazonas. 1996. p. 240-241.

MARSCHNER, H. **Mechanisms of adaptation of plants to acid soils.** Plant and Soil, The Hague, v.134, n.1July, 1991. p. 1-20.

MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo.** São Paulo: NOBEL, 1983. 400 p.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Fósforo na planta. In: NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV, 1999. p. 255-270.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Fontes minerais de fósforo. In: NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. p. 123-164.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: **Fertilidade do solo**. Eds. NOVAIS et. Al. Visoça, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA, J.; SILVA, A.; SCHWENGBER, D.; DUARTE, O. **Resposta de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo**. Pes. Agrop. Bras. Brasília. V. 33, n.9, 1997. p. 1503-1507.

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. **Viveiros florestais**. 2.ed. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2000. 69 p. (Cadernos didáticos).

PASSOS, M.A.A.; LEITE, C.G.; SILVA, J.A.A.; FERREIRA NETO, J. Nível crítico de fósforo no solo para mudas de leucena. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: UFAM, 1996. p. 421-422.

PAULA, M.B. de, ALVAREZ V., V.H., NOGUEIRA, F.D. **Determinação da necessidade de calagem de solos**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, n.170, 1991. p. 45-55.

PRITCHETT. W.L.; FISHER. R.F. **Properties and management of forest soils**. New York, John Wiley and Sons, 1987. 494 p.

PROCHNOW, L.I.; ALCARDE, J.C.; CHIEN, S.H. Eficiência agronômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos/Anda, 2003. CD-ROM.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Ed. Agronômica Ceres Ltda. São Paulo, 1991. 343 p.

RAIJ, B.V. Métodos de diagnose de fósforo no solo em uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro, 2003. **Anais...** Piracicaba: POTA-FOS, 2003. (CD-Rom).

RAJAN, S.S.S.; WATKINSON, J.H.; SINCLAIR, A.G. **Phosphate rocks for direct application to soils**. Advances in Agronomy, New York, v. 57, 1996. p.77-159.

REISSMANN, C.B.; PREVEDELLO, B.M.S.; TREVISAN, E.; BORN, R.H. **Suscetibilidade da erva-mate à clorose induzida pela calagem**. Revista do Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, v. 11, n. 1-2, 1991. p. 273-278.

REISSMANN, C.B.; PREVEDELLO, B.M.S.; QUADROS, R.M.B.; RADOMSKI, M.I. **Production and foliar N, P, K, Ca and Mg levels in erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) related to increasing base saturation levels**. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, v. 40, n. 1, 1997. p. 241-249.

RENÓ, N.B. **Requerimentos nutricionais e resposta a fósforo e fungo micorrízico de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro** 62f. 1994. Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Lavras, ESAL.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ROSSI, A.R.; VALE, F.R. Nutrição de espécies florestais nativas em função da acidez do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos...** Manaus: UFAM, 1996. p. 242-243.

RESENDE, A.V.; FURINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARGA, D.I.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO, L.F. **Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado**. R. Bras. Ci. Solo, 2006. 30:453-466.

RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C. e KAMINSKI J. **Mitos e verdades sobre o uso de fosfatos naturais na agroecologia** (Nota técnica). Santa Maria, RS: Departamento de Solos, UFSM. 2001. Disponível em: [http:// www.emater.tche.br](http://www.emater.tche.br)>. Acesso em 13 fev. de 2008.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no Saeg**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

RIBEIRO, W.O. **Limitações nutricionais para o crescimento de mudas de Cedro (*Cedrela odorata* L.) em latossolo amarelo**. 2008. 59f. Dissertação. Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

ROCHA, R.C.; TECHEIRA, W.G.; SENA, J.S.P. Aplicação de corretivos e fertilizantes no plantio de fava d'anta (*Dimorphandra* spp.): II. efeito de doses de calcário. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: UFAM, 1996. p. 134-135.

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

SANTOS, R.A.; TUCCI, C.A.F.; HARA, F.A.S.; SILVA, W.G. **Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King).** Acta Amazonica. vol. 38(3) 2008: 453 – 458.

SANTOS, J.Z.L., RESENDE, A.V., FURTINI NETO, A., CORTE, E.F. **crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas e mudas de sete espécies arbóreas nativas.** Revista Árvore, Viçosa MG, v.32, n.5, 2008. p.799-807.

SENA, J.S. **Efeito da calagem e da correção dos teores de Ca e Mg do solo sobre o crescimento de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke), cedro (*Cedrela odorata* L.) e mogno (*Swietenia macrophylla* King).** 2008. 87f. Dissertação. Mestrado em Agronomia Tropical. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Manaus, Amazonas.

SILVA, A.R.M. **Estimativa da necessidade de Calagem para Produção de Mudas de Mogno(*Swietenia macrophylla* King vell.) e Sumaúma (*Ceiba pentandra*(L.) Gaertn).** 2004. 60f. Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Manaus, Amazonas.

SILVA, A.R.M.; TUCCI, C.A.F.; LIMA, H.N.; FIGUEIREDO, A.F. **Doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King).** Acta Amazonica, 2007. 37(2): 196-200.

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; CURI, N. **Absorção de nutrientes em espécies florestais sob influência da adubação potássica.** Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.8, n.2, dez. 1996a. p. 99-108.

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; CURI, N. **Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.20, n.2, maio/ago. 1996b. p. 257-264.

SILVA, I.R.; FURTINI , A.E.N.; CURI, N.; VALE, F.R. **Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.2, fev. 1997. p. 205-212.

SILVA, W.G.; TUCCI, C.A.F.; HARA, F.A.S.; SANTOS, R.A.C. **Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em Latossolo amarelo.** Revista Acta Amazônica, vol. 37(3) 2007: 371 – 376.

SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; VALE, F.R.; FERREIRA, M.M.; MOREIRA, F.M.S. **Aspectos de solos, nutrição vegetal e microbiologia na implantação de matas ciliares.** Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 28 p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado.** Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 102, jun. 2003. p. 1-16. Encarte técnico.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, A.T. Adubação fosfatada. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 147-168.

SOUSA, M.M.M.; LÉDO, F.J.S.; PIMENTEL, F.A. **Efeito da adubação e do calcário na produção de matéria seca e de óleo essencial de pimenta-longa.** Pesquisa agropecuária brasileira (PAB), Brasília, v.36, n.3. 2001. p. 405-409.

SOUZA, P.H. **Crescimento e qualidade de mudas de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.), bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth) e fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.) em resposta a calagem.** 2006. 62f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

SOUZA, C.A.S. **Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King).** 2007. 70f. Dissertação. Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais. Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus, Amazonas.

STRAATEM, P.V. **Rocks for crops: Agrominerals of sub-Saharan Africa.** Nairobi, ICRAF, 2002. 338 p.

TUCCI, C.A.F. **Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia.** 1991. 142f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - Minas Gerais.

TUCCI, C.A.F. **Seleção de métodos de laboratório para estimativa da necessidade de calagem em alguns solos da Amazônia.** Revista da Universidade do Amazonas: Série Ciências Agrárias, Manaus, v. 8, n. 1/2, 1996. p. 1-19.

TUCCI, C.A.F.; HARA, F.A.S.; FREITAS, R.O. **Adubação e calagem para a formação de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.).** Revista Ciências Agrárias e Ambientais da UFAM, v. 2, n. 1/2, jan./dez. 2002. p. 27-39.

TUCCI, C.A.F.; SOUZA, P.A.; VENTURIN, N.; BARROS, J.G. **Calagem e adubação para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* Kin).** Revista Cerne, Lavras, v. 13, n. 3, jul./set. 2007. p. 299-307.

VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E.; RENÓ, N.B.; FERNANDES, L.A.; RESENDE, A.V. **Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.31, n.9, set. 1996. p. 609-616.

VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F.R.; DAVIDE, A.C. **Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* (Óleo de Copaíba).** Revista Cerne, vol. 2, n.2. 1996. 55 p.

VERÍSSIMO, A.; GROGAM, J. **Síntese da situação do mogno a nível internacional.** Reunião do grupo de trabalho sobre o mogno. IMAZON. Brasília, 1998. p. 2-23.

VITTI, G.C. Eficiência Agronômica de Termofosfatos e fosfatos alternativos. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro, 2003. **Anais...** Piracicaba: POTA-FOS, 2003. (CD-Rom).

APÊNDICE

Tabela 1A: Resumo da análise de variância dos atributos químicos do substrato após a aplicação dos tratamentos.

F.V	G.L	Quadrado Médio					
		pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	P
Blocos	3	0,13 E ^{-2**}	0,83 E ^{-4ns}	0,18 E ^{-3*}	0,10 E ^{-2**}	0,54 E ^{-3**}	7,55**
Calagem	1	1,58**	0,44**	4,54**	0,58**	0,15**	420,50**
Fontes	3	0,98**	0,85 E ^{-1**}	1,93**	0,44**	0,97 E ^{-1**}	3709,67**
Cal x Fon	3	0,16 E ^{-2**}	0,63 E ^{-1**}	0,19**	0,78 E ^{-2**}	0,72**	70,18**
Resíduo	21	0,62 E ⁻¹⁷	0,35 E ⁻⁴	0,44 E ⁻⁴	0,24 E ⁻¹⁷	0,30 E ⁻⁴	0,35
C.V. (%)		0,51 E ⁻⁷	2,96	0,33	0,39 E ⁻⁶	1,21	1,88

F.V	G.L	Quadrado Médio					
		K	Sb	T	t	V	m
Blocos	3	0,59 E ^{-3ns}	0,13 E ^{-2**}	0,12 E ^{-2**}	0,11 E ^{-2**}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Calagem	1	58,57**	1,14**	0,22 E ^{-2**}	0,22**	809,03**	632,90**
Fontes	3	16,88**	1,15**	0,40**	0,34**	375,27**	345,60**
Cal x Fon	3	2,43**	0,42**	0,53**	0,36**	35,71**	47,20**
Resíduo	21	0,30 E ⁻³	0,16 E ⁻⁵	0,16 E ⁻⁵	0,50 E ⁻⁵	0,47 E ⁻¹⁴	0,13 E ⁻¹⁴
C.V. (%)		0,65 E ⁻¹	0,53 E ⁻¹	0,30 E ⁻¹	0,80 E ⁻¹	0,12 E ⁻⁶	0,25 E ⁻⁶

E = 10^{ns} ns – não significativo

* - significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F

** - significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2A: Resumo da análise de variância do conteúdo de macronutrientes na matéria seca total em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.) aos 90 dias após transplântio.

F.V	G.L	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	3	0,59 ^{ns}	0,35 E ^{-2ns}	0,97 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,10 E ^{-1ns}	0,15 E ^{-2ns}
Calagem	1	0,29 ^{ns}	0,34 E ^{-3ns}	0,35 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,31**	0,15 E ^{-2ns}
Fontes	3	0,29 ^{ns}	0,49**	1,94 ^{ns}	2,49**	0,16**	0,12 E ^{-2ns}
Calagem x Fontes	3	0,43 ^{ns}	0,13 E ^{-2ns}	0,44 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,46 E ^{-1**}	0,80 E ^{-2*}
Resíduo	21	0,24	0,19 E ⁻²	0,66	0,35	0,58 E ⁻²	0,25 E ⁻²
C.V. (%)		19,57	18,8	17,2	19,96	19,62	21,7

E = 10^{ns} ns – não significativo

* - significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F

** - significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3A: Resumo da análise de variância das características de crescimento em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.) aos 90 dias após transplântio.

F.V	G.L	Quadrado Médio					
		Altura	Diâmetro	MSPA	MSR	MST	PA/R
Blocos	3	2,23 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,90 E ^{-2ns}
Calagem	1	2,17 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,87 E ^{-2ns}	0,57 ^{ns}	0,75 E ^{-1ns}
Fontes	3	6,01 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,53 E ^{-1ns}	1,82 ^{ns}	0,22*
Calagem x Fontes	3	16,03**	0,24 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,76 E ^{-1ns}	1,39 ^{ns}	0,39 E ^{-1ns}
Resíduo	21	2,52	0,14	0,43	0,10	0,86	0,57 E ⁻¹
C.V. (%)		6,88	7,26	18,35	18,67	17,63	11,24

E = 10^{ns} ns – não significativo

* - significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F

** - significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4A: Resumo da análise de variância do conteúdo de macronutrientes na matéria seca total em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) aos 115 dias após transplântio.

F.V	G.L	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	3	0,50 ^{ns}	0,12 E ^{-1ns}	1,32 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,29 E ^{-2ns}	0,14 E ^{-1**}
Calagem	1	0,43 ^{ns}	0,24 E ^{-2ns}	0,27 E ^{-2ns}	0,51 ^{ns}	0,67 E ^{-1**}	0,10 E ^{-2ns}
Fontes	3	3,10**	0,54 E ^{-1**}	8,31**	5,60**	0,22 E ^{-1**}	0,38 E ^{-1**}
Calagem x Fontes	3	0,73 ^{ns}	0,30 E ^{-1**}	1,40 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,21 E ^{-1**}	0,69 E ^{-2ns}
Resíduo	21	0,33	0,48 E ⁻²	0,62	0,14	0,42 E ⁻²	0,28 E ⁻²
C.V. (%)		29,13	38,33	31,05	28,5	33,72	32,46

E = 10^{ns} ns – não significativo

* - significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F

** - significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5A: Resumo da análise de variância das características de crescimento em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) aos 115 dias após transplantio.

F.V	G.L	Quadrado Médio					
		Altura	Diâmetro	MSPA	MSR	MST	R/PA
Blocos	3	0,18 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,98 E ^{-1ns}	0,14 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,25 E ^{-1ns}
Calagem	1	0,13 E ^{-1ns}	0,33 ^{ns}	0,54 E ^{-2ns}	0,18 E ^{-1ns}	0,43 E ^{-1ns}	0,82 E ^{-2ns}
Fontes	3	26,06**	14,58**	0,95**	0,93**	3,73**	0,13*
Calagem x Fontes	3	4,17 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,92 E ^{-1ns}	0,25*	0,62 ^{ns}	0,51 E ^{-1ns}
Resíduo	21	3,55	0,69	0,69 E ⁻¹	0,82	0,28	0,30 E ⁻¹
C.V. (%)		18,7	12,32	38,56	33,12	34,38	21,9

E = 10^{ns} ns – não significativo

* - significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste F

** - significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F.