AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

# Correção do solo e adubação fosfatada no crescimento e produção de biomassa em mudas de mogno africano

# Soil correction and phosphate fertilization on growth and biomass production in african mahogany seedlings

**Helane Cristina Aguiar Santos**
Universidade Federal Rural da Amazônia
E-mail: aguiar.helane@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-4818-3569

**Genaldo Farias de Souza**
Universidade Federal Rural da Amazônia
E-mail: genaldofarias1@hotmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-2987-6092

**Eduardo Cezar Medeiros Saldanha**
YARA Fertilizantes
E-mail: ecmsaldanha@yahoo.com.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-3593-6939

**Marluce Reis Souza Santa-Brígida**
Universidade Federal Rural da Amazônia
E-mail: marluce.brigida@ufra.edu.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-2041-5604

**Antonia Luzinete da Silva Romão**
Universidade Federal Rural da Amazônia
E-mail: luzineteromao@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-3126-1089

**Rafael Ribeiro Costa**
Universidade Federal Rural da Amazônia
E-mail: rafaelribeirocosta@outlook.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0001-8669-9155

**Resumo:** Objetivou-se avaliar o crescimento de mudas de *Khaya ivorensis* A. Chev. (Mogno africano) cultivadas com e sem calagem em amostras de solo submetido à adubação fosfatada. O estudo foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) – Campus Capitão Poço/PA e o solo utilizado para compor o substrato foi um Latossolo Amarelo proveniente da camada de 0–20 cm de profundidade. Os tratamentos constituíram-se de cinco doses de fósforo, tendo como fonte o fosfato natural reativo de Arad. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial, sendo duas doses de calcário (0 e 5 g vaso$^{-1}$) e cinco doses de fósforo (0, 10, 20, 40 e 80 g vaso$^{-1}$ de $P_2O_5$) com 6 repetições, totalizando 60 parcelas experimentais. Cada parcela foi formada por uma muda, cultivada em vasos com capacidade de 12 quilos de solo durante 210 dias. Ao final do experimento foram realizadas avaliações de altura da planta (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), massa seca da



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e do índice de qualidade de Dickson (IQD). As mudas responderam positivamente às doses de $P_2O_5$ em todas as variáveis avaliadas e não há necessidade de correção do solo ao se utilizar como fonte de $P_2O_5$ o Arad. Para a obtenção de mudas de qualidade em condições semelhantes a este experimento, deve ser utilizada a dose 40 g vaso$^{-1}$ de $P_2O_5$.

**Palavras-chave:** arad, doses de fósforo, *Khaya ivorensis* A. Chev., variáveis

**Abstract:** Objective was to evaluate the growth of seedlings of *Khaya ivorensis* A. Chev. (African mahogany) cultivated with and without liming in soil samples submitted to phosphate fertilization. The paper was lead in a greenhouse in UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia) - campus Capitão Poço/PA and the soil used to compose the substrate was an Oxisols from the 0–20 cm depth layer. Treatments were five increasing doses of phosphorus, using Arad reactive natural phosphate as a source. Experiment was set up in a completely randomized design (CRD) factorial, be two doses of limestone (0 and 5 g vase$^{-1}$) and five doses of phosphorus (0, 10, 20, 40 and 80 g vase$^{-1}$ of $P_2O_5$) with 6 replications, totaling 60 experimental plots. Each plot was formed by a seedling, grown in pots with a capacity of 12 kilos of soil for 210 days. At the end of the experiment, height of plants (HP), stem diameter (SD), number of leaves (NL), shoot dry mass (SDM), root dry mass (RDM) and quality index were evaluated Dickson (QID). Seedlings responded positively to doses of $P_2O_5$ in all variables and that there is no need for soil correction when using Arad as a source of $P_2O_5$. To obtain quality seedlings under conditions similar to this experiment, the dose 40 g vaso$^{-1}$ of $P_2O_5$ should be used.

**Keywords**: arad, doses of phosphorus, *Khaya ivorensis* A. Chev., variables

Data de recebimento: 04/02/2020
Data de aprovação: 21/05/2020
DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i49.10990

## Introdução

A espécie *Khaya ivorensis* A. Chev., conhecida pelo nome comum de mogno africano, bisselon, mogno-seco-da-zona e mogno-de-Gambian, é uma espécie florestal exótica no Brasil que pertence à Família Meliaceae (Teixeira, 2011). Foi introduzida no Brasil visando substituir o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) devido à sua alta resistência ao lepidóptero *Hypsiphyla grandella*, a principal praga do mogno brasileiro, conhecida como a "broca das meliáceas" (Albuquerque et al. 2011; França et al. 2016).

Em virtude da baixa velocidade com que vem ocorrendo o plantio de espécies florestais nobres para atender a demanda futura da indústria moveleira, estima-se que em médio prazo haverá problemas de abastecimento. Neste sentido, tem crescido a utilização de espécies exóticas, especialmente no hemisfério sul, em países de clima tropical e subtropical (Zaidey et al. 2010; Heryati et al. 2011; Ribeiro et al. 2017).

Segundo Tucci et al. (2010), a necessidade de produção de mudas com melhor qualidade e menor custo em escala comercial é um desafio constante, resultado da crescente demanda de produtos florestais visando o estabelecimento de florestas, povoamentos e para fins industriais. Em função disso, tem-se observado crescente interesse por parte de agricultores e viveiristas sobre as técnicas de manejo mais adequadas para produção de mudas florestais.

A fase de produção de mudas é fundamental para o estabelecimento de plantas adultas bem nutridas e formadas. A obtenção de mudas de boa qualidade exige a utilização de substrato que forneça os nutrientes necessários ao pleno desenvolvimento da planta (Rudek et al. 2013; Andrade et al. 2018), sendo a adubação mineral uma prática relevante para o processo de formação de mudas.

O conhecimento das exigências nutricionais em espécies florestais é imprescindível no crescimento e na distribuição de biomassa, principalmente nos ecossistemas florestais da Amazônia, dada a escassez de fósforo (P) na maioria dos solos desta região (Souza et al. 2010; Perez et al. 2016). Segundo Souza et al. (2013), é um dos principais fatores que normalmente assume a maior importância na produção e que mais limita o aumento de produtividade das plantas. Assim, a prática de adubação fosfatada é recomendada.



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Tucci et al. (2011) demonstraram em seu trabalho que as espécies florestais (mogno brasileiro) respondem muito bem à calagem e à adubação. Sendo comprovado que o uso de fertilizantes fosfatados no solo e principalmente o uso da dose exata a ser utilizada é de suma importância para o desenvolvimento qualitativo das mudas (Costa Filho et al., 2013; Carnevali et al. 2016; Vasconcelos et al., 2017).

A necessidade de desenvolver pesquisas referentes aos requerimentos nutricionais das espécies florestais, como o mogno, é inadiável, uma vez que estas informações são imprescindíveis para fornecer subsídios que garantam o manejo adequado da floresta (Souza et al. 2010).

Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da prática da calagem e da adubação fosfatada no crescimento de mudas de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.), em fase de viveiro.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus Capitão Poço – Pará, no período de abril/2015 a outubro/2015. A espécie estudada foi *Khaya ivorensis* A. Chev., popularmente conhecida como mogno africano. As sementes foram coletadas em área comercial de cultivo de mogno africano, localizada no munícipio de Capitão Poço, Estado do Pará e colocadas para germinar em sementeiras a céu aberto, sendo selecionadas 60 mudas para serem transplantadas para vasos de 12 quilos de solo. Cada vaso constituiu uma unidade experimental. Essa seleção ocorreu quando as plântulas apresentaram dois pares de folhas, com isso foi possível tornar o lote de mudas mais homogêneas.

O substrato para a formação de mudas foi coletado da camada de 0-20 cm de um LATOSSOLO AMARELO Distrófico (Santos et al. 2018), sob uma cobertura vegetal de uma floresta secundária com mais de 30 anos, localizado no próprio campus universitário da UFRA, nas coordenadas geográficas 03º 06’ 04’’ de latitude sul e 59º 58’ 34’’ de latitude oeste. O solo foi seco ao ar, destorroado, homogeneizado e peneirado em malha de 2 mm.

O corretivo utilizado foi o calcário dolomítico (32% de CaO e 15% de MgO) com poder relativo de neutralização total – 91%, utilizando-se o critério de elevação da saturação por base para 60%, permanecendo incubado em sacos com volume 30 litros, umedecidos periodicamente, por um período de 30 dias, mantendo-se o teor de umidade constante com o peso da água em 50% do peso do substrato.

Passado o período de incubação, foram aplicadas doses de fósforo ($P_2O_5$) e homogeneizadas. Posteriormente, sendo transplantada uma muda/vaso. Utilizou-se como fonte de fósforo o fosfato natural reativo de Arad – FNR, que segundo Guedes et al. (2009) contém 33% de $P_2O_5$ e 37% de Ca.

O experimento foi montado em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em um fatorial completo 2 x 5, (sendo ausência ou presença de calagem e cinco doses de fósforo (0; 10; 20; 40 e 80 g vaso$^{-1}$ de $P_2O_5$), e seis repetições, totalizando 60 parcelas experimentais, sendo cada parcela composta por uma planta.

A adubação básica foi composta por 100 e 300 kg.ha$^{-1}$ de N e $K_2O$, respectivamente, utilizando-se como fontes sulfato de amônio (21% de N) e o cloreto de potássio (60% de $K_2O$). No caso do N, 50% da dose foi aplicada no momento e o restante aplicado 30 dias após o transplantio. As mudas receberam, também, adubação foliar de micronutrientes (QUIMIFOL SQB) composto de Mg (5,5%), S (10%), B (5%), Cu (0,5%), Fe (0,10%), Mo (0,10%) e Zn (5%) e repetidas a cada 15 dias, num total de 6 aplicações em todos as parcelas experimentais, de acordo com Santos et al. (2008).

Aos 210 dias após o transplantio, foram avaliados a altura da planta (H) em cm (foi utilizada uma trena dispondo a sua extremidade na base da planta rente ao solo posicionado verticalmente no sentido do topo da planta até última inserção foliar do ramo mais alto), diâmetro do coleto (DC) em mm (por meio de um paquímetro digital) e número de folhas (NF) em folhas planta$^{-1}$. Nessa mesma época, as plantas foram colhidas e o material vegetal (raízes e parte aérea) foi posto para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65ºC até peso constante, para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) em g vaso$^{-1}$ e massa seca da raiz (MSR) em g vaso$^{-1}$. Coletou-se amostra de tecido vegetal (folha), sendo esta seca em estufa, moída e submetida à análise, conforme Malavolta et al. (1997), para avaliação dos teores de nutrientes. Em função da não existência



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

de informações adotou-se o seguinte padrão de coleta: as folhas foram escolhidas ao terço médio da planta sendo uma folha em cada quadrante.

O solo coletado foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de malha de 2 mm, separados por tratamentos. Em seguida, procedeu-se a determinação do pH em cloreto de cálcio ($CaCl_2$). Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol $L^{-1}$, enquanto que potássio e fósforo foram extraídos com solução de ácidos diluídos (Mehlich$^{-1}$), conforme (Teixeira et al. 2017), os teores de (H+Al) foram estimados pelo método do pH SMP de acordo com Nascimento (2000). Constituíram-se 12 amostras simples de cada tratamento totalizando 10 amostras compostas.

Os resultados foram tratados à ANOVA das regressões ao nível de 1% de probabilidade. Para o procedimento das análises estatísticas foram usados o programa Assistat, versão 7.7 beta (Silva, 2009) e Microsoft Office Excel 2013.

**Resultados e Discussão**

Com base nos dados obtidos neste trabalho, observou-se que nao houve interação entre os fatores calagem e doses de fósforo para as variáveis avaliadas, ao nível de 1% de significância. Altura de plantas, diâmetro do coleto, número de folhas, massa seca da parte aérea, massa deca de raiz e índice de qualidade de Dickson apresentaram diferença apenas para as doses de fósforo (Tabela 1).

Nota-se (Figura 1-A) que a altura máxima das mudas de mogno africano com e sem correção do solo (89,71 e 107,78 cm, respectivamente) foram obtidas com 39,61 e 42,06 g vaso$^{-1}$ de $P_2O_5$, sendo que doses superiores a estas promoveram redução na altura da planta. Corroborando com os resultados de Santos et al. (2008), que estudando o efeito de doses de fósforo no desenvolvimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*) verificaram incremento linear na altura das mudas em função das doses de fósforo aplicadas, sendo a máxima altura verificada por ocasião da aplicação da dose máxima de P, 200 kg ha$^{-1}$.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para altura de plantas (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de mogno africano em função de doses de fósforo ($P_2O_5$), com e sem calagem aos 210 dias de viveiro

| Fonte de Variação | Valores de F | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | H | DC | NF | MSPA | MSR | IQD |
| | cm | mm | folhas planta$^{-1}$ | ----- g planta$^{-1}$ ----- | | |
| Calagem (F1) | 0,48$^{ns}$ | 0,09$^{ns}$ | 0,66$^{ns}$ | 1,12$^{ns}$ | 0,28$^{ns}$ | 0,14$^{ns}$ |
| Dose de $P_2O_5$ (F2) | 11,26* | 11,69* | 22,79* | 18,74* | 8,29* | 11,36* |
| Interação F1 x F2 | 1,55$^{ns}$ | 0,92$^{ns}$ | 0,53$^{ns}$ | 1,36$^{ns}$ | 0,24$^{ns}$ | 0,34$^{ns}$ |
| CV (%) | 22,43 | 24,72 | 16,10 | 26,95 | 21,57 | 21,43 |
| dms$^1$ | 9,34 | 1,51 | 1,64 | 11,07 | 11,73 | 5,69 |
| dms$^2$ | 20,80 | 3,36 | 3,66 | 16,94 | 18,41 | 12,68 |

[1] Diferença mínima significativa em relação ao fator calagem. [2] Diferença mínima significativa em relação as doses de $P_2O_5$.* nível de 1% de significância

Constatou-se que o diâmetro máximo das mudas de mogno africano com e sem correção do solo, (respectivamente, 14,41 e 15,73 mm) foram obtidas nas doses 38,26 e 44,5 g vaso$^{-1}$ de $P_2O_5$ (Figura 1-B), doses maiores a esta ocasionaram redução no diâmetro do coleto da planta. Tais resultados estão de acordo com os de Ceconi et al. (2006), que estudando a influência do fósforo no crescimento de mudas de *Luehea divaricata*, concluíram que a dose de 360 mg kg$^{-1}$ de P resultou no melhor crescimento em diâmetro, doses acima deste valor promoveram redução do diâmetro do caule.

O maior número de folhas com e sem calagem (respectivamente, 23,34 e 24,50 folhas planta$^{-1}$) alcançou-se com 39,89 e 44,58 g vaso$^{-1}$ de $P_2O_5$, acima dessa dose foi verificada diminuição no número de folhas (Figura 1-C). Esse resultado corrobora com Freitas et al. (2013), que ao testarem fertilizante fosfatado



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

em mudas de pinheira encontraram o máximo número de folhas com 12,10 mL $dm^{-3}$ (165,0 mg P $muda^{-1}$) de Cosmofert® e acima dessa dose foi verificada diminuição no número de folhas.

Para a massa seca da parte aérea (Figura 1-D) verificou-se na presença de calagem, aumento (124,86 g $vaso^{-1}$) de massa seca até a dose 37,97 g $vaso^{-1}$ de $P_2O_5$, enquanto que na ausência de calagem obteve-se o valor máximo (169,97 g $vaso^{-1}$) na dose 41,58 g $vaso^{-1}$ de $P_2O_5$ e a partir desse valor ocasionou diminuição na massa seca. Ceconi et al. (2007) também demonstram que as doses de fósforo influenciaram a biomassa da parte aérea das mudas de erva-mate, tendo um ponto de máxima eficiência na dose de 389 mg $kg^{-1}$ de P. Resultados diferentes foram encontrados por Tucci et al. (2011), que observaram que a adição de doses crescentes de P ao substrato não contribuíram de forma significativa para o aumento das variáveis biométricas testadas nas mudas de mogno, como altura, diâmetro, MSPA, MSR e R/PA, mesmo em um solo com teor de P disponível de 1 mg $dm^{-3}$.

Observou-se que houve o aumento na massa seca da raiz até as doses de 38,92 g $vaso^{-1}$ de $P_2O_5$ com calagem e de 40,73 g $vaso^{-1}$ de $P_2O_5$ sem calagem (respectivamente, 87,68 g $vaso^{-1}$ e 81,69 g $vaso^{-1}$), em doses maiores ocorreu decréscimo (Figura 1-E). Resultados semelhantes foram encontrados por Ceconi et al. (2007), avaliando a exigência nutricional de mudas de erva-mate à adubação fosfatada encontraram o ponto de máxima eficiência técnica na dose 362,5 mg $kg^{-1}$ de fósforo para biomassa radicular e por Rocha et al. (2013), em mudas de eucalipto, que apresentaram incremento quadrático para a massa seca das raízes em função de doses de fósforo aplicadas, sendo o valor máximo para esta variável obtido na dose 3,4 mg $planta^{-1}$.

Diante dos resultados morfológicos encontrados no experimento pode-se afirmar que em relação à adubação fosfatada e calagem as mudas de mogno africano encontram-se dentro do padrão de qualidade estipulado pela literatura. Nesse sentido, mudas de boa qualidade apresentem altura entre 20 e 35 cm, diâmetro do coleto entre 5 e 10 mm, caule com dominância apical, ampla área foliar, boa estrutura radicular e com grande quantidade de raízes finas (Davide & Faria, 2008).

Ao realizar o índice de qualidade de Dickson (IQD) observou-se que foi influenciado positivamente pelas doses de fósforo ($P_2O_5$) (Figura 1-F), porém observa-se que o IQD tendeu ao ponto de máximo na dose 38,45 g $vaso^{-1}$ de $P_2O_5$ com calagem e 41,56 g $vaso^{-1}$ de $P_2O_5$ sem calagem (27,58 e 27,97, respectivamente), a partir desse valor ocasionou diminuição no IQD, considerando assim a dose 40 g $vaso^{-1}$ como ideal.

Esse resultado está de acordo com os de Alves (2013), que evidenciou tendência crescente no índice de qualidade de Dickson ao longo do período de avaliação de mudas de *K. ivorensis* com e sem adição de solução nutritiva, enquanto que Andrade et al. (2018) ao avaliarem mudas de cássia-rosa em função da adubação fosfatada encontraram maior valor de IQD (0,4275) na dose máxima de 500 mg $dm^{-3}$ de $P_2O_5$.

Por esse motivo, e por levar em conta a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa das mudas, o IQD é considerado bom indicador da qualidade das mudas, e quanto maior seu valor, melhor será o padrão de qualidade das mesmas (Gomes & Paiva, 2012).

As análises de solo e do tecido vegetal foram realizadas ao final do experimento com o intuito de complementar e fornecer dados mais precisos ao trabalho realizado. A Tabela 2 corresponde às análises de solo dos tratamentos com e sem calagem.



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

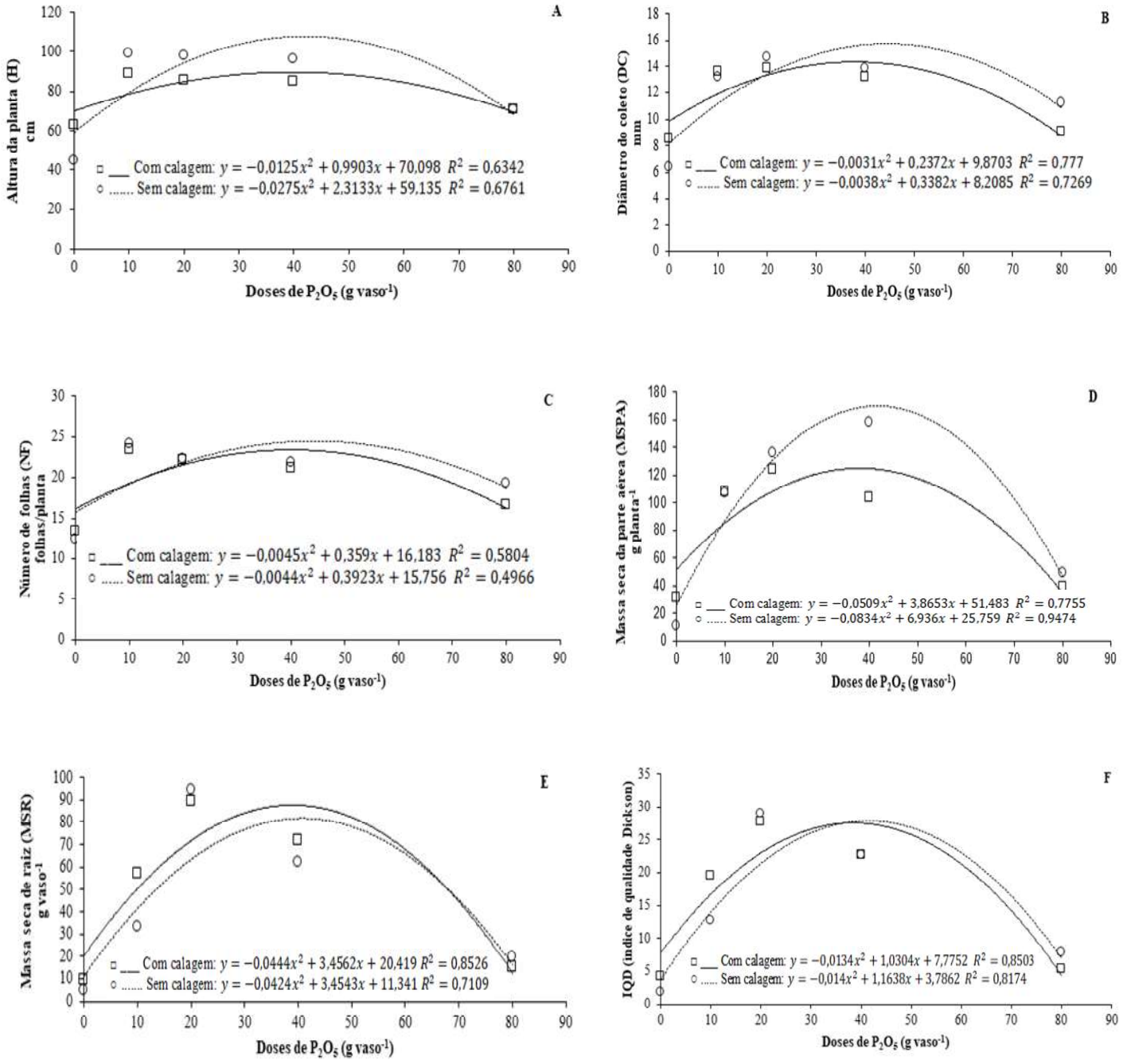


**Figura 1.** Análise de regressão das variáveis altura da planta (H – A), diâmetro do coleto (DC – B), Número de folhas (NF – C), massa seca da parte aérea (MSPA – D), massa seca da raiz (MSR – E) e índice de qualidade de Dickson (IQD – F) em mudas de mogno africano em função de doses de fósforo ($P_2O_5$), com e sem calagem aos 210 dias de viveiro, ao nível de 1% de significância



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

**Tabela 2.** Análise de solo nos tratamentos com e sem calagem, ao final do experimento

| Doses de $P_2O_5$ (g vaso$^{-1}$) | P (Mehlich I) | K | Ca | Mg | Al | H + Al | CTC | pH | m | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mg.dm$^{-3}$ | ----------cmol$_c$.dm$^{-3}$---------- | | | | | | ($CaCl_2$) | --%-- | |
| Com Calagem (CC) | | | | | | | | | | |
| 0 | 2 | 0,092 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 3,4 | 4,29 | 4,1 | 180 | 21 |
| 10 | 52 | 0,072 | 1,4 | 0,7 | 0 | 2,2 | 4,37 | 4,9 | 0 | 49 |
| 20 | 56 | 0,133 | 1,8 | 0,9 | 0 | 2,4 | 5,23 | 5,0 | 0 | 54 |
| 40 | 58 | 0,072 | 2,2 | 0,8 | 0 | 1,8 | 4,87 | 5,4 | 0 | 63 |
| 80 | 58 | 0,123 | 1,6 | 0,5 | 0 | 1,1 | 3,32 | 5,7 | 0 | 67 |
| Sem Calagem (SC) | | | | | | | | | | |
| 0 | 56 | 0,123 | 0,6 | 0,2 | 0,1 | 2,5 | 3,42 | 4,4 | 10 | 27 |
| 10 | 52 | 0,082 | 1,1 | 1,5 | 0 | 2,5 | 4,08 | 4,6 | 0 | 39 |
| 20 | 56 | 0,123 | 1,7 | 0,6 | 0 | 2,2 | 4,62 | 4,9 | 0 | 53 |
| 40 | 52 | 0,072 | 3,0 | 1,3 | 0 | 2,5 | 6,87 | 5,1 | 0 | 63 |
| 80 | 58 | 0,051 | 2,8 | 1,2 | 0 | 1,1 | 5,15 | 5,8 | 0 | 78 |

Ao observar as tabelas percebe-se que não ocorreu alteração do pH do solo entre os tratamentos com calagem e sem calagem. Possivelmente, pelo uso da fonte de fósforo (fosfato natural reativo de Arad - FNR) utilizada no experimento, pois de acordo com a análise, constatou-se que quando aumentaram as doses de $P_2O_5$ o pH também aumentou sobretudo nos tratamentos sem calagem. Devido ao FNR apresentar em sua composição química 37% de carbonato de cálcio, alcançando efeito corretivo nos tratamentos sem calagem.

Pode-se confirmar que o fosfato natural reativo de Arad quando usado para produção de mudas de mogno africano não há necessidade de realizar a correção do solo. Pois, no tratamento 5 (sem calagem) (Tabela 2) que recebeu a dose máxima de $P_2O_5$ o pH elevou-se para 5,8. Visto que, dos resultados obtidos foi a que mais se aproximou da faixa favorável (5,5 a 6,5) para disponibilizar nutrientes e favorecer o crescimento e desenvolvimento das raízes.

Silva et al. (2011) ao testarem fontes de fósforo, observaram que o maior conteúdo de P foi proporcionado pela fonte fosfato natural reativo Arad, pelo fato de apresentar menor concentração de P solúvel em relação às demais fontes, o que possivelmente pode ter contribuído para menor adsorção desse nutriente ao solo, em função da liberação mais lenta dessa fonte, o que consequentemente pode ter proporcionado maior eficiência de absorção desse nutriente.

Benedito (2007) sugere o uso dos fosfatos naturais em solos que apresentam baixo a médio pH e baixos teores de cálcio e fósforo em solução e elevada capacidade de fixação de P, e em culturas de ciclo longo e com extenso sistema radicular, de modo a ampliar a eficiência agronômica dessa fonte.

A Tabela 2 comprova a relação que há entre $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$ e $K^+$. Sabe-se que existe uma forte competição por sítios de adsorção entre eles. Logo, o excesso de $Ca^{2+}$ no solo inibe a absorção de outros nutrientes ($Mg^{2+}$ e $K^+$) causando o efeito antagônico entre eles. Essa relação antagônica do $Ca^{2+}$ com o $Mg^{2+}$ e $K^+$ ela está bem explicita a partir do tratamento 3 (20 g vaso$^{-1}$ de $P_2O_5$) na tabela de análise do tecido foliar (Tabela 3). Os valores de $Ca^{2+}$ vão crescendo e os valores de $Mg^{2+}$ e $K^+$ vão diminuindo.

Esse excesso de $Ca^{2+}$ nos tratamentos com e sem calagem da análise de solo provavelmente foi influenciado pelas fontes utilizadas tanto de calcário (calcário dolomítico) quanto das doses de $P_2O_5$ (fosfato natural reativo de Arad - FNR). Pois, o uso de calcários ricos em $Mg^{2+}$ tem promovido o desequilíbrio no solo entre $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$ podendo prejudicar a produção vegetal, criando situações em que são boas as quantidades, porém o grau de saturação dos íons, não é a mais adequada para a absorção e crescimento vegetal. Já o



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

fosfato natural de Arad por conter carbonato de cálcio na sua composição, os tratamentos que receberam as maiores doses de $P_2O_5$ tiveram efeito negativo pelo excesso desse nutriente. Essa situação é pertinente para o $K^+$.

Em relação aos valores de $P_2O_5$ no solo (Tabela 2), observa-se que o extrator de Mehlich I superestimou os valores de $P_2O_5$ devido este utilizar extratores ácidos (ácidos sulfúrico e clorídrico), pois esses valores, quando comparados aos absorvidos pela planta não surtiram efeito. Então, realizou-se uma nova análise em relação aos teores de $P_2O_5$ e os resultados continuaram altos. Novais et al. (2007) afirmaram que o extrator ácido, quando utilizado em solos adubados com fosfatos naturais, pode superestimar a disponibilidade de P para as plantas, por ser mistura de dois ácidos fortes (sulfúrico e clorídrico), solubilizando os fosfatos de cálcio que estão na forma indisponível para as plantas. Por este motivo, o método P Resina é o mais indicado por apresentar uma maior ação quando comparado ao Mehlich I.

Ao analisar os resultados da análise de tecido vegetal, ficou claro a interação do $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $K^+$, pois com o aumento das doses de $P_2O_5$ nos tratamentos a planta absorve os nutrientes até certo ponto, em seguida, diminui sua absorção.

Nos tratamentos que não receberam correção do solo foi verificado que conforme o aumento das doses de $P_2O_5$ a absorção dos nutrientes $Mg^{2+}$ e $K^+$ ficou levemente inibida, os valores decresceram após o T3 (20 g $vaso^{-1}$ de $P_2O_5$). Esse decréscimo fica bem nítido para $Mg^{2+}$. Já nos tratamentos que receberam correção do solo é também verificado essa queda, porém com maior nitidez para o $K^+$ (Tabela 3). A justificativa possível do $Mg^{2+}$ não ter tido efeito significativo, é o fato de que o calcário usado nos tratamentos com calagem foi o dolomítico. Pois, este tipo de calcário é composto por 15 % $Mg^{2+}$ em sua composição química. Logo, em junção com as doses de fósforo (ARAD) houve aumento do seu teor no solo.

**Tabela 3.** Análise do tecido vegetal nos tratamentos com e sem calagem

| Doses de $P_2O_5$ (g $vaso^{-1}$) | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------g.kg$^{-1}$---------- | | | | | | ----------mg.kg$^{-1}$---------- | | | | |
| | Com Calagem (CC) | | | | | | | | | | |
| 0 | 17 | 0,8 | 12 | 10,8 | 3,8 | 2,7 | 112 | 19 | 183 | 20 | 97 |
| 10 | 15 | 2,2 | 12 | 9,1 | 4,0 | 1,6 | 76 | 1 | 306 | 10 | 24 |
| 20 | 16 | 1,6 | 13,6 | 9,3 | 3,4 | 2,7 | 57 | 2 | 231 | 15 | 27 |
| 40 | 19 | 1,6 | 10,4 | 14,2 | 3,5 | 3,3 | 112 | 7 | 274 | 18 | 64 |
| 80 | 17 | 1,4 | 11,2 | 11,7 | 3,6 | 3,0 | 76 | 2 | 737 | 16 | 31 |
| | Sem Calagem (SC) | | | | | | | | | | |
| 0 | 15 | 0,8 | 16 | 9,2 | 3,0 | 3,8 | 66 | 19 | 209 | 20 | 90 |
| 10 | 16 | 1,6 | 12 | 8,3 | 3,1 | 1,8 | 59 | 7 | 213 | 12 | 42 |
| 20 | 19 | 2,2 | 12 | 12,9 | 3,8 | 3,8 | 76 | 7 | 297 | 21 | 56 |
| 40 | 16 | 1,6 | 12 | 12,2 | 2,1 | 2,1 | 67 | 2 | 237 | 19 | 31 |
| 80 | 14 | 1,6 | 11,2 | 13,2 | 2,1 | 2,1 | 87 | 4 | 243 | 8 | 44 |

Teoricamente, esses valores eram para terem sidos todos semelhantes, pois as doses de nitrogênio, potássio e magnésio foram todas iguais em todos os tratamentos. Contudo, ao utilizar o fosfato natural reativo de Arad como fonte de $P_2O_5$ no experimento, ocorreu excesso de $Ca^{2+}$, principalmente, nos tratamentos que receberam as maiores doses de $P_2O_5$, ocasionando inibição por competição nos outros nutrientes ($Mg^{2+}$ e $K^+$).

Essa relação antagônica do $Ca^{2+}$ com $Mg^{2+}$ e $K^+$ foi verificada visualmente entre os tratamentos. As mudas apresentaram carência de $Mg^{2+}$ e $K^+$ a partir dos 90 dias de experimento. Alguns tratamentos mostraram



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

deficiência desses nutrientes até o final do experimento, mesmo sendo realizada a adubação básica de cobertura de cloreto de potássio e kieserita. Os tratamentos que receberam as maiores doses de $P_2O_5$ foram os que apresentaram os sintomas até o final do experimento.

A diminuição do acúmulo desses nutrientes na parte aérea das mudas deve-se ao fato de que, em doses maiores de $P_2O_5$, o crescimento das mudas foi comprometido, como verificado nas avaliações realizadas da altura da planta, diâmetro do coleto, número de folhas e massa seca da parte aérea e raiz.

Como o K pode ser remobilizado para as folhas mais jovens, os sintomas de deficiência aparecem inicialmente nas folhas mais maduras da base da planta ou do galho. As folhas podem também curvar-se e secar. Os caules de plantas deficientes em K podem ser delgados e fracos, com regiões intermodais anormalmente curtas (Taiz & Zeiger, 2013). Esses sintomas foram bem visíveis nos tratamentos que receberam as maiores doses de $P_2O_5$.

Com o aumento das doses de fósforo, observou-se que houve redução nos teores de Cu na parte aérea do mogno africano em todos os tratamentos (Tabelas 3). O aumento dos níveis de saturação por base que se encontram nas análises de tecido vegetal, também ocasionou redução no teor de $Cu^{2+}$ na parte aérea. Esses resultados estão relacionados à redução da disponibilidade do Cu, com a elevação do pH do solo, em decorrência da aplicação do corretivo e do Arad.

Em relação ao Zn (Tabelas 3) houve diminuição nas concentrações dos tratamentos que receberam doses de $P_2O_5$ com e sem calagem. Segundo Araújo e Machado (2006), isso deve-se ao fato de que com a adição de P, há diminuição da concentração de Zn, interação mais comum entre esses nutrientes.

Outro fator que também ocasiona antagonismo entre P x Zn é o aumento dos níveis de saturação por bases como verificado, o qual proporcionou redução nos teores de Zn na parte aérea do mogno africano que se encontram nas análises de tecido vegetal.

Para a absorção de P é comprovado nas análises de tecido vegetal a ligação direta que esse nutriente tem com o pH do solo. Ao relacionar as análises de solo com a análises de tecido vegetal (Tabela 4) confirmou-se que para o mogno africano a máxima absorção de P (2,2 $g.kg^{-1}$) nos tratamentos com e sem calagem o pH ideal foi 4,9. Sendo, a máxima absorção nas doses 10 e 20 g $vaso^{-1}$ de $P_2O_5$ com e sem calagem, respectivamente. Pois, na nutrição da planta em P, o aumento da dose não é linear.

**Tabela 4.** Absorção de fósforo ($P_2O_5$) pelo mogno africano em relação ao pH do solo

| Doses de $P_2O_5$ (g $vaso^{-1}$) | P CC[1] | P SC[2] | pH CC[1] | pH SC[2] |
|---|---|---|---|---|
| | ---------- g.kg$^{-1}$ ---------- | | ---------- $CaCl_2$ ---------- | |
| 0 | 0,8 | 0,8 | 4,1 | 4,4 |
| 10 | 2,2 | 1,6 | 4,9 | 4,6 |
| 20 | 1,6 | 2,2 | 5,0 | 4,9 |
| 40 | 1,6 | 1,6 | 5,4 | 5,1 |
| 80 | 1,4 | 1,6 | 5,7 | 5,8 |

Fonte: Dados retirados das análises de tecido vegetal e de solo. [1]CC – com calagem e [2]SC – sem calagem

Observa-se que o pH encontrado não é o adequado para a maioria das espécies e mesmo assim o mogno africano consegue absorver o máximo conteúdo de P. Haja vista, que o mogno africano consegue se adaptar a solos ácidos, sendo bastante indicado para reflorestamento de áreas degradadas.

A falta ou o excesso de $P_2O_5$ nas mudas de mogno africano foram prejudiciais ao seu desenvolvimento em altura, diâmetro, número de folhas, massa seca da parte aérea e raiz. Em consonância com Souza et al. (2010), a resposta do fósforo como fator limitante à absorção de macro e micronutrientes pelas mudas de mogno, foi observada no crescimento, onde as menores respostas em altura, diâmetro, e produção de massa seca da parte aérea e raiz, foram observadas nos tratamentos em que o fósforo foi omitido da adubação.



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Diante disso, os resultados desse trabalho demonstram a importância do uso correto da dose deste nutriente para a formação das mudas de mogno africano ao longo de seu desenvolvimento.

## Conclusões

A dose de fósforo recomendada para a produção de mudas de mogno africano em fase de viveiro é a de 40 g vaso$^{-1}$. A fonte de $P_2O_5$, fosfato natural reativo de Arad, pode realizar a correção do solo no período de viveiro.

## Referências

ALBUQUERQUE, C. P.; FIDELIS, D. M.; JUNIOR, H. J. E.; MORENO, N. B.; SILVA, P. G. A. Levantamento bibliográfico sobre o Mogno Africano. Consultoria Florestal Jr – CONFLOR JR. FCA. UNESP, 2011. 24 p.

ALVES, M. S. **Produção e qualidade de mudas de mogno africano cultivadas com solução nutritiva.** Boa Vista-RR: Universidade Federal de Roraima, 2013. 63p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal de Roraima, 2013.

ANDRADE, R. H. M.; FREITAS, E. C. S.; PAIVA, H. N.; MEDEIROS, R. A. Adubação fosfatada na produção de mudas de *Cassia ferruginea* e *Cassia grandis*. **Nucleus**, v.15, n.1, 2018.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, p.253-281, 2006.

BENEDITO, D. S. **Eficiência agronômica de fontes alternativas de fósforo e modelo de predição do uso de fosfatos naturais**. Piracicaba-SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 122p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.

CARNEVALI, N. H. S.; MARCHETTI, M. E.; VIEIRA, M. C.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D. Eficiência nutricional de mudas de *Stryphnodendron polyphyllum* em função de nitrogênio e fósforo. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 449-461, 2016.

CECONI, D. E., POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, v.12, n.3, p.292-299, 2006.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; LOVATO, T.; MUNIZ, M. F. B. Exigência nutricional de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) a adubação fosfatada. **Ciência Florestal**, v.17, n.1, p.25-32, 2007.

COSTA FILHO, R. T.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpiniifolia* Benth. em latossolo vermelho-amarelo. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 89-98, 2013.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros Florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. (Eds). Produção de sementes e mudas de espécies florestais. 1 ed. Lavras: UFLA, 2008. Cap.2, p.83-124.

FRANÇA, T. S. F. A.; FRANÇA, F. J. N.; ARANGO, R. A.; WOODWARD, B. M.; ARANTES, M. D. C. Natural resistance of plantation grown African mahogany (*Khay ivorensis* and *Khaya senegalensis*) from Brazil to wood-rot fungi and subterranean termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.107, n.1, p.88-91, 2016.

FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; PINTO, J. R. S.; TOSTA, M. S.; DOMBROSKI, J. L. D. Fertilizante fosfatado no desenvolvimento inicial de mudas de pinheira. **Bioscience Journal**, v.29, n.2, p.319-327, 2013.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Viveiros florestais: propagação sexuada. Viçosa, MG: UFV, 2012. 116 p.

GUEDES, E. M. S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, E. V.; GAMA, M. A. P.; SILVA, A. L. P. Fosfato natural de arad e calagem e o crescimento de brachiaria brizanta em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, v.52, p.117-129, 2009.



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

HERYATI, Y.; ABDU, A.; MAHAT, M. N.; ABDUL-HAMID, H.; JUSOP, S.; MAJID, N. M.; HERIANSYAH, I.; AJANG, L.; AHMAD, K. Comparing the fertility of soils under *Khaya ivorensis* plantation and regenerated degraded secondary forests. **American Journal of Applied Sciences**, v.1, n.5, p.472-480, 2011.

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

NASCIMENTO, C. W. A. Acidez Potencial estimada pelo pH SMP em solos do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.679-682, 2000.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, J.; NUNES, F. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; SMYTH, J.; NUNES, F. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.8, p. 471-550.

PEREZ, B. A. P.; VALERI, S. E. V.; DA CRUZ, M. C. P.; VASCONCELOS, R. T. Potassium doses for African mahogany plants growth under two hydric conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.22, p.1973-1979, 2016.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, C. A.; SCOLFORO, J. R. S. O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya* spp.) e o Crescimento da Atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v.24, n.1, p.1-11, 2017.

ROCHA, J. H. T.; PIETRO, M. R.; BORELLI, K.; BACKES, C.; NEVES, M. B. Produção e desenvolvimento de mudas de Eucalipto em função de doses de fósforo. **Cerne, v.19, n.4, p.535-543, 2013.**

RUDEK, A.; GARCIA, F. A. O.; BANDEIRA, F. S. Avalição da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p. 3775, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). Solos: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 356 p.

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). **Revista Acta Amazônica**, v.38, n.3, p.453-458, 2008.

SILVA, F. A. S. S. Assistat - Assistência Estatística - Versão 7.7 beta. Campina Grande – PB, 2009. Disponível em:<http://www.assistat.com/> Acesso em: 15 outubro 2015.

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

SOUZA, C. A. S.; TUCCI, C. A. F.; SILVA, J. F. da.; RIBEIRO, W. O. Exigências Nutricionais e Crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Revista Acta Amazônica**, v.40, n.3, p.512-522, 2010.

SOUZA, N. A.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, E. F. Estudo nutricional da Canafístula (I): Crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, v.37, n.4, p.717-724, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E**. Fisiologia vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TEIXEIRA, P. C.; DONNAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). Manual de métodos de análise de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 574 p.

TEIXEIRA, V. C. M. **Avaliação da usinagem da madeira de mogno africano (*khayaivorensis* A. Chev.).** Seropédica-RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011. 45p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; GAMA, A. S.; COSTA, H. S.; SOUZA, P. A. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw., bombacaceae). **Revista Acta Amazônia**, v.40, n.3, p.543-548, 2010.



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; JÚNIOR, C. H. S.; SOUZA, P. A.; BATISTA, I. M. P.; VENTURIN, N. Desenvolvimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.) em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.41, p.471-490, 2011.

TUCCI, C. A. F.; SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; BARROS, J. G. Calagem e Adubação para a Produção de Mudas de Mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Cerne**, v.13, n.3, p.299-307, 2007.

VASCONCELOS, R. T.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C.; BARRETTO, V. C. M. Fertilização fosfatada na implantação de *Khaya senegalensis* A.Juss. **Scientia Forestalis**, v.45, n.116, p.1-10, 2017.

ZAIDEY, A. K.; ARIFIN, A., ZAHARI, I.; HAZANDY, H. A.; ZAKI, M. N.; AFFENDY, H.; WASLI, M. E.; KHAIRUL HAFIZ, Y.; SHAMSHUDDIN, J.; NIK MUHAMAD, M. Characterizing soil properties of lowland and hill dipterocarp forests at Peninsular Malaysia. **International Journal of Soil Science**, v.5, n.3, p.112-113, 2010.



Este obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.