UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* A. Chev.) SUBMETIDO A DIFERENTES SATURAÇÕES POR BASES E NÍVEIS DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO

CAMILLA OLIVEIRA MUNIZ

Orientadora:
Prof. Dra. Eliana Paula Fernandes

Goiânia, GO – Brasil
MARÇO - 2015

CAMILLA OLIVEIRA MUNIZ

DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* A. Chev.) SUBMETIDO A DIFERENTES SATURAÇÕES POR BASES E NÍVEIS DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solo e Água.

Orientadora:
Prof. Dra. Eliana Paula Fernandes

Goiânia, GO - Brasil

2015

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

(GPT/BC/UFG)

Muniz, Camilla Oliveira
Desenvolvimento inicial do mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetido a diferentes saturações por bases e níveis de nitrogênio, fósforo e potássio.
Camilla Oliveira Muniz. - 2015.
L, 50 f.

Orientadora: Profa. Dra. Eliana Paula Fernandes Brasil.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia, 2015.

Bibliografia
Inclui lista de tabela e lista de figuras

1. Nutrição mineral de plantas. 2. espécies florestais. 3. adubação NPK. 4. crescimento de plantas. 5. madeira nobre.

Permitida a reprodução total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – A autora

CAMILLA OLIVEIRA MUNIZ

TÍTULO: **DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis A*. Chev.) SUBMETIDO A DIFERENTES SATURAÇÕES POR BASES E NÍVEIS DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 30 de março de 2015, pela banca examinadora constituída pelos membros:

_____	_____
Prof. Dra. Graciella Corcioli Membro - Escola de Agronomia/UFG	Prof. Dr. Jácomo Divino Borges Membro – PPGA/UFG

_____

Prof. Dra. Eliana Paula Fernandes
Orientadora - PPGA-UFG
Presidente da Banca

Goiânia, Goiás
Brasil

À minha mãe, Maria das Graças Oliveira, sempre presente.
À minha avó, Marcy Fernandes de Oliveira, exemplo de humildade, honestidade e paciência.
Ao meu avô, Milton Muniz, que nos mostrou a importância do estudo e está torcendo "lá de cima".

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida.

À minha família, pela vida, auxílio e incentivo na prática do estudo.

Ao meu esposo, pelo companheirismo, amor e dedicação.

À Universidade Federal de Goiás (UFG), em especial à Escola de Agronomia e seus docentes, pela oportunidade de realização do mestrado.

À minha orientadora, Prof. Dra. Eliana Paula Fernandes Brasil, pela compreensão que teve durante esta fase da minha vida, por ter tornado tudo, mas leve e agradável nos momentos difíceis, bem como pela orientação.

Ao Dr. Ailton Vítor Pereira por ter me atendido sempre que necessário na execução do projeto.

Aos proprietários do viveiro Mudas Nobres, João Augusto da Silva e Can Robert Tormin, hoje grandes amigos, pelo apoio na realização deste trabalho e por me capacitarem para o mercado de trabalho.

À toda a equipe do viveiro Mudas Nobres, em especial à Xislane, Ronaldo, Euler e Valdileuza que me acompanham desde o início e nunca mediram esforços para que tudo se realizasse da melhor forma possível.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), que se tornaram grandes amigos, Luanna, Thayná, Lucas, Luciele, Danillo, Marco, Sue Hellen, Evaldo e tantos outros pela convivência agradável e por estarem presentes em mais esta etapa da minha vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante a realização do Curso de Mestrado.

A todos que direta ou indiretamente estiveram comigo durante este período, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIAÇÕES 8
LISTA DE TABELAS 9
LISTA DE FIGURAS 11
RESUMO 12
ABSTRACT 14

1 INTRODUÇÃO 15

2 REVISÃO DE LITERATURA 16
2.1 MOGNO AFRICANO 18
2.2 CORREÇÃO DO SOLO E ELEVAÇÃO DA SATURAÇÃO POR BASES 18
2.3 NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS 20
2.3.1 Nitrogênio 20
2.3.2 Fósforo 21
2.3.3 Potássio 23

3 MATERIAL E MÉTODOS 25
3.1 ESTAÇÃO EXPERIMENTAL 25
3.2 TRATOS CULTURAIS 25
3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO 29

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 33
4.1 SATURAÇÃO POR BASES 34
4.2 NITROGÊNIO 36
4.3 FÓSFORO 37
4.4 POTÁSSIO 39
4.5 ADUBAÇÃO NPK 41

5 CONCLUSÃO 45

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46

LISTA DE ABREVIAÇÕES

Al	Alumínio
B	Boro
Ca	Cálcio
Cm	Centímetro
cmolc.dm-3	Centimol carga por decímetro cúbico
Cu	Cobre
Dc	Diâmetro do colo
et al.	e colaboradores
Fe	Ferro
G	Gramas
$g.cm^{-3}$	Gramas por centímetro cúbico
$g.dm^{-3}$	Gramas por decímetro cíbico
$g.kg^{-1}$	Gramas por quilo
$g.t^{-1}$	Gramas por tonelada
H	Hidrogênio
H	Altura
K	Potássio
$kg.ha^{-1}$	Quilos por hectare
$kg.m^{-3}$	Quilos por metro cúbico
L	Litros
$L.ha^{-1}$	Litros por hectare
M	Metros
Mg	Magnésio
$mg.dm^{-3}$	Miligramas por decímetro cúbico
Mm	Milímetros
Mn	Manganês
MO	Matéria Orgânica
Mo	Molibdênio
N	Nitrogênio
N_2	Gás nitrogênio
ºC	Graus celsius
P	Fósforo
Ph	Potencial hidrogeniônico
S	Enxofre
sp.	Espécie
T	Tonelada
V	Saturação por bases
Zn	Zinco

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos e textura do solo resultantes da amostragem coletada em área total antes da implantação do experimento e após aplicação localizada de 600kg ha^{-1} e 1800kg ha^{-1} de calcário, nas profundidades 0-0,20m e 0,20-0,40m, na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 26

Tabela 2. Resultado da análise de solo após aplicação localizada de 600kg ha^{-1} e 1800kg ha^{-1} de calcário, nas profundidades 0-0,20m e 0,20-0,40m, na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.. 28

Tabela 3. Quantidade de ureia, superfostato triplo e cloreto de potássio aplicado em cada parcelamento e quantidade total empregada por tratamento na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO . 30

Tabela 4. Resumo da análise de variância contendo valores de graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), nível de significância e coeficiente de variação para as variáveis altura (h) e diâmetro do colo (dc) em função das doses dos fatores N, P e K aplicadas em plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 33

Tabela 5. Médias de altura e diâmetro do colo de mudas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), aos doze meses de idade, em cada bloco e níveis de saturação por bases (V%), cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 34

Tabela 6. Valores médios de altura e diâmetro do colo de plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*) aos 12 meses de idade com diferentes níveis de calagem e saturação por bases (V%) cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 35

Tabela 7. Altura e diâmetro de plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), aos doze meses de idade, submetidas a diferentes doses de nitrogênio (N), cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 36

Tabela 8. Altura e diâmetro de plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), aos doze meses de idade, submetidas a diferentes doses de fósforo (P), cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 38

Tabela 9. Altura e diâmetro de plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), aos

doze meses de idade, submetidas a diferentes doses de potássio (K), cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 39

Tabela 10. Análise de variância contendo valores de graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), nível de significância e coeficiente de variação para as variáveis altura (h) e diâmetro do colo (dc) em função dos tratamentos de adubação NPK na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 41

Tabela 11. Comparação de médias de diâmetro e altura das plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*) aos doze meses de submetidas a diferentes adubações NPK na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estação experimental Hiroshi Okajima, Bonfinópolis, GO. Fonte: Google Earth (2014) 25

Figura 2. Divisão da área experimental em duas saturações por bases e posicionamento dos blocos na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 27

Figura 3. Composição dos tratamentos empregados no esquema fatorial através da combinação entre as doses de nitrogênio, fósforo em potássio na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 29

Figura 4. Influência das doses de N no crescimento de plantas de *Khaya ivorensis* durante os primeiros doze meses de cultivo na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 37

Figura 5. Influência das doses de P no crescimento de plantas de *Khaya ivorensis* durante os primeiros doze meses de cultivo na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 39

Figura 6. Influência das doses de K no crescimento de plantas de *Khaya ivorensis* durante os primeiros doze meses de cultivo na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO 40

RESUMO

MUNIZ, C. O. **Desenvolvimento inicial do mogno africano (*Khaya ivorensis* a. chev.) submetido a diferentes saturações por bases e níveis de nitrogênio, fósforo e potássio. 2015**. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.[1]

A demanda mundial por madeira cresce a cada dia. No Brasil, a grande disponibilidade de área e condições edafoclimáticas favoráveis ao crescimento de plantas, têm viabilizado o investimento em monocultivos florestais. Dentre as espécies de madeira nobre, o mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) é a que possui características físicas e mecânicas mais próximas ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*). Devido à resistência ao ataque da *Hypsipyla grandella* tem sido uma alternativa viável de atendimento ao mercado moveleiro internacional. No entanto, pouco se conhece sobre a cultura, sobretudo suas exigências nutricionais. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da *Khaya ivorensis* em diferentes saturações por bases e níveis de nitrogênio, fósforo e potássio. Para isso, foi utilizada uma área de oito hectares em que quatro hectares tiveram a saturação por bases elevada a 55% e os demais a 75%. O delineamento experimental empregado foi blocos casualizados com oito repetições no esquema fatorial 4 x 4 x 4, com quatro doses de nitrogênio (60g, 120g, 180g e 240g de uréia), quatro doses de fósforo (60g, 120g, 180g e 240g de super fosfato triplo) e quatro doses de potássio (42g, 84g, 126g e 168g de cloreto de potássio). A saturação por bases foi avaliada no efeito de blocos. Após doze meses de plantio foram realizadas as avaliações dendrométricas. O diâmetro do colo foi mensurado com paquímetro digital e a altura com fita métrica. Cada parcela experimental foi composta por seis plantas e a média entre elas considerada na análise estatística. No diâmetro do colo houve diferença estatística entre blocos e doses de nitrogênio. No entanto, esta diferença pode estar relacionada à genética das plantas, visto que o plantio é jovem e foram utilizadas mudas seminais. Na altura apenas a relação NPK apresentou variação estatística. No entanto, foi observada tendência de decréscimo de crescimento com a elevação das doses de N e melhoria com o aumento das doses de P e K. Todos os tratamentos favoreceram o crescimento do mogno africano. A saturação por bases mais indicada é a de 55%, visto que não há melhoria no crescimento das plantas quando V% é elevada a 75%. O excesso de N prejudica o crescimento da espécie. O melhor tratamento foi o que recebeu 60g de uréia, 240g de ST e 168g de KCl.

Palavras–chave: Nutrição mineral de plantas, espécies florestais, adubação NPK, crescimento de plantas, madeira nobre.

---

[1]Orientadora: Prof. Dra. Eliana Paula Fernandes Brasil. EA-UFG.

ABSTRACT

MUNIZ, C. O. **Initial development of African mahogany (*Khaya ivorensis* a. Chev.) under different base saturation levels and levels of nitrogen, phosphorus and potassium**. 2015. 50 f. Dissertation (Master Degree in Agronomy: Soil and Water)- Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.[1]

Global demand for wood is growing every day. In Brazil, the wide availability of area, favorable climate and soil conditions for the plant, made possible investment in forest monocultures. Among the species of hardwood, African mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) Is the one with physical and mechanical characteristics closer to Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla*). Due to resistance attack on *Hypsipyla grandella* has been a viable service to the international furniture market. However, little is known about the culture, particularly their nutritional requirements. This study aimed to evaluate the development of *Khaya ivorensis* in different base saturation levels and levels of nitrogen, phosphorus and potassium. For this, an eight-hectare area in which four hectares had the high saturation bases to 55% and the remaining 75% was used. The experimental design was a randomized block design with eight replications in factorial 4 x 4 x 4, with four levels of nitrogen (60g, 120g, 180g and 240g of urea), four doses of phosphorus (60g, 120g, 180g and 240g super triple phosphate) and four potassium doses (42g, 84g, 126g and 168g of potassium chloride). The base saturation was evaluated in the block effect. After twelve months of planting were performed dendrometric reviews. The basal diameter was measured with a digital caliper and height with tape. Each plot consisted of six plants and averaging them considered in the statistical analysis. In stem diameter was no statistical difference between blocks and nitrogen. However, this difference may be related to genetics of plants, since the plant is young and seminal seedlings were used. At the time only the NPK ratio presented statistical variation. However, growth decreasing trend was observed with the increase of N rates and improved with increasing doses of P and K. All treatments favored the growth of African mahogany. The most suitable foundations saturation is 55%, since there is no improvement in the growth of plants is high when V% to 75%. Excess N affect the growth of the species. The best treatment was that received 60g of urea, 240g and 168g ST KCl.

Key words: Mineral nutrition of plants, base saturation, forest species, NPK fertilization, *plant growth*, hardwood.

---

[1]Adviser: Prof. Drª Eliana Paula Fernandes Brasil. EA-UFG.

1 INTRODUÇÃO

Uma importante família das madeiras nobres é a Meliaceae. Nela estão agrupadas as madeiras tropicais mais valiosas de todo o mundo. Dentre os gêneros pertencentes a esta família estão *Swietenia* sp., *Cedrella* sp., *Toona* sp., *Khaya* sp., entre outros. A restrição ao corte e comércio de madeiras provenientes de árvores nativas promove a expansão do cultivo de espécies arbóreas exóticas, dentre elas o mogno africano.

Apesar da recente crise econômica mundial, o Brasil tem crescido bastante e a cadeia produtiva do setor florestal tem participação desse crescimento. De acordo com a Abraf (2013), a área total cultivada com floresta no Brasil em 2012 foi equivalente a 7.185.943 ha. Neste mesmo ano, o mercado brasileiro dos produtos florestais foi responsável por US$ 7,54 bilhões das exportações nacionais.

A exaustão das florestas nativas e a alta demanda por madeira tem despertado interesse dos produtores rurais em investir no monocultivo florestal. De acordo com o SFB & IPAM (2011), a demanda média por madeira em tora proveniente de florestas nativas foi estimada em 21 milhões de $m^3.ano^{-1}$. Para que esta demanda seja atendida seria necessário o plantio de uma área de 36 milhões de hectares em um ciclo de 30 anos.

O gênero *Khaya* sp., popularmente conhecido como mogno africano, tem sido indicado para plantios comerciais devido à sua excelente adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras e elevado valor no mercado internacional. Sua madeira possui coloração avermelhada e densidade relativamente baixa, características demandadas pela indústria moveleira. Além disso, é altamente resistente ao ataque de *Hypsipyla grandella*, espécie de praga limitante ao cultivo de *Swietenia macrophylla* King. (popularmente conhecido como mogno brasileiro).

Khaya ivorensis A. Chev é uma das espécies mais procuradas pelos reflorestadores. Em condições favoráveis tem apresentado incremento de até 40 $m^{-3}ha^{-1}ano^{-1}$ e o valor do metro cúbico de madeira serrada pode ultrapassar US$ 2.000,00. Devido ao potencial produtivo do mogno africano no Brasil, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos para caracterização e melhoria da espécie.

A fertilização é a prática cultural mais comum e talvez de ação mais efetiva para melhorar a qualidade das espécies florestais. Segundo Santana et al. (2002), os estabelecimentos de florestas economicamente viáveis exigem conhecimentos cada vez mais detalhados das práticas silviculturais a adotar.

As condições climáticas brasileiras permitem uma longa estação de crescimento, diferente das regiões de clima temperado, de onde importamos a maior parte das recomendações de técnicas agrícolas. Por esse motivo, há a necessidade de "tropicalização" dessas técnicas, e esse conceito se adequa perfeitamente ao caso do uso de fertilizantes (Benites et al., 2010).

A afirmação de que a correção e fertilização do solo já foram amplamente estudadas é um erro muito comum. Portanto estas práticas precisam ser revistas e adaptadas para cada cultura e tipo de solo, em especial na atividade florestal. A adubação de acordo com as necessidades nutricionais específicas da cultura garantirá maior produtividade madeireira com investimento reduzido e mínimo impacto ambiental.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da saturação por bases e diferentes níveis de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no crescimento inicial de mudas de mogno africano (*Khaya ivorensis*).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* A. Chev)

As árvores do gênero *Khaya*, família Meliaceae, são conhecidas comercialmente por diferentes nomes: Acajou D'Afrique, na França e Bélgica; African mahogany na Inglaterra e Estados Unidos; Khaya mahagoni na Alemanha; Afrikaan's mahoganie na Holanda e mogno-africano pelos portugueses (Falesi & Baena, 1999).

De acordo com Lemmens (2008), a espécie *Khaya ivorensis* ocorre desde a Costa do Marfim até o leste de Camarões e sul de Cabinda (Angola). Podem ocorrer também na Guiné, Libéria, República Centro-Africana e Congo, em regiões com precipitação média anual entre 1.600 e 2.500 mm, com estação seca de dois a três meses, até 700 m de altitude. Temperatura média variando entre 24 e 27ºC. É encontrada de forma dispersa, em pequenos grupos ou isoladamente.

São árvores robustas que dominam o dossel da floresta. Seu tronco pode atingir 3,5 m de diâmetro e uma altura total de 70 m (média de 30m – 40m), e a copa atinge 40 m – 50 m de largura (Williams, 1932; Lamb, 1966 e; Pennington & Sarukhán, 1968 citados por Grogan et al., 2002).

A espécie *Khaya ivorensis* apresenta casca espessa com coloração marrom-avermelhada e gosto amargo. As folhas são uniformemente pinadas, com quatro a sete pares de folíolos com sete a quatorze centímetros de comprimento e largura variando entre 2,5 a 4,5 cm. Apresenta pequenas flores hermafroditas brancas principalmente nos meses de setembro a dezembro. Os frutos são cápsulas lenhosas arredondadas geralmente com cinco válvulas de 7,5 a 8,5 cm de comprimento e 2,5 a 4 mm de espessura. O período de maturação dos frutos se dá entre os meses de fevereiro a maio, onde as válvulas se abrem e liberam em torno de 15 sementes aladas com aproximadamente 2,5 cm de diâmetro (Orwa et al., 2009).

O interesse comercial em plantações do mogno-africano iniciou-se no decorrer dos anos 70. Ocorreu em virtude da excessiva exploração nas regiões onde o gênero é nativo. A considerável redução em sua concentração motivou os plantios organizados. O

mercado é exigente e as indústrias reclamam por esta excelente madeira (Falesi & Baena, 1999).

O mogno-africano (*Khaya* spp.) foi introduzido no Brasil como alternativa de substituição do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King). Isto devido à sua alta resistência à *Hypsiphyla grandella*, principal praga do mogno-brasileiro (Carvalho, 2010).

Segundo Falesi & Baena (1999), quanto às características fenotípicas não há grandes diferenças entre o mogno brasileiro e o mogno africano. No entanto, nota-se um aspecto esverdeado na madeira de *S. macrophylla* e avermelhado em *Khaya* spp., principalmente na espécie *Khaya ivorensis*. A concentração de antocianina no fluxo de lançamento apical resulta nesta coloração.

A espécie *K. ivorensis* tem sido cultivada em todas as regiões do Brasil, no entanto plantios adultos e cortes só ocorreram no estado do Pará. Têm apresentado desenvolvimento satisfatório em diferentes condições edafoclimáticas. Necessita de precipitação anual superior a 1200 mm distribuídos entre seis e oito meses, caso contrário é necessário irrigação complementar até o segundo ano. Quanto à altitude, está presente em áreas de 20 m (Belém-PA) até 1200 m (Iraí de Minas-MG).

De acordo com Albuquerque (2013) observaram que plantas jovens de *K. ivorensis* são tolerante a estresses hídricos moderados. Isso ocorre devido à alta sensibilidade estomática à deficiência hídrica e expressiva acumulação de prolina.

A fertilidade natural do solo favorece a cultura. No entanto tem sido observado bom desenvolvimento em solos do cerrado desde que corrigidos e adubados. Além da fertilidade é importante que o solo apresente profundidade superior a quatro metros e boa drenagem (Mudas Nobres, 2012).

Segundo Teixeira (2011), a madeira de *K. ivorensis* é moderadamente pesada. Apresenta densidade entre 570 e 800 $kg \cdot m^{-3}$ (0,57 a 0,80 $g \cdot cm^{-3}$) a 12% de umidade. O alburno tem coloração marrom-amarelada, e o cerne coloração marrom-avermelhada. A madeira apresenta porosidade difusa, parênquima indistinto e resina. É fácil de trabalhar e secar, permitindo bons acabamentos com elevada durabilidade.

Devido às características tecnológicas e à beleza da madeira, o mogno africano é usado em movelaria fina, faqueado, construção naval e acabamento superficial em construção civil (revestimentos internos e decorativos). Os descartes de serraria podem ser utilizados na fabricação de compensados ou como fonte energética (Falesi & Baena, 1999; Carvalho et al., 2010; Teixeira, 2011).

2.2 CORREÇÃO DO SOLO E ELEVAÇÃO DA SATURAÇÃO POR BASES

No bioma cerrado o solo já foi grande limitante de produção. Isto devido à acidez elevada, presença de alumínio tóxico, baixa disponibilidade de nutrientes e alto potencial de fixação de fósforo.

De acordo com Raij (1991), a acidez do solo é uma das principais responsáveis pela baixa produtividade dos cultivos no país. Com a acidez ocorre uma elevação dos teores de alumínio (e em alguns casos de manganês) e redução nos teores de cálcio e magnésio, características indesejáveis para as culturas.

O excesso de alumínio (Al) altera o crescimento das raízes, tornando o sistema radicular pouco desenvolvido. Em condições de campo, resulta em reduções expressivas na capacidade de exploração de água e nutrientes das camadas superficiais do solo. Como consequência, as plantas tornam-se mais susceptíveis a deficiência hídrica e nutricional durante períodos de estiagem, o que causa reflexos negativos na produtividade (Caires, 2010).

Os efeitos tóxicos do Al no crescimento das raízes das plantas podem ser atenuados pela adição de cálcio. O magnésio pode ser ainda mais eficiente do que o cálcio na redução da toxidez de Al para o crescimento das raízes das plantas (Caires, 2010).

Com a incorporação de corretivos como calcário, são adicionados também cálcio e magnésio em quantidades muito superiores às demandadas pelas culturas, ocasionando um longo efeito residual. A elevação dos teores de cálcio nas camadas superficiais garante condições para melhor desenvolvimento do sistema radicular, resultando em maior capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas e menores riscos de danos por estresse hídrico (Benites et al, 2010).

Segundo Bellote (2003), a calagem tem como objetivo principal elevar os teores de Ca e Mg nos solos. Para isso ocorre a neutralização dos íons H^+ e elevação do pH a valores próximos a 5,5. Para Raij (1991), além de elevar teores de Ca e Mg, a calagem neutraliza o Al e o Mn e favorece a disponibilidade de P. Com isso, há um estímulo de crescimento do sistema radicular favorecendo o aproveitamento da água e dos nutrientes disponíveis nesses solos.

A calagem pode ser considerada a prática que mais contribui para o aumento da eficiência do uso de fertilizantes. Com ela é possível reduzir, ou até eliminar, os elementos tóxicos alumínio e manganês, aumentar a disponibilidade de nitrogênio, fósforo,

cálcio, magnésio, enxofre e molibdênio no solo e, ainda, melhorar a atividade microbiana do solo (Caires, 2010).

O aumento da disponibilidade de N é decorrente do efeito favorável da elevação do pH na mineralização da matéria orgânica (MO) do solo. A maior disponibilidade de P, S e Mo ocorre porque os íons fosfato, sulfato e molibdato absorvidos pelos oxi-hidróxidos de Fe e Al são liberados com o aumento do pH do solo (Caires, 2010).

A necessidade de calagem depende de fatores relacionados ao solo, ao corretivo da acidez, à cultura e ao sistema de produção. O entendimento destes fatores é de primordial importância para o entendimento de estratégias de correção da acidez do solo que visem maior eficiência do uso de fertilizantes, maior aproveitamentos dos nutrientes pelas plantas e maior economicidade dos sistemas de produção agrícola (Caires, 2010).

A neutralização da acidez ocorre por meio de ânions (OH^- e HCO^{3-}), que são receptores de prótons, sem os quais a eliminação da acidez não seria possível. Os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} ocuparão o lugar dos cátions com caráter ácido (H e Al) no complexo de troca catiônica do solo (Caires, 2010).

Uma importante característica dos solos tropicais, em especial nas regiões de cerrado, é a barreira química causada pela acidez no subsolo. O calcário é pouco móvel no solo e geralmente não atinge as camadas mais profundas. Com isso há maior dificuldade no desenvolvimento das raízes. No entanto, com a aplicação de gesso agrícola ($CaSO_4.2H_2O$) é possível complementar seu efeito através da mobilidade do enxofre.

A distribuição de raízes acompanha o efeito de calcário e gesso na saturação por bases. O calcário tem efeito mais acentuado na distribuição de raízes da camada de 0 – 25 cm, com efeito nulo, ou até depressivo, em camadas mais profundas. Entretanto, o gesso tem maior efeito na distribuição de raízes à medida que aumenta a profundidade (Raij, 2010).

Em solos de cerrado, Sousa & Lobato (2004) recomendam o uso de gesso quando o teor de cálcio nas profundidades de 20-40 cm e de 40-60 cm for inferior a 0,5 $cmol_c\ dm^{-3}$. Para a classe de teores médios de magnésio, indicam a faixa de 0,5-2,0 $cmol_c\ dm^{-3}$ considerando o teor de 0,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ como limite crítico para a produção de culturas. Embora algumas culturas sejam mais exigentes quanto ao teor de Mg trocável no solo, para a maioria das culturas, um teor de 0,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ seria suficiente, a não ser que ocorram interações com outros cátions que dificultem a sua absorção pela planta.

Tem sido observado que algumas espécies florestais toleram a toxidez por alumínio. No entanto, a presença deste elemento pode ser fator limitante para o crescimento das árvores, ou ainda resultar em uma madeira de qualidade inferior (Silva et al., 2004; Arriagada et al., 2007).

2.3 NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

2.3.1 Nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores. Sua participação no metabolismo tem sido bastante estudada na maioria das espécies cultivadas, principalmente as de ciclo anual. No entanto, poucos estudos têm sido conduzidos com espécies florestais em condições tropicais (Jesus et al, 2012).

O N é o macronutriente aniônico mais abundante na planta. Além disso é o nutriente mais exigido entre todos os demais. Tem função estrutural no vegetal, pois faz parte de muitos componentes da célula e participa de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Malavolta, 2006).

Ao contrário dos demais nutrientes, o nitrogênio praticamente não é fornecido ao solo pelas rochas de origem. O gás N_2 que constitui 78% da atmosfera terrestre é sua fonte para as plantas, porém, na sua forma elementar não é absorvido (Gusmão, 2010).

Segundo Malavolta (2006), as raízes e folhas são capazes de absorver N e S. Nas condições de campo, N-NO_3^- e S-SO_4^{2-} são as formas predominantemente absorvidas pelas raízes.

De acordo com Gusmão (2010), a ausência de N bloqueia a síntese do hormônio citocinina. Com isso, ocorre redução no crescimento e, consequentemente, menor produtividade. Plantas com deficiência de N apresentam amarelecimento nas folhas mais velhas devido à translocação do nutriente para as folhas mais novas (Malézieux e Bartholomew, 2003).

Entretanto, quando há excesso de N no solo, a planta vegeta excessivamente, produz menos frutos, apresenta reduzido volume de raízes e transpira demasiadamente. Com isso, fica sujeita à seca e ao ataque de pragas e moléstias (Malavolta et al., 2002).

Segundo Corcioli et al. (2014), cultivando mogno africano (*K. ivorensis*) em solução nutritiva na omissão de N foram observados sintomas de deficiência após quarenta dias. As folhas mais velhas apresentaram clorose seguida de necrose nas margens, e senescência. Posteriormente, as folhas jovens apresentaram coloração vermelho pálida e houve redução na quantidade de novas brotações.

2.3.2 Fósforo

Dentre os macronutrientes, o fósforo é o exigido em menores quantidades pelas plantas, porém, este nutriente é aplicado em maiores quantidades em adubação nos solos do Brasil. Este fato se deve à baixa disponibilidade deste nutriente, e também à forte tendência da quantidade aplicada reagir com componentes do solo formando compostos de baixa solubilidade (Furtini Neto et al., 2001).

O P é um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA. Esse elemento desempenha um papel importante na produção de energia para a planta, logo sua falta irá refletir num menor crescimento da mesma (Taiz & Zeiger, 2004).

Os solos podem apresentar de 100 a 2.500 $kg.ha^{-1}$ de fósforo total, na camada arável. Contudo, independentemente do tipo de solo, a concentração de fósforo em solução é extremamente baixa, normalmente entre 0,1 e 1,0 $kg.ha^{-1}$, dada a elevada tendência de remoção do fósforo da solução, tanto por precipitação quanto por adsorção com compostos de Al, Fe e Ca (Furtini Neto et al., 2001).

O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é, pois, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (Gusmão, 2010).

Em quantidades adequadas, o P estimula o desenvolvimento radicular e é essencial para a boa formação da planta e incremento de produção. No entanto, a ausência

de P nas plantas causa encarquilhamento nas extremidades das folhas mais velhas e clorose leve (Raij, 1991).

De acordo com Gusmão (2010), o estresse moderado de P pode não produzir sintomas evidentes de deficiência. No entanto, sob condições de deficiência mais severa, as plantas adquirem coloração que varia de verde-escura a púrpura. A deficiência de fósforo pode reduzir tanto a respiração como a fotossíntese; porém, se a respiração reduzir mais que a fotossíntese, os carboidratos se acumulam, deixando as folhas com coloração verde-escura. A deficiência também pode reduzir a síntese de ácido nucleico e de proteína, induzindo a acumulação de compostos nitrogenados solúveis (N) no tecido. Finalmente, o crescimento da célula é retardado e potencialmente paralisado. Como resultado, os sintomas de deficiência de P incluem diminuição na altura da planta, atraso na emergência das folhas e redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, na produção de matéria seca e na produção de sementes.

A maior parte do P no solo se move até as raízes da planta mais por difusão que por fluxo de massa. Como o movimento do P do solo por difusão até as raízes é restrito, a difusão geralmente é considerada como o fator mais limitante na absorção de P pelas plantas. Estima-se que o P se move por difusão, em média, somente de 1 a 2 mm; desta forma, apenas o P que se encontra a esta distância das raízes está estrategicamente disponível para ser absorvido. A absorção de P pelas plantas é proporcional à densidade das raízes; assim, o incremento da área superficial da massa radicular aumenta a habilidade da planta em acessar e absorver o P do solo (Grant et al., 2001).

Nas plantas deficientes de fósforo, as folhas novas apresentam coloração verde-escura, com tons arroxeados; são mais estreitas e de cor verde mais escura, quando são comparadas com as folhas mais velhas. As margens das folhas são mais escuras que a parte central da folha. As folhas mais velhas murcham a partir das suas extremidades (Souza, 1999).

Segundo Corcioli et al. (2014), a deficiência de fósforo em mudas de *Khaya ivorensis* causa redução no crescimento da planta e de suas folhas novas, além de coloração amarelada nas folhas mais velhas, seguida de necrose e secamento das pontas. Nas folhas mais novas pode-se observar a perda da coloração vermelha, característica da espécie, e aparecimento de pontuações mais escuras por todo o limbo. Com o passar do tempo, gradativamente as folhas velhas apresentam manchas cloróticas irregulares verde-

limão por todo o limbo e as folhas jovens ficam encarquilhadas, com coloração amarelo-acobreado.

2.3.3 Potássio

Os solos brasileiros são naturalmente pobres em potássio, à exceção de alguns da planície litorânea, Vertissolos do pampa gaúcho, Neossolos litólicos originados sobre rochas ricas em minerais potássicos e alguns Nitossolos e Latossolos férricos. Em função da grande quantidade de potássio extraída pela maioria das plantas cultivadas, a reposição deste elemento é fundamental para a manutenção de níveis de produtividade economicamente viáveis em sistemas agrícolas no Brasil (Benites et al., 2010).

O adequado conteúdo de K em tecidos jovens é indispensável para a obtenção do turgor ótimo das células, que é requerido para expansão da célula. Além disso, a abertura e o fechamento dos estômatos dependem do fluxo de K (Mengel et al., 2001).

O potássio é absorvido na forma K^+ pelas plantas em grandes quantidades. É altamente móvel em todas as partes da planta. Está presente em maior abundância no citoplasma e tem papel fundamental na regulação osmótica da célula e na ativação enzimática (Malavolta et al., 1997).

O K^+ realiza a maior parte de sua movimentação por difusão. É o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas cultivadas e a manutenção de teores adequados deste nutriente em solos agrícolas requer especial atenção (Benites et al, 2010).

Este nutriente está associado a uma maior resistência das plantas às condições adversas como baixa disponibilidade de água e extremos de temperatura. Sua concentração na solução controla a difusão até a superfície das raízes, controlando sua absorção pelas plantas (Mengel & Braunschweig, 1972).

O potássio está envolvido no crescimento meristemático, sendo também importante para a manutenção da quantidade de água nas plantas. A absorção de água pela célula e pelos tecidos é frequentemente consequência da absorção ativa do potássio (Gusmão, 2010).

Ao aumentar os teores trocáveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo, a calagem pode proporcionar desequilíbrios nutricionais de cátions na planta, principalmente entre Mg^{2+} e K^+. Para compensar estes desequilíbrios, doses mais elevadas de K_2O são requeridas na adubação, visando maximizar o efeito da calagem na produção de culturas (Caires, 2010).

Solos tropicais, em sua grande maioria, não possuem reservas de potássio suficientes para sustentar produções agrícolas. Para que sejam atingidos os níveis de produtividade atualmente praticados, é crucial a reposição deste nutriente (Benites et al, 2010).

Entre os fertilizantes potássicos, o mais comum e mais utilizado no Brasil e no mundo é o cloreto de potássio (KCl). Devido à sua elevada concentração em K_2O (58% a 62%), o KCl é mais competitivo em relação a outras fontes disponíveis no mercado. Responde por mais de 95% dos fertilizantes potássicos consumidos no Brasil (Ogasawara et al., 2010).

A deficiência de K nas plantas pode causar clorose; necrose das margens das folhas velhas; acamamento da planta; frutos e sementes enrugadas; e pontuações brancas na margem da folha (Fontes, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ESTAÇÃO EXPERIMENTAL

O presente trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental Hiroshi Okajima (Figura 1), município de Bonfinópolis-GO. A região está localizada a 16°35’37.32’’ de latitude Sul e 49° 1’56.13’’ de longitude Oeste, a 780 m de altitude.

Figura 1. Estação experimental Hiroshi Okajima, Bonfinópolis-GO. Fonte: Google Earth (2014).

De acordo com classificação climática de Köppen-Geiger, a região apresenta clima Aw, tropical, megatérmico, com chuvas de verão e ausência de estação invernosa. A temperatura média do mês mais frio do ano fica acima de 18 ºC e a precipitação anual é superior a evapotranspiração potencial anual.

O experimento foi desenvolvido em uma área de oito hectares que foi utilizada anteriormente como pastagem. A declividade do terreno é de 6%. Foi realizada amostragem de solo em área total antes do início do experimento nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm para análise química e textural. Os resultados das análises estão apresentados na tabela 1. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura franco argilosa.

Tabela 1. Atributos químicos e textura do solo resultantes da amostragem coletada em área total antes da implantação do experimento e após aplicação localizada de 600kg ha^{-1} e 1800kg ha^{-1} de calcário, nas profundidades 0-0,20m e 0,20-0,40m, na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Atributos	Unidades de medidas	0-20 cm	20-40 cm
Ca+Mg		2,2	1,1
Ca		1,7	0,8
Mg		0,5	0,3
Al	$cmol_c\ dm^{-3}$	0,0	0,0
H+Al		2,9	3,0
K		0,1	0,06
CTC(T)		5,22	4,17
K		40,0	24
P(Mel)		1,3	1,7
S		2,0	2,0
Na		5,0	3,0
Zn	$mg.dm^{-3}$	0,6	0,1
B		0,17	0,15
Cu		3,0	2,8
Fe		62,4	62,3
Mn		32,0	22,4
V	%	44,48	28,13
M		0	0
MO	$g.dm^{-3}$	27,00	23,00
CO		15,66	13,34
Areia		54	59
Silte	$g.kg^{-1}$	90	90
Argila		370	320
pH (CaCl)		5,2	5,1

V: saturação por bases. M: saturação por alumínio. MO: matéria orgânica. CO: carbono orgânico

A área foi dividida em oito blocos. A partir dos resultados da análise de solo calculou-se a quantidade de calcário necessária para elevar a saturação por bases (V%) para 55% e 75%. Foram aplicados e incorporados 600 kg ha^{-1} de calcário dolomítico nos blocos de 1 a 4 e 1800 kg ha^{-1} nos blocos de 5 a 8, conforme mostra figura 2. Toda a área recebeu 600 kg ha^{-1} de gesso agrícola. Durante a subsolagem foram aplicados 500 kg ha^{-1} de fosfato reativo nas linhas de plantio.

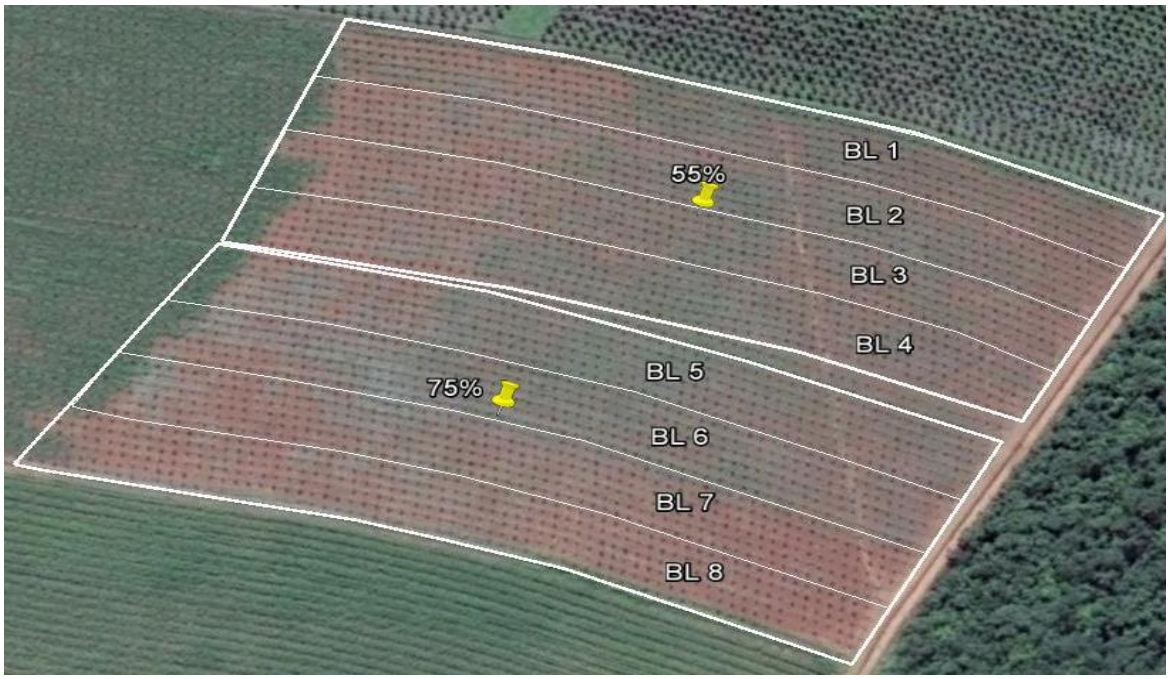

Figura 2. Divisão da área experimental em duas saturações por bases e posicionamento dos blocos na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO. Fonte: Google Earth (2014).

Em junho de 2013 foram plantadas 3.120 mudas seminais de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) com altura média de 33 cm e diâmetro do colo em torno de 6 mm. O espaçamento adotado foi de 5,0 metros por 5,0 metros, com densidade de quatrocentas plantas por hectare. Logo após o plantio foram aplicados vinte gramas de NPK 10-30-10 por planta em covetas laterais.

Como o plantio foi realizado no período seco (junho de 2013), foi necessário fornecer água usando-se uma carreta pipa acoplada ao trator. Durante o primeiro mês cada planta recebeu 10 L de água a cada três dias, sendo os três primeiros molhamentos com hidrogel (250 g para cada 5000 L de água). Entre julho e outubro as plantas receberam o mesmo volume de água uma vez por semana. Nos veranicos houve molhamento semanal com 5 L de água por planta.

Durante o período chuvoso de 2014 foi realizada nova amostragem de solo com o intuito de avaliar a saturação por bases atingida com a aplicação do calcário. Os dados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultado da análise de solo após aplicação localizada de 600kg ha^{-1} e 1800kg ha^{-1} de calcário, nas profundidades 0-0,20m e 0,20-0,40m, na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO

Atributos	Unidades de medidas	600 kg - jan/14		1800 kg - jan/14	
		0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Ca+Mg		3,4	2,90	6,30	5,20
Ca		2,5	2,1	4,4	3,8
Mg		0,9	0,8	1,9	1,4
Al	$cmol_c\ dm^{-3}$	0	0,01	0	0
H+Al		2,8	2,4	2,1	2,5
K		0,13	0,11	0,15	0,13
CTC(T)		6,36	5,41	8.58	7.53
K		50	42	57	52
P(Mel)		2,1	3,4	2,4	1,8
S		3,4	-	7,1	-
Na		8	-	8	-
Zn	$mg.dm^{-3}$	0,5	0,4	0,4	0,8
B		0,19	-	0,23	-
Cu		4	-	3,1	-
Fe		60,1	-	60,6	-
Mn		37,3	-	52,1	-
V	%	56,05	55,64	75,58	68,07
M		0,00	3,22	0	0
MO	$g.dm^{-3}$	48	35	35	29
CO		27,84	20,3	20,3	16,82
Areia		50,00	-	-	-
Silte	$g.kg^{-1}$	10	-	-	-
Argila		40	-	-	-
pH (CaCl)		5,20	4,9	5,8	5,5

V: saturação por bases. M: saturação por alumínio. MO: matéria orgânica. CO: carbono orgânico

3.2 TRATOS CULTURAIS

No decorrer do experimento foi realizada limpeza periódica da área que consistiram em duas capinas mecânicas com trator e grade aradora nas entrelinhas. Entre as plantas foram realizadas capinas químicas com glifosate (3 L ha^{-1}) e flumizin (100 g ha^{-1}) utilizando chapéu de Napoleão para proteger as plantas. Antes de cada adubação de cobertura as plantas foram coroadas manualmente num raio de 80 cm do caule.

Houve monitoramento contínuo de pragas. Foi realizado controle de formigas cortadeiras aplicando-se isca formicida e fipronil (80 g ha^{-1}). Nas plantas que apresentaram brotação lateral foi escolhida a brotação mais retilínea e as demais foram eliminadas com tesoura de poda.

3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O estudo foi conduzido em uma floresta comercial de mogno africano no segundo mês de implantação. O experimento obedeceu ao esquema fatorial 4 x 4 x 4, sendo quatro doses de nitrogênio (N), quatro doses de fósforo (P) e quatro doses de potássio (K). No total foram sessenta e quatro tratamentos conforme a composição descrita na figura 3.

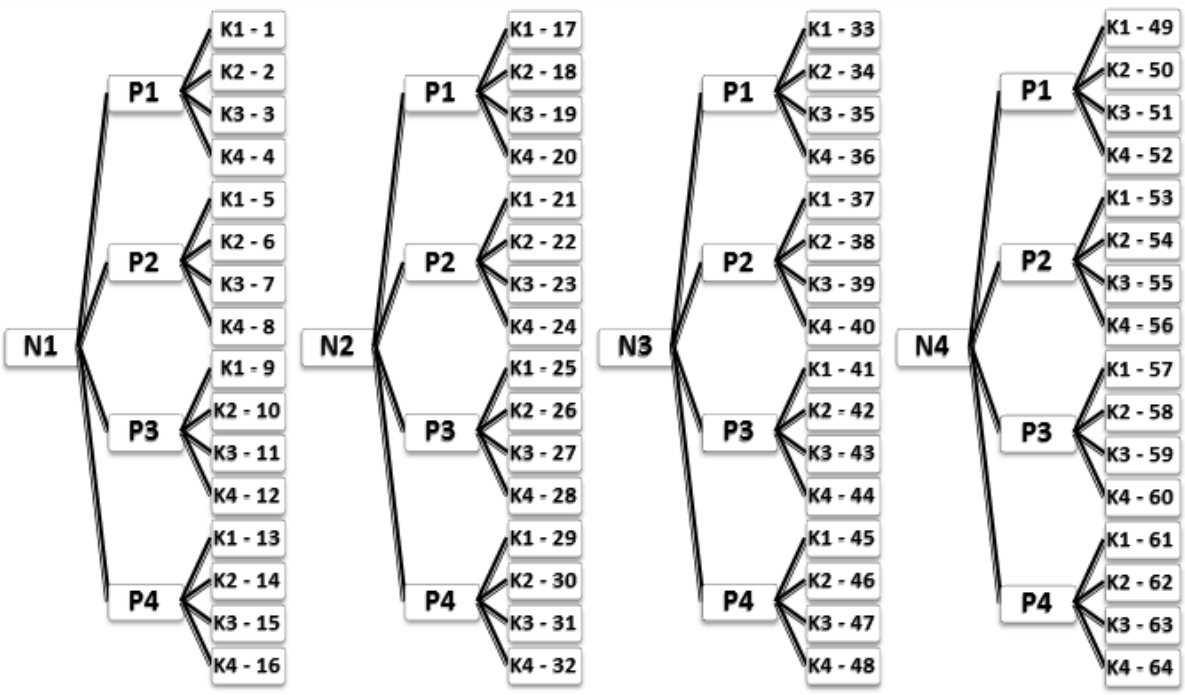

Figura 3. Composição dos tratamentos empregados no esquema fatorial através da combinação entre as doses de nitrogênio, fósforo em potássio na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO. Fonte: Power Point (2014).

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, sendo que quatro blocos foram alocados na área tratada para obter a saturação por bases de 55% e quatro blocos a 75% de saturação por bases. Cada bloco foi composto por seis linhas com

onze parcelas em cada. A casualização dos blocos se deu através do sorteio de parcelas dentro do bloco.

O experimento contou 512 parcelas experimentais de seis plantas cada. Paralelamente, foram conduzidas seis parcelas sem nenhuma adubação e realizado o teste de Tukey comparando suas médias com as médias dos demais tratamentos.

Os elementos nitrogênio, fósforo e potássio foram fornecidos às plantas através de ureia, super fosfato triplo e cloreto de potássio. Em cada adubação foi fornecido enxofre, boro, manganês e zinco atravésda aplicação de FTE, na proporção de 5% da quantidade de NPK aplicado por planta. A adubação foi parcelada em quatro aplicações, uma a cada dois meses, conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Quantidade de ureia, superfostato triplo e cloreto de potássio aplicado em cada parcelamento e quantidade total empregada por tratamento na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Tratamento	Ureia			Super Fosfato Triplo			Cloreto de Potássio		
	Aplicação		Total	Aplicação		Total	Aplicação		Total
	1 e 2	3 e 4		1 e 2	3 e 4		1 e 2	3 e 4	
	(g em cada)		(g)	(g em cada)		(g)	(g em cada)		(g)
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	10	20	60	10	20	60	7	14	42
2	10	20	60	10	20	60	14	28	84
3	10	20	60	10	20	60	21	42	126
4	10	20	60	10	20	60	28	56	168
5	10	20	60	20	40	120	7	14	42
6	10	20	60	20	40	120	14	28	84
7	10	20	60	20	40	120	21	42	126
8	10	20	60	20	40	120	28	56	168
9	10	20	60	30	60	180	7	14	42
10	10	20	60	30	60	180	14	28	84
11	10	20	60	30	60	180	21	42	126
12	10	20	60	30	60	180	28	56	168
13	10	20	60	40	80	240	7	14	42
14	10	20	60	40	80	240	14	28	84
15	10	20	60	40	80	240	21	42	126
16	10	20	60	40	80	240	28	56	168
17	20	40	120	10	20	60	7	14	42
18	20	40	120	10	20	60	14	28	84
19	20	40	120	10	20	60	21	42	126

Continua...

Tabela 3. Quantidade de ureia, superfostato triplo e cloreto de potássio aplicado em cada parcelamento e quantidade total empregada por tratamento na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Tratamento	Ureia			Super Fosfato Triplo			Cloreto de Potássio		
	Aplicação		Total	Aplicação		Total	Aplicação		Total
	1 e 2	3 e 4		1 e 2	3 e 4		1 e 2	3 e 4	
	(g em cada)		(g)	(g em cada)		(g)	(g em cada)		(g)
20	20	40	120	10	20	60	28	56	168
21	20	40	120	20	40	120	7	14	42
22	20	40	120	20	40	120	14	28	84
23	20	40	120	20	40	120	21	42	126
24	20	40	120	20	40	120	28	56	168
25	20	40	120	30	60	180	7	14	42
26	20	40	120	30	60	180	14	28	84
27	20	40	120	30	60	180	21	42	126
28	20	40	120	30	60	180	28	56	168
29	20	40	120	40	80	240	7	14	42
30	20	40	120	40	80	240	14	28	84
31	20	40	120	40	80	240	21	42	126
32	20	40	120	40	80	240	28	56	168
33	30	60	180	10	20	60	7	14	42
34	30	60	180	10	20	60	14	28	84
35	30	60	180	10	20	60	21	42	126
36	30	60	180	10	20	60	28	56	168
37	30	60	180	20	40	120	7	14	42
38	30	60	180	20	40	120	14	28	84
39	30	60	180	20	40	120	21	42	126
40	30	60	180	20	40	120	28	56	168
41	30	60	180	30	60	180	7	14	42
42	30	60	180	30	60	180	14	28	84
43	30	60	180	30	60	180	21	42	126
44	30	60	180	30	60	180	28	56	168
45	30	60	180	40	80	240	7	14	42
46	30	60	180	40	80	240	14	28	84
47	30	60	180	40	80	240	21	42	126
48	30	60	180	40	80	240	28	56	168
49	40	80	240	10	20	60	7	14	42
50	40	80	240	10	20	60	14	28	84
51	40	80	240	10	20	60	21	42	126
52	40	80	240	10	20	60	28	56	168
53	40	80	240	20	40	120	7	14	42
54	40	80	240	20	40	120	14	28	84

Continua...

Tabela 3. Quantidade de ureia, superfostato triplo e cloreto de potássio aplicado em cada parcelamento e quantidade total empregada por tratamento na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Tratamento	Ureia			Super Fosfato Triplo			Cloreto de Potássio		
	Aplicação		Total	Aplicação		Total	Aplicação		Total
	1 e 2	3 e 4		1 e 2	3 e 4		1 e 2	3 e 4	
	(g em cada)		(g)	(g em cada)		(g)	(g em cada)		(g)
55	40	80	240	20	40	120	21	42	126
56	40	80	240	20	40	120	28	56	168
57	40	80	240	30	60	180	7	14	42
58	40	80	240	30	60	180	14	28	84
59	40	80	240	30	60	180	21	42	126
60	40	80	240	30	60	180	28	56	168
61	40	80	240	40	80	240	7	14	42
62	40	80	240	40	80	240	14	28	84
63	40	80	240	40	80	240	21	42	126
64	40	80	240	40	80	240	28	56	168

Antes de realizar cada adubação os fertilizantes foram pesados e separados em saquinhos individuais contendo NPK e FTE (Figura 2). Em cada placa indicativa do tratamento foram colocados os seis saquinhos correspondentes às planta da parcela.

A primeira adubação ocorreu no mês de agosto, quando as plantas apresentavam altura média de 39,0 cm e diâmetro do colo 7,8 mm. O adubo foi aplicado em duas covetas laterais distantes 20 cm do caule das plantas e 15 cm de profundidade. Em outubro do mesmo ano repetiu-se esta aplicação. As demais adubações ocorreram em dezembro de 2013 e fevereiro de 2014. Como a quantidade dos fertilizantes foi dobrada, a aplicação ocorreu em dois sulcos laterais de 30 cm de comprimento e 15 cm de profundidade com distância de quarenta centímetros das plantas.

Os parâmetros avaliados foram altura total e diâmetro do colo das mudas. Foram realizadas avaliações após cada época de adubação utilizando fita métrica para mensurar a altura e paquímetro digital para coletar os dados relativos ao diâmetro. O comportamento das plantas em relação às diferentes saturações por bases (V%) foi avaliado no efeito de blocos.

Os dados foram tabulados e calculadas as médias de altura e diâmetro do colo entre as plantas de cada parcela. O software Sanest (Zonta & Machado, 1995) foi empregado no auxílio à interpretação dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conhecimento das necessidades nutricionais das espécies florestais é de fundamental importância para o desenvolvimento das plantas e viabilidade do projeto. Em especial nos solos de cerrado.

Apesar da utilização de mudas seminais, da variação entre as doses de N, P e K e das diferentes saturações por bases empregadas o desenvolvimento das plantas foi bastante homogêneo.

Conforme mostra a Tabela 4, para a variável altura, apenas a interação NPK apresentou diferença estatística altamente significativa. Quanto ao diâmetro do colo foram observadas diferenças significativas entre as doses de N, e altamente significativas entre os blocos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância contendo valores de graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), nível de significância e coeficiente de variação para as variáveis altura (h) e diâmetro do colo (dc) em função das doses dos fatores N, P e K aplicadas em plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Fonte de variação	GL	QMh	QMdc
N	3	112,18^{ns}	76,20*
P	3	326,75^{ns}	39,01^{ns}
K	3	242,44^{ns}	27,52^{ns}
NP	9	410,88^{ns}	19,45^{ns}
NK	9	311,58^{ns}	4,55^{ns}
PK	9	229,83^{ns}	10,05^{ns}
NPK	27	481,64**	15,63^{ns}
Bloco	7	307,15^{ns}	371,24**
Resíduo	441	225,32	15,06
Total	511		
CV%		6,92	8,02

^{ns}: não significativo pelo teste Tukey ao nível de 0,05 de probalilidade.
*: significativo pelo teste Tukey ao nível de 0,05 de probalilidade.
**: significativo pelo teste Tukey ao nível de 0,05 de probalilidade.

O elevado número de repetições adotado neste experimento e, consequentemente o alto grau de liberdade do resíduo, possibilitou o reconhecimento de pequenas diferenças como sendo estatisticamente significativas. De acordo com Duarte

(1996), o uso de repetições permite a estimação do erro pelas causas aleatórias e melhora as estimativas dos efeitos dos tratamentos por trabalhar com médias.

4.1 SATURAÇÃO POR BASES

A elevação da saturação por bases tem sido empregada com sucesso em plantios florestais. Apesar de algumas espécies apresentarem tolerância ao alumínio os corretivos são utilizados para elevar o pH do solo favorecendo a absorção de nutrientes.

Avaliando as exigências nutricionais de *Swietenia macrophylla* em ambiente controlado, Souza et al. (2010) observaram que a correção da acidez é de extrema importância para o crescimento da espécie. Nos tratamentos em que o calcário não foi aplicado o crescimento em altura e diâmetro foi comprometido.

O mesmo foi observado por Moretti et al. (2011), no crescimento inicial de cedro-australiano a omissão de calcário ocasionou menor crescimento em altura e diâmetro do colo. Porém, os tratamentos testados com calcário mostraram sistema radicular mais desenvolvido.

A influência da saturação por bases neste trabalho foi avaliada através do efeito dos blocos. Na Tabela 5 estão apresentadas as médias de altura total e diâmetro do colo das plantas de cada bloco.

Tabela 5. Médias de altura e diâmetro do colo de mudas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), aos doze meses de idade, em cada bloco e níveis de saturação por bases (V%), cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Bloco (V%)	Altura (cm)	Diâmetro do colo (mm)
1 (55%)	214,59 a	46,90 b
2 (55%)	218,92 a	49,91 a
3 (55%)	217,95 a	49,59 a
4 (55%)	217,17 a	50,11 a
5 (75%)	213,62 a	43,96 c
6 (75%)	215,96 a	46,44 b
7 (75%)	220,23 a	49,33 a
8 (75%)	217,68 a	51,10 a
Média	217,30	48,32
CV (%)	6,92	8,02

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Não houve diferença estatística significativa entre a altura das plantas nos diferentes níveis de saturação por bases empregadas. O contrário ocorreu na variável diâmetro do colo.

A diferença encontrada entre os blocos pode estar relacionada a fatores aleatórios e não aos tratamentos empregados. De acordo com Duarte (1996) o delineamento em blocos possibilita maior controle local. É um desenho apropriado a ambientes experimentais heterogêneos para um fator de variação que mereça ser controlado. Com a blocagem, qualquer modificação operacional necessária fica isolada do efeito dos tratamentos.

De acordo com Moretti et al. (2011) o desenvolvimento em diâmetro das plantas tem forte influência da base genética. Como o plantio foi realizado a partir de mudas seminais, provavelmente essa variável ainda não teria sido afetada pelos tratamentos, conforme sugere a Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios de altura e diâmetro do colo de plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*) aos 12 meses de idade com diferentes níveis de calagem e saturação por bases (V%) cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

.Blocos	V%	V% final		Altura (cm)	Diâmetro do colo (mm)
		0 - 0,20m	0,20 - 0,40m		
01 a 04	55%	56,05%	55,64%	216,2	48,9
05 a 08	75%	75,58%	68,07%	216,6	47,6

Conforme pôde ser observado, em plantios de mogno africano o aumento na aplicação de corretivos não representa incremento nas plantas durante o primeiro ano. Dentre as doses de calcário testadas é possível afirmar que a saturação por bases mais indicada economicamente para o desenvolvimento da *Khaya ivorensis* é a de 55%.

De acordo com Favare et al. (2012), a calagem afeta positivamente a absorção de todos os macro e micronutrientes, com exceção do acúmulo de zinco. O acúmulo dos nutrientes na parte aérea da teca obedece a seguinte ordem decrescente: N > Ca > K >Mg> P > S > Fe > Mn > B > Zn > Cu. O ápice de desenvolvimento da espécie e acúmulo de nutrientes fica na faixa entre 60 e 80 % de saturação por bases.

Silva et al. (2007), avaliando doses crescentes de corretivo em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*), verificaram que a calagem afetou positivamente a absorção de N, P, K, Ca, Mg, Mn e negativamente de Fe.

4.2 NITROGÊNIO

De acordo com Corcioli et al. (2014), plantas de mogno africano cultivadas em solução nutritiva com omissão de N apresentaram desenvolvimento inferior, caule fino e folhas pequenas. Em concordância com os dados do experimento, não foi utilizada a dose 0. Todas as doses testadas foram satisfatórias ao desenvolvimento das plantas e nenhum dos tratamentos apresentou sintomas visuais de deficiência.

Para o parâmetro diâmetro do colo, houve diferença estatística significativa entre as doses de N testadas. Os tratamentos com maior dosagem de N influenciaram negativamente o desenvolvimento das plantas, conforme observado na Tabela 7.

Tabela 7. Altura e diâmetro de plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), aos doze meses de idade, submetidas a diferentes doses de nitrogênio (N), cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Dose N	Altura (cm)	Diâmetro do colo (mm)
60	218,00 a	48,82 a
120	217,64 a	48,87 a
180	216,25 a	48,72 a
240	216,18 a	47,27 b
Testemunha	162,87	36,09

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Apesar da estatística não apresentar influência das doses testadas na altura das plantas, há uma tendência de redução de crescimento na medida em que as doses de N são aumentadas. Esse efeito pode ser observado na Figura 4.

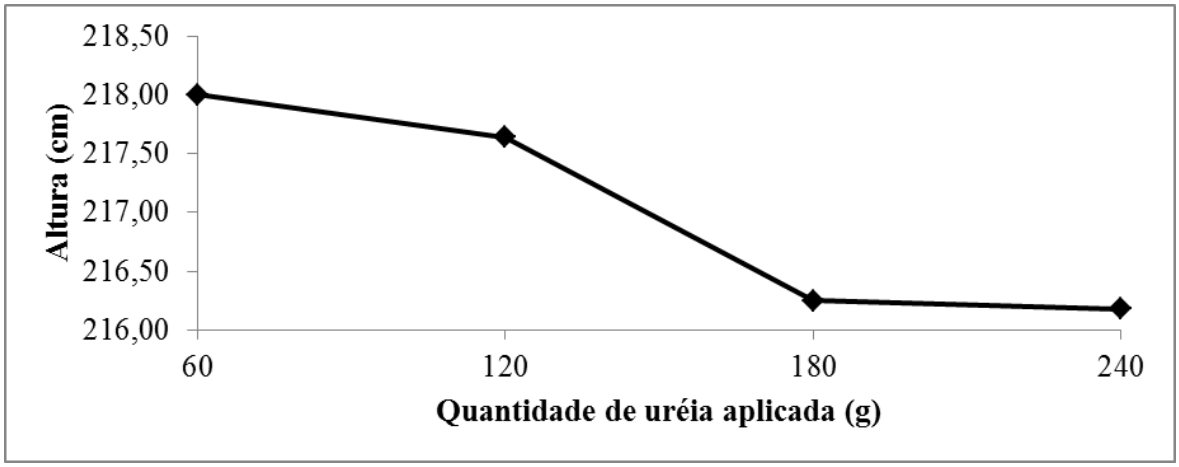

Figura 4. Influência das doses de N no crescimento de plantas de *Khaya ivorensis* durante os primeiros doze meses de cultivo na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO. Fonte: Microsoft excel.

O mogno africano (*K. ivorensis*) demonstrou ser pouco exigente em nitrogênio no primeiro ano de desenvolvimento e, ao mesmo tempo, tolerância ao excesso do nutriente na cultura. Apesar do decréscimo de crescimento com as doses maiores nenhuma das plantas apresentou sintomas de toxidez.

Em guanandi (*Calophyllum brasiliensis*), a altura das plantas foi menor com o incremento nas doses de N a partir de 33 $mg.dm^{-3}$. Para cada 40 $mg.dm^{-3}$ de N adicionado ocorreu redução de 2.9 mm no diâmetro do caule das plantas (Ciriello et al., 2014).

Segundo Tucci et al. (2009), foi observada influência positiva da adubação nitrogenada no crescimento de *S. macrophylla*. No entanto, a dose máxima aplicada (240 $kg.t^{-1}$ de substrato) causou efeito negativo no diâmetro do caule e matéria seca da parte aérea, prejudicando a qualidade das mudas, sugerindo que a dose recomendada é a de 57,5kg de N por tonelada de substrato. Tucci & Pinto (2003) também observaram a influência negativa de doses altas de N no crescimento das mudas de mogno brasileiro.

Foi observado por Souza et al. (2010) que o nitrogênio não interfere no crescimento inicial de mogno brasileiro. A justificativa apresentada foi que a matéria orgânica presente no solo, através do processo de mineralização, pode ter fornecido quantidade de N suficiente à demanda da espécie.

Testando diferentes doses de sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de cálcio em gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*), Feitosa et al. (2011) observaram que a fonte de N não influenciou no desenvolvimento inicial das plantas. No entanto, a partir de 75$mg.dm^{-3}$ houve um decréscimo de crescimento.

De acordo com Mews et al. (2015), a adubação nitrogenada influenciou positivamente o crescimento de mudas de ipê amarelo (*Handroantus ochraceus*). Eles afirmam que uma nutrição nitrogenada adequada melhora os teores foliares de N e P aumentando o crescimento e produzindo mudas de qualidade.

4.3 FÓSFORO

Inúmeros autores afirmam que o fósforo é determinante no crescimento das plantas. De acordo com Souza et al. (2012), este nutriente tem considerável importância no metabolismo do carbono, bem como na formação de açúcares fosfatados.

Para Souza et al. (2010), o P é o nutriente que mais limita o crescimento de *Swietenia macrophylla*. Os autores observaram que a omissão de P limita o crescimento em altura, diâmetro e a produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total em mudas de mogno brasileiro.

Apesar da grande importância do fósforo em diferentes culturas, as doses testadas em plantas de *Khaya ivorensis* cultivadas não apresentaram diferenças estatísticas no crescimento em altura e diâmetro do colo. Na Tabela 8 estão apresentadas as médias dos tratamentos com doses de fósforo.

Tabela 8. Altura e diâmetro de plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), aos doze meses de idade, submetidas a diferentes doses de fósforo (P), cultivadas na estação experimental Hiroshi Okajima

Dose P	Altura (cm)	Diâmetro do colo (mm)
60	215,00a	47,61 a
120	217,68ª	48,76 a
180	216,64ª	48,52 a
240	218,75ª	48,78 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Ao contrário do como o observado na adubação nitrogenada, há uma tendência de doses maiores de fósforo resultarem em maior altura das plantas. Este efeito pode ser observado na Figura 5.

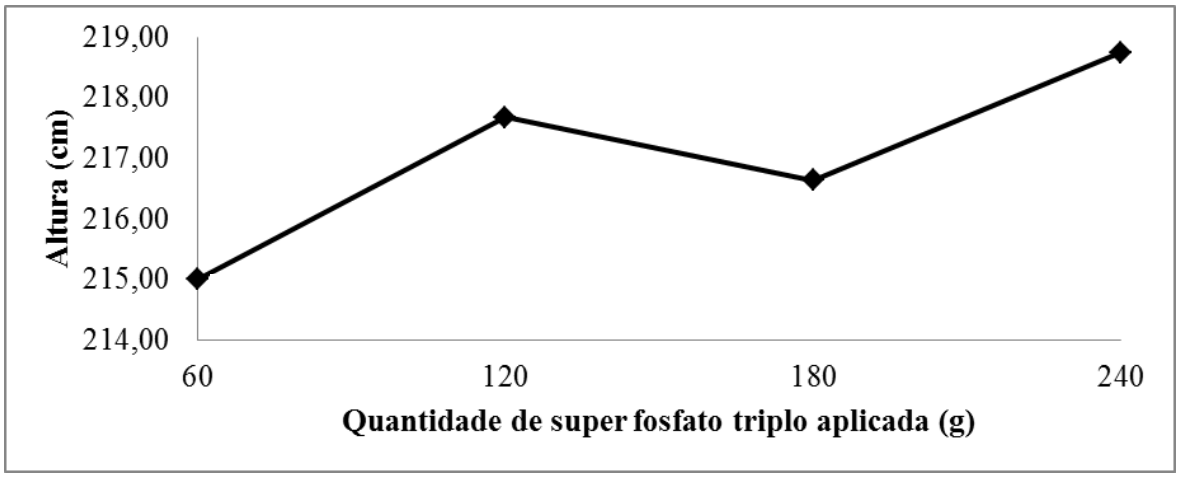

Figura 5. Influência das doses de P no crescimento de plantas de *Khaya ivorensis* durante os primeiros doze meses de cultivo na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO. Fonte: Microsoft excel.

O resultado encontrado está de acordo com Santin et al. (2013) que, estudando a nutrição de erva mate (*Ilex paraguariensis*) observaram respostas iguais independente das doses testadas. Entretanto, foi possível afirmar que a espécie desenvolve em solos com alto teor de P visto que não apresentou sintomas de toxidez decorrentes deste nutriente.

De acordo com Tucci et al. (2011), a adição de fósforo ao substrato de mudas de mogno brasileiro não contribuiu para o aumento de parâmetros biométricos. O que sugere baixo potencial de resposta da espécie à adição de P nesta fase de crescimento.

Aplicando doses crescentes de fósforo em mudas de mogno brasileiro, Santos et al. (2008) observaram aumento no crescimento das mudas em todas as características avaliadas (altura das plantas, diâmetro do caule).

Em estudo realizado por Moretti et al. (2011) a omissão de fósforo limitou o crescimento de cedro australiano (*T. cilliata*). O mesmo foi observado por Ciriello et al. (2014) em estudos com guanandi ficando evidenciado ser este o nutriente mais importante no desenvolvimento de suas raízes.

4.4 POTÁSSIO

Segundo Corcioli et al. (2014), na falta de potássio as plantas de mogno africano apresentaram redução no crescimento total e toda a folhagem com tamanho reduzido. Nas folhas velhas foi possível observar clorose, seguida de necrose das pontas e

margens. Os sintomas progridem até atingir as folhas intermediárias, que secam a partir da ponta até a ráquis.

Entre as doses de potássio aplicadas no presente trabalho, não houve diferença estatística nos parâmetros biométricos avaliados. No entanto, é possível afirmar que o mogno africano desenvolve bem com a aplicação de pequenas quantidades de potássio e é bastante tolerante ao excesso deste nutriente. Na tabela 9 é possível observar este efeito.

Tabela 9. Altura e diâmetro de plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*), aos doze meses de idade, submetidas a diferentes doses de potássio (K), cultivadas na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Dose K	Altura (cm)	Diâmetro do colo (mm)
42	215,85 a	47,81 a
84	215,98 a	48,34 a
126	218,76 a	48,88 a
168	217,48 a	48,65 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Assim como ocorreu com a resposta ao fósforo e contrário à resposta ao nitrogênio, há uma tendência de melhores resultados com a aplicação de doses maiores de potássio (Figura 6). Este resultado pode ser explicado pela regulação do potencial osmótico da planta de mogno africano, diminuindo o efeito do estresse hídrico ocorrido durante o período seco e intensos veranicos no período experimental.

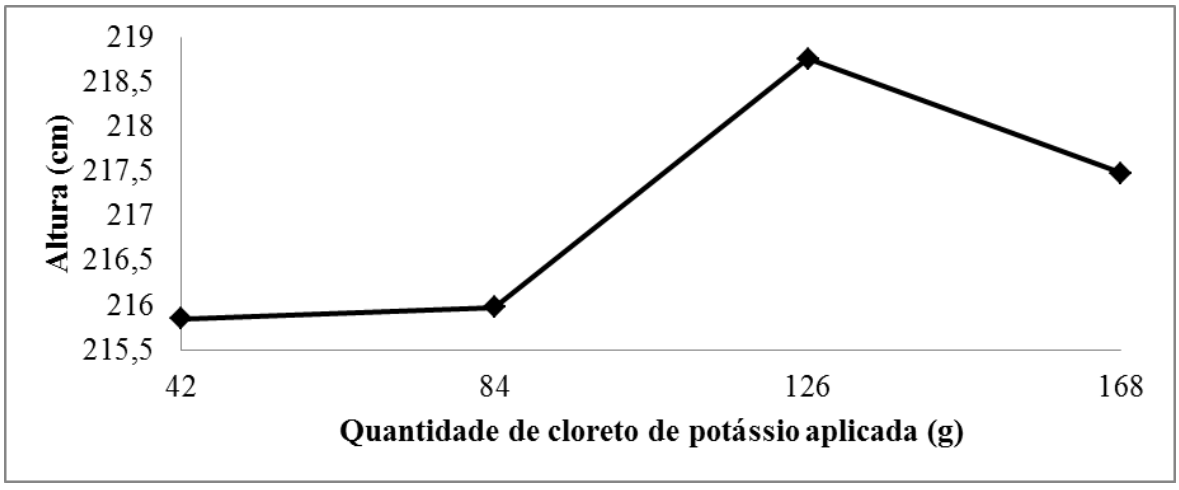

Figura 6. Influência das doses de K no crescimento de plantas de *Khaya ivorensis* durante os primeiros doze meses de cultivo na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO. Fonte: Microsoft excel.

Segundo Tucci et al. (2011), estudando o efeito da adubação potássica em mogno brasileiro, observaram que a adição de potássio ao solo não afetou de forma significativa a altura e o diâmetro das plantas. No entanto, a menor dose empregada apresentou-se satisfatória ao desenvolvimento da cultura.

Estudos realizados por Silva et al. (1997) afirmam que os efeitos relativos ao K são muito pequenos, inexistentes e até mesmo depressivos para o crescimento inicial de certas espécies florestais. O mesmo foi observado por Favare (2010) com relação à adubação potássica em mudas de teca (*T. grandis*).

De acordo com Benites et al. (2010), embora em algumas situações não se observe resposta a adubação potássica, a falta de reposição eleva à insustentabilidade do sistema de produção. O ponto chave para o manejo do potássio em sistemas agrícolas passa pelo controle dos fatores relacionados às perdas por lixiviação e por erosão (Benites et al, 2010).

Para Vieira et al. (2014), o potássio está entre os macronutrientes mais requeridos pelas mudas de *Khaya anthoteca* em sua fase inicial de crescimento. O mesmo ocorre com o cedro australiano que, segundo Moretti et al. (2011), tem o K como segundo nutriente mais absorvido pela cultura e limitador de crescimento quando é omitido.

4.5 ADUBAÇÃO NPK

Objetivando avaliar qual a melhor adubação no primeiro ano do mogno africano (*Khaya ivorensis*) foi realizado o teste de tukey das médias de cada combinação N-P-K considerando cada combinação de doses como tratamento isolado. O resumo da análise de variância está apresentado na tabela 10.

Tabela 10. Análise de variância contendo valores de graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), nível de significância e coeficiente de variação para as variáveis altura (h) e diâmetro do colo (dc) em função dos tratamentos de adubação NPK na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Fonte de variação	GL	QMh	QMdc
Tratamento	64	705.7889**	36.8516**
Bloco	7	315.1228^{ns}	369.9585**
Resíduo	448	215.7344	15.6099
Total	519		
CV%		6,80%	8,19%

^{ns}: não significativo pelo teste Tukey ao nível de 0,05 de probalilidade.
**: significativo pelo teste Tukey ao nível de 0,01 de probalilidade.

Conforme observado, houve diferença altamente significativa entre a altura das plantas de todos os tratamentos e, no diâmetro do colo apenas entre os tratamentos e a testemunha. A comparação de médias está na Tabela 11.

Tabela 11. Comparação de médias de diâmetro e altura das plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*) aos doze meses de submetidas a diferentes adubações NPK na Estação Experimental Hiroshi Okajima, município de Bonfinópolis, GO.

Tratamento	Relação NPK	Altura (cm)	Diâmetro do colo (mm)
0	0	162,87 c	36,09 B
1	111	207,87 b	48,20 A
2	112	209,75 ab	47,35 A
3	113	211,00 ab	49,52 A
4	114	215,87 ab	49,10 A
5	121	221,25 ab	48,64 A
6	122	221,87 ab	50,53 A
7	123	218,00 ab	48,93 A
8	124	211,75 ab	46,53 A
9	131	214,37 ab	47,53 A
10	132	218,62 ab	47,37 A
11	133	209,75 ab	48,47 A
12	134	225,50 ab	48,64 A
13	141	220,37 ab	50,92 A
14	142	220,37 ab	48,05 A
15	143	225,00 ab	49,87 A
16	144	236,87 a	51,50 A
17	211	220,50 ab	45,54 A
18	212	220,87 ab	48,99 A
19	213	222,00 ab	48,30 A
20	214	214,00 ab	46,80 A
21	221	226,25 ab	48,84 A
22	222	222,12 ab	51,07 A
23	223	212,75 ab	49,35 A
24	224	219,00 ab	49,18 A
25	231	205,25 b	48,04 A
26	232	217,62 ab	49,23 A
27	233	214,87 ab	50,18 A
28	234	221,75 ab	49,43 A
29	241	223,12 ab	49,78 A
30	242	212,25 ab	49,05 A
31	243	218,50 ab	49,41 A

Continua...

Tabela 11. *Continuação...*

32	244	224,00 ab	51,65 A
33	311	210,00 ab	46,14 A
34	312	220,50 ab	49,67 A
35	313	218,50 ab	48,69 A
36	314	217,25 ab	46,92 A
37	321	216,12 ab	49,80 A
38	322	209,62 ab	46,55 A
39	323	213,12 ab	48,63 A
40	324	221,25 ab	51,25 A
41	331	220,50 ab	48,33 A
42	332	205,00 b	47,20 A
43	333	230,12 ab	49,85 A
44	334	209,50 ab	50,00 A
45	341	207,37 b	47,06 A
46	342	216,37 ab	48,75 A
47	343	231,37 ab	50,03 A
48	344	213,50 ab	49,32 A
49	411	223,00 ab	46,55 A
50	412	205,37 b	47,16 A
51	413	215,25 ab	46,12 A
52	414	220,87 ab	46,98 A
53	421	215,37 ab	47,83 A
54	422	221,50 ab	47,07 A
55	423	224,62 ab	49,73 A
56	424	208,62 b	46,64 A
57	431	211,00 ab	47,33 A
58	432	221,25 ab	48,06 A
59	433	219,62 ab	47,91 A
60	434	224,00 ab	48,56 A
61	441	211,37 ab	44,42 A
62	442	215,37 ab	47,12 A
63	443	216,00 ab	47,25 A
64	444	208,50 b	47,51 A
Coeficiente de variação (%)		6,80	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Todos os tratamentos testados foram superiores à testemunha nos parâmetros biométricos avaliados. Quanto à altura, o melhor tratamento foi o 16 (1-4-4). Os resultados inferiores foram observados nos tratamentos 1, 25, 42, 45, 50, 56 e 64, ambos com altas

doses de N e, ou, com baixas doses de P e, ou, K. Estes resultados confirmam as tendências mostradas nas Figuras 4, 5 e 6.

De acordo com Souza et al. (2006), as espécies florestais apresentam características distintas de comportamento em resposta à adubação. No caso de *Khaya ivorensis*, as pesquisas relacionadas à sua nutrição ainda são incipientes, o que dificulta a comparação de resultados e demonstra a necessidade de continuação desta pesquisa e a importância de novos estudos.

5 CONCLUSÃO

A calagem e a adubação mineral são importantes para o desenvolvimento do mogno africano.

A elevação da saturação por bases a 55% é satisfatória para o desenvolvimento da *Khaya ivorensis*.

A espécie estudada é capaz de se desenvolver com pequenos acréscimos de fertilizantes e muito tolerante ao excesso de nutrientes.

Dentre os macronutrientes estudados, apenas o excesso de N tem influencia negativa no crescimento das plantas. No entanto, até o limite testado não causa grandes perdas à cultura.

O melhor tratamento é o que recebeu a dose mínima de N juntamente com as doses máximas de P e K.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012** / ABRAF. – Brasília: 2013. Disponível em www.abraflor.org.br/estatisticas.asp. Acesso em 10 de novembro de 2014.

ALBUQUERQUE, C.P. Levantamento bibliográfico sobre o Mogno Africano. **Consultoria Florestal**. FCA. UNESP. P.C. 67, REV.:00, p. 1 – 24, 2013.

ARRIAGADA, C. A.; HERRERA, M. A; BORIE, F. O; CAMPO, J. A. Contribution of Arbuscular mycorrhizal and saprobe fungi to the alluminium resistance of Eucalyptus globulus. **Water, air & soil pollution**, Temuco, v. 182, n. 1-4, 2007, p. 383-394.

BELLOTE, A. F. J. Nutrição, Adubação e Calagem. In: Embrapa Florestas. **Cultivo do Eucalipto**. Sistemas de Produção, n.4, Colombo, PR, Ago. 2003.

BENITES, V. M. B.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNARDI, A. C. C.; OLIVEIRA, F. A. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. v. 2, cap. 3, p. 135-204.

CAIRES, E. F. Manejo da Acidez do Solo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. v. 1, cap. 11, p. 279-347.

CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev). **Cerne**. Lavras, v. 16, suplemento, p. 106-114, jul. 2010.

CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. **Cerne**. Lavras, v. 20 n. 4 Oct./Dec. 2014.

CORCIOLI, G.; BORGES, J. D.; JESUS, R. P. Sintomas de deficiência nutricional de macronutrientes em mudas de *Khaya ivorensis* cultivadas em solução nutritiva. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 78, p. 159-164, 2014.

DUARTE, J. B. Princípios sobre delineamentos em experimentação agrícola. **Trabalho de conclusão de curso** (especialização em estatística). Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO. 1996.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. **Mogno-africano *Khaya ivorensis* A. Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 52p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documento, 4).

FAVARE, L. G.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Níveis crescentes de saturação por bases e desenvolvimento inicial de teca em um latossolo de textura média. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 693-702, out.-dez., 2012.

FEITOSA, D. G.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, K. M. R.; PAIANO, M. O. Crescimento de mudas de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) sob diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.3, p.401-411, 2011.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A.. **Fertilidade do solo.** Curso de pós-Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: UFLA, 2001. 261p.

FURTINI NETO A. E; RESENDE A. V; VALE F. R; VALE FAQUIN V.; FERNANDES L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, 1999, p. 1-12.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMAZIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial das plantas. **Informações Agronômicas,** Piracicaba: POTAFOS, n.95. 2001. 5p.

GROGAN, J.; BARRETO P.; VERÍSSIMO A. **Mogno na Amazônia Brasileira: Ecologia e Perspectivas de Manejo**; Belém: Imazon 2002. 40 p.

GUSMÃO, C. A. G. Desempenho do pinhão-manso (*Jatropha curcas*L.) de segundo ano submetido a diferentes doses e relações NPK. **Dissertação** (mestrado em Produção Vegetal no Semiárido). Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba-MG, 2010.

JESUS, G. L.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NEVES, J . C. L.; HENRIQUES, E. P., LIMA, V. C.; FERNANDES, L.. V.; SOARES, E. M. B. Doses e fontes de nitrogênio na produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica em solo da região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 201-214, 2012.

LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis* A. Chev. - Dados de Protabase. Loupe, D.; Oteng-Amoako, A. A.; Brink, M. (editors). **PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressoucers végétable de l'Afrique tropicale)**, Wageningen, Netherlands, 2008. Disponível em: <http://www.prota4u.org/search.asp>. Acesso em 02 de agosto de 2014.

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

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE. J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora: CERES. 2006. 638p.

MALÉZIEUX, E., BARTHOLOMEW, D. P. Plant Nutrition. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAUL, R. E., ROHRBACH, K. G. (eds.) **The Pinneaple - Botany, Production and Uses**. Honolulu: CABI Publishing. p.:143-165, 2003.

MENGEL, K.; KIRKBY; E. A.; KOSEGARTEN, H.; APPEL, T. **Principles of plant nutrition**. 5 ed. Bern: Internacional Potach Institute, 2001. 868p

MENGEL, K., BRAUNSCHWEIG, L.C. von. The effect of soil moisture upon the availability of potassium and its influence on the growth of young maize plants (*Zea mays* L).**Soil Science**, Baltimore, v.114, p.142-8, 1972.

MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L.; AZEVEDO, G. T. O. S; SOUZA, A. M. Efeito do Hidrogel e Ureia na Produção de Mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p.107-116, 2015.

MORETTI, B. S.; FURTINI NETO, A. E.; PINTO, S. I. C; FURTINI, I. V.; MAGALHÃES, C. A. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano 453 (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, out./dez. 2011.

MUDAS NOBRES. **Mogno Africano: Qual solo e clima são adequados?** 2012. Disponível em http://mudasnobres.com.br/mogno-africano-solo-e-clima. Acesso em 19 de outubro de 2014.

OGASAWARA, E.; KULAIF, Y.; FERNANDES, F. R. C. A indústria brasileira de fertilizantes (cadeia NPK, enxofre, rocha fosfática e potássio) - projeções de 2010 a 2030. In: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. (orgs.). **Agrominerais para o Brasil**. Brasília-DF, 2010.

ORWA, C., MUTUA, A., KINDT, R., JAMNADASS, R. , ANTHONY, S. Agroforestree Database: a tree reference and selection guide version 4.0. In: **World Agroforestry Centre**. 2009. <http://www.worldagroforestrycentre.org/treedb2/AFTPDFS/Khaya_ivorensis.pdf>. Acesso em 09 de janeiro de 2014.

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

RESENDE, A. V. de; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V. Crescimentoinicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2071 - 2081, 1999.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 447-457, ago. 2002.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BASTOS, M. C.; KASEKER, J. F.; REISSMANN, C. B.; BRONDANI, G. E.; BARROS, N. F. Crescimento e nutrição de erva-mate influenciados pela adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 363-375, abr.-jun., 2013.

SANTOS, R. A.; TUCCI, C. A. F.; HARA, F. A. S.; SILVA, W. G. da. Adubação fosfatada para aprodução de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 3, p. 453 - 458,2008.

SFB e IPHAN (Serviço Florestal Brasileiro e Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia). **Florestas Nativas de Produção Brasileiras**. (Relatório técnico). Brasília, DF. 2011.

SILVA, A. R. M. da; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; FIGUEIREDO, A. F. Doses crescentes de corretivona formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 195 - 200, 2007.

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

SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; JHAM, G. N.; BARROS, N. F.; GEBRIM, F. O.; NUNES, F. N.; NEVES, J. C. L.; LEITE, F. P. Responses of eucalypt species to aluminium: the possible involviment flow molecular weght organic acids in the Al tolerance mechanism. **Tree physiology**. v. 24, p. 1267-1277. 2004.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. p.129-144.

SOUZA, C. A. S.; TUCCI, C. A. F.; SILVA, J. F.; RIBEIRO, W. O. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 515-522, 2010.

SOUZA, L. F. da S. Correção da acidez e adubação. In: CUNHA, G. A. P. da; CABRAL, J. R. S., SOUZA, L. F. da S. (orgs.) **O abacaxizeiro, Cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.169-202. 1999.

SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.;CARVENALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; Silva, E. F. Estudo nutricional da canafístula (ii): eficiência nutricional em função da adubação com nitrogênio e fósforo. **Árvore**, Viçosa, v.36, n.5, p.803-812, 2012.

SOUZA, P. A. de.; VENTURIN, N.; MACEDO, L. R. G. de. Adubação mineral do ipê-roxo. **Ciência Florestal**, Viçosa, v. 16, n. 3, p. 261-270, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 719p., 2004.

TEIXEIRA, V. C. M. Avaliação da usinagem da madeira de mogno africano. **Monografia** (bacharel em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 289 - 294, 2009.

TUCCI, C. A. F.; PINTO, F. Nitrogen in the production of seedlings of mahogany. In: Brazilian Congress of Soil Science, 29. Ribeirão Preto. **CD-ROM do 29º CBCS** (in Portuguese). 2003.

TUCCI, C. A. F., SANTOS, J. C. L.; SILVA JÚNIOR, C. H. DA; SOUZA, P. A.; BATISTA, I. M. P.; VENTURIN, N. Desenvolvimento de mudas de S*wietenia macrophylla* em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 471-490, jul./set. 2011.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento de mudas de mogno africano. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v.2, n.3, p.72-83, set./dez., 2014.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST – Sistema de análise estatística para microcomputadores**. Pelotas: SEI n. 066060, Categoria A, 1995. 48 p.