



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
CAMPUS DE PATOS - PB**

WHENDERSON THALMER DE MEDEIROS SILVA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTIOS DE MOGNO EM
DIFERENTES IDADES NO SEMIÁRIDO CEARENSE**

Patos – Paraíba - Brasil

2019

WHENDERSON THALMER DE MEDEIROS SILVA

**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTIOS DE MOGNO EM
DIFERENTES IDADES NO SEMIÁRIDO CEARENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos-PB, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Jacob Silva Souto

Patos – Paraíba – Brasil

2019

S586a Silva, Whenderson Thalmer de Medeiros Silva.
Avaliação do estado nutricional de plantios de mogno em diferentes idades no semiárido cearense / Whenderson Thalmer de Medeiros Silva. – Patos, 2019.
46 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2019.
"Orientação: Prof. Dr. Jacob Silva Souto".
Referências.

1. Mogno – Avaliação Nutricional. 2. Ecologia. 3. Mogno – Cultura. 4. Manejo e Recursos Florestais. I. Souto, Jacob Silva. II. Título.

CDU 582.746.41(043)

WHENDERSON THALMER DE MEDEIROS SILVA

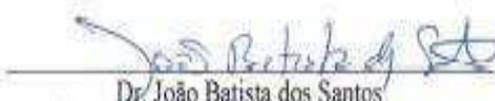
**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTIOS DE MOGNO EM
DIFERENTES IDADES NO SEMIÁRIDO CEARENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande/CSTR, como parte das exigências para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

Aprovado em 03/03/2019


Prof. Dr. Jacob Silva Souto
Universidade Federal de Campina Grande/Campus de Patos
(Orientador)


Prof. Dr. Lauter Silva Souto
Universidade Federal de Campina Grande/Campus Pombal
(1º Examinador)


Dr. João Batista dos Santos
PNPD/CAPES/UFCG/Campus Patos
(2º Examinador)

Dedico...

Este trabalho a meus pais, ***Valdemar de Sena Silva*** e ***Aldaise de Medeiros Silva***, e ao meu filho, ***Lucas Gabriel Thalmer de Moraes Silva***, que foram o principal motivo para que eu chegasse até aqui, dando-me total apoio e me ensinando a cada dia a enfrentar os obstáculos sem medir esforços para isso; a minha esposa ***Doryanne Cherlly de Medeiros Moraes*** por ter me apoiado e cuidado de mim durante toda essa caminhada; ao meu irmão, ***Gustavo Thalmer***, pelo apoio e espelho de dedicação para esta conquista, e aos meus avós, ***Aldair*** e ***Josélia Maria*** por sempre acreditarem em mim e me ajudarem em todos os momentos de minha formação como homem e profissional.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e por sempre estar comigo em todos os momentos, sejam eles bons ou ruins. Sem Sua presença eu não teria chegado a lugar algum.

Aos meus pais, Valdemar de Sena Silva e Aldaise de Medeiros Silva, agradeço por tudo que fizeram e estão fazendo por mim. Vocês foram fundamentais para esta conquista.

Ao meu irmão Gustavo Thalmer de Medeiros Silva, pela confiança, conselhos e companheirismo.

Ao meu filho, Lucas Gabriel Thalmer de Moraes Silva, por compreender minha ausência e sempre acreditar que todo o esforço é pensando em um melhor futuro para nossa família, Te amo, meu filho. A você, meu muito obrigado.

Aos meus tios (as), primos (as), obrigado por tudo.

E assim foi Você. Desde o início até o fim, sempre me apoiando, incentivando-me e concordando com as minhas decisões. Obrigado pela paciência e companheirismo em todas as horas. Doryanne Cherlly de Medeiros Moraes, agradeço-te por tudo que fez e faz por mim.

Às minhas cunhadas, Fernanda Rachelly e Mayara Jardim, pelo apoio que me deram sempre nessa caminhada.

À minha sogra, Maria Neide, por sempre confiar e me incentivar nos meus estudos.

Aos meus compadres, Josias Lucena, Giovanni Costa, Cateline Régia, Elizângela, Efigênia, Iuri Lucena, Kyara, Erique Samuel e Taisa Coutinho, pelo incentivo e apoio em todas as horas em que precisei.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jacob Silva Souto, que sempre acreditou e confiou no meu potencial. Obrigado pelas orientações, incentivos, brincadeiras, companheirismo, amizade e pelos conhecimentos transmitidos para a conclusão deste trabalho. O senhor é um ser de grande caráter, obrigado por tudo.

Aos membros da banca examinadora, Lauter Silva Souto e Joao Batista dos Santos pela disposição em ajudar e contribuir para a melhoria do trabalho.

A todos os professores do PPGCF/UFCG e da UAEF/UFCG, por serem os maiores responsáveis por eu estar concluindo esta etapa da minha vida e pelos conhecimentos compartilhados no dia a dia.

Aos funcionários do CSTR/UFCG, Alielson, Iara e seu Jorge, pela amizade construída. A Edinalva e Ivanice, secretárias da UAEF. Ao secretário do PPGCF, Paulo, por todo apoio e incentivo durante a trajetória.

Aos amigos (as) de Ouro Branco – RN, que, mesmo não estando presente em todos os momentos, sempre torceram por essa conquista: Ray Ramos, Anderson Araújo, David Samuhel, Franklin, Vitor Lucena, Francisco Alves, Vívian Lucena, Tâmara Lucena, Edson, Jailson Medeiros e Sávio Eudes, agradeço de coração.

Aos amigos da turma 2017.1: Francisco José, Alexandro, Jéssica, Gabriela Gomes, Erik, Pedro Jorge, Maysa, Gabriela, Íkallo, Átila, Ramon e Rosivânia. A vocês agradeço pelo companheirismo e conhecimentos compartilhados.

Aos amigos que ajudaram na realização deste estudo: Arliston Pereira Leite, Francisco de Assis Pereira Leonardo, Stephenson Lacerda e Erik Bakke.

Ao proprietário da fazenda Jaburu, Dr. Raimundo Sátiro, pela cessão da área para realização do estudo.

Ao amigo Stephenson Lacerda, pela disponibilidade e ajuda durante a realização da pesquisa.

À CAPES, pelo financiamento do projeto de dissertação e concessão da bolsa de estudos.

Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar".

(Josué 1:9)

SILVA, Whenderson Thalmer de Medeiros Silva. **Avaliação do estado nutricional de plantios de mogno em diferentes idades no semiárido cearense**. 2019. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos – PB. 2019. 46 p.

RESUMO

Ainda são escassos estudos relacionados às espécies do gênero *Khaya*, principalmente quanto à avaliação do seu estado nutricional em fase de plantio. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar, através da análise dos macronutrientes presentes na planta e no solo, o estado nutricional de plantas de mogno-africano localizadas em plantio no município de Várzea Alegre – CE. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Jaburu, localizada no município de Várzea Alegre – CE. O experimento foi conduzido em condições de campo, com delineamento inteiramente casualizado, no qual foram utilizados quatro tratamentos: T1 – *Khaya ivorensis* A. Chev., com 1,4 anos, T2 – *Khaya senegalensis* A. Juss. com 2,4 anos, T3 – *Khaya senegalensis* A. Juss., com 5,4 anos, e T4 – *Khaya ivorensis* A. Chev., com 5,4 anos, e cinco repetições para cada tratamento. Para avaliação do estado nutricional, foi feita a determinação dos atributos físico-químicos do solo e análise dos tecidos foliares para quantificação dos teores de macronutrientes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade. Os teores de macronutrientes estão dentro ou acima da faixa ideal quando comparados aos resultados encontrados em outras espécies florestais. A espécie *Khaya ivorensis* apresentou resultados superiores para P, Ca, Mg, e S, indicando uma maior exigência da espécie quanto a estes nutrientes. Em relação a *Khaya senegalensis*, esta apresentou teor superior para o N e K. Os maiores teores de K foram encontrados nos plantios mais jovens, tendendo a diminuição nos plantios mais velhos devido a sua mobilidade na planta. A redução dos teores de macronutrientes nas folhas de mogno obedeceu à seguinte ordem: *Khaya ivorensis* (1,4 anos) - Ca > N > S > K > Mg > P, *Khaya senegalensis* (2,4 anos) - Ca > N > K > S > Mg > P, *Khaya senegalensis* (5,4 anos) - Ca > N > K > S > Mg > P, *Khaya ivorensis* (5,4 anos) - Ca > N > K > S > Mg > P.

Palavras chave: *Khaya ivorensis*; *Khaya senegalensis*; mogno-africano; macronutrientes.

SILVA, Whenderson Thalmer de Medeiros Silva. **Evaluation of the nutritional status of mahogany (mogno) plantations at different ages in the semiarid region of Ceará.** 2019. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos – PB. 2019. 46 p.

ABSTRACT

There are still few studies related to the species of the *Khaya* genus mainly regarding the evaluation of their nutritional status in the planting phase. In this context, the objective of this work was to evaluate the nutritional status of African-mahogany (mogno-africano) plants located in the Várzea Alegre - CE, through the analysis of the macronutrients present in the plant and soil. The experiment was developed at Jaburu Farm, located in Várzea Alegre-CE. The experiment was conducted under field conditions, with a completely randomized design, in which four treatments were used: T1 - *Khaya ivorensis* A. Chev. with 1.4 years of age, T2 - *Khaya senegalensis* A. Juss. with 2.4 years of age, T3 - *Khaya senegalensis* A. Juss. with 5.4 years of age and T4 - *Khaya ivorensis* A. Chev. with 5.4 years of age, and five replicates for each treatment. To evaluate the nutritional status, soil physicochemical attributes and foliar tissues were determined for quantification of macronutrient contents. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at the significance level of 5% of probability. The macronutrient contents are within or above the ideal range when compared to the results found in other forest species. The species *Khaya ivorensis* presented superior results for P, Ca, Mg, and S indicating a higher requirement of the species for these nutrients. In relation to *Khaya senegalensis*, it presented higher content for N and K. The highest levels of K were found in the younger plantations, tending to decrease in the older plantations due to their mobility in the plant. The reduction of macronutrient contents in mahogany leaves was observed in the following order: *Khaya ivorensis* (1.4 years of age) - Ca > N > S > K > Mg > P, *Khaya senegalensis* (2.4 years of age) - Ca > N > K > S > Mg > P, *Khaya senegalensis* (5.4 years of age) - Ca > N > K > S > Mg > P, *Khaya ivorensis* (5.4 years) - Ca > N > K > S > Mg > P.

Keywords: *Khaya ivorensis*; *Khaya senegalensis*; mahogany-african; macronutrients.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Região semiárida.....	15
2.2 Características gerais das espécies estudadas	16
2.2.1 <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.....	17
2.2.2 <i>Khaya senegalensis</i> A. Juss.....	18
2.3 Distribuição geográfica e aspectos econômicos do mogno	19
2.4 Implantação da cultura do mogno.....	20
2.5 Aspectos nutricionais: macronutrientes	22
2.6 Diagnose nutricional em espécies florestais	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Localização e caracterização da área experimental	25
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	26
3.3 Caracterização físico-química do solo.....	26
3.4 Diagnose nutricional dos mognos.....	28
3.5 Análise estatística dos dados.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Teores de macronutrientes na planta.....	32
4.2 Correlação entre macronutrientes em plantas de mogno e seus teores no solo	38
5 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área experimental localizada no município de Várzea Alegre – CE.....	25
Figura 2. Coleta de solo na área de estudo localizada no município de Várzea Alegre – CE.....	27
Figura 3. Representação da copa do mogno africano bem como sua divisão em terço superior, médio e inferior e os raios (r1, r2, r3 e r4) da projeção de copa obedecendo à orientação norte-leste-sul-oeste (Adaptado de WINCK et al., 2012).....	28
Figura 4. Coleta das folhas com auxílio do podão (A) e de tesoura de poda (B), para análise nutricional de plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.....	29
Figura 5. Lavagem das folhas em torneira (A) e em água destilada (B). Estufa utilizada para secagem do material (C). Moinho tipo Willey utilizado na moagem das folhas (D).....	30
Figura 6. Teores médios de nitrogênio (g kg^{-1}) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.....	31
Figura 7. Teores médios de fósforo (g kg^{-1}) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.....	33
Figura 8. Teores médios de potássio (g kg^{-1}) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.....	34
Figura 9. Teores médios de cálcio (g kg^{-1}) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.....	35
Figura 10. Teores médios de magnésio (g kg^{-1}) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.....	36
Figura 11. Teores médios de enxofre (g kg^{-1}) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo dos plantios de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE, no momento da coleta de dados.....	27
Tabela 2. Caracterização da textura do solo dos plantios de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE, no momento da coleta de dados.....	28
Tabela 3. Valores dos coeficientes de correlação (r) entre os macronutrientes presentes no solo e na planta, obtidos no plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.....	38

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de plantios florestais comerciais na região semiárida brasileira é algo ainda pouco difundido. Este fato ocorre por essa região apresentar certas limitações ao desenvolvimento dessas culturas, como: solos rasos ou pouco desenvolvidos, chuvas irregulares e solos com certa deficiência nutricional. Sabe-se que, em sua maioria, as espécies florestais necessitam dos fatores citados em completa disponibilidade para completarem o seu desenvolvimento, o que exigirá a implantação de um manejo adequado para se chegar ao ideal, muitas vezes, tornando a implantação do plantio inviável.

Apesar das limitações apresentadas pela região, algumas espécies florestais têm sido utilizadas na implantação de plantios comerciais, como é o caso do mogno-africano e eucalipto, porém ainda são escassos estudos relacionados a essas espécies, principalmente em relação ao cultivo das espécies do gênero *Khaya*, dificultando, assim, a disponibilidade de informações que podem servir como base para recomendações técnicas-científicas a serem estabelecidas na implantação e manejo da cultura (SANTOS NETO, 2014).

A escolha e aplicação do manejo adequado em plantios florestais de mogno é fator primordial para a manutenção e desenvolvimento dos indivíduos. A realização de estudos que permitam avaliar o comportamento da espécie e suas necessidades é fator importante dentro do manejo, principalmente quando se trata do conhecimento das exigências e necessidades nutricionais através da diagnose foliar.

Segundo Malavolta et al. (1997), a diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional das culturas em que se analisam determinadas folhas em períodos da vida da planta. A avaliação do estado nutricional de espécies vegetais, baseada na interpretação de resultados de análise foliar, tem sido amplamente utilizada e discutida, no intuito de possibilitar intervenções mais precisas em sistemas de produção vegetal, por meio de práticas de manejo e adubação.

A avaliação do estado nutricional das plantas para verificar a quantidade de cada macronutriente é essencial, pois são estes os nutrientes exigidos em maiores quantidades pelas culturas. O adequado suprimento dos macronutrientes é um ponto chave para o crescimento e desenvolvimento de cultivos florestais, como é o caso do mogno-africano e de outras espécies florestais.

A implantação de plantios comerciais de mogno na região semiárida é algo ainda pouco visto. Essa espécie requer, em seu estágio inicial de desenvolvimento, uma boa disponibilidade de água e solos bem desenvolvidos, e sabe-se que o semiárido do Nordeste brasileiro apresenta limitação em relação a esses fatores. Sendo assim, estudos sobre o comportamento dessa espécie nessa região são de extrema importância para conhecimento das melhores práticas de manejo a serem adotadas na sua implantação e avaliação ao longo do tempo do seu desenvolvimento e exigências nutricionais, como também suas deficiências.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar, através da análise dos teores de macronutrientes presentes na planta e no solo, o estado nutricional de plantas de mogno-africano em plantio no município de Várzea Alegre – CE.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Região semiárida

A região semiárida brasileira é uma das maiores e mais populosas do mundo, ocupando uma área de 1.037.517,80 km², abrangendo os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Piauí, Ceará, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, além da região norte do estado de Minas Gerais (ALVES, 2007).

O bioma predominante da região é a caatinga, caracterizada por apresentar características de vegetação xerófila. Segundo Oliveira et al. (2009), a vegetação da região era, até pouco tempo, tida como pouco diversa, sendo, muitas vezes, desconhecida e desvalorizada. Nos últimos anos, despertou-se um interesse maior para estudos mais detalhados desse tipo de vegetação para melhor conhecimento sobre as potencialidades dessa região.

Os solos da região semiárida apresentam deficiência nutricional devido aos processos de formação de seus solos, principalmente pela escassez de matéria orgânica no solo. Por apresentar baixos níveis em nitrogênio e fósforo, nutrientes essenciais às plantas, surge a necessidade da utilização de fertilizantes químicos, que é, muitas vezes, inacessível à maioria dos produtores da região, ficando as plantações na dependência da mineralização do material orgânico que está presente em pouca quantidade em algumas épocas do ano (FREITAS et al., 2011).

O Semiárido brasileiro traz uma realidade complexa quanto aos aspectos geofísicos, aos processos de ocupação humana e à exploração de seus recursos naturais, apresentando características atípicas quando comparadas às de outras regiões do mundo, principalmente quanto aos solos, às chuvas, temperaturas e, conseqüentemente, a sua diversidade florística. Apesar de algumas críticas quanto à atividade pecuária desenvolvida na região, o semiárido brasileiro tem sido apontado como umas das potencialidades no desenvolvimento da criação animal, com destaque na produção de pequenos ruminantes (MACIEL et al., 2012).

A deficiência hídrica na região semiárida brasileira afeta diretamente as atividades agropecuárias, que sofrem com a escassez da água durante parte do ano. Estudos para conhecimento do potencial hídrico e quantificação da evapotranspiração da região, assumem grande importância em virtude desses acontecimentos, indicando os períodos de maior ocorrência e, a partir disso, auxiliar na busca por alternativas viáveis para que não haja perda nas atividades agropecuárias (MENDONÇA; DANTAS, 2010).

Segundo Pereira Júnior et al. (2012), a região semiárida brasileira encontra-se em elevado processo de degradação. Para Oliveira et al. (2009), grande parte desse processo tem sido ocasionada pelas atividades antrópicas, que, através do desmatamento ilegal para o desenvolvimento das atividades agrícolas e pecuária, aceleram o processo de desertificação, bastante comum nessa região.

Para Moreira et al. (2006), a variação climática, o relevo, os tipos de solo, aliados às atividades da pecuária extensiva, com o consumo do pasto nativo e das espécies forrageiras nas épocas chuvosas e de seca, contribuem significativamente para o processo de degradação e, conseqüentemente, para o desaparecimento da fauna e flora da região. Esses fatos ocasionam, no geral, danos ambientais, sociais e econômicos em áreas que, diretamente ou indiretamente, estão relacionadas com a preservação e manutenção do bioma caatinga (SILVEIRA et al., 2015).

2.2 Características gerais das espécies estudadas

As espécies *Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya senegalensis* A. Juss. são vulgarmente conhecidas como mogno-africano. Estas são espécies de grande porte, produtoras de madeira de alta qualidade e têm boa adaptação a condições adversas de campo (FRANÇA et al., 2015). Albuquerque et al. (2013) destacam que plantas jovens de mogno-africano apresentam certa sensibilidade estomática ao déficit hídrico, o que, aliado à excessiva acumulação de prolina faz com que os indivíduos da espécie resistam a estresses hídricos moderados. Os autores ainda destacam que os plantios comerciais localizados em áreas sujeitas a tais condições teriam sua viabilidade aumentada devido à capacidade de tolerância ao déficit hídrico das espécies.

O gênero *Khaya* é detentor de espécies produtoras de madeira comerciais na África, Comores e Madagascar, do qual se podem citar como principais as espécies *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, conhecidas como mogno-africano, que possuem características semelhantes aos mognos latino-americanos (PINHEIRO et al., 2011).

2.2.1 *Khaya ivorensis* A. Chev.

Os mognos africanos são plantas heliófilas do grupo ecológico das espécies secundárias tardias e pertencentes à família *Meliaceae*. Suas folhas são paripinadas, com pares de folíolos brilhantes e glabros possuindo inflorescência em forma de panícula. Entre os sete a oito anos de idade, ocorre o período de frutificação da espécie, aumentando o seu incremento em diâmetro e abertura da copa. A planta atrai o interesse do setor madeireiro por possuir fuste retilíneo e por apresentar a facilidade no manuseio e secagem, permitindo bons acabamentos, além de apresentar coloração roseada que constitui um aspecto importante que valoriza a madeira (SANTOS NETO, 2014). Soranso et al. (2016) destacam a *Khaya ivorensis* como uma grande produtora de madeira com características tecnológicas ideais para produção de madeira destinada à serraria.

A espécie *Khaya ivorensis* é de origem natural da Costa do Marfim, Gana, Nigéria, Benin e sul de Camarões. Ocorre geralmente em locais de altitude que variam de 0 a 450 m, normalmente em vales úmidos (CARVALHO et al., 2010). De acordo com Soranso et al. (2016), a *Khaya ivorensis* tem tomado destaque no Brasil pelo seu crescente cultivo, apresentando rápido crescimento e fácil adaptação. Segundo Pinheiro et al. (2011), em condições naturais, a *Khaya ivorensis* pode atingir diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) máximo de 2,1 m e chegar a uma altura de até 60 m.

De acordo com Carvalho et al. (2010), a madeira de *Khaya ivorensis* apresenta uma alta qualidade para ser utilizada na indústria moveleira, inclusive para acabamentos arquitetônicos em construção civil. A madeira desta espécie possui coloração avermelhada 7,5 YR 8/3, de acordo com a escala de classificação de cores de Munsell, possuindo um brilho moderado, gosto ligeiramente amargo, cheiro inaudível. Para que ocorra o desenvolvimento de uma planta que a leve a expressar todo o seu potencial produtivo, faz-se necessário um correto suprimento de nutrientes, principalmente no seu estado inicial de crescimento.

Considerando o planejamento silvicultural das espécies, a adubação das mudas após a implantação em campo e o suprimento hídrico em conjunto são fatores essenciais para a obtenção de resultados satisfatórios em termos de produtividade, além de levar um menor tempo no processo de produção (CARVALHO et al., 2015).

2.2.2 *Khaya senegalensis* A. Juss.

A espécie *Khaya senegalensis* apresenta ocorrência principalmente em florestas ciliares e savanas florestadas com alta pluviosidade. É uma planta heliófila, que pode atingir até 35 metros de altura em solos férteis e um diâmetro de até 1,5 metros chegando de 8 a 16 metros de altura sem produzir ramificações laterais. Constitui-se uma espécie indicada para plantio em regiões que apresentam uma média de pluviosidade compreendida entre 800 a 1600 mm anuais, respondendo bem ao processo de irrigação (ARAÚJO et al., 2017).

Khaya senegalensis possui casca marrom avermelhada ou cinzenta, apresentando copa ampla, densa e arredondada. Suas folhas são de coloração verde brilhante na face superior e acinzentada na face inferior, sendo compostas, paripinadas, com cerca de 20 cm, contendo de três a seis pares de folíolos que chegam até 11 cm de comprimento e variam de 3 a 5 cm de largura. As flores são pequenas, unissexuais, dispostas em panículas longo-pedunculadas e apresentam coloração branca. Seu período de floração ocorre de dezembro a abril, sendo suas flores polinizadas por insetos (NIKIEMA; PASTERNAK, 2008; LAMPRECHT, 1990). Os frutos dessa espécie são cápsulas lenhosas e globulares acinzentadas, variando de 5 a 6 cm de diâmetro. A produção de sementes ocorre no período entre 15-25 anos de idade da planta, tendo sua dispersão através do vento (anemocoria) (JOKER; GAMÉNÉ, 2012). As sementes da espécie são ortodoxas, e recomenda-se seu armazenamento em locais de baixa umidade (NIKIEMA; PASTERNAK, 2008).

A madeira de *Khaya senegalensis* possui praticamente todas as características relacionadas a *Khaya ivorensis*, diferindo apenas na sua coloração do cerne, que, de acordo com a escala de Munsell enquadra-se na coloração vermelho-claro 2,5 YR 6/6. A madeira dessa espécie apresenta uma maior massa específica e uma maior dureza, por isso é indicada para produção de pisos (FRANÇA et al., 2015). Porém, Pinheiro et al. (2011) destacam que a madeira de *Khaya senegalensis* apresenta outras possibilidades de uso, como para: carpintaria, fabricação de móveis, construção de navios e uso na construção civil. Os mesmo autores destacam que, na África, as raízes, sementes e cascas desta espécie são utilizadas pela medicina tradicional no combate a diversas doenças.

2.3 Distribuição geográfica e aspectos econômicos do mogno

O gênero *Khaya* abrange cerca de 51 gêneros, perfazendo um total de 1.400 espécies. A família *Meliaceae* tem distribuição pantropical, ou seja, faz-se presente em todas as regiões tropicais da Ásia, África e das Américas. É estimado que essa família contenha cerca de 550 espécies com grande potencial madeireiro para a economia florestal no mundo (GOUVÊA, 2005; PINHEIRO et al., 2011).

A área de ocorrência destas espécies se estende desde o México, abrangendo inclusive a costa atlântica da América Central, até chegar à América do Sul, incluindo o Brasil, principalmente na região Amazônica e na região sul do estado do Pará. O mogno-africano, por sua vez, ocorre naturalmente na África e, nos últimos anos, tem se adaptado bastante a outras regiões e países, como é o caso do Brasil (CARVALHO et al., 2016).

Ribeiro et al. (2017) destacam que, no Brasil, as espécies de *Khaya* tiveram seus primeiros cultivos implantados na região Norte, no ano de 1976. Para os autores, a crescente demanda por madeira tropical e de boa qualidade está levando os produtores a fazerem novos investimentos em plantios de mogno-africano por todo o país, destacando o potencial da espécie e aquecendo assim o mercado florestal em torno desta. Ao redor do mundo, as árvores da espécie *Khaya ivorensis* recebem diferentes nomes do ponto de vista comercial, como: African mahogany, nos Estados Unidos e Inglaterra; *Khaya mahagoni* na Alemanha; Acajou D'Afrique, na Bélgica e França; Afrikaans mahoganie, na Holanda, e mogno-africano, pelos portugueses e países da América do Sul (FALESI; BAENA, 1999).

O mogno-africano foi introduzido no Brasil para ser difundido em cultivos silviculturais e substituir a cultura do mogno-brasileiro. Essa substituição se dá pelo fato de o mogno-africano possuir certa resistência à broca-do-ponteiro (*Hypsipyla grandella Zeller*), principal praga do mogno-brasileiro. Outros fatores que contribuíram para sua chegada e para que cada vez mais essa espécie fosse produzida na região amazônica foram o seu alto valor econômico, o rápido desenvolvimento e a fácil produção de mudas (CARVALHO et al., 2016).

O comércio de mogno-africano é espetacular, devido às características tecnológicas de sua madeira e a sua beleza natural. Por esses motivos, vem sendo utilizado na construção naval, na indústria moveleira e em sofisticados projetos de arquitetura e construções (CARVALHO et al., 2010). No Brasil, as regiões produtoras

de mogno-africano são o Norte e Sudeste, sendo as espécies *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *Khaya anthotheca* as mais cultivadas, por possuírem um alto potencial econômico para comercialização interna e externa, podendo ser empregadas na construção civil, na produção de painéis e laminados e principalmente, na indústria moveleira (PINHEIRO et al., 2011).

De uma maneira geral, a madeira do gênero *Khaya* é muito valorizada no mercado internacional, podendo o valor do metro cúbico de toras chegar a aproximadamente US\$ 1 mil, conforme os registros apresentados de importação e exportação de diferentes produtos madeireiros do gênero *Khaya* publicados pela International Tropical Timber Organization – ITTO (RIBEIRO et al., 2017).

Albuquerque et al. (2013) destacam que a madeira do mogno-africano é uma madeira de ótima qualidade, que alcança preços elevados, tanto no mercado nacional quanto no mercado internacional. Vale destacar o potencial desta espécie para uso em sistemas agroflorestais na região Amazônica, mesmo sendo ainda pouco estudada e difundida entre os produtores rurais da região (SILVA et al., 2008).

2.4 Implantação da cultura do mogno

Para o estabelecimento de plantios florestais, é necessária a realização de estudos, principalmente nos estágios iniciais do plantio, como forma de avaliar o desenvolvimento das plantas nas condições de campo impostas, visando detectar as vantagens e desvantagens apresentadas e fornecer subsídios ao melhoramento genético (SORANSO et al., 2016).

O Brasil é destaque em termos de silvicultura e desenvolvimento de espécies florestais, fato comprovado pelo crescimento positivo de plantios jovens de mogno-africano localizados no estado de Minas Gerais, bem como pelo desenvolvimento e porte de plantas de mogno-africano mais velhas no estado do Pará. Apesar dos resultados positivos, estudos aprofundados quanto à viabilidade do plantio de *Khaya ivorensis* no país devem ser constantemente desenvolvidos, pois os resultados desses estudos trarão os resultados para a aplicação do manejo adequado da espécie, a fim de garantir o retorno financeiro desejável e a domesticação da espécie no nosso território (RIBEIRO et al., 2017).

O Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Mogno-Africano, já detem aproximadamente dez mil hectares plantados de mogno em

diferentes estados. Entretanto, a maior parte desses plantios é jovem, apresentando um crescimento inicial médio no estado de Minas Gerais, no primeiro ano de plantio, de 3,9 cm de DAP e 3,0 m de altura (LOPES et al., 2012). Castro et al. (2008) relataram, em estudo realizado no Pará, que em sistemas silvipastoris o mogno-africano pode alcançar uma altura de fuste de 12 m e DAP de 22 cm aos sete anos de idade.

Soranso et al. (2016) desenvolveram estudo sobre o comportamento das propriedades da madeira de *Khaya ivorensis* sob diferentes espaçamentos. Os autores identificaram que o espaçamento 7,0 m x 6,0 m é o mais recomendado para a espécie, pois apresentou um crescimento em diâmetro superior aos demais espaçamentos (5,0 m x 5,0 m e 10 m x 10 m), além de não demonstrar variação na qualidade da madeira entre as árvores plantadas no referido espaçamento. Dessa forma, concluíram que, até a idade de cinco anos, a escolha do espaçamento para a espécie estudada levará em consideração o crescimento e desenvolvimento inicial da planta, os quais se diferenciam em função do espaçamento. Os autores ainda identificaram que as propriedades da madeira analisadas no estudo não apresentaram influência em relação aos diferentes espaçamentos avaliados.

Estudos relacionados à implantação de plantios de mogno-africano ao redor do mundo têm sido desenvolvidos. Aminah et al. (2005) relataram a respeito de um plantio de *Khaya ivorensis* na Malásia, no qual se utilizou espaçamento de 3 m x 3 m, sendo as mudas plantadas advindas de estaquia de plantas adultas. Os autores constataram que, aos sete anos, o plantio apresentava cerca de 87,8 % de sobrevivência, com um DAP médio de 18,8 cm e altura média de 15,8 m. Heryati et al. (2011), estudando a performance do crescimento e acumulação de biomassa em plantios de mogno localizados também na Malásia, encontraram valores de incremento em volume variando de 43 m³/ha a 53 m³/ha, com DAP médio em torno de 11,6 cm a 14,4 cm e uma altura de 7,8 m a 10,6 m, tendo o plantio cinco anos de idade. Diante dessas afirmações, é notório que uma das alternativas para maior produtividade é a utilização de meliáceas exóticas, como as espécies do gênero *Khaya*, que produzem madeira de ótima qualidade (CORCIOLI et al., 2016).

Os plantios de mogno-africano implantados na Ásia são geralmente empregados com um espaçamento inicial 3m x 3m, sendo realizados sucessivos desbastes para reduzir a quantidade de árvores de 1.111 árvores/ha para um valor entre 200 a 350 árvores/ha, planejando um corte final entre os 20 e 25 anos de idade. Na África, é comum o emprego desta espécie no enriquecimento das florestas naturais, com a

aplicação de diferentes tratos silviculturais, encontrando-se a cada três hectares uma árvore de interesse comercial explorável. No Brasil, ainda não existem muitos dados publicados a respeito das tendências e crescimento do mogno-africano. Os plantios realizados no país possuem peculiaridades distintas, marcadamente pela utilização de diferentes espaçamentos e tratos silviculturais distintos (RIBEIRO et al., 2017).

Um aspecto importante e que deve ser levado em consideração na implantação e condução de povoamentos florestais é a nutrição mineral de essências florestais. A atenção a esse fator deve ser dada principalmente nos estágios iniciais da planta e deve ser voltada não só para os macronutrientes, mas também para os micronutrientes, que, assim como os macronutrientes também são elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas (BRIGHENTI; MULLER. 2014).

Diversos plantios comerciais do gênero *Khaya* já foram instalados na Austrália, América tropical e Ásia, porém são poucos os estudos que foram publicados apresentando resultados dos sistemas silviculturais adotados e sobre o crescimento e a produtividade, sobre a análise econômica e demais resultados que forneçam subsídios para os manejadores e investidores florestais para a tomada de decisão final na condução da espécie (RIBEIRO et al., 2017).

2.5 Aspectos nutricionais: macronutrientes

Para que ocorra o desenvolvimento de uma planta que a leve a expressar todo o seu potencial produtivo, faz-se necessário um correto suprimento de nutrientes, principalmente no seu estado inicial de crescimento. Além dos macronutrientes: carbono, hidrogênio e oxigênio, os quais representam os de maior peso da matéria seca da planta ou de sua matéria verde, é necessário considerar também os demais nutrientes que, embora sejam exigidos em menores quantidades, são fundamentais para o desenvolvimento metabólico das células das plantas (MALAVOLTA et al., 1997).

Quanto à espécie *Khaya ivorensis*, embora se destaque como uma boa alternativa na produção de madeira, ainda são poucos os estudos realizados que apontem de maneira sucinta as necessidades nutricionais dessa espécie, quando em plantios comerciais (CORCIOLI et al., 2016). Autores como Vieira et al. (2014) citam que o crescimento de mudas de mogno-africano foi limitado, em especial, pelas deficiências de nitrogênio, potássio e enxofre, sendo esse fator o que mais afetou a redução de crescimento e qualidade da madeira.

Considerando o planejamento silvicultural das espécies, a adubação das mudas após a implantação em campo e o suprimento hídrico em conjunto são fatores essenciais para a obtenção de resultados satisfatórios em termos de produtividade, além de levar um menor tempo no processo de produção (CARVALHO et al., 2015).

Dentre os elementos essenciais para a nutrição das plantas os macronutrientes apresentam uma maior relevância, por serem exigidos em maiores quantidades, destacando-se: nitrogênio, fósforo e potássio, como macronutrientes primários, e o enxofre, cálcio e magnésio como macronutrientes secundários. Todos estes nutrientes desempenham funções essenciais para o desenvolvimento das culturas, em geral, e a deficiência de um deles pode prejudicar o desenvolvimento das culturas e, de maneira direta, a sua produção (SILVA et al., 2018).

2.6 Diagnóstico nutricional em espécies florestais

A limitação nutricional nos solos tropicais brasileiros é muito frequente, tendo em vista que os solos são altamente intemperizados, geralmente de baixa fertilidade. Por isso, é necessário corrigir essas deficiências e realizar um adequado manejo nutricional, o qual pode ser alcançado através da diagnose nutricional, com base na análise das folhas, tendo em vista que os teores dos nutrientes nesses tecidos refletem os fluxos de água e nutrientes, podendo ser uma estratégia complementar à análise de solo (SILVA, 2006).

Na composição dos seus tecidos, as espécies vegetais apresentam nutrientes sem os quais as plantas não completariam seu ciclo, esses nutrientes precisam estar em níveis adequados e de forma balanceada na planta. A identificação dos teores nutricionais das plantas, considerando o ambiente natural em que elas vivem é relevante por diversos motivos: serve de parâmetro e como referência para o manejo de plantas da mesma espécie que apresentem deficiências nutricionais, serve como subsídio para implantação de projetos de recuperação de áreas degradadas e que necessitam de correção do solo, além de apresentar fundamental importância na adoção de programas de reflorestamento com espécies florestais nativas (MEDEIROS et al., 2008).

De acordo com Malavolta et al. (1997), a diagnose foliar é o melhor processo para identificação do estado nutricional da planta, tendo em vista que, nas folhas, ocorrem os principais processos metabólicos das plantas, e, por esse motivo, é o órgão que melhor representa o estado nutricional da planta. Bazani et al. (2014) destacam que,

no processo de diagnose foliar, em geral, são coletadas para análise as folhas recém-maduras e sadias, ou seja, sem nenhum tipo de doença ou necrose.

A padronização da amostragem em conjunto com a identificação da parte da planta mais indicada para o processo de amostragem são os principais fatores que influenciam nas análises para diagnose nutricional de espécies florestais (MOURA FILHO et al., 2014).

Alguns autores, ao invés de utilizarem o método de diagnose foliar, têm utilizado a diagnose visual como método para determinação das deficiências nutricionais de espécies florestais, como é o caso de Wallau et al. (2008), que destacaram que a diagnose visual de deficiência nutricional em mogno pode consistir uma técnica auxiliar na determinação das necessidades de fertilizantes, reduzindo assim os custos e os impactos ambientais.

Nesse sentido, Souza et al. (2015) destacam que parâmetros como a diagnose foliar e visual são métodos utilizados para avaliar o estado nutricional da planta, pois identificam as deficiências e as necessidades nutricionais, além da toxidez por excesso de algum nutriente.

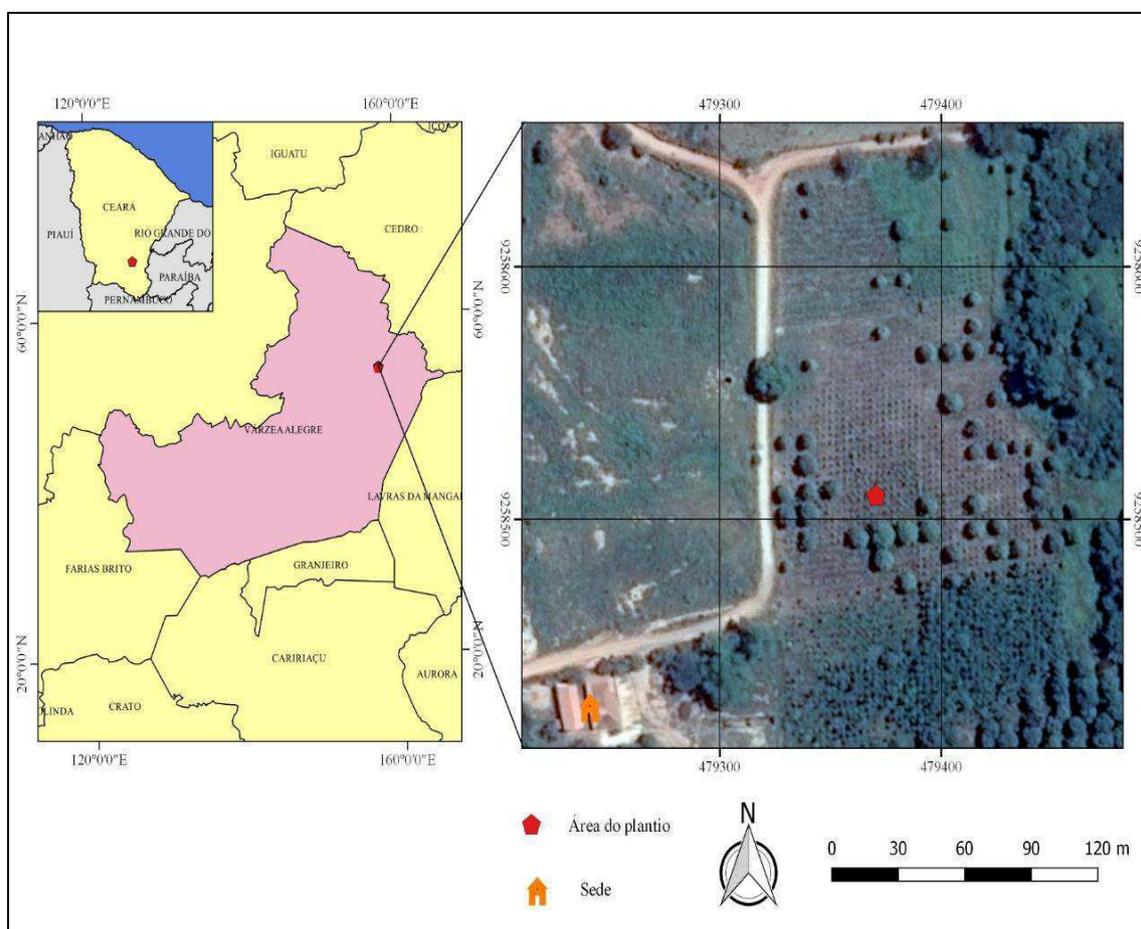
A diagnose foliar das culturas vem se desenvolvendo, mesmo com as dificuldades que ainda existem na interpretação dos resultados, havendo algumas aplicações bem definidas, das quais se destacam: levantamento do estado nutricional, confirmação de sintomas visíveis de carência de nutrientes, diagnose de nutrientes deficientes, diagnóstico de áreas deficientes, identificações de interações e antagonismos, verificação da aquisição pela planta de nutrientes aplicados e avaliação do estado global (RAIJ, 1991).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Jaburu, localizada no município de Várzea Alegre – CE, região do Cariri Cearense, situada entre as coordenadas $6^{\circ}42'32,26''$ S e $39^{\circ}11'15,73''$ O, com aproximadamente 297 m de altitude, sendo utilizada uma área de aproximadamente quatro hectares (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área experimental localizada no município de Várzea Alegre – CE.



Fonte: Google Earth (2016); IBGE (2015).

O clima da região, de acordo com a classificação de Álvares et al. (2013), enquadra-se no tipo BSh, semiárido, apresentando médias térmicas anuais superiores a 27°C com distribuição de chuvas irregulares com início no mês de janeiro, estendendo-se até o mês de junho, chegando a uma média anual de 967 mm, de acordo com dados

da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Os solos predominantes na região do município são os Argissolos e os Neossolos.

A área onde atualmente estão localizados os plantios de mogno era utilizada para a implantação de culturas anuais, capim para pastagem de bovinos, fruteiras e, inclusive, para plantios de café. O plantio foi realizado em espaçamento de 3,0 m x 3,0 m, sendo feita a semeadura direta em cada ponto estabelecido. Na implantação, o produtor fez a adição de esterco bovino e, posteriormente, a aplicação de gesso agrícola (sulfato de cálcio).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, no qual foram utilizados quatro tratamentos: T1 – *Khaya ivorensis* A. Chev., com 1,4 anos, T2 – *Khaya senegalensis* A. Juss., com 2,4 anos, T3 – *Khaya senegalensis* A. Juss., com 5,4 anos e T4 – *Khaya ivorensis* A. Chev., com 5,4 anos, e cinco repetições para cada tratamento.

3.3 Caracterização físico-química do solo

Para determinação dos atributos físico-químicos do solo, foram coletadas, em cada tratamento, de maneira aleatória, um total de oito amostras simples, na profundidade de 0-20 cm, sendo posteriormente homogeneizadas para a retirada da amostra composta que foi encaminhada ao Laboratório de Solos e Água da UFCG/CSTR.

A coleta foi realizada com o auxílio de uma enxadinha para limpeza da superfície do solo e retirada das camadas superficiais, para evitar qualquer tipo de contaminação no material coletado (Figura 2).

Figura 2. Coleta de solo na área de estudo localizada no município de Várzea Alegre – CE.



Fonte: dados da pesquisa.

As análises seguiram a metodologia preconizada por Donagema et al. (2011), sendo determinados os seguintes atributos químicos do solo: pH, teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio + alumínio. De posse dos resultados, foram calculadas a soma de bases, CTC total e a saturação por bases (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo dos plantios de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE, no momento da coleta de dados.

	pH	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	T	V
Tratamentos	CaCl ₂ 0,01M	mg.dm ⁻³	-----			cmol _c dm ⁻³	----- %		
K. i. 1,4	5,9	48,9	5,1	2,9	0,61	0,26	1,6	10,53	84,81
K. s. 2,4	6,3	57,6	5,5	3,5	0,67	0,22	1,3	10,88	88,05
K. s. 5,4	6,6	55,3	6	3,6	0,36	0,26	1,2	11,56	89,62
K. i. 5,4	6,3	57,6	5,5	2,5	0,5	0,22	1,5	10,02	85,04

Fonte: dados da pesquisa.

Para a análise textural, foi utilizado o método do densímetro, que se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo, de acordo com a metodologia preconizada pela Embrapa (1997). A partir do uso do triângulo textural, foi determinada a classe textural de cada tratamento (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização da textura do solo dos plantios de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE, no momento da coleta de dados.

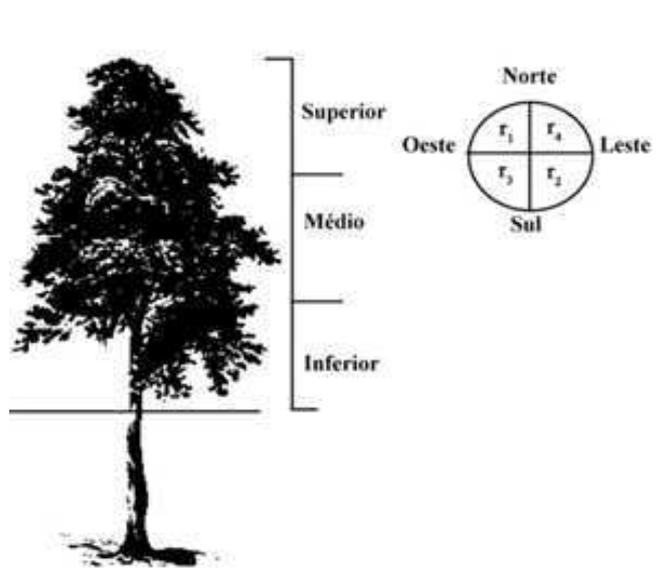
Tratamentos	GRANULOMETRIA			CLASSE TEXTURAL
	AREIA	SILTE	ARGILA	USDA
	g kg^{-1}			
K. i. 1,4	686	118	196	Franco arenoso
K. s. 2,4	646	158	196	Franco arenoso
K. s. 5,4	545	198	257	Franco argilo-arenoso
K. i. 5,4	505	198	297	Franco argilo-arenoso

Fonte: dados da pesquisa.

3.4 Diagnose nutricional dos mognos

Ao avaliar a diagnose nutricional das espécies de mogno, foi feito o caminhar em ziguezague, no qual foram escolhidos 20 indivíduos centrais de cada tratamento para evitar o efeito de bordadura, sendo coletadas cinco folhas recém-maduras no terço mediano da copa das árvores nos quatro pontos cardeais (norte, sul, leste, oeste) de cada indivíduo, sem indícios de qualquer tipo de necrose ou doença (Figura 3).

Figura 3. Representação da copa do mogno-africano, bem como sua divisão em terço superior, médio e inferior e os raios (r_1 , r_2 , r_3 e r_4) da projeção de copa obedecendo à orientação norte-sul-leste-oeste (Adaptado de WINK et al., 2012).



A coleta foi realizada com o auxílio de um podão e uma tesoura de poda (Figura 4A e 4B). As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e conduzidas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFCG/CSTR. As amostras foram identificadas quanto ao número do tratamento correspondente e da respectiva repetição.

Figura 4. Coleta das folhas com auxílio do podão (A) e tesoura de poda (B), para análise nutricional de plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.



Fonte: dados da pesquisa.

As amostras passaram por quatro processos antes de serem analisadas quimicamente. O primeiro processo realizado foi a descontaminação das amostras através da lavagem em água corrente na torneira, sendo estas posteriormente submetidas à lavagem em água destilada (Figuras 5 A e B). Após o procedimento de descontaminação, as folhas foram colocadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65 °C, por cerca de 96 horas, tempo este em que o material se apresentou seco, mantendo seu peso constante (Figura 5 C). Após a secagem, o material foliar foi encaminhado para moagem no Laboratório de Nutrição

Animal da UFCG/CSTR, no qual foi utilizado moinho do tipo Willey, com facas de aço inoxidável, passando em peneira de 01 mm de malha (Figura 5 D).

Figura 5. Lavagem das folhas em torneira (A). Lavagem das folhas em água destilada (B). Estufa utilizada para secagem do material (C). Moinho tipo Willey utilizado na moagem das folhas (D).



Fonte: dados da pesquisa.

Após a realização destes procedimentos, as amostras foram armazenadas em frascos plásticos de polietileno, identificados pelo respectivo tratamento e repetição, sendo encaminhadas para a análise no Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental – FULLIN, localizado no município de Linhares – ES.

Para determinação dos macronutrientes presentes no tecido foliar, foi utilizada a metodologia preconizada por Bataglia et al. (1983), sendo o nitrogênio determinado em digestão sulfúrica, com determinação titulométrica e os demais macronutrientes (P, Ca, Mg, K, S) em digestão nitro-perclórica.

3.5 Análise estatística dos dados

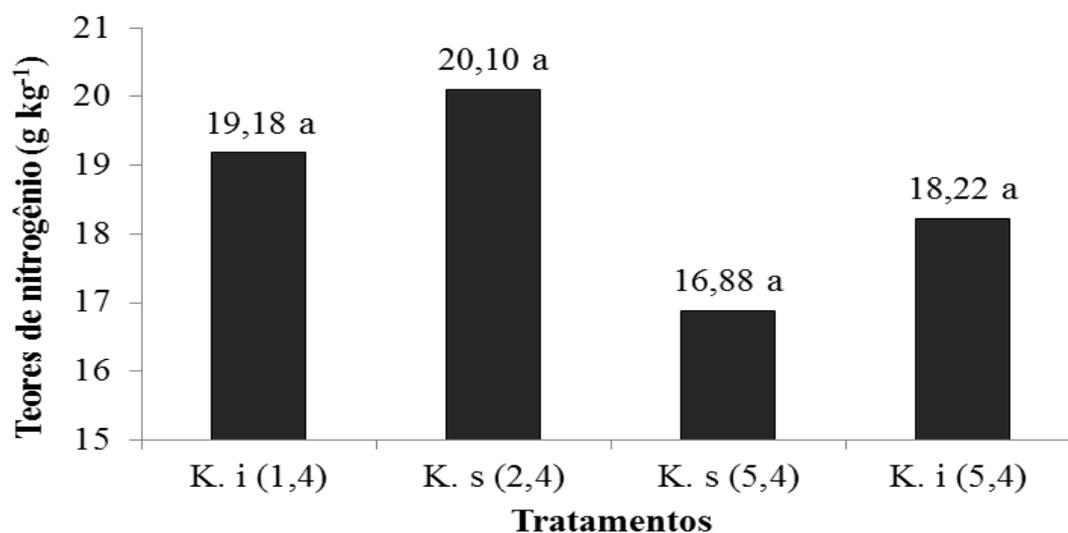
Para a realização das análises estatísticas, foi utilizado o programa SAS/STAT 9.3 (2011), sendo os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teores de macronutrientes na planta

No presente trabalho, foi possível observar que houve variação no teor de nitrogênio nos diversos tratamentos estudados (Figura 6), apesar de não terem ocorrido diferenças significativas entre os tratamentos. O maior e menor teor de nitrogênio foi de 20,10 e 16,88 g kg⁻¹, respectivamente, nos plantios de *Khaya senegalensis*, com 2,4 e 5,4 anos de idade.

Figura 6. Teores médios de nitrogênio (g kg⁻¹) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.



Médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. DMS: 3,23.

Corcioli et al. (2016), ao conduzirem experimento em Goiânia (GO), em solução nutritiva, para estudar a nutrição mineral em mudas de mogno-africano (*Khaya ivorensis*), constataram que houve redução significativa da altura e do diâmetro do coleto das plantas nos tratamentos com omissão de N, quando comparados com os valores obtidos no tratamento completo. Resultados semelhantes foram observados por Silveira et al. (2002), em clones de eucalipto, em que a ausência do nitrogênio foi o tratamento que mais afetou o crescimento das plantas.

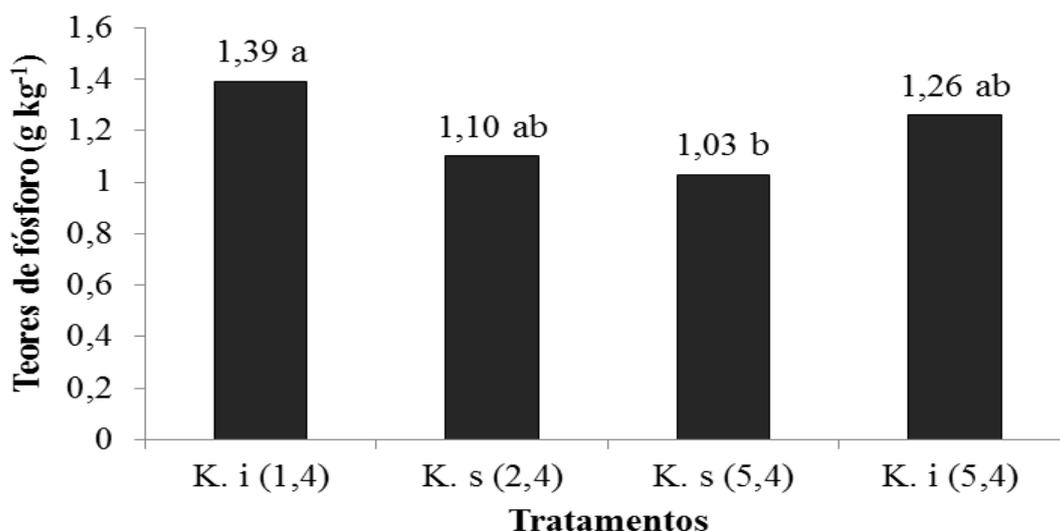
Wallau et al. (2008), estudando o comportamento de mudas de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), observaram redução na matéria seca total no tratamento com omissão de N, indicando maior demanda desse nutriente na fase inicial de desenvolvimento da planta. Vieira et al. (2014), realizando estudo com mudas de *Khaya*

anthotheca Welv., também destacaram que o nitrogênio é um dos macronutrientes mais requerido pelas mudas de *Khaya* em sua fase inicial de desenvolvimento.

De acordo com Malavolta et al. (1997), os níveis de teores foliares adequados de (N), em mudas de essências florestais com cinco meses de idade, variam de 12 a 35 g kg⁻¹. Vê-se, portanto, que os teores de nitrogênio encontrados nos quatro plantios de *Khaya* estão em conformidade com a assertiva dos autores.

Em relação ao fósforo (P), observa-se, na Figura 7, que as plantas de *Khaya ivorensis* com 1,4 anos de idade apresentaram os maiores teores de fósforo (1,39 g kg⁻¹), diferenciando-se apenas das plantas de *Khaya senegalensis* com 5,4 anos de idade, que apresentaram um teor médio de 1,03 g kg⁻¹.

Figura 7. Teores médios de fósforo (g kg⁻¹) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.



Médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. DMS: 0,36.

Taiz; Zeiger (2013) afirmam que, no metabolismo vegetal, o fósforo está envolvido na síntese de açúcares fosfatados e fosfolipídios. Já Marschner (1995) adiciona a importância do fósforo para os ácidos nucleicos e coenzimas. Por fazer parte da formação de compostos orgânicos, o fósforo desempenha importante papel na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (ANGHINONI; BISSANI, 2004).

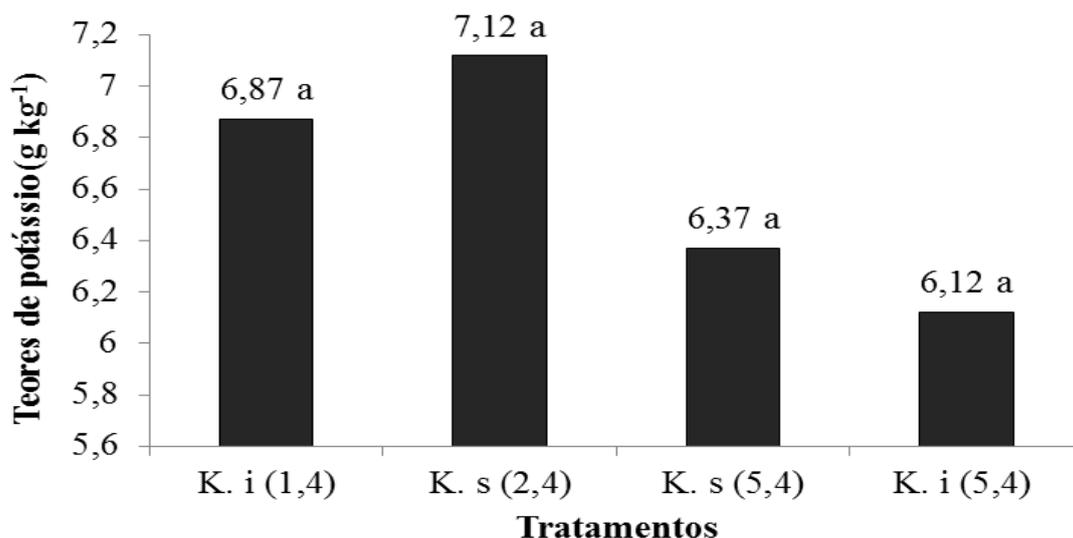
O fósforo desempenha papel fundamental no desenvolvimento de espécies florestais. Cardoso et al. (2015), testando a influência do teor de fósforo em mudas de mogno observaram que o fornecimento de níveis crescentes de P afetou de forma

positiva o crescimento das plantas em altura. Da mesma forma, Bevege et al. (2006) destacaram através da avaliação de plantios comerciais de *Khaya senegalensis* que o crescimento dos indivíduos foi afetado a partir do primeiro ano, quando não foi aplicado fósforo no plantio.

De acordo com Malavolta et al. (1997), em fase de muda, os teores foliares de (P) considerados adequados para as essências florestais estão na faixa de 1,0 a 3,0 g kg⁻¹. Portanto, no presente estudo, as mudas apresentaram teores foliares dentro da faixa ideal, demonstrando sua importância para a espécie em fase de muda.

Já para potássio, observa-se que os teores foliares foram semelhantes, não se diferenciando estatisticamente nos quatro plantios de *Khaya* (Figura 8). No entanto, constata-se que, à medida que os plantios foram ficando mais velhos, houve uma tendência de redução nos teores de potássio.

Figura 8. Teores médios de potássio (g kg⁻¹) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.



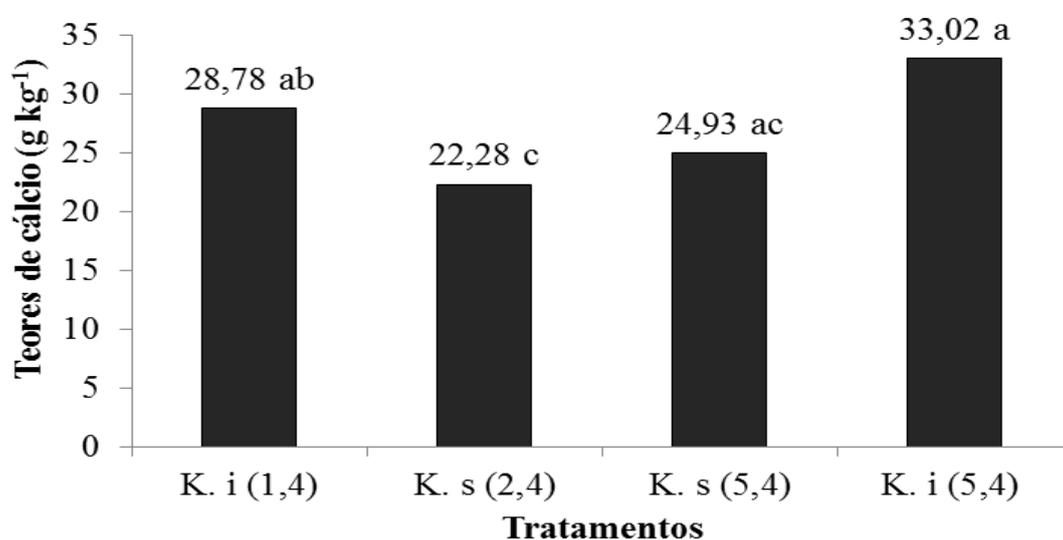
Médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. DMS: 1,09.

Em estudo realizado por Medeiros et al. (2008), na avaliação do estado nutricional de dez espécies arbóreas no semiárido paraibano, observaram-se valores médios superiores aos encontrados neste estudo, tendo os teores variado de 7,3 até 17,3 g kg⁻¹. De uma forma geral, por ser o potássio um elemento altamente móvel, em sua maior proporção, encontram-se nos órgãos vegetativos, sendo sua maior concentração percebida nos órgãos mais novos, tendendo à diminuição à medida que vão ficando mais velhos (MALAVOLTA, 1989).

Gonçalves (1995) recomenda adubação contendo apenas potássio no início da fase de rustificação, por facilitar o engrossamento do caule de plantas de mogno. Para Gonçalves et al. (2012), os teores foliares adequados de folhas de espécies florestais variam entre 2,0 a 18,5 g kg⁻¹, os quais são corroborados com os do presente estudo.

Os maiores teores foliares do cálcio (33,02 g kg⁻¹) foram verificados na espécie *Khaya ivorensis* com 5,4 anos de idade, não se diferenciando daqueles encontrados em *Khaya ivorensis* de 1,4 anos de idade (28,78 g kg⁻¹) e *Khaya senegalensis* de 5,4 anos de idade (24,93 g kg⁻¹) (Figura 9).

Figura 9. Teores médios de cálcio (g kg⁻¹) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.



Médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. DMS: 5,13.

Os teores de cálcio observados no presente estudo variaram de 22,28 g kg⁻¹ a 33,02 g kg⁻¹. Segundo Malavolta et al. (1997), os teores foliares de cálcio entre 3 a 15 g kg⁻¹ são considerados adequados para as essências florestais em fase de muda. Já Dell et al. (1995) afirmam que os teores ideais de cálcio para espécies florestais estão entre 0,8 e 7,5 g kg⁻¹. Portanto, os teores de cálcio observados para todos os tratamentos podem ser considerados altos quando se levam em consideração as afirmações de Malavolta et al. (1997) e Dell et al (1995).

O fato de os teores de cálcio apresentados no presente estudo se encontrarem acima da média ideal pode ter relação com a aplicação do gesso agrícola (sulfato de cálcio), pelo proprietário, de maneira desordenada, na área de estudo. Foi constatado, através das análises, que tanto o solo quanto a planta estão supridos desse nutriente,

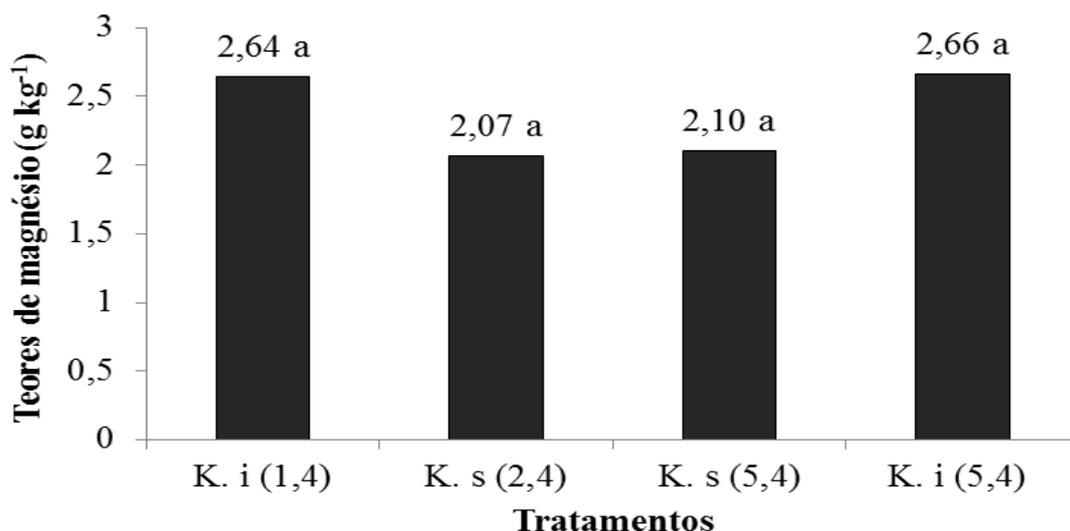
apresentando-se inclusive em excesso, sendo desnecessária a constante aplicação do adubo citado.

Em estudo desenvolvido por Silva Junior et al. (2014), na avaliação de mogno-brasileiro, constatou-se que o cálcio influenciou na produção de matéria seca de raiz e de parte aérea, ocorrendo redução dessas variáveis à medida que aumentaram as doses desses nutrientes, constatando-se o efeito fitotóxico desse nutriente quando em elevada quantidade.

Segundo Vitti et al. (2006), a maior parte do cálcio no tecido vegetal está localizado nas paredes celulares, atuando também na absorção iônica, principalmente na correção desfavorável da concentração hidrogeniônica excessiva, sendo essencial para que não ocorra diminuição na absorção de outros nutrientes essenciais, pois este nutriente é fundamental para a manutenção da estrutura das membranas celulares.

Os maiores teores de magnésio foram obtidos nas folhas de *Khaya ivorensis*, independentemente da idade do plantio (2,66 g kg⁻¹ e 2,64 g kg⁻¹, respectivamente) (Figura 10). No entanto, esses valores não se diferenciaram estatisticamente dos teores encontrados nas folhas de *Khaya senegalensis*.

Figura 10. Teores médios de magnésio (g kg⁻¹) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.



Médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. DMS: 0,83.

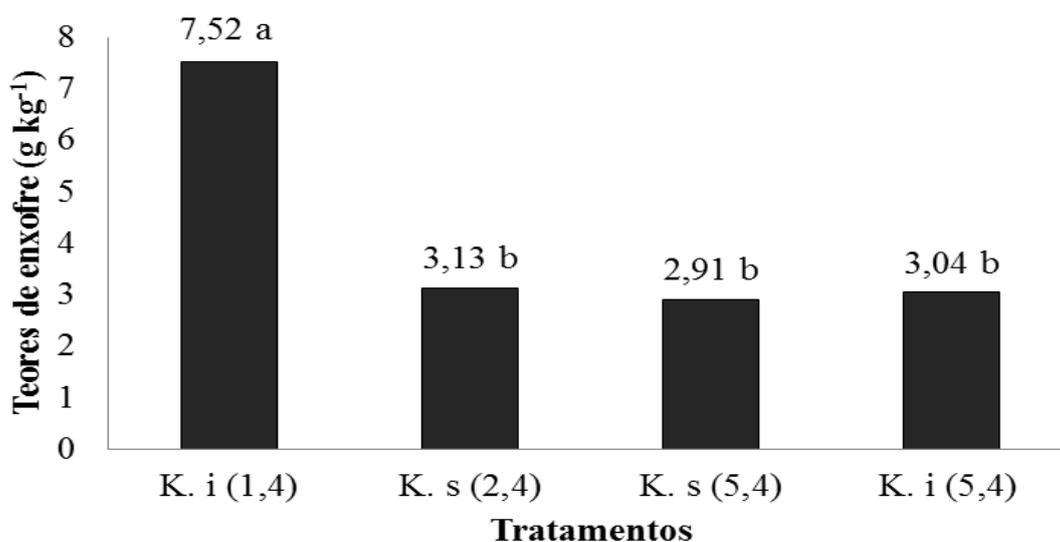
Segundo Dell et al. (1995), a faixa adequada de teores de magnésio para espécies florestais está entre 1,1 e 3,6 g kg⁻¹, ficando os dados observados neste experimento dentro da faixa estipulada por Dell et al. (1995). Santos-Filho et al. (2007), na avaliação

de espécies arbóreas no Estado do Amazonas, identificaram teores de magnésio variando de 1,5 a 5,0 g kg⁻¹, corroborando os valores encontrados nesse estudo. Da mesma forma, Medeiros et al. (2008), avaliando o estado nutricional de espécies arbóreas em região semiárida, encontraram valores variando de 1,2 a 8,1 g kg⁻¹, ficando os dados apresentados neste estudo dentro da faixa apresentada por Medeiros et al. (2008).

O magnésio está envolvido com inúmeras enzimas, principalmente as fosforilativas. Além disso, Malavolta et al. (1997) relatam a importância significativa deste nutriente como átomo central da clorofila, que corresponde a cerca de 10% do total de magnésio nas folhas.

Em relação ao enxofre (Figura 11), pode-se destacar que o maior teor encontrado se deu no plantio de *Khaya ivorensis* com 1,4 anos de idade (7,52 g kg⁻¹), diferindo estatisticamente dos demais teores médios encontrados.

Figura 11. Teores médios de enxofre (g kg⁻¹) nos respectivos tratamentos do plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.



Médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. DMS: 1,42.

Medeiros et al. (2008) destacam que o enxofre exerce papel fundamental no desenvolvimento das plantas, uma vez que o elemento auxilia no crescimento vegetativo sendo responsável pela formação de proteínas e fixação simbiótica do nitrogênio, exercendo papel importante na fisiologia das folhas.

Através da realização de estudo com omissão de macronutrientes, Vieira et al. (2014) destacaram que a omissão de enxofre em mudas de mogno-africano não

ocasionou a diminuição do crescimento em diâmetro e altura, mas limitou a produção de biomassa na parte aérea.

De acordo com Malavolta et al. (1997), os teores foliares de enxofre considerados adequados para as essências florestais em fase de muda variam de 1,4 a 2,0 g kg⁻¹. Portanto, apresentaram valores inferiores ao apresentado nesse estudo em fase de plantio, o que indica que, à medida que as plantas se desenvolvem, a exigência por esse nutriente aumenta. Vieira et al. (2014) destacaram que o enxofre foi o segundo nutriente mais exigido pelas mudas de mogno-africano em sua fase inicial de crescimento.

4.2 Correlação entre macronutrientes em plantas de mogno e seus teores no solo

Na Tabela 3, são apresentados os valores de correlação de Pearson entre nutrientes presentes na planta e no solo. Verifica-se, nessa tabela, que o fósforo e o cálcio no solo correlacionaram-se negativamente, de forma majoritária, com os demais macronutrientes, no solo e nas folhas de mogno.

Tabela 3. Valores dos coeficientes de correlação (r) entre os macronutrientes presentes no solo e na planta, obtidos no plantio de mogno localizado no município de Várzea Alegre – CE.

	P/solo	Ca/solo	Mg/solo	K/solo	P/planta	Ca/planta	Mg/planta	k/planta
P/solo	1							
Ca/solo	0,5729	1						
Mg/solo	0,1351	0,5709	1					
K/solo	-0,1487	-0,7799	-0,1296	1				
P/planta	-0,6519	-0,901**	-0,7912	0,4381	1			
Ca/planta	-0,1375	-0,3426	-0,949**	-0,1837	0,6725	1		
Mg/planta	-0,4319	-0,6754	-0,9514*	0,1322	0,912**	0,916**	1	
K/planta	-0,2822	-0,4445	0,4584	0,7903	0,0470	-0,6885	-0,3561	1

* significativo a 5%; ** significativo a 10% de probabilidade.

Para Moreira et al. (2015), o fator que permite melhor compreender a ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta é o da interação entre nutrientes. Entende-se por interação entre elementos químicos a influência ou a ação mútua ou recíproca de um elemento sobre outro. As interações entre nutrientes, segundo Romero (1987), podem induzir deficiências ou modificar a resposta ao crescimento.

O acúmulo e a distribuição de nutrientes nos diversos compartimentos da planta e no solo, segundo Cunha et al. (2005), podem servir como indicadores de diferenças entre os ecossistemas, em especial no que tange à disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Os teores de magnésio na planta se mostraram correlacionados de forma negativa com os teores de magnésio no solo e, positivamente, com os teores de fósforo e cálcio na planta. Para Tisdale et al. (1993), a interação entre nutrientes pode ser positiva, negativa ou neutra. Na interação negativa, os dois nutrientes combinados aumentam a produção, se forem aplicados separadamente. Tal sinergismo entre o magnésio, o cálcio e o fósforo nas plantas de mogno implica que o suprimento de um desses elementos aumenta a absorção do outro.

As concentrações de fósforo nas folhas apresentaram correlação linear negativa com os teores de cálcio no solo. Face à escassez de dados na literatura sobre correlação entre nutrientes no solo e em plantas de mogno-africano, não foi possível fazer uma discussão mais aprofundada dos dados encontrados e expostos na Tabela 3. No entanto, Vasconcelos et al. (2015) afirmam que a avaliação de plantios de até 12 anos de *Khaya senegalensis*, na Austrália, demonstrou que a espécie é altamente responsiva ao uso de fertilizantes, incluindo o fósforo.

A importância da aplicação de adubos fosfatados é de fundamental importância desde a implantação da cultura (GRANT et al., 2001). O fósforo desempenha papel importante na fotossíntese, respiração, divisão e crescimento celular e na transferência de energia como parte do ATP (DECHEN; NACHTIGALL, 2007), promovendo o crescimento do sistema radicular (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000), além de influenciar na contração radial e tangencial da madeira (MOYA et al., 2010).

De acordo com Bevege et al. (2006), o fósforo é o nutriente que mais limita o crescimento de *Khaya senegalensis*, sendo que a planta não se recupera dos efeitos negativos da sua omissão, mesmo após 12 anos de cultivo.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados, pode-se concluir que:

- De maneira geral, os teores de macronutrientes estão dentro ou acima da faixa ideal, quando comparados aos resultados encontrados na literatura citada.
- A espécie *Khaya ivorensis* apresentou resultados superiores para P, Ca, Mg, e S, indicando uma maior exigência da espécie quanto a estes nutrientes. Em relação à *Khaya senegalensis*, esta apresentou valor superior para o N e K.
- Os maiores valores de nitrogênio foram encontrados nos plantios mais jovens em ambas as espécies.
- Os maiores valores de K foram encontrados nos plantios mais jovens, tendendo à diminuição nos plantios mais velhos devido a sua mobilidade na planta;
- A redução dos macronutrientes nas folhas de mogno obedeceu à seguinte ordem:
Khaya ivorensis (1,4 anos) - Ca > N > S > K > Mg > P;
Khaya senegalensis (2,4 anos) - Ca > N > K > S > Mg > P;
Khaya senegalensis (5,4 anos) - Ca > N > K > S > Mg > P;
Khaya ivorensis (5,4 anos) - Ca > N > K > S > Mg > P.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.1, p.9-16, 2013.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, J. J. A. Geocologia da caatinga no semiárido do nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 2, n. 1, p. 58-71, 2007.
- AMINAH, H.; INTAN, Z. B.; ROSDI, K.; ROZIHAWATI, Z.; AHMAD, F.M.S.; HAMZAH, M. Growth performance of some dipterocarps and non-dipterocarps planted from rooted cuttings. In: **Proceedings of the 8th Round-Table Conference on Dipterocarps**. Ho Chi Min City: Vietnam, 2005.
- ANGHINONI, I.; BISSANI, C.A. Fósforo e adubos fosfatados. In: BISSANI, C.A. (Ed.). **Fertilidade dos solos e manejo de adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 117-137.
- ARAÚJO, M. S.; MELO, M. A.; HODECKER, B. E. R.; BARRETO, V. C. M.; ROCHA, E. C. Adubação com boro no crescimento de mudas de mogno-africano. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, Suplemento 1, p. 1-7, 2017.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BAZANI, J. H.; GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; MELO, E. S. A. C.; PRIETO, M. **Nutrição fosfatada em plantações de eucalipto**. Informações Agrônomicas, n. 148, 2014.
- BEVEGE, D. I.; NIKLES, D. G.; DICKINSON, G.; SKELTON, D. J. **Selecting soils and managing nutrition for *Khaya senegalensis*. Where to from here with R&D to underpin plantations of high-value timber species in the, 'seasonall-dr' tropics of northern Australia?**. In: THE WORKSHOP IN TOWNSVILLE, 2006, p. 1-34. Townsville, Queensland.
- BRIGHENTI, A. M.; MULLER, M. D. Controle do capim braquiária associado à nutrição com boro no cultivo do mogno-africano em sistema silvipastoril. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 45, n. 4, p. 745-751, 2014.
- CARDOSO, A. A. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; FARIAS, E. P.; MOURA, R. P. M. Influência da acidez e do teor de fósforo do solo no crescimento inicial do mogno. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 35, n. 81, p. 1-10, 2015.
- 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**, v. 16, p. 106-114, 2010.

- CARVALHO, J. C.; SANTOS, E. B.; REIS, A. R. S.; REIS, L. P.; SANTOS, J. X. Efeito de tratamentos pré-germinativos e substratos na germinação e crescimento de plântulas de mogno-brasileiro e africano. **Biota Amazônica**, v. 6, n. 3, p. 84-88, 2016.
- CARVALHO, R. P.; DAVIDE, L. M. C.; BORGES, F. L. G.; DAVIDE, A. C.; DANIEL, O. Respostas morfofisiológicas entre procedências de canafístula submetidas a diferentes condições hídricas e nutricionais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 179-188, 2015.
- CASTRO, A. C.; LOURENÇO, J. B.; SANTOS JUNIOR, N. F. A.; MONTEIRO, E. M. M.; AVIZ, M. A. B.; GARCIA, A. R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2395-2402, 2008.
- CORCIOLI, G.; BORGES, J. D.; JESUS, R. P. Deficiência de macro e micronutrientes em mudas maduras de *Khaya Ivorensis* estudadas em viveiro. **Cerne**, v. 22, n. 1, p. 121-128, 2016.
- CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 353-363, 2005.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 91-132.
- DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation of eucalyptus**. Canberra: Centre for International Agricultural Research, 1995. 104p.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org). **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 212p., 1997.
- 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. 52 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4).
- FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; BARAÚNA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno-africano. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 633-640, 2015.
- FREITAS, A. D. S; SILVA, T. O; MENEZES, R. S. C; SAMPIO, E. V. S. B; ARAÚJO, E. R; FRAGA, V. S. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1856-1861, 2011.
- GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; JUSTINO, G. C.; NINA JUNIOR, A. R. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, v.40, n.4, p. 337-344, 2012.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.

GONÇALVES, J.L.M. **Recomendações de adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1995. 23p. (Documentos Florestais, n.15).

GOUVÊA, C. F. **Estudo do desenvolvimento floral em espécies arbóreas da família Meliaceae**. 2005. 134 f. Tese (Doutorado em Ciências: Biologia na Agricultura e no Meio Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **A importância do fósforo no crescimento inicial da planta**. Piracicaba: POTAFOS, 2001, 5 p. (Informações Agronômicas, 95).

HERYATI, Y.; BELAWAN, D.; ABDU, A.; MAHAT, M.N.; ABDUL-HAMID, H.; MAJID, N.M. et al. Growth performance and biomass accumulation of a *Khaya ivorensis* plantation in three soil series of Ultisols. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 6, n. 1, p. 33-44, 2011.

JOKER, D.; GAMÉNÉ, S. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. **Humblebaek: seed leaflet**, 2012. 66 p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Rossdorf: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1990. 343 p.

LOPES, E. D.; UCHÔAS, E. G.; GOMES J. M.; COLLARES, R. A. Desempenho inicial no campo de mogno-africano implantado em área de pastagem na região semiárida do médio Vale do Jequitinhonha. In: **Anais... II Simpósio de Integração Lavoura Pecuária-Floresta**; p. 131-136. 2012.

MACIEL, M.G.; ELEOTERIO, S. S.; BATISTA, F. A.; SOUZA, J.S.; ELIAS, O.F.A.S.; OLIVEIRA, E. S.; CUNHA, M. V.; LEITE, M. L. M. V. Produção total e das frações de serapilheira em área de caatinga no semiárido de Pernambuco. **Revista Científica Produção Animal**, v.14, n.1, p.43-45, 2012.

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.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 1995. 889p.

MEDEIROS, M. L. D.; SANTOS, R. V.; TERTULIANO, S. S. X.; Avaliação do estado nutricional de dez espécies arbóreas ocorrentes no semiárido paraibano. **Caatinga**, v.21, n.3, p.31-39, 2008.

MENDONÇA, E. A.; DANTAS, R. T. Estimativa da Evapotranspiração de Referência no município de Capim, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 196–202, 2010.

MOREIRA, E.N.; LANGE, A.; CAVALLI, E.; ZOMPERO, K.; CAVALLI, C.; WRUCK, F.J. Correlação de Nutrientes na Serapilheira-Solo-Planta no Cultivo de *Eucalyptus*, em Sistema ILPF. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 35 ... Natal, 2015. p. 1-4.

MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; ARAÚJO, G. G. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, G. C. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1643-1651, 2006.

MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA, A. B.; SANTOS, A. C. I.; OLIVEIRA FILHO, M. S.; SILVA, L. C. Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em Argissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1102-1109, 2014.

MOYA, R. et al. Efeito das propriedades físicas e químicas do solo em algumas propriedades da madeira de teca (*Tectona grandis*). **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, p. 1109-1118, 2010.

NIKIEMA, A.; PASTERNAK, D. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant Resources Tropical (PROTA)**. Wageningen, Netherlands, 2008. p. 339-344.

OLIVEIRA, E. M.; SANTOS, M. J.; ARAÚJO, L. E.; SILVA, D. F. Desertificação e seus impactos na região semiárida do Estado da Paraíba Desertification and its impacts up on the semiarid área of the State of Paraíba. **Ambiência**, v. 5, n. 1, p. 67-79, 2009.

PEREIRA JÚNIOR, L. R.; ANDRADE, A. P.; ARAÚJO, K. D. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de caatinga em Monteiro, PB. **Holos**, v. 6, p. 73-87, 2012.

PINHEIRO A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos africanos (*Khaya spp.*)**. 1. ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011. 102 p.

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

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

ROMERO, L. A. New statistical approach for the interpretation of nutrient interrelationships. II. Copper deficiency. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, n. 9/16, p. 2077 - 2087, 1987.

SANTOS NETO, A. P. **Crescimento inicial de mogno-africano (*Khaya spp.*) sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. 2014. 66 f. Dissertação (mestrado em Ciências florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias. Jerônimo Monteiro – ES.

SANTOS-FILHO, B. G.; PANTOJA, M. J. R.; BATISTA, T. F. C.; TAVARES, A. E. B., RIBEIRO, R. C.; PINHEIRO, H. A. Comportamento Nutricional de Espécies Arbóreas Utilizadas no Reflorestamento de Áreas Degradadas Sob o Impacto da Exploração Petrolífera na Região de Urucu, Município de Coari, AM. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 1134-1136, 2007.

SAS. SAS/STAT 9.3. **User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 8621 p. 2011.

SILVA JUNIOR, M. L.; SOUZA JUNIOR, J. C.; BRAGA, A. C. M.; OHASHI, O. S.; MELO, V. S.; SILVA, G. R.; PEDROSO, A. J. S.; VIEGAS, I. J. M.; SALDANHA, E. C. M. Crescimento de mogno-brasileiro e resistência a *Hypsipyla grandella* em função do cálcio e do boro. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1085-1094, 2014.

SILVA, G.G.C. **Nutrição, crescimento e sua modelagem em povoamentos de eucalipto em resposta à resposta de água e nutrientes**. 2006. 102f (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, 2006.

SILVA, J. R.; CAMBUIM, J.; CORNACINI, M. R.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L. T. Macronutrientes foliares em espécies arbóreas do cerrado. **Ciência & Tecnologia**, v. 10, p. 29-34. 2018.

SILVA, P. T. E.; BRIENZA, S. J.; YARED, J. A. G.; BARROS, P. L. C.; MACIEL, M. N. M. Principais espécies florestais utilizadas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 49, p. 127-144, 2008.

SILVEIRA, L. P.; SOUTO, J. S.; DAMASCENO, M. M.; MUCIDA, D. P.; PEREIRA, I. M. Poleiros artificiais e enleiramento de galhada na restauração de área degradada no semiárido da Paraíba, Brasil. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 165-170, 2015.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 107 - 116, 2002.

SORANSO, D. R.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, J. G. M.; ARANTES, M. D. C. Variabilidade física e anatômica da madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. em diferentes espaçamentos de plantio. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 110, p. 519-526, 2016.

SOUZA, F. B. M.; PIO, R.; COELHO, V. A. T.; RODAS, C. L.; SILVA, I. P. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes, boro e ferro e composição mineral de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 241-248, 2015.

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

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. **Soil fertility and fertilizers**. 5th. ed. New York: Macmillan, 1993. 634 p.

VASCONCELOS, R. T.; VALERI, S. V.; PEREZ, B. A. P.; CRUZ, M. C. P.; BARRETTO, V. C. M. Doses de Fósforo na Implantação de Mogno-Africano. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 35... Natal, 2015. p. 1-4.

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

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. (ED.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Capítulo 12, 2006. 432p.

WALLAU, R. L. R.; BORGES, A. R.; ALMEIDA, D. R.; CAMARGOS, S. L. Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 304-310, 2008.

WINK, C.; MONTEIRO, J.S.; REINERT, D.J.; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 057-067, 2012.