



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ITALO CLAUDIO FALESI PALHA DE MORAES BITTENCOURT

**DESENVOLVIMENTO DE *Khaya ivorensis* A. CHEV (MOGNO-AFRICANO) SOB
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO.**

BELÉM
2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ITALO CLAUDIO FALESI PALHA DE MORAES BITTENCOURT

**DESENVOLVIMENTO DE *Khaya ivorensis* A. CHEV (MOGNO-AFRICANO) SOB
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais: área de concentração: Manejo de ecossistemas florestais nativos e plantados, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Gustavo Schwartz
Co-orientador:

BELÉM
2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ITALO CLAUDIO FALESI PALHA DE MORAES BITTENCOURT

**DESENVOLVIMENTO DE *Khaya ivorensis* A. CHEV (MOGNO-AFRICANO)
SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais: área de concentração Manejo de ecossistemas florestais nativos e plantados, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em
BANCA EXAMINADORA

Dr. Gustavo Schwartz - Orientador
Embrapa Amazônia Oriental

Professora Dra. Livia Gabrig Turbay Rangel Vasconcelos – 1º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia

Professor Dr. Rodrigo Silva do Vale– 2º Examinadora
Universidade Federal Rural da Amazônia

Professor Dr. Cândido Ferreira de Oliveira Neto– 3º Examinadora
Universidade Federal Rural da Amazônia

Professor Dr. Paulo Luiz Contente de Barros.– Suplente
Universidade Federal Rural da Amazônia

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, à Nsa. Senhora de Nazaré, a todos os Anjos da Guarda e Boas Energias que me cercam, porque nos momentos mais difíceis dessa caminhada, eles me mantiveram firme, forte e pronto para a luta. Agradeço também aos meus mentores profissionais, onde destaco meu avô Falesi, não apenas pelo seu vasto e íntegro histórico profissional, mas também pelo seu pioneirismo com o uso e estudo desta espécie na Amazônia, que possibilitou a elaboração do presente estudo, e pelos conselhos repassados, fruto de uma experiência de uma vida bem vivida, voltada ao amor à família e a ética e competência no “trabalho”. E especialmente minha mãe Ruth, minha rainha, pela força de vontade, garra, comprometimento, honestidade, sabedoria e humildade que me servem de exemplo a seguir nessa longa estrada profissional que está começando.

Agradeço ao meu núcleo familiar, minha mãe, meu pai Cláudio, meus irmãos Leonardo, Ricardo e Érika, à tagarela Dona Cilene e aos mascotes Theo, Teca, Majú, Billie, Magra e Gorda (In memoriam) pela força e apoio incondicional.

Agradeço também ao restante de minha família, meus avôs Italo, Ruth, Cláudio e Graça, meus tios e tias, meus queridos primos que muito reclamaram em minhas ausências e meu querido afilhado Bernardo, os quais são fonte de inspiração e motivação para que eu busque sempre melhorar como pessoa e como profissional.

Minha eterna gratidão à minha companheira Gabriela Koury e à Família Koury Gaioso, que muito me apoiaram e oraram por mim e minha família nos momentos mais difíceis passados no ano de 2017.

Agradeço aos amigos pelo apoio e compreensão pelas repetidas ausências nos últimos anos, onde incluo os amigos CENE, Agro B, PPGCF UFRA e Igreja.

Agradeço ao meu orientador Dr. Gustavo Schwartz, pela paciência, presteza e direcionamento para que eu pudesse finalizar o referido estudo.

Aos co-orientadores “extra oficiais” Delman Gonçalves e Raimundo Parente, pelas dicas que fizeram o trabalho mais rico e informativo.

Ao meu orientador de docência, estimado Prof. Rodrigo Vale, pelos conselhos e orientações sobre a arte de lecionar e pelo exemplo como admirável Mestre.

Aos colaboradores da Fattoria Piave, Marcos, Junior, Camarão e Nata, que foram responsáveis pela execução da implantação e manutenção dos cultivos estudados, auxiliando diretamente na coleta de dados em campo.

À coordenação do Programa de Pós Graduação Ciências Florestais UFRA, e à todos os mestres, que muito me ensinaram e sempre estavam à disposição.

Agradeço imensamente à Universidade Federal Rural da Amazônia, instituição pelo qual tenho muito carinho, respeito, além de orgulho, por ter tido a oportunidade de formar e pós graduar por esta casa, o que considero uma realização pessoal.

À CAPES e CNPq, pela bolsa que viabilizou a elaboração do presente estudo.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar o crescimento, produtividade de madeira por hectare e sobrevivência em cultivos de *Khaya ivorensis* com espaçamentos diferentes, no município de Igarapé-Açu, mesorregião nordeste paraense, na propriedade Fattoria Piave. O primeiro capítulo objetivou um levantamento bibliográfico sobre o cultivo da espécie no Brasil e no mundo, para subsidiar as discussões dos artigos subsequentes. O segundo capítulo teve como objetivo comparar o crescimento, produtividade e sobrevivência em cultivos de *Khaya ivorensis* em 3 espaçamentos diferentes, denominados tratamentos T1 (5 x 3 m), T2 (4 x 4 m) e T3 (5 x 5 m). Foram realizadas avaliações dendrométricas de altura total e diâmetro a altura do peito (DAP) em árvores aleatorizadas, observando a sobrevivência. Estatisticamente foi aplicada análise univariada em subparcelas (teste F) em função do tempo para se analisar esses 3 tratamentos, e suas interações nas idades. As médias de altura total, DAP e volume por árvore foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para se verificar se os espaçamentos diferiram em função do tempo. A sobrevivência nos tratamentos T1, T2 e T3, foram obtidas através da recontagem de cada plantio. Na comparação entre as médias, a altura nas árvores que apresentavam 4 e 7 anos de idade no T1 diferiu dos tratamentos T2 e T3. No que tange ao DAP aos 7 anos, registrou-se o maior DAP no T3. Com base na volumetria por árvore, no número de árvore/ha, obtidos para os 3 espaçamentos aos 7 anos de idade, foram 132,38 m³/ha no tratamento T1, 98,49 m³/ha no T2 e 130,06 m³/ha no T3. A taxa de sobrevivência das plantas no foi maior no tratamento T3 (86,3%), seguido por T2 (85,8%) e T1 (80,02%). Concluiu-se que o espaçamento influenciou no desenvolvimento das árvores de *Khaya ivorensis*, e o espaçamento 5x5 apresentou melhor crescimento das árvores, com maior percentual de sobrevivência, volumetria por planta e por hectare demonstrando maior viabilidade técnica e econômica entre os avaliados. O terceiro capítulo objetivou analisar o crescimento, a produtividade e a sobrevivência de um cultivo de *Khaya ivorensis*, no espaçamento 6 x 6 m em triângulo, durante 7 anos de idade. A coleta dos dados dendrométricos e de sobrevivência, foi realizada anualmente em 4 unidades amostrais fixas pelo período de 7 anos. Foram calculados o volume por hectare de madeira de fuste e os referentes Incrementos Correntes e Médios Anuais. A análise dos dados foi realizada através de ANOVA GLM, para melhor estudar as médias e as tendências de crescimento para as diferentes variáveis estudadas. Como resultados foi possível observar o satisfatório crescimento nas alturas total e de fuste, semelhantes a outros cultivos registrados na bibliografia sobre a espécie, com maiores densidades de povoamento. Para a variável DAP foi relatado um crescimento superior ao encontrado em cultivos com densidades maiores, exceto quando comparados à cultivos irrigados. A produtividade calculada atingiu ao 7º ano 51,38 m³/ha, com incrementos corrente e médio crescentes até o 6º ano de plantio e a sobrevivência calculada atingiu média de 86%. Contudo concluiu-se que o plantio desta espécie em espaçamento amplo apresenta crescimento em alturas e DAP satisfatórios, exceto quando atacados por pragas que afetam a brotação apical, atingindo produtividade similar à obtida em cultivos com a espécie em densidades maiores e em comparação com outras espécies nobres em espaçamento mais curto. A sobrevivência foi satisfatória, e grande parte da mortalidade relatada ocorreu devido à fatores não relacionados ao espaçamento.

Palavras Chave: *Khaya* ; Crescimento ; Produtividade; Sobrevivência; Diferentes Espaçamentos.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the growth, wood productivity per hectare and survival in *Khaya ivorensis* crops with different spacing, in the municipality of Igarapé-Açu, in the northeast region of Pará, on the Fattoria Piave property. The first chapter aimed at a bibliographic survey on the cultivation of the species in Brazil and in the world, to support the discussions of subsequent articles. The second chapter aimed to compare the growth, productivity and survival in *Khaya ivorensis* crops in 3 different spacing, called treatments T1 (5 x 3 m), T2 (4 x 4 m) and T3 (5 x 5 m). Dendrometric evaluations of total height and diameter at breast height (DAP) were performed on randomized trees, observing survival. Statistically, univariate analysis in subplots (F test) was applied as a function of time to analyze these 3 treatments, and their interactions in the ages. The averages of total height, DBH and volume per tree were compared using the Tukey test ($p < 0,05$) to verify whether the spacing differed as a function of time. Survival in treatments T1, T2 and T3 were obtained by recounting each planting. When comparing the averages, the height of trees that were 4 and 7 years old at T1 differed from treatments T2 and T3. Regarding the DAP at 7 years old, the highest DAP was registered in T3. Based on the volumetry per tree, the number of trees / ha, obtained for the 3 spacings at 7 years of age, were 132.38 m³ / ha in treatment T1, 98.49 m³ / ha in T2 and 130.06 m³ / ha in T3. The plant survival rate was not higher in treatment T3 (86.3%), followed by T2 (85.8%) and T1 (80.02%). It was concluded that the spacing influenced the development of *Khaya ivorensis* trees, and the 5x5 spacing showed better tree growth, with a higher percentage of survival, volumetry per plant and per hectare, demonstrating greater technical and economic viability among those evaluated. The third chapter aimed to analyze the growth, productivity and survival of a cultivation of *Khaya ivorensis*, in the 6 x 6 m spacing in a triangle, for 7 years of age. The collection of dendrometric and survival data was carried out annually in 4 fixed sample units for a period of 7 years. The volume per hectare of stem wood and the corresponding Current and Average Annual Increments were calculated. Data analysis was performed using ANOVA GLM, to better study the averages and growth trends for the different variables studied. As a result, it was possible to observe the satisfactory growth in the total and bole heights, similar to other crops registered in the bibliography about the species, with higher densities of population. For the DAP variable, a higher growth than that found in crops with higher densities was reported, except when compared to irrigated crops. The calculated productivity reached 51.38 m³ / ha in the 7th year, with current and average increasing increments until the 6th year of planting and the calculated survival reached an average of 86%. However, it was concluded that the planting of this species in wide spacing shows growth at satisfactory heights and DBH, except when attacked by pests that affect apical sprouting, reaching productivity similar to that obtained in crops with the species in higher densities and in comparison with other species noble in shorter spacing. Survival was satisfactory, and much of the reported mortality occurred due to factors unrelated to spacing.

Keywords: Khaya; Growth ; Productivity; Survival; Different Spacings.

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1 CONTEXTUALIZAÇÃO	9
1.1 Importância ambiental do cultivo de espécies de rápido crescimento na Amazônia.	10
1.2 Importância econômica do cultivo de espécies de rápido crescimento na Amazônia.	11
1.3 Mogno-africano – <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	12
1.4 Influência do espaçamento sobre o crescimento de <i>Khaya ivorensis</i> e outras espécies florestais cultivadas.	16
1.5 Referências bibliográficas	20
2 DESENVOLVIMENTO DE <i>Khaya ivorensis</i> A. CHEV (MOGNO-AFRICANO) SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO.	25
RESUMO	25
2.1 Introdução	27
2.2 Material e métodos	28
2.2.1 Localização da Área de Estudo	28
2.2.2 Localização dos Plantios Estudados	29
2.2.3 Descrição das Áreas Estudadas	30
2.2.3.1 Área Khaya T1 – “AÇUDE 96” – com espaçamento de 5 x 3 m, comportando em 0,6 ha, 400 árvores de <i>Khaya ivorensis</i> .	31
2.2.3.2 Área Khaya T2 – “Vibra 2002” – Com espaçamento 4x4 m, comportando em 0,5 ha, 312 árvores de <i>Khaya ivorensis</i> .	31
2.2.3.3 Área Khaya T3 – “Vibra 2003” – com espaçamento de 5x5 m, comportando em 0,9 ha, 360 árvores de <i>Khaya ivorensis</i> .	32
2.2.4 Implantação e manutenção do plantio	32
2.2.5 Coleta de Dados Dendrométricos	33
2.2.6 Análise de dados	33
2.2.7 Análise estatística	34
2.3 Resultados e discussão	35
2.3.1 Altura total, DAP e volume	35
2.3.2 Sobrevivência	39
2.4 Conclusão	40
2.5 Referências bibliográficas	41
3 CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E SOBREVIVÊNCIA DE <i>Khaya ivorensis</i> A. CHEV (MOGNO-AFRICANO) ATÉ O 7º ANO, NO ESPAÇAMENTO 6 x 6 m TRIANGULAR CULTIVADA NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-AÇU, NORDESTE PARAENSE	44
RESUMO	44
3.1 Introdução	46

3.2 Material e métodos	47
3.2.1 Localização da Área de Estudo	47
3.2.2 Área Khaya T 6X6 – “C1 Khaya 2011” – com espaçamento de 6 x 6 m, em triângulo equilátero, comportando em 2,2 ha, 550 árvores de <i>Khaya ivorensis</i> .	50
3.2.3 Caracterização edáfica da área de plantio.	50
3.2.4 Implantação e manutenção do cultivo.	51
3.2.5 Coleta de Dados Dendrométricos	54
3.2.6 Análise de dados	55
3.3 Resultados e discussão	57
3.3.1 Alturas Total e de Fuste	58
3.3.2 Diâmetro a Altura do Peito	59
3.3.3 Volume por hectare	60
3.3.4 Incremento Médio Anual e Incremento Corrente Anual em volume	61
3.3.5 Percentagem de Sobrevivência	63
3.4 Conclusão	65
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
4 CONCLUSÃO GERAL	69
APÊNDICE	70

1 CONTEXTUALIZAÇÃO¹

¹ Este capítulo segue as normas de apresentação da UFRA

Mundialmente há uma crescente necessidade de garantir a oferta de madeira e celulose provenientes de fontes alternativas que não sejam as florestas nativas, portanto, técnicas de recuperação econômica de áreas antropizadas, a domesticação de espécies madeireiras nativas e, principalmente, adaptação de espécies exóticas precisam ser desenvolvidas pela pesquisa, visando a expansão de culturas de rápido crescimento, como o eucalipto e mogno-africano, reduzindo o uso madeireiro da floresta Amazônica (HOMMA, 2015).

A conversão da floresta amazônica em outros usos da terra é um tema discutido largamente, principalmente quando relacionado ao atual cenário das mudanças climáticas pelo qual o planeta vem passando nos últimos anos. Autores como Corninck et al. (2018), ressaltam os perigos ocasionados pela perda de cobertura florestal e apontaram como principais medidas mitigadoras desse processo, o florestamento e reflorestamento de áreas antropizadas, que no Nordeste Paraense, abrangem 65% da extensão desta mesorregião (CORDEIRO et al., 2017).

A espécie *Khaya ivorensis*, nativa das regiões tropicais africanas, desponta como uma espécie exótica, aparecendo como alternativa de rápida produção de madeira serrada de qualidade que aproxima à da *Swietenia macrophylla* King, por apresentar rápido crescimento e fácil adaptação, além de produzir fuste com características tecnológicas desejadas para produção de madeira sólida, destinada a serraria de interesse no mercado internacional (FALESI;BAENA, 1999; PINHEIRO et al., 2011; SORANSO et al., 2016).

A definição do espaçamento inicial é uma das decisões mais importantes na implantação de florestas plantadas, pois proporciona para cada indivíduo o espaço suficiente para obtenção dos recursos água, luz e nutrientes, proporcionando crescimento máximo, exercendo influência nos demais tratamentos culturais, na qualidade da madeira, na colheita florestal e, conseqüentemente, nos custos de produção (SIMÕES; BRANDI; MALINOVSKY, 1976; LEITE; NOGUEIRA; MORREIRA, 2006).

No Brasil, estudos referentes ao melhor espaçamento para o cultivo da *Khaya ivorensis*, ainda são escassos, não existindo muitos dados publicados sobre as

tendências de crescimento da espécie em plantios realizados, possuindo características distintas, marcadamente o espaçamento mais amplo com tratamentos silviculturais adequados (RIBEIRO et al., 2017). Ressalta-se que a adoção de práticas silviculturais adequadas é uma ação importante para o desenvolvimento de uma relação direta entre produtividade e qualidade da matéria prima da qual será destinado um plantio.

1.1 Importância ambiental de cultivos florestais de rápido crescimento na Amazônia

Desde os anos 90 vêm se intensificando os cuidados relativos à emissão de carbono, e as formas de mitigação desses gases, objetivando desacelerar as mudanças climáticas ocasionadas, dentre outros fatores, pelo aumento de gases de efeito estufa na atmosfera terrestre Corninck et al. (2018), ressaltaram em relatório sobre mudanças climáticas, promovido pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), os perigos do aumento da temperatura global ocasionado pela falta de controle na emissão de carbono, e ressaltaram como principais medidas mitigadoras desse processo, a redução na emissão de carbono das atividades econômicas, o uso racional dos recursos hídricos, redução das taxas de desmatamento, florestamento e reflorestamento de áreas antropizadas e introdução das agroflorestas como alternativa sustentável de produção de alimentos.

Dados do Programa de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal (PRODES), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que mensura os incrementos de áreas desflorestadas na Amazônia por estado, mostram que em uma série histórica de 1988 a 2008, a taxa de desmatamento anual se mantinha sempre acima de 10 mil quilômetros quadrados, no entanto, a partir de 2011 até 2018, essa taxa reduziu consideravelmente, e variou em torno de 6 mil quilômetros desmatados por ano em toda Amazônia legal. Em relação às taxas de desflorestamento no estado do Pará, de 1988 a 2011, a média de km² desflorestados sempre variava acima de 3 mil km²/ano, reduziu de 2012 a 2018 para uma média anual de 2.342 km² desflorestados por ano e em 2018 o estado do Pará foi responsável por 2.840 (35,9%) km² desmatados na Amazônia legal, que totalizou 7900 km² desmatados. É possível observar, portanto, uma diminuição nas taxas de desmatamento na Amazônia legal como um todo, levando em consideração os últimos 7 anos (INPE, 2018).

A mesorregião Nordeste Paraense, por ter sido a primeira fronteira agrícola do estado do Pará, teve maior parte de sua cobertura vegetal natural fortemente alterada

devido quase um século de uso antrópico, que resultou na derrubada de cerca de 54.155,41 km² das matas primárias que existiam nos 83.316,02 km² de extensão desta mesorregião (CORDEIRO et al., 2017).

No entanto, de acordo com Corninck et al. (2018), apenas a redução do desflorestamento não é suficiente para frear com efetividade o quadro de mudança climática, há de se promover também, formas de fixação de carbono efetivas, como florestamento, reflorestamento e implantação de agroflorestas em áreas antropizadas, com o objetivo não apenas de controle ambiental, mas também como fonte de renda e como forma de melhoria na qualidade de vida dos agentes envolvidos.

Além dos benefícios ecológicos citados, como a mitigação de gases de efeito estufa, os florestamentos em áreas antropizadas aumentam a oferta de madeira legalizada, contribuem para a recuperação dos atributos químicos e físicos do solo e diminuem, a erosão ocasionada pela falta de cobertura vegetal nesses solos e a pressão sobre as florestas naturais remanescentes, conservando a biodiversidade dos ecossistemas naturais presentes nessas áreas (MACHADO, 2008).

1.2 Importância econômica do cultivo de espécies de rápido crescimento na Amazônia.

Com o aumento da demanda por recursos madeireiros, cada vez mais se faz necessária à busca por espécies de rápido crescimento para a produção em áreas antropizadas, visando, além da diminuição da pressão sobre a floresta nativa local, a recuperação economicamente viável dessas áreas, que muitas das vezes apresentam-se em acentuado estado de degradação (GOMES, 2010).

A procura por espécies nativas ou exóticas que se desenvolvam adequadamente na Amazônia é antiga, uma vez que ainda no início dos anos 90, Kanashiro e Yared (1991) reforçavam a importância e a necessidade de aprofundamento da pesquisa sobre as espécies florestais de alto consumo, bem como da busca de novas alternativas viáveis ao desenvolvimento da silvicultura na região amazônica.

Na Amazônia Legal historicamente destacam-se alguns plantios comerciais utilizando espécies de rápido crescimento, que enfraqueceram o tradicional modelo de extrativismo madeireiro, onde Homma (2011a; 2011b) cita os cultivos desenvolvidos pela Jari Celulose em 1967, no Pará; da Amcel em 1976, no Amapá; de reflorestamento com paricá no Pará, Maranhão e Tocantins, atingindo 87.901 ha em 2012; de teca no Pará, Mato Grosso e Roraima alcançando 67.329 ha plantados; de *Acacia mangium* em

Roraima e de mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*), mogno-africano (*Khaya* sp.), com o aumento significativo de áreas cultivadas em diversos municípios da região.

O mercado regional de produtos madeireiros é importante para a economia dos estados da região amazônica, no entanto, a queda da produção destes bens naturais, considerando a redução no número de árvores prontas para o corte, é um fator importante referido no Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais, isto ocorre devido à atividade sustentar-se basicamente na extração, muitas das vezes predatória, de madeira de florestas nativas, além disso, são poucos os empreendimentos em plantios florestais e silvicultura para a produção de madeira para serraria (PENSAF, 2007).

Economicamente, uma floresta plantada é muito importante, pois pode alcançar aproximadamente a mesma área basal observada em florestas nativas tropicais em um período de sete a oito anos, graças ao desenvolvimento uniforme de espécies de crescimento rápido, portanto, levando vantagem em relação à regeneração natural, caso o objetivo seja a obtenção de madeira em curto espaço de tempo, e a elevada produtividade seria obtida através da seleção de árvores apropriadas para o reflorestamento, utilizando espaçamento e tratos culturais adequados (POGGIANI, 1981).

Tonini et al., (2009) avaliando o crescimento e desenvolvimento de cultivos de *Tectona grandis* na região de Roraima constatou que embora o ambiente edáfico seja naturalmente pouco fértil para o bom crescimento da cultura, as características climáticas e a baixa presença de inimigos naturais favorecem o crescimento de espécies tropicais exóticas, que podem alcançar altas produtividades com o manejo nutricional adequado, gerando receitas que podem desenvolver a economia de regiões amazônicas.

1.3 Mogno-africano – *Khaya ivorensis* A. Chev.

A necessidade de expansão de plantios silviculturais tem como impedimento a escassez de informações técnicas e científicas sobre as boas práticas para condução de plantios de espécies de importância econômica. Estas informações incluem o conhecimento sobre novas espécies que possuam características similares às essências florestais que têm consumo elevado no mercado local e global. Isto posto, cada vez mais espécies florestais exóticas como *Khaya ivorensis* A. Chev. vêm sendo procuradas e utilizadas em plantios como alternativa para o fornecimento de matéria prima ao setor madeireiro (PACE, 2013).

A *Khaya ivorensis* A. Chev. pertence à família *Meliaceae* A. Juss., subfamília III, SWIETENIOIDEAE, Tribo 2, SWIETENIEAE (mesma tribo do mogno *Swietenia macrophylla*, conhecida como “Tribo dos Mognos”) e ao gênero *Khaya* (PINHEIRO et al., 2011).

Trata-se de árvore decídua que ocorre naturalmente, conforme descrito por Lamprecht (1990) e por Lemmens (2008), em regiões tropicais úmidas, de baixa altitude, da África Ocidental. A *Khaya ivorensis* é uma planta heliófila, que tolera sombra durante a fase jovem (FOLI, 2000; BATISTA, 2010), sendo ainda sociologicamente classificada como espécie pioneira ou secundária tardia e emergente (BUDOWSKI, 1965; DENSLOW, 1987), com relatos de regeneração em clareiras abertas na floresta africana (SWAINE; WHITMORE, 1988).

As árvores de *Khaya ivorensis* têm porte elevado, com até 200 cm de DAP e 50 m de altura com caule sem tortuosidades, livre de ramificações até uma faixa de 30 m aproximadamente e sistema radicular muito amplo. A casca é espessa e rugosa e apresenta coloração marrom-avermelhada, enquanto que as folhas são paripenadas, com pares de folíolos brilhantes e glabros; a inflorescência é uma panícula e o fruto é constituído por uma cápsula acastanhada com cinco septos onde se alojam as sementes (LAMPRECHT, 1990, apud. FALESI; BAENA, 1999).

O gênero *Khaya*, é composto por mais de 17 espécies, sendo quatro delas, as mais conhecidas e comercializadas na África ocidental por ocuparem maiores extensões territoriais no continente, e por apresentarem características físicas e mecânicas de madeira desejáveis ao mercado internacional, que são a *Khaya ivorensis*, *Khaya Anthoteca*, *Khaya grandifoliola* e *Khaya senegalensis* (DANQUAH et al., 2011; LAWAL et al., 2016). Alguns autores ressaltaram a grande semelhança entre a *K. ivorensis*, *K. Anthoteca* e *K. grandifoliola*, o que dificulta a identificação quando se é observado apenas material botânico, como exsicatas, uma vez que entre estas 3 espécies, possuem suas poucas distinções nas características tecnológicas da madeira (DONKOR, 1977). Tal semelhança resultou muitas vezes na comercialização de cargas de *Khaya ivorensis* provenientes da África ocidental, com lotes de madeira contendo duas ou mais espécies de *Khaya* diferentes, ocasionados pela falha na identificação das espécies com exatidão (LEMMENS, 2008; MAROYI, 2008; OPUNI-FRIMPONG, 2008).

A espécie *Khaya ivorensis* foi introduzida no Brasil pela Embrapa Amazônia-Oriental em Belém-PA (FALESI; BAENA, 1999). Ribeiro (2017), ressalta que a

espécie foi introduzida inicialmente no norte do país, por meio de sementes doadas ao pesquisador Italo Claudio Falesi, então chefe geral do IPEAN (Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte), no ano de 1976, por um representante do então Ministério de Florestas e Bacias Hidrográficas de Costa do Marfim. A partir de 1989 foi iniciada a produção de sementes das árvores plantadas na Embrapa (Figura 1), permitindo assim a difusão da espécie pelo país. A introdução da *Khaya* na região amazônica para fins comerciais é relativamente novo e teve como objetivo a substituição do mogno brasileiro *Swietenia macrophylla* King, espécie que é susceptível a pragas florestais. Desde então, o mogno-africano tem se adaptado muito bem às condições climáticas do país (GASPAROTO et al., 2001; PINHEIRO et al., 2011).

Figura 1. Árvores Pioneiras de *Khaya ivorensis* plantadas em 1976 na Embrapa Amazônia Oriental, e o Pesquisador Italo Claudio Falesi, responsável por receber as sementes do representante da Costa do Marfim.



Fonte: Arquivo pessoal

Várias tendências de crescimento em condições de plantio foram levantadas por Lemmens (2008), que considerou o mogno-africano como espécie de crescimento acelerado, exigente de luz e com propriedades de desrama natural (galhos mortos se desprendem do fuste sozinhos), sendo muito conhecida e cobiçada no mercado internacional de madeira (PINHEIRO et al., 2011).

Neste contexto, *Khaya ivorensis*, popularmente chamada de mogno-africano, desponta como uma espécie exótica procedente das regiões tropicais africanas para uso

visando o desenvolvimento silvicultural na Amazônia. A vem sendo intensamente cultivada em alguns estados do Brasil, com destaque para o Pará, onde é muito utilizada como componente de sistemas agroflorestais e iLPF, e em Minas Gerais e Goiás, principalmente em monocultivo (FALESI; BAENA, 1999; PINHEIRO et al., 2011), e tem se destacado pelo seu crescente cultivo no Brasil, apresentando rápido crescimento e fácil adaptação, além de produzir fuste com características tecnológicas desejadas, para produção de madeira sólida destinada a serraria (SORANSO et al., 2016). No entanto, o conhecimento sobre os aspectos silviculturais, nutricionais, hídricos e sobre o comportamento da cultura da *Khaya ivorensis* nas diferentes regiões brasileiras ainda é incipiente, uma vez que, pouco se publicou em termos de pesquisas científicas sobre estes temas, para esta espécie.

De acordo com Pinheiro et al. (2011), a *Khaya ivorensis* cresce melhor em solos bem estruturados, porém, suporta bem as condições onde os teores de argila atingem até 68% e rápidos momentos de alagamento, necessitando basicamente de radiação solar, água e nutrientes provindos do solo. Esses mesmos autores, referiram ainda, que a partir dos sete e oito anos de idade, as tendências de crescimento apresentam rápidos incrementos em diâmetro e abertura da copa, período que corresponde ao início da frutificação, estimando que entre 16 e 20 anos as árvores apresentarão dimensões para a obtenção de madeira serrada.

Em relação às exigências nutricionais da *Khaya ivorensis*, Jeyanny et al. (2009) testaram o efeito da deficiência dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg no crescimento e vigor de mudas de *Khaya ivorensis* e concluíram que a falta destes nas mudas, manifestam sintomas de deficiência nutricional visualmente detectáveis, sendo o Mg o principal nutriente que interfere no crescimento das plântulas e o K, o principal responsável pela concentração de nutrientes nos tecidos.

Embora plantações comerciais venham ocorrendo tanto dentro da sua área natural de distribuição, como também na Ásia e Américas tropicais (LAMPRECHT, 1990, apud. FALESI; BAENA, 1999), o conhecimento silvicultural sobre o comportamento em plantios homogêneos dessa espécie ainda é incipiente quanto a diversos fatores, como: exigências nutricionais, déficit hídrico, espaçamento, poda, desbaste, crescimento, alternativas de consórcio, controle preventivo de pragas e doenças, etc. (ALVARENGA, 2015).

Os reflorestadores do estado do Pará possuem uma preferência pelas espécies do gênero *Khaya*, pois estas têm facilidade na produção de mudas além de terem um alto valor econômico madeireiro no mercado internacional (FALESI; BAENA. 1999).

1.4 Influência do espaçamento sobre o crescimento de *Khaya ivorensis* e outras espécies florestais cultivadas.

A recomendação de espaçamento não pode ser generalizada, devendo-se levar em consideração a qualidade do sítio, as características da espécie, os objetivos de manejo e as condições de mercado bem como os métodos de colheita da madeira e/ou outros produtos (SCOLFORO, 1998a). O mesmo autor, ressalta que o espaçamento ideal para uma população florestal com fins madeireiros, é aquele capaz de produzir maior volume de madeira em tamanho, forma e qualidade, levando em consideração não apenas os aspectos produtivos, mas também os aspectos financeiros, uma vez que a densidade de um povoamento florestal afeta diretamente os custos de implantação, manutenção e exploração da floresta plantada. (SCOLFORO, 1998b)

A definição do espaçamento de plantio é um dos pontos principais dentro do planejamento de implantação de uma floresta e que, para sua escolha, deve-se avaliar a exigência do mercado, a área efetiva necessária para o crescimento ótimo das árvores com a melhor relação custo/benefício, sendo recomendado considerar a questão da proteção ao solo e, sobretudo, depende do conhecimento dos fatores ambientais que afetam os processos fisiológicos do crescimento vegetal (divisão, alongação e diferenciação celular) e suas prováveis consequências. (PINHEIRO et al., 2011).

Considerando-se o exposto, ressalta-se que o crescimento vegetal, que é o aumento do tamanho, volume e matéria seca da planta (FLOSS, 2005), pode ser influenciado por diversos fatores como, a genética da planta, características da espécie, temperatura do ambiente de cultivo, fotoperíodo, disponibilidade de água, entre outros (PES; ARENHARDT, 2015).

Em espaçamentos maiores é comum as árvores exibirem maior crescimento em diâmetro e maiores taxas de sobrevivência, pois há maior espaço para o crescimento individual das árvores, favorecendo o desenvolvimento da planta e maior incremento diamétrico, no entanto reduz o número de indivíduos por hectare. (LIMA et al., 2013)

Silva et al. (2016), testando diferentes espaçamentos para a cultura da teca, no município de Cáceres – MT, verificaram que entre as densidades de plantio estudadas (3 x 2 m, 4 x 2m, 5 x 2 m e 6 x 2m), os de espaçamento intermediário 4 x 2 m e 5 x 2 m,

obtiveram os melhores desempenhos não apenas pelo maior número de árvores por hectare, mas também por terem desempenhos individuais semelhantes aos tratamentos com menor adensamento.

Em ambiente natural africano, onde a oferta de material de propagação de mogno-africano (sementes e estacas) é abundante, Dupuy e Koua (1993) realizaram vários estudos aplicando diferentes técnicas de manejo do mogno-africano em plantios na Costa do Marfim e relataram que os melhores resultados são obtidos em plantios de alta densidade (espaçamento de 3×3 m) empregando desbastes subsequentes ao longo dos anos do plantio e complementaram que após estes tratamentos as árvores atingiram altura de 20 metros, aos 20 anos, e DAP (diâmetro a altura do peito) de 50 cm próximo aos 40 anos de idade.

Na Malásia, Aminah et al. (2005) estudaram o crescimento de *Khaya ivorensis*, utilizando espaçamento de 3×3 m (1.111 árvores.ha⁻¹) com mudas plantadas por meio de estaquia de plantas adultas, obtendo aos sete anos, resultados expressivos como a alta taxa de sobrevivência da ordem de 87,8%, DAP médio de 18,8 cm (incremento médio de 2,69 cm ano⁻¹) e altura média de 15,8 m (incremento médio de 2,26 m ano⁻¹).

Ainda, em território Malaio, Heryati et al. (2011), pesquisando a performance do crescimento e acumulação de biomassa em plantios de *Khaya ivorensis* de cinco anos de idade em diferentes classes de solo, no espaçamento 4 x 3 m (833 árvores ha⁻¹), encontraram valores de incremento em volume variando de 43 m³/ha⁻¹ a 53 m³/ha⁻¹, com variações de DAP médio de 11,6 cm a 14,4 cm e de altura média de 7,8 m a 10,6 m.

No Brasil, devido à baixa oferta e alto custo de sementes, há uma tendência à utilização de espaçamentos maiores dos que os relatados na África e Ásia. Ferraz e Ribeiro (2013) referiram que são variados os espaçamentos e tratos culturais adotados para esta cultura no país, e em função dos plantios comerciais de *Khaya ivorensis* com espaçamentos mais amplos (4 x 5 m; 5 x 5 m; 6 x 6 m; 7 x 6 m) estarem em fase inicial de crescimento. São crescentes os questionamentos sobre qual seria o espaçamento ideal, haja vista o número de publicações incipientes sobre as tendências de crescimento para esta espécie (RIBEIRO et al., 2017).

Ferraz e Ribeiro (2013) justificaram que a adoção de espaçamentos amplos dá-se, também, em função da espécie ter como característica a desrama natural o que preserva o fuste livre de galhos e, principalmente, como uma estratégia para que não sejam realizados desbastes no plantio antes que as árvores atinjam a maturidade.

Estudos sobre a variabilidade física e anatômica da madeira de *Khaya ivorensis* em diferentes espaçamentos, verificaram que os valores de DAP e IMAD (incremento médio anual em diâmetro) diferiram entre si em função do espaçamento de plantio, indicando que em média, os indivíduos no espaçamento 7 x 6 m e 10 x 10 m exibiram percentuais de crescimento diamétrico maiores em relação ao espaçamento 5 x 5 m, da ordem de 18,5% e 20,5%, respectivamente. No entanto, comparando os espaçamentos mais amplos, embora no espaçamento de plantio 10 x 10 m, o incremento diamétrico individual tenha sido maior, no espaçamento 7 x 6 m obteve-se incremento semelhante com maior número de indivíduos por hectare (SORANSO et al. 2016).

Em plantios de mogno-africano irrigado no espaçamento 5 x 5 m, localizados no norte de Minas Gerais, Carmo et al. (2018) obtiveram, aos 24 meses, altura total (Ht) com média de 4,47m, DAP 6,07 cm e volumetria média por hectare de 4,66 m³/ha com IMA 2,33m³/ha e aos 36 meses Ht 6,86m, DAP 8,25 cm e volume médio por hectare de 10,12 m³/ha com IMA de 3,37, evidenciando um ICA de 5,46m³/ha no período de 2 a 3 anos.

Para comparar, entre outros parâmetros, o crescimento dendrométrico da espécie *Khaya ivorensis* em monocultivo e em iLPF com milho, soja e capim do gênero *Brachiaria*, Silva et al. (2011) implantaram o sistema Integração lavoura-pecuária-floresta no município de Paragominas, no estado do Pará, e concluíram que não houve diferenças na altura, porém o DAP no sistema iLPF foi maior do que o encontrado no sistema de monocultivo, evidenciando a potencialidade da espécie para uso em consórcio/sistema de integração. Silva, et al. (2016), continuou os estudos diamétricos iniciados em 2011 em Paragominas, e obteve médias expressivas para DAP no espaçamento 5x5 m em iLPF com as idades 2, 3, 4 e 5 anos, da ordem de 6,67 cm, 10,46 cm, 14,22 cm e 18,21 cm, respectivamente.

Sales et al. (2017) avaliaram o efeito de integração Lavoura-Pecuária-Floresta sobre a sobrevivência e o crescimento em altura da *Khaya ivorensis* em Terra Alta – Pará, com cultivo de culturas anuais em consórcio com forrageiras e intercaladas com mogno-africano, e concluíram que o mogno-africano, como componente florestal do sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, apresentou altas taxas de sobrevivência e crescimento em altura, com boa adaptabilidade na área em estudo, levando vantagem em relação ao monocultivo.

Dado o contexto, os questionamentos nortearam o presente estudo, foram: Qual espaçamento apresentará as maiores taxas de sobrevivência, crescimento e volumetrias individuais por ha⁻¹ em cultivos monoespecíficos de *Khaya ivorensis*?; Qual o crescimento, produtividade e sobrevivência para a *Khaya ivorensis* em espaçamento amplo, 6 x 6 m em triângulo, cultivada no município de Igarapé Açu, nordeste paraense?

As hipótese para responder o primeiro questionamento é que, espaçamentos maiores tendem a apresentar melhores taxas de sobrevivência, com crescimento em diâmetro mais acelerado ao longo do tempo em virtude da menor competição por luz, água e nutrientes.

Neste contexto, o segundo capítulo do presente estudo compara os desempenhos dendrométricos, produtivos e de sobrevivência de três plantios de mogno-africano, com espaçamentos diferentes, sendo T1 (5 x 3 m), T2 (4 x 4 m) e T3 (5 x 5 m) nas idades 2, 4 e 7 anos.

A hipótese levantada para solucionar o segundo questionamento foi que o incremento volumétrico individual tende a ser elevado quando cultivadas em menores densidades, no entanto, espaçamentos muito amplos reduzem o número de indivíduos por hectare, podendo interferir na produtividade de madeira serrada.

Dado o exposto, o terceiro capítulo avalia o crescimento dendrométrico, a produtividade e a sobrevivência de um cultivo de *Khaya ivorensis* no espaçamento 6 x 6 m em triângulo equilátero, no município de Igarapé-Açu, nordeste paraense, no decorrer dos primeiros 7 anos de estabelecimento.

1.5 Referências bibliográficas

ALVARENGA, D. N.. **Avaliação do crescimento em diâmetro do mogno-africano (*Khaya ivorensis*), implantado em Rive, município de Alegre – ES.** Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. 2015

AMINAH, H.; INTAN, Z.B.; ROSDI, K.; ROZIHAWATI, Z.; AHMAD FAUZI, 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; 2005; Ho Chi Min City. Vietnam; 2005 [citado em 2013 aug 13]. p. 1-6. Disponível em: <http://vafs.gov.vn/en/2006/06/growth-performance-of-somedipterocarps-and-non-dipterocarps-planted-fromrooted-cuttings/Acesso> em: 12/12/2017.

BATISTA, F. Mogno-africano, cultivo no estado de Minas Gerais. Piracicaba: Casa do Produtor Rural; 2010.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rainforest species in light of sucessional processes. Turrialba 1965; 15: 40-43.

CARMO, R. F.; NAKAJIMA, N. Y.; SILVA, S. A.; MATTAR, E. A. Desenvolvimento inicial de *Khaya ivorensis* em plantio irrigado. Nativa: Pesquisas agrárias e ambientais. Sinop, v. 6. N.2 p. 159-164. ISSN: 2318-7670. Mar/abr, 2018.

CONINCK, H. REVI, A. BABIKER, M. BERTOLDI, P. BUCKERIDGE, M. CARTWRIGHT, A. DONG, W. FORD, J. FUSS, S. HOURCADE, JC. LEY, D. MECHLER, R. NEWMAN, P. REVOKATOVA, A. SCHULTZ, S. STEG, L. **Strengthening and implementing the global response.** In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Sugiyama, 2018.

CORDEIRO, I.M.C.C.; RANGEL-VASCONCELOS, L.G.T.; SCHWARTZ, G.; OLIVEIRA, F.A. **Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias.** Belém: EDUFRA, 2017. 323p.: il. ISBN: 978-85-7295-118-0
DANQUAH, J.A.; APPIAH, M.; ARI, P. Eco-geographic in leaf morphology of African mahogany (*Khaya anthotheca* and *Khaya ivorensis*) provenances in Ghana. **European Journal of Scientific Research**, v.51, n.1, p.18-28, 2011.

DENSLOW J.S. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics 1987; 18(1): 431-451.
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002243>.

DONKOR, B. N.. **Stem wood structure of four Ghanaian *Khaya* species.** Lakehead. 1977

DUPUY, B.; KOUA, M. **The African mahogany plantations. Their silviculture in the tropical rain forest of the Côte d'Ivoire.** Bois et Forêts des Tropiques, v. 236, p. 25-42, 1993.

FALESI, I. C., BAENA, A. R. C. MOGNO-AFRICANO *Khaya ivorensis* A. Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo. Belém, Pará, 1999. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7506/Documentos_04_1999.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 mai. 2017.

FERRAZ FILHO, A. C.; RIBEIRO, A. **Inventário florestal do plantio de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) e quadras experimentais.** 4.ed. Pirapora: Fazenda Atlântica, 2013. 40 p.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê.** 3. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 751 p.

FOLI E.G. **Evaluation of the performance of planted native timber species in different ecological zones in Ghana** [Project PD 1/93. Final Technical Fellowship Report]. Yokohama: International Tropical Timber Organization; 2000. 41 p.

GASPAROTTO, L., HANADA, R.E., ALBUQUERQUE, F.C. & DUARTE, M.L.R. **Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* em mogno-africano.** Fitopatologia Brasileira 26:660-661. 2001.

GOMES, D.G. **Análise de viabilidade técnica, econômico-financeiro para implantação da cultura do mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) na região oeste de Minas Gerais.** 2010. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Gestão Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

HERYATI, Y.; BELAWAN, D.; ABDU, A.; MAHAT, M.N.; ABDUL-HAMID, H.; MAJID, N.M.; HASSAN, A.; HERIANSYAH, I. **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. <http://dx.doi.org/10.3844/ajabssp.2011.33.44>.

HOMMA, A. K. O. **Amazonia: transformando a segunda natureza degradada para uma terceira natureza mais sustentável,** in: DINIZ, M. B. (org.). *Desafios e potencialidades para a Amazônia do século XX.* Belem/PA: Paka-Tatu, 2011a, p. 42-70.

HOMMA, A. K. O. **Madeira na Amazônia: extração, manejo ou reflorestamento?** *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, Belem/PA, v. 7, n. 13, p.147-161, jul./dez., 2011b.

HOMMA, A. K. O. **Em favor de uma nova agricultura na Amazônia.** Revista Terceira Margem Amazônia. Vol 1 · N. 5. São Paulo: Outras expressões. 2015

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto PRODES - monitoramento da floresta amazônica por satélite.** Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes> Acesso em: 24/11/2018.

JEYANNY, V.; AB RASIP, A.G.; WAN RASIDAH, K.; AHMAD ZUHAI, Y. **Effects of macronutrient deficiencies on the growth and vigour of *Khaya ivorensis* seedlings.** Journal of Tropical Forest Science; v .21,n.2, p. 73-80, 2009.

KANASHIRO, M.; YARED, J.A.G. Experiências com plantios florestais na Bacia Amazônica. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL: O DESAFIO DAS FLORESTAS NEOTROPICAIS, Curitiba, 1991. **Anais...** Curitiba: UFPR/IUFRO, 1991. p.117-37.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: – Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, GTZ, 1990. 343 p.

LAWAL, A.; ADEKUNLE, V.A.J.; ONOKPISE, O.U. Biosystematics, morphological variability and status of the genus *Khaya* in SOUTH West Nigeria. **Applied Tropical Agriculture**, v.21., n.1, 159-166p., 2016

LEITE, H. G; NOGUEIRA, G. S.; MORREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 603-612, 2006.

LEMMENS, R.H.M.J. *Khaya ivorensis* A. Chev.. In: LOUPPE, D., OTENG-AMORA, A.A.; BRINK, M. (Ed.) **Plant Resources of Tropical África: Timber 1.** PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands/Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands/CTA, Wageningen Netherlands, v.7, n.1, 2008, p. 333-339.

LIMA, R.; INOUE, M. T.; FILHO, A. F.; ARAUJO, A. J.; MACHADO, S. A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 223-230, 2013.

MACHADO, M. R. Plantios Florestais na Amazônia Central: Biometria, ciclagem bioquímica e alterações edáficas / Murilo Rezende Machado.--- Manaus : [s.n.], 2008.

MAROYI, A. *Khaya anthotheca* (Welw) C.DC. In: LOUPPE, D., OTENG-AMORA, A.A.; BRINK, M. (Ed.) **Plant Resources of Tropical África: Timber 1.** PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands/Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands/CTA, Wageningen Netherlands, v.7, n.1, 2008, p. 324-329

OPUNI-FRIMPONG; E. *Khaya grandifoliola*. C.DC. In: LOUPPE, D., OTENG-AMORA, A.A.; BRINK, M. (Ed.) **Plant Resources of Tropical África: Timber 1.** PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands/Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands/CTA, Wageningen Netherlands, v.7, n.1, 2008, p. 329-333.

PACE, J.H.C. Avaliação do acabamento superficial na madeira de *Corymbia citriodora* (hook) e *Khaya ivorensis* a. Chev. 2013. 29f. Dissertação (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

PENSAF. **Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais** - PENSAF. Brasília: [s.n.], 2007.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria, RS : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015. 81 p. : il. ; 28 cm, ISBN: 978-85-63573-90-2

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

POGGIANI, F. O meio ambiente e as florestas nativas e plantadas. **Silvicultura**, São Paulo, n. 19, p. 38-43, 1981.

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*. Seropédica. 2017; 24. ISSN 21798087(online). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.076814>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-24-e00076814.pdf>. Acesso em: 12/12/2017.

SALES, A.; SILVA, A.R.; VELOSO, C.A.C; MIRANDA, B.M. Desempenho do Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no sistema Ilpf em Terra Alta-PA. In VI Simpósio de estudos e pesquisas em ciências ambientais na Amazônia. Anais, vol. I, p.29. Belém (PA), 29 de novembro a 1 de dezembro 2017. ISSN 2316-7637.

SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998(a). 438p.

SCOLFORO, J.R.S. Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. Lavras: UFLA/FAEPE; 1998 (b).

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. **Incremento diamétrico do mogno-africano em resposta à diferentes sistemas de cultivo**. Anais VIII Encontro Amazônico de Agrárias. Livro XI. Belém. 2016.

SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; ALVES, L. W. R.; AZEVEDO, C. M. B. C. de; FERNANDES, P. C. C. Comportamento da espécie mogno-africano (*Khaya ivorensis*) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Paragominas - PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBSAF: Embrapa Amazônia Oriental: UFRA: CEPLAC: EMATER: ICRAF, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/mobile/publicacoes/-/publicacao/910352/comportamento-da-especie-mogno-africano-khaya-ivorensis-em-sistema-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-no-municipio-de-paragominas---pa>. Acesso em 12/12/2017.

SILVA, R. S.; VENDRUSCOLO, D. G. S.; ROCHA, J. R. M.; CHAVES, A. G. S.; SOUZA, H. S.; MOTTA, A. S. **Desempenho silvicultural de *Tectona grandis* L. f. em diferentes espaçamentos em Cáceres, MT**. Rev. Floresta e Meio Ambiente 2016; 23(3): 397 – 405. ISSN 2179-8087 (online). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.143015> . Visitado em 08/2018.

SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M.; MALINOVSKY, J. R. **Formação de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília: PNUD/FAO/IBDF/BRA, 1976. 74 p. (Série divulgação, 45,6).

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, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 519-526, jun. 2016. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.24](https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.24)

SWAINE M.D.; WHITMORE T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio* 1988; 75(1-2): 81-86. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00044629>. University, Faculty of Forestry, Thunder Bay, Ontario, Canada. 92 pp. 1997.

TONINI, H.; COSTA, M.C.G.; SCHWENGBER, L.A.M. **Crescimento da teca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia setentrional.** Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n. 59. P 05-14, jul/dez. 2009

2 DESENVOLVIMENTO DE *Khaya ivorensis* A. CHEV (MOGNO-AFRICANO) SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar o crescimento, produtividade de madeira por hectare e sobrevivência em três cultivos de *Khaya ivorensis* com espaçamentos diferentes, denominados tratamentos T1 (5 x 3 m), T2 (4 x 4 m) e T3 (5 x 5 m), instalados na propriedade rural denominada Fattoria Piave, localizada nas coordenadas 1°6'36,15''S e 47°34'28''W, no município de Igarapé-Açu, mesorregião nordeste paraense. Foram realizadas avaliações dendrométricas de altura total e diâmetro a altura do peito (DAP) em árvores aleatorizadas, além disso, foram observados o número de árvores remanescentes em cada tratamento. Estatisticamente foi aplicada análise univariada em subparcelas em função do tempo (teste F) para se analisar esses 3 tratamentos, e suas interações nas idades 2, 4 e 7 anos, as médias de altura total, DAP e volume por árvore foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para se verificar as diferenças estatísticas em função dos espaçamentos e do tempo. A mortalidade nos tratamentos T1, T2 e T3, foram obtidas através da recontagem anual do “stand” total de cada plantio. Os resultados encontrados, dentro de cada tratamento, variaram significativamente com a idade e em função dos diferentes espaçamentos estudados. Considerando a comparação entre as médias, dentro de cada tratamento, com 2 anos de idade, no referente ao crescimento dendrométrico (altura, DAP e volume), o T1 (5 x 3), diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) dos T2 (4 x 4) e T3 (5 x 5). A altura, nas árvores que apresentaram 4 e 7 anos de idade no T1 foi superior e diferiu ($p < 0,05$) dos tratamentos T2 e T3. No que tange ao DAP, aos 4 anos, foram estatisticamente diferentes, com as árvores do T1 apresentando maior desenvolvimento nesta variável, quando comparados aos demais tratamentos. Aos 7 anos, os DAP das árvores não diferiram estatisticamente, considerando o T1, este demonstrou comportamento semelhante ao T3, ficando o registro do maior DAP no T3 que diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) do T2, que registrou o menor DAP. Com base na volumetria por árvore, no número de árvore/ha e, considerando a sobrevivência em cada tratamento, o volume total m³/ha (tronco e galhada) obtidos para os 3 espaçamentos aos 7 anos de idade, foram 132,38 m³/ha no tratamento T1, 98,49 m³/ha no T2 e 130,06 m³/ha no T3 com menor adensamento. A taxa de sobrevivência das plantas em função dos diferentes espaçamentos, o maior percentual de sobrevivência foi registrada no tratamento T3 (86,3%), seguido por T2 (85,8%) e T1 (80,02%). Concluiu-se que o espaçamento influenciou no desenvolvimento das árvores de *Khaya ivorensis* no que tange as variáveis estudadas, onde o menor espaçamento refletiu na altura, e o espaçamento 5x5 proporcionou o melhor desenvolvimento das árvores, com maior percentual de sobrevivência, melhores médias de DAP, volumetria por planta e por hectare, mesmo com número de árvores/ha inferior aos espaçamentos mais densos (5x3 e 4x4), demonstrando maior viabilidade técnica.

Palavras Chave: *Khaya* ; Crescimento ; Produtividade; Sobrevivência; Diferentes Espaçamentos.

DEVELOPMENT OF *Khaya ivorensis* A. CHEV (AFRICAN MAHOGANY)
UNDER DIFFERENT PLANT SPACING.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare growth, wood productivity per hectare and survival in three crops of *Khaya ivorensis* with different spacing, called treatments T1 (5 x 3 m), T2 (4 x 4 m) and T3 (5 x 5 m), installed in the rural property called Fattoria Piave, located at coordinates 1 ° 6'36,15"S and 47 ° 34'28"W, in the municipality of Igarapé-Açu, northeastern region of Pará. Dendrometric evaluations of total height and diameter at breast height (DBH) were performed on randomized trees, in addition, the number of remaining trees was observed in each treatment. Statistically, univariate analysis was applied in subplots as a function of time (F test) to analyze these 3 treatments, and their interactions at ages 2, 4 and 7 years, the means of total height, DBH and volume per tree were compared by the Tukey ($p < 0.05$) to verify statistical differences as a function of spacing and time. Mortality in T1, T2 and T3 treatments were obtained through the annual recount of the total stand for each plantation. The results found, within each treatment, varied significantly with age and according to the different spacing studied. Considering the comparison between the means, within each treatment, with 2 years of age, regarding dendrometric growth (height, DBH and volume), T1 (5 x 3), differed statistically by the Tukey test ($p < 0, 05$) of T2 (4 x 4) and T3 (5 x 5). The height in trees that were 4 and 7 years old at T1 was higher and differed ($p < 0.05$) from treatments T2 and T3. Regarding DAP, at 4 years of age, they were statistically different, with T1 trees showing greater development in this variable, when compared to other treatments. At 7 years of age, the DAP of the trees did not differ statistically, considering T1, this showed a similar behavior to T3, with the record of the highest DAP in T3 remaining statistically different ($p < 0.05$) from T2, which registered the lowest DAP. Based on the volumetry per tree, the number of trees / ha and, considering the survival in each treatment, the total volume m^3 / ha (trunk and antlers) obtained for the 3 spacings at 7 years of age, were 132.38 m^3 / ha in T1 treatment, 98.49 m^3 / ha in T2 and 130.06 m^3 / ha in T3 with less density. The survival rate of the plants as a function of the different spacing, the highest percentage of survival was registered in the treatment T3 (86.3%), followed by T2 (85.8%) and T1 (80.02%). It was concluded that the spacing influenced the development of the trees of *Khaya ivorensis* regarding the studied variables, where the smallest spacing reflected in the height, and the 5x5 spacing provided the best development of the trees, with a higher percentage of survival, better means of PAD. , volumetry per plant and per hectare, even with a lower number of trees / ha than the denser spacing (5x3 and 4x4), demonstrating greater technical viability.

Keywords: Khaya; Growth ; Productivity; Survival; Different Spacings.

1 INTRODUÇÃO

As consequências da conversão da floresta amazônica em outras finalidades produtivas é um tema muito estudado mundialmente, principalmente quando relacionado ao atual contexto das mudanças climáticas. Os perigos do aumento da temperatura global ocasionado principalmente pela falta de controle na emissão de carbono e pela perda de cobertura florestal foram ressaltados por Corninck et al. (2018), onde apontaram como principais medidas mitigadoras desse processo, a redução na emissão de carbono das atividades econômicas, o uso racional dos recursos hídricos, redução das taxas de desmatamento, e principalmente, florestamento e reflorestamento de áreas antropizadas com a introdução das agroflorestas como alternativa sustentável de produção de alimentos.

Os florestamentos em áreas antropizadas contribuem também para o aumento da oferta de madeira legalizada, tendo contribuição notável para a recuperação dos atributos químicos e físicos do solo e redução da pressão sobre as florestas naturais remanescentes, conservando a biodiversidade desses ecossistemas (MACHADO, 2008).

Neste contexto, a *Khaya ivorensis* A. Chev., popularmente chamada de mogno-africano, introduzida em 1976 na região amazônica, apareceu como alternativa de rápida produção de madeira serrada de qualidade que aproxima à da *Swietenia macrophylla* King, (mogno verdadeiro), despontando como uma espécie exótica, procedente das regiões tropicais africanas, visando o desenvolvimento silvicultural na Amazônia (FALESI; BAENA, 1999; GASPAROTO et al., 2001; PINHEIRO et al., 2011).

Embora plantações comerciais venham ocorrendo tanto dentro da sua área natural de distribuição, como também na Ásia e Américas tropicais (LAMPRECHT, 1990, apud. FALESI; BAENA, 1999), o conhecimento silvicultural sobre o comportamento em plantios homogêneos dessa espécie ainda é incipiente quanto a diversos fatores, como: exigências nutricionais, “stress” ocasionado por déficit hídrico, espaçamento, poda, desbaste, crescimento, alternativas de consórcio, controle preventivo de pragas e doenças, etc. (ALVARENGA, 2015).

Um dos fatores, o espaçamento, não pode ser generalizado, devendo levar em consideração a qualidade do sítio, as características da espécie, os objetivos de manejo e as condições de mercado, bem como os métodos de colheita da madeira e/ou outros produtos (SCOLFORO, 1998a). O espaçamento ideal para uma população florestal com

fins madeireiros é aquele capaz de produzir maior volume de madeira em tamanho, forma e qualidade, levando em consideração não apenas os aspectos produtivos, mas também os aspectos financeiros, uma vez que a densidade de um povoamento florestal afeta diretamente os custos de implantação, manutenção e exploração da floresta plantada (SCOLFORO, 1998b).

Diante do exposto, o presente estudo objetivou comparar a sobrevivência, o crescimento e produtividade de madeira por hectare em três cultivos de *Khaya ivorensis* com espaçamentos diferentes (5 x 3 m, 4 x 4 m e 5 x 5 m) instalados no município de Igarapé-Açu, mesorregião nordeste paraense.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado na propriedade rural Fattoria Piave ($1^{\circ}6'36,15''S$ e $47^{\circ}34'28''W$), localizada na Travessa Pantoja, km 2 da Colônia de Jambuassu, município de Igarapé-Açu, estado do Pará. A Fattoria Piave dista 6 km da sede do município de Igarapé Açu. (Figura 2).

Figura 2 – Imagem de satélite de 2018 da localização propriedade da Fattoria Piave (destaque em vermelho), Igarapé-Açu, PA.



Fonte: Google Earth Pro, 2018

A Fattoria Piave é uma propriedade que desenvolve atividades voltadas à pesquisa e produção silvicultural associada à pecuária de pequeno porte há

aproximadamente 30 anos. Anteriormente a área era utilizada por pequenos agricultores para subsistência, bem como a maioria das áreas abertas da microrregião Bragantina. Nesta propriedade, entre as espécies plantadas, está a *Khaya ivorensis* com idades entre 2 e 24 anos em diferentes sistemas de plantio.

O clima na área de estudo é o Ami segundo a classificação de Köppen, apresentando uma precipitação pluviométrica anual média de 2500 mm (PACHECO; BASTOS, 2004). A distribuição da precipitação se compreende em três períodos, sendo o período chuvoso entre os meses de janeiro a julho, o intermediário, com estiagem pouco pronunciada, nos meses de agosto e setembro, e finalmente, o período de estiagem com baixíssimos índices de quedas pluviométricas, compreendido entre os meses de outubro a dezembro. A temperatura média anual é de 26 °C com pouca variação durante o ano. A umidade relativa do ar é elevada, alcançando uma média anual de 90% (FALESI et al., 2012).

Quanto ao solo ocorrente na Fattoria Piave, sua diagênese, procede de sedimentos do pleistoceno, Quaternário, de cujas deposições mineralógicas formam solos arenosos, com baixa fertilidade, sendo evidenciado através dos valores de argila compreendidos entre 150g kg⁻¹ e 350 g kg⁻¹ de argila no horizonte B. São acentuadamente ácidos, com saturação de bases muito baixa, considerados distróficos, capacidade de troca catiônica baixa e os teores de fósforo assimilável são muito baixos.

Possuem perfil diagenético, profundo, bem drenado, e sequência de horizontes A, B e C, com pouca diferenciação de subhorizontes, sendo a transição entre eles, gradual ou difusa. A coloração do horizonte superficial é bruno escuro e os subhorizontes B são amarelados ou bem amarelados.

Uma característica muito importante desses solos é a presença do horizonte coeso, situado entre 20 e 70 cm ou mesmo em maior profundidade, por apresentar dureza acentuada, quando seco, dificultando ou mesmo impedindo a passagem e o desenvolvimento do sistema radicular, que se atrofia, impedindo o crescimento da planta cultivada (JACOMINE, 2001).

Dadas as características do solo da propriedade, segundo o Sistema de Classificação de Solo, quase que em sua totalidade, são classificados como Latossolo Amarelo Distrófico Coeso textura média.

3.2 Localização dos Plantios Estudados

Os plantios de *Khaya ivorensis*, ilustrados em imagem de satélite (Figura 3) foram avaliados quanto ao desenvolvimento dendrométrico até o 7º ano de idade considerando os espaçamentos 5 x 3 m, 4 x 4 m e 5 x 5 m, que serão chamados de tratamentos T1, T2, T3, experimento, respectivamente, em função dos diferentes espaçamentos. Além da avaliação dendrométrica, foram registrados o número de plantas mortas para definição da taxa de sobrevivência alcançada nos diferentes tratamentos.

Figura 3. Distribuição espacial das áreas estudadas T1, T2, T3, dentro da Fattoria Piave.



Fonte: Google Earth Pro

3.3 Descrição das Áreas Estudadas

Os plantios monoespecíficos estudados estão distribuídos por diferentes locais dentro da propriedade e, antes do estabelecimento, foram realizadas amostragens e análises de solo para embasar o calendário de adubação visando fornecer nutrientes para o bom desenvolvimento das *Khaya ivorensis* cultivadas. As análises de solo evidenciaram as 3 áreas dos tratamentos T1, T2 e T3, são similares à descrição dos solos da Fattoria Piave, tanto na quantidade de macro e micronutrientes, quanto na Capacidade de Troca Catiônica (CTC).. Em todos os tratamentos, a correção de solo e fertilização foram realizadas visando reduzir a presença do Al trocável a níveis abaixo 0,3 cmolc/dm³, e elevar a saturação de bases trocáveis a 60%.

3.3.1 Área Khaya T1 – com espaçamento de 5 x 3 m, comportando em 0,6 ha, 400 árvores de *Khaya ivorensis*.

A área era ocupada por pastagem de *Brachiaria brizantha* em declínio de produtividade e servia de pasto para equinos. Em 1996 (em decorrência do rápido crescimento de duas árvores de mogno-africano plantados em 1992) foram plantadas 352 mudas em 0,6 ha de área que foi preparada com aração e gradagem. O plantio foi realizado em covas de 60 x 60 x 60 cm e as mudas foram provenientes das sementes oriundas das matrizes da Embrapa Amazônia Oriental. O coveamento com profundidade acima de 45 cm teve como objetivo perfurar a camada adensada ou coesa, típica dos solos tabuleiros costeiros do Terciário, permitindo melhor aprofundamento da raiz pivotante e até mesmo das raízes secundárias das árvores, melhorando a capacidade de sustentação e absorção de nutrientes das plantas cultivadas (FALESI et al., 2012).

As plantas desta área foram adubadas até o terceiro ano de plantio com base nas análises de solo. Este foi o primeiro plantio monoespecífico de *Khaya ivorensis* instalado na Fattoria Piave.

3.3.2 Área Khaya T2 – Com espaçamento 4x4 m, comportando em 0,5 ha, 312 árvores de *Khaya ivorensis*.

A área em questão (0,5 ha) localiza-se nos limites da propriedade, e foi ocupada por uma antiga produção de forragem de capim camerom (*Pennisetum purpureum*), em declínio de produtividade. Nesta área, em 2002, seria desenvolvido um trabalho, em convênio com a Embrapa Amazônia Oriental, para testar o crescimento e sobrevivência de enxertos de *Khaya ivorensis* em mogno *Swietenia macrophylla* e vice versa. No entanto, devido ao baixo índice de sobrevivência das mudas enxertadas, o experimento foi cancelado, mas ainda assim, pelo menos 14 plantas enxertadas ainda estão presentes entre as árvores plantadas nessa área e não foram avaliadas com as demais árvores de *Khaya ivorensis* plantadas no local.

O preparo da área foi efetuado reduzindo a vegetação remanescente através de roçagens mecanizadas, as covas foram escavadas nas dimensões 60 cm de largura 60 cm de comprimento e 60 cm de profundidade. As mudas foram provenientes das matrizes Embrapa, e foram fertilizadas até o terceiro ano.

3.3.3 Área Khaya T3 – com espaçamento de 5x5 m, comportando em 0,9 ha, 360 árvores de *Khaya ivorensis*.

A área trata-se de um complemento da área Khaya T2, no entanto, com o espaçamento alterado para 5 x 5 m, com o objetivo de observar a diferença de desenvolvimento dendrométrico entre as densidades de 625 árvores ha⁻¹ e 400 árvores ha⁻¹. Esta área também era ocupada por uma antiga produção de forragem de capim camerom, em declínio de produtividade.

Assim como na área Khaya T2, o preparo da área foi efetuado reduzindo a vegetação remanescente através de roçagens mecanizadas, e as covas foram escavadas nas dimensões 60 x 60 x 60 cm. As mudas, provenientes das matrizes da Embrapa Amazônia Oriental e foram fertilizadas até o terceiro ano.

3.4 Implantação e manutenção do plantio

O manejo silvicultural da *Khaya ivorensis* para os tratamentos T1, T2 e T3, foi realizado de forma rudimentar e simples, atendendo às condições mínimas possíveis para o bom desenvolvimento de qualquer espécie arbórea, uma vez que na época de implantação desses 3 cultivos, pouco se conhecia sobre as necessidades da espécie.

As mudas implantadas nas 3 áreas estudadas, foram produzidas na propriedade, em viveiro rústico, com fornecimento diário de água, macro e micronutrientes fornecidos através de fertilizações foliares quinzenais, limpezas mensais de plantas daninhas, e ao final de 3,5 meses de preparo, as mudas encontravam-se aptas ao plantio no campo.

Para promover uma melhor condição ambiental para o crescimento dos mognos africanos, foram realizadas práticas silviculturais para a manutenção dos plantios até o 7º ano de idade, que estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos silviculturais e adubações realizadas nos cultivos de *Khaya ivorensis* estudados na Fattoria Piave.

Tratamento	Controle de vegetação	Controle de pragas e doenças	Adubação
T 1	<ul style="list-style-type: none"> Duas a 3 roçagens mecânicas ao ano. Capina manual ou química da vegetação na zona das raízes (~1,50m de raio do caule da planta) de 3 a 4 vezes ao ano até o 7º ano. 	<ul style="list-style-type: none"> Controle preventivo contra formigas cortadeiras (<i>Atta spp.</i>). Controle preventivo contra abelhas irapuá (<i>Trigona spp.</i>). Controle do “cancro do cortex” da <i>Khaya ivorensis</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> A adubação de cova foi realizada com o aporte de 4 litros de esterco de ovinos curtido, 100 g de calcário dolomítico e 50 g de superfosfato simples por planta. Cada planta foi fertilizada com aproximadamente 250g de N, 500g de P, 400 g de K e os micronutrientes foram fornecidos através da aplicação de 40 g do adubo comercial FTE BR8. essa quantidade de fertilizantes foi aplicada anualmente até o terceiro ano em duas aplicações anuais.
T 2			
T 3			

Fonte: Arquivo Pessoal

Vale destacar a importância da adubação química para a cultura da *Khaya ivorensis*, principalmente quando implantada em solos com baixa fertilidade química, com o objetivo fornecer nutrientes para o fortalecimento das plantas, principalmente nos primeiros anos de plantio, quando as árvores estão mais frágeis e susceptíveis ao ataque de pragas, doenças, e à concorrência com a vegetação que reveste o solo.

As fertilizações foram realizadas sempre no período chuvoso, e divididas em duas aplicações anuais. Houve relatos de ataques de abelhas arapuá, que foram controlados, com a retirada dos ninhos desses himenópteros de uma proximidade de até 100 m do plantio.

3.5 Coleta de Dados Dendrométricos

A coleta de dados foi realizada anualmente nos diferentes plantios, e a metodologia adotada para a obtenção dessas medidas dos tratamentos T1, T2 e T3 foram realizadas de forma aleatória, sempre amostrando percentuais superiores a 5% do total de plantas contidas em cada sistema produtivo, no entanto com diferente número de plantas avaliadas, portanto, os indivíduos foram mensurados ao acaso. As avaliações foram realizadas através da medição direta das variáveis dendrométricas de altura total e diâmetro a altura do peito (DAP) e também foram observados o número de árvores remanescentes em cada sistema produtivo, possibilitando assim, verificar a mortalidade ao longo do tempo em virtude dos diferentes espaçamentos e tratamentos. Para a coleta das alturas das árvores, foram utilizados, escala dendrométrica ou sunto com altura total de 15 m, de fabricação alemã, e quando as alturas apresentavam dimensões maiores à

metragem máxima desta escala, fez-se necessário o uso do clinômetro da marca Vertex. Para a medição do DAP, foi utilizada fita diamétrica da marca Metri.

3.6 Análise de dados

Os dados coletados nas avaliações dendrométricas realizadas nas áreas de plantio, foram analisados quantitativamente, comparando crescimento ao longo do tempo nos diferentes espaçamentos estudados. Também foram avaliadas e comparadas as taxas de mortalidade observadas nos tratamentos estudados, nos diferentes anos de coleta de dados.

Para realizar as comparações de crescimento ao longo do tempo, levou-se em consideração as variáveis dendrométricas coletadas: altura total e DAP; e as variáveis calculadas, (1) área transversal (gi) e (2) volume por planta (vol m³), cujas equações estão descritas na Figura 4.

Figura 4. Fórmulas utilizadas para o cálculo de área transversal e volume por árvore.

1 $gi = \pi \cdot DAP^2/4$	2 $Vol(m^3) = gi \cdot Ht \cdot ff$
Sendo:	
1 Área Transversal: gi área transversal em m ² ; DAP diâmetro a altura do peito em metros	
2 Volume m ³ : Vol(m ³) volume expresso em m ³ ; gi: área transversal; Ht altura total; ff: fator de forma igual a 0,697	

Fonte: Arquivo pessoal

Com o objetivo de estimar o espaçamento que obteve o maior volume (m³/ha) ao final dos sete anos de cultivo, realizou-se um cálculo de volume estimativo por hectare, tomando como base a média de volumetria por árvore calculada para os diferentes espaçamentos, multiplicado pelo número de plantas que ocupariam 1 ha em cada densidade populacional estudada, deduzindo-se a porcentagem de mortalidade obtida em cada tratamento. Vale ressaltar que foi levado em consideração a altura total da árvore, sendo o volume por hectare obtido referente ao total de madeira estimada por árvore incluindo o tronco e a galhada, e não apenas o volume de madeira comercial ou de fuste.

Para calcular a mortalidade de plantas nos tratamentos T1, T2, T3, foram observados e registrados os números de árvores mortas a cada ano levando em consideração o “stand” total.

3.7 Análise estatística

Para comparar o crescimento nos tratamentos T1, T2 e T3, onde não foi definida uma metodologia para padronização da coleta de dados, foi necessário realizar ajuste nos dados e no modelo de análise. Outro fator que interferiu na análise de dados foi a ausência de avaliações em alguns anos. No entanto, para evitar essas interferências, as análises estatísticas foram realizadas levando em consideração as idades em que os três manejos apresentam avaliações, as idades 2, 4 e 7 anos. Para tal, aplicou-se análise univariada em subparcelas em função do tempo para se analisar esses três manejos e suas interações nas idades, observando o comportamento das médias de altura total, DAP e volume por árvore, comparando-as através do teste de Tukey ($p < 0,05$) para se verificar se os espaçamentos diferiram estatisticamente em função do tempo.

A mortalidade nos tratamentos T1, T2 e T3, foram obtidas através da recontagem anual do “stand” total de cada plantio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura total, DAP e volume

Os valores de F, referentes às análises de variância de medidas repetidas nos 2, 4 e 7 anos de idade das árvores, considerando os tratamentos T1, T2 e T3, para as variáveis altura total, DAP e volume por árvore, encontram-se expostos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de F para as variáveis altura total, DAP e volume por árvore.

Variável	Fontes de Variação (Fcalc.)		
	Tratamento	Idade	Tratamento x Idade
Altura (m)	416,21**	1219,85**	43,54**
DAP (cm)	639,11**	1443,62**	88,14**
Vol (m ³ /árv)	379,15**	925,02**	43,60**

Nota: ** altamente significativo ($p < 0,0001$)

De acordo com o verificado na tabela, houve diferença altamente significativa, pelo teste F, para as causas de variação, tratamento, idade e interação entre tratamento e idade, o que pode ser inferido que o ocorrido deve-se ao fato de que todas as variáveis testadas diferiram estatisticamente entre os tratamentos, entre as idades e na interação entre essas duas variáveis.

As variações encontradas foram comparadas através do teste de Tukey ($p < 0,05$), cujos resultados encontram-se registrados na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para altura total (m), DAP (cm) e volume por árvore ($m^3/\text{árv}$).

Idade	Altura (m) Tratamento			DAP (cm) Tratamento			Volume ($m^3/\text{árv}$) Tratamento		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
2	3,8 cB	6,3 cA	6,4 cA	6,4 cB	9,6 cA	9,8 cA	0,00690 cB	0,02315 cA	0,02434 cA
4	8,9 bA	7,5 bB	8,2 bAB	19,7 bA	13,0 bC	18,2 bAB	0,13544 bA	0,05024 bC	0,10646 bB
7	16,2 aA	14,8 aB	15,3 aB	23,2 aAB	22,1 aB	23,8 aA	0,24790 aB	0,18374 aC	0,37698 aA

Nota: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras maiúsculas na mesma linha representam a comparação entre tratamentos de árvores com as mesmas idades, letras minúsculas na mesma coluna representam a comparação de um único tratamento em árvores de diferentes idades. Foi aplicado o teste de Tukey em $p < 0,05$.

A comparação entre as médias, dentro de cada tratamento, nas diferentes idades das árvores, possibilita identificar que o crescimento dendrométrico (altura, DAP e volume) das árvores variaram significativamente com a idade e em função dos diferentes espaçamentos estudados.

Considerando a comparação entre as médias, dentro de cada tratamento, nas diferentes idades das árvores, no referente ao crescimento dendrométrico (altura, DAP e volume) das árvores, o T1, diferiu estatisticamente dos T2 e T3 nos plantios; no referente a altura, entretanto, nas árvores que apresentaram 4 e 7 anos de idade e que foram cultivadas em espaçamentos maiores (T2 e T3), o comportamento foi estatisticamente semelhante, inferindo que o espaçamento influencia na altura das árvores.

A altura das árvores, em todas as idades estudadas entre os tratamentos, o T1, diferiu estatisticamente dos T2 e T3 nos plantios de todas as idades. Nesse parâmetro, destacam-se os tratamentos T3 na idade de 2 anos, o T1 na idade de 4 anos e novamente o T1 na idade de 7 anos, como alcançando as maiores médias de altura por idade, resultados que estão de acordo com as altas médias de altura encontrados por Dupuy e Koua (1993) e Aminah et al. (2005) em plantios de Khaya com maior densidade, no espaçamento de 3 x 3 m.

Os resultados registrados na tabela 5, no referente à altura total das árvores aos 2 e 7 anos de idade, que em média foram, respectivamente, de 6,4 e 15,3 m no plantio de tratamento T3 (5 x 5 m), foram superiores, quando comparados com os encontrados por Sales et al. (2017), no plantio de Khaya, em sistema de monocultivo, utilizando o

mesmo espaçamento, referiram às alturas médias de 2,5 e 10,8 m, respectivamente, nas árvores de 2 e 8 anos de idades.

Esta diferença notável pode estar diretamente relacionada ao manejo nutricional adotado nos dois sistemas, onde no plantio T3 estudado, além da adubação de base, as árvores foram fertilizadas nos três primeiros anos, com dosagens generosas de macronutrientes, e fornecimento de micronutrientes, enquanto no experimento descrito por Sales et al. (2017) foram realizadas apenas a adubação de base e uma aplicação de N e K.

Ressalta-se a importância da nutrição desta espécie para o aumento considerável do crescimento das plantas, concordando com as observações de Jeyanni et al. (2009) sobre a grande influência dos macro e micro nutrientes para a cultura da *Khaya ivorensis*.

Verifica-se na tabela 5, no que tange ao DAP, que aos 2 anos, o T1 diferiu entre os T2 e T3 que mostraram semelhanças. Aos 4 anos os DAP foram estatisticamente diferentes, com as árvores do T1 apresentando maior desenvolvimento nesta variável, quando comparados aos demais tratamentos. No plantio de 7 anos, onde os DAP das árvores não diferiram estatisticamente, considerando o T1, este demonstrou comportamento semelhante aos T2 e T3, ficando o registro do maior DAP no T3 que diferiu estatisticamente do T2, que registrou o menor DAP.

Sousa (2011) testou o crescimento de mogno-africano no espaçamento 4 x 4 m, e obteve médias de 3,62 m de altura e 4,00 cm de DAP aos 2 anos de idade, portanto, médias inferiores às obtidas pelo tratamento T2 com mesmo espaçamento e idade.

Os tratamentos que se destacam por apresentarem as maiores médias de DAP, por idade, foram os tratamentos T3 (9,8 cm) e T2 (9,6 cm), na idade de 2 anos, com médias superiores à encontrada por Carmo (2016) no espaçamento 5 x 5 m (6,07 cm) em árvores da mesma idade.

Aos 4 anos, nos tratamentos T1 e T3, os plantios mostram os maiores desenvolvimentos desta medida dendrométrica nas árvores que registraram, respectivamente, DAP de 19,7 e 18,2 cm, sendo a média de DAP em T3, inferior ao resultado (19,4 cm) encontrado por Soranso et al. (2016) em Khayas com 5 anos de idade, cultivadas em espaçamento similar (5 x 5 m) com irrigação.

Aos 7 anos, novamente T1 e T3 obtiveram as melhores médias de DAP, sendo esses valores corroborado, em parte, com a descrito por Lima et al. (2013) que afirmaram que os maiores incrementos diamétricos estão relacionados à menores

densidades de plantio, entretanto, no presente estudo, a menor densidade, por estar disposta em espaçamento intermediário de 5 x 3 m, apresentou média de DAP, semelhantes ao 5 x 5 m até esta idade, sugerindo que o maior espaçamento nas entrelinhas do plantio (5 m) no tratamento T1, foi determinante para este desempenho.

Em relação ao DAP, Silva et al. (2016), testaram o crescimento de mogno-africano em espaçamento 5 x 5 m no município de Terra Alta – PA, e obteve 6,67 cm aos 2 anos e 14,22 cm aos 4 anos, medias inferiores aos diâmetros encontrados no tratamento T3, com 9,8 cm aos 2 anos e 18,2 cm aos 4 anos, o que também pode estar relacionado à nutrição das plantas de mogno durante as fases de crescimento relatadas.

Para a variável volume por planta, os tratamentos que se destacaram, na idade de 2 anos foram os tratamentos T2 e T3, com 4 anos de idade o tratamento T1 e aos 7 anos o tratamento T3, as árvores obtiveram as maiores médias.

Observando-se as médias obtidas nos distintos espaçamentos de plantio, foi possível identificar as diferentes dinâmicas de crescimento das plantas com o passar dos anos, destacando o maior crescimento em altura e DAP no tratamento T1, e aos 7 anos o tratamento T3 destacando-se com as maiores médias de volume/árvore.

Os resultados estão de acordo com os encontrados por Silva et al. (2016), que testando diferentes espaçamentos para a cultura da Teca, verificaram que os melhores desempenhos de crescimento ocorreram em plantios com espaçamentos intermediários de 4 x 2 m e 5 x 2 m, similares ao espaçamento intermediário 5 x 3 m do tratamento T1 para a cultura do mogno-africano aqui estudado.

Com base na volumetria por árvore, no número de árvore/ha e, considerando a sobrevivência em cada tratamento, o volume total m³/ha (tronco e galhada) obtidos para os 3 espaçamentos aos 7 anos de idade, foram 132,38 m³/ha no tratamento T1, 98,49 m³/ha no T2 e 130,06 m³/ha no T3 com menor adensamento.

Observando os valores estimativos calculados, é possível relatar que apesar do tratamento T3 ter o menor número de árvores/ha, o incremento individual de volumetria por árvore compensou o menor número de indivíduos, proporcionando valor similar ao encontrado no tratamento T1, com maior número de plantas. Portanto cabe destacar o bom desempenho observado para o espaçamento intermediário (5 x 3 m), bem como é possível verificar o elevado incremento do tratamento T3, mesmo este com 189 indivíduos a menos que o T1 por hectare.

Os resultados encontrados, estão de acordo com a hipótese 2 do estudo, onde esperava-se um desempenho volumétrico superior dos plantios mais adensados, no

entanto, é possível afirmar que o espaçamento T1, pouco terá incremento nas idades seguintes devido o menor espaço, enquanto o espaçamento T3 provavelmente continuará incrementando sua volumetria, por ainda ter espaço para crescer diametricamente. Este resultado é corroborado com os obtidos por Silva et al. (2016), que ressaltaram o desempenho superior em espaçamentos intermediários no cultivo da teca.

4.2 Sobrevivência

Analisando os dados referentes a taxa de sobrevivência das plantas em função dos diferentes espaçamentos, nas idades 2, 4 e 7 anos, registrados na tabela 4, é possível destacar o maior percentual de sobrevivência no tratamento T3 (espaçamento 5 x 5m), que registrou 86,3% de plantas vivas aos 4 e 7 anos cultivo, 6,1% maior que o T1 e 0,5% maior ao T2. Ressalta-se que o maior percentual de mortalidade (19,8%) foi calculado no tratamento T1, com espaçamento 5 x 3 m, até os 7 anos de idade.

Tabela 4. Percentual de sobrevivência acumulada até o 7º ano de cultivo dos tratamentos T1, T2, T3

Idade (anos)	Percentual de Sobrevivência (%)		
	T1	T2	T3
2	86,8	91,3	90,4
4	80,2	85,8	86,3
7	80,2	85,8	86,3

Sousa (2011), avaliando o crescimento e mortalidade de *Khaya ivorensis* em espaçamento semelhante ao T2 (4x4), obtiveram uma taxa de sobrevivência de 68,5% em 40 meses de cultivo, média muito inferior aos 85,8% encontrados no tratamento citado com idade de 48 meses.

Os resultados encontrados, neste estudo, seguiram a mesma dinâmica daqueles obtidos por Silva et al. em 2016, para a cultura da teca, cujos melhores desempenhos de sobrevivência foram observados nos maiores espaçamentos estudados por eles, provavelmente ocasionado pela menor competição intraespecífica por luz, água e nutrientes.

Ressalta-se que os resultados registrados no tratamento T3 (5x5), foram inferiores aos encontrados por Sales et al. em 2017, que utilizaram o mesmo espaçamento de cultivo para a *Khaya ivorensis*, e obtiveram aos 8 anos do plantio, sobrevivências de 88,30% em iLPF e 89,40% em monocultivo. A diferença observada

entre os percentuais de sobrevivência, pode estar relacionada aos diferentes manejos e tratos culturais utilizados nos estudos realizadas.

As taxas de sobrevivência foram crescentes conforme o aumento do espaçamento de plantio, bem como era previsto na primeira hipótese deste estudo.

5 CONCLUSÃO

De acordo com as condições em que foi conduzido o presente estudo, conclui-se que o espaçamento influenciou no desenvolvimento das árvores de *Khaya ivorensis* no que tange as variáveis estudadas, mesmo considerando que o menor espaçamento refletiu na altura, o espaçamento 5 x 5 m foi o que proporcionou o melhor desenvolvimento das árvores, com maior percentual de sobrevivência, considerando a menor concorrência intra-específica e melhores média de DAP, volumetria por planta e por hectare, mesmo com número de árvores/ha inferior aos espaçamentos mais densos (5 x 3 m e 4 x 4 m), demonstrando maior viabilidade técnica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, D. N.. **Avaliação do crescimento em diâmetro do mogno-africano (*Khaya ivorensis*), implantado em Rive, município de Alegre – ES.** Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. 2015

AMINAH, H.; INTAN, Z.B.; ROSDI, K.; ROZIHAWATI, Z.; AHMAD FAUZI, 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; 2005; Ho Chi Min City. Vietnam; 2005 [citado em 2013 aug 13]. p. 1-6. Disponível em: <http://vafs.gov.vn/en/2006/06/growth-performance-of-somedipterocarps-and-non-dipterocarps-planted-fromrooted-cuttings/> Acesso em: 12/12/2017.

CARMO, R. F. **Levantamento quali quantitativo de *Khaya ivorensis* em plantio irrigado no norte de Minas Gerais.** Universidade Federal do Paraná. Trabalho de Conclusão Pós Graduação MBA em Gestão Florestal. 41 p. Curitiba. 2016.

CONINCK, H. REVI, A. BABIKER, M. BERTOLDI, P. BUCKERIDGE, M. CARTWRIGHT, A. DONG, W. FORD, J. FUSS, S. HOURCADE, JC. LEY, D. MECHLER, R. NEWMAN, P. REVOKATOVA, A. SCHULTZ, S. STEG, L. **Strengthening and implementing the global response.** In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Sugiyama, 2018.

DUPUY, B.; KOUA, M. **The African mahogany plantations. Their silviculture in the tropical rain forest of the Côte d'Ivoire.** Bois et Forêts des Tropiques, v. 236, p. 25-42, 1993.

FALESI, I. C., BAENA, A. R. C. **MOGNO-AFRICANO *Khaya ivorensis* A. Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo.** Belém, Pará, 1999. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7506/Documentos_04_1999.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 mai. 2017.

FALESI, I. C.; BITTENCOURT, I. C. F. P. M.; BITTENCOURT, R. H. F. P. M.; LAU, H. D.; BAENA, A. R. C.. **Sistema silvipastoril sustentável com ovinos em pastejo rotacionado intensivo.** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 84p. : il. 2012

GASPAROTTO, L., HANADA, R.E., ALBUQUERQUE, F.C. & DUARTE, M.L.R. **Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* em mogno-africano.** Fitopatologia Brasileira 26:660-661. 2001.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto PRODES - monitoramento da floresta amazônica por satélite.** Disponível em:

<<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>> Acesso em: 24/11/2018.

JACOMINE, P.K.T. **Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil:** In: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros, 2001, Aracaju. Anais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 19-46.

JEYANNY, V.; AB RASIP, A.G.; WAN RASIDAH, K.; AHMAD ZUHAI, Y. **Effects of macronutrient deficiencies on the growth and vigour of *Khaya ivorensis* seedlings.** Journal of Tropical Forest Science; v .21,n.2, p. 73-80, 2009.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: – Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, GTZ, 1990. 343 p.

LEMMENS, R. H. M. J., 2008. *Khaya ivorensis* A. Chev. [Internet] Record from Protabase. Louppe, D., Oteng-Amoako, A. A. and Brink, M. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <<http://77database.prota.org/search.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

LIMA, R.; INOUE, M. T.; FILHO, A. F.; ARAUJO, A. J.; MACHADO, S. A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 223-230, 2013.

MACHADO, M. R. Plantios Florestais na Amazônia Central: Biometria, ciclagem bioquímica e alterações edáficas / Murilo Rezende Machado.--- Manaus : [s.n.], 2008.

PACHECO, N. A.; BASTOS, T.X. Boletim Agrometeorológico 2004 Igarapé-Açu, PA. Belém, Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 216, ISSN 1517-2201. 2005.

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

SALES, A.; SILVA, A.R.; VELOSO, C.A.C; MIRANDA, B.M. Desempenho do Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no sistema Ilpf em Terra Alta-PA. In VI Simpósio de estudos e pesquisas em ciências ambientais na Amazônia. Anais, vol. I, p.29. Belém (PA), 29 de novembro a 1 de dezembro 2017. ISSN 2316-7637.

SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998(a). 438p.

SCOLFORO, J.R.S. Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. Lavras: UFLA/FAEPE; 1998 (b).

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. **Incremento diamétrico do mogno-africano em resposta à diferentes sistemas de cultivo.** Anais VIII Encontro Amazônico de Agrárias. Livro XI. Belém. 2016

SOUSA, V. G. Comportamento Silvicultural e Dinâmica de serapilheira em plantios de duas espécies florestais na Amazônia Oriental Brasileira. (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Pará, MPEG e Embrapa. 111p. Belém, 2011.

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, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 519-526, jun. 2016. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.24](https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.24)

3 CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E SOBREVIVÊNCIA DE *Khaya ivorensis* A. CHEV (MOGNO-AFRICANO) ATÉ O 7º ANO, NO ESPAÇAMENTO 6 x 6 m TRIANGULAR CULTIVADA NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-AÇU, NORDESTE PARAENSE

O presente capítulo objetivou analisar, o crescimento, a produtividade de madeira de fuste por hectare e a sobrevivência de um cultivo de *Khaya ivorensis* – Mogno-africano, no espaçamento 6 x 6 m em triângulo, durante 7 anos de idade no município de Igarapé-Açu, localizado na mesorregião nordeste paraense. O experimento foi instalado na propriedade rural Fattoria Piave, em um plantio de 2,2 ha com 550 plantas instaladas. A coleta dos dados dendrométricos(alturas total, de fuste e DAP) e de sobrevivência, foi realizada anualmente em 4 unidades amostrais fixas contendo 25 árvores cada, pelo período de 7 anos. Foram calculados o volume por hectare e os referentes Incrementos Correntes e Médios Anuais. A análise dos dados foi realizada através de ANOVA GLM, para melhor estudar as médias e as tendências de crescimento para as diferentes variáveis estudadas. Como resultados foi possível observar o satisfatório crescimento nas alturas total e de fuste, semelhantes a outros cultivos registrados na bibliografia sobre a espécie, com maiores densidades de povoamento. Para a variável DAP foi relatado um crescimento superior ao encontrado em cultivos com densidades maiores, exceto quando comparados à cultivos irrigados. A produtividade calculada atingiu ao 7º ano 51,38 m³/ha, com incrementos corrente e médio crescentes até o 6º ano de plantio e a sobrevivência calculada atingiu média de 86% nas 4 unidades amostrais aos 7 anos. Contudo concluiu-se que o plantio desta espécie em espaçamento amplo apresenta crescimento em alturas e DAP satisfatórios, exceto quando atacados por pragas que afetam a brotação apical, atingindo produtividade similar à obtida em cultivos com a espécie em densidades maiores e em comparação com outras espécies nobres em espaçamento mais curto. A sobrevivência foi satisfatória, e grande parte da mortalidade relatada ocorreram devido à fatores não relacionados ao espaçamento.

Palavras Chave: *Khaya* ; Crescimento ; Produtividade; Sobrevivência; Espaçamento Amplo.

GROWING , PRODUCTIVITY AND SURVIVAL OF *Khaya ivorensis* A. CHEV (AFRICAN MAHOGANY) UNTIL THE 7° YEAR ON 6X6m TRIANGULAR SPACING CULTIVATED ON IGARAPÉ AÇU MUNICIPALITY , NORTHEASTERN OF PARÁ STATE.

ABSTRACT

This chapter has the purpose of analysing the growing and the productivity of the tree trunk per hectare and the survival of *Khaya ivorensis* (African mahogany) on 6x6m triangle spacing, during its 7 years of age on the Municipality of Igarapé Açú , located on the meso region of the Pará northeastern . The experiment was installed on the rural farm Fattoria Piave , on a plantation of 2,2 hectares having 550 trees . The collection of the dendometric data (total highness, of the trres trunk , and CHD) and the survival , was made annually in 4 sampling unities having 25 trees each, on a 7 years lasting period of time. Was calculated the volume by hactare and its growing a the moment and annual averages . Data analysis were made throughout ANOVA GLM , to better study the averages and the tendencies of growing to the differents variables studied . As the results was possible to observe the satisfactory growing on total high and of the tree trunk , similar to others species registered on the bibliography about the specie , with higher densities of settling . To the variable CHD was related a growing superior to the ones found on cultivation of higher densities, except when compared to irrigated plantations. The calculated productivity reached on the 7° year 51,38 m³/hectare, with current increasings and average growing until the 6° year of age and the survival calculated reached average of 86% on the 4 samples unities on the 7 years . Threfore we conclude that the plantation of this specie on broad spacing shows growing in high and CHD satistatory, except when attacked by pests diseases that affect the apical budding , reaching productivity similar to the ones cultivated in higher densities and when compared to others nobles species in shorter spacings . The survival was satisfactory , and the great part of the mortality related occured due to factors not related with the spacing.

Keywords: Khaya; Growth ; Productivity; Survival; Wide Spacing.

1 INTRODUÇÃO

O desflorestamento na região amazônica é um tema discutido mundialmente, principalmente quando relacionado ao atual cenário das mudanças climáticas pelo qual o planeta vem passando nos últimos anos.

O reflorestamento de áreas antropizadas com uso de espaçamentos amplos, possibilita a introdução das agroflorestas como alternativa sustentável de produção de alimentos, que segundo Corninck et al. (2018), é uma das principais medidas mitigadoras aos altos níveis de carbono que contribuem significativamente para o aumento da temperatura global.

Dados publicados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, (2018) relatam que o estado do Pará foi responsável por 2.840 (35,9%) km² desmatados na Amazônia legal, que totalizou uma área desmatada de 7.900 km² em 2018.

A mesorregião nordeste Paraense teve maior parte de sua vegetação natural fortemente alterada devido quase um século de uso antrópico das matas primárias que existiam nos 83.316,02 km² de extensão desta mesorregião, o que resultou na derrubada de cerca de 65% desta cobertura vegetal, demonstrando a real necessidade de uso sustentável dessas áreas antropizadas, visando a recuperação ambiental e geração de emprego e renda no âmbito local (CORDEIRO et al., 2017).

Os florestamentos em áreas antropizadas contribuem para o aumento da oferta de madeira legalizada, tendo contribuição notável para a recuperação dos atributos químicos e físicos do solo e redução da pressão sobre as florestas naturais remanescentes, conservando a biodiversidade desses ecossistemas (MACHADO, 2008).

Neste contexto, *Khaya ivorensis* A. Chev., popularmente chamada de mogno-africano, introduzida em 1976 na região amazônica, aparece como alternativa de rápida produção de madeira serrada de qualidade que aproxima à da *Swietenia macrophylla* King, (mogno verdadeiro), despontando como uma espécie exótica, procedente das regiões tropicais africanas, visando o desenvolvimento silvicultural na Amazônia (FALESI; BAENA, 1999; GASPAROTO et al., 2001; PINHEIRO et al., 2011).

Embora plantações comerciais venham ocorrendo tanto dentro da sua área natural de distribuição, como também na Ásia e Américas tropicais (LAMPRECHT, 1990, apud. FALESI; BAENA, 1999), o conhecimento silvicultural sobre o comportamento em plantios homogêneos dessa espécie ainda é incipiente quanto a diversos fatores, como: exigências nutricionais, “stress” ocasionado por déficit hídrico,

espaçamento, poda, desbaste, crescimento, alternativas de consórcio, controle preventivo de pragas e doenças, etc. (ALVARENGA, 2015).

Um dos fatores, o espaçamento, não pode ser generalizado, devendo levar em consideração a qualidade do sítio, as características da espécie, os objetivos de manejo e as condições de mercado, bem como os métodos de colheita da madeira e/ou outros produtos (SCOLFORO, 1998a).

O espaçamento ideal para uma população florestal com fins madeireiros, é aquele capaz de produzir maior volume de madeira em tamanho, forma e qualidade, levando em consideração não apenas os aspectos produtivos, mas também os aspectos financeiros, uma vez que a densidade de um povoamento florestal afeta diretamente os custos de implantação, manutenção e exploração da floresta plantada (SCOLFORO, 1998b).

Em espaçamentos maiores é comum as árvores exibirem maior crescimento em diâmetro e maiores taxas de sobrevivência, pois há maior espaço para o crescimento individual das árvores, favorecendo o desenvolvimento da planta e maior incremento diamétrico, graças ao reduzido número de indivíduos por hectare (LIMA et al., 2013), que permite o consórcio com outras espécies florestais de ciclo curto e até mesmo a introdução das agroflorestas, otimizando o uso sustentável da terra.

Diante do exposto, o presente estudo objetivou mensurar o crescimento e produtividade de um cultivo de *Khaya ivorensis* implantado no espaçamento 6 x 6 m em triângulo, até os 7 anos de idade, no município de Igarapé-Açu, mesorregião nordeste paraense.

2 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado na propriedade rural Fattoria Piave (1°6'36,15''S e 47°34'28''W), localizada na Travessa Pantoja, km 2 da Colônia de Jambuassu, município de Igarapé-Açu, estado do Pará. A Fattoria Piave dista 6 km da sede do município de Igarapé Açu. (Figura 2).

Figura 2 – Imagem de satélite de 2018 da localização da sede da Fattoria Piave (destaque em vermelho), Igarapé-Açu, PA.



Fonte: Google Earth Pro

A Fattoria Piave é uma propriedade que desenvolve atividades voltadas à produção silvicultural e pecuária de pequeno porte há aproximadamente 30 anos. Anteriormente a área era utilizada por pequenos agricultores para subsistência, bem como a maioria das áreas abertas da microrregião Bragantina, pertencente à mesorregião Nordeste Paraense. Nesta propriedade, entre as espécies plantadas, está a *Khaya ivorensis* com idades entre 2 e 24 anos em diferentes sistemas de plantio.

O clima na área de estudo é o Ami segundo a classificação de Köppen, apresentando uma precipitação pluviométrica anual média com base em uma série histórica, de 2500 mm (PACHECO; BASTOS, 2004).

A distribuição da precipitação se compreende em três períodos, sendo o período chuvoso entre os meses de janeiro a julho, o intermediário, com estiagem pouco pronunciada, nos meses de agosto e setembro, e finalmente, o período de estiagem com baixíssimos índices de quedas pluviométricas, compreendido entre os meses de outubro a dezembro, evidenciados na Tabela 1, com a temperatura média anual em torno de 26 °C com pouca variação durante o ano e a umidade relativa do ar é elevada, alcançando uma média anual de 90% (FALESI et al., 2012).

Tabela 1 Distribuição de precipitações pluviométricas com base em série histórica para o município de Igarapé-Açu.

Mês	Precipitação pluviométrica (mm)	Somatória da pluviosidade nos períodos chuvoso e de estiagem (mm e %)
Janeiro	295	
Fevereiro	364	
Março	481	
Abril	415	2.294 mm (91,76%)
Mai	289	
Junho	197	
Julho	146	
Agosto	117	
Setembro	52	
Outubro	38	206 mm (8,24%)
Novembro	30	
Dezembro	86	
Média	2500	

Fonte: Pacheco e Bastos, 2004 - Modificado

Quanto ao solo ocorrente na Fattoria Piave, sua diagênese, procede de sedimentos do pleistoceno, Quaternário, de cujas deposições mineralógicas formam solos arenosos, com baixa fertilidade, sendo evidenciado através dos valores de argila compreendidos entre 150g kg^{-1} e 350g kg^{-1} de argila no horizonte B. são acentuadamente ácidos, com saturação de bases muito baixa, considerados distróficos, capacidade de troca catiônica baixa e os teores de fósforo assimilável são muito baixos.

Possuem perfil diagenético, profundo, bem drenado, e sequência de horizontes A, B e C, com pouca diferenciação de sub-horizontes, sendo a transição entre eles, gradual ou difusa. A coloração do horizonte superficial é bruno escuro e os sub-horizontes B são amarelados ou bem amarelados.

Uma característica de extrema importância nesses solos é a presença do horizonte coeso, situado entre 20 e 70 cm ou mesmo em maior profundidade, por apresentar dureza acentuada, quando seco, dificultando ou mesmo impedindo a passagem e o desenvolvimento do sistema radicular, que se atrofia, impedindo o crescimento da planta cultivada (JACOMINE, 2001).

Dadas as características do solo da propriedade, segundo o Sistema de Classificação de Solo, são classificados como Latossolo Amarelo Distrófico Coeso textura média.

3.2 Área Khaya T 6X6 – com espaçamento de 6 x 6 m, em triângulo equilátero, comportando em 2,2 ha, 550 árvores de *Khaya ivorensis*.

Área denominada “C1 Khaya 2011”, foi um dos últimos plantios monoespecíficos de *Khaya ivorensis* instalados na propriedade, tendo sido aplicadas práticas de preparo de área, espaçamento, manejo silvicultural e acompanhamento, em função dos resultados obtidos das observações, dos cultivos mais antigos implantados e conduzidos na Fattoria Piave até 2011.

A área onde foi implantado este cultivo, inicialmente era uma pastagem de *Brachiaria brizantha* em acentuado declínio de produtividade, que em 2001 foi preparado para instalação de um consórcio florestal de mogno brasileiro (*Swiethenia machrophylla*) x Nim indiano (*Azadiractha indica*), que com 10 anos de idade, em 2010, apresentava crescimento muito lento, provavelmente devido às condições de baixa fertilidade química e física apresentada por estes solos.

Em outubro de 2010, a cobertura vegetal do local foi retirada, para dar início aos preparos necessários para a instalação do plantio de mogno-africano, com espaçamento de 6 x 6 m em triângulo equilátero, com práticas intensivas com o objetivo de acelerar o crescimento das árvores mesmo quando plantadas em solos de baixa fertilidade.

3.3 Caracterização edáfica da área de plantio

A primeira ação tomada, ainda em 2010, com o objetivo de conhecer as propriedades químicas e granulométricas, foi o diagnóstico edáfico da área, através de análises de fertilidade macro e micronutrientes e granulometria, em superfície e em subsuperfície.

Três amostras de superfície, compostas por 12 amostras simples cada, foram coletadas em pontos aleatórios distribuídos pela área, enquanto que as amostras de subsuperfície foram obtidas em uma trincheira aberta no centro da área, onde foram coletadas amostras de 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm para determinações químicas e granulométricas, que posteriormente foram analisadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, cujos resultados encontram-se mostrados no Apêndice II.

Os resultados das análises químicas demonstraram baixa capacidade de troca dos solos incidentes na área, enquanto que as determinações granulométricas evidenciaram altos teores de areia nas camadas superficiais, e em profundidade até os

40 cm, demonstrando a baixa capacidade de retenção de água e nutrientes nesta faixa do perfil.

Analisando-se o perfil do solo através das trincheiras, foi possível identificar uma camada coesa com espessura de 3 a 4 cm, há 53 cm de profundidade, típica dos solos tabuleiros costeiros do Terciário, barreira física essa que poderia limitar consideravelmente a expansão em profundidade das raízes (FALESI et al., 2012).

Avaliando as características do solo da área de plantio ficou evidente a necessidade de calagem e gessagem, bem como a necessidade de aporte de nutrientes e matéria orgânica, visando tornar o ambiente edáfico mais fértil, com maior capacidade de troca e retenção de água, portanto prontas a receber as mudas, que serão as futuras árvores do plantio.

3.4 Implantação e manutenção do cultivo

Em 2010, as arvoretas de nim e mogno que cobriam a área foram retiradas, junto com suas raízes, e a área passou pelo processo de correção do solo em subsuperfície com o uso de sulfato de cálcio hidratado - gesso agrícola e de superfície com o uso de carbonato de cálcio e magnésio - Calcário dolomítico, na base de 1,5 t/ha e 2 t/ha respectivamente espalhados à superfície do solo.

Evitou-se o uso de implementos como arado e grade, uma vez que, segundo a análise, tratava-se de um solo de textura arenosa nas camadas superficiais, chegando à um máximo de 36% de argila à 60 cm de profundidade, portanto, um solo com alta susceptibilidade à ação erosiva das intemperes quando exposto.

O manejo silvicultural adotado no cultivo T 6 x 6, foi planejado com base nas observações feitas em plantios mais antigos da propriedade, principalmente relacionadas ao crescimento das plantas com a redução da densidade de plantio, práticas que mostraram efeito positivo significativo no desenvolvimento das plantas e controle preventivo de pragas e doenças observadas.

A correção do solo foi realizada com base nos resultados analíticos de solo, corrigindo a acidez na superfície com o uso do calcário dolomítico e em subsuperfície com a incorporação de gesso agrícola (insumo até então pouco utilizado no ambiente amazônico) que age neutralizando o alumínio em até um metro de profundidade.

Outro diferencial foi a escolha de uma cova de plantio vasta, preenchida com alto teor de matéria orgânica, para reduzir os impactos ocasionados pelo déficit hídrico em períodos de estiagem, uma vez que não se tinha a intenção de fornecer água às

plantas através de irrigação e para elevar a Capacidade de Troca Catiônica na zona das raízes.

As mudas utilizadas para o plantio, foram produzidas na propriedade, utilizando sementes procedentes de uma matriz (matriz Khaya, 1992) presente na mesma, descendente direta das árvores pioneiras da Embrapa Amazônia Oriental (Figura 3).

Figura 3 Matriz *Khaya ivorensis* plantio 1992, altura de fuste 10,2 m e DAP 86 cm com 18 anos de idade.



Fonte: Arquivo pessoal

Em viveiro rústico, porém funcional, as mudas foram abrigadas por 3,5 meses até que atingissem alturas entre 30 e 50 cm, com boa formação e folhas saudáveis, estando, portanto, aptas ao plantio definitivo.

Em março de 2011, implantou-se 550 mudas de *Khaya ivorensis* provenientes da Matrizes Piave 1992, sendo portanto, a segunda geração das sementes geradas pelas matrizes da Embrapa Amazônia Oriental.

As mudas foram plantadas em covas com dimensões de 80 x 80 x 90 cm, espaçadas umas das outras em 6 m, em formato de triângulo equilátero e preenchidas por mistura contendo 40% de esterco de ovinos curtido misturado a 30% de terra preta, 30% terra do local, 100 g folhas de nim trituradas, 20g calcário, 50 g de superfosfato simples.

O espaçamento utilizado e descrito acima, também foi recomendado por Said (2011) para o cultivo de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) - Cupuaçu, por permitir um melhor aproveitamento da área, com o aumento de aproximadamente 15% do número de plantas por hectare em relação ao espaçamento quadrático usual.

O controle da vegetação da superfície foi intensivo, principalmente até o terceiro ano de idade, onde foram mantidas limpas as coroas das plantas em um raio de aproximadamente 1,5m, e a vegetação das entre linhas foram controladas de 3 a 4 vezes ao ano, reduzindo significativamente a concorrência por água e nutrientes, melhorando assim o crescimento dos mognos cultivados.

Uma prática considerada essencial no manejo silvicultural deste sistema de cultivo foi a “cobertura morta”, sempre realizada no final do período chuvoso, utilizando o material roçado da vegetação de revestimento das entre linhas de plantio (Figura 4).

Figura 4 Cobertura morta feita com material da roçagem recobrendo a zona das coroas em plantas do T 6x6 com 9 meses de idade, 2011.



Fonte: Arquivo pessoal

A prática da cobertura morta é essencial não apenas para amenizar os efeitos causados pelo elevado calor e baixa umidade dos períodos de estiagem, mas também serve para manter úmida a região superficial da rizosfera, protegendo as raízes absorventes da incidência direta dos raios solares, contribuindo também para a manutenção da atividade micrológica do solo, melhorando a fertilidade edáfica com a adição de matéria orgânica (MURGA-ORRILLO, 2016).

O controle de pragas incidentes no plantio foi realizado de forma preventiva, controlando ninhos de formigas cortadeiras e abelhas arapuá em um raio de 50 m da área de plantio. Mesmo com o controle preventivo de pragas, no final do ano de 2013, relatou-se um severo ataque de formigas cortadeiras e abelhas arapuá, concentrado

principalmente na lateral oeste do plantio que dista menos de 100 m da divisa com a propriedade vizinha.

O manejo nutricional foi ajustado com base em análises de solo e visando fornecer macro e micronutrientes em dosagens generosas, seguindo um calendário de adubação (Apêndice III) e visando maximizar o aproveitamento dos nutrientes fornecidos nas adubações, as quantidades fornecidas anualmente foram fracionadas, devido à baixa capacidade de retenção do solo da área de estudo e, por conseguinte, encurtar o ciclo de corte do povoamento florestal.

A quantidade de fertilizantes utilizados neste sistema buscou transformar um ambiente edáfico quimicamente pouco fértil em um ambiente rico em nutrientes disponíveis à absorção pelas plantas, assim como realizado nos demais tratamentos. Outra estratégia utilizada para otimizar a ação dos fertilizantes, foi o maior parcelamento das aplicações de fertilizantes químicos, reduzindo assim perdas por lixiviação e/ou volatilização.

3.5 Coleta de Dados Dendrométricos

No tratamento T 6 x 6 m em triângulo equilátero, foram instaladas quatro unidades amostrais permanentes, cada uma contendo 25 plantas para permitir que as mesmas árvores fossem medidas ao longo dos sete anos de idade, no final do período chuvoso, geralmente nos meses de julho ou agosto. As parcelas foram demarcadas no plantio (Figura 5) utilizando quatro piquetes de madeira, estabelecidos nos limites de cada parcela.

Figura 5 Imagem da área de plantio com a identificação das unidades amostrais fixas



Fonte: Google Earth Pro

As avaliações foram realizadas através da medição direta das variáveis dendrométricas altura total, altura de fuste (ou altura comercial) e diâmetro a altura do peito (DAP). Além disso, foram observados o número de árvores remanescentes em cada unidade amostral, possibilitando assim, verificar a mortalidade ao longo do tempo em função do espaçamento e manejo adotados.

Para a coleta das alturas das árvores, foram utilizados, escala dendrométrica ou suntuo com altura total de 15 m, de fabricação alemã, e quando as alturas apresentavam dimensões maiores à metragem máxima desta escala, fez-se necessário o uso do clinômetro da marca Vertex. Para a medição do DAP, foi utilizada a fita diamétrica da marca Metri.

Para a definição do Fator de Forma, em agosto de 2018, foram cubadas 10 árvores com idade de 7 anos, presentes no tratamento T 6 x 6 m, de acordo com a metodologia proposta por Couto et al. (1989), e o cálculo do volume do sólido, que representa o volume real da árvore, foi realizado com o uso da fórmula de Smalian, obtendo-se um Fator de Forma médio de 0,697, com desvio padrão de 0,045.

As árvores selecionadas para cubagem, foram escolhidas de acordo com a média de diâmetro encontrado para o plantio, sendo três árvores com diâmetros inferiores à média, 4 árvores com diâmetros próximos ou similares ao médio e três árvores com diâmetros acima do médio, para melhor representar a população estudada. Os indivíduos abatidos para a determinação do Fator de Forma encontravam-se localizados próximos às unidades amostrais.

3.6 Análise de dados

Os dados coletados nas avaliações dendrométricas realizadas nas áreas de plantio, foram analisados quantitativamente, comparando crescimento ao longo do tempo nos diferentes espaçamentos estudados. Também foram avaliadas e comparadas as taxas de mortalidade observadas nos tratamentos estudados, nos diferentes anos de coleta de dados.

Para realizar as comparações de crescimento ao longo do tempo, foram consideradas as variáveis dendrométricas coletadas, de altura total e DAP; e as variáveis calculadas de área transversal (gi) através da fórmula expressa abaixo:

$$g_i = \pi \cdot DAP^2/4$$

Sendo: g_i – área transversal em m^2 ; DAP – diâmetro à altura do peito expressa em metros.

Para o cálculo da volumetria/ha utilizou-se a área basal, que é a somatória das áreas transversais das árvores de cada unidade amostral multiplicado pelo fator de proporcionalidade (resultado da divisão da área de 1 ha pela área de cada unidade, $900m^2$, cujo resultado é expresso em m^3/ha).

Os cálculos de incremento corrente anual em volume por hectare (ICAvol), corresponde ao crescimento das árvores no período de um ano, e do incremento médio anual em volume (IMAvol), que diz respeito à média anual de crescimento das árvores para qualquer idade, foram realizados para o tratamento T 6 x 6 com base nas seguintes equações:

$$ICAvol = Y_{(t+1)} - Y(t)$$

$$IMAvol = Y_t / t_0$$

Sendo: ICAvol = incremento corrente anual em volume por hectare; $Y_{(t+1)}$ = produção da variável volume por hectare na idade posterior; Y_t = produção da variável volume por hectare na idade anterior. IMAvol = incremento médio anual em volume por hectare; Y = produção da variável volume em uma determinada idade; t_0 = idade do plantio.

Para calcular a mortalidade de plantas no tratamento T 6 x 6, foram registrados, levando em consideração, o total de árvores constantes de cada unidade (25) para as 4 unidades amostrais (100 árvores), possibilitando-se além do cálculo de mortalidade, mostrar o desvio padrão ocorrido nas 4 repetições.

A equação usada para o cálculo das taxas anualizadas de mortalidade no tratamento T 6 x 6, proposta por Sheil et al. (1995), foi:

$$m = [1 - (N_{t2} / N_{t1})^{(1/t)}] * 100$$

Sendo: N_{t1} = número de plantas vivas na amostragem inicial, N_{t2} = número de plantas que sobreviveram até a segunda amostragem, e t = anos entre a primeira e a segunda amostragem.

O programa utilizado para o processamento de dados foi o SAS University. Foram realizadas comparações estatísticas pelo método ANOVA de parcelas subdivididas no tempo e para melhor estudar a curva de crescimento em altura total, DAP e volume/ha, aplicou-se a análise de regressão. Este modelo foi utilizado para analisar os dados dendrométricos de avaliações realizadas em plantios de *Khaya ivorensis* cuja parcela amostral é fixa, ou seja, quando as árvores avaliadas anualmente são as mesmas, no caso o tratamento T 6 x 6 e suas quatro parcelas amostrais (NOBRE; SINGER, 2007). O uso do procedimento GLM (General Linear Models) deu-se por conta da necessidade de se ajustar o modelo linear, uma vez que se tratava de dados desbalanceados.

Para melhor entender o desenvolvimento das árvores do tratamento T 6 x 6, em relação à variável altura, foram realizados teste de ANOVA pelo modelo GLM, visando estudar as médias para avaliar a tendência de crescimento das árvores em alturas total e de fuste (Apêndice I – tabelas 1 e 2), ao longo dos sete anos avaliados.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento T 6 x 6, por ter sido avaliado em 4 unidades amostrais distribuídas aleatoriamente na área de plantio, permitiu que fossem calculadas médias e desvios-padrões encontrado nas quatro repetições, ao longo dos 7 anos de idade das plantas.

Os resultados obtidos nas análises estatísticas, no referente as médias e desvios-padrões de altura total, altura de fuste, DAP e volume por hectare do tratamento T 6 x 6, encontram-se expostos na Tabela 2, cujos dados encontram-se discutidos nos sub-itens a seguir:

Tabela 2. Médias e desvios-padrões da altura total, altura de fuste, DAP e volume/ha, encontradas no tratamento T 6X6.

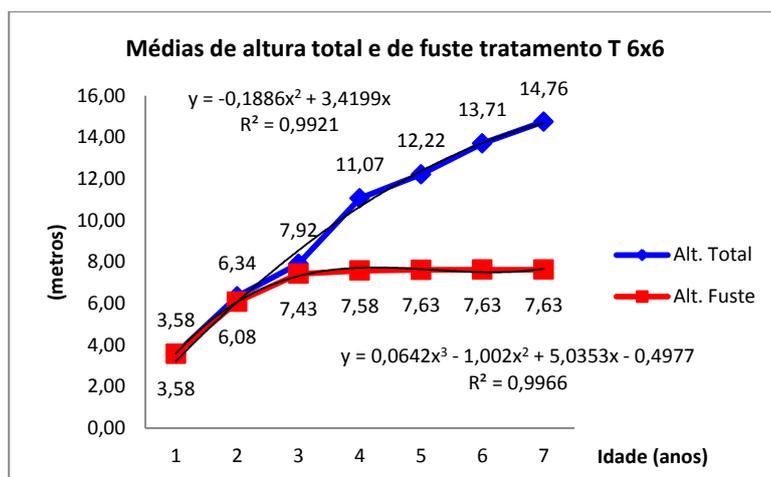
IDADE	MÉDIA (DESVIO PADRÃO)			
	Alt. Total (m)	Alt. Fuste (m)	DAP (cm)	Volume (m ³ /ha)
1	3,58 (0,44)	3,58 (0,44)	5,15 (0,97)	1,36 (0,36)
2	6,34 (0,85)	6,08 (0,83)	7,61 (1,04)	4,82 (0,50)
3	7,92 (0,89)	7,43 (1,53)	10,79 (1,03)	11,61 (1,45)
4	11,07 (1,43)	7,58 (1,67)	14,50 (1,66)	21,25 (2,84)
5	12,22 (1,24)	7,63 (1,75)	17,72 (1,99)	32,09 (6,14)
6	13,71 (1,11)	7,63 (1,75)	20,71 (2,39)	43,77 (7,11)
7	14,76 (1,09)	7,63 (1,75)	22,79 (2,60)	51,38 (9,83)

Fonte: Arquivo pessoal

4.1 Alturas Total e de Fuste

Para melhor entender o desenvolvimento das árvores do tratamento T 6 x 6 em relação à variável altura, aplicou-se o teste de ANOVA pelo modelo GLM, devido a necessidade de ajustar o modelo linear, uma vez que se tratavam de dados desbalanceados. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Figura 6 a seguir.

Figura 6 Médias de alturas total e de fuste ao longo de 7 anos.



Fonte: Arquivo pessoal

Avaliando os resultados obtidos pela análise de variância, e os comportamentos das médias com o passar dos anos, foi possível observar que as plantas avaliadas, ao atingirem o segundo ano de idade, iniciaram a formação de copa e quando atingiram 5 anos, 100% das plantas já estavam com as copas formadas, portanto com altura comercial já definidas, contrariando o exposto por Pinheiro et al. (2011), que estimou a idade de formação de copa para a espécie aos 7 anos.

As linhas de tendência utilizadas para as alturas, ficaram bem ajustadas com equação polinomial de segundo grau para a altura total e de terceiro grau para altura de fuste, conforme demonstrado pelo valor de R^2 próximos a 1, demonstrando a tendência à estagnação do crescimento de altura total e a manutenção das médias de altura de fuste desde o 5º ano de cultivo.

Na avaliação dos resultados referentes à formação de copa das árvores amostradas, foi possível identificar que 22,35% das plantas apresentaram fustes superiores a 9 m de altura, livre de galhos. Observando os relatos de acontecimentos no decorrer do crescimento das plantas, foi relatado ataque de formigas cortadeiras e abelhas arapuá, quando as plantas encontravam-se com 3 anos de idade, onde a unidade

amostral número 4 foi uma das mais atacadas, o que pode ter ocasionado essa formação precoce da copa das árvores, refletindo diretamente na altura comercial das plantas avaliadas.

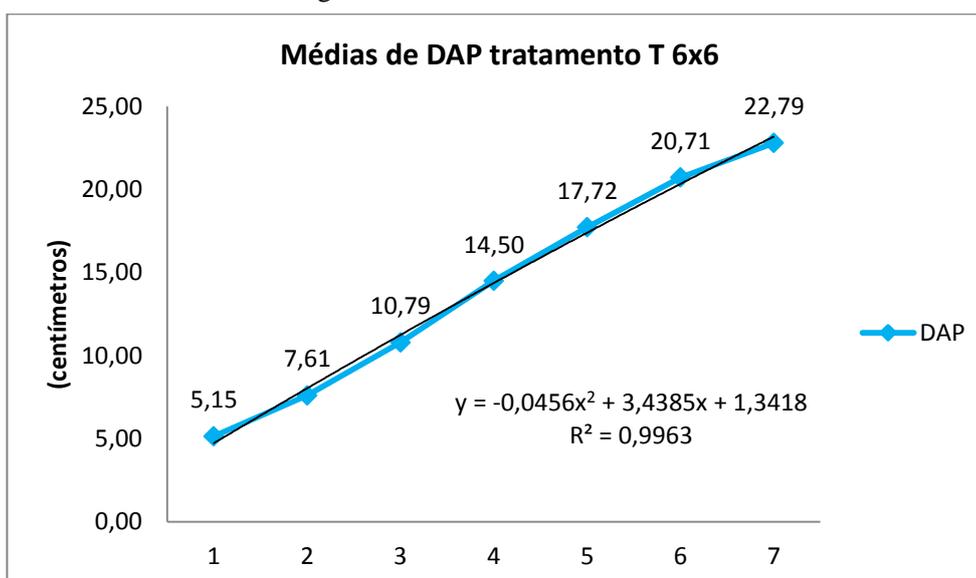
Em relação ao crescimento em altura total, os resultados encontrados em T 6 x 6, ano 1 (3,58 m) e 2 (6,34 m), foram superiores aos relatados por Sales et al. (2017), tanto no tratamento em iLPF, nas árvores com idades de 1 (0,84 m) e 2 anos (2,62m), quanto em monocultivo nas idades de 1 (0,67 m) e 2 anos (2,41 m).

Nesse mesmo estudo, Silva et al., relataram ainda, médias de 13,10 m em iLPF e 10,80 m em monocultivo, portanto, dados também inferiores ao valor médio registrado de 14,76 m no cultivo da *Khaya* com 7 anos de idade, no presente estudo.

4.2 Diâmetro a Altura do Peito

Avaliando os resultados da análise de variância e a tendência de crescimento em DAP evidenciados pelas médias obtidas ao longo dos 7 anos de idade do cultivo, é possível identificar uma forte tendência ao crescimento desse parâmetro (Figura 7), o que pode significar que o espaçamento adotado ainda não está interferindo no incremento diamétrico das árvores, que provavelmente continuará a crescer no próximo ano.

Figura 7. Gráfico com a tendência de crescimento de médias em DAP, tratamento T 6x6, ao longo dos 7 anos de cultivo.



Fonte: Arquivo pessoal

Comparando o desempenho das médias de DAP do T 6 x 6 com os obtidos por Silva, et al. (2016) no espaçamento 5 x 5 m em iLPF aos 2 anos (6,67), 3 anos (10,46), 4

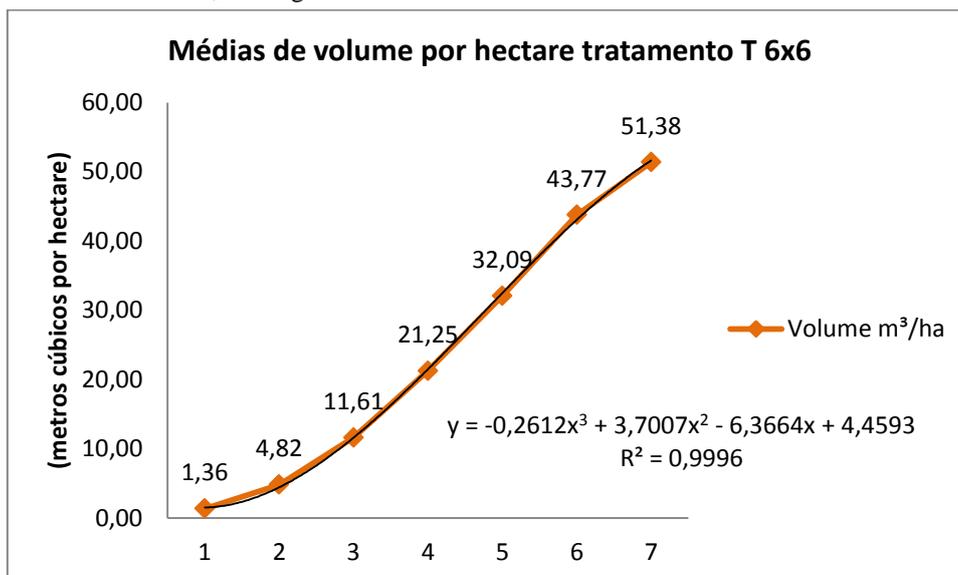
anos (14,22 cm) e 5 anos (18,21 cm), pode-se afirmar que as médias obtidas no T 6 x 6 foram superior no segundo (7,61 cm), semelhantes nos terceiro (10,79 cm) e quarto anos (14,50) e inferior no quinto ano (17,72) de plantio. Isto deve-se principalmente à menor concorrência entre as árvores no sistema iLPF uma vez que no sistema produtivo em questão, o número de árvores por hectare é muito reduzido para evitar o sombreamento da pastagem, o que vai de acordo com o exposto por Lima, et al. (2013).

Os resultados encontrados por Soranso et al. (2016) avaliando o crescimento diamétrico de mogno-africano, foram superiores mesmo em densidades maiores, relatando médias de 19,4 cm no espaçamento 5 x 5 m, 28,8 cm no espaçamento 7 x 6 m e 24,4 cm no espaçamento 10 x 10 m, em relação a média encontrada no presente estudo aos 5 anos de idade, provavelmente pelo fato do cultivo relatado pelos autores receberem água via irrigação por microaspersão durante 220 dias no ano.

4.3 Volume por hectare

Para uma melhor análise da produtividade de madeira por hectare, realizou-se um cálculo de volume para cada árvore medida, estimando a volumetria por hectare. Utilizou-se a volumetria m³/ha e não a volumetria m³/árvore, para se obter um resultado mais confiável (Figura 8), uma vez que a volumetria por árvore é uma variável fortemente influenciada.

Figura 8. Gráfico com a tendência de crescimento de médias em volume por hectare, tratamento T 6x6, ao longo dos 7 anos de cultivo.



Fonte: Arquivo pessoal

Avaliando o crescimento volumétrico por hectare, foi possível observar uma forte tendência ao crescimento no próximo ano do plantio T 6 x 6, no entanto, provavelmente com incremento inferior ao obtido nos últimos anos, o que pode evidenciar uma possível interferência da concorrência intraespecífica ocasionada pelo espaçamento.

Aos três anos a média de volume obtido por hectare no cultivo estudado foi 1,49 m³ maior ao obtido por Carmo, (2018) em cultivo irrigado no espaçamento 5 x 5 m de mesma idade. Tonini et al. (2009) obteve incrementos volumétricos similares para a cultura da teca no espaçamento 3 x 2 m, onde do primeiro (0,47m³/ha) ao sexto ano (43,76 m³/ha), os incrementos foram inferiores aos encontrados no tratamento T 6x6, e no sétimo ano de cultivo os autores relataram um volume de 52,80 m³/ha, portanto, 1,42 m³ a mais que no cultivo estudado.

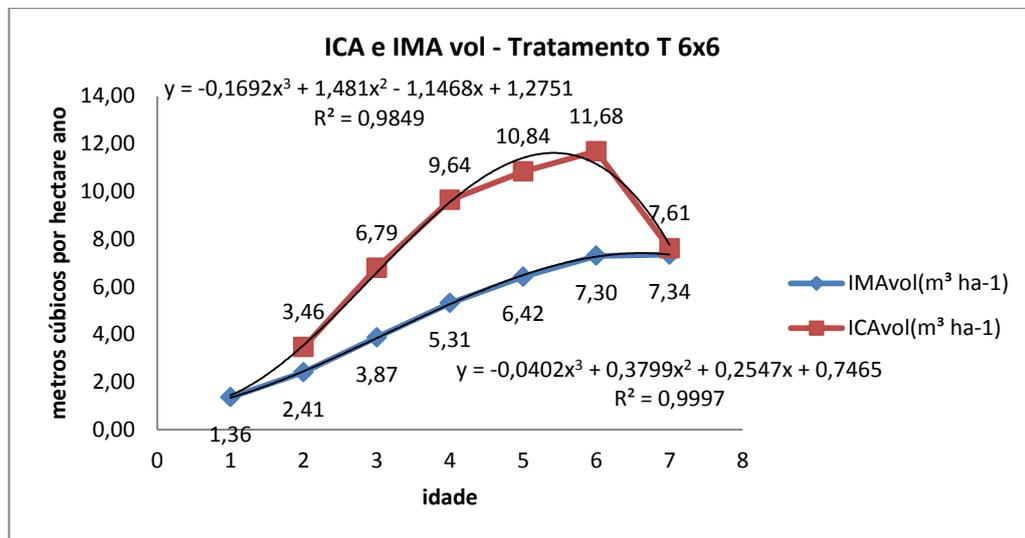
Este resultado é bastante expressivo, uma vez que se trata de uma diferença de 1.349 indivíduos por hectare, principalmente se levar em consideração o exposto por Scolforo, (1998b) a respeito do espaçamento ideal para uma população florestal com fins madeireiros, cuja definição do mesmo prioriza inicialmente produzir maior volume de madeira em tamanho, forma e qualidade, considerar os aspectos produtivos e, os não menos importantes, aspectos financeiros, uma vez que a densidade de um povoamento florestal afeta diretamente os custos de implantação, manutenção e exploração da floresta plantada.

Pode-se afirmar que o acelerado crescimento encontrado alcançou, em 7 anos, uma produtividade próxima à encontrada em uma floresta natural, graças ao espaçamento e às práticas silviculturais adotadas, resultado que vai de acordo com o sugerido por Poggiani (1981).

4.4 Incremento Médio Anual e Incremento Corrente Anual em volume

O estudo dos incrementos médio e corrente anual são importantes para se entender e avaliar o desempenho de um povoamento florestal (Figura 9), principalmente porque a relação desses dois índices pode determinar a necessidade de uma intervenção no plantio, visando manter os incrementos crescentes.

Figura 9. Gráfico com Incremento Corrente Anual e Incremento Médio Anual em volume por hectare, tratamento T 6X6, ao longo dos 7 anos de cultivo.



Fonte: Arquivo pessoal

Aos três anos de idade do plantio, o IMA (3,87 m³/ha) foi superior ao obtido por Carmo (2018) em plantio de *Khaya* de 5 x 5 m, com mesma idade (3,32 m³/ha). Avaliando os valores de ICA e IMA obtidos no plantio estudado foi possível observar que o ICA apresentou um pico de crescimento do 5º ao 6º ano de idade, decrescendo nos dois últimos anos (6º e 7º).

Em relação ao IMA também foi possível identificar que foi crescente até o sexto ano (7,30 m³/ha) de cultivo, e se manteve quase o mesmo aos 7 anos (7,34 m³/ha), desempenho similar ao observado por Tonini et al. (2009) para a cultura da teca que relatou incrementos inferiores ao T 6 x 6, no 1º ano (ICA0,47; IMA0,47), 2º ano (ICA3,20; IMA1,83) e 3º ano (ICA 6,85; IMA 3,51), com desempenhos próximos no 4º ano (ICA9,68; IMA5,05) e 5º ano (ICA 11,08; IMA 5,25), e no 6º ano (ICA 12,48; IMA7,24) e 7º ano (ICA 9,04; IMA7,54) obtendo incrementos superiores aos encontrados no presente estudo e ainda, a semelhança da queda no ICA e tendência à estabilização do IMA.

Sugerindo, portanto, que após sete anos, o plantio tende a estagnar o crescimento, se o ICA cair à valores inferiores aos de IMA, e IMA comece a diminuir, poderá ocorrer uma tendência ao estancamento de crescimento volumétrico das árvores, o que justificaria um desbaste visando retomar os incrementos crescentes.

4.5 Percentagem de Sobrevivência

De acordo com os dados obtidos no referente à mortalidade de plantas no espaçamento 6 x 6 m, foi possível observar que o primeiro ano de cultivo foi o que apresentou maiores perdas, registrando média em percentual de 11% (5,92%) dentro das 4 unidades avaliadas. As árvores que pereceram no primeiro ano apresentaram sintomas de murcha permanente no final do período chuvoso, o que pode ter sido ocasionado pelo excesso de umidade acumulada no substrato das covas de plantio, que continham alto teor de matéria orgânica. As taxas de sobrevivência, ao longo dos anos, do plantio T 6 x 6 estão evidenciados na Tabela 3.

Tabela 3. Taxa de Sobrevivência acumulada e variação até o 7º ano de cultivo para o tratamento T 6X6.

Idade (ano)	Sobrevivência (%) T 6x6
1	89,0 ± 5,92
2	89,0 ± 5,92
3	88,0 ± 4,90
4	87,0 ± 4,36
5	87,0 ± 4,36
6	87,0 ± 4,36
7	86,0 ± 6,00

Fonte: Arquivo pessoal

Os resultados encontrados para sobrevivência das plantas no primeiro ano (89,0 ± 5,92 %) foi inferior ao relatado por Mota (2014), com espaçamento mais adensado num plantio de *Khaya*, que obteve uma sobrevivência de 96% no primeiro ano de cultivo, 7% a mais do que o encontrado no presente estudo. Embora se trate de duas situações distintas de cultivo, pode-se afirmar que os resultados contrariam o exposto por Lima, (2013) que concluiu que espaçamentos superiores atingem maiores taxas de sobrevivência. No caso em questão, pode-se afirmar que pelo tamanho médio das plantas nesta idade, com altura de 3,58 m e DAP de 5,15 cm no T 6 x 6 estudado, provavelmente a mortalidade não tenha sido ocasionada pela competição entre as arvoretas, haja vista que os 31,5 m² disponíveis para cada planta neste espaçamento, não deve ter tido nem 10% da área ocupada pelo sistema radicular das *Khayas*.

No T 6 x 6, pode-se atribuir a morte das *Khayas* à causas ocasionais como o encharcamento das covas de plantio, relatados na área de cultivo no primeiro ano, durante o final do período chuvoso, uma vez que, segundo Drew (1997), as plantas quando submetidas à indisponibilidade de O₂, chamada anoxia vegetal, respondem

favoravelmente apenas em indivíduos adaptados a ambientes alagados, com a formação de aerênquimas, o que não é o caso da *Khaya ivorensis* que de acordo com Pinheiro et al. (2011), suporta apenas pequenos momentos de alagamento, e não os 7 meses com precipitação pluviométrica superior a 110 mm/mês, sendo que no mês mais chuvoso, o índice pluviométrico relatado em série histórica, para o município de Igarapé-Açu, atingiu 481 mm (PACHECO; BASTOS, 1994).

A partir do segundo ano de cultivo de *Khaya* do T 6 x 6, registrou-se apenas a média de 3% de mortalidade das plantas, considerando as quatro unidades amostrais, neste caso, provavelmente em consequência de fatores ligados à concorrência intraespecífica por água, luz e nutrientes, alcançando no sétimo ano de cultivo uma média de 14% de mortalidade, sendo a unidade 4 a que apresentou o pior índice de sobrevivência com 76% de plantas, a unidade 3 o melhor com 92% e as unidades 1 e 2 alcançaram 88% cada.

6 CONCLUSÃO

O estudo dos mognos africanos em espaçamento amplo, 6 x 6 m em triângulo, com o objetivo de verificar as taxas de crescimento, sobrevivência, e produtividade de volume de madeira comercial até o 7º ano de idade, gerou dados que poderão servir de parâmetro de crescimento para a espécie em condições similares de cultivo.

Os resultados demonstraram que mesmo em espaçamento amplo, os crescimentos de altura total e altura de fuste ou comercial atingiram médias satisfatórias, quando comparados com resultados publicados com a mesma espécie, em espaçamentos inferiores.

Diferentemente de outras espécies que têm tendência à produção de galhos de forma precoce, o mogno-africano confirmou a sua característica como planta decídua, mantendo fustes livres de galhos, exceto quando atacadas por pragas que afetam a brotação apical, como as abelhas arapuá e formigas cortadeiras.

No relativo ao crescimento diamétrico o espaçamento amplo apresentou crescimento superior que a maioria dos cultivos usados para comparação em densidades superiores.

Quanto ao incremento de produtividade de volume m³/ha, considerando as alturas de fuste das plantas, é possível concluir que o plantio alcançou médias e incrementos IMA e ICA semelhantes ou superiores aos encontrados para a espécie e semelhantes aos encontrados para cultura da teca em densidades de povoamento superiores.

Analisando-se a taxa de sobrevivência encontrada ao longo dos 7 anos de cultivo, foi possível concluir que a maioria das árvores mortas no 1º ano de cultivo, onde ocorreu o maior índice relatado, possivelmente pereceram devido a causas não relacionadas à concorrência intraespecífica, uma vez que deu-se quando as plantas ainda nem concorriam por água, luz ou nutrientes graças ao amplo espaçamento inicial.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, D. N.. **Avaliação do crescimento em diâmetro do mogno-africano (*Khaya ivorensis*), implantado em Rive, município de Alegre – ES.** Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. 2015

AMINAH, H.; INTAN, Z.B.; ROSDI, K.; ROZIHAWATI, Z.; AHMAD FAUZI, 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; 2005; Ho Chi Min City. Vietnam; 2005 [citado em 2013 aug 13]. p. 1-6. Disponível em: <http://vafs.gov.vn/en/2006/06/growth-performance-of-somedipterocarps-and-non-dipterocarps-planted-fromrooted-cuttings/> Acesso em: 12/12/2017.

CARMO, R. F. **Levantamento qualiquantitativo de *Khaya ivorensis* em plantio irrigado no norte de Minas Gerais.** Universidade Federal do Paraná. Trabalho de Conclusão Pós Graduação MBA em Gestão Florestal. 41 p. Curitiba. 2016.

CONINCK, H. REVI, A. BABIKER, M. BERTOLDI, P. BUCKERIDGE, M. CARTWRIGHT, A. DONG, W. FORD, J. FUSS, S. HOURCADE, JC. LEY, D. MECHLER, R. NEWMAN, P. REVOKATOVA, A. SCHULTZ, S. STEG, L. **Strengthening and implementing the global response.** In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Sugiyama, 2018.

CORDEIRO, I.M.C.C.; RANGEL-VASCONCELOS, L.G.T.; SCHWARTZ, G.; OLIVEIRA, F.A. **Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias.** Belém: EDUFRA, 2017. 323p.: il. ISBN: 978-85-7295-118-0

DUPUY, B.; KOUA, M. **The African mahogany plantations. Their silviculture in the tropical rain forest of the Côte d'Ivoire.** Bois et Forêts des Tropiques, v. 236, p. 25-42, 1993.

DREW, M. C. **Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia.** Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v. 48, p. 223-250, 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, Pará, 1999. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7506/Documentos_04_1999.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 mai. 2017.

FALESI, I. C.; BITTENCOURT, I. C. F. P. M.; BITTENCOURT, R. H. F. P. M.; LAU, H. D.; BAENA, A. R. C.. **Sistema silvipastoril sustentável com ovinos em pastejo rotacionado intensivo.** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 84p. : il. 2012

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê.** 3. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 751 p.

GASPAROTTO, L., HANADA, R.E., ALBUQUERQUE, F.C. & DUARTE, M.L.R. **Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* em mogno-africano.** Fitopatologia Brasileira 26:660-661. 2001.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto PRODES - monitoramento da floresta amazônica por satélite.** Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>> Acesso em: 24/11/2018.

JACOMINE, P.K.T. **Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil:** In: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros, 2001, Aracaju. Anais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 19-46.

JEYANNY, V.; AB RASIP, A.G.; WAN RASIDAH, K.; AHMAD ZUHAI, Y. **Effects of macronutrient deficiencies on the growth and vigour of *Khaya ivorensis* seedlings.** Journal of Tropical Forest Science; v .21,n.2, p. 73-80, 2009.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: – Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, GTZ, 1990. 343 p.

LEMMENS, R. H. M. J., 2008. *Khaya ivorensis* A. Chev. [Internet] Record from Protabase. Louppe, D., Oteng-Amoako, A. A. and Brink, M. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources vegetales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <<http://77database.prota.org/search.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

LIMA, R.; INOUE, M. T.; FILHO, A. F.; ARAUJO, A. J.; MACHADO, S. A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 223-230, 2013.

MACHADO, M. R. Plantios Florestais na Amazônia Central: Biometria, ciclagem bioquímica e alterações edáficas / Murilo Rezende Machado.--- Manaus : [s.n.], 2008.

MURGA-ORRILLO, H.; ARAÚJO, W. F.; ABANTO-RODRIGUEZ, C.; SAKAZAKI, R.T.; BARDALES-LOZANO, R.M.; POLO-VARGAS, A.R. **Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso de água do milho cultivado em cerrado.** 2016

NOBRE, J.S.; SINGER, J.M. Residuals analysis for linear mixed models. Biometrical Journal, Berlin, v. 49, n. 6, p. 863-875, 2007.

PACHECO, N. A.; BASTOS, T.X. Boletim Agrometeorológico 2004 Igarapé-Açu, PA. Belém, Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 216, ISSN 1517-2201. 2005.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria, RS : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015. 81 p. : il. ; 28 cm, ISBN: 978-85-63573-90-2

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

SALES, A.; SILVA, A.R.; VELOSO, C.A.C; MIRANDA, B.M. Desempenho do Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no sistema Ipf em Terra Alta-PA. In VI Simpósio de estudos e pesquisas em ciências ambientais na Amazônia. Anais, vol. I, p.29. Belém (PA), 29 de novembro a 1 de dezembro 2017. ISSN 2316-7637.

SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998(a). 438p.

SCOLFORO, J.R.S. Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. Lavras: UFLA/FAEPE; 1998 (b).

SHEIL, D., Burslem, D. F. R. P.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality-rate measures. 1995. *Journal of Ecology* 83, 331-333

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. **Incremento diamétrico do mogno-africano em resposta à diferentes sistemas de cultivo**. Anais VIII Encontro Amazônico de Agrárias. Livro XI. Belém. 2016

SOUSA, V. G. Comportamento Silvicultural e Dinâmica de serapilheira em plantios de duas espécies florestais na Amazônia Oriental Brasileira. (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Pará, MPEG e Embrapa. 111p. Belém, 2011.

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*, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 519-526, jun. 2016. DOI: dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.24

TONINI, H.; COSTA, M.C.G.; SCHWENGBER, L.A.M. **Crescimento da teca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia setentrional**. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, n. 59. P 05-14, jul/dez. 2009

5 CONCLUSÃO GERAL

Observando os resultados e comparações realizados nos dois capítulos do presente estudo, foi possível concluir que para a variável altura, os melhores desempenhos observados encontraram-se nos espaçamentos 5 x 3 m e 5 x 5 m, quanto ao diâmetro, como era de se esperar o espaçamento amplo 6 x 6 m em triângulo alcançou as maiores médias. As produtividades de m³/ha mais elevadas, com produtividades similares aos 7 anos foram nos espaçamentos 5 x 3 m, 6 x 6m e 5 x 5 m, demonstrando a alta competitividade dos espaçamentos mais amplos e o bom desempenho do espaçamento intermediário (5 x 3 m). A sobrevivência foi crescente de acordo com o aumento do espaçamento, demonstrando a forte influência deste fator na mortalidade de plantas cultivadas de *Khaya ivorensis*.

Apêndice I

Tabela 1. Análise de variância GLM para o parâmetro Altura total tratamento T 6x6.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	3	8825.454601	2941.818200	2487.06	<.0001
Erro	608	719.172037	1.182849		
Total	611	9544.626638			

Variável	Estimativa	Erro padrão	t valor	Pr > F
Intercepto	1.080629864	0.33584896	3.22	0.0014
Idade	2.543508157	0.33953116	7.49	<.0001
Idade*Idade	0.012008604	0.09563923	0.13	0.9001
Idade*Idade*idade	-0.013862920	0.00791168	-1.75	0.0802

Para melhor entender o crescimento das árvores do tratamento T 6x6, em relação à variável altura de fuste, foi realizado o teste de ANOVA pelo modelo GLM (Tabela 2), visando verificar a interação entre as diferentes idades de plantio, e estudar as médias para avaliar a tendência de crescimento ao longo dos sete anos avaliados.

Tabela 2. Análise de variância GLM para o parâmetro Altura de fuste tratamento T 6X6.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	3	1221.669766	407.223255	191.10	<.0001
Erro	609	1297.713675	2.130893		
Total	612	2519.383441			

Variável	Estimativa	Erro padrão	t valor	Pr > F
Intercepto	-0.471117608	0.45067154	-1.05	0.2963
Idade	4.998798000	0.45553074	10.97	<.0001
Idade*Idade	-0.988731668	0.12828249	-7.71	<.0001
Idade*Idade*idade	0.062843187	0.01060854	5.92	<.0001

Para melhor entender o desenvolvimento das árvores do tratamento T 6x6, em relação à variável DAP, foi realizado o teste de ANOVA pelo modelo GLM (Tabela 3), visando verificar a interação entre as diferentes idades de plantio, e estudar as médias para avaliar a tendência de crescimento das árvores em DAP ao longo dos sete anos avaliados.

Tabela 3. Análise de variância GLM para o parâmetro DAP tratamento T 6x6.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	3	23216.54079	7738.84693	2461.41	<.0001
Erro	608	1911.59329	3.14407		
Total	611	25128.13408			

Variável	Parâmetros	Erro padrão	t valor	Pr > t
Intercepto	3.738058000	0.54755199	6.83	<.0001
Idade	0.709507926	0.55355527	1.28	0.2004
Idade*Idade	0.753057791	0.15592560	4.83	<.0001
Idade*Idade*idade	-0.066556316	0.01289883	-5.16	<.0001

Para melhor entender o crescimento das árvores do tratamento T 6x6, em relação à variável volume por hectare, foi realizado o teste de ANOVA pelo modelo GLM (Tabela 4), visando estudar as variações das médias para avaliar a tendência de crescimento das árvores em volume ao longo dos sete anos avaliados nas 4 unidades amostrais.

Tabela 4. Análise de variância GLM para o parâmetro Volume/ha tratamento T 6x6.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Modelo	3	8985.477339	2995.159113	121.79	<.0001
Erro	24	590.218962	24.592457		
Total	27	9575.696301			

Variável	Parâmetros	Erro padrão	t valor	Pr > t
Intercepto	4.459299781	7.19859844	0.62	0.5414
Idade	-6.366414264	7.26298715	-0.88	0.3894
Idade*Idade	3.700671320	2.04253143	1.81	0.0825
Idade*Idade*idade	-0.261190302	0.16871127	-1.55	0.1347

Apendice II

TABELA 1 Resultados de análises químicas macronutrientes, de amostras de superfície (ident. 01, 02 e 03) e subsuperfície (1 A, 2 A, 3 A e 4 A) coletadas na área de plantio do tratamento T 6 X 6

Amostra	Prof.	pH	MO	N	P K	Na	Ca	Ca+Mg	Al	
Protoc.	Ident.	cm	Água	g/kg	%	mg/dm³	Cmol_c/dm³			
5625	01	0-20	4,9	15,28	0,16	1 54	14	0,6	0,9	0,9
5626	02	0-20	5,3	15,55	0,14	1 21	10	0,5	1,0	0,6
5627	03	0-20	5,0	18,73	0,16	1 27	8	0,8	1,3	0,7
5628	1A	0-20	5,2	16,41	0,17	1 23	8	0,8	1,3	0,6
5629	2A	20-40	4,9	12,29	0,10	1 13	6	0,8	1,2	0,7
5630	3A	40-60	5,2	12,93	0,11	1 10	6	0,8	1,2	0,8
5631	4A	60-80	5,1	12,32	0,11	1 10	6	0,7	0,9	1,2

TABELA... Resultados de análises granulométricas coletadas na área de plantio do tratamento T 6X6

PROTOCOLO	IDENTIFICAÇÃO	PROF.	-----GRANULOMETRIA (g/kg)-----			
			AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA TOTAL
5628	1A	0-20	429	417	55	100
5629	2A	20-40	258	445	117	180
5630	3A	40-60	177	399	85	340
5631	4A	60-80	149	386	95	360

Os resultados das análises químicas evidenciaram na tabela XX, baixos teores dos macronutrientes P, Ca, Mg; o K aparece em sua maioria com teores baixos à médio, o pH demonstra a presença de alumínio trocável influenciando na acidez ativa do solo, reforçado pelos teores de Al trocável acima de 0,5 cmol_c/dm³, principalmente nas camadas subsuperficiais do perfil com teores de médio à alto. A capacidade de troca catiônica variou de 10,2 cmol_c/dm na amostra superficial mais fértil analisada, à 5,1 cmol_c/dm em amostra subsuperficial, evidenciando a baixa capacidade de troca dos solos incidentes na área.

Em relação aos resultados da granulometria, os resultados evidenciaram os altos teores de areia nas camadas superficiais, e em profundidade até os 40 cm, o que demonstra a baixa capacidade de retenção de água e nutrientes nesta faixa do perfil.

Analisando-se o perfil do solo através das trincheiras, foi possível identificar uma camada coesa com espessura de 3 a 4 cm, há 53 cm de profundidade, típica dos solos tabuleiros costeiros do Terciário, barreira física essa que poderia limitar consideravelmente a expansão em profundidade das raízes (FALESI et al., 2012).

Avaliando as características do solo da área de plantio ficou evidente a necessidade de calagem e gessagem, bem como a necessidade de aporte de nutrientes e matéria orgânica, visando tornar o ambiente edáfico mais fértil, com maior capacidade de troca e retenção de água, portanto prontas a receber as mudas, que serão as futuras árvores do plantio.

Apêndice III

O quadro 1 a seguir, expressa o calendário de adubação que foi adotado para o fornecimento de nutrientes para garantir o crescimento saudável das árvores de mogno-africano.

Quadro 1 Calendário de adubação espaçamento T 6x6 de 2011 à 2017

CALENDÁRIO DE ADUBAÇÃO TRATAMENTO T 6X6		
2011	• Adubação de cova	<ul style="list-style-type: none"> • 100g calcário dolomítico • 100g superfosfato simples • 100g sulfato de amônia • 100g cloreto de potássio
	• 1º adubação	<ul style="list-style-type: none"> • 70g superfosfato simples • 70g sulfato de amônia
	• 2º adubação	<ul style="list-style-type: none"> • 70g cloreto de potássio • 70g superfosfato simples • 70g sulfato de amônia
2012	• 3º adubação	<ul style="list-style-type: none"> • 100g uréia • 100g superfosfato simples • 100g cloreto de potássio
	• 4º adubação	<ul style="list-style-type: none"> • 120g superfosfato simples • 120g cloreto de potássio • 120g sulfato de amônia
2013	• 5º adubação	<ul style="list-style-type: none"> • 50g FTE BR 12 • 250g N.P.K. 10.28.20.
	• 6º adubação	<ul style="list-style-type: none"> • 250g N.P.K. 04.20.20+Zn

	<ul style="list-style-type: none"> • 7° adubação 	<ul style="list-style-type: none"> • 250g N.P.K. 04.20.20+Zn
2014	<ul style="list-style-type: none"> • 8° adubação 	<ul style="list-style-type: none"> • 300g N.P.K. 04.20.20+Zn
	<ul style="list-style-type: none"> • 9° adubação 	<ul style="list-style-type: none"> • 150g cloreto de potássio • 150g uréia
	<ul style="list-style-type: none"> • 10° adubação 	<ul style="list-style-type: none"> • 250g N.P.K. 18.18.18.
2016	<ul style="list-style-type: none"> • 11° adubação 	<ul style="list-style-type: none"> • 250g N.P.K.10.28.20.
	<ul style="list-style-type: none"> • 12° adubação 	<ul style="list-style-type: none"> • 200g N.P.K. 10.28.20.
	<ul style="list-style-type: none"> • 13° adubação 	<ul style="list-style-type: none"> • 400g N.P.K. 16.16.16. • 100g FTE BR 12
2017	<ul style="list-style-type: none"> • 14° adubação 	<ul style="list-style-type: none"> • 200g N.P.K. 18.18.18. • 100g FTE BR 12
	<ul style="list-style-type: none"> • 15° adubação 	<ul style="list-style-type: none"> • 250g N.P.K. 16.16.16.

Observando o calendário de adubações utilizado para fornecer nutrientes visando o bom crescimento dos mognos cultivados, foi possível identificar o maior parcelamento de adubações, o fornecimento de micronutrientes, e a lacuna de adubações no ano de 2015, visto o baixo fluxo de caixa da propriedade que inviabilizou o aporte de fertilizantes.