



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DENISE RANSOLIN SORANSO

**ESTUDOS DENDROCRONOLÓGICOS E DA QUALIDADE DA MADEIRA DE
ÁRVORES DE *Khaya ivorensis* A. Chev.**

JERÔMIMO MONTEIRO – ES

2015

DENISE RANSOLIN SORANSO

**ESTUDOS DENDROCRONOLÓGICOS E DA QUALIDADE DA MADEIRA DE
ÁRVORES DE *Khaya ivorensis* A. Chev.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais, na Área de concentração Ciências Florestais.
Orientadora: Graziela Baptista Vidaurre
Coorientadores: José Tarcísio da Silva Oliveira e Matheus Peres Chagas

JERÔMIMO MONTEIRO - ES

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S713c Soranso, Denise Ransolin, 1988-
Estudos dendrocronológicos e da qualidade da madeira de árvores de *Khaya ivorensis* A. Chev. / Denise Ransolin Soranso. – 2015.
45 f. : il.

Orientador: Graziela Baptista Vidaurre.

Coorientadores: José Tarcísio da Silva Oliveira; Matheus Peres Chagas.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Mogno africano. 2. Anéis de crescimento. 3. Madeira - anatomia. 4. Densidade da madeira. I. Vidaurre, Graziela Baptista. II. Oliveira, José Tarcísio da Silva. III. Chagas, Matheus Peres. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 630

**ESTUDOS DENDROCRONOLÓGICOS E DA QUALIDADE DA MADEIRA DE
ÁRVORES DE *Khaya ivorensis* A. Chev.**

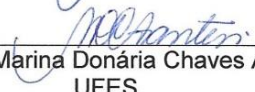
Denise Ransolin Soranso

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.


Aprovada em 25 de Fevereiro de 2015.




Prof. Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca
UFRRJ
Examinador Externo



Profª. Drª. Marina Donária Chaves Arantes
UFES
Examinadora Interna



Dr. Matheus Peres Chagas
ESALQ/USP
Coorientador



Profª. Drª. Graziela Baptista Vidaurre
UFES
Orientadora

AGRADECIMENTOS

AGRADEÇO:

Primeiramente a DEUS, que está acima de tudo e graças à sua benção divina foi possível vencer mais essa batalha em minha vida.

À grande fortaleza, que é minha família. Ao meu forte pai José Francisco Soranso, e minha amorosa mãe Salete Ransolin Soranso, que jamais mediram esforços em oferecer uma das coisas mais preciosas dessa vida, o estudo.

Aos meus irmãos Juliana e Márcio pelo apoio e por cuidarem de nossos pais ao longo desses anos em que fiquei distante na busca por uma melhor formação.

À minha orientadora Graziela Baptista Vidaurre, uma grande amiga, pessoa que admiro, que sempre esteve muito presente e nunca mediu esforços em fazer o melhor para que este trabalho fosse realizado.

À Universidade do Estado de Mato Grosso, universidade que me concedeu a oportunidade para realização da minha graduação.

À Universidade Federal do Espírito Santo, juntamente com o Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais pela estrutura, oportunidade e incentivo para realização do mestrado.

À FAPES pela bolsa concedida.

À Atlântica Agropecuária e Reserva Natural Vale, por acreditar na realização dessa pesquisa, fornecendo a matéria-prima para realização deste trabalho.

Ao meu coorientador professor José Tarcísio da Silva Oliveira, pelos conselhos e orientações, principalmente nos momentos de dúvidas.

Ao Dr. Matheus Peres Chagas, por aceitar, mesmo que de longe, participar do meu comitê de orientação como meu coorientador. Obrigada pela paciência e pela imensa atenção prestada.

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, principalmente os que atuam na linha de pesquisa de Tecnologia de Produtos Florestais.

Ao meu “irmão de coração” João Gabriel Missia da Silva, que independente da dificuldade esteve ao meu lado ao longo desses dois anos, não importando se o momento era de alegria ou tristeza. Com certeza essa etapa da minha vida foi possível por eu ter você ao meu lado incentivando e me dando apoio.

À Mariana, uma irmã que fiz ao longo desses dois anos, que no decorrer desse tempo foi minha grande companheira, estando comigo nos momentos de alegria e tristeza me dando força e me ensinado a ter sempre fé.

À Brunela, minha grande amiga e companheira, que durante este tempo sempre teve um bom conselho, pelo companheirismo nos almoços diários e acima de tudo pela sua grande e preciosa amizade.

Às “mileidinhas” Helena e Milena, pela sua grande amizade e pelos bons momentos de risadas e confidências.

Ao meu companheiro Frederico, que nesta reta final me deu todo o apoio para a conquista de mais essa vitória em minha vida.

As “Julianas” que sempre me proporcionaram momentos de muita alegria e boas risadas, Luciana, Tamires, Andressa, Vilene e Marcinha.

A Rafaela, Ana Paula, Sandy e Diego, amigos do Mato Grosso, peças fundamentais no início dessa jornada, pelo abrigo oferecido em minha mudança para Jerônimo Monteiro.

Aos funcionários e técnicos dos laboratórios: José Geraldo, Elecy e Betinho pelo auxílio indispensável na realização das análises deste trabalho.

Ao professor Mário Tomazello por abrir as portas do laboratório ao qual é responsável na ESALQ para realização de análises.

Aos funcionários do laboratório de Anatomia da ESALQ, Maria e Aparecido, pelo auxílio e amizade nos períodos em que lá estive.

Ao professor Fidel Alejandro Roig pesquisador do Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), pela paciência e conhecimento repassado, imprescindível para realização de parte deste trabalho.

À Ana Paula Teles Bettoni, que abriu as portas de sua casa, me hospedando em Piracicaba no período que lá estive realizando análises.

Ao motorista da UFES Sandro, pela ajuda indispensável na coleta das amostras utilizadas neste trabalho.

Aos companheiros da linha de pesquisa - Tecnologia de Produtos Florestais: Pedro Nicó, Vinicius Tinti, Ana Paula Câmara, Gabrielly Bobadilha, Ana Carolina Boa, Dercílio Verly, Anderson Firmino, Claison Franco, Suellen Rios, Erica Ceschim.

À todos os amigos que durante esses dois anos fiz no Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, em especial ao grandes companheiros de churrasco: Marcos, Felício, Marcelo, Bráulio, Diego Amapá, Evandro, Flavinho e Saulo Boldrini.

BIOGRAFIA

Denise Ransolin Soranso, filha de José Francisco Soranso e Salete Ransolin Soranso, nasceu em 04 de novembro de 1988 na cidade de Colorado do Oeste, estado de Rondônia.

Possui graduação em Engenharia Florestal, com obtenção do título em fevereiro de 2011, pela Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, cidade de Alta Floresta - MT. É pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho a nível *lato sensu* pela Universidade de Cuiabá - UNIC, com obtenção de título em janeiro de 2013.

Ingressou no curso de Mestrado em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo em 2013.

RESUMO GERAL

SORANSO, D. R. **Estudos dendrocronológicos e da qualidade da madeira de árvores de *Khaya ivorensis* A. Chev.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES. Orientadora: Prof.^a Dra. Graziela Baptista Vidaurre. Coorientadores: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira, Dr. Matheus Peres Chagas.

Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial para estudos dendrocronológicos e a influência do espaçamento de plantio no crescimento em diâmetro e qualidade do lenho das árvores de *Khaya ivorensis*. Para avaliação do potencial dendrocronológico da espécie o material foi proveniente de plantios experimentais com 18 anos de idade da Reserva Natural Vale, Linhares, ES, Brasil. As amostras para análise da influência do espaçamento foram oriundas de um plantio experimental com cinco anos de idade, pertencentes à Atlântica Agropecuária, Pirapora, MG, Brasil. Para o estudo dendrocronológico (anéis de crescimento) foram obtidos dados referente ao diâmetro das árvores do plantio e coletados discos da base de cinco árvores. As amostras foram submetidas a secagem natural, posteriormente foram lixadas e polidas. Em seguida identificou-se os anéis de crescimento procedendo-se com a digitalização em alta resolução e posterior estudo microscópico da madeira. Para avaliação da influência do espaçamento de plantio foram obtidas amostras radiais (bagaetas) de 10 indivíduos extraídas a 0,40 cm do solo. Foi determinada a densidade aparente (densitometria de raios X) e realizada a caracterização morfológica das fibras da madeira. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. As árvores de *Khaya ivorensis* apresentaram potencial dendrocronológico, com os limites de seus anéis de crescimento marcados por uma fina camada de parênquima marginal. O crescimento radial do lenho foi irregular nos primeiros anos, com diferenciação do diâmetro médio dos elementos de vasos nas posições analisadas. Em relação ao espaçamento de plantio, houve maior crescimento em diâmetro e incremento médio anual em diâmetro (IMAD) para as árvores plantadas nos espaçamentos de maior amplitude (7x6 e 10x10 m). A densidade aparente da madeira e as dimensões das fibras não diferiram entre si em função do espaçamento. No espaçamento de maior amplitude (10x10 m), as árvores tenderam a diâmetros menores e densidade da madeira superior a daquelas com diâmetros maiores. No perfil radial de densidade aparente houve aumento deste parâmetro no sentido medula-casa para os três espaçamentos.

Palavras-chave: mogno africano, anéis de crescimento, anatomia da madeira, densidade da madeira.

GENERAL ABSTRACT

SORANSO, D. R. **Dendrochronological studies and quality of timber trees of *Khaya ivorensis* A. Chev.** 2015. Dissertation (Master's degree in Forest Sciences) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Dr. Graziela Baptista Vidaurre. Co-advisor: Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira, Dr. Matheus Peres Chagas.

This study aimed to evaluate the potential for dendrochronological studies and the influence of planting spacing on diameter growth and wood quality from *Khaya ivorensis* trees. To assess the dendrochronological potential of the species, the material came from eighteen-year-old experimental plantations of Vale's Natural Reserve, situated in the city of Linhares, ES, Brazil. Samples for spacing influence analysis were derived from a five-year-old experimental plantation, belonging to the company Atlântica Agropecuária, located in Pirapora, MG, Brazil. For the dendrochronological study (growth rings), we obtained data relative to tree diameter and collected discs from the base of five trees. The samples were sanded and polished and then we identified the growth rings proceeding with scanning at high resolution and subsequent microscopic study of the wood. To evaluate the influence of planting spacing, radial samples of 10 individuals were obtained, extracted at 0.40 cm above the ground. We determined the apparent density (X-ray densitometry) and performed morphological characterization of the wood fibers. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey's test. *Khaya ivorensis* trees presented dendrochronological potential, with the limits of their growth rings marked by a thin marginal parenchyma layer. The radial growth of the wood was uneven in the early years, with differentiation of the average diameter of the vessel elements in the analyzed positions. Regarding the planting spacing, there was greater diameter growth and mean annual increment (MAI) in diameter for the trees planted in spacings of greater amplitude (7x6 and 10x10 m). The wood bulk density and fiber dimensions did not differ in relation to spacing. In the spacing of greatest amplitude (10x10 m), trees tended to have smaller diameters and greater wood density than those with larger diameters. In the radial profile of apparent density, there was an increase in this parameter from pith to bark for the three spacings.

Keywords: African mahogany, growth rings, wood anatomy, wood density.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO GERAL | 11 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL..... | 12 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 12 |
| CAPÍTULO I - DENDROCRONOLOGIA DE ÁRVORES DE <i>Khaya ivorensis</i> PROVENIENTES DE PLANTIOS EXPERIMENTAIS | 13 |
| RESUMO..... | 14 |
| ABSTRACT..... | 15 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 16 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 17 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 19 |
| 4 CONCLUSÃO..... | 26 |
| 5 AGRADECIMENTOS..... | 26 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 26 |
| CAPÍTULO II - VARIABILIDADE FÍSICA E ANATÔMICA DA MADEIRA DE ÁRVORES DE <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev. DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO | 29 |
| RESUMO..... | 30 |
| ABSTRACT..... | 31 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 32 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 33 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 35 |
| 4 CONCLUSÃO..... | 41 |
| 5 AGRADECIMENTO..... | 42 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 42 |
| 2 CONCLUSÃO GERAL | 45 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as espécies florestais exóticas que estão sendo plantadas no Brasil, a *Khaya ivorensis*, vulgarmente conhecida por mogno africano, se destaca como uma espécie produtora de madeira de alto valor comercial conhecida no mercado internacional. É originária do continente Africano, que possui características edafoclimáticas semelhantes a algumas regiões brasileiras, o que pode explicar a boa adaptação da espécie no Brasil.

A madeira provinda das florestas nativas (continente Africano) possuem características tecnológicas como propriedades físicas e mecânicas, almejadas para utilização na produção de madeira sólida, gerando aumento no interesse dos silvicultores brasileiros em optar pelo cultivo dessa espécie, principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Pará e Goiás. Os mesmos estão atraídos e motivados pela perspectiva de um bom retorno financeiro, dada às características de boa adaptação e relativa resistência a pragas e doenças das espécies.

No Brasil, ainda não há comercialização em grande escala de produtos gerados a partir da madeira de *K. ivorensis*, existindo apenas expectativas de que sua utilização esteja voltada para indústria de faqueados, móveis, construção naval e de interiores. O retorno financeiro das áreas de plantio estão baseadas em estimativas do mercado internacional da madeira do gênero *Khaya*.

Ainda são poucos os estudos relacionados à condução e manejo de reflorestamentos no Brasil, aumentando a necessidade de realização de pesquisas que abordem o desenvolvimento da espécie, principalmente no que se refere aos seus aspectos silviculturais, pois estes são aspectos determinantes na produção de madeira de qualidade aliada ao acelerado ritmo de crescimento. Sabe-se que a espécie vem sendo cultivada em espaçamentos amplos, com realização de práticas de desbaste e desrama ao longo do seu ciclo de crescimento.

O estudo dos anéis de crescimento da madeira é uma ferramenta importante na compreensão da formação e desenvolvimento de povoamentos florestais. Por meio da determinação da idade e do conhecimento das taxas de crescimento radial das árvores, é possível entender a dinâmica de crescimento e formação do lenho, por exemplo, após a efetivação de uma interferência silvicultural sobre o plantio.

Nessa conjuntura, este trabalho surge como alternativa na geração de informações sobre crescimento e qualidade do lenho das árvores de mogno africano estabelecidos em sistemas de plantio, subsidiando a adequação de tratos silviculturais para a expansão do cultivo do seu no Brasil.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial para estudos dendrocronológicos e a influência do espaçamento de plantio no crescimento e qualidade do lenho de *Khaya ivorensis*.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar macro e microscopicamente os anéis de crescimento da madeira;
- Avaliar o estudo dos anéis de crescimento na verificação da dinâmica de crescimento radial do tronco das árvores em um sistema plantio florestal;
- Avaliar a influência do espaçamento de plantio no crescimento em diâmetro das árvores;
- Avaliar a densidade aparente e dimensão das fibras da madeira em função do espaçamento de plantio;
- Correlacionar as variáveis diâmetro, densidade aparente e dimensões das fibras;
- Avaliar a variação do perfil radial de densidade aparente da madeira em função do espaçamento de plantio.

CAPÍTULO I

DENDROCRONOLOGIA DE ÁRVORES DE *Khaya ivorensis* PROVENIENTES DE PLANTIOS EXPERIMENTAIS

Dendrocronologia de árvores de *Khaya ivorensis* provenientes de plantios experimentais

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação de estudos dendrocronológicos em árvores de *Khaya ivorensis* visando o entendimento da dinâmica de crescimento em plantio florestal, experimental, com espaçamento inicial de 2x3 m. Foram coletados discos da base de 05 árvores onde, após o polimento da seção transversal, realizou-se a demarcação e contagem dos anéis de crescimento. Imagens digitalizadas foram obtidas, para realização da mensuração da largura dos anéis de crescimento. Uma série histórica de dados referente ao diâmetro das árvores foi obtida com o objetivo de se estabelecer uma correlação com as largura dos anéis de crescimento mensurados ao longo dos anos. Um estudo anatômico da madeira também foi realizado, com objetivo de caracterizar os anéis de crescimento. Os limites dos anéis de crescimento da madeira são demarcados por uma fina camada de parênquima marginal, tendo sido constatados a presença de falsos e ausentes anéis de crescimento. Por intermédio da sincronização da largura dos anéis de crescimento foi estimada em 18 anos a idade das árvores de *Khaya ivorensis* amostradas. Foi observado nas árvores correlação de crescimento significativo; o crescimento radial do lenho foi irregular nos primeiros anos, com anéis largos e estreitos, com destaque para o 3º e o 11º ano de crescimento, em que foram observados os maiores incrementos.

Palavras-chave: anéis de crescimento, mogno africano, caracterização anatômica, crescimento radial.

Dendrochronology of *Khaya ivorensis* trees from experimental plantations

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the application of dendrochronological studies on *Khaya ivorensis* trees towards an understanding of the growth dynamics in experimental forest plantations; with initial spacing of 2x3 m. Discs were collected from the base of five trees where, after polishing the cross section, there was the demarcation and count of the growth rings. Digital images were obtained to perform the measurement of the width of the growth rings. Historical data relating to the diameter of the trees were obtained in order to establish a correlation with the width of the growth rings measured over the years. An anatomical study of wood was also performed in order to characterize the growth rings. The limits of the wood growth rings are demarcated by a thin layer of marginal parenchyma and was noted the presence of false and missing growth rings. Through the synchronization of the width of the growth rings, the age of the sampled *Khaya ivorensis* trees was estimated to be 18 years. A significant growth correlation was observed in the trees; the radial growth of the wood was uneven in the early years, with wide and narrow rings, with emphasis on the 3rd and the 11th growth year, where the largest increases were observed.

Keywords: growth rings, African mahogany, anatomic characterization, radial growth.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da estrutura anatômica da madeira é importante para entender as evoluções ocorridas nas características da madeira formada ao longo dos anos de vida de uma árvore. Por meio dos anéis de crescimento da madeira, é possível verificar fatores que contribuíram de forma positiva ou negativa em seu desenvolvimento, observando períodos de plena ou escassa atividade cambial.

Por se tratar de um material biológico, a madeira exibe grande variação relativo às dimensões dos elementos anatômicos e conseqüentemente em suas propriedades, tanto no sentido radial (medula-casca), quanto ao longo de seu tronco (base-topo). Essa variabilidade pode ser observada nos anéis de crescimento e exercem influência sobre diferentes características físico-químicas e mecânicas da madeira, que em termos de utilização na indústria poderá implicar em diferentes aplicações do produto final (MARGARIDO, et al. 2012).

Assim, a caracterização dos anéis de crescimento da madeira de uma determinada espécie é importante, principalmente, para a geração de informações sobre sua dinâmica de crescimento, fornecendo importantes subsídios, por exemplo, na realização de futuras intervenções num plantio florestal visando possíveis melhorias na qualidade da madeira que está sendo produzida.

Em se tratando de estudos relacionados a caracterização dos anéis de crescimento com o objetivo de gerar informações sobre a madeira de espécies florestais que vêm sendo plantadas no território brasileiro, poucos são os resultados no que diz respeito a formação e a qualidade do lenho ao longo dos anos.

Conhecida popularmente como mogno africano, a *khaya ivorensis* é uma dessas espécies que está sendo cultivada no país, mas ainda são poucas as informações, sobre a dinâmica de crescimento de árvores provenientes de plantios brasileiros.

A madeira de *Khaya ivorensis* de florestas nativas, que possui elevado preço no mercado internacional é de alta qualidade para produção de móveis e acabamento de interiores, podendo ser utilizada para a construção de barcos e navios (ORWA et al., 2009). Entretanto, é necessário que estudos sobre as características de crescimento e potencial produtivo das árvores dessa espécie cultivada no Brasil sejam realizados, a fim de fornecer subsídios para a adequação das técnicas de plantio, possibilitando melhor crescimento e qualidade da madeira produzida.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação de estudos dendrocronológicos em árvores de *Khaya ivorensis* visando o entendimento da dinâmica de crescimento em sistema de plantio florestal no Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE AMOSTRAGEM E DO PLANTIO

O material dessa pesquisa foi proveniente de um plantio experimental da Reserva Natural Vale, localizada no município de Linhares, Norte do estado do Espírito Santo, entre os paralelos 19° 06' a 19° 18' de latitude sul e os meridianos 39° 45' a 40° 19' de longitude oeste. O solo é predominante do tipo argissolo amarelo e o clima tropical úmido (Aw) com estação chuvosa no verão e seca no inverno (Figura 1) de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação e temperatura médias anuais de 1200 mm e 25,08 °C, respectivamente.

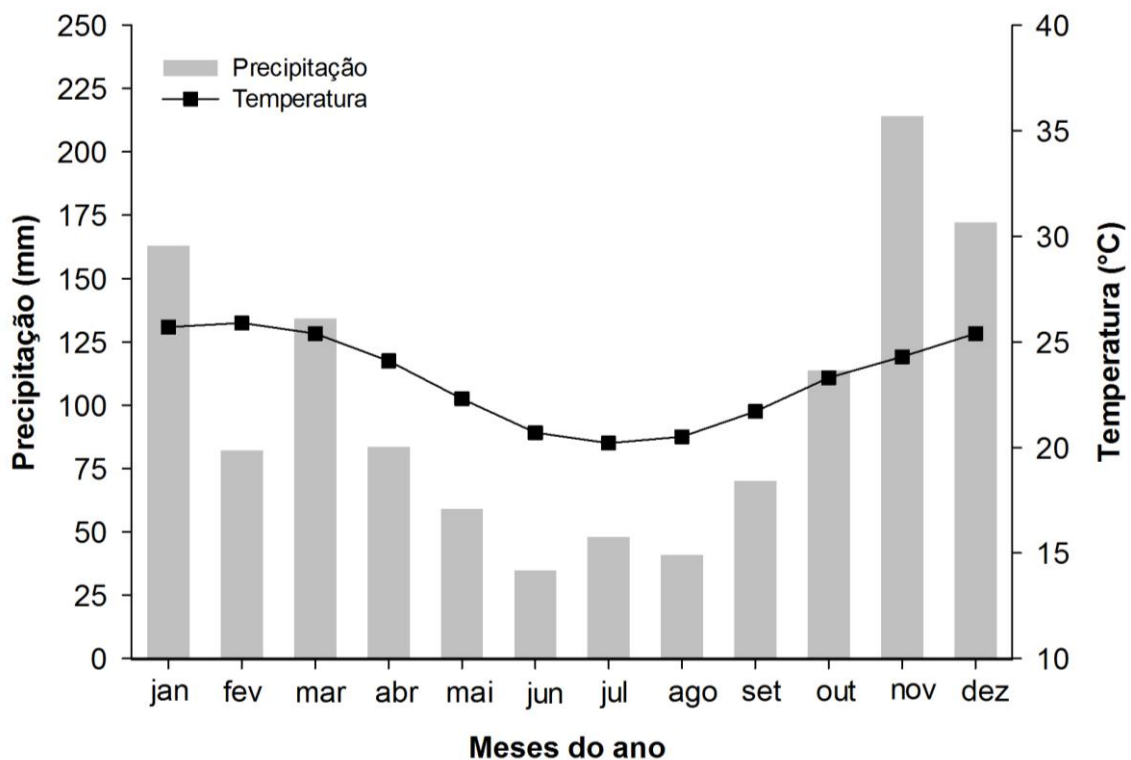


Figura 1. Médias mensais de precipitação acumulada (mm) e temperatura (°C) da Reserva Natural Vale, Linhares - ES, Brasil, com base em uma série histórica de 28 anos (1975 a 2003). Fonte: Reserva Natural Vale (2014). Adaptado pelo autor.

O plantio foi implantado no ano de 1993, em espaçamento inicial de 2x3 m, em uma área de 784 m², com as mudas originadas por sementes. Entre os anos de 2003 e 2004 foi realizado um desbaste na área de plantio.

Para auxiliar na compreensão do grau de alteração das intervenções silviculturais realizadas no plantio e na comparação dos valores de largura dos anéis de crescimento foi obtida uma série histórica de dados referente ao acompanhamento do crescimento em diâmetro das árvores no período de 1994 e 2011.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

Coleta e preparo das amostras: Foram coletados discos da base de cinco árvores de *K. Ivorensis* (abril de 2012), desconsiderando as árvores de bordadura. Os discos foram secos naturalmente, posteriormente aplainados e em seguida procedeu-se o processo de polimento da seção transversal das amostras com uma sequência de lixas na granulação de 60 até 2000 grãos/mm², para melhor visualização dos anéis de crescimento da madeira.

Caracterização anatômica microscópica: O estudo microscópico da madeira foi realizado de acordo com as recomendações da Comissão Pan-americana de Normas Técnicas (COPANT, 1974). Foram retirados corpos-de-prova de uma única amostra (bagueta) a cada 1,5 cm, totalizando nove posições ao longo do perfil radial da madeira, realizando-se o mapeamento dos respectivos anéis que se encontravam em cada amostra, conforme ilustrado na Figura 2.

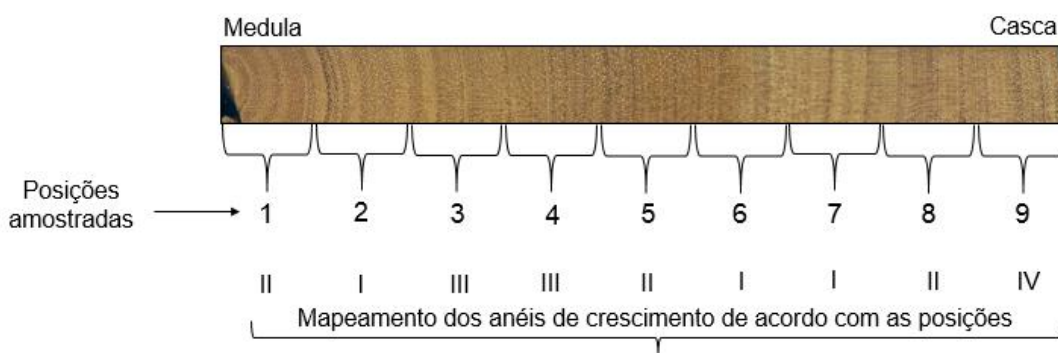


Figura 2. Mapeamento amostral dos corpos-de-prova para caracterização morfológica dos vasos de *Khaya ivorensis*, de acordo com a posição radial.

O estudo anatômico realizado foi da variação radial das características dos elementos de vasos, uma vez que estes auxiliam na verificação da dinâmica de

crescimento radial. Sua distribuição, proporção e dimensão são indicadores da atividade cambial, importante na identificação da presença de lenho inicial e tardio, facilitando a distinção do anel de crescimento. Os parâmetros anatômicos dos vasos avaliados foram: diâmetro tangencial e frequência. Foram realizados cortes anatômicos (18-20 μm de espessura) da seção transversal das amostras e montadas as lâminas histológicas. Estas foram fotomicrografadas por uma câmera digital (7.1 mega pixel) acoplada ao microscópio óptico e realizadas mensurações utilizando o software (*Image-Pro Plus* - versão 4.5) de análise de imagens. Em cada lâmina, foram efetuadas 20 repetições/amostra realizando mensurações do diâmetro (μm) e frequência ($\text{n}^\circ\text{mm}^{-2}$) de vasos, das nove amostras.

Mensuração dos anéis de crescimento: Com o auxílio de um microscópio estereoscópico, foram identificados e demarcados os anéis de crescimento em quatro raios por disco. Em seguida, as amostras foram digitalizadas em scanner de alta resolução, conforme metodologia proposta por Chagas (2009). Após a obtenção das imagens digitalizadas, foi mensurada a largura dos anéis de crescimento por meio de um *software* de análise de imagens (*Image-Pro Plus* - versão 4.5).

Datação dos anéis de crescimento: Por meio da largura dos anéis de crescimento das amostras do lenho das cinco árvores, construíram-se as séries de largura e procedeu-se com a sua sincronização, utilizando-se o software Cofecha, que auxilia no controle de qualidade das séries, analisando-as estatisticamente, possibilitando identificar a eventual existência de anéis de crescimento falsos ou ausentes (SPEER, 1971).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

Caracterização macro e microscópica do lenho: A seção transversal macro e microscópica dos anéis de crescimento do lenho das árvores de *Khaya ivorensis*, com destaque para as zonas que delimitam os anéis de crescimento, está disposta na Figura 3.

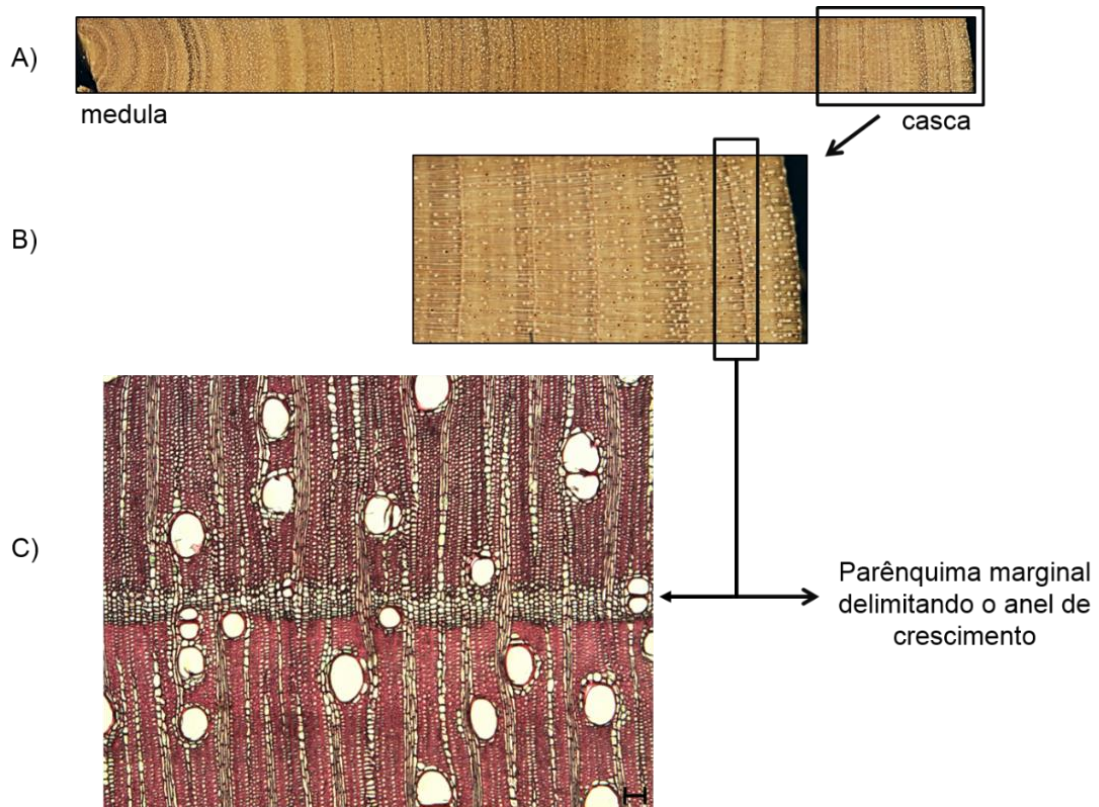


Figura 3. Características do lenho das árvores de *Khaya ivorensis*, aos 18 anos de idade. Estrutura macroscópica (A e B) e microscópica (C), evidenciando o parênquima marginal delimitando a zona de um anel de crescimento. Barra em C corresponde a 100 μ m. Fonte: o autor.

Os limites dos anéis de crescimento da madeira de *Khaya ivorensis* são, no geral, de fácil detecção e caracterizam-se por apresentar uma fina (3-7 células) camada de parênquima marginal, conforme observado na Figura 3 (C).

Considerando a classificação da IAWA (1989), os anéis de crescimento do lenho de *Khaya ivorensis* podem ser classificados como tipo I, ou seja, com limites de demarcação distintos, devido a presença de parênquima axial marginal, um caractere anatômico evidente nas zonas que os delimitam.

Conforme verificado nesta pesquisa, a ocorrência de zonas de demarcação nos anéis de crescimento do lenho de *Khaya ivorensis* é contrária ao citado por outros autores que não evidenciaram a presença de características anatômicas que indicassem uma zona de delimitação clara entre os anéis de crescimento dessa espécie (LEMMENS, 2008; RINNE; HAKKARAINEN; RIKKINEN 2011; TEIXEIRA, 2011).

Além dos anéis de crescimento anuais verdadeiros, também constatou-se a presença de falsos anéis de crescimento no lenho das árvores. Estes, distinguem-se

dos verdadeiros por não serem contínuos ao longo da circunferência dos discos, alternando zonas de demarcação altamente visíveis com outras onde as características anatômicas de demarcação inexistem (Figura 4).

A formação de falsos anéis de crescimento no lenho das árvores pode ocorrer em resposta a diferentes influências ambientais, como por exemplo, períodos prolongados de seca ou chuva e outros fenômenos climáticos, que contribuem para interrupção temporária da atividade cambial, propiciando a formação de mais de um anel de crescimento no intervalo de um ano (COSTA, et al., 2006).

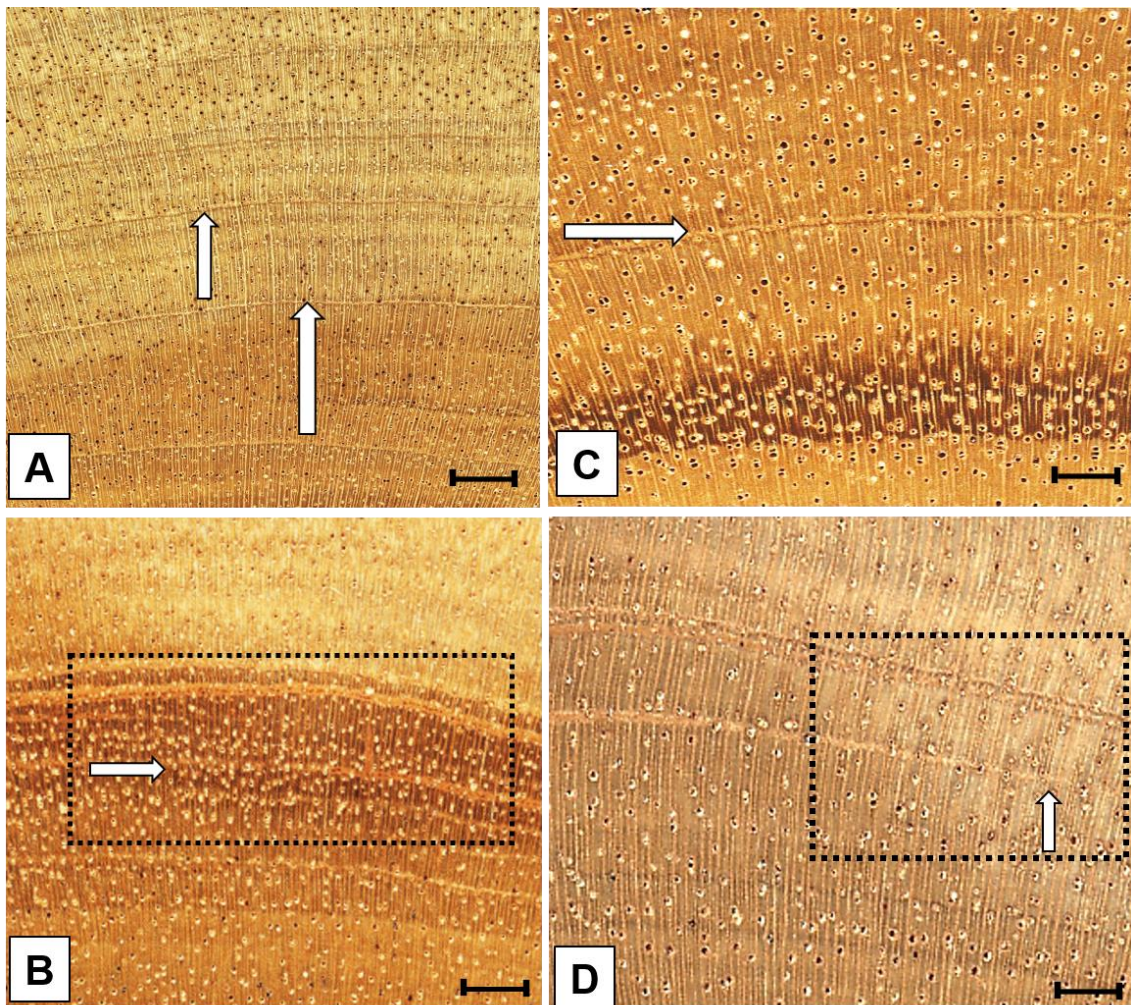


Figura 4. Seção transversal macroscópica de *Khaya ivorensis* evidenciando o limite dos anéis de crescimento pela presença de parênquima marginal (A e B); falha na continuidade do anel de crescimento (falso anel de crescimento), (C e D). Setas indicam o limite dos anéis de crescimento verdadeiros e falsos. Barras correspondem a 2,0 mm Fonte: o autor.

Anéis de crescimento ausentes também foram constatados no lenho de *Khaya ivorensis*. Estes não apresentaram uma nítida marcação como nos demais anéis. A detecção dos anéis de crescimento ausentes foi possível através da sincronização de

crescimento entre as árvores avaliadas, sendo observada a maior ocorrência entre os anéis formados em 1999 e 2004. Considerando que as árvores de *Khaya ivorensis* analisadas são provenientes de uma região que possui duas estações bem definidas (chuvosa e seca), possivelmente entre os anos de 1999 a 2004, houveram anomalias climáticas que podem ter induzido na ocorrência de anéis de crescimentos ausentes.

A presença de anéis de crescimento falsos e ausente em árvores tropicais e subtropicais foi explicada por Mattos (2002) uma vez que estes tendem a corresponder a períodos de chuva e de seca, inundações, queda das folhas e/ou dormência. Segundo o autor, nessas espécies é comum haver a ocorrência de anéis descontínuos, que não formam uma circunferência em torno da medula, e até mesmo a ausência de anéis de crescimento.

Morfologia dos elementos de vasos: Foram verificadas diferenças entre as posições radiais do lenho para o diâmetro tangencial do vasos, conforme observado na Figura 5. Observa-se uma maior frequência de vasos (n°/mm^2) na posição radial 1, correspondente a medula.

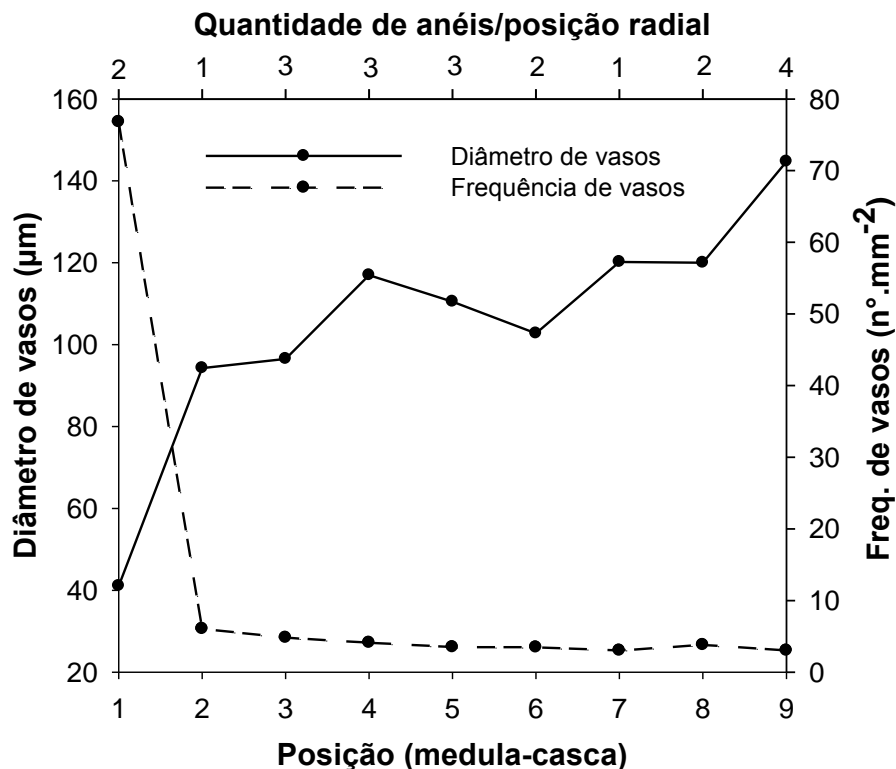


Figura 5. Morfologia dos elementos de vasos de *Khaya ivorensis* aos 18 anos de idade, conforme a distribuição dos anéis/posição radial (medula-casca).
Fonte: o autor.

Na direção radial (medula-casca), houve uma considerável tendência de aumento no diâmetro tangencial dos vasos, com estabilização em sua frequência ao desconsiderar a primeira posição que abrange a região da medula. Ou seja, nos primeiros anéis de crescimento, os elementos de vasos tenderam a menor diâmetro tangencial, com aumento, conforme crescimento radial do lenho.

Conforme explicaram Nisgoski et al. (2010), o aumento no diâmetro tangencial dos elementos vasos são aspectos característicos do desenvolvimento do vegetal, como uma adaptação anatômica do xilema para aumentar o volume de seiva mineral, ampliando a sua capacidade fotossintética.

Séries cronológicas e crescimento radial do tronco das árvores: A idade estimada das árvores de *Khaya ivorensis* foi de 18 anos, sendo equivalente a real idade do plantio. Na Figura 6 é demonstrado o sincronismo no crescimento radial apresentado pelas árvores amostradas.

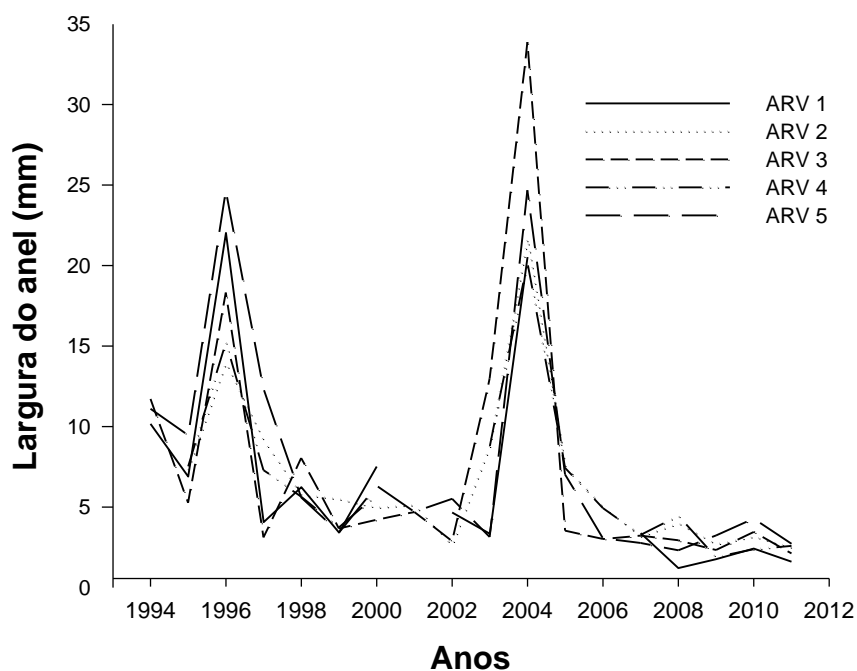


Figura 6. Sincronização da largura dos anéis de crescimento do lenho das cinco árvores (ARV) de *Khaya ivorensis*, aos 18 anos de idade. Fonte: o autor.

O crescimento radial das cinco árvores mensuradas apresentou correlação (Person) significativa de 0,616, acima do valor de correlação crítica (0,569), verificando que as séries de largura dos anéis de crescimento demonstraram sinal comum de crescimento ao longo dos anos.

Brown (2003), explicou que ao se desenvolverem em condições semelhantes ao longo do tempo, as árvores, sobretudo de uma mesma espécie, tendem a apresentar compatibilidade nos índices de correlação de crescimento. Com sincronismo na variação da largura dos anéis de crescimento por elas formado, permite-se a determinação do ano de formação dos anéis crescimento conforme os anos do calendário.

Para este trabalho essa é uma constatação resultante do fato das árvores avaliadas serem provenientes de uma área de plantio, onde a similaridade de crescimento tende a ser maior quando comparado a uma área de floresta nativa, por exemplo, pois as árvores foram cultivadas em um período de tempo comum e sob as mesmas condições edafoclimáticas e de interferências silviculturais ao longo dos anos.

A largura média dos anéis de crescimento da madeira de *Khaya ivorensis* foi de 6,93mm. Houve um crescimento irregular (presença de anéis largos e estreitos) nos primeiros 10 anos tendendo ao crescimento regular nos últimos oito anos (presença de anéis estreitos). Destacam-se os anos de 1996, que apresentou uma largura média de 18,83 mm e de 2004 que apresentou as maiores médias de crescimento em relação aos demais anos (24,19 mm), conforme observado na Figura 5.

Nos primeiro anos é comum a ocorrência de anéis de crescimento largos, pela tendência biológica das árvores a adaptação ao ambiente ao qual foi estabelecida e também pela inexistência de competição entre os indivíduos nos anos iniciais de crescimento. Segundo Ferreira (2002), altas taxas de incremento radial correspondem a períodos de crescimento favorável, induzindo na formação de anéis de crescimento largos, em relação aos demais.

Verificou-se um acréscimo na largura do anel formado em 2004 (ano 10) correspondente ao posterior ano de realização de um desbaste na área do plantio. Na análise dos dados de incremento diametral médio anual (IDMA) da área, foi observado aumento considerável nos valores após o ano de 2003, coincidindo com o ano posterior (2004) em que as árvores avaliadas apresentaram aumento abrupto na largura do anel (Figura 7)

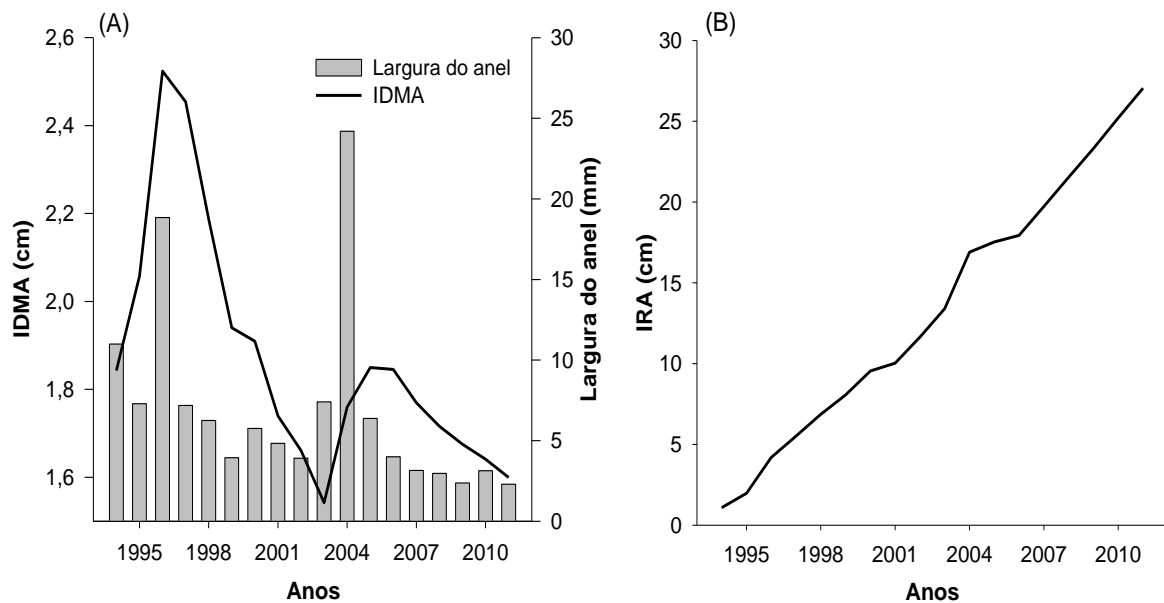


Figura 7. Incremento diâmetro médio anual (IDMA) das árvores versus a largura média dos anéis de crescimento de cada ano (A) e incremento radial acumulado (IRA) do tronco das árvores de *Khaya ivorensis* aos 18 anos de idade (B). Fonte: o autor.

De acordo com Lima (2005), o desbaste tem por objetivo estimular o crescimento das árvores remanescentes e aumentar a sua produção. Através do incremento radial acumulado (IRA) do tronco das árvores, percebe-se um aumento considerável iniciado no ano de 2004, subsequente ao desbaste (Figura 6B). O IRA é importante no diagnóstico e avaliação da dinâmica de crescimento do lenho de uma espécie (Chagas, 2009).

Medeiros (2005) abordou que a alteração das variáveis ambientais ficam registradas nos anéis, os quais expressam os eventos em épocas remotas e contemporâneas e são traduzidas no crescimento das árvores e na largura dos anéis. O mesmo pode ser observado na largura dos anéis de crescimento do lenho da *K. ivorensis* após a realização do desbaste de plantio.

O estudo dos anéis de crescimento da madeira é de válida importância na geração de informações que possam auxiliar na compreensão de fatores que contribuíram de forma positiva ou negativa para a formação da madeira no decorrer dos anos. Dessa forma, a verificação do crescimento radial do lenho das árvores por meio da mensuração dos anéis de crescimento da madeira é uma ferramenta na identificação das influências causadas por interferências silviculturais em um plantio

florestal, onde é possível verificar os efeitos causados na produtividade e qualidade do lenho das árvores produzido após estas práticas.

4 CONCLUSÃO

- As camadas de crescimento do lenho de *Khaya ivorensis* cultivada no Brasil, são delimitadas pela presença de parênquima axial marginal. No entanto, nem sempre correspondem a uma periodicidade anual.
- Houve uma considerável tendência de aumento no diâmetro tangencial dos elementos de vasos, conforme aumento da idade. A frequência vascular foi similar entre as posições dois a nove, com exceção da primeira posição correspondente a região medular que proporcionou maiores valores de frequência.
- Observou-se sinal ambiental/climático comum entre as árvores, havendo sincronismo na variação da largura dos anéis de crescimento do lenho das árvores analisadas, em uma série cronológica de 18 anos, possibilitando a determinação de sua idade.
- O desbaste no plantio refletiu diretamente no crescimento radial de todas as árvores, com aumento na largura do anel de crescimento formado no ano subsequente a sua realização.

5 AGRADECIMENTOS

A Reserva Natural Vale pelo fornecimento do material para realização deste estudo, ao Engenheiro Florestal Gilberto Terra, ao Jonacir Souza e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES pelo financiamento do projeto de pesquisa e pela concessão da bolsa de mestrado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROWN, P. M. **Introduction to dendrochronology lecture 1: Basic terminology and concepts.** Tucson: Rocky Mountain Tree-ring Research, 2003. p. 21.

CHAGAS, M. P. **Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill., *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. e *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP.** 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em

Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. **Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas.** Buenos Aires, v. 30, p. 1-19, 1974.

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. Xilema. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B. E CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal.** 2. ed. Viçosa: UFV, p. 129-154, 2006.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de Florestas Estacionais Semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo.** 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LEMMENS, R.H.M.J. *Khaya ivorensis* A.Chev. In: Louppe, D.; Oteng-Amoako, A. A & Brink, M. (Editors). **Prota 7 (1):** Timbers / Bois d'œuvre 1. [CD-ROM]. Wageningen, Netherlands, PROTA 2008. Disponível em: <http://database.prota.org/PROTAhtml/Khaya%20ivorensis_En.htm>. Acesso em: 07 fev. 2015.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of Macroscopic Features for Hardwood Identification. **IAWA Bulletin**, [S.l.], v. 10, n. 3, p. 219-332, 1989.

LIMA, I. L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada se *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden.** 2005. 137 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MARGARIDO, M.; PINTO, I.; PEREIRA, H.; USENIUS, A.; ANJOS, O. **Caracterização da variação da Espessura dos Anéis de Crescimento em Pinheiro Bravo.** Disponível em: <<https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/667>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

MATTOS, P.P. **Identificação de anéis anuais de crescimento E estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do Pantanal da Nhecolândia, MS.** 1999. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

MEDEIROS, J. G. S. **Anéis de crescimento de árvores de *Araucaria columnaris* Hook.:** caracterização anatômica, densitométrica e aplicação no monitoramento ambiental. 2005. 86 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NISGOSKI S.; TRIANOSKI R.; MUÑIZ G.I.B.; MATOS J.L.M.; STYGAR M. Variação radial das estruturas da madeira de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 316-324, 2012.

ORWA, C.; MUTUA, A.; KINDT, R. ; JAMNADASS, R.; ANTHONY, S., 2009. **Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0**. World Agroforestry Centre, Kenya. Disponível em: Acesso em 06 de jun. de 2015.

RESERVA NATURAL VALE. Dados médios de precipitação e temperatura. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por jonacir.souza@vale.com em 13 jun. 2014.

RINNE, E.; HAKKARAINEN, J.; RIKKINEN, J. Comparative ecological wood anatomy of African mahogany *Khaya ivorensis* with special reference to damage caused by *Hypsipyla robusta*. **European Journal of Scientific Research**, [S.l.], v. 51, n. 1, p. 18-28, 2011.

SPEER, J. H. **Fundamentals of Tree-ring research**. Tucson: The University Arizona Press, 1971. 333 p.

TEIXEIRA, V. C. M. **Avaliação da usinagem da madeira de mogno africano (*khaya ivorensis* a. Chev.)**. 2011. 35 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

CAPITULO II

VARIABILIDADE FÍSICA E ANATÔMICA DA MADEIRA DE ÁRVORES DE *Khaya ivorensis* A. Chev. DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO

Variabilidade física e anatômica da madeira de árvores de *Khaya ivorensis* A. Chev. de diferentes espaçamentos de plantio

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do espaçamento entre árvores no crescimento radial e qualidade do lenho de árvores de *Khaya ivorensis*, aos 5 anos de idade. Os plantios estão localizados no município de Pirapora, MG, Brasil. Foram avaliados três densidades de plantio: 5x5; 7x6 e 10x10 metros. Em cada espaçamento foram selecionadas 10 árvores considerando as direções cardiais norte e sul para remoção de amostras radiais do lenho, através de método não destrutivo, a 40 cm de altura do solo. Avaliou-se a influência do espaçamento de plantio na variação radial da densidade aparente da madeira, através da densitometria de raios X, e das dimensões das fibras a partir de amostras do cerne periférico das baguetas da direção norte. Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, quando a hipótese da anuidade era rejeitada. Houve maior crescimento em diâmetro e incremento médio anual em diâmetro (IMAD) para as árvores plantadas nos maiores espaçamentos (7x6 e 10x10 m). A densidade aparente média e dimensões das fibras da madeira de *Khaya ivorensis* não diferiram entre si em função do espaçamento de plantio aos cinco anos de idade. A densidade aparente da madeira teve correlação significativa com o DAP das árvores plantadas, no maior espaçamento (10x10 m), tendendo esta a diminuir conforme aumento do DAP das árvores. Em todos espaçamentos houve tendência comum de variação radial da densidade aparente da madeira, sendo menor próxima a medula e conforme o distanciamento da mesma tendeu ao aumento próxima a casca.

Palavras-chave: mogno africano, crescimento em diâmetro, densidade da madeira.

Physical and anatomical variability of wood of *Khaya ivorensis* A. Chev. trees of different planting spacings

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of spacing between trees in radial growth and quality of the wood of *Khaya ivorensis* trees, at 5 years old. The plantations are located in the city of Pirapora, MG, Brazil. We assessed three planting densities: 5x5, 7x6 and 10x10 meters. In each spacing, we selected 10 trees considering the north and south cardinal directions to remove the radial wood samples using non-destructive method, at 40 cm above the ground. We evaluated the influence of planting spacing in the radial variation of the apparent density of the wood through X-ray densitometry, and the size of the fibers from the peripheral heartwood of the north radial samples. Data were subjected to analysis of variance by F test and the means were compared by Tukey's test, when the hypothesis of the annuity was rejected. There was a higher diameter growth and mean annual increment (MAI) in diameter for the trees planted in greater spacings (7x6 and 10x10 m). The apparent average density and dimensions of *Khaya ivorensis* wood fibers did not differ as a function of planting spacings at five years of age. The bulk density of the wood had significant correlation with DBH of trees planted in the greatest spacing (10x10 m), tending to decrease as the DBH of trees increase. In all spacings, there was a common trend of radial variation of the apparent density of the wood, being lower near the core and increasing as the distance from the same tended to increase, next to the bark.

Keywords: African mahogany, diameter growth, wood density.

1 INTRODUÇÃO

Para o sucesso na implantação de um povoamento florestal, 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 o plantio.

A definição do espaçamento inicial é uma das decisões mais importantes na implantação de florestas, pois proporciona para cada indivíduo o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo, exercendo influência sobre os demais tratamentos culturais, a qualidade da madeira, a colheita florestal e, conseqüentemente, os custos de produção (BERGER, 2000; GOMES, 2002, LEITE, et al., 2006).

Espécies exóticas como *Khaya ivorensis*, conhecida popularmente como Mogno Africano, têm se destacado pelo seu crescente cultivo no Brasil, apresentando rápido crescimento e fácil adaptação. É uma espécie de origem africana, produtora de madeira com características tecnológicas desejada para produção de madeira sólida destinada a serraria.

No entanto, existem alguns questionamentos sobre o espaçamento inicial ideal para a formação de plantios de *K. ivorensis* no Brasil. Sabe-se que os plantios comerciais existentes da espécie estão em fase inicial de desenvolvimento, os quais empregam espaçamentos amplos (4x5; 5x5; 6x6; 7x6 m), uma estratégia para que não sejam realizados desbastes futuros no plantio (FERRAZ; RIBEIRO, 2013).

Todavia, é importante que estudos sejam realizados nas fases iniciais de estabelecimento dessas florestas, verificando como a espécie vem se desenvolvendo em relação as condições de plantio em que foram submetidas, com a definição de práticas silviculturais adequadas visando a produção de madeira com a qualidade e crescimento desejado, para que as perspectivas de produção possam ser condizentes.

As avançadas técnicas de determinação de parâmetros que avaliam a qualidade da madeira como, por exemplo, a densitometria de raios X usada na determinação da densidade aparente se constituem em importantes ferramentas auxiliares numa caracterização mais detalhada do material, auxiliando em estudos que visem conhecer a formação do lenho das árvores, para determinação do seu emprego tecnológico (BENJAMIN, 2006).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do espaçamento de plantio no crescimento em diâmetro e variação radial da densidade e das fibras da madeira de árvores de *K. ivorensis*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Local de plantio e amostragem: A espécie estudada foi a *Khaya ivorensis* A. Chev. proveniente de plantios experimentais da Atlântica Agropecuária, Pirapora, Norte do estado de Minas Gerais (latitude 17°21'55" S, e longitude 44°56'59"). O clima é predominantemente tropical úmido (Aw) com estação chuvosa no verão e seca no inverno (classificação de Köppen), com precipitação e temperatura média anual de 1.057 mm e 23,4°C, respectivamente (INMET, 2014), e solo latossolo franco arenoso.

As árvores são oriundas de mudas de origem de sementes e o plantio das mesmas foi implantado em julho de 2008. Desde então vem sendo irrigado pelo sistema de micro aspersão, com uma média de 220 dias irrigados ao ano, cessando somente nos meses de dezembro a fevereiro devido à ocorrência de chuvas. Na Tabela 1, são descritas as características do plantio em função do espaçamento empregado.

Tabela 1 – Descrição do plantio experimental de *K. ivorensis* aos cinco anos de idade

| Espaçamento de plantio (m) | Área da parcela (m²) | Número de árvores/parcela |
|---------------------------------------|--|--------------------------------------|
| 5 x 5 | 2.025 | 100 |
| 7 x 6 | 1.764 | 51 |
| 10 x 10 | 1600 | 24 |

Fonte: o autor.

A coleta das amostras foi conduzida sob o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em que as repetições de cada parcela equivalem à quantidade de árvores amostradas. Foram selecionadas 10 árvores em cada parcela desconsiderando as árvores de bordadura. As amostras foram obtidas na forma de baguetas, coletadas pelo método não destrutivo com o uso de um extrator de madeira (*Still* BT- 45) a uma altura de 0,40 metros do solo, considerando as direções cardiais norte e sul de cada árvore, como objetivo de retirar amostras em direções opostas (duas amostras/árvore).

Crescimento em diâmetro: Foram obtidos dados referente ao diâmetro a altura do peito – DAP (1,30 m do solo), por meio de medições com a utilização de uma suta. Por meio dos dados de diâmetro das árvores, calculou-se o incremento médio anual das árvores, utilizando-se a seguinte equação 1.

$$IMAD = \frac{DAP}{idade} \quad (1)$$

Em que:

IMAD = incremento médio anual em diâmetro (cm/ano)

DAP = diâmetro à altura do peito (cm)

Idade = idade das árvores (anos)

Densidade aparente da madeira: foi determinada pela técnica de densitometria de Raios X, cuja metodologia é descrita por Amaral e Tomazello Filho (1998).

As baguetas retiradas das posições norte e sul foram fixadas em suportes de madeira e seccionadas no sentido transversal, com espessura de 2,0 mm, com auxílio de uma dupla serra circular paralela. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em câmara de climatização por aproximadamente 12 horas, a uma temperatura de 20°C e umidade relativa em torno de 50%, até atingir 12% de umidade.

A leitura das amostras foi realizada por um feixe colimado de raios X em intervalos de 80 µm no equipamento QTRS-01X (*Quintek Measurement Systems*), sendo os dados de densidade aparente obtidos pelo *software QMS*, de acordo com os procedimentos empregados por Lobão et al. (2012).

Morfologia das fibras: O estudo morfológico das dimensões das fibras da madeira foi realizado seguindo as recomendações da Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1974). Foram obtidas amostras do cerne periférico das baguetas extraídas da direção norte, como uma forma de padronização. Essas amostras foram reduzidas a pequenas lascas e maceradas em solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1. Os frascos contendo as amostras foram levados à estufa à temperatura de 60°C durante o período de 48 horas. A solução foi lavada com água destilada e as fibras foram coradas com safranina e preparadas lâminas histológicas utilizando a mistura de glicerina e água

destilada na proporção de 1:1 (RAMALHO, 1987). Mediante a confecção das lâminas, foram realizadas fotomicrografias com auxílio de uma câmera fotográfica acoplada a um microscópio. As mensurações (20 por lâmina) do comprimento e espessura de parede das fibras foram realizadas por meio de um *software* analisador de imagens *Image-Pro Plus* (versão 4.5).

Análise dos dados: Os dados obtidos de DAP, IMAD, densidade aparente e dimensões das fibras foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, e quando considerados com distribuição normal testou-se a homogeneidade das variâncias, sendo estes posteriormente submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F ($\alpha=0,05$), e quando esta foi significativa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). A relação entre as variáveis DAP, densidade aparente e dimensões das fibras foi analisada por meio do coeficiente de correlação linear de Person e seu valor P. Em casos de correlação significativa, foram ajustados modelos lineares simples ($\hat{y} = \beta_0 + \beta_1x + \text{erro}$), sendo estes avaliados quanto ao R^2 ajustado e o erro padrão da estimativa (S_{xy}). Realizou-se também a análise de variância para os modelos de regressão (teste F) e o teste de *t* para avaliar a significância de cada coeficiente estimado ao nível de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de DAP e IMAD diferiram entre si em função do espaçamento de plantio (Figura 1A e B), indicando um maior crescimento nas árvores oriundas de espaçamentos de maior amplitude (7x6 e 10x10 m). Em média, os espaçamentos 7x6 e 10x10 m exibiram acréscimos diamétricos de 18,5% e 20,5%, respectivamente, em relação ao espaçamento 5x5 m. Conforme explicaram Lima et. al (2013), em espaçamentos maiores, é comum as árvores exibirem maior crescimento em diâmetro, pois há maior espaço para o crescimento individual das árvores, favorecendo o desenvolvimento da planta e promovendo maiores incrementos diamétricos ao longo dos anos.

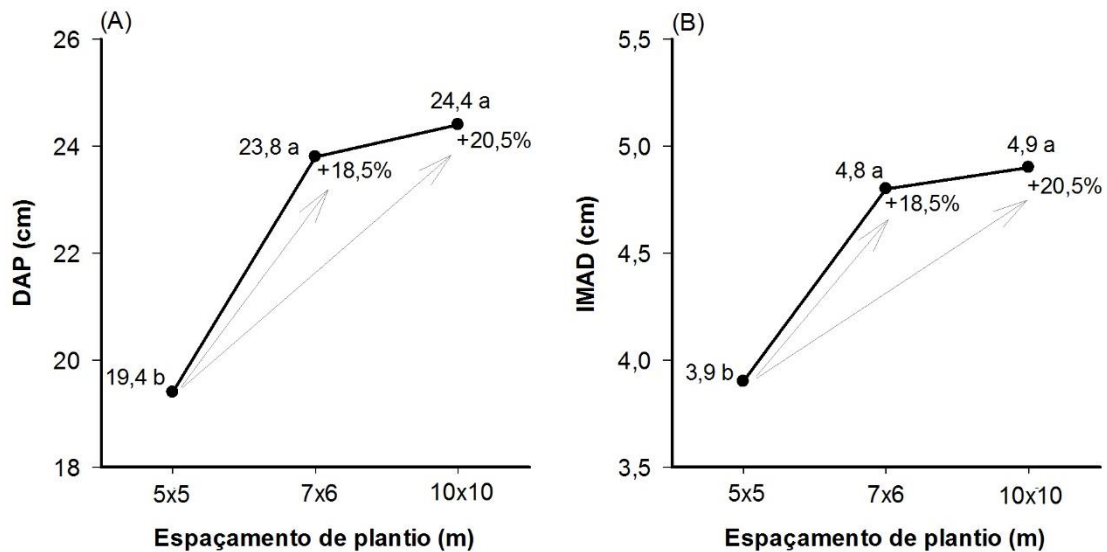


Figura 1. Valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) [A] e incremento médio anual em diâmetro (IMAD) [B] das árvores de *Khaya ivorensis* aos cinco anos de idade em função dos espaçamentos de plantio. Fonte: o autor.

A tendência de crescimento em diâmetro proporcionado por espaçamentos de maior amplitude, também foi observada por autores para árvores de espécies de eucalipto. Exemplificando as pesquisas de Berger et al. (2002); Oliveira Neto et al. (2010) e Sereghetti (2012) para *Eucalyptus saligna* (10 anos); *E. camaldulensis* (32 meses) e o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (12 meses), respectivamente.

Dentre diversos fatores (espécie, produtos, forma do fuste, defeitos, maquinário e mão de obra), o rendimento em madeira serrada é influenciado principalmente, pelo diâmetro das toras (MURARA JUNIOR et al., 2005). Neste sentido, em programas de manejo para a essa finalidade, é almejado que as árvores exibam satisfatório crescimento em diâmetro, conforme foi observado para os maiores espaçamentos (7x6 e 10x10 m).

Contudo, na situação de estudo, o espaçamento de plantio 7x6 m exibiu vantagens comparativas, pelo acréscimo em DAP e IMAD similar ao espaçamento de maior amplitude (10x10 m) e pelo maior volume de madeira/ha proporcionado. Ou seja, com a ampliação do espaçamento de plantio de 7x6 para 10x10 m, não há ganhos significativos no crescimento em diâmetro.

Em relação as características da madeira, verificou-se que a densidade aparente média e as dimensões das fibras na posição do cerne periférico da madeira não foram influenciadas em função do espaçamento (Tabela 2), ou seja, até a idade de

cinco anos o espaçamento não exerceu efeito significativo sobre essas propriedades do lenho das árvores de *K. ivorensis* avaliadas nesta pesquisa.

Tabela 2 – Valores médios de densidade aparente e dimensões das fibras do cerne periférico do lenho de *Khaya ivorensis* aos cinco anos de idade em função do espaçamento de plantio

| Espaçamento de plantio (m) | DA_{12%}(g.cm⁻³) * | CF (µm) | EP (µm) |
|-----------------------------------|--|----------------|----------------|
| 5 x 5 | 0,61 a ** | 1268,74 a | 3,37 a |
| 7 x 6 | 0,61 a | 1200,62 a | 3,62 a |
| 10 x 10 | 0,59 a | 1299,80 a | 3,56 a |
| CV (%) | 7,48 | 8,39 | 9,91 |

*DA_{12%}: densidade aparente a 12% de umidade; CF = comprimento das fibras; EP = espessura de parede, CV = coeficiente de variação.

**Média de uma mesma coluna seguida pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Os espaçamentos avaliados neste trabalho, exibem amplo espaço para desenvolvimento individual de uma planta, considerando os primeiros anos de crescimento. Assim, pode-se inferir que na idade de avaliação (cinco anos), a competição normalmente imposta entre indivíduos de um mesmo povoamento, ainda não tenha atingido intensidade suficiente ao ponto de alterar as características de formação da madeira.

Outra possível explicação é que em folhosas por causa da maior complexidade da sua estrutura, não existe uma tendência de comportamento das propriedades do lenho, conforme a ampliação ou redução do espaçamento de plantio. Essa variação tem muito a ver com a transição de lenho juvenil e lenho adulto, mas, existem outras características importantes que são afetadas, como: relação cerne-alburno e diâmetro tangencial de vasos, por exemplo.

Na literatura é possível observar essa divergência de resultados em estudos realizados com a madeira de eucalipto proveniente de áreas plantada no Brasil.

Maiores valores de densidade básica da madeira em espaçamentos de maior área vital foram encontrados para a madeira dos híbridos de *E. grandis* x *E. camadulensis* (85 meses) e *Eucalyptus saligna* (10 anos) por Rocha (2011) e Berger (2000), respectivamente. Enquanto Garcia et al. (1991) observaram um aumento de densidade da madeira com o aumento do espaçamento para árvores de *E. saligna* e *E. grandis* (10 anos). Nenhum efeito significativo foi observado por Sereghetti (2012) para o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (12 meses).

Em relação das as dimensões das fibras da madeira, Tienne et al. (2009) verificaram tendência de aumento dos valores do comprimento da fibra com a ampliação dos espaçamentos para madeira de um híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* aos dois anos. Já Moulin (2013), verificou situação inversa para a madeira do mesmo híbrido aos seis meses, notando também, que a espessura da parede tendeu ao aumento com o adensamento do espaçamento.

As principais fontes de variação da densidade e das dimensões das fibras da madeira em função do espaçamento são, de acordo com os autores supracitados, a espécie, material genético (clone ou semente), características do sítio e idade, por exemplo. Em algumas espécies esses fatores podem exercer efeito de forma mais intensa na formação da madeira e já em outras espécies não, como foi observado para a madeira de *K. ivorensis*.

A realização de pesquisas nas fases iniciais de estabelecimento de florestas plantadas é uma forma de avaliar o desenvolvimento das plantas as situações de crescimento impostas, visando subsídios ao melhoramento genético. Para as árvores de *K. ivorensis*, as propriedades da madeira avaliadas neste estudo, não demonstraram ser influenciadas pelos diferentes espaçamentos avaliados. Dessa forma, pode-se inferir que até a idade de cinco anos a escolha do espaçamento de plantio para a espécie estudada levará em consideração os acréscimos no crescimento da planta, os quais é visto que distinguem-se em função do espaçamento.

As variáveis DAP e densidade aparente da madeira exibiram correlação significativa entre si ($r = -0,863$; $P < 0,05$) no espaçamento de maior amplitude (10x10) [Figura 2]. Foi observado aumento dos valores de densidade nas árvores de menor DAP (Figura 2A), situação inversa ocorreu com o aumento do diâmetro (Figura 2B). Para os espaçamentos 5x5 e 7x6 m essas variáveis não correlacionaram entre si significativamente.

Garcia et al. (1991), também observaram tendência semelhante avaliando a influência dos espaçamento sobre a produtividade e as características da madeira de *E. saligna* e *E. grandis* aos 10 anos de idade. Conforme o aumento do DAP das árvores a densidade básica da madeira média diminuiu nos espaçamentos de maior amplitude.

O estudo de correlação entre as propriedades madeira e características dendrométrica é importante, nos casos de relação significativa entre as variáveis, para propor modelos lineares que permitam a estimativa de uma determinada propriedade

em função de outra de fácil e prática determinação ou mensuração. Nesse contexto, é mercante as relações entre o DAP das árvores e as propriedades da madeira, uma vez que, o DAP é uma variável de fácil mensuração em campo.

Considerando que nesse estudo as variáveis DAP e densidade aparente da madeira das árvores cultivadas no espaçamento 10x10 m, apresentaram correlação significativa, foi possível propor um modelo linear, com $R^2 = 0,71$, para estimar a DA em função do DAP, utilizando a equação 2.

$$\widehat{DA} = 0,953 - (0,0154 \times DAP)^* \quad (2)$$

Em que:

DA = densidade aparente (g.cm^{-3})

DAP = diâmetro a altura do peito (cm)

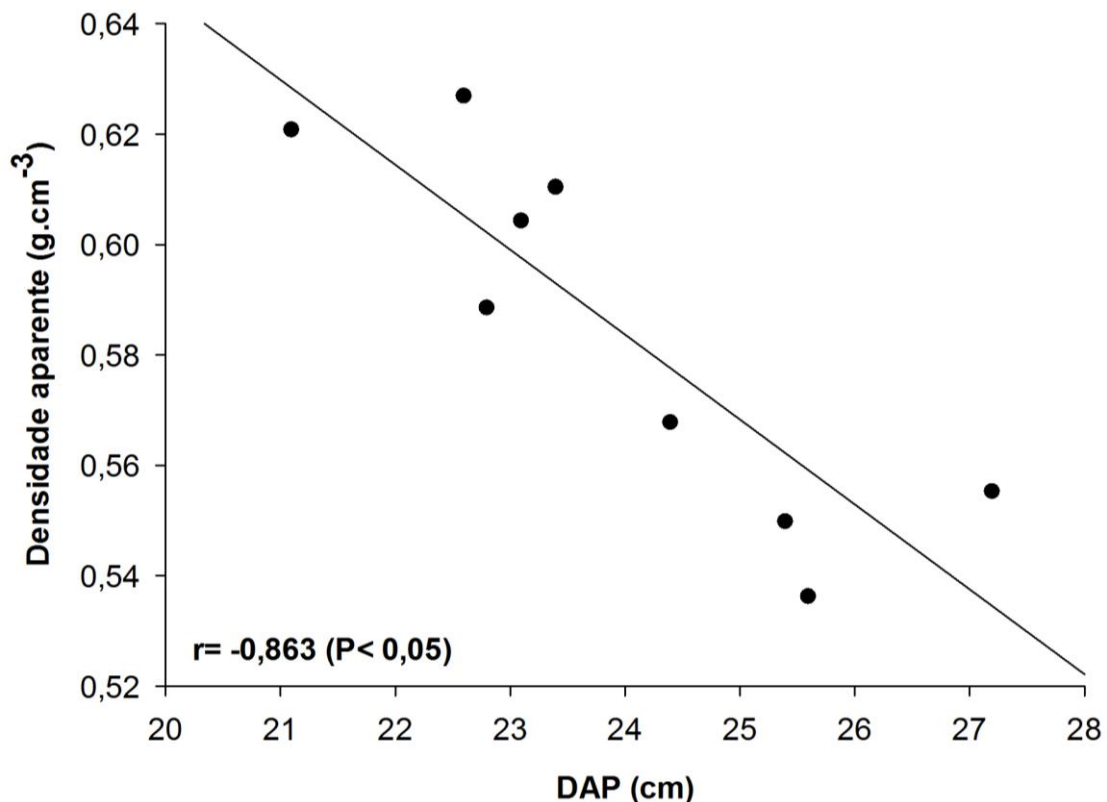


Figura 2. Diagrama de dispersão do diâmetro na altura do peito (DAP) e densidade aparente média da madeira de *Khaya ivorensis* aos cinco anos de idade, em espaçamento de plantio 10x10 metros. Fonte: o autor.

A relação inversa observada entre as variáveis DAP e densidade aparente da madeira no espaçamento 10x10 m, é uma desvantagem para escolha deste tipo de espaçamento, aumentando a variabilidade da madeira produzida dentre de um mesmo povoamento.

Para a variação do perfil radial (medula-casca) da densidade aparente do lenho das árvores em função do espaçamento de plantio, observa-se uma tendência comum entre os espaçamentos de plantio 5x5, 7x6 e 10x10 m. Na região central da madeira, próximo a medula, a densidade aparente da madeira foi menor e conforme o distanciamento da medula tendeu a um aumento em maior variação nas últimas posições próxima a casca (Figura 3). O incremento radial nos primeiros anos (próximo a medula) exerce influência no decréscimo da densidade da madeira, pois as condições mais favoráveis ao rápido crescimento habitualmente conduzem a menores valores de densidade nessas regiões (KOUBAA et al., 2005).

Silva (2014), também observou tendência similar na variação da densidade aparente da madeira para espécie *K. ivorensis* cultivada em sistema de plantio em uma idade superior (19 anos).

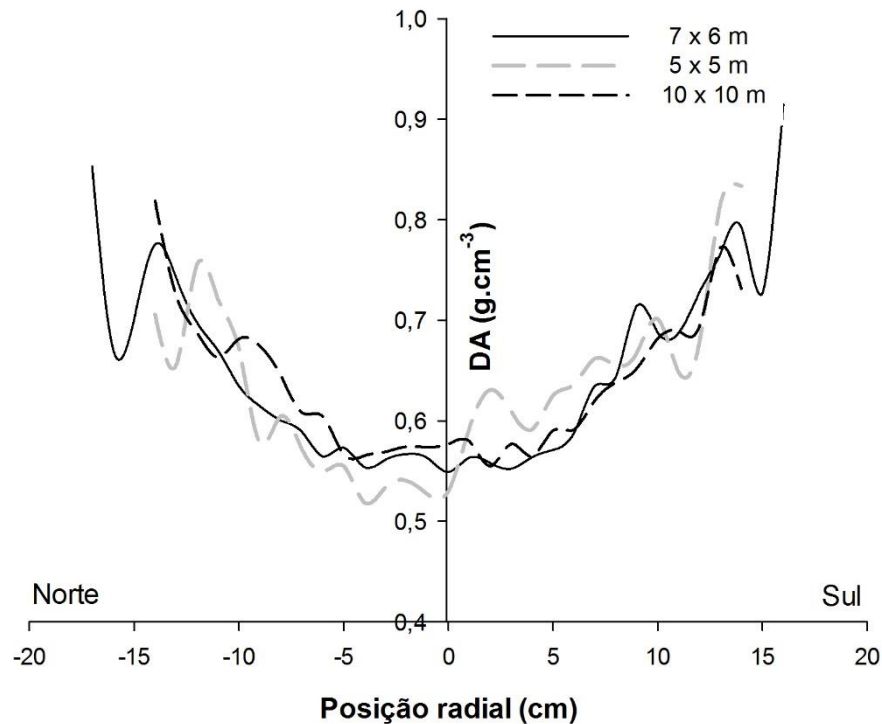


Figura 3. Variação radial (norte-sul) média da densidade aparente do lenho de *Khaya ivorensis* aos cinco anos de idade, em função dos espaçamentos de plantio. Fonte: o autor.

O aumento da densidade da madeira no sentido medula-casca está relacionado com a formação de madeira juvenil nos primeiros anos (SERPA et al., 2003 e BALLARIN; LARA PALMA, 2005). Como o lenho de *Khaya ivorensis* avaliado é proveniente de plantios com idade de cinco anos, é conveniente que ocorra essa variação no perfil de densidade radial, pois a madeira formada até esse período é composta apenas por lenho juvenil.

4 CONCLUSÃO

A variação do espaçamento de plantio afeta significativamente o incremento médio radial, mas até determinados limites.

A densidade aparente da madeira e as dimensões das fibras do lenho de *Khaya ivorensis* até os cinco anos de idade não são afetadas pela variação do espaçamento de plantio;

No espaçamento 10x10 m, as árvores tenderam a DAP's menores e densidade da madeira superior a daquelas com maior diâmetro, implicando em uma variação da qualidade da madeira.

De forma geral, houve tendência comum no perfil de variação radial da densidade aparente para os três espaçamentos. Há um aumento da densidade da madeira no sentido medula-câmbio sem tendência de estagnação o que denota uma fase de formação de lenho exclusivamente jovem.

O espaçamento 7x6 m é o mais recomendado, pois apresenta crescimento em diâmetro superior ao espaçamento 5x5 m e comparável ao espaçamento 10x10 além de não apresentar variação na qualidade da madeira entre árvores.

5 AGRADECIMENTOS

A Atlântica Agropecuária pelo fornecimento do material para realização deste estudo, agradecimento especial ao Eng. Agrônomo João Emílio Martins por toda a logística para coleta de material.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES pelo financiamento do projeto de pesquisa e pela concessão da bolsa de mestrado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A. C. B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* l. segundo micro densitometria de Raios X. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Piracicaba, v. 11, p. 17-23, 1998.

BALLARIN, A. W.; NOGUEIRA, M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* por ultra-som. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 19-28, 2005.

BENJAMIM, C. A. **Estudo da estrutura anatômica e das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Corymbia (Eucalyptus) Citriodora* e *Eucalyptus grandis***. 2006. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilidade.** 2000. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Método para la descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas.** Santiago, v. 30, p. 1-19, 1974.

GARCIA, C. H.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S. F. Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. **IPEF**, Piracicaba, p. 10, 1991. (Circular Técnica, 179).

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.

GOMES, J. E. **Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L. f (Teca) em área de cerrado sob diferentes espaçamentos.** 2002. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em 04 maio 2014.

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.

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.

KOUBAA, A.; ISABEL, N.; ZHANG, S. Y.; BEAULIEU, J.; BOUSQUET, J. Transition from juvenile to mature wood in black spruce (*Picea Mariana* (MILL.) B.S.P.). **Wood and Fiber Science**, Hanover, v. 37, n. 3, p. 445-455, 2005.

MURARA JUNIOR, M. I.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R. Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 473-483, 2005.

MOULIN, J. C. **Produção de madeira de eucalipto de curta rotação em povoamentos adensados para energia.** 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; NEVES, J. C. L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de cerrado de Minas Gerais. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 755-762, 2010.

RAMALHO, R. S. **O uso de macerado no estudo anatômico de madeira**. Viçosa, MG: UFV, 1987.4 p.

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia**. 2011. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SEREGHETTI, G. C. **Biomassa inicial do híbrido *Eucalyptus urophylla* VS. *Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos**. 2012. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

SERPA, P. N.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; PIMENTA, A. S. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 723-33, 2003.

SILVA, J. G. M. **Qualidade da madeira serrada e demarcação do lenho juvenil e adulto do mogno africano**. 2014. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

TIENNE, D. L. C.; OLIVEIRA, J. N. de.; PALERMO, G. P. M.; SOUSA, J. S.; LATORRACA, J. V. F. Influência do espaçamento no ângulo das microfibrilas e comprimento de fibras de clone de eucalipto. **Revista Forestal Latino americana**, Mérida, v. 24, n. 1, p. 67-83, 2009.

2 CONCLUSÃO GERAL

A espécie *Khaya ivorensis* cultivada em um sistema de plantio apresentou potencial para estudos dendrocronológicos. Os anéis de crescimento do lenho da espécie foram nitidamente delimitados por zonas de parênquima marginal, possibilitando a datação dos anos de formação de cada anel, bem como da respectiva idade das árvores;

Na região do lenho de ocorrência da medula os elementos de vasos exibiram menor diâmetro tangencial; padrão oposto foi observado conforme o seu distanciamento.

O desbaste de árvores na área de plantio influenciou diretamente no crescimento radial (largura dos anéis) de todas as árvores remanescentes no ano subsequente a sua realização;

Houve maior crescimento em diâmetro e incremento médio anual em diâmetro para as árvores plantadas nos espaçamentos de maior amplitude (7x6 e 10x10m). No entanto, há uma tendência de estagnação do aumento em diâmetro com o aumento do espaçamento entre árvores.

Em relação às características do lenho, o espaçamento não exerceu influência sobre a densidade aparente e as dimensões das fibras. No espaçamento de maior amplitude (10x10m) houve correlação significativa entre o diâmetro e a densidade aparente da madeira, conforme aumento do crescimento em diâmetro houve tendência de diminuição nos valores de densidade da madeira.

Em relação a variação radial da densidade aparente sentido medula-casca, houve tendência de aumento para os três espaçamentos.

Recomenda-se a adoção do espaçamento de plantio 7x6 m, pois, além do maior crescimento proporcionado em relação ao espaçamento 5x5 m e igual ao 10x10 m, o mesmo não causou variação na qualidade da madeira dentro do plantio, como observado para o espaçamento de maior amplitude estudado (10x10m).