

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

**FORMAÇÃO DE FUSTE DO MOGNO AFRICANO (*Khaya grandifoliola* C.
Dc.) NO INÍCIO DA CULTURA**

RENAN KRUPOK MATIAS

Orientador:
Prof. Dr. Fábio Venturoli

Setembro - 2019

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: RENAN KRUPOK MATIAS

Título do trabalho: **FORMAÇÃO DE FUSTE DO MOGNO AFRICANO (*Khaya grandifoliola* C. Dc.) NO INÍCIO DA CULTURA**

3. Informações de acesso ao documento:

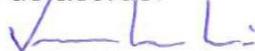
Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 31 / 01 / 20

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo.

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

RENAN KRUPOK MATIAS

FORMAÇÃO DE FUSTE DO MOGNO AFRICANO (*Khaya grandifoliola* C. Dc.) NO INÍCIO DA CULTURA

Dissertação apresentado à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador:

Prof. Dr. Fábio Venturoli

Coorientador:

Prof. Dr. Rafael Tassinari Resende

Goiânia, GO - Brasil
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Matias, Renan Krupok

Formação de fuste do mogno africano (*Khaya grandifoliola* C. Dc.)
no início da cultura [manuscrito] / Renan Krupok Matias. - 2019.
XLVII, 47 f.: il.

Orientador: Prof. Fábio Venturoli; co-orientador Rafael Tassinari
Resende.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2019.

Bibliografia.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico,
tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Inventário florestal. 2. DAP. 3. Altura total. 4. Altura do fuste. 5.
Modelagem. I. Venturoli, Fábio, orient. II. Título.

CDU 631/635



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos quatro dias do mês de setembro do ano de dois mil e dezenove (04.09.2019), às 14h00min, no auditório do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFV, reuniu-se a Banca Examinadora, composta pelos membros: Prof. Dr. Fábio Venturoli - Orientador e Presidente da Banca, Prof. Dr. Jácomo Divino Borges e Prof. Dr. Rafael Tassinari Resende, para a realização da sessão pública da defesa de Dissertação intitulada: “**Formação de fuste do Mogno Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) no início da cultura**”, de autoria de **Renan Krupok Matias**, discente do curso de **Mestrado**, na área de concentração em **Produção Vegetal**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFV. A sessão foi aberta pelo presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início às atividades relativas à defesa da Dissertação. Passou a palavra ao mestrando que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, o candidato foi arguido pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFV, a Banca Examinadora decidiu criar uma comissão especial composta pelos próprios membros para analisar no prazo de trinta dias, a contar de presente data, as modificações e alterações sugeridas no trabalho de dissertação. Findo esse prazo essa comissão emitirá parecer informando da aprovação ou reprovação da dissertação, cujo parecer será anexado a presente Ata. A dissertação será considerada “**APROVADA**”, após parecer da comissão especial acima citada para a obtenção do título de **MESTRE** em Agronomia, na área de concentração em **PRODUÇÃO VEGETAL**, pela Universidade Federal de Goiás. O mestrando poderá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar nova versão eletrônica da Dissertação à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Dissertação, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de acatadas as modificações sugeridas. Para finalizar, o Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulou-se com o mestrando e encerrou a sessão às 17h45min, para constar, eu Welinton Barbosa Mota, secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.

Prof. Dr. Fábio Venturoli
Presidente da Banca - EA/UFV

Prof. Dr. Jácomo Divino Borges
Membro - EA/UFV

Prof. Dr. Rafael Tassinari Resende
Membro - EA/UFV

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

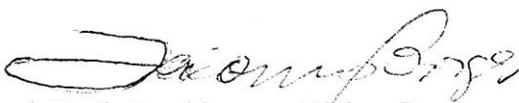
PARECER

A Comissão Especial constituída pelos membros da Banca Examinadora da defesa do trabalho de Dissertação de **RENAN KRUPOK MATIAS**, discente do curso de **Mestrado**, na área de concentração em **Produção Vegetal**, realizada no dia 04 de setembro de 2019, cumprindo o que ficou acordado na referida defesa, após análises pelos seus membros da nova versão apresentada (no prazo estabelecido de 30 dias) pelo referido discente, com as modificações e alterações sugeridas pela Banca Examinadora da defesa, em reunião do dia 08 de outubro de 2019 deliberou pela **“APROVAÇÃO”** da nova versão final da dissertação, cumprindo os dispositivos constantes da Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFG. O presente parecer segue assinado pelos membros da Comissão Especial e anexado a Ata de defesa da Dissertação.



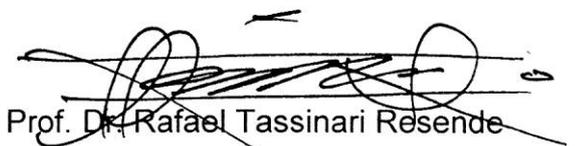
Prof. Dr. Fábio Venturoli

Presidente da Comissão



Prof. Dr. Jácomo Divino Borges

Membro da Comissão



Prof. Dr. Rafael Tassinari Resende

Membro da Comissão

AGRADECIMENTO

Aos meus pais, Osmário Zan Matias e Elizabeth Lobo Krupok Matias pelo incentivo e apoio incondicional em todos os tempos.

Aos meus irmãos, Simone Lobo Krupok Matias e Tiago Krupok Matias pelo suporte e companheirismo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro que permitiu que eu me dedicasse de forma exclusiva a este trabalho, que muito me engrandece como profissional.

Ao Prof. Dr. Fábio Venturoli que muito mais que um professor foi um docente, orientador e amigo.

Ao Prof. Dr. Rafael Tassinari Resende pelo empenho e sabedoria em momentos cruciais da escrita.

Aos meus amigos, sempre fieis, companheiros e apoiadores.

Ao Laboratório de Inventário florestal do Setor de Engenharia Florestal, minha segunda casa e base de apoio.

Ao técnico Guilherme Murilo Oliveira pelas sábias trocas de conhecimento.

Aos alunos da graduação e pós que ajudaram durante a coleta dos dados no campo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	5
LISTA DE FIGURAS	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Mogno africano.....	15
2.2 Inventário florestal.....	17
2.2.1 Diâmetro à altura do peito (DAP)	18
2.2.2 Altura total e altura do fuste	19
2.2.3 Área da copa	20
2.2.4 Densiômetro convexo	20
2.3 Qualidade da madeira	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Análise descritiva das variáveis.....	30
4.2 Ajuste dos modelos hipsométricos	37
5 CONCLUSÕES	42
6 REFERÊNCIAS	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores estatística de diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (Ht), altura do fuste (Hf), área de copa (Ac) e abertura do dossel (%) de árvores de mogno africano (*Khaya grandifoliola*) cultivadas na Fazenda Felicidade, município de Piracanjuba, GO..27

Tabela 2. Coeficientes dos modelos ajustados e estatísticas de precisão para as variáveis altura total (Ht), Altura do fuste (Hf) e diâmetro à altura do peito (DAP)36

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Croqui da área com as parcelas em estudo na Fazenda Felicidade, no município de Piracanjuba, GO.....23
- Figura 2.** Avaliação de plantas do mogno africano (*Khaya Grandifoliola*) com base em cinco variáveis: A) Altura total e altura de fuste, B) Área da copa, C) Diâmetro à altura do peito (DAP = 1,30m), D) Abertura do dossel, na Fazenda Felicidade, município de Piracanjuba, GO25
- Figura 3.** Variação de classes referentes à altura de fuste (Hf) e altura total (Ht) em árvores de mogno africano (*Khaya grandifoliola*) cultivados na Fazenda Felicidade, município de Piracanjuba, GO30
- Figura 4.** Gráficos de relações hipsométricas entre as variáveis, utilizando o conjunto de dados de treinamento (500 observações): (A) altura total (Ht) e diâmetro à altura do peito (DAP) e (B) altura do fuste (Hf) e diâmetro à altura do peito (DAP). As retas são os 4 modelos: Linear, Quadrático, Henricksen e Weibull. Gráfico de resíduos dos respectivos modelos, neste caso, utilizando o conjunto de dados de validação (80 observações): (C) altura total (Ht) e (D) altura do fuste (Hf)35

RESUMO

MATIAS, R. K. **Formação de fuste do mogno africano (*Khaya grandifoliola* C. Dc.) no início da cultura.** 2019. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.¹

A demanda mundial por produtos madeireiros e não madeireiros vem crescendo a cada ano e para acompanhar essa necessidade, as empresas brasileiras vêm investindo em novas pesquisas e tecnologias com plantas silvícolas como o mogno africano. Este estudo teve por objetivo realizar o inventário florestal de um plantio comercial de mogno (*Khaya grandifoliola*) nos primeiros anos pós plantio. O povoamento de mogno africano está situado em uma propriedade particular no município de Piracanjuba (GO), onde foram utilizados mudas de origem seminal provenientes de viveiro comercial. Foram alocadas 20 parcelas aleatórias com 15 m de raio e mensuradas a altura total, DAP, área de copa e altura de fuste de todas as árvores dentro das parcelas, somada a estimativa da cobertura florestal de cada parcela. Para medir a altura total e do fuste, utilizou-se de um clinômetro digital onde o operador ficava a uma distância de 15 m da árvore alvo. O DAP foi coletado utilizando-se uma suta e as áreas das copas foram obtidas através da fórmula de área da elipse utilizando os dois diâmetros coletados em campo com o uso de uma trena. Utilizando-se um densiômetro florestal conexo foi possível estimar a incidência de luz no solo. Quatro modelos hipsométricos foram pré-selecionados e ajustados por regressão linear. A seleção da melhor equação foi realizada com base no coeficiente de determinação ajustado (r_{aj}^2) e erro padrão da estimativa (Syx%). Os modelos também foram validados, avaliando-se a predictabilidade (ρ) e raiz quadrada da média dos desvios (RMSE). Os resultados mostraram uma forte relação entre a variável dependente altura total e as independentes altura do fuste e DAP. Com quatro anos de idade do plantio, a maior classe da altura do fuste se encontra variando de 3,1 a 4,1 m e a maioria das árvores tem seu DAP variando de 0,084 a 0,126 m. A porcentagem de árvores que já possuem o fuste superior aos 6 m de altura é de 8,35%. É nula a porcentagem de árvores que já atingiram os 50 cm de DAP nesta idade. O modelo linear é ligeiramente melhor para estimar as alturas totais (Ht) com r_{aj}^2 de 0,61 e Syx% de 14,64%. Para se estimar a altura do fuste (Hf) os melhores modelos são o Quadrático e de Weibull, onde a validação do modelo Quadrático mostrou que as estimativas são confiáveis com erro de 24,11% e o modelo de Weibull com 24,86%.

Palavras-chave: Inventário florestal, DAP, altura total, altura do fuste, modelagem.

¹ Orientador: Prof. Dr. Fábio Venturoli. Escola de Agronomia - UFG

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Tassinari Resende. Escola de Agronomia - UFG

ABSTRACT

MATIAS, R. K. **Formation of Stem in african mahogany** (*Khaya grandifoliola* C. Dc.) **early in culture**. 2019. Dissertation (Master's Degree in Agronomy - Plant Production) - School of Agronomy, Federal University of Goiás, Goiânia, 2019.¹

The worldwide demand for timber and non-timber products has been growing every year and to keep up with this need, Brazilian companies are investing in new research and technologies with forestry plants such as African mahogany. This study aimed to carry out a forest inventory of a commercial mahogany (*Khaya grandifoliola*) plantation in the first years after planting. The African mahogany population is located on a private property in the municipality of Piracanjuba in the state of Goiás, where seedlings of seminal origin from a commercial nursery were used. Twenty random plots with 15 m radius were allocated and the total height, DBH, crown area and stem height of all trees within the plots were measured, together with the estimated forest cover of each plot. To measure the total height and stem, a digital clinometer was used where the operator was 15 m from the target tree. The DBH was collected using a stick and the crown areas were obtained through the ellipse area formula using the two diameters collected in the field using a measuring tape. Using a related forest densiometer it was possible to estimate the incidence of light in the soil. Four hypsometric models were pre-selected and adjusted by linear regression. The selection of the best equation was performed based on the adjusted determination coefficient (r_{aj}^2) and estimate standard error (Syx%). The models were also validated by assessing the predictability (ρ) and square root mean deviation (RMSE). The results showed a strong relationship between the dependent variable total height and the independent stem height and DBH. At four years of age, the largest class of stem height ranges from 3,1 to 4,1 m and most trees have a DBH ranging from 0,084 to 0,126 m. The percentage of trees that already have a stem higher than 6 m in height is 8,35%. The percentage of trees that have already reached 50 cm of DBH at this age is null. The linear model is slightly better for estimating total heights (Ht) with r_{aj}^2 of 0,61 and Syx% of 14,64%. To estimate the height of the stem (Hf) the best models are the Quadratic and Weibull models, where the validation of the Quadratic model showed that the estimates are reliable with an error of 24,11% and the Weibull model with 24,86%.

Keywords: Forest inventory, DBH, total height, stem height, modeling.

¹ Advisor: Prof. Dr. Fábio Venturoli. Escola de Agronomia - UFG

Co-advisor: Prof. Dr. Rafael Tassinari Resende. Escola de Agronomia - UFG

1 INTRODUÇÃO

Com 485,8 milhões de hectares cobertos por florestas naturais e plantadas (FAO, 2015), o Brasil ocupa a segunda posição mundial em relação a área de florestas do mundo, enquanto a Rússia ocupa a primeira posição. Segundo boletim liberado pelo Serviço Florestal Brasileiro, 58% do território nacional são cobertos por florestas (SNIF, 2016). Acompanhando o crescimento populacional mundial vem a demanda por produtos e derivados da madeira. No Brasil há uma crescente preocupação em preservar o meio ambiente, somado às pressões ambientais e à proibição da exploração e corte de espécies nativas, como por exemplo a cerejeira, castanheira, mogno brasileiro e araucária. Estes fatos impulsionaram a necessidade de alternativas para o setor florestal brasileiro, resultando em estudos e pesquisas de forma mais acentuada nas últimas décadas com árvores silvícolas (SFB & IPAA, 2010).

Atualmente, a indústria brasileira com matéria prima de árvores plantadas chama a atenção do mundo por sua atuação embasada em inovação, sustentabilidade e competitividade. Atuando na produção de painéis de madeira, celulose, carvão vegetal, papel e biomassa, as árvores plantadas propiciam centenas de produtos e subprodutos. Também são essenciais na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, controle de erosão, conservação da biodiversidade e guarnecimento de oxigênio (Juvenal & Mattos, 2002). As árvores do gênero *Eucalyptus* são as mais cultivada no País, tendo um despertar precoce de interesse dos cientistas devido, principalmente, ao seu rápido crescimento e boa adaptabilidade ao clima brasileiro, havendo diversos estudos e tecnologias já consolidadas associadas a esta cultura (Elerati, 2017). Outro fator que ajudou no seu rápido desenvolvimento foi o momento vivido atualmente pelo país. A economia aquecida trouxe investidores como indústrias de papel, celulose e siderúrgicas (IBGE, 2016).

Apesar da preferência nacional pelo plantio do eucalipto, alguns produtores vêm optando por espécies alternativas como às do gênero *Khaya*. O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) é uma das espécies de maior valor comercial do mundo, possuindo uma grande beleza, rápido crescimento alta qualidade da madeira (Silva et al., 2016). Novos estudos sobre sua exploração têm se intensificando nas últimas décadas

(Grogan et al., 2002). É uma planta com várias características desejadas tanto para o segmento de reflorestamento quanto para a indústria madeireira, mas que vem sendo substituído pelo mogno africano (*Khaya grandifoliola* C. Dc.) devido, principalmente, ao seu grande potencial de produção, alto valor comercial e menor incidência de pragas. O mogno africano é originário da costa ocidental africana sendo uma espécie florestal de grande importância para a economia brasileira, não apenas pelo seu alto valor no comércio internacional, mas também pelos aspectos relativos ao rápido crescimento e resistência a algumas pragas como a broca da ponteira *Hypsipyla grandella* (Zeller), principal praga causadora de danos no mogno brasileiro (Lunz et al., 2010).

Quando se necessita avaliar quantitativamente e qualitativamente os recursos madeireiros existentes em determinada área, realizar inventário florestal é de suma importância para garantir essas avaliações. Nesse sentido, são utilizados métodos que possibilitam a medição e coleta de diferentes variáveis fundamentais, possibilitando mensurar o potencial dos recursos madeireiros e não-madeireiros existentes na área (Sanquetta et al., 2014). A altura é a segunda variável independente utilizada nos métodos estimativos em tabelas de volume, funções de afilamento e outras relações dendrométricas. Quando são feitos inventários florestais, alturas de árvores não medidas dentro da parcela são estimadas por meio de uma relação hipsométrica expressa por uma equação ajustada (Machado & Figueiredo Filho, 2003; Sanquetta et al., 2014). Ajustes de modelos hipsométricos para a cultura do mogno africano (*Khaya grandifoliola* C. Dc) ou mesmo de culturas semelhantes, como a *Khaya ivorensis* A. Chev., são escassos na literatura. Desse modo, observamos que, há uma carência em conteúdo na cultura para que se consiga melhores ajustes dos modelos testados, contudo, o povoamento era de origem seminal, o que foi compatível com os resultados encontrados, originando dados com alta variabilidade (Silva et al., 2016).

Este estudo teve como objetivo analisar a contribuição de diferentes variáveis na formação de fuste do mogno africano (*K. grandifoliola* C. Dc.) e comparar diferentes modelos hipsométricos na busca de uma equação que seja utilizada para estimar a altura total e altura de fuste das árvores desta cultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mogno africano

O gênero *Khaya* pertence à família botânica Meliaceae, gênero este constituído por diversas espécies, sendo *Khaya grandifoliola* C. Dc. uma das mais importantes. Este mogno africano é originaria da África, mais especificamente da porção ocidental do continente, encontrada desde o sul de Angola até a costa leste da Costa do Marfim e Camarões (Ribeiro et al., 2017).

O nome comercial das árvores do gênero *Khaya* são variados em diversos países, como: *Khaya mahagoni* na Alemanha, na Inglaterra e Estados Unidos como African mahogany, Acajou D'Afrique, na França e Bélgica, Afrikaans mahoganie na Holanda e Mogno africano pelos portugueses (Falesi & Baena, 1999). No Brasil os plantios de mogno africano estão distribuídos pelos estados do Espírito Santo, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia e Paraná (Carvalho et al., 2010).

Inicialmente, a introdução do mogno africano no Brasil foi pelo norte do País, através de sementes oriundas de doação para o pesquisador Ítalo Falesi, em 1976. Somente em 1989 estas árvores chegaram ao estágio de reprodução, possibilitando a difusão da espécie pelo País (Ribeiro et al., 2017).

Em seu habitat de origem o mogno nasce em vales úmidos, com altitudes variando de 0 a 450 m. Por se tratar de uma árvore com grandes dimensões, o mogno africano, de maneira geral, atinge de 30 a 35 m de altura, podendo chegar a 60 m. O diâmetro à altura do peito pode chegar até 2 m e, normalmente, possuem sapopemas na base, garantindo uma maior sustentação (Ribeiro et al., 2017).

Apesar de ser uma planta heliófila, sua tolerância ao sombreamento durante a fase juvenil é uma grande vantagem. Outro ponto positivo para seu cultivo é que seus indivíduos toleram inundações, mas, em contrapartida, são sensíveis a períodos longos de estiagem (Foli, 2000; Batista, 2010). Para Albuquerque et al. (2013), as plantas jovens de mogno africano são moderadamente tolerantes ao déficit hídrico, possibilitando o seu

plantio comercial em locais sujeitos a moderados períodos de estiagem. Normalmente frutifica duas vezes ao ano, sendo o fruto composto por uma cápsula acastanhada de 5 a 7 cm de diâmetro com 5 valvas. Cada um desses frutos possui cerca de 15 sementes achatadas e aladas (Falesi & Baena, 1999).

O cerne apresentado pelo mogno africano possui uma coloração variando de rosa pálido ao marrom avermelhado escuro. Sua grã frequentemente aparece irregular entrecruzada e a textura de média a grossa quando comparada ao do mogno brasileiro (Wiemann, 2010).

Quando comparados fenotipicamente o mogno brasileiro e mogno africano, não há muitas diferenças significativas. Uma característica marcante que possibilita a distinção entre as duas espécies é a coloração avermelhada no ramo apical do mogno africano, que se dá devido à concentração de antocianina. Já no mogno amazônico a coloração do ramo apical é esverdeada (Falesi & Baena, 1999).

Após testes físicos-mecânicos, a madeira de mogno africano apresentou densidade aparente e básica considerada média, avaliação regular para cavilha, porém característica boa para utilização na indústria moveleira. Além desta qualidade, também é muito apreciada para este ramo devido a sua beleza e coloração (Carvalho et al., (2010). Os autores Silva (2010) e Carvalho et al. (2010) quantificaram a densidade básica da madeira da espécie em 471 kg.m^{-3} , qualificando-a como média. O provável motivo mencionado pelos autores para o valor ter sido baixo foi devido a idade das árvores avaliadas, 10 anos.

A madeira é extremamente valorizada devido às características tecnológicas e à sua beleza pela carpintaria, marcenaria, móveis, construção naval, lâminas decorativas e sofisticadas construções interiores. São apropriadas para se fabricar pisos, acabamentos interiores, corpos do veículo, brinquedos, tornearia e celulose. Além da madeira, a casca também é utilizada (Pinheiro et al., 2011).

A casca da árvore possui propriedades medicinais, utilizada tanto na medicina veterinária como na humana, no tratamento de úlcera e diarreia, por exemplo. Na África Central sua utilização é amplamente difundida para o tratamento de diversas doenças, como no tratamento de malária (Tepongning et al., 2013) inclusive as infecciosas (Idu et al., 2010),

Quando foram colocadas restrições sobre o comércio do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), outras espécies de mogno foram exploradas devido às suas semelhanças entre as propriedades da madeira e a resistência ao ataque da principal praga

sobre o mogno nativo, a *Hypsipyla grandella* (Poltronieri et al., 2000; Conde, 2006; Krisnawati et al., 2011). Outra consequência foi a expansão do cultivo do mogno africano em diferentes estados brasileiros.

Em 2015, foram encontrados perfurações, fezes e exsudações características da broca da ponteira (*H. grandella*) em um plantio comercial de *K. ivorensis* com três anos de idade em Patos de Minas, Minas Gerais. Após a coleta de pupas no local e posterior emergência em laboratório, foi confirmada a presença de *H. grandella* no local do plantio (Zanetti et al., 2017).

Foram coletados frutos maduros ou próximos da maturação e broqueados no solo em um plantio comercial de *Khaya ivorensis* com 8 anos de idade em Corinto, Minas Gerais. Cada fruto tinha, em média, 99,7% das sementes danificadas e 4,2 indivíduos (em algum estágio de desenvolvimento) de *H. grandella*. O número médio de lagartas encontradas por fruto variou de 3,4 a 13 (Lemes et al., 2019).

Outra praga encontrada no plantio inicial de *K. ivorensis* é a *Trigona spinipes* (abelha arapuá), cujo ataque se concentra no broto apical da planta, gerando brotações e atrofia. Quando não são feitos tratamentos silviculturais no momento certo, esses ataques resultam em ramificações indesejadas, depreciando a qualidade do fuste (Klein et al., 2016).

2.2 Inventário florestal

A evolução dos inventários florestais foi gradativa, seguindo as diferentes necessidades que foram surgindo com o passar dos tempos. Os conceitos e definições para os inventários são constantemente atualizados e readaptados, buscando a máxima precisão e coerência de suas coletas (Tomppo et al., 2010).

Ao deparar-se com florestas com grandes dimensões, sua mensuração como um todo é inviável devido, principalmente, ao tempo e custos. A melhor saída é se utilizar de metodologias e processos de amostragem adequados existentes ao se fazer o inventário florestal, a fim de que se consiga extrair informações confiáveis sobre a área. O sucesso para que os dados coletados no inventário florestal sejam precisos e condizentes com a área total está relacionado com a intensidade amostral adotada, assim como a metodologia de amostragem adotada (Ubialli et al., 2009; Corte et al., 2013).

Quase sempre é inviável realizar um censo florestal, ou seja, fazer um inventário de todas as árvores de valor comercial existentes em uma área de exploração anual, devido à indisponibilidade de pessoal, altos custos e tempo necessário desde o início do projeto até a publicação dos resultados. Para contornar este empecilho, são feitas pequenas porções (amostras) de toda a população florestal, sendo estas árvores avaliadas. Com isso, utilizando-se de teorias de probabilidade, os resultados obtidos dos indivíduos dentro desta amostra são utilizados para inferir sobre toda a população (Mcroberts & Westfall, 2016).

O inventário tem como objetivo possibilitar extrapolar os resultados obtidos de amostragens pequenas da área para toda a população alvo. Erros oriundos de diferentes fontes e etapas no inventário podem gerar representações irreais e dados falaciosos, resultando em tomadas de decisões equivocadas (Brassel & Lischke, 2001). Dependendo do sistema de amostragem utilizado na seleção de árvores para as relações hipsométricas, equações de volume e no tamanho, forma e seleção de parcelas e erros sistemáticos que estão relacionados com as medições de altura e DAP, podem ser gerados erros amostrais no levantamento florestal (Moser, 2013).

Relações biométricas, como a encontrada entre diâmetro-altura, possibilitam quantificar valores estimados através do uso de equações de regressão garantindo menor tempo e menores gastos na coleta dos dados (Schneider et al., 2009). São vários os trabalhos que se utilizam de relações hipsométrica para estimar a altura em um povoamento como por exemplo, povoamentos mistos de restauração florestal (Sanquetta et al., 2017).

2.2.1 Diâmetro à altura do peito (DAP)

Quando se observa uma árvore, percebe-se uma desuniformidade em relação ao crescimento em diâmetro ao longo do tronco. Em geral, uma árvore cresce primeiro em altura para depois sim aumentar seu diâmetro. Para obter este diâmetro se emprega, geralmente, a sua coleta à altura do peito (DAP). A atividade do câmbio é a responsável por este crescimento o que possibilita, dependendo da necessidade, a sua obtenção em diferentes datas ou até mesmo horas distintas do dia (Encinas et al., 2005).

O DAP é a mais importante variável dendrométrica aplicada aos estudos florestais. Por padronização mundial, sua medição é feita a 1,30m de altura em relação ao solo, conferindo facilidades no manuseio de instrumentos de medição, agilidade no trabalho de

campo e minimizar o risco de problemas ergonômicos ao mensurador. O principal instrumento utilizado para efetuar esta coleta é a Suta.

A suta é formada por de uma régua graduada conectada a dois braços perpendiculares, sendo um fixo e o outro móvel. O braço fixo se encontra na extremidade do aparelho e é nele que se encontra o zero da escala. Ao deslocarmos o braço móvel em sentido oposto ao braço fixo, o mesmo afasta-se do zero gerando uma abertura que encaixa no ponto de medição, refletindo o diâmetro da árvore naquele ponto. Como mecanismo de redução em erros na medição, a suta deve estar posicionada perpendicularmente ao eixo do fuste da árvore em questão.

2.2.2 Altura total e altura do fuste

A mensuração da altura de uma árvore é de extrema importância, pois possibilita classificar a qualidade de um sítio (local), fazer estimativas volumétricas e ajuste de modelos hipsométricos e alométricos. Conhecer a altura de uma árvore ou da floresta auxilia o produtor nas tomadas de decisões, haja vista que há modelos de crescimento para florestas que se relacionam com a variável altura, possibilitando uma maior garantia de alcançar a meta desejada (Machado & Figueiredo Filho, 2003).

Para se medir a altura de uma árvore, normalmente são utilizados instrumentos auxiliares, como os hipsômetros, pelo fato de que o ponto de medição nem sempre está acessível ao mensurador (Gonçalves et al., 2009). Os princípios trabalhados pelos hipsômetros são o da geometria e trigonometria. Os de princípio geométrico, utilizam para medição de altura, relações existentes entre triângulos semelhantes, já a base dos de princípio trigonométrico é a determinação de ângulos formados entre a base e o topo da árvore e o nível do instrumento (Machado & Figueiredo Filho, 2003).

De acordo com o uso dos valores mensurados, podem-se coletar diferentes tipos de alturas para alcançar objetivos distintos. Como possíveis mensurações, tem-se a coleta da altura total, altura comercial, altura do fuste e altura da copa. Dependendo do objetivo final do produtor, a altura comercial e do fuste coincidem. O formato do tronco pode ser definido como a diminuição gradual do diâmetro à medida conforme o aumento da altura da árvore. A altura do fuste de uma árvore é medida através da base dela até a altura da copa, apresentando formas bastante variadas, podendo haver modificações conforme a espécie e, até mesmo, dentro da mesma espécie. A altura total é referente à

distância das duas extremidades mais distantes da árvore, ou seja, da base até o ponto mais alto da mesma. Em alguns casos sua mensuração pode ser comprometida devido à falta de visibilidade, adensamento, forma da copa, coleta com diferentes operadores, dentre outros, gerando erros e tomadas de decisões equivocadas (Sanquetta et al., 2014).

2.2.3 Área da copa

Através da fotossíntese, a planta transforma a energia proveniente da luz do sol em energia química sendo a copa o principal responsável por esses processos. A obtenção de variáveis como diâmetro, comprimento, superfície e área da copa é de suma importância pois estão relacionados com o crescimento e a produção de uma árvore. Estas variáveis são modificadas pela concorrência entre as plantas, principalmente por luz, o que pode gerar até a morte de galhos mais baixos do dossel (Nutto, 2001).

Para Wadsworth (2000), a forma da copa está diretamente relacionada com a produtividade por unidade de área. Quando a copa possui vários níveis, com um tronco central, sua produtividade é maior por unidade de área do que copas amplas, com muitos galhos, hemisféricas e um só nível.

2.2.4 Densiômetro convexo

Observar a disponibilidade de luz dentro de uma floresta possibilita a compreensão do estabelecimento e comportamento da fauna e flora local, principalmente quando tratada como um recurso limitante. O uso de métodos e aparelhos são de grande importância para mensurar a abertura do dossel (Nabe-Nielsen et al., 2000).

O densiômetro esférico florestal convexo possui um espelho côncavo ou convexo cuja finalidade é refletir a copa das árvores, possibilitando medir a abertura do dossel para se estimar a luminosidade em uma floresta fechada ou até mesmo em clareiras. Possui gravado na superfície 24 quadrados medindo, individualmente, 1/4" x 1/4", onde cada quadrado deve ser subdividido em quatro quadrados de 1/8" x 1/8", totalizando 96 quadrados que são contabilizados quantos destes estão recebendo luz incidente quando se faz a coleta dos dados. (Lima, 2016).

O densiômetro esférico florestal deve ser colocado na altura do cotovelo e a uma distância suficiente para o corpo do operador não aparecer refletido. São coletados quatro pontos, sentido norte, sul, leste e oeste, no mesmo local, apenas mudando 90° de um ponto para o outro, totalizando um giro de 360°. Ele deve decidir quanto dos quadrados menores foram refletidos por pontos de luz, fazendo a média dos resultados coletados nas quatro observações e multiplicando tudo por 1,04 como fator de correção do aparelho sugerido pelo fabricante (Freitas et al., 2017),

Devido à alta variabilidade entre cada coletor com relação às medidas obtidas com o esferodensiômetro, as coletas devem ser feitas com o mesmo coletor em todos os pontos de amostragem. Outro ponto levado em consideração é a experiência do coletor, já que o grau de precisão nas estimativas é diretamente proporcional à sua experiência com o aparelho (Werneck et al., 2000).

2.3 Qualidade da madeira

Avaliar a qualidade da madeira é de vital importância para se averiguar o real potencial do material a ser utilizado, seja como insumo energético, para movelaria, revestimento, dentre outros. O material deve atingir os pré-requisitos básicos do mercado para que proporcione um bom retorno ao produtor (Santos et al., 2012; Protásio et al., 2012).

Por ser um material heterogêneo, a madeira possui diferentes tipos de células que são adaptadas ao desempenho de funções específicas. Há uma grande variação entre espécies no que diz respeito a sua composição física, química e anatômica. Até mesmo dentro da mesma espécie estas variações ocorrem de acordo com a posição na árvore, idade, fatores ambientais, genéticos, dentre outros (Carvalho et al., 2010).

Para dependendo do destino final do fuste, alguns processos podem aumentar o valor final da madeira, como a usinagem. Quando se remete à qualidade da usinagem, há conceitos distintos apresentados por dois grupos de pesquisadores. O primeiro grupo define a qualidade apenas por meio dos valores normativos da usinagem, pelo cálculo do avanço por dente (fz) ou pela profundidade do arco cicloide (y). O segundo grupo, além dos parâmetros citados acima, considera também a presença de falhas na superfície, oriundas em função da estrutura da madeira pelos variados tipos de células, suas diferentes dimensões e orientações (Silva, 2002).

Quando o destino da madeira é voltado para a produção de carvão vegetal e, ou, energia, o teor de lignina é uma característica química essencial, devido à sua correlação com o rendimento e qualidade do carvão, assim como o poder calorífico da madeira (Protásio et al., 2012), assim como sua correlação com a densidade básica da madeira. Para Vale et al. (2001), quanto maior for a densidade básica, maiores serão a resistência mecânica do carvão vegetal, as densidades relativas aparentes e a produção de carvão por unidade de volume.

Segundo Foelkel; Brasil & Barrichelo (1971), a densidade da madeira é um ótimo parâmetro para se mensurar a qualidade de uma madeira. Ela é um importante fator para se determinar as propriedades físicas que caracterizam as variadas espécies de madeira, diferentes locais de uma mesma árvore ou mesmo diferentes árvores de uma espécie. Os autores afirmam que a densidade aparente é medida relacionando-se volume e massa, já a densidade básica é obtida através da madeira após secagem em estufa.

O formato do fuste varia de indivíduo para indivíduo, conforma variáveis como o espaçamento inicial, condições de sítio, tratamentos silviculturais aplicados ao longo do tempo e posição sociológica em que cada árvore se desenvolve. Outra variável de suma importância para a variação do fuste é o fator idade, quer como um fenômeno evolutivo natural ou mesmo a concorrência com árvores próximas durante fases distintas do ciclo da planta (Finger et al., 1995).

A baixa taxa de crescimento encontrada em espécies tropicais sempre foi considerada um bom motivo para se aderir ao plantio de espécies exóticas. Consideram, também, que as melhores práticas de manejo, adubação e seleção genética garantem um aumento na taxa de crescimento das espécies (Rolim & Piotto, 2018).

Há uma relação entre as propriedades da madeira e a taxa de crescimento com resultados controversos na literatura. Algumas espécies apresentam resultados negativos entre densidade da madeira e crescimento, outras onde uma variável não influencia a outra e, ainda, existem espécies, como a *Swietenia macrophylla*, onde o aumento da taxa de crescimento gerou um pequeno aumento na densidade da madeira (Perera et al., 2012). Outras variações encontradas entre a relação do crescimento e qualidade da madeira se dão em função do tipo de estrutura da madeira, clima e da classe de densidade da madeira (Zhang, 1995).

A cor é considerada uma das características primordiais para a identificação e indicação dos usos da madeira do mogno africano, ainda mais quando é associada aos aspectos de textura (Camargos & Gonzales, 2001). Segundo Mori et al. (2005), a cor da madeira do gênero *Khaya* pode variar entre bege claro e marrom escuro, se aproximando de um preto.

Com esta variação podem ser encontradas madeiras avermelhadas, amareladas, alaranjadas e arroxeadas.

A cor da madeira é uma característica que confere ao produto esteticamente aceitável ou não para um determinado fim, sendo, assim, um agregador ou desagregador no valor final do produto. Em certos casos, a cor é o primeiro contato que o consumidor final terá com o produto (Mori et al., 2005).

Quando comparado ao mogno brasileiro, a madeira do mogno africano possui características tecnológicas semelhantes, possuindo baixas a médias retrações e boas características com relação à resistência a esforços estáticos e a compressão. Estes são alguns dos fatores que vem ocasionando a troca do uso do mogno brasileiro pelo mogno africano no Brasil (Machado & Figueiredo Filho, 2003).

A madeira do mogno africano apresenta durabilidade moderada, considerada fácil de secar e colar, mas quando é submetida à usinagem, os resultados encontrados variam bastante. Dependendo das características finais encontradas na madeira, sua utilização é variada, mas, normalmente, seu uso é para fins mais exigentes, como faqueados, movelaria, revestimento, construção naval e construção de interiores (Wiemann, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido na Fazenda Felicidade, município de Piracanjuba, GO. A área encontra-se inserida dentro do domínio fitogeográfico do cerrado na savana brasileira. Há remanescentes de florestas do tipo Cerradão na propriedade e envolta dela. A área possui uma altitude média de 740 m acima do nível médio do mar, se localizando à 17°29'36.86''S e 49°14'38.64''O. De acordo com Köppen, o clima é classificado como tropical de estação seca (Aw). Possui temperatura média anual de 23,4 °C com variação média ao longo do ano de 4,4 °C e uma pluviosidade média anual de 1.359 mm (Cardoso et al., 2014). O solo predominante na área é do tipo Latossolo vermelho (Embrapa, 2016).

O plantio do mogno africano (*Khaya grandifoliola* C. Dc.) foi realizado em condição de monocultivo em 2014, em uma área de, aproximadamente, 17 ha, com espaçamento irregular variando em torno de 5 m x 4 m totalizando 7.800 árvores na área total. As mudas de mogno africano foram produzidas em tubetes com 260 cm³ de substrato comercial enriquecido com adubo químico (8-28-16) para a formação das mudas.

O preparo do solo foi realizado anteriormente à implantação da cultura utilizando-se máquinas e implementos agrícolas, como trator, grade, arado, dentre outros. A coleta de amostras do solo nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm para as análises química e física foi realizada pela própria empresa contratada. O solo foi classificado com textura entre arenosa e média, pH levemente ácido (6,5 – 6,7) e 2% de matéria orgânica.

Para a correção do solo foi aplicado e incorporado ao solo 1,5 Mg de calcário dolomítico por hectare e 100 gramas de uma adubação de base NPK da formulação 04-30-10 e 1% de boro por árvore. Também foi realizada uma adubação de cobertura com NPK (20-05-20) e 1% de boro na quantidade de 100 g/árvore três meses após o plantio.

Realiza-se o controle de cupins e formigas com formicida e cupinicida ao longo dos anos, mas sem muita eficiência com relação às formigas devido, principalmente, à falta de controle dessas nas áreas adjacentes ao plantio. Em locais onde o ataque de formigas é mais intenso (próximo a cercas de delimitações de áreas vizinhas), notam-se plantas de porte menor com uma taxa maior de mortalidade.

Foi realizado o inventário florestal nos meses de abril durante dois anos, com início em 2016. A coleta e análise dos dados dendrométricos foi realizada em parceria com o Laboratório de Inventário Florestal do setor de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás. Foram coletados os dados da altura total (Ht) e do fuste (Hf), diâmetro à altura do peito (DAP), área da copa (Ac) e cobertura florestal (Cf).

No inventário foi utilizado o processo de amostragem aleatória simples, alocando-se na área 20 parcelas com raio de 15 m, onde foram marcadas 20 árvores aleatórias com tinta spray vermelha e um ponto referente a esse local no GPS. Cada uma destas árvores foi considerada árvore central da parcela na qual foram coletados os dados do inventário florestal. Dentro de cada parcela havia, em média, 30 árvores, totalizando 580 árvores que tiveram suas medições e observações, como bifurcações e mortalidade, registradas na caderneta de campo. Algumas parcelas sorteadas coincidiram em locais com árvores nativas que o proprietário da área decidiu manter (Figura 1).

A suficiência amostral foi realizada aplicando-se o teste *t-Student*, a 5% de probabilidade, admitindo-se um erro máximo de 10% em relação à média amostrada, conforme recomendado por Pellico Netto & Brena (1997). O número mínimo de parcelas (unidades amostrais) necessárias para representar estatisticamente a população em 2017 foi calculado pela equação [1].

$$n1 = \frac{t^2 * Sx^2}{E^2}, \quad [1]$$

onde, **n1** = número mínimo de parcelas permanentes nos dois anos (unidades amostrais) necessárias para representar estatisticamente a população (suficientes para as estimativas dos parâmetros populacionais); t^2 = (distribuição bicaudal de *t-Student*, a 5% de probabilidade e 19 graus de liberdade) = 2,093; Sx^2 = variância amostral = 27,85; E^2 = erro máximo admitido para a média (10% da média) = 2,98.

Utilizou-se uma suta florestal para a mensuração do diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores dentro das parcelas. A medição dos dados foi a 1,30 m de altura do solo, desconsiderando as plantas mortas ou com altura total (Ht) inferior a 1,30 m em relação ao nível do solo (Figura 2-C).

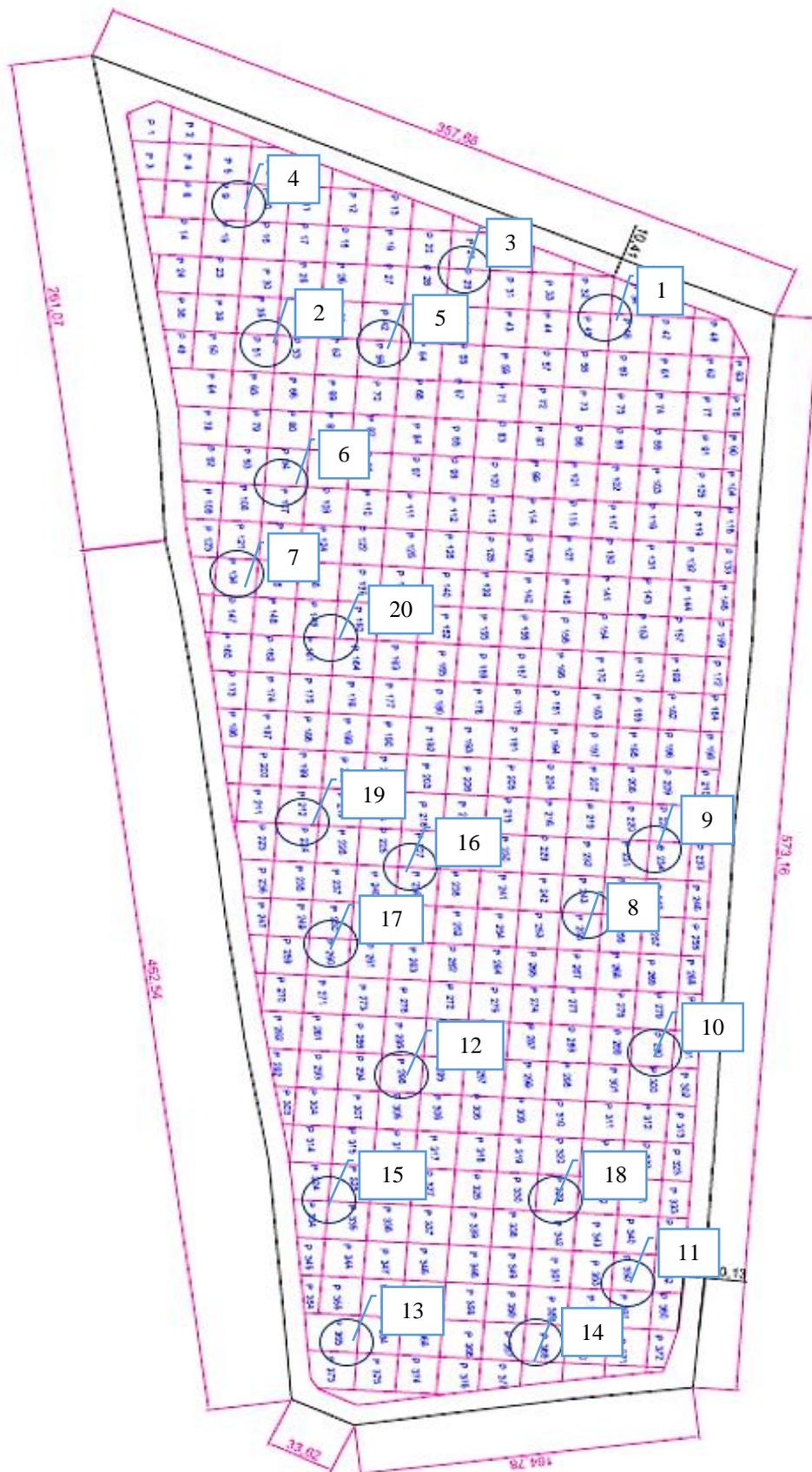


Figura 1. Croqui da área com as parcelas em estudo na Fazenda Felicidade, no município de Piracanjuba, GO.

Para a obtenção da área das copas (A_c) foram realizadas duas medições, sendo necessários dois operadores para obtê-las. Os operadores esticaram a trena de uma extremidade a outra da copa através de observações visuais no sentido norte – sul e, depois, repetiram o procedimento no sentido leste – oeste (Figura 2-B). Para obtenção da área da copa, os dados coletos foram lançados na fórmula da área da elipse (Equação [2]).

$$A = \frac{\pi(d1 \cdot d2)}{4}, \quad [2]$$

onde, A = área da elipse; $d1$ e $d2$ = diâmetros 1 e 2;

Para mensurar a altura do fuste (H_f) foi utilizado um clinômetro florestal eletrônico (Haglof). O operador utilizou uma trena para se posicionar a 15 m de distância da árvore alvo e, com o clinômetro, fez a primeira medição na base da árvore e a segunda onde começava a copa fornecendo a altura do fuste (Figura 2-A).

Também foi utilizado o clinômetro para medir a altura total (H_t) das árvores na parcela. Com os mesmos 15 metros de distância da árvore foi obtida a primeira medição na base, e a segunda no topo da árvore, o ponto mais alto, obtendo-se a medida desejada. A altura do fuste e a altura total das árvores foram devidamente anotadas em fichas de campo (Figura 2-A).

Para se estimar a abertura da cobertura florestal foi escolhido o método indireto utilizando o densiômetro florestal convexo. Para a coleta o operador se posicionou a 1 m de distância a leste da árvore central e colocou o aparelho nivelado, na altura do cotovelo e longe do corpo para não refletir a própria imagem no espelho. Foram feitas quatro medições, sendo uma para cada ponto cardeal, dando um giro de 90° no mesmo lugar após anotada cada medida. Efetuou-se a multiplicação das médias obtidas por 1,04 como fator de correção do aparelho, indicação dada pelo fabricante (Figura 2-D).

Realizou-se a análise estatística de regressão linear para avaliar se as variáveis coletadas tinham relação entre si. Histogramas foram montados com as variáveis DAP, altura total e do fuste para demonstrar quais intervalos de classes eram mais frequentes na área para cada variável.

Foi realizado uma análise descritiva dos dados do diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H_t), altura do fuste (H_f) e área do coberto florestal (A_c) para verificar o grau de homogeneidade dos dados. Em seguida, foram avaliados os índices de correlação de Pearson (r) com o intuito de verificar a existência de correlações entre as variáveis para dar continuidade aos ajustes dos modelos.



Figura 2. Avaliação de plantas do mogno africano (*Khaya Grandifoliola*) com base em cinco variáveis: A) Altura total e altura de fuste, B) Área da copa, C) Diâmetro à altura do peito (DAP = 1,30m), D) Abertura do dossel, na Fazenda Felicidade, município de Piracanjuba, GO.

Posteriormente os dados sofreram ajuste por meio de regressão linear, onde foram testados quatro modelos de relação hipsométrica (aritméticos) obtidos na literatura. Os modelos testados foram: Linear, Henricksen, Quadrático e Weibull, representados nas equações 3–6, respectivamente.

$$Ht = \beta_0 + \beta_1 DAP + e \quad [3]$$

$$Ht = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + e \quad [4]$$

$$Ht = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + e \quad [5]$$

$$Ht = \beta_0 - \beta_1 \exp(-\beta_2 DAP^{\beta_3}) + e \quad [6]$$

onde, Ht = Altura total (m); DAP = diâmetro à altura do peito (cm); β_0 , β_1 , β_2 e β_3 = coeficientes de regressão nos respectivos modelos; e e é o resíduo dos respectivos modelos.

Os critérios de seleção para escolha da melhor equação obedeceram, inicialmente, ao menor coeficiente de determinação ajustado (r_{aj}^2) e menor erro padrão da estimativa (s_{xy}). As fórmulas utilizadas para tais critérios estão representadas nas equações 7–9.

$$r^2 = \frac{SQ \text{ Regressão}}{SQ \text{ Total}}, \quad [7]$$

$$r_{aj}^2 = 1 - \left[(1 - r^2) \frac{n-1}{n-p-1} \right], \quad [8]$$

onde, **SQ** = soma de quadrados; **S_{xy}** = erro padrão **n** = número de observações; **p** = número de coeficientes da regressão; **h** = altura total observada e altura do fuste observada; **ĥ** = altura total estimada e altura do fuste estimada.

Para validar os modelos propostos, foram re-amostrados, aleatoriamente, 500 árvores (dados DAP, Ht e Hf) e assumidos como população treinamento, o restante dos dados, 80 árvores, compuseram a população de validação. Também visando avaliar a qualidade dos modelos, foram observados no processo de validação: o coeficiente de predictabilidade (ρ) – Eq. 10; e a Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) – Eq.11, em que, **h_{pred}**: altura predita no esquema de validação.

$$\rho = \frac{COV(h, h_{pred})}{\sqrt{s_h^2 s_{h_{pred}}^2}}, \quad [10]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n (h_i - h_{pred_i})^2}, \quad [11]$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise descritiva das variáveis

Considerando um coeficiente de variação (CV) $\leq 15\%$ como alto grau de homogeneidade, $15 < CV < 30$ média homogeneidade e um $CV \geq 30$ alto grau de heterogeneidade, no geral, os dados apresentaram de média homogeneidade a alta heterogeneidade, devido, principalmente, a diversidade genética existente na área. Os resultados apresentaram variações no CV acima de 15% nos dois anos, sendo que em 2017, 25% dos índices possuíam média homogeneidade e 75% alta heterogeneidade e 2018, 50% tinham média homogeneidade e os outros 50% com alta heterogeneidade. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores estatística de diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (Ht), altura do fuste (Hf), área de copa (Ac) e abertura do dossel (%) de árvores de mogno africano (*Khaya grandifoliola*) cultivadas na Fazenda Felicidade, município de Piracanjuba, GO.

	DAP (cm)		Ht (m)		Hf (m)		Ac (m ²)		Abert. Dossel (%)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
n1	581	580	581	580	581	580	581	580	20	20
Mínimo	1,74	1,40	1,30	1,70	0,60	1,60	0,16	0,05	53,82	50,18
Média	8,10	10,20	6,79	7,55	3,17	4,10	4,42	6,06	69,41	71,21
Máximo	12,40	15,00	17,80	17,10	9,80	9,90	14,47	30,02	84,76	87,36
Desv. Pad	2,00	2,00	2,45	1,77	1,29	1,25	1,59	2,63	9,26	9,86
CV (%)	24,12	19,22	36,16	23,48	40,72	30,63	35,94	43,48	13,35	13,84

As leituras realizadas no primeiro ano de coleta obtiveram valores médios de DAP, altura total (Ht) e altura de fuste (Hf) respectivamente 0,08 m; 6,79 m; 3,17 m e a área de copa (Ac) com média de 4,42 m². Após 1 ano da primeira coleta, essas médias se elevaram para 0,1 m; 7,55 m; 4,1 m e 6,05 m. O ganho médio, em porcentagem, de DAP, altura total, altura de fuste e área de copa do terceiro para o quarto ano de plantio foi de 25%; 11,2%; 29,38% e 36,88%. A plantação é destinada à produção de madeira nobre com

boa qualidade da madeira e alto valor comercial. O foco do proprietário é um fuste superior aos 6 m de altura e 50 cm de diâmetro à altura do peito com expectativa do ciclo de corte com 21 anos.

O crescimento e desenvolvimento de árvores em plantios, sendo eles comerciais ou não, são afetados por diversos fatores, como o déficit hídrico, diferenças genéticas, ataque de insetos, desbastes, infestação por plantas invasoras dentre outros (Rolim & Piotto, 2018). O crescimento das árvores é função direta da disponibilidade de recursos, como água, luz e nutrientes (Binkley et al., 2004). Para alguns autores, as taxas de crescimento das espécies têm relação direta com suas características funcionais. Assim, algumas espécies florestais possuem características funcionais que maximizam a obtenção de recursos, aumentando seu crescimento, enquanto outras espécies potencializam a sobrevivência e persistência em ambientes onde recursos são escassos (Wilson, 1999; Baker et al., 2003; Adame et al., 2014).

Avaliando diferentes vazões de irrigação na cultura de *K. ivorensis*, Barbosa (2014) observou que, após dois anos de plantio a média do DAP para as plantas irrigadas foi de 0,05 m e 0,04 m para as não irrigadas. A média de altura total de árvores irrigadas e não irrigadas foi de 3,25 m e 2,67 m, respectivamente. A média da altura de fuste para as irrigadas foi de 0,87 m e para as não irrigadas de 0,71 m. Analisando outras espécies florestais ocorrentes no cerrado, Rolim & Piotto (2018) encontraram para a idade de cinco anos, um DAP médio de 8 cm para *Simarouba amara* Aubl. (Caixeta), 9 cm para *Astronium graveolens* Jacq. (Guaritá) e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Stend (Louro-pardo) com DAP médio de 8 cm.

Em sistemas silvipastoris no Pará, o mogno africano pôde chegar aos sete anos de idade com altura de fuste de 12 m e um DAP de 22 cm (Castro et al., 2008). Em um reflorestamento no Pará, encontrou-se valores de crescimento para o mogno africano com cinco anos e oito meses de idade, com DAP médio de 16 cm e altura total média de 8,5 m. Aos seis anos e quatro meses, a média da altura total foi de 9,2 m e DAP de 17 cm (Falesi & Galeão, 2002). Em Minas Gerais foram obtidos, em árvores de mogno africano, aos 12 meses de vida, os valores médios de 3,9 cm de DAP e 3,0 m em altura. Aos cinco anos de idade, essas árvores de mogno, apresentaram um crescimento médio de 3 m.ano⁻¹ e DAP médio de 4 cm.ano⁻¹ (Lopes et al., 2012).

Um estudo conduzido na Malásia, com *K. ivorensis*, em um espaçamento mais denso (3m x 3m), com mudas provenientes de estaquia de plantas adultas, obteve-se, aos

sete anos, DAP médio e altura média das árvores de 0,19 m e 15,8 m, respectivamente (Aminah et al., 2005). Outro estudo, também na Malásia, analisou o crescimento e acumulação de biomassa de *K. ivorensis* com cinco anos de idade em diferentes classes de solo, encontrando um DAP médio variando de 12 cm a 14 cm e uma altura média variando de 7,8 m a 10,6m (Heryati et al., 2011).

As 20 parcelas amostradas foram consideradas representativas da população, já que a amostragem de 14 parcelas seria suficiente para representar significativamente a população (Tabela 2). Este resultado é consequência do valor da variância amostral, pois quanto menor for a variância, menor será a quantidade de unidades amostrais necessárias para representar estatisticamente a população amostrada, a um determinado nível de confiança (Zar, 2010).

Em sua totalidade foram mensurados, no ano de 2018, a altura de fuste (Hf), altura total (Ht) e área de cobertura (Ac) de 580 árvores, onde 8,79% das árvores já alcançaram o fuste desejado (superior aos 6 m). As maiores classes de Hf, representando 37,59% do total, variam de 3,1 m a 4,1 m. Com relação à Ht, 46,22% das árvores ocuparam as maiores classes, variando de 6,7 m a 8,7 m. A área coberta apresentou as maiores classes variando de 2,78 a 8,23 metros². A mortalidade encontrada foi de 3,17%.

Com essa mesma idade as árvores ainda não alcançaram o DAP comercial desejado de 50 cm devido, principalmente, à idade com que se encontra o plantio, quatro anos. Para esta variável foram mensuradas 526 árvores, onde as maiores classes encontradas equivaleram a 84,98% do total, variando de 8,4 cm a 12,6 cm. A redução no número de árvores mensuradas para esta variável se dá por diversos fatores, como a redução do porte devido ao ataque de pragas, sombreamento, competição, dentre outros.

As médias da altura do fuste (Hf) encontradas nas parcelas 7 e 15 são bem inferiores à média geral da população, o que se justifica pela localização destas parcelas na área. Dentre todas, estas parcelas são as mais próximas da área vizinha onde não se realiza o controle de formigas, resultando em um ataque mais severo, provocando o retardo do crescimento da planta.

As médias do DAP e Hf dessas parcelas também possuem baixos índices quando comparadas com a média da população, fato este também explicado pela intensidade do ataque de pragas. Observou-se que nas linhas de plantio mais próximas da mata, onde estas parcelas estão localizadas, há um elevado número de árvores que se encontram com um porte bastante reduzido.

Provavelmente, a obtenção de médias tão distintas dentro da mesma população é decorrente da variabilidade genética existente. O plantio foi realizado com mudas de origem seminal, originando árvores com características diferenciadas.

O melhoramento genético pode influenciar positivamente os resultados de crescimento obtidos para as espécies florestais plantadas sem seleção genética (Rolim & Piotto, 2018). Há uma grande variação no crescimento entre diferentes procedências de várias espécies florestais, com elevado potencial de ganho de produtividade (Farias Neto & Castro, 1999; Sebbenn et al., 2000).

A produção clonal do mogno africano já tem sido obtida por algumas empresas no Brasil, mas os resultados ainda estão em fase preliminar. Ainda não há material embasado sobre as reais vantagens e desvantagens da utilização de mudas clonais quando comparadas com mudas seminais em *K. grandifoliola*.

Outro provável motivo são os diferentes espaçamentos encontrados na área. O plantio foi realizado manualmente com o intuito de ter um espaçamento de 5 m x 5 m em toda a área, mas foram constatadas variações de espaçamento, como 5 m x 4 m ou 4 m x 4 m. Diminuindo o espaçamento em um plantio florestal, há uma elevação na competição interna por recursos, provocando um desenvolvimento inicial acelerado das plantas, mas, em contrapartida, algumas plantas ficam prejudicadas, sendo necessários tratos culturais, como desbastes, para selecionar-se as árvores com as melhores características.

Os resultados obtidos para altura de fuste (Hf) e altura total (Ht), no ano de 2018, apresenta-se na Figura 4.

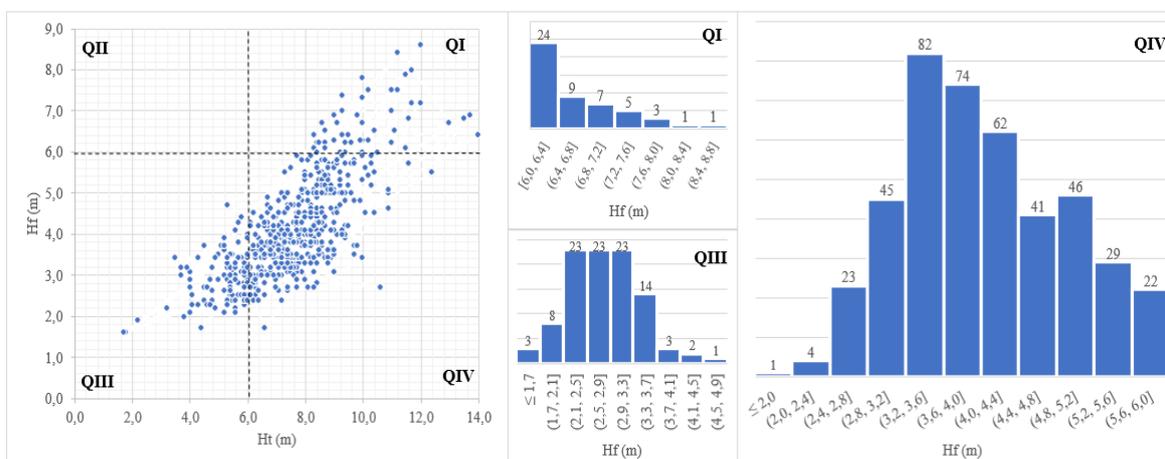


Figura 3. Variação de classes referentes à altura de fuste (Hf) e altura total (Ht) em árvores de mogno africano (*Khaya grandifoliola*) cultivados na Fazenda Felicidade, município de Piracanjuba (GO).

O quadrante I (QI) é constituído pelas árvores que já alcançaram uma altura total (Ht) e altura de fuste (Hf) superior aos 6 m, comportando 50 árvores. A maior classe se encontra variando de 6 m a 6,4 m de Hf, representando 48% do total de árvores presentes no quadrante. O quadrante II (QII) não possui árvores representadas devido a impossibilidade de ocorrência de árvores com a altura de fuste (Hf) superior à altura total (Ht). O quadrante III (QIII) é composto por árvores que não ultrapassaram a altura (Ht) total e altura de fuste (Hf) superior aos 6 m, totalizando 100 árvores. Representando 69% desta totalidade presentes no quadrante, encontram-se as maiores classes que vão de 2,1 m a 3,3 m de Hf. O quadrante IV (QIV) é composto por 429 árvores que possuem a altura total (Ht) superior aos 6 m e a altura do fuste (Hf) inferior aos mesmos 6 m. Deste total, 50,82% das árvores estão distribuídas nas classes variando de 3,2 m a 4,4 m de Hf. As plantas presentes no quadrante IV devem ser analisadas com um maior critério, observando se há bifurcações, coletando novos dados para gerar informações sobre o fuste, garantindo, assim, que decisões embasadas sejam tomadas.

Em 2017, 2,75% da população total possuía bifurcações indesejadas cuja média da altura destas foi de 3,8 m. Em 2018 o número de bifurcações elevou para 8,1% com uma altura média de 4,6 m. No intervalo do terceiro para o quarto ano de plantio, o número de árvores bifurcadas passou de 16 para 47, um aumento bastante significativo, de 194,55%.

Diferente da ocorrência de bifurcações encontradas no ano de 2018, em árvores de mogno africano em Piracanjuba (GO), Grogan et al. (2002) observaram que árvores de *K. ivorensis* apresentam o fuste livre de ramificações até 30 m de altura, sugerindo que efeitos bióticos e abióticos podem gerar bifurcações precoces. Pinheiro et al. (2011) destacam que o fuste dessas árvores é reto, cilíndrico e sem galhos até uma altura de 30 m.

Investigando possíveis causas para uma porcentagem significativa da população de árvores de *K. grandifoliola* bifurcar tão precocemente, levantou-se a hipótese de que o ataque de pragas é um fator a se levar em consideração. Foi relatado o ataque de formigas e abelhas durante o período de juvenilidade das plantas.

Ocorreram ataques da abelha arapuá na área quando as plantas tinham apenas 12 meses de idade. Esse plantio comercial de *K. grandifoliola* apresentou 6,14% de árvores com rebrotas, sendo as parcelas mais próximas ao ninho das abelhas as mais atacadas, chegando a 38% de ataque e rebrota. Na época foi realizado a desbrota para garantir um único fuste retilíneo (Souza et al., 2017). Como forma de melhoria na qualidade da

madeira para serraria, utilizou-se uma tesoura de poda para retirar as bifurcações das árvores (Polli et al., 2006). Para Klein et al. (2016), o ataque da abelha arapuá provoca atrofia e super brotações na planta, gerando ramificações indesejadas. A necessidade do manejo adequado minimiza perdas na qualidade do fuste. Segundo Rosa (2014), a necessidade de se retirar rebrotas precoces no momento correto garante uma madeira mais retilínea, livre de nós e um fuste com qualidades física e mecânica superiores.

Cuidados devem ser tomados em povoamentos florestais, pois certas espécies podem produzir vários troncos, sendo necessário a escolha do fuste mais reto e desenvolvido, eliminando os demais. Quanto mais cedo for realizado esse manejo, mais rápido será o desenvolvimento do fuste restante (Ferreira & Silva, 2008). Os autores ainda salientam que a presença de nós desvaloriza a madeira além de prejudicar sua qualidade. Afim de evitar ou concentra-los em uma região mais interna de menor volume, recomenda-se fazer desbrotas e desramas. Operação esta que deve ser executada próximo ao tronco, preferencialmente quando ele ainda está verde para uma cicatrização acelerada, garantindo com que o nó fique preso no interior da madeira.

Outro motivo que pode ter levado à bifurcação precoce em algumas árvores foi a diferença de material genético existente dentro da população, somada à competição por recursos naturais. Como as mudas são de origem seminal, as árvores são bastante heterogêneas como pode ser visto na Tabela 1. Mesmo quando pequena, há uma variabilidade genética entre indivíduos da mesma espécie em relação à forma do fuste, mas este formato normalmente depende mais do ambiente que dá herdabilidade e presença de competição (Sebbenn et al., 2009; Weber et al., 2009; Araújo et al., 2014).

Árvores podem ficar dominadas devido a uma disponibilidade restrita de recursos de crescimento proveniente de uma competição com árvores dominantes, gerando entre outras coisas, alterações na forma do fuste (Campoe et al., 2013). Árvores que estão em desvantagem competitiva raramente conseguem retomar as taxas de crescimento para acompanhar as árvores dominantes. Assim, o desbaste é essencial não só para selecionar árvores dominantes desejadas, como também aumentar a estabilidade do plantio, qualidade da madeira e forma do fuste (Cameron, 2002)

Na Tabela 1 verifica-se que a média da porcentagem de abertura do dossel de 2017 foi de 69,41% e 2018 de 71,89%, um aumento de 2,59%. O erro padrão em 2017 foi de 2,07 m e em 2018 de 2,2 m. O coeficiente de variação referente ao primeiro ano de coleta foi de 13,35% e do segundo ano de coleta com 13,84%.

Ao analisarmos o porquê dessa diminuição no dossel das plantas, observamos que a maioria das parcelas que apresentaram uma redução na cobertura vegetal se localiza próximo a uma mata localizada na propriedade vizinha onde há focos de formigas cortadeiras. Devido à proximidade com esta área infestada de pragas, as parcelas 2, 13, 15, 17 e 19 foram intensamente atacadas por formigas durante os anos. Há diversos casos nestas parcelas em que ainda é possível encontrar plantas com o porte bem reduzido, variando de 1 a 2 m de altura total.

Em florestas implantadas de Eucaliptos e Pinus, destacam-se as formigas cortadeiras como uma das principais pragas, principalmente quando estão na fase de pré-corte, na condução de brotação ou imediatamente após o plantio. Elas podem causar redução no crescimento e até mesmo o colapso da planta, mesmo após já estarem estáveis na área. O combate deve ser iniciado preventivamente, antes mesmo do plantio da cultura comercial (Boaretto & Forti, 1997). Segundo os autores, um dos métodos mais utilizados é colocar iscas na área à base de sulfloramida, aplicadas com porta-isca, contudo, o combate em data próxima ao plantio não garante que não haverá ataques às mudas, sendo assim, fazer o controle sempre que necessário, principalmente nos dois primeiros anos após o plantio.

Parte da redução do dossel foi devido às podas das bifurcações realizadas pelo proprietário da área. Este trato silvicultural teve o intuito de selecionar somente um fuste por planta, possibilitando que ele cresça o mais retilíneo possível, minimizando perdas na qualidade da madeira e depreciações no seu valor comercial. Outro provável motivo que estagnou ou até mesmo reduziu o crescimento natural do mogno foi a presença de árvores nativas de grande porte na área, a exemplo do que ocorreu na parcela 8. Guapeva, ipê amarelo e baru são algumas árvores nativas encontradas dentro da área reflorestada com mogno africano. Além da supressão no desenvolvimento do mogno gerado pelas nativas devido ao sombreamento, competição por nutrientes, entre outros, estas árvores podem abrigar pragas danosas ao mogno.

O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King.), cuja planta possui diversas semelhanças com o mogno africano, apresenta crescimento retardado quando mantido sob baixa luminosidade (Dias & Marengo, 2007). Avaliando o comportamento ecofisiológico de espécies arbóreas tropicais, como o mogno, Marengo et al. (2001a, 2001b) observaram que diferentes intensidades de luz no ambiente alteram variáveis de trocas gasosas e concentração de carboidratos. Folhas expostas ao sol tiveram taxas maiores de condutância

estomática, taxa de fotossíntese e transpiração. De acordo com Pereira & Fernandes (1998), que avaliaram a sobrevivência e o crescimento de mudas de mogno em condições distintas de luminosidade, concluíram que uma maior luminosidade do ambiente tem efeito expressivo sobre as mudas. As plantas mostraram um maior desenvolvimento e recuperação diante de ataque de insetos e fungos, apresentando melhor aspecto de sanidade.

4.2 Ajuste dos modelos hipsométricos

As variáveis que tiveram maior correlação foram a Ht e Hf com valor de $r = 0,77$, seguido do DAP com a Ht ($r = 0,74$), posteriormente DAP e Hf com $r = 0,56$, depois DAP com Ac tendo um $r = 0,43$ e por último Hf e Ac ($r = 0,30$). Todas as correlações foram significativas com $p\text{-valor} < 0,01$. Foi considerado um coeficiente de correlação de Pearson ($r > 0,9$) como sendo um indicativo forte de colinearidade.

No modelo de Weibull a curva é sigmoïdal, em “S”, geralmente garantindo uma maior aproximação da realidade (Binoti et al., 2010). No ajuste hipsométrico utilizando Ht, os modelos Linear, Quadrático e de Weibull apresentaram um comportamento de curva mais retilíneo, enquanto que o modelo de Henricksen apresentou concavidade para baixo (Figura 4-A). No ajuste hipsométrico utilizando Hf, o modelo Quadrático e Weibull demonstraram concavidade para cima, enquanto que no Henricksen a concavidade é para baixo (Figura 4-B), o que torna os dois primeiros modelos mais fidedignos à realidade dos dados para a idade das plantas. Esse comportamento possivelmente é atribuído a idade de medição da população. Os modelos apresentam uma maior discrepância entre o estimado e observado quando o DAP é menor.

Para a variável altura total (Ht) os modelos Linear, Quadrático e Weibull demonstram ser mais condizentes com a realidade. O modelo de Henricksen apresenta um resíduo subestimado quando o DAP é menor (< 6). Para a variável altura do fuste (Hf), quando o DAP é menor, os modelos Quadrático e de Weibull apresentam resíduos subestimados e os modelos Linear e Henricksen apresentam resíduos superestimados.

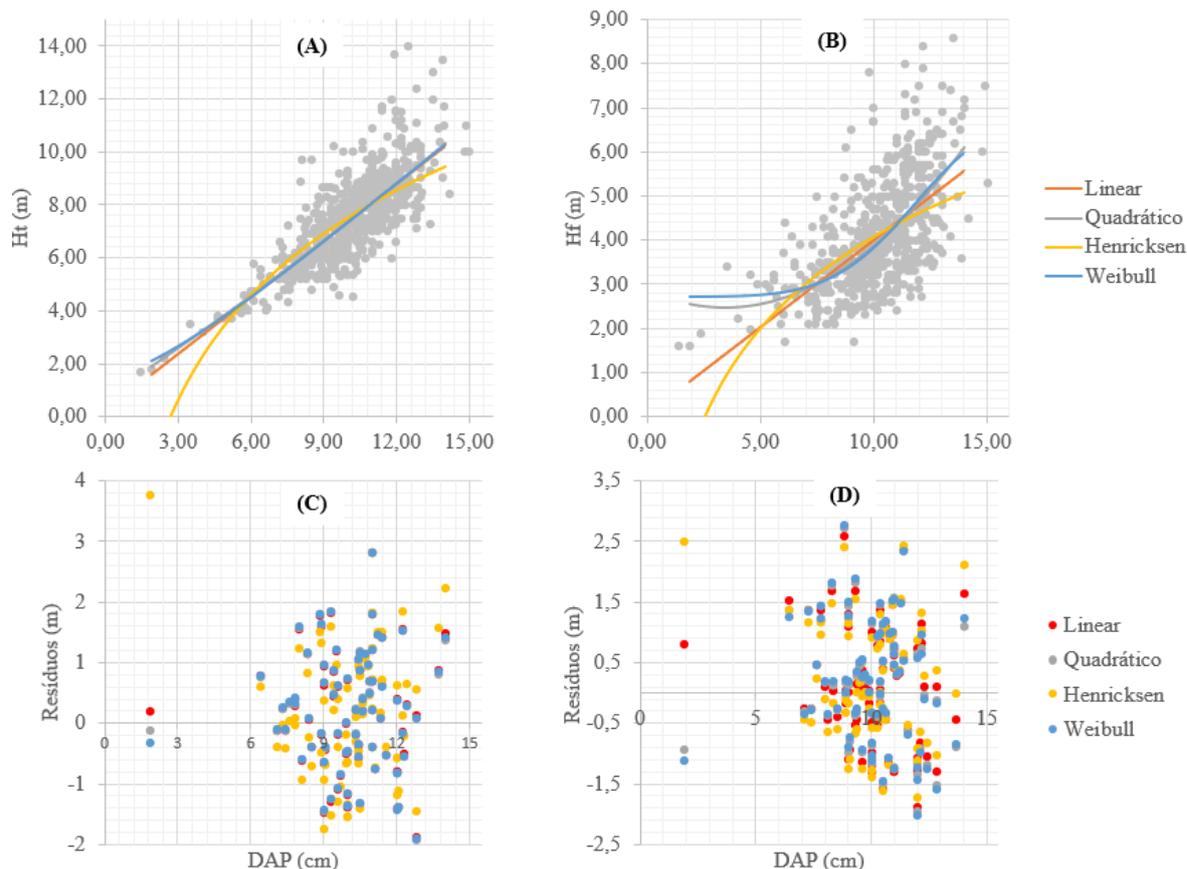


Figura 4. Gráficos de relações hipsométricas entre as variáveis, utilizando o conjunto de dados de treinamento (500 observações): (A) altura total (Ht) e diâmetro à altura do peito (DAP) e (B) altura do fuste (Hf) e diâmetro à altura do peito (DAP). As retas são os 4 modelos: Linear, Quadrático, Henricksen e Weibull. Gráfico de resíduos dos respectivos modelos, neste caso, utilizando o conjunto de dados de validação (80 observações): (C) altura total (Ht) e (D) altura do fuste (Hf).

As relações hipsométricas foram analisadas por Stolle et al. (2018) para a variável altura total (Ht) e diâmetro à altura do peito (DAP) com diferentes modelos, entre eles, o Linear, Quadrático e Henricksen, constatou que, a distribuição gráfica dos resíduos mostrou-se semelhante para todas as equações propostas, onde foi observada a ausência de tendência nas estimativas das alturas e uma dispersão homogênea dos resíduos.

Todos os parâmetros estimados para os 4 modelos e as estatísticas de ajuste são apresentadas na Tabela 4. Os valores do coeficiente de determinação ajustado (r_{aj}^2) para a altura total (Ht) foi superior nos modelos Linear, Quadrático e Weibull com 0,61 e 0,55 para o modelo de Henricksen. Com os mesmos modelos, os valores do coeficiente de determinação ajustado para a altura de fuste (Hf) foi superior para o modelo Quadrático e Weibull com 0,39, o modelo Linear obteve 0,36 e o modelo de Henricksen 0,30. O valor

baixo encontrado, para o coeficiente de determinação, é resultante da alta variabilidade nos dados provenientes do uso de mudas seminal para o plantio comercial de *K. grandifoliola*.

Tabela 2. Coeficientes dos modelos ajustados e estatísticas de precisão para as variáveis altura total (Ht), Altura do fuste (Hf) e diâmetro à altura do peito (DAP).

Modelo	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	r_{aj}^2	S _{xy}	Validação	
							ρ	RMSE
Ht	Linear	0,2401	0,7135	–	–	0,61 (14,64%)	79,70%	0,970
	Henricksen	-5,627	5,7147	–	–	0,55 (15,57%)	75,12%	1,073
	Quadrático (Torey)	0,7393	0,6030	0,0058	–	0,61 (14,65%)	79,69%	0,971
	Weibull	28,4603	26,9727	0,0096	1,4057	0,61 (14,66%)	73,58%	0,972
Hf	Linear	0,0436	0,3949	–	–	0,36 (24,60%)	48,90%	0,996
	Henricksen	-2,8164	2,9943	–	–	0,30 (25,84%)	45,88%	1,022
	Quadrático (Torey)	2,8516	-0,2269	0,0328	–	0,39 (24,11%)	47,23%	1,012
	Weibull	6,5862	3,8771	2,9E-6	5,0503	0,39 (24,86%)	46,44%	1,023

Ht: Altura total (m); Hf: Altura do fuste (m); s_{xy} : erro padrão (em metros e %); r_{aj}^2 : coeficiente de determinação ajustado; ρ : Predictabilidade do modelo (correlação entre observado e estimado pelo modelo); RMSE: Raiz quadrada da média dos desvios (em metros).

Segundo Stolle et al. (2018), foi obtido, em um plantio comercial de *K. ivorensis*, com três anos de idade, um coeficiente de determinação para a relação Ht/DAP de 0,46 para os modelos linear, Henricksen e Quadrático. De acordo com Campos & Leite (2006), é comum encontrar um valor, no coeficiente de determinação, menor que 0,8 quando feita a relação Ht/DAP, relação está, segundo os autores, não ser tão forte.

Em um estudo feito com *Khaya ivorensis*, com idade entre 30 e 47 meses, Silva et al (2016) encontraram valores de r_{aj}^2 próximos de 0,7. Os autores sugerem que devido ao plantio de mogno africano ser proveniente de mudas de origem seminal, gerou-se uma alta variabilidade nos dados, ocasionando um baixo coeficiente de determinação.

Para os modelos Linear e Henricksen, Sousa et al. (2013) encontraram um r_{aj}^2 semelhante, variando de 0,40 a 0,43, estudando relações hipsométricas para *Eucalyptus*

urophylla. Valores baixos de r_{aj}^2 também foram encontrados por Schikowski et al. (2014) para definir uma relação hipsométrica para *Cryptomeria japônica*, Nicoletti et al. (2016) para *Pinus taeda*, Sanquetta et al. (2014) para *Acacia mearnsii*. Sanquetta et al. (2015) encontrou um r_{aj}^2 de 0,89.

Os menores valores encontrados para o erro padrão da estimativa (S_{xy}) para a altura total (Ht) foi dos modelos Linear, Quadrático e Weibull, com uma variação de 14,64 a 14,66%. O modelo de Henricksen obteve um erro padrão da estimativa (S_{xy}) de 15,57%. Para a altura do fuste (Hf), o menor valor encontrado para o erro padrão da estimativa (S_{xy}) foi o modelo Quadrático, com 24,11%. Logo abaixo o modelo Linear com S_{xy} de 24,60%, depois o modelo de Weibull com 24,86% e o pior valor encontrado foi no modelo de Henricksen com um S_{xy} de 25,84%.

O erro padrão encontrado para a altura total (Ht) referente aos modelos deste estudo ficou próximo de 14%, podendo ser considerado como uma boa precisão devido ao baixo coeficiente de determinação das equações. Já o erro padrão encontrado para a Altura do fuste (Hf) teve uma precisão menor, em torno de 24%, o que pode ser justificado pela baixa correlação entre as variáveis.

Avaliando *K. ivorensis* com três anos de idade, Stolle et al. (2018) encontraram um erro padrão da estimativa (S_{xy}) para os modelos Quadrático e Linear de 11,2% e Henricksen de 11,3%. Os autores consideraram como uma boa precisão dada à baixa correlação entre as variáveis e o baixo coeficiente de determinação das equações. Analisando estudos de relações hipsométricas encontradas na literatura, são encontrados valores de S_{xy} acima de 10% no Eucalipto (Retslaff et al., 2015; Santos et al., 2014), para Acácia (Sanquetta et al., 2014), para Teca (Sanquetta et al., 2015). Outros estudos apontam um S_{xy} menor que 10% como o realizado por Nicoletti et al. (2016) com Pinus. Trabalhando com *K. ivorensis*, os autores Silva et al. (2016) encontraram erros em torno de 2 m na estimativa da altura por relações hipsométricas.

Para as validações, os modelos Linear e Quadrático obtiveram os resultados com maior predictabilidade do modelo (ρ), para a altura total (Ht), com 79,70% e 79,69%. O modelo de Henricksen alcançou 75,12% e o de Weibull com 73,58%. Na altura do Fuste (Hf), o maior resultado para a predictabilidade do modelo (ρ) foi o 48,90% Linear, depois o Quadrático com 47,23%, logo em seguida o modelo de Weibull alcançando 46,44% e o pior resultado encontrado foi no modelo de Henricksen com 45,88%. A validação através da RMSE, para a altura total (Ht) foi superior nos modelos Linear, Quadrático e de

Weibull, com 0,970 m, 0,971m e 0,972m, respectivamente. O modelo de Henricksen obteve 1,073 m. Para a variável altura do fuste (H_f), o melhor valor da RMSE foi gerado no modelo Linear com 0,996 m. O modelo Quadrático obteve 1,012 m e os modelos de Henricksen e Weibull obtiveram os piores valores de 1,022 e 1,023, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Com quatro anos de plantio, 8,35% da população já alcançou uma altura de fuste desejada (6 metros). Um total de 74% das árvores, presentes na área, alcançaram a altura total (Ht) superior aos 6 m, mas não possuem uma altura de fuste comercial desejada. Um total de 17,65% das árvores se encontra com altura total (Ht) e altura do fuste (Hf) inferior aos 6 metros. Devido ao plantio ter apenas quatro anos, o DAP comercial ainda não foi obtido.

O aumento expressivo de bifurcações observadas do terceiro para o quarto ano sugere que medidas culturais, como podas, devem ser adotadas nas árvores já bifurcadas no início do cultivo a fim de garantir um fuste de 6 m sem perdas na qualidade da madeira e no seu valor comercial final.

Para o povoamento deste mogno africano, com quatro anos de idade, as relações hipsométricas não demonstraram grande robustez, pois todas as equações testadas apresentaram r_{aj}^2 entre de 0,4 e 0,6. O modelo Linear é superior aos outros modelos para as estimativas das alturas totais (Ht), sua validação mostrou que as estimativas são confiáveis com erro de 14%. Para as estimativas das alturas do fuste (Hf), os melhores modelos são o Quadrático e de Weibull, onde a validação do modelo Quadrático mostrou que as estimativas são confiáveis com erro de 24,11% e o modelo de Weibull com 24,86%.

6 REFERÊNCIAS

ADAME, P.; BRANDEIS, T. J.; URIARTE, M. Diameter growth performance of tree functional groups in Puerto Rican secondary tropical forests. **Forest Systems**, v. 23, n. 1, p. 52-63, 2014.

ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES F. K. C.; SANTOS R. I. N.; CASTRO G. L. S.; RAMOS E. M. L. S.; PINHEIRO H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a deficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 9-16, 2013.

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. p. 1-6, 2005.

ARAÚJO, D.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; ZANATA, M.; MORAIS, E.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 61-68, 2014.

BAKER, T. R.; SWAINE, M. D.; BURSLEM, D. F. R. P. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, p. 21-36, 2003.

BARBOSA, L. H. A. **Irrigação em plantas jovens de mogno africano (*Khaya ivorensis*) no cerrado**. 2014. 63 f. Dissertação (mestrado em agronomia:solo e água)- Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

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

BINKLEY, D.; STAPE, J. L.; RYAN, M. G. Thinking about efficiency of resource use in forests. **Forest Ecology and Management**, 193: p. 5-16, 2004.

BINOTI, D. H. H.; LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; SILVA, M. L. M. da.; GARCIA, S. L. R. G.; CRUZ, J. P. da. Uso da função Weibull de três parâmetros em um modelo de distribuição diamétrica para plantios de eucalipto submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.147-156, 2010.

BOARETTO, M. A. C.; FORTI, L. C. Perspectiva no controle de formigas cortadeiras. **Serie Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 31-46, maio 1997. Edição das Memórias da 4ª Reunião Técnica sobre Manejo de Brotação de *Eucalyptus*, Piracicaba, 1997.

BRASSEL, P.; LISCHKE, H. **Swiss national forest inventory: methods and models of the second assessment**. WSL, 2001.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A Colorimetria Aplicada como Instrumento na Elaboração de uma Tabela de Cores de Madeira. **Brasil Florestal**, Nº 71, setembro de 2001.

CAMERON, A. D. Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. **Forestry**, v. 75, n. 1, p. 25-35, 2002.

CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; NOUVELLON, Y.; LACLAU, J. P.; BINKLEY, D. Stem production, light absorption and light use efficiency between dominant and non-dominant trees of *Eucalyptus grandis* across a productivity gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 288, n. 15, p.14-20. 2013.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. 470 p.

CARDOSO, M.; MARCUZZO, F.; BARROS, J. **Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e Distrito Federal**. Acta Geográfica, 8(16): p. 40-55, 2014.

CARVALHO, A. M. de; SILVA, B. T. B. da; LATORRACA, J. V. de F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano. **Cerne**, v. 16, n. suplemento, p. 106–114, 2010.

CASTRO, A. C.; LOURENÇO JR., J. B.; SANTOS, N. F. A.; MONTEIRO, E. M. M. AVIZ, M. A. B.; GARCIA, A. R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**. v. 38, n. 8, p. 2395–2402, 2008.

CONDE, R. A. R. **Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera; Pyralidae) em sistema agroflorestal**. Dissertação, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PEREIRA, T. K.; BEHLING, A. Desempenho de métodos e processos de amostragem para avaliação de diversidade em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 579-582, 2013.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2007; v. 2, p. 305-311.

ELERATI, T. L. **Espaçamento, genótipo, idade e a produção de biomassa em povoamentos de eucalipto**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. 2ª edição. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. 301 p. 2016.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. **Comunicações Técnicas Florestais**. Brasília, v. 7, n. 1, p. 47, 2005.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. *Khaya ivorensis* A. Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento Natural do solo. Embrapa Amazonia Oriental, p. 1–52, 1999.

FALESI, I. C.; GALEÃO, R. R. **Recuperação de áreas antropizadas da mesorregião do nordeste paraense através de sistemas agroflorestais**. Belém: Emater, p. 25, 2002

FARIAS NETO, J. T.; CASTRO, A. W. V. Avaliação de progênies de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) e estimativas de parâmetros genéticos. **Acta Amazônica**, v. 29, n. 3, p. 423-428, 1999.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. DA. **Formação de povoamentos florestais**. Embrapa Florestas, p. 109, 2008.

FINGER, C. A. G.; ZANON, M. L. B.; SCHNEIDER, P. R.; KLEIN, J. E. M.; COELHO, M. C. B. Funções de forma para *Eucalyptus dunnii* Maiden implantados na depressão central e encosta sudoeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.3, p.399-403, 1995.

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.

FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations. **Global Forest Resources Assessment 2015**. Rome, p. 244, 2015

FREITAS, M. A.; MASSELI, G. S.; MARQUES, S.; COSTA, F. **Protocolo para uso do densiômetro florestal**. PPBio, 2017. Disponível em: <<https://ppbio.inpa.gov.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

GONÇALVES, J. F. de C.; SILVA, C. E. M. da; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.8-14, 2009.

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

HERYATI, Y.; BELAWAN, D.; ABDU, A.; MAHAT, M. N.; ABDUL-HAMID. H.; MAJID, N. M. Growth performance and biomass accumulation of a *Khaya ivorensis* plantation in three soil series of ultisols. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**. v. 12, n. 1, p. 33-44, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal da Silvicultura**. Rio de Janeiro. v. 31, p. 1–54, 2016.

IDU, M.; ERHABOR, J. O.; EFIJUEMUE, H. M. Documentation on medicinal plants sold in markets in Abeokuta, Nigeria. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 9, n. 2, p. 110–118, 2010.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor Florestal no Brasil e importância do reflorestamento. **BNDES - Setorial**, v. 5, p. 3–29, 2002.

KLEIN, D. R.; ANDRADE, M. M.; DERENGOSKI, J. A.; DUARTE, E.; KREFTA, S. M.; SILVEIRA, A. C.; BRUN, E. J. General and silvicultura aspects of *Cordia americana*, *Aspidosperma polyneuron*, *Toona ciliata* e *Khaya* spp. **Journal of Agroveterinary Sciences**, v. 15, p. 155-164, 2016.

KRISNAWATI, H.; KALLIO, M.; KANNINEN, M. *Swietenia macrophylla* King: **ecology, silviculture and productivity**. Bogor: CIFOR; 2011. 24 p.

LEMES, P. G.; OLIVEIRA, L. S. de; MATOS, M. F. de. *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) Boring *Khaya ivorensis* (Meliaceae) Fruits and Seeds in Brazil: First Report. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 1, p. 266, 2019.

LIMA, J. O. S. **Aplicação de quatro métodos indiretos na medição de densidade de dossel em fragmento de mata nativa, recuperada e floresta de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake)**. 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Programa: Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, São Paulo, 2016.

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

LUNZ, A. M.; THOMAZINI, M. J.; MORAES, M. C. B.; NEVES, E. J. M.; BATISTA, T. F. C.; DEGENHARDT, J.; SOUSA, L. A. de; OHASHI, O. S. *Hypsipyla grandella* em mogno (*Swietenia macrophylla*): Situação Atual e Perspectivas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 0, n. 59, 2010.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: 2003. v. 1, 309 p, 2003.

MARENCO, R. A.; GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G. Photosynthesis and leaf nutrient contents in *Ochroma pyramidale* (Bombacaceae). **Photosynthetica**, Prague, v. 39, n. 4, p. 539- 543, p. 2001a.

MARENCO, R. A.; GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G. Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in central Amazonia. **Tree Physiology**, Oxford, n. 21, p. 1311–1318, 2001b.

MCROBERTS, R. E.; WESTFALL, J. A. Propagating uncertainty through individual tree volume model predictions to large-area volume estimates. **Annals of Forest Science**, v. 73, n. 3, p. 625–633, 2016.

MORI, C. L. S. de O.; LIMA, J. T.; AKIRA MORI, F.; TRUGILHO, P. F.; GONCALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, 2005.

MOSER, P. **Vegetação arborea e sua relação com fatores ambientais e espaciais em Florestas de Terra Firme no Noroeste de Rondônia, Brasil.** [s.l.] Universidade de Brasília, 2013.

NABE-NIELSEN, J.; BROWN, N.; JENNINGS, S.; WHEELER, P. An improved method for the rapid assessment of forest understorey light environments. **Journal of Applied Ecology**, v. 37, n. 6, p. 1044–1053, 2000.

NICOLETTI, M. F.; SOUZA, K.; SILVESTRE, R.; FRANÇA, M. C.; ROLIM, F. A. Relação hipsométrica para *Pinus taeda* L. em diferentes fases do ciclo de corte. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 80-89, 2016.

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, v.11, p.9-25, 2001.

PELLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal.** Curitiba, p. 316, 1997.

PERERA, P. K. P.; AMARASEKERA, H. S.; WEERAWARDENA, N. D. R. Effect of Growth Rate on Wood Specific Gravity of Three Alternative Timber Species in Sri Lanka; *Swietenia macrophylla*, *Khaya senegalensis* and *Paulownia fortunei*. **Journal of Tropical Forestry and Environment**, v. 2, n.1, p. 26-35, 2012.

PEREIRA, R. S.; FERNANDES, V. T. Comportamento ecofisiológico do mogno (*Swietenia macrophylla*, King), no Município de Miguel Pereira-RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 139-145, 1998.

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

POLLI, H. Q.; REIS, G. G. dos.; REIS, M das G. F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; FONTAN, I. da C. I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 557–566, 2006.

POLTRONIERI, L. S.; ALBUQUERQUE, F. C.; TRINDADE, D. R.; DUARTE, M. L. R. Identificação de doenças em mogno-africano no Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. P. 13. **Circular Técnica**, n. 18. 2000.

PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; NEVES, T. A.; VIEIRA, C. M. M. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 317-326, 2012.

RETSLAFF, F. A. S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; BERNETT, L. G.; FIGURA, M. A. Curvas de sítio e relações hipsométricas para *Eucalyptus grandis* na região dos Campos Gerais, Paraná. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 219-225, 2015.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. O cultivo do mogno africano (*Khaya* spp.) e o crescimento da atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 0, 2017.

ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. **Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica**. p. 160, 2018.

ROSA, F. O. **Zoneamento edafoclimático e resposta de plantas jovens de mogno africano às condições do Cerrado**. 2014. 85 fl. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Goiânia, 2014.

SANQUETTA, C. R.; SANQUETTA, M. N. I.; BASTOS, A.; QUEIROZ, A.; CORTE, A. P. D. Estimativa da altura e do volume em povoamentos jovens de restauração florestal em Rondônia. **Biofix Scientific Journal**, v. 2, n. 2, p. 23-31, 2017.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; WATZLAWICK, L. F. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 4. ed. Curitiba: Multi-Graphic, 406 p. 2014.

SANQUETTA, M. N. I.; SANQUETTA, C. R.; MOGNON, F.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; MAAS, G. C. B. Ajuste de equações hipsométricas para a estimação da altura total de indivíduos jovens de teca. **Científica**, v. 43, n. 4, p. 400-406, 2015.

SANTOS, M. L.; BRASIL NETO, A. B.; PAUMGARTTEN, A. E. A.; RODRIGUES, R. P.; SANTOS, C. R. dos. Estimativa da relação hipsométrica para um povoamento de *Eucalyptus "urograndis"* no município de Mojú, nordeste paraense. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 1039- 1048, 2014.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M.; CARVALHO, A. M. M. L. Análise termogravimétrica em clones de eucalipto como subsídio para a produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras v.18, n.1, 2012.

SCHIKOWSKI, A. B. CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; RODRIGUES, A. L.; OLIVEIRA, K. A. de. Ajuste de modelos hipsométricos para povoamento de *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) D. Don no Paraná. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19. p. 70-77, 2014.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal. 2º Ed. Santa Maria: UFSM, CEPEF, 2009. 236 p.

SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAIS, E.; MORAES, M. A. Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênes de *Gallesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 21, n. 2, p. 151- 163, 2009.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; GURGEL GARRIDO, L. M. A.; ANGERAMI, E. M. R. A. Variabilidade genética e interação genótipo x locais em jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. **Revista do Instituto Florestal**, v. 12, n. 1, p. 13-23, 2000.

SFB - Serviço Florestal Brasileiro & IPAA - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **Florestas Nativas de Produção Brasileiras**. Relatório técnico. Brasília, DF, p. 1-28, 2011.

- SILVA, B. T. B. **Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.)**. 2010. Monografia. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro. 2010.
- SILVA, L. F. da.; FERREIRA, G. L.; SANTOS, A. C. A. dos, LEITE, H. G.; SILVA, M. L. da. Equações hipsométricas, volumétricas e de crescimento para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 362-368, 2016.
- SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. 2002. 179p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- SNIF - Sistema Florestal Brasileiro. **Sistema Nacional de Informação Florestais**. v. 1, n. 2, p. 1-7, 2016.
- STOLLE, L.; VELOZO, D. R.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, R. C.; BEUTLING, A. Modelos hipsométricos para um povoamento jovem de *Khaya ivorensis* A. Chev. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 2, p. 231-236, 12 jul. 2018.
- SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B de; BARRETO, P. A. B.; CONCEIÇÃO JÚNIOR, V. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4., p 1-7, 2013.
- SOUZA, K. R.; MOURA, R. S.; SOUZA, D. S.; SANTANA, G. M.; OLIVEIRA, G. M.; VENTUROLI, F.; SILVA NETO, C. M.. Danos em *Khaya ivorensis* provocado por *Trigona spinipes* na savana brasileira. **Acta Brasiliensis** v. 1, n. 1, p. 40-42, 2017.
- TEPONGNING, R.S.; YERBANGA, S.R.; DORI, G.U.; LUCANTONI. L.; LUPIDI, G.; HABLUEZEL, A. **In vivo efficacy and toxicity studies on *Erythrina senegalensis* and *Khaya ivorensis* used as herbal remedies for malaria prevention in Cameroon**. European Journal of Medicinal Plants. 2013; v. 3: p. 454-464.
- TOMPPO, E.; GSCHWANTNER, T.; LAWRENCE, M.; MCROBERTS, R. E. National forest inventories. **Pathways for Common Reporting**. European Science Foundation, p. 541-553, 2010.
- UBIALLI, J. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; ARCE, J. E. Comparação de métodos e processos de amostragem para estudos fitossociológicos em uma Floresta Ecotonal na região norte Matogrossense. **Floresta**, v. 39, p. 511-523, 2009.
- VALE, A. T.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C.; NOGUEIRA, M. Relações entre a densidade básica da madeira, o rendimento e a qualidade do carvão vegetal de espécies do cerrado. **Revista Árvore**, v. 25, n. 89, p. 89-95, 2001.
- WADSWORTH, F. H. **Producción florestal para America Tropical**. Washington: USDA, p. 602, 2000.
- WEBER, J. C.; MONTES, C. S.; UGARTE, J.; SIMONS, T. Phenotypic selection of *Calycophyllum spruceanum* on farms in the Peruvian amazon: evaluating a low-intensity selection strategy. **Silvae Genetica**, v. 58, n. 4, p. 172-179, 2009.

WERNECK, F.; ZUQUIM, G.; RODRIGUES, L. **Uso de esferodensímetro e fotos digitais para estimar abertura de dossel: um teste metodológico.** p. 1–3, 2000.

WIEMANN, M.C. Characteristics and availability of commercially important woods. In: Forest Products Laboratory-FPL. **Wood Handbook: wood as an engineering material.** Madison: FPL/USDA, 2010, chapter 2, p. 16-60.

WILSON, J. B. **Guilds, functional types and ecological groups.** *Oikos*, 86: p. 507-522, 1999.

ZANETTI, R.; ABREU, C. S.; SILVEIRA, S. H. P.; ANDRADE, E. D. First report of *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) on African mahogany *Khaya ivorensis*. **Scientia Agricola**, v. 74, n. 6, p. 492–494, 2017.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis.** 5th edition, Prentice-Hall, Inc. 2010. 944 p.

ZHANG, S. Y. Effect of growth rate on wood specific and selected mechanical properties in species from distinct wood categories. **Wood Science and Technology**, v. 29, p. 451-465, 1995.