



Mogno-africano

(Khaya spp.):

atualidades e perspectivas
do cultivo no Brasil

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Edilson Batista de Oliveira

Alisson Moura Santos

Editores técnicos

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil*

*Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Edilson Batista de Oliveira
Alisson Moura Santos*

Editores técnicos

*Embrapa
Brasília, DF
2019*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba, Caixa Postal: 319

83411-000 – Colombo, PR

Fone: (41) 3675-5600 / Fax: (41) 3675-5601

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Florestas

Comitê de Publicações da Embrapa Florestas

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente: José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva: Neide Makiko Furukawa

Membros: Cristiane Aparecida Fioravante Reis, Krisle da Silva, Marilice

Cordeiro Garrastazu, Valderês Aparecida de Sousa, Annete Bonnet,

Álvaro Figueredo dos Santos, Guilherme Schnell e Schühli,

Marcelo Francia Arco-Verde

Supervisão editorial: José Elidney Pinto Júnior

Revisão do texto: José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica: Francisca Rasche

Projeto gráfico, capa e editoração eletrônica: Luciane Cristine Jaques

Fotos da capa: João Augusto da Silva (mudas de mogno e tora),

David Escaquete (plântio), Alisson Moura Santos (árvore)

1ª edição

Publicação digitalizada (2019)

Versão atualizada com

correção da figura 8, p. 34.

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

Embrapa Florestas

Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil / Cristiane Aparecida Fioravante Reis ... [et al.]. - Brasília, DF : Embrapa, 2019.

378 p. : il. color. ; 21 x 25 cm

ISBN 978-85-7035-923-0

1. Manejo florestal. 2. Sistema de produção. 3. Plantação florestal. 4. Produtividade. I. Reis, Cristiane Aparecida Fioravante. II. Oliveira, Edilson Batista de. III. Santos, Alisson Moura. IV. Embrapa Florestas.

CDD (21. ed.) 634.97

Francisca Rasche CRB 9-1204

© Embrapa 2019

Autores

Adão Wagner Pêgo Evangelista

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia Agrícola, professor da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

Alessandra da Cunha Moraes-Rangel

Tecnóloga em Sensoriamento Remoto, especialista em Geoprocessamento, analista da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO

Alexandre Mehl Lunz

Engenheiro florestal, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

Alisson Moura Santos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Ananda Virgínia Aguiar

Engenheira-agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Andressa Ribeiro

Engenheira florestal, doutora em Ciências Florestais, professora da Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, PI

Antônio Carlos Ferraz Filho

Engenheiro florestal, doutor em Ciências Florestais, professor da Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, PI

Antonio Nascim Kalil Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética Vegetal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Bárbara Vieira de Brito

Tecnóloga em Geoprocessamento, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, GO

Canrobert Tormin Borges

Engenheiro-agrônomo, sócio-proprietário da Empresa Mudas Nobres, Goiânia, GO

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Engenheira florestal, doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

David Escaquete

Engenheiro florestal, diretor comercial na SR4 Soluções em Certificação Florestal, Piracicaba, SP

Derblai Casaroli

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO



Diogo Silva Pena

Tecnólogo em Geoprocessamento, mestre em Agronomia, professor da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

Edilson Batista de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Edson Luiz Furtado

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, professor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP

Eduardo Ciriello

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência Florestal, proprietário da Futuro Florestal Ltda, Garça, SP

Flávio de Oliveira Rosa

Tecnólogo em Gestão Ambiental, mestre em Agronomia, estudante de doutorado da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

Graziela Baptista Vidaurre

Engenheira florestal, doutora em Ciência Florestal, professora da Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

João Augusto da Silva

Engenheiro-agrônomo, sócio-proprietário da Empresa Mudas Nobres, Goiânia, GO.

João Gabriel Missia da Silva

Engenheiro Industrial Madeireiro, estudante de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES

José Alves Júnior

Engenheiro Agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, professor da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

Lucas Antônio Benso

Engenheiro Florestal, estudante de mestrado em Proteção de Plantas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP

Márcio Mesquita

Engenheiro Agrícola, doutor em Engenharia Agrícola, professor da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

Rafael Battisti

Engenheiro Agrônomo, doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas, professor da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

Sybelle Barreira

Engenheira Florestal, doutora em Recursos Florestais, professora da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.



Agradecimentos

A todos (agências de fomento, associações, empresários, estudantes, extensionistas, instituições privadas e públicas, técnicos, pesquisadores, produtores, professores, profissionais autônomos, universidades e centros tecnológicos, dentre outros) que têm contribuído para o desenvolvimento da cadeia produtiva do mogno-africano em nível mundial.

Apresentação

O gênero *Khaya*, pertencente à família Meliaceae, é composto por um importante grupo de espécies de elevado potencial madeireiro. Na atualidade, as espécies desse gênero de maior interesse mundial são *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC., *Khaya grandifoliola* C. DC., *Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., sendo originárias de várias regiões africanas e, popularmente conhecidas pela designação de mogno-africano em território brasileiro.

A madeira nativa do mogno-africano tem sido mundialmente reconhecida como nobre. É a principal substituta da madeira do mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*), sendo utilizada em vasta gama de usos. Entre as suas principais aplicações se destacam a fabricação de móveis de luxo, adornos, entalhes, instrumentos musicais, faqueados, laminados, construção civil e naval, e em revestimentos internos e decorativos em várias partes do mundo.

Os principais aspectos que justificam e têm embasado o investimento em plantios de mogno-africano em áreas tropicais mundiais são: **a)** madeira com propriedades físicas e mecânicas, aparência e trabalhabilidade similares ao mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*); **b)** rápido crescimento; **c)** resistentes (não-preferência) à broca de ponteiro (*Hypsipyla grandella*), a qual inviabiliza cultivo e exploração econômica aos mognos do gênero *Swietenia* no Brasil;

d) madeira com uso consolidado e elevada cotação no mercado internacional, desde que colhida em idade adequada, com elevada porcentagem de cerne e devidamente beneficiada e **e)** considerável redução de exemplares nativos e/ou proibição de corte dos mognos, seja o brasileiro e/ou africano.

No Brasil, os cultivos de mogno-africano (*K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis*) têm crescido de forma significativa nos últimos anos. Estima-se que a área plantada em território brasileiro já tenha ultrapassado 37 mil hectares em 2018, o que torna o Brasil, muito provavelmente, o maior plantador desse gênero, seguido da Austrália com 14 mil hectares de *K. senegalensis*. Em geral, esses plantios ainda não alcançaram a idade final de corte nem escala de produção elevada. Apenas desbastes têm sido realizados e, conseqüentemente, com obtenção de madeira de menor valor econômico. Entretanto, é esperada para a colheita final, a obtenção de toras de maior diâmetro adequadas à produção de serrados/laminados, produtos de maior valor no mercado. Desta forma, a inserção de produtores no segmento de produção de madeira de maior valor agregado tem consistido em alternativa para diversificação da atividade agrícola, com geração e maximização da renda, além de recuperação de áreas degradadas.

Em razão do incremento crescente dos plantios de mogno-africano no País e de seu potencial econômico, objetiva-se com este livro sintetizar e

disponibilizar informações à sociedade interessada, como forma de balizar o planejamento dos cultivos e as tomadas de decisão por parte de empresas, produtores florestais, técnicos, dentre outros, além de instituições responsáveis pela liberação de créditos para produção e de agências responsáveis pelo fomento e execução de pesquisas. Espera-se que esse livro também seja útil a estudantes em nível técnico, graduação e pós-graduação.

A abordagem do livro é ampla, envolvendo desde a escolha da espécie até a comercialização do produto obtido. Os seguintes temas são abordados: **a)** caracterização das espécies pertencentes ao gênero *Khaya* de interesse ao Brasil; **b)** usos e importância econômica dos produtos madeireiros e não madeireiros e suas perspectivas de mercado; **c)** aspectos legais quanto aos plantios de mogno-africano na propriedade agrícola; **d)** políticas públicas voltadas para seu cultivo; **e)** zoneamento edafoclimático em território brasileiro; **f)** aspectos silviculturais em plantios puros e em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta; **g)** crescimento e produção de madeira do mogno-africano em várias regiões brasileiras; **h)** doenças e insetos com potencial para causar danos econômicos; **i)** softwares para manejo de precisão e análise econômica de mogno-africano em plantios puros e em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta; **j)** caracterização das propriedades tecnológicas da madeira e **k)** importância da certificação em plantios comerciais.

Edson Tadeu Iede

Chefe-Geral da Embrapa Florestas



Sumário

| | |
|---|-----|
| Caracterização das espécies pertencentes ao gênero <i>Khaya</i> de interesse no Brasil..... | 12 |
| Usos, importância econômica e perspectivas de mercado..... | 50 |
| Aspectos legais quanto ao plantio de mogno-africano na propriedade agrícola..... | 74 |
| Políticas públicas voltadas para o plantio do mogno-africano..... | 81 |
| Zoneamento edafoclimático do mogno-africano (<i>Khaya ivorensis</i>) para o Brasil | 96 |
| Aspectos silviculturais..... | 116 |
| Irrigação e crescimento inicial do mogno-africano (<i>Khaya ivorensis</i>) em ambiente de Cerrado | 161 |
| Crescimento e produção de mogno-africano: quantificação e influências..... | 198 |
| Doenças..... | 235 |
| Insetos..... | 251 |
| Softwares para manejo de precisão e análise econômica de mogno-africano, em plantios puros e em ILPF..... | 266 |
| Propriedades da madeira do mogno-africano (<i>Khaya</i> spp.)..... | 287 |
| Certificação florestal..... | 363 |

1

Caracterização das espécies pertencentes ao gênero *Khaya* de interesse no Brasil

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Antonio Nascim Kalil Filho

Ananda Virgínia Aguiar

Alessandra da Cunha Moraes-Rangel

Introdução

O gênero *Khaya*, nativo da África, pertence ao Reino Plantae, Filo Tracheophyta, Classe Magnoliopsida, Ordem Sapindales e Família Meliaceae (IUCN, 2018). Em nível mundial, as espécies florestais pertencentes ao gênero *Khaya* possuem substancial relevância em razão da produção de madeira de excelente qualidade e, conseqüentemente, do destaque no mercado internacional de madeiras nativas nobres (Pennington; Styles, 1975).

Esse gênero é caracterizado pela presença de espécies arbóreas decíduas ou caducifólias, isto é, que perdem suas folhas em uma certa estação do ano, geralmente, nos meses mais frios e com ausência de chuva (outono e inverno) (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981). Possuem folhas paripenadas, com folíolos inteiros e glabros (desprovidos de pêlos) (**Figura 1**) (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011).

As flores são pequenas e unissexuais, ou seja, há flores femininas e flores masculinas na mesma inflorescência, mas ambas com presença de vestígios atrofiados do sexo oposto (**Figura 2**) (Pennington; Styles, 1975, Pennington et al., 1981). Essas flores são tetrâmeras ou pentâmeras, ou seja, com pétalas e/ou sépalas em número de quatro ou cinco, dispostas em grandes inflorescências axilares e bastante ramificadas (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011).

O cálice, constituído pelas sépalas, é tetralobado ou pentalobado quase até a base, sendo os lóbulos subcirculares e imbricados (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011). A corola é composta por quatro ou cinco pétalas livres, que são muito mais longas do que o cálice em botão e contorcidas (Pennington; Styles, 1975, Pennington et al., 1981). As pétalas são eretas quando as flores estão abertas e algo encapuzadas (Pennington; Styles,

1975; Pennington et al., 1981). O tubo estaminal é urceolado (bojudo na base e com pequena abertura apical) ou em forma de copo, sendo dotado de oito a dez anteras nas flores masculinas ou anteródios nas flores femininas, dispostos em direção ao ápice e terminados com oito a dez lóbulos subcirculares, com apêndices sobrepostos alternando em anteras ou anteródios a depender do sexo da flor (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981).

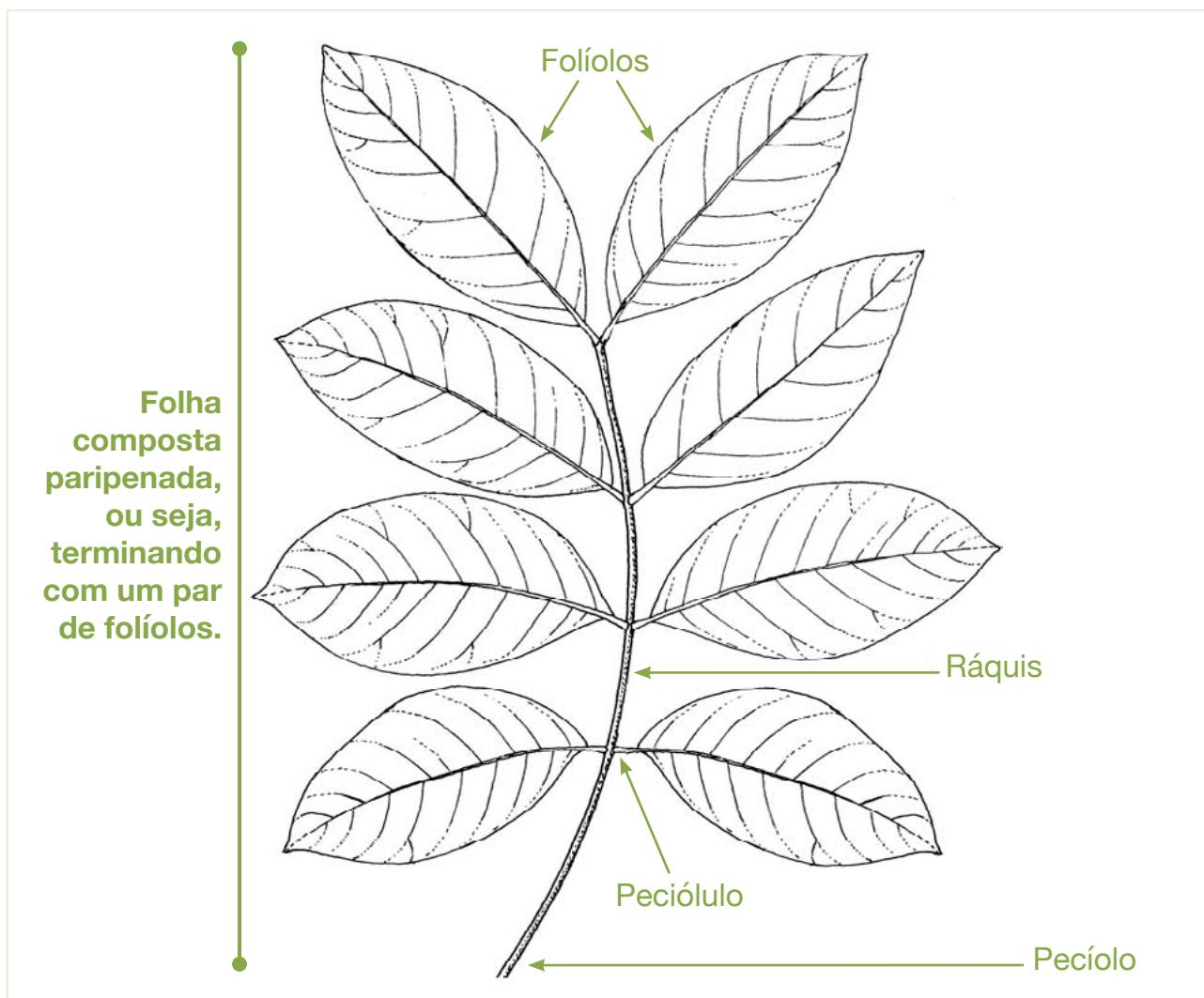


Figura 1. Detalhes da folha composta de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.

Fonte: Adaptado de Nikiema e Pastenak (2008).

Redesenhado e adaptado por Iskak Syamsudin.

Imagem cedida por Plant Resources of Tropical Africa (PROTA) em 2018.

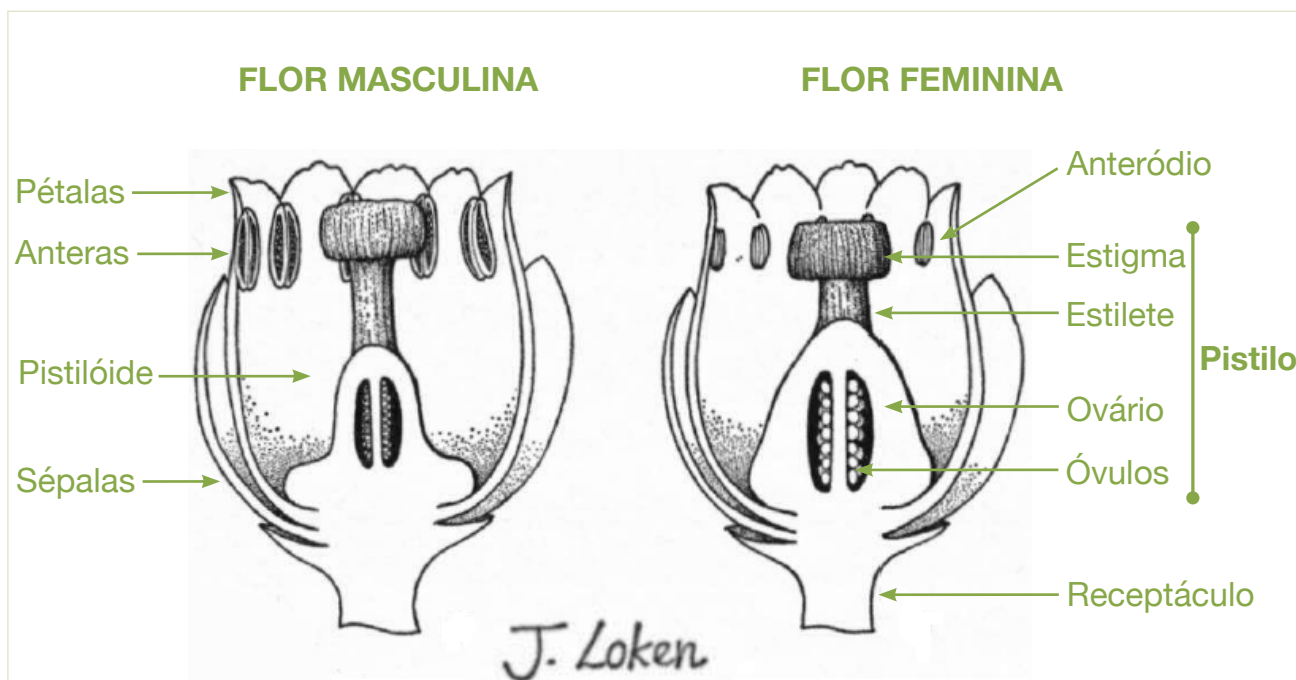


Figura 2. Detalhes das flores masculina e feminina de *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC.

Fonte: Adaptado de Pennington e Styles (1975). Desenho de J. Loken.
Imagem cedida por Pennington em 2019.

Nas flores masculinas, o disco do nectário possui formato de almofada, sendo fundido à base do pistilóide, mas livre do tubo estaminal e, nas flores femininas, o disco do nectário é mais ou menos reduzido, com um inchaço indistinto na base do ovário (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011). O ovário é tetralocular ou pentalocular, sendo cada um dos lóculos composto por 12 a 18 óvulos (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011). Vale lembrar que os lóculos consistem em cavidades existentes no interior do ovário, nas quais os óvulos são fixados à região da placenta.

O estigma é grosso, discóide, com margem crenulada, quase que completamente bloqueando a entrada do tubo estaminal, a sua superfície superior possui papilas minúsculas, receptivas (aos grãos de pólen) e com

quatro a cinco cumes estigmáticos radiantes (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011). O pistilóide existente na flor masculina é semelhante ao pistilo da flor feminina, embora mais delgado e com um estilete mais longo (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981). Os lóculos são bem desenvolvidos, mas os óvulos vestigiais são muito pequenos (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981).

Os frutos consistem em cápsulas lenhosas, eretas e globosas ou subglobosas (**Figura 3**) (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011). Essa cápsula é do tipo septífraga, isto é, a ruptura dos septos é paralela ao eixo do fruto (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011). A abertura da cápsula ocorre por meio de quatro a seis válvulas do ápice, sendo que as mesmas permanecem unidas na base e, nas margens de válvulas, ocorrem, muitas vezes, fios fibrosos ásperos (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011). As sementes variam em número de oito a dezoito por lóculo, com formatos elipsóides a suborbiculares transversalmente, estreitamente aladas em toda a margem e com a presença de endosperma residual (Pennington; Styles, 1975; Pennington et al., 1981; Mabberley, 2011).

Pela chave dicotômica de identificação dos gêneros pertencentes à Família Meliaceae, a distinção do gênero *Khaya* ocorre em função de suas espécies serem compostas por frutos em formato de cápsula globosa ou subglobosa; serem deiscentes, com quatro a seis válvulas que permanecem unidas na base e, também, pelo fato das sementes aladas possuírem asas estreitas e opacas (Pennington; Styles, 1975; Mabberley, 2011). A chave dicotômica para distinção das espécies pertencentes ao gênero *Khaya*, aparentemente, não se encontra publicada.

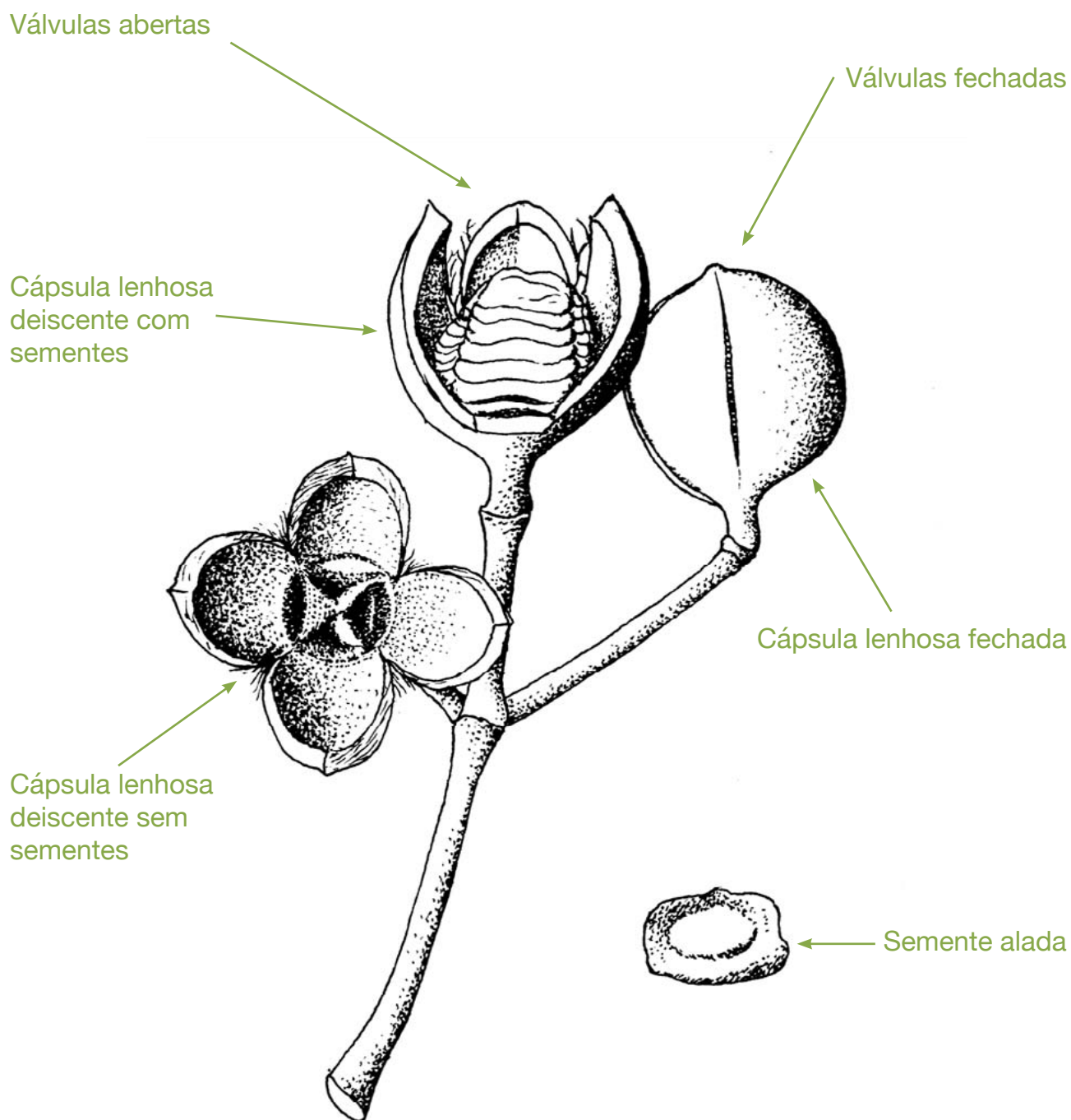


Figura 3. Detalhes dos frutos e sementes de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.

Fonte: Adaptado de Nikiema e Pastenak (2008).
Redesenhado e adaptado por Iskak Syamsudin.
Imagem cedida por PROTA em 2018.

Neste capítulo serão apresentados maiores detalhes das quatro espécies de *Khaya* de interesse ao território brasileiro e que figuram como opções para o estabelecimento de plantios comerciais para obtenção de madeira nobre no Brasil, sendo *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC., *Khaya grandifoliola* C. DC., *Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. (Pinheiro et al., 2011).

Salienta-se que essas quatro espécies são classificadas como “vulneráveis A1cd de extinção” na África pela Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, 2018). De acordo com essa classificação, um táxon é “vulnerável” quando não está “criticamente em perigo” ou “em perigo”, mas quando está enfrentando um alto risco de extinção na natureza. No caso das quatro referidas espécies de *Khaya*, elas enfrentam perigo em razão de redução de suas populações nativas (A), sendo essa “redução observada, presumida ou suspeita de, pelo menos, 20,00% nos últimos dez anos ou três gerações, o que for maior” (1), “com base em um declínio na área de ocupação, extensão de ocorrência e/ou qualidade do habitat” (c) e “com níveis reais ou potenciais de exploração” (d) (IUCN, 2018). Uma quinta espécie de *Khaya*, denominada *K. madagascariensis* está classificada, em um grau mais delicado, como em “perigo A1cd de extinção” (IUCN, 2018). Um táxon está “em perigo” quando não está “criticamente em perigo”, mas está enfrentando um risco muito alto de extinção na natureza, em um futuro próximo. Para esse caso, a caracterização das letras e do número é idêntica à classificação anterior.

Esses aspectos são confirmados por Ofori et al. (2007), Lemmens (2008), Maroyi (2008), Nikiema; Pastenak (2008), Opuni-Frimpong (2008), Danquah et al. (2011) e Praciak et al. (2013), os quais citam que as espécies de *Khaya*, em decorrência da relevância de suas madeiras no comércio internacional, têm sido exaustivamente exploradas nas suas áreas de ocorrências naturais na África. Adicionalmente, um agravante é que a regeneração natural das plântulas é

baixa, especialmente, em locais em que as árvores genitoras nativas são escassas (Ofori et al., 2007). Além disso, há relatos de ataque das mudas regenerantes pela broca *Hypsipyla robusta*, a qual destrói as brotações, podendo causar a sua morte ou resultando em bifurcações as quais reduzem o volume comercializável de madeira por árvore e, conseqüentemente, o valor a ser obtido com a venda da madeira (Ofori et al., 2007). Esses aspectos levam a se indagar sobre a ocorrência de erosão genética nessas espécies, em suas áreas de ocorrência natural (Praciak et al., 2013; IUCN, 2018). Neste contexto, restrições e/ou ações em prol da conservação dessas espécies têm sido conduzidas, por meio de proteção de subpopulações, proibições de exportação de madeiras procedentes de áreas nativas e estabelecimento de limites de abate das árvores nativas dessas espécies em vários países (Praciak et al., 2013; IUCN, 2018).

Essas informações colocam em xeque o tradicional suprimento de madeiras dessas espécies de origem nativa, no mercado internacional, haja vista que as pressões pela conservação dessas espécies têm sido expressivas e serão cada vez maiores no curto, médio e longo prazos. Mas, ao mesmo tempo, em âmbito racional e sustentável, é descortinado o imenso potencial de estabelecimento de plantios florestais com essas espécies em áreas tropicais mundiais, inclusive no Brasil.

A seguir serão relatados detalhes sobre os aspectos botânicos, as áreas de ocorrências naturais e as suas condições ambientais nos locais de origem, nas quais essas espécies estão mais adaptadas.

Khaya anthotheca (Welw.) C. DC.

Caracterização da área de distribuição natural

A área de distribuição natural de *K. anthotheca* é apresentada na **Figura 4** (Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, 2012). Observa-se que essa espécie decídua apresenta ocorrência natural em vários países africanos, em Florestas Semidecíduas Úmidas e nas mais secas, nas zonas de transição entre Floresta Semidecídua Seca e Savana (Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016), além de Florestas Perenifólias Úmidas (Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013; Oponi-Frimpong et al., 2016). Na Floresta Semidecídua Úmida, *K. anthotheca* aparece em conjunto com *K. ivorensis* (Maroyi, 2008).

A espécie *K. anthotheca* é típica de solos aluviais férteis profundos, de margens de rios e de encostas (Hines; Eckman, 1993; Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013). Os solos aluviais se formam a partir de sedimentos (fragmentos de rochas) oriundos de outros lugares e carregados pela ação das águas e dos ventos. Nota-se também a preferência dessa espécie por solos úmidos e bem drenados (Hines; Eckman, 1993; Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016).

Em geral, na sua área de ocorrência natural, as altitudes variam de baixas a médias, indo até 1.500,00 m de acordo com Hines e Eckman (1993), Maroyi (2008) e Praciak et al. (2013), embora haja também relato de sua ocorrência a 2.000,00 m (Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève, 2012). As estimativas de precipitação pluviométrica média anual variam de 1.200,00 mm a 1.800,00 mm, com estação seca variando de dois a cinco meses no ano (Maroyi, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016). Entretanto, Hines e Eckman (1993) e Praciak et al. (2013) citam a ocorrência da espécie em áreas

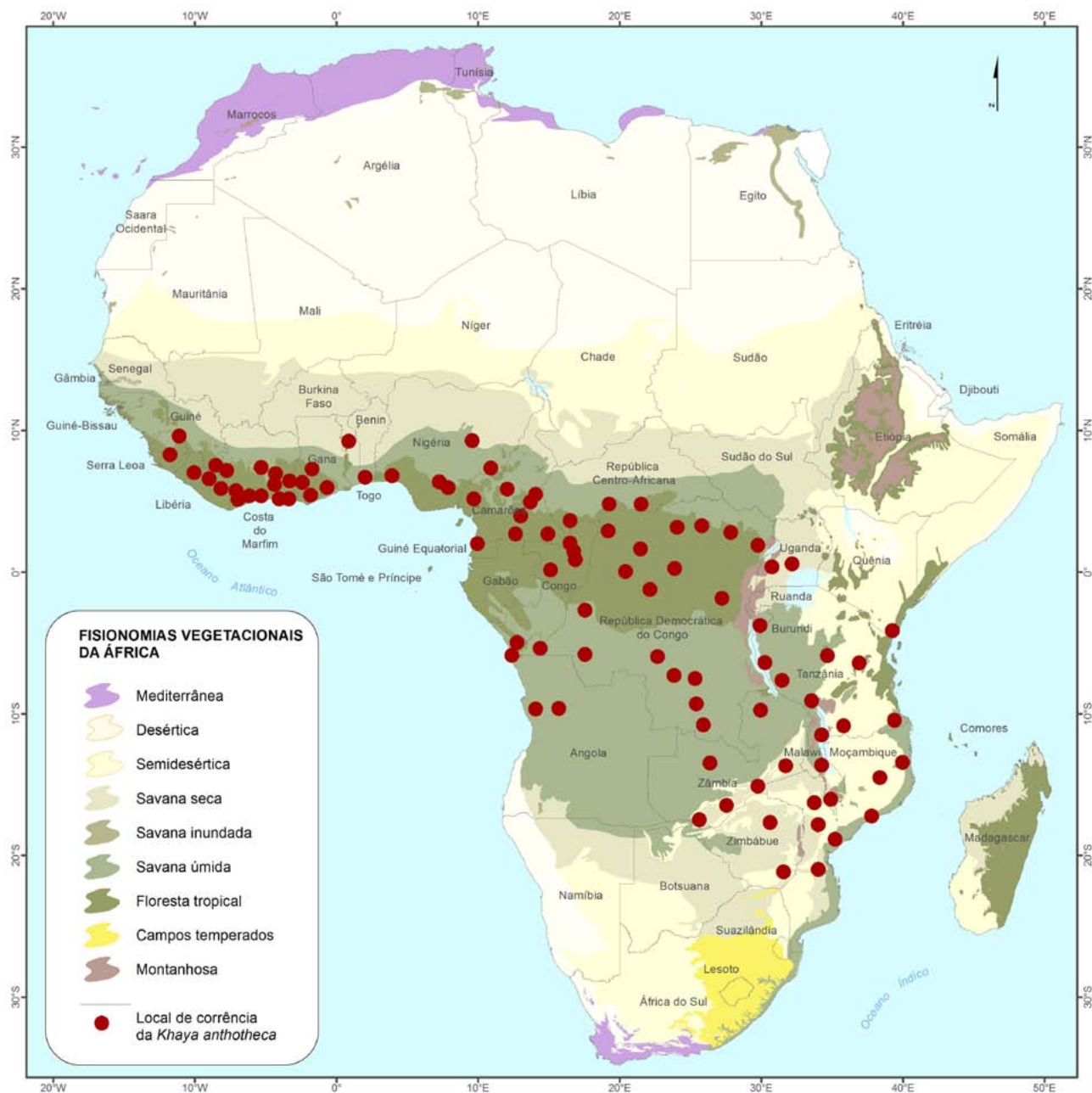


Figura 4. Área de ocorrência natural de *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC. no Continente Africano.

Fonte: Adaptado de Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute (2012).

com precipitações pluviométricas médias anuais um pouco inferiores, entre 600,00 mm e 1.600,00 mm.

Quanto ao requerimento por luz, *K. anthotheca* é moderadamente tolerante à sombra quando jovem e moderadamente intolerante, quando mais velha (Hines; Eckman, 1993; Praciak et al., 2013).

Descrição botânica

O porte das árvores nativas de *K. anthotheca* varia de alto a muito alto, podendo atingir 40,00 m a 65,00 m de altura, sendo que o fuste (parte comercial do tronco) pode chegar a 30,00 m (Maroyi, 2008; Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève, 2012; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016). O fuste é usualmente retilíneo e cilíndrico (Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016). Entretanto, pode formar sapopemas, ou seja, um tipo de raiz tabular que cerca o tronco das árvores, as quais podem atingir de 4,00 m a 6,00 m de altura (**Figura 5**) (Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013). No tronco, a superfície da casca é cinza e lisa, porém se esfolia em pequenas escamas circulares, as quais lhe conferem uma superfície manchada, com cor que varia de cinza a amarela (Maroyi, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016). A cor da casca interna pode variar de rosa a avermelhada (Maroyi, 2008).

A copa das árvores de *K. anthotheca* é maciça, arredondada e de grande envergadura, com galhos glabros e grossos (Maroyi, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016). As folhas são dispostas em espiral, sendo agrupadas próximas à extremidade de cada ramo, compostas e paripenadas, com dois a cinco (raramente sete) pares de folíolos (Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013). As estípulas são ausentes (Maroyi, 2008). Cada pecíolo possui entre 3,50 cm a 7,00 cm de comprimento e a raquis com 2,00 cm a 20,00 cm de comprimento (Maroyi, 2008). Os folíolos são brilhantes, glabros, opostos, com formato que

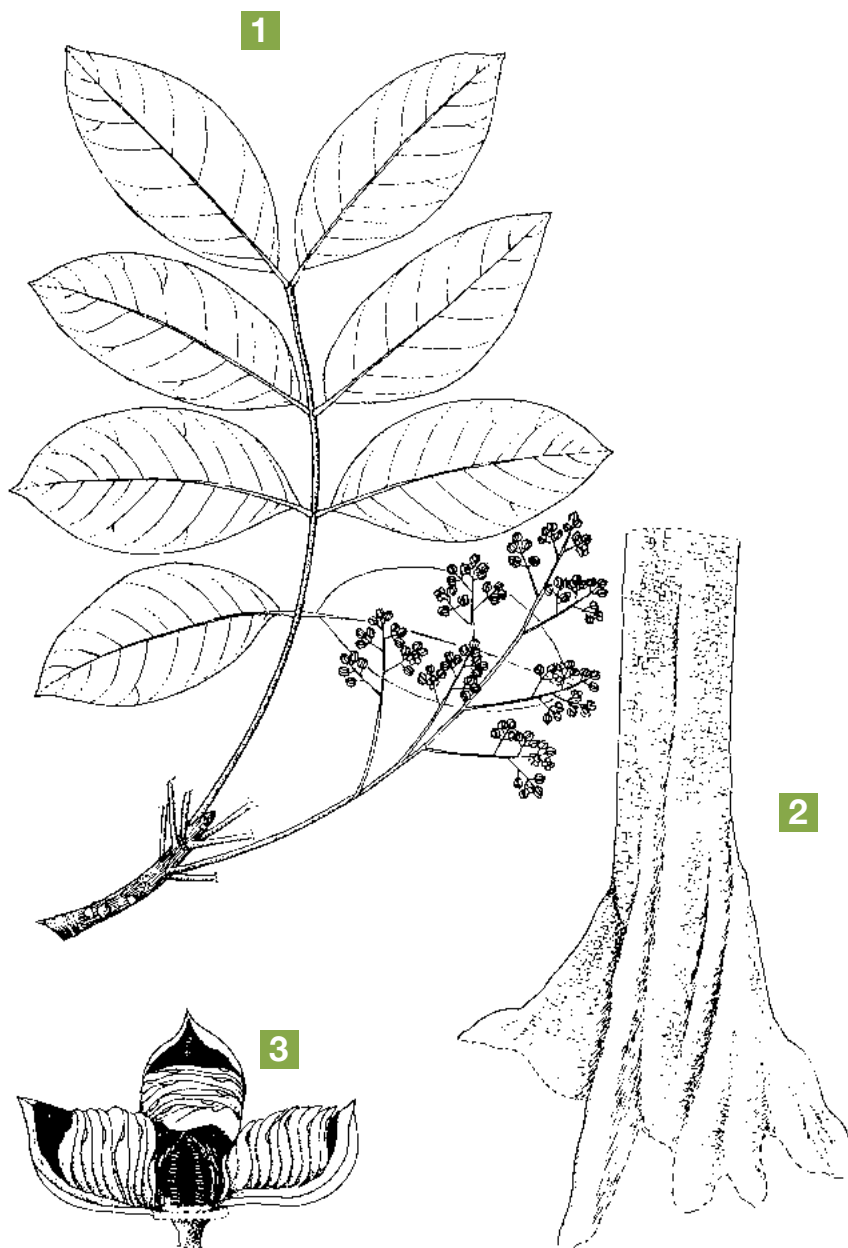


Figura 5. *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC.: 1. Ramo com folha composta e inflorescência, 2. Base da árvore com sapopema e 3. Fruto deiscente com uma valva removida.

Fonte: Maroyi (2008).
Redesenhado e adaptado por Iskak Syamsudin.
Imagem cedida por PROTA em 2018.

varia de ovado-oblongo a elíptico, com tamanho entre 5,00 cm a 20,00 cm x 2,00 cm a 10,00 cm (Maroyi, 2008). Os formatos dos folíolos variam de cuneados a obtusos e, ligeiramente assimétricos na base e de obtusos a curto-acuminados no ápice (Maroyi, 2008). As margens dos folíolos são inteiras, coriáceas, glabras e com nervuras pinadas (Maroyi, 2008). Há presença de seis a dez pares de nervuras laterais (Maroyi, 2008). O comprimento dos pecíolos varia de 0,50 cm a 1,00 cm (Maroyi, 2008). As árvores mais novas possuem mais pares de folíolos do que árvores em fase de maturidade (Maroyi, 2008).

A espécie *K. anthotheca* é monóica, ou seja, possui flores unissexuais femininas e masculinas na mesma planta, muito semelhantes em aparência (Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016). As flores, numerosas e pequenas, estão reunidas em inflorescências do tipo panícula axilar (Maroyi, 2008). As flores são esbranquiçadas e possuem perfume adocicado (Pinheiro et al., 2011). O comprimento da inflorescência pode variar de 30,00 cm a 45,00 cm (Maroyi, 2008).

Cada flor apresenta pedicelo com comprimento que varia de 1,50 mm a 3,00 mm, o cálice é lobado até quase a sua metade, com lóbulos arredondados, de 1,00 mm a 1,50 mm de comprimento (Maroyi, 2008). As pétalas são livres, elípticas, com cerca de 4,00 mm a 6,00 mm de comprimento x 2,00 mm a 4,00 mm de largura, sendo meio encurvadas (Maroyi, 2008). Os estames são fundidos em tubo, sob forma de urna, com 3,00 mm a 5,00 mm de comprimento, com oito a dez anteras incluídas próximas ao ápice, alterando-se com lóbulos arredondados (Maroyi, 2008). O disco do nectário tem formato de almofada (Maroyi, 2008). O ovário é súpero, sendo que sua forma varia de globosa à cônica, com 1,00 mm a 2,00 mm de diâmetro, tetralocular a pentalocular (Maroyi, 2008). O estilete pode chegar a 1,00 mm de comprimento e o estigma tem formato de disco (Maroyi, 2008). As flores masculinas possuem ovário rudimentar e as femininas possuem

anteras menores e não deiscentes (Maroyi, 2008). As flores de *K. anthotheca* são polinizadas por insetos (Praciak et al., 2013).

O fruto consiste em uma cápsula ereta, relativamente globosa e lenhosa, de coloração marrom acinzentada, com 4,00 cm a 10,00 cm de diâmetro e com quatro a cinco valvas deiscentes (Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016). Ao final do período de maturação, o fruto se abre, ao alto, em valvas delgadas, de menos de 5,00 mm de espessura que ficam soldadas à base (Pinheiro et al., 2011). Os frutos ainda não abertos e/ou parcialmente abertos podem ser coletados diretamente da árvore e secos ao sol, quando então as sementes são separadas manualmente (Praciak et al., 2013).

As sementes têm formato de disco achatado ou quadrangular, são aladas por toda a margem, de coloração marrom e com dimensão que varia de 1,00 cm a 2,50 cm x 1,50 cm a 3,50 (5,00) cm (Maroyi, 2008). Como as sementes são planas e leves, são capazes de serem transportadas à distância moderada pelo vento (Praciak et al., 2013).

O número médio de sementes por quilograma é 3.000 unidades (Hines; Eckman, 1993; Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013). Após o beneficiamento, as sementes são colocadas para secar ao sol até que atinjam 5,00% a 7,00% de umidade e, em seguida, armazenadas em recipientes hermeticamente fechados (Praciak et al., 2013). Como apresentam sensibilidade ao frio, a temperatura de armazenamento das sementes de 15,00 °C é tida como melhor que 5,00 °C ou -18,00 °C (Praciak et al., 2013).

As sementes não apresentam dormência, não sendo necessário o seu pré-tratamento (Hines; Eckman, 1993; Praciak et al., 2013). Sementes frescas têm uma taxa de sucesso de germinação de 60,00% a 90,00%, a qual, em geral, ocorre entre três a quatro semanas após a semeadura (Hines; Eckman, 1993; Pinheiro et al., 2011; Praciak et al., 2013). Em razão das sementes perderem rapidamente seu

poder germinativo, a recomendação geral é semeá-las logo após a coleta (Hines; Eckman, 1993; Maroyi, 2008; Pinheiro et al., 2011; Praciak et al., 2013).

A germinação é hipógea, isto é, os cotilédones permanecem sob a terra (Maroyi, 2008). O epicótilo tem comprimento que varia de 5,00 cm a 8,00 cm (Maroyi, 2008). As primeiras duas folhas são opostas e simples (Maroyi, 2008).

Maiores detalhes sobre aspectos silviculturais das espécies de *Khaya* serão vistos em capítulo específico presente nesta publicação.

Ressalta-se que *K. anthotheca* é frequentemente confundida com *K. grandifoliola* (Praciak et al., 2013). Em geral, *K. anthotheca* difere de *K. grandifoliola* por possuir folíolos menores e mais espessos e, também, frutos com paredes mais finas. Há relatos de híbridos interespecíficos dessas espécies (Opuni-Frimpong, 2008). A espécie *K. grandifoliola* é, em geral, de menor porte que *K. anthotheca* (Opuni-Frimpong, 2008). Outro aspecto é que *K. nyasica* Stapf ex Baker é frequentemente mantida separada de *K. anthotheca*, mas podem ser consideradas como sinônimos (Opuni-Frimpong, 2008).

Plantios em nível mundial

Face à importância da madeira de origem nativa de *K. anthotheca* no mercado internacional e pela oferta cada vez mais restrita dessa madeira, essa espécie tem sido amplamente usada em plantios comerciais dentro de sua área de ocorrência natural e, também, na África do Sul, na Ásia tropical e na América tropical (exemplos: Cuba e Porto Rico) (Hines; Eckman, 1993; Maroyi, 2008; Praciak et al., 2013). Em menor escala, tem sido cultivada na Indonésia e Malásia Peninsular, onde tem sido utilizada em sistemas taungya, ou seja, em cultivos anuais (componentes temporários) consorciados com árvores (Praciak et al., 2013). No Brasil, os plantios dessa espécie são feitos também em pequena escala.

Khaya grandifoliola C. DC.

Caracterização da área de distribuição natural

A área de distribuição natural de *K. grandifoliola* é apresentada na **Figura 6** (Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, 2012). Em sua área de ocorrência natural, *K. grandifoliola* é encontrada em Floresta Semidecídua, especialmente nos tipos mais seco e Savana (Opuni-Frimpong, 2008; Praciak et al., 2013). Na Savana, em geral, ocorre ao longo de cursos d'água (Opuni-Frimpong, 2008). Pode também ser encontrada em partes rochosas e montanhosas de Floresta Semidecídua Úmida, em área comum de ocorrência de *K. anthotheca* (Opuni-Frimpong, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016; Praciak et al., 2013). No Sudão e na Uganda, ocorre em florestas de terras baixas, particularmente, em florestas de galerias (Opuni-Frimpong, 2008).

É uma planta que se beneficia de luz, quando já está bem estabelecida e, geralmente, é considerada pioneira de longa duração tolerante à sombra (Praciak et al., 2013). Apresenta boa regeneração em florestas e bordas de florestas nativas fortemente perturbadas (Praciak et al., 2013).

Em sua área de distribuição natural, pode ocorrer em altitudes de até 1.400,00 m de acordo com Opuni-Frimpong (2008). Porém, há também relato de ocorrência de indivíduos de *K. grandifoliola* entre 229,00 m a 1.800,00 m de altitude (Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, 2012).

As estimativas de precipitação pluviométrica média anual variam entre 1.200,00 mm a 1.800,00 mm, com estação seca de três a cinco meses no ano (Opuni-Frimpong, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016). Essa espécie também tem preferência por solos aluviais de vales, úmidos e bem drenados (Opuni-Frimpong, 2008).

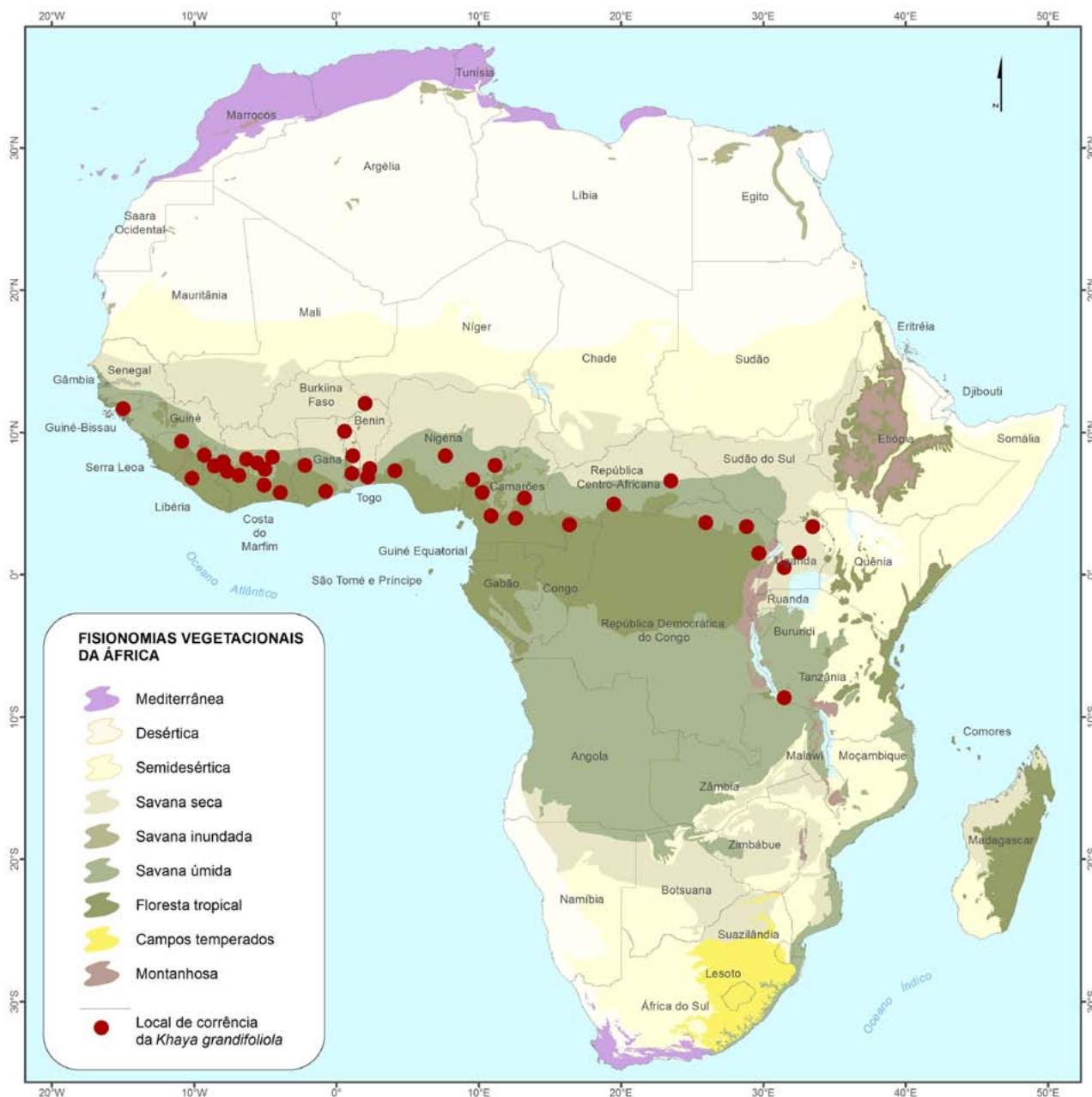


Figura 6. Área de ocorrência natural de *Khaya grandifoliola* C. DC. no Continente Africano.

Fonte: Adaptado de Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute (2012).

Descrição botânica

As árvores nativas de *K. grandifoliola* possuem porte que varia de médio a alto, podendo atingir 40,00 m de altura e os fustes podem atingir 23,00 m (Opuni-Frimpong, 2008; Praciak et al., 2013). Podem apresentar sapopemas com até 3,00 m de altura (Opuni-Frimpong, 2008; Praciak et al., 2013). O tronco é normalmente torcido ou inclinado nas proximidades do topo (Opuni-Frimpong, 2008; Praciak et al., 2013).

No tronco, a superfície da casca é áspera, escamosa e de cor marrom-acinzentada, esfoliando-se em escamas pequenas e circulares (Opuni-Frimpong, 2008; Praciak et al., 2013). A coloração da casca interna varia de rosa-escuro à avermelhada, com listras brancas e com exsudação de substância viscosa e incolor (Opuni-Frimpong, 2008; Praciak et al., 2013).

A copa das árvores dessa espécie é grande e arredondada, com presença de galhos glabros (Opuni-Frimpong, 2008). As folhas são paripenadas e compostas por três a cinco pares de folíolos, dispostas em espiral e agrupadas próximas das extremidades dos ramos (**Figura 7**) (Opuni-Frimpong, 2008; Praciak et al., 2013). As estípulas são ausentes (Opuni-Frimpong, 2008). O pecíolo e a ráquis podem atingir, juntos, até 50 cm de comprimento, os comprimentos dos peciólulos variam de 0,50 cm a 1,00 cm (Opuni-Frimpong, 2008). Os folíolos variam de opostos a subopostos, elípticos a ovado-elípticos ou oblongo-elípticos, com 10,00 cm a 30,00 cm de comprimento por 5,00 cm a 10,00 cm de largura, cuneados a obtusos ou arredondados e ligeiramente assimétricos na base, curtos, mas distintamente acuminados no ápice, frequentemente com a ponta torcida (Opuni-Frimpong, 2008; Praciak et al., 2013). As margens podem ser inteiras ou onduladas, espessamente papiráceas ou delgadamente coriáceas, glabras, de nervuras penadas com nove a quinze pares de nervuras laterais (Opuni-Frimpong, 2008).

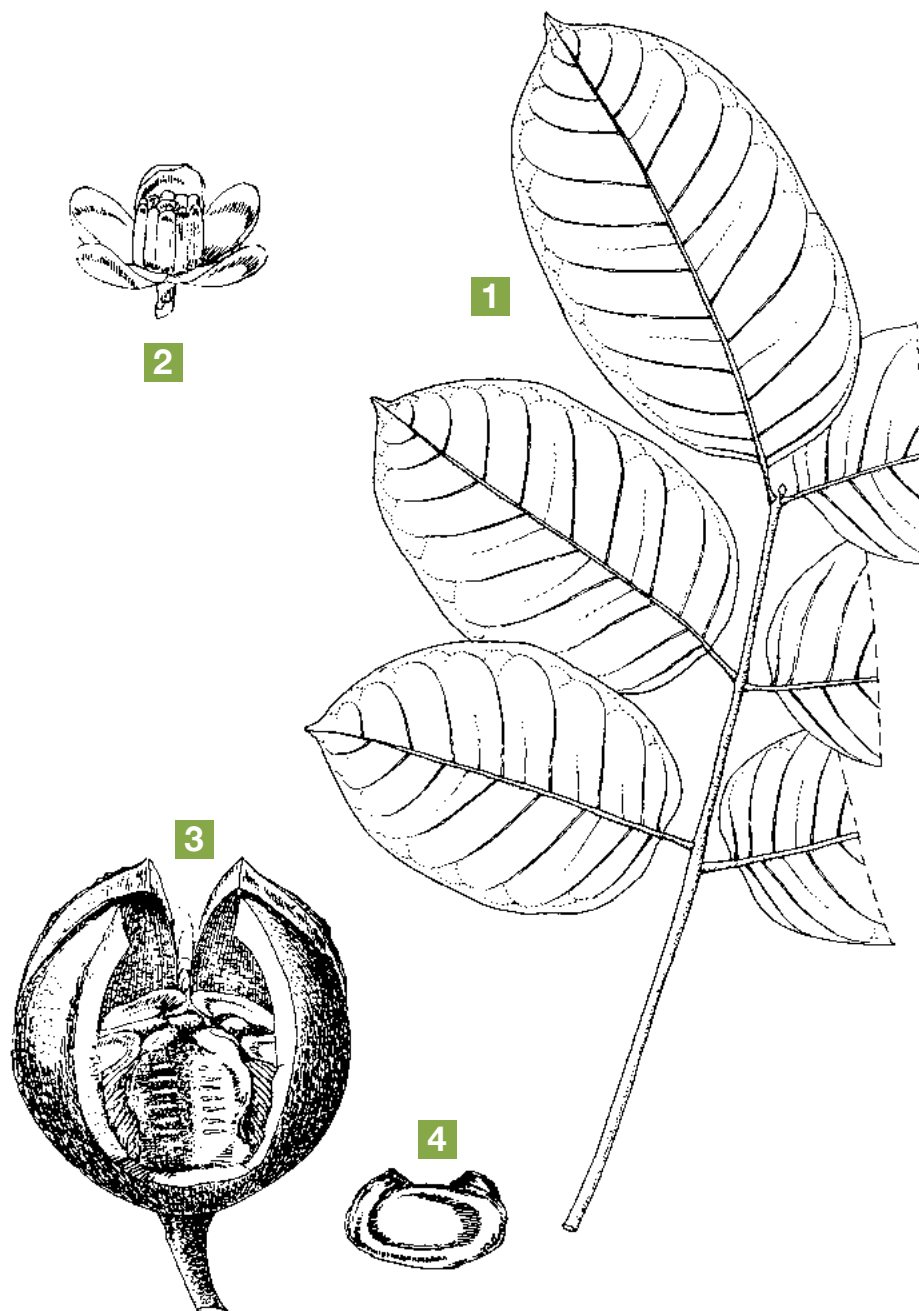


Figura 7. *Khaya grandifoliola* C. DC.: 1. Folha composta, 2. Flor, 3. Fruto deiscente com uma valva removida e 4. Semente alada.

Fonte: Opuni-Frimpong (2008). Redesenhado e adaptado por Iskak Syamsudin. Imagem cedida por PROTA em 2018.

As pequenas flores são dispostas em inflorescências do tipo panículas axilares, podendo alcançar até 40,00 cm de comprimento (Opuni-Frimpong, 2008). A espécie *K. grandifoliola* é monóica, ou seja, possui flores unissexuais femininas e masculinas na mesma planta, sendo muito semelhantes em aparência, de coloração esbranquiçada e suavemente perfumadas (Opuni-Frimpong, 2008).

O cálice das flores é lobado até quase a base, com lobos arredondados com cerca de 1,50 mm de comprimento (Opuni-Frimpong, 2008). As pétalas são livres, elípticas, com cerca de 5,00 mm de comprimento x 2,00 mm de largura, algo encobertas (Opuni-Frimpong, 2008). Os estames são fundidos em tubo, sob a forma de urna de cerca de 5,00 mm de comprimento, com geralmente dez anteras inclusas próximas ao ápice, alterando-se com lobos arredondados (Opuni-Frimpong, 2008). O disco do nectário tem forma de almofada (Opuni-Frimpong, 2008). O ovário é súpero, com formato que varia de globoso a cônico, com 1,00 mm a 2,00 mm de diâmetro, com geralmente cinco lóculos, estilete com até 1,00 mm de comprimento, com o estigma em forma de disco (Opuni-Frimpong, 2008). As flores masculinas apresentam ovário rudimentar e as femininas possuem anteras menores e não deiscentes (Opuni-Frimpong, 2008).

Os frutos consistem em cápsulas eretas e lenhosas, aproximadamente globosas, com diâmetro variando entre 6,00 cm a 9,00 cm (Opuni-Frimpong, 2008). A sua cor é marrom-acinzentada, com cinco valvas deiscentes (Opuni-Frimpong, 2008). Os frutos são compostos por muitas sementes (Opuni-Frimpong, 2008).

As sementes são de cor castanha, com formato de disco ou quadrangular, bastante achatadas, com dimensões aproximadas de 2,00 cm x 3,50 cm (Opuni-Frimpong, 2008). As sementes são estreitamente aladas por toda a margem, o que favorece a dispersão pelo vento (Opuni-Frimpong, 2008).

As sementes devem ser cuidadosamente selecionadas, uma vez que podem ocorrer ataques de insetos quando essas ainda estão na árvore (Praciak et al., 2013). Há relatos da presença de 3.000 a 5.000 sementes por quilograma (Praciak et al., 2013). O protocolo de armazenamento de sementes e de plantio é similar aquele já comentado para *K. anthotheca* (Praciak et al., 2013).

A germinação ocorre entre 10 a 35 dias após o semeio. Para germinação, as sementes devem ser cobertas com uma fina camada de solo. Em geral, apresentam um padrão de germinação de 90,00% (Praciak et al., 2013). A germinação é hipógea, isto é, os cotilédones permanecem sob a terra (Opuni-Frimpong, 2008). O epicótilo tem aproximadamente 6,00 cm de comprimento (Opuni-Frimpong, 2008). As primeiras duas folhas são opostas e simples (Opuni-Frimpong, 2008).

Outras informações sobre aspectos silviculturais das espécies de *Khaya* serão vistos em capítulo específico presente nesta publicação. Ressalta-se que *K. grandifoliola* é frequentemente confundida com *K. anthotheca* (Opuni-Frimpong, 2008; Praciak et al., 2013). Em geral, *K. anthotheca* difere de *K. grandifoliola* por possuir folíolos menores e mais espessos e, também, os seus frutos possuem paredes mais finas. Há relatos de híbridos interespecíficos dessas espécies (Opuni-Frimpong, 2008). A espécie *K. grandifoliola* é, em geral, de menor porte que *K. anthotheca* (Praciak et al., 2013).

Plantios em nível mundial

Face ao alto valor de sua madeira procedente de áreas naturais e, também, da sua escassez, *K. grandifoliola* tem sido plantada em pequena escala ou testada em vários países asiáticos, notadamente na Índia (Maharashtra) e Indonésia (Java Ocidental) (Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong, 2008). No Brasil, os plantios têm sido incrementados no decorrer dos anos. Ocasionalmente, tem

também sido plantada dentro de sua área de distribuição natural, tal como na Costa do Marfim e na República do Gana (Opuni-Frimpong, 2008). Há relatos de plantios dessa espécie em território brasileiro.

Além do apelo comercial, é também frequentemente usada para fornecimento de sombra em plantações mistas de árvores, particularmente, naquelas cultivadas com caráter multiuso na África (Praciak et al., 2013). Pode também ser usada em paisagismo de estradas e para estabilização das margens dos rios (Praciak et al., 2013).

Khaya ivorensis A. Chev.

Caracterização da área de ocorrência natural

A área de ocorrência natural de *K. ivorensis* engloba regiões tropicais úmidas de baixa altitude da África Ocidental (Lampecht, 1990; Lemmens, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016). Detalhes sobre a área de ocorrência natural são apresentados na **Figura 8** (Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, 2012).

A espécie *K. ivorensis* é decídua, abundante em Florestas Perenifólias (Sempre-Verdes), mas pode ser também encontrada em Florestas Semidecíduas Úmidas conjuntamente com *K. anthotheca* (Lemmens, 2008). Ocorre com frequência ao longo de cursos d'água (Lemmens, 2008).

Nas áreas de ocorrência natural de *K. ivorensis*, as altitudes podem alcançar até 700,00 m (Lemmens, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016). A espécie prefere solos aluviais bem drenados (Lemmens, 2008), mas pode também ser encontrada em solos lateríticos de encostas (Lemmens, 2008).

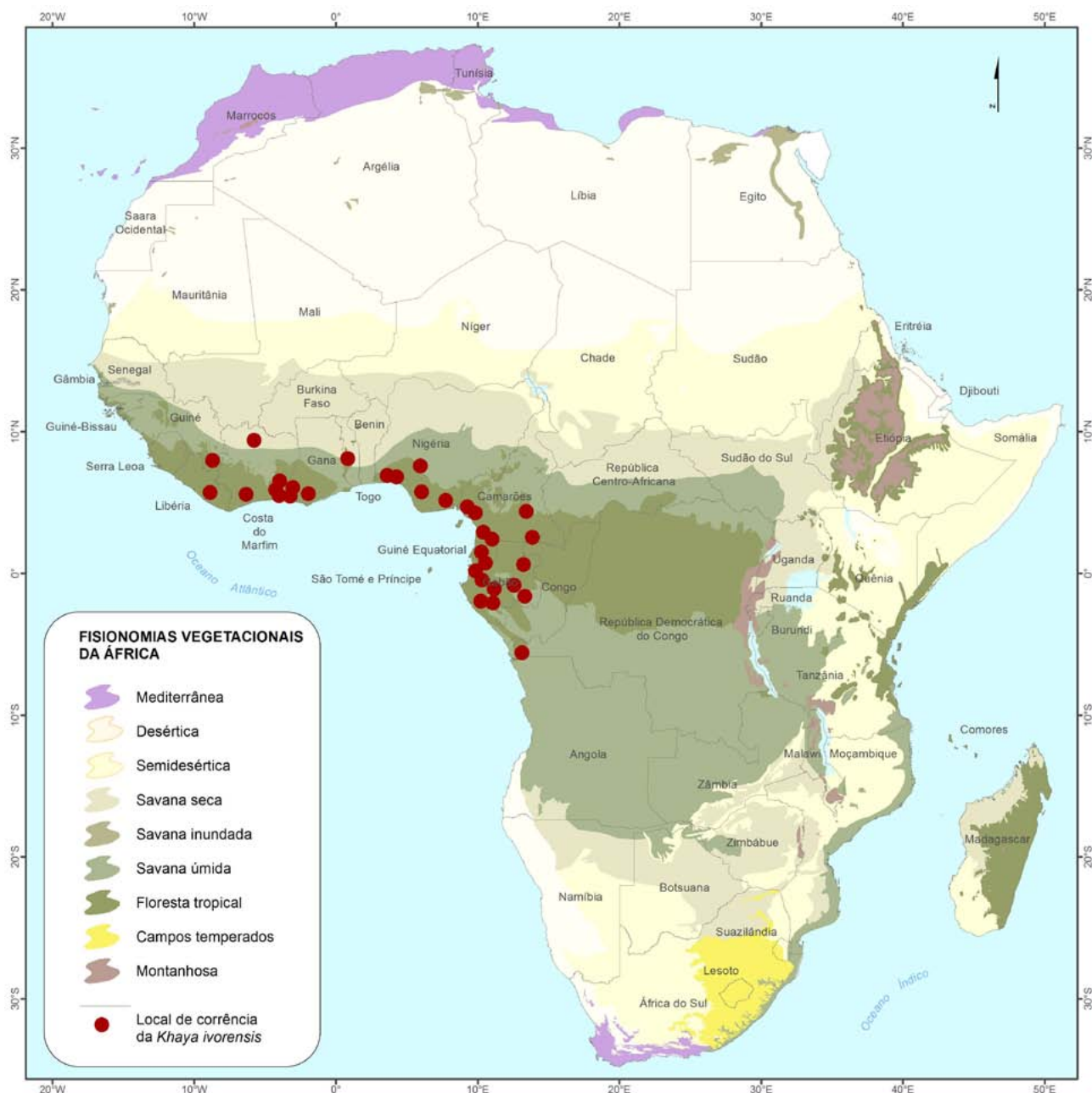


Figura 8. Área de ocorrência natural de *Khaya ivorensis* A. Chev. no Continente Africano.

Fonte: Adaptado de Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute (2012).

As estimativas da precipitação pluviométrica média anual variam entre 1.600,00 mm e 2.500,00 mm, com dois a três meses de período seco no ano (Lamprecht, 1990; Lemmens, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016). Consiste em espécie muito sensível ao período de estiagem (Acajou d’Afrique, 1979; Lamprecht, 1990; Falesi; Baena, 1999). Entretanto, pode suportar, até certo ponto, inundações durante o período das chuvas (Acajou d’Afrique, 1979; Lamprecht, 1990).

Na área de ocorrência natural de *K. ivorensis*, as estimativas da temperatura média anual variam entre 24,00 °C e 27,00 °C, sendo que a temperatura média mínima anual é estimada em 18,00 °C (Lamprecht, 1990). Trata-se de espécie heliófita que, na fase juvenil, é relativamente tolerante à sombra (Lamprecht, 1990, Praciak et al., 2013). Assim, em ambiente natural, as mudas podem sobreviver sob sombra densa, mas, para que ocorra um bom crescimento, a abertura do dossel da floresta se faz necessária (Lemmens, 2008).

Descrição botânica

As árvores de *K. ivorensis* possuem porte que varia de alto a muito alto nas áreas de ocorrência natural, podendo atingir até 60,00 m de altura (Lemmens, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016; Praciak et al., 2013). O tronco é retilíneo e, em geral, livre de ramos até 30,00 m de altura e apresenta raízes tabulares vigorosas (sapopemas) que podem alcançar até aproximadamente 4,00 m (**Figura 9**) (Lamprecht, 1990, Lemmens, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016).

A casca é espessa e rugosa, de coloração marrom-avermelhada e de sabor amargo, que se desprende em pequenas escamas circulares (Lamprecht, 1990; Lemmens, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016). A casca interna possui coloração que varia de rosa à avermelhada (Lemmens, 2008).

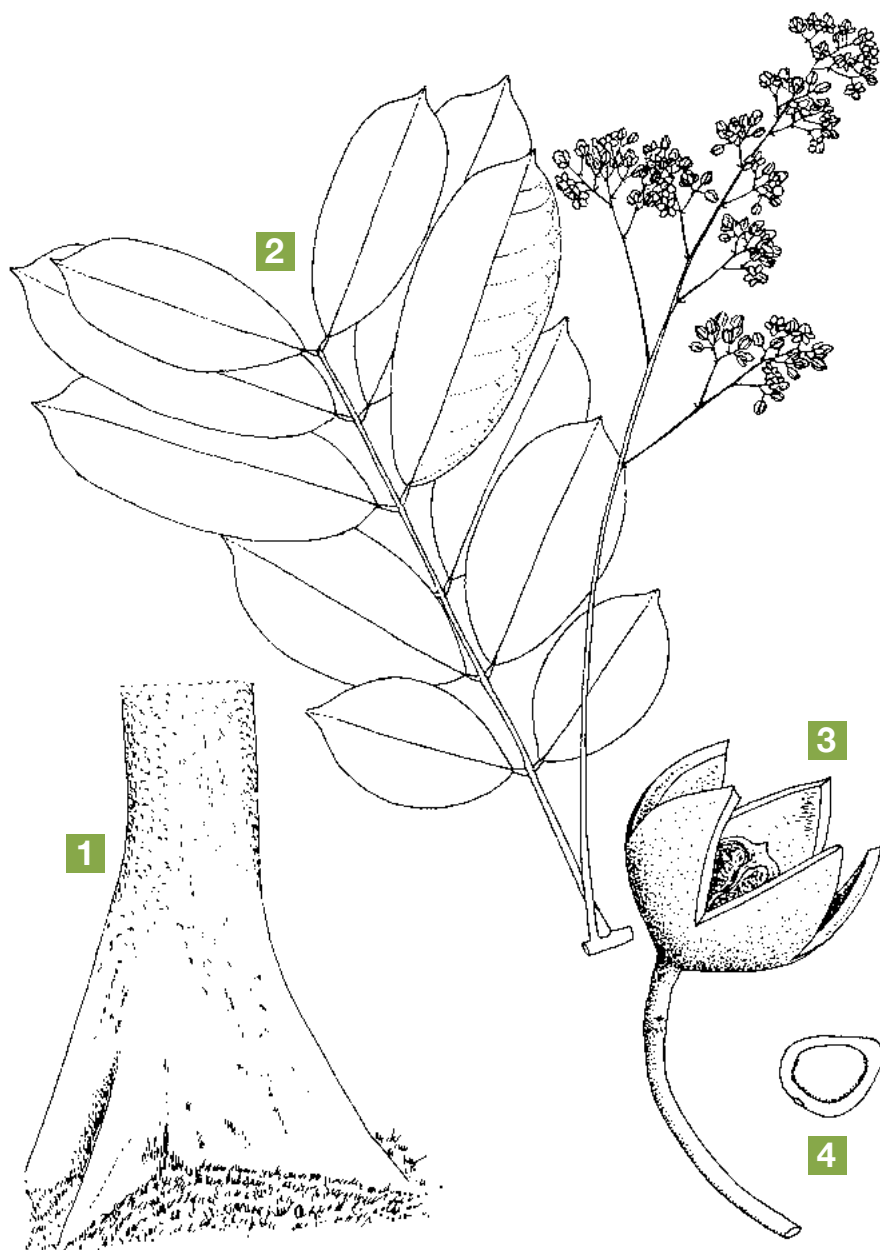


Figura 9. *Khaya ivorensis* A. Chev.: 1. Base da árvore com sapopema, 2. Ramo com folha composta e inflorescência, 3. Fruto deiscente e 4. Semente alada.

Crédito: Lemmens (2008). Redesenhado e adaptado por Iskak Syamsudin.
Imagem cedida por PROTA em 2018.

A copa é maciça e arredondada, com galhos glabros e com folhagem bastante ampla e de aspecto escuro (Lamprecht, 1990; Lemmens, 2008; Praciak et al., 2013). As folhas são paripenadas e compostas por três a sete pares de folíolos, sendo dispostas em espiral e agrupadas próximas às extremidades dos ramos (Lemmens, 2008; Praciak et al., 2013). As estípulas são ausentes, os pecíolos variam de 1,00 cm a 4,00 cm de comprimento e a ráquis possui 6,00 cm a 20,00 cm de comprimento (Lemmens, 2008). Os folíolos são opostos, com formatos que variam de oblongo a oblongo-elíptico, com dimensões de 5,00 cm a 14,00 cm e de 2,00 cm a 6,00 cm, cuneados a obtusos e levemente assimétricos na base, distintamente acuminados no ápice (Lemmens, 2008). As suas margens são inteiras, coriáceas, glabras, com veios pinados e com 5 a 10 pares de veias laterais (Lemmens, 2008). Os peciolículos possuem entre 0,50 cm a 1,00 cm de comprimento (Lemmens, 2008). As folhas nas mudas juvenis podem chegar a ter vinte pares de folíolos (Lamprecht, 1990).

É uma espécie monóica, com flores femininas e flores masculinas (Lemmens, 2008). Entretanto, ambas as flores, masculinas e femininas, são muito semelhantes em aparência (Lemmens, 2008). As flores são numerosas, pentâmeras, pequenas, esbranquiçadas e de aroma adocicado, dispostas em inflorescências do tipo panícula (cacho composto de ramos) axilar com até 20,00 cm de comprimento (Lamprecht, 1990; Lemmens, 2008). Possuem pedicelo, com tamanho variável entre 1,00 mm a 3,00 mm de comprimento (Lemmens, 2008). O cálice é lobado até quase a base, com lóbulos arredondados com cerca de 1,00 mm de comprimento (Lemmens, 2008). As pétalas são livres, elípticas, com dimensões que variam de 4,00 mm de comprimento por 2,00 mm de largura, algo encobertas (Lemmens, 2008). Os estames são fundidos em um tubo, em forma de urna, com cerca de 5,00 mm de comprimento, com 8 a 10 anteras próximas ao ápice, alternando-se com lobos arredondados (Lemmens, 2008). O disco do nectário tem formato de almofada (Lemmens, 2008). O

ovário se caracteriza por ser súpero, globoso e cônico, com 1,00 mm a 2,00 mm de diâmetro, pentalocular, com estilete de até 1,00 mm de comprimento e estigma em forma de disco (Lemmens, 2008). As flores masculinas possuem ovário rudimentar e as femininas apresentam anteras menores e indeiscentes (Lemmens, 2008).

Em geral, nas áreas de ocorrência natural, a maior parte das árvores florescem entre setembro e outubro (Praciak et al., 2013). Os frutos logo aparecem entre janeiro e março e se dispersam pelo vento entre fevereiro e maio, não por longas distâncias (Praciak et al., 2013). As cápsulas vazias podem permanecer nas árvores por meses (Praciak et al., 2013). No Brasil, na região de Viçosa, MG, as árvores têm florescido durante o verão e, logo em seguida, ocorre a liberação das sementes na primeira quinzena do mês de maio (Pinheiro et al., 2011).

O fruto, de cor castanho-acinzentado, é uma cápsula lenhosa e aproximadamente globosa, com cerca de 5,00 cm a 7,00 cm de diâmetro (Lamprecht, 1990; Lemmens, 2008). Cada fruto, deiscente por cinco valvas, possui muitas sementes (Lamprecht, 1990).

A semente possui formato de disco ou ligeiramente quadrangular, achatada, de cor marrom, estreitamente alada por toda a margem e com variação nas dimensões entre 2,00 cm a 2,50 cm por 2,50 cm a 3,50 cm (Lemmens, 2008; Praciak et al., 2013). Cada quilograma de semente de *K. ivorensis* pode conter entre 3.200 e 7.600 sementes (Lamprecht, 1990).

O percentual de germinação de sementes frescas é 90,00%, porém, decaindo rapidamente após duas semanas de colheita (Lamprecht, 1990; Praciak et al., 2013). A germinação é do tipo hipógea (Lemmens, 2008). O comprimento do epicótilo varia de 5,00 cm a 10,00 cm e as duas primeiras folhas são opostas e simples (Lemmens, 2008).

Outras informações sobre aspectos silviculturais das espécies de *Khaya* são apresentados em capítulo específico desta publicação.

Plantios em nível mundial

K. ivorensis é amplamente plantada em locais dentro de sua área de distribuição natural e, também, na América tropical (exemplo: Brasil) e na Ásia tropical (Lemmens, 2008; Praciak et al., 2013).

Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss.

Caracterização da área de ocorrência natural

A área de ocorrência natural de *K. senegalensis* abrange diversas localidades africanas (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008; Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, 2012; Praciak et al., 2013). Detalhes sobre essa distribuição em nível de países africanos podem ser observados na **Figura 10**.

Ocorre em florestas de Savana, muitas vezes em locais úmidos e ao longo de cursos de água (Nikiema; Pastenak, 2008). Nas florestas ripárias pode ser encontrada em conjunto com *K. grandifoliola* (Nikiema; Pastenak, 2008).

Nas áreas de distribuição natural, as altitudes podem alcançar 1.800,00 m (Nikiema; Pastenak, 2008). As estimativas de precipitação pluviométrica média anual variam entre 650,00 mm e 1.300,00 mm (1.800,00 mm), com períodos de seca de quatro a sete meses (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008).

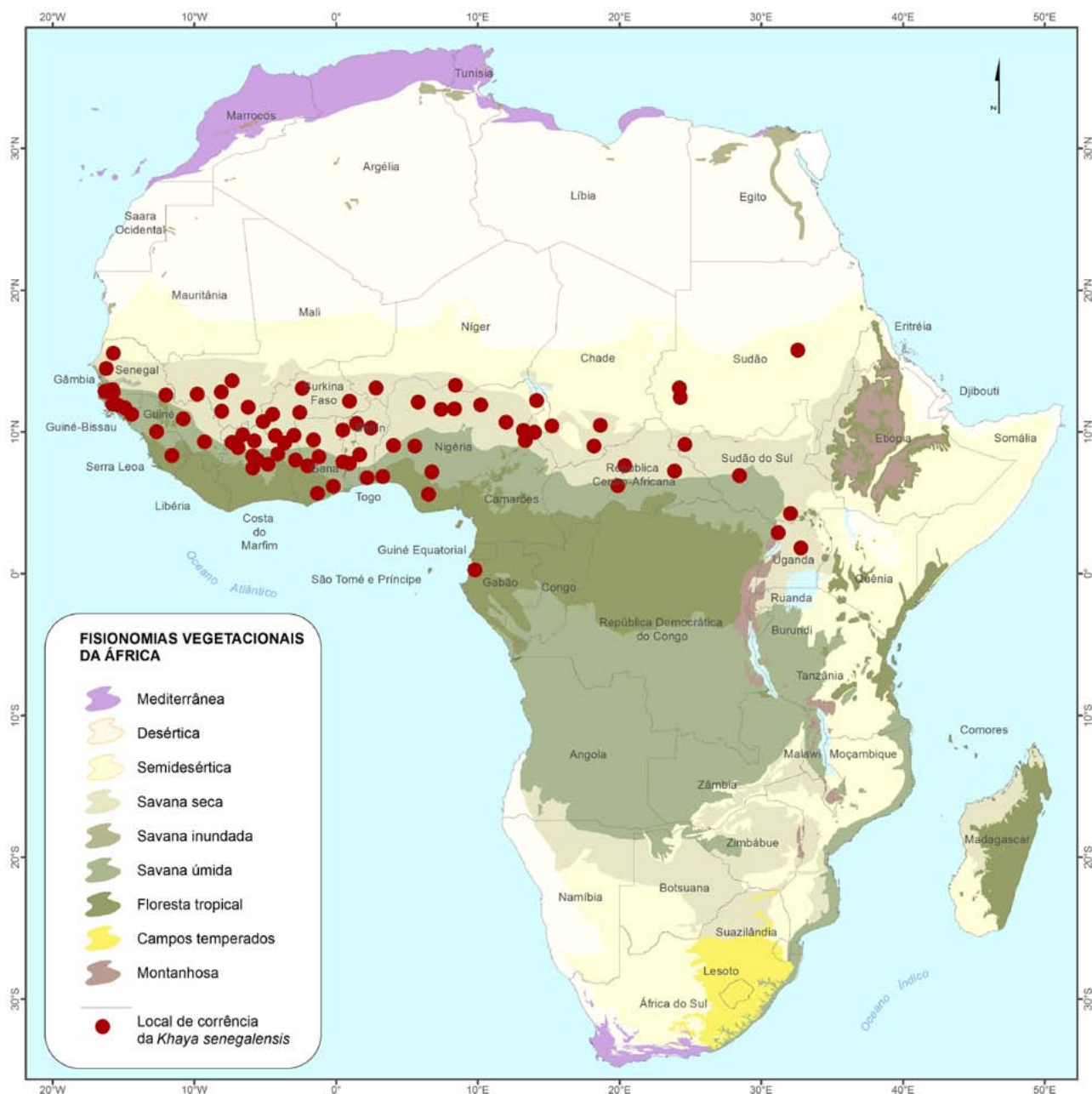


Figura 10. Área de ocorrência natural de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. no Continente Africano.

Fonte: Adaptado de Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute (2012).

Prefere solos aluviais profundos e bem drenados, mas também pode ser encontrada em solos rasos e rochosos, onde geralmente permanece com menor porte (Nikiema; Pastenak, 2008). As formações aluviais úmidas são preferidas aos solos lateríticos (ferrosolos) das savanas abertas (Lamprecht, 1990). Entretanto, as condições hídricas parecem ser de maior importância para o seu desenvolvimento do que a fertilidade do solo (Lamprecht, 1990).

A depender do genótipo/progênie/procedência, pode tolerar inundações, até certo ponto, na estação chuvosa e ventos fortes (Nikiema; Pastenak, 2008). Esse aspecto foi observado em teste de progênies multiprocedências de *K. senegalensis*, onde várias árvores sobreviveram à inundação e ventos fortes causados pelo Ciclone Tropical Yasi na Austrália, o que demonstra a presença de variabilidade genética para tolerância a esses caracteres em germoplasmas da espécie (Lindsay; Dickinson, 2012).

A temperatura média anual na sua área de ocorrência natural está em torno de 24,00 °C (Lamprecht, 1990). Em geral, a espécie exige muita luz, embora tolere 50,00% de sombra quando jovem e é a espécie mais tolerante à seca em relação as demais espécies de *Khaya* abordadas neste capítulo (Praciak et al., 2013).

Descrição botânica

Em geral, as árvores de *K. senegalensis* possuem porte mediano, com 30,00 m a 35,00 m de altura quando crescendo em solos férteis e profundos, e de 15,00 m a 20,00 m nas savanas (Nikiema; Pastenak, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016). A forma do tronco varia de acordo com as condições do sítio, sendo geralmente tortuosa e com ramificação baixa (10,00 m a 20,00 m ou mais curtos) (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008). Ao contrário das demais espécies abordadas neste capítulo, as sapopemas de *K. senegalensis* são ausentes ou não proeminentes (Nikiema; Pastenak, 2008).

A casca do tronco é cinzenta ou marrom acinzentada, sulcada e salpicada de manchas claras (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016). A casca interna varia de rosa escura à avermelhada, com exsudação de uma goma avermelhada (Nikiema; Pastenak, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016).

A copa é ampla, arredondada, densa e com vários galhos glabros (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008; Praciak et al., 2013; Opuni-Frimpong et al., 2016). As folhas são dipostas em espiral, agrupadas perto das extremidades dos ramos e paripenadas, com dois a seis pares de folíolos dispostos em pecíolo e raquis, em longo conjunto com até 25,00 cm de comprimento (Nikiema; Pastenak, 2008). As estípulas são ausentes (Nikiema; Pastenak, 2008). Os folíolos são opostos ou quase opostos, elípticos a oblongos, com 5,00 cm a 12,00 cm x 2,50 cm a 5,00 cm, cuneados e ligeiramente assimétricos na base, obtusos ou muito pouco acuminados nos ápices. As suas margens são inteiras, finamente coriáceas e glabras, com veias pinadas com oito a dez pares de veias laterais (Nikiema; Pastenak, 2008).

Consiste em espécie monóica, classificada como díclina, ou seja, com aparelhos sexuais masculino e feminino em flores distintas, mas muito similares em aparência (Nikiema; Pastenak, 2008). As flores são brancas, numerosas e dispostas em panículas axilares ou aparentemente terminais com até 20,00 cm de comprimento (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008). As numerosas flores são pequenas, esbranquiçadas e de aroma adocicado (**Figura 11**) (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008). O pedicelo possui entre 1,00 mm a 2,00 mm de comprimento (Nikiema; Pastenak, 2008). O cálice é lobado até quase a metade, com lóbulos arredondados com 1,50 mm de comprimento (Nikiema; Pastenak, 2008). As pétalas são livres, elípticas, com dimensões de 4,00 mm x 2,00 mm, um tanto encapuzadas (Nikiema; Pastenak, 2008). Os estames são fundidos em forma de urna, com tubo de 5,00 mm de comprimento, geralmente, com oito anteras incluídas perto do ápice, alternando

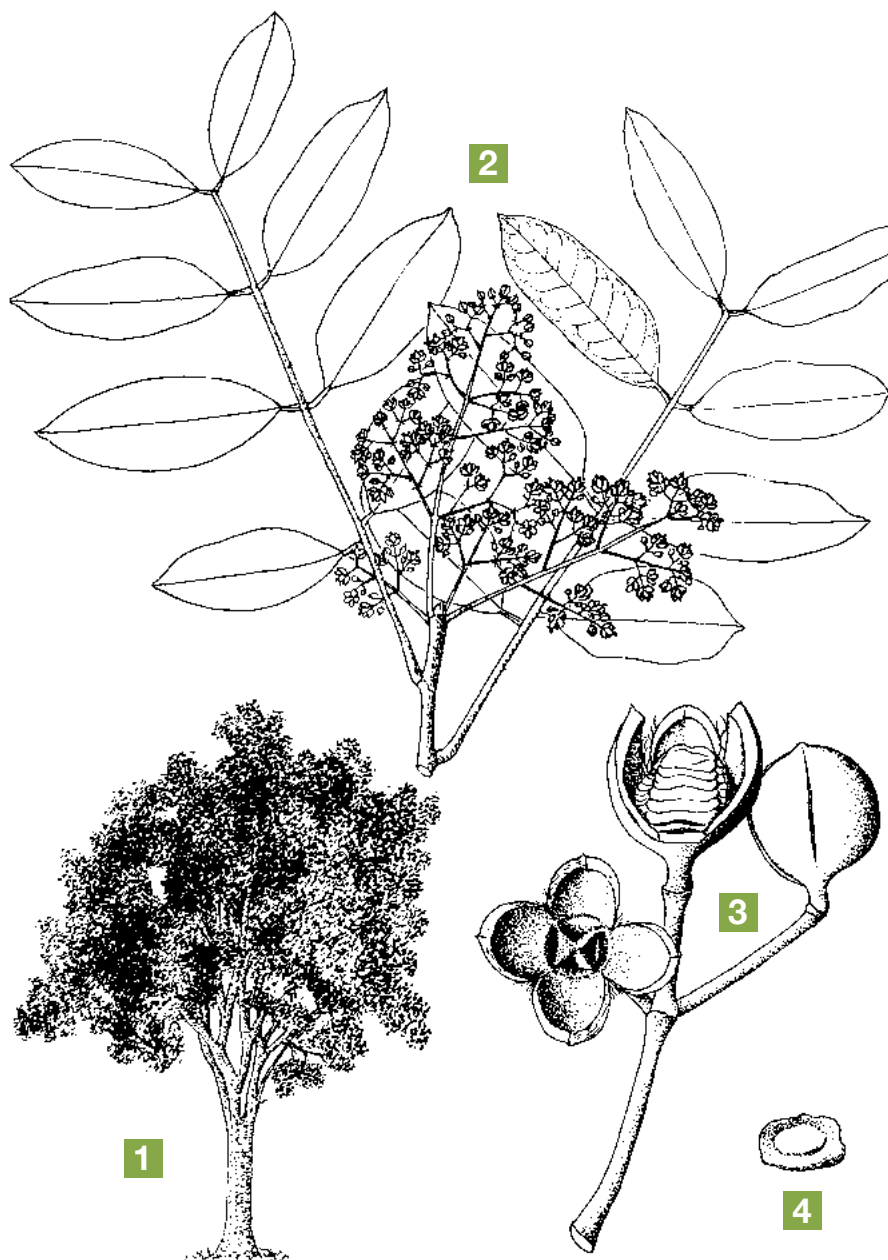


Figura 11. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.: 1. Árvore, 2. Ramo com folhas compostas e inflorescências, 3. Frutos deiscentes e 4. Semente alada.

Crédito: Lemmens (2008). Redesenhado e adaptado por Iskak Syamsudin.
Imagem cedida por PROTA em 2018.

com lobos arredondados (Nikiema; Pastenak, 2008). O disco do nectário possui forma de almofada (Nikiema; Pastenak, 2008). O ovário é superior, globoso a cônico, com 1,00 mm a 2,00 mm de diâmetro e estilo com até 1,00 mm de comprimento, o estigma tem formato de disco (Nikiema; Pastenak, 2008). As flores masculinas possuem ovário rudimentar e as flores femininas possuem anteras menores e não-deiscentes (Nikiema; Pastenak, 2008).

Os frutos são constituídos por cápsulas lenhosas, de cor marrom brilhante, com forma esférica (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008). Quando maduro, cada fruto abre as quatro valvas, com dispersão de 15 sementes alongadas, achatadas e aladas (Lamprecht, 1990; Nikiema; Pastenak, 2008; Opuni-Frimpong et al., 2016).

Outras informações sobre aspectos silviculturais das espécies de *Khaya* são apresentadas em capítulo específico desta publicação.

Plantios em nível mundial

K. senegalensis é comumente plantada dentro de sua área natural de distribuição, principalmente, para uso ornamental e na arborização de estradas (Nikiema; Pastenak, 2008, Praciak et al., 2013). Além disso, pode também ser plantada em monocultivos (em regiões de escape da broca) e em plantios mistos, neste caso também como medida paliativa ao ataque das brocas. Outros locais em que essa espécie tem sido plantada são: África do Sul, América tropical (exemplo: Brasil), Austrália, Cabo Verde, Cuba, Egito Guadalupe (Ilha), Guiana, Índia, Indonésia, Java, Madagáscar, Malawi, Malásia, Porto Rico, Sri Lanka (5.000,00 ha em 2016), Tailândia, Tanzânia e Vietnã (Nikiema; Pastenak, 2008; Praciak et al., 2013; Bandara; Arnold, 2018).

Essa espécie tem sido plantada com grande sucesso de adaptação e crescimento, em vários ambientes de savanas, em especial, na faixa costeira dos territórios federais australianos de Western Australia (Kununurra), Northern Territory (Darwin,

Douglas-Daly e Katherine) e Queensland (Bowen, Cooktown, Sunshine Coast, Townsville e Weipa) (Nikles, 2011; Lindsay, 2015). A Empresa African Mahogany Australia (AMA), situada na localidade de Douglas-Daly administra a maior plantação de *K. senegalensis* do mundo, com 14.000,00 ha (Australia, 2017, African Mahogany Australia, 2018). Essas plantações têm sido consorciadas com gado, por meio de estímulo de parcerias com produtores de gado da região (Australia, 2017). Vale frisar que essa espécie também tem sido plantada por produtores australianos, em pequena escala (em torno de 60 a 70 propriedades) (Dickinson; Nikles, 2011; Lindsay, 2015; Nikles et al., 2016). O principal foco desses plantios é a produção de madeira de alto valor agregado para laminação (Nikles et al., 2016).

No Brasil, há plantios dessa espécie em várias regiões, em especial, em áreas com solos arenosos e sujeitos à deficiência hídrica. Assim, *K. senegalensis* mais se destaca, sob essas condições, entre as demais consideradas neste capítulo.

Considerações finais

O conhecimento aprofundado das informações apresentadas no decorrer deste capítulo é fundamental, uma vez que servem de base para a correta identificação das espécies a serem plantadas e, também, como embasamento para tomadas de decisões de produtores e empresários interessados em obter sucesso no estabelecimento dessas espécies em território brasileiro. Isso porque um dos pilares que alicerça o sucesso de um plantio florestal é que o material genético utilizado (espécie/procedência/progênie/clone) seja bem adaptado às condições ambientais do local de cultivo.

Outras informações sobre os pilares que alicerçam o sucesso de um plantio florestal, tal como aspectos legais, técnicas silviculturais, pragas, propriedades tecnológicas da madeira, mercado e usos, dentre outras informações, são apresentadas em capítulos específicos desta publicação.

Referências

ACAJOU D'AFRIQUE. **Revue Bois et Forêts des Tropiques**, n. 183, p. 33-48, 1979.

AFRICAN MAHOGANY AUSTRALIA. **Sustainable agribusiness management**. Disponível em: <<http://africanmahoganyaustralia.com.au/>>. Acesso em: 19 set. 2018.

AUSTRALIA. Northern Territory Government of Australia. **African Mahogany Australia makes the finals in the 2017 Chief Minister's NT Export and Industry Awards**. 2017. Disponível em: <<https://dpir.nt.gov.au/primary-industry/primary-industry-publications/regional-newsletters/tp/top-paddock-092017/african-mahogany-australia-makes-the-finals-in-the-2017-chief-ministers-nt-export-and-industry-awards>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

BANDARA, K. M. A.; ARNOLD, R. J. Seed source variation for growth and stem form in the exotic species *Khaya senegalensis* in Sri Lanka. **New Forests**, v. 49, n. 4, p. 489-510, 2018. DOI: 10.1007/s11056-018-9630-z.

CONSERVATOIRE ET JARDIN BOTANIQUE DE LA VILLE DE GENÈVE AND SOUTH AFRICAN NATIONAL BIODIVERSITY INSTITUTE. **African plant database**. Pretoria, [2012]. Disponível em: <<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

DANQUAH, J. A.; APPIAH, M.; ARI, P. Leaf morphometric variation in two species of African Mahoganies: *Khaya ivorensis* and *Khaya anthotheca* (Meliaceae). **European Journal of Scientific Research**, v. 54, n. 3, p. 325-338, 2011.

DICKINSON, G.; NIKLES, G. Mahogany industry, research and development in Queensland. In: DICKINSON, G.; REILLY, D.; LINDSAY, D. A. J. (Ed.). **African mahogany: abstracts from “Darwin 2011: African mahogany plantation industry fórum”**, 2011, Darwin. Brisbane: Queensland Department of Employment, Economic Development and Innovation, 2011. p. 10. Disponível em: <http://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/2175/4/Updated_African_mahogany_abstracts_Darwin_2011_final_4102011-sec.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2019.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. **Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/388796/1/OrientalDoc4.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

HINES, D. H.; ECKMAN, K. **Indigenous multipurpose trees of Tanzania: uses and economic benefits for people**. Rome: FAO, 1993. 276 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/x5327e/x5327e.pdf>>. Acesso: 21 abr. 2019.

IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. **IUCN Red List**. Cambridge, [2018]. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/search?query=Khaya&searchType=species>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

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

LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.

LINDSAY, A. African mahogany in northern Australia: some observations (with particular emphasis on small-scale forestry). In: MEADOWS, J.; HARRISON, S.; HERBOHN, J. (Ed.). **Small-scale and community forestry and the changing nature of forest landscapes: conference proceedings, 11-15 October 2015**. [Sunshine

Coast, Queensland]: University of the Sunshine Coast, [2016]. Disponível em: <<https://www.smallscaleforestry.org/uploads/4/5/6/5/45658385/lindsay.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

LINDSAY, A.; DICKINSON, G. **Influence of cyclonic winds on the performance of hardwood plantations in tropical north Queensland**: a report prepared for the Timber Queensland project: Best Practice Guide for Timber Plantations in Cyclonic Areas. Mareeba: Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. 2012. 39 p. Disponível em: <<http://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/3508/>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MABBERLEY, D. J. Meliaceae. In: KUBITZKI, K. (Ed.). **The families and genera of vascular plants**: 10: flowering plants, Eudicots, Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae. Berlin: Springer, 2011. p. 185-211.

MAROYI, A. *Khaya anthotheca*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_anthotheca_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_anthotheca_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.

NIKIEMA, A.; PASTENAK, D. *Khaya senegalensis*. In: LOUPPE, D.; OTENGAMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_(PROTA))>. Acesso em: 24 abr. 2019.

NIKLES, G.; DICKINSON, G.; BRISTOW, M.; LEE, D. Inventories and significance of the genetic resource of a African mahogany species (*Khaya senegalensis* (Ders.) A. Juss.) assembled and further developed in Australia. In: MEADOWS, J.; HARRISON, S.; HERBOHN, J. (Ed.). **Small-scale and community forestry and the changing nature of forest landscapes**: conference proceedings, 11-15 October 2015. [Sunshine Coast, Queensland] University of the Sunshine Coast, [2016]. p. 169-188. Disponível em: <<http://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/5036/>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

NIKLES, G. History, status and suggested collaborative strategy for furthering the domestication of African mahogany (*Khaya senegalensis*) in northern Australia. In: DICKINSON, G.; REILLY, D.; LINDSAY, D. A. J. (Ed.). **African mahogany**:

abstracts from “Darwin 2011: African mahogany plantation industry fórum”, 2011, Darwin. Brisbane: Queensland Department of Employment, Economic Development and Innovation, 2011. p. 13-16. Disponível em: <http://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/2175/4/Updated_African_mahogany_abstracts_Darwin_2011_final_4102011-sec.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2019.

OFORI, D. A.; OPUNI-FRIMPONG, E.; COBBINAH, J. R. Provenance variation in *Khaya* species for growth and resistance to shoot borer *Hypsipyla robusta*. **Forest Ecology and Management**, v. 242, p. 438-443, 2007. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.01.090.

OPUNI-FRIMPONG, E. *Khaya grandifoliola*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_grandifoliola_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_grandifoliola_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.

OPUNI-FRIMPONG, E.; TEKPETEY, S. L.; OWUSU, S. A.; OBIRI, B. D.; APPIAH-KUBI, E.; OPOKU, S.; NYARKO-DUAH, N. Y.; ESSIEN, C.; OPOKU, E. M.; STORER, A. J. **Managing mahogany plantation in the tropics: field guide for farmers**. Kumasi/Ghana: Forest Institute of Ghana, 2016. 95 p. Disponível em: <[http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1\(F\)-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1(F)-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2019.

PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T. A generic monograph of Meliaceae. **Blumea**, v. 22, n. 3, p. 419-540, 1975.

PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T.; TAYLOR, D. A. H. **Meliaceae**. New York: The New York Botanical Garden, 1981. 470 p. (Flora Neotropica. Monograph, 28).

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

PRACIAK, A.; PASIECZNIK, N.; SHEIL, D.; VAN HEIST, M.; SASSEN, M.; CORREIA, C. S.; DIXON, C.; FYSON, G.; RUSHFORD, K.; TEELING, C. (Ed.). **The CABI encyclopedia of forest trees**. Oxfordshire: CABI, 2013. 523 p.



2

Usos, importância econômica e perspectivas de mercado

Andressa Ribeiro

Antônio Carlos Ferraz Filho

Edilson Batista de Oliveira

Introdução

As espécies do gênero *Khaya*, conhecidas popularmente como mogno-africano, apresentam diferentes utilidades, desde usos madeireiros a usos não madeireiros (extrativos, cascas, folhas, frutos e sementes). Historicamente, a madeira nativa do mogno-africano é valorizada no mercado devido às suas características tecnológicas e a sua beleza (Lamb, 1963). No século XVIII, com a colonização britânica na Jamaica, essa madeira começou a atrair atenção dos ingleses e se consagrou no mercado madeireiro europeu no ano de 1.850 (Lamb, 1967).

Como o gênero *Khaya* é comercializado há bastante tempo, em seus locais de origem, devido à exploração intensa, indivíduos nativos com grandes dimensões são raros (Arnold, 2004). No Brasil, o cultivo ainda é recente, com os indivíduos mais antigos prestes a completar 40 anos de idade no estado do Pará. Detalhes sobre o histórico do cultivo do mogno-africano no Brasil foi descrito por Ribeiro et al. (2017), por meio de uma ampla revisão bibliográfica.

O comércio da madeira do mogno-africano é consolidado, sendo empregado na indústria moveleira, na construção naval e em sofisticadas construções de interiores (Ward et al., 2008; Opuni-Frimpong et al., 2008). Esse comércio se intensificou significativamente na segunda metade do século XX, devido a fortes demandas e a disponibilidade limitada de mogno-americano (*Swietenia* spp.) (Arnold, 2004).

As espécies de *Khaya*, em seus locais de origem, apresentam também diversos usos etnomedicinais (Zhang et al., 2009), com destaque para o tratamento da malária, devido à presença de uma variedade de limonóides que possuem ação antimalárica. Estudos sobre o potencial antimalárico do extrato da casca do fuste de árvores de *K. anthotheca* (Lee et al., 2008), *K. grandifoliola* (Nurain;

Bewaji, 2017), *K. ivorensis* (Tepongning et al., 2013) e *K. senegalensis* (Adebayo; Kretlli, 2011) foram conduzidos com sucesso em laboratórios, confirmando o uso tradicionalmente realizado pelos povos africanos no combate à doença.

Neste capítulo, serão aprofundados aspectos sobre as quatro espécies de maior interesse no Brasil, com enfoque em seus usos, importância econômica e perspectivas de mercado.

Produtos madeireiros

As características atraentes da madeira de mogno-africano, incluindo sua cor marrom-rosada a escura e suas propriedades físicas de fácil trabalhabilidade, a tornam uma madeira altamente desejada para móveis e carpintaria (Opuni-Frimpong et al., 2008). A madeira de *K. ivorensis* é muito semelhante à madeira de *K. anthotheca* e, conjuntamente à madeira de *K. grandifoliola*, são exportadas em consignações mistas da África Ocidental como “mogno-africano” ou “Acajou d’Afrique” (Maroyi, 2008).

A espécie *K. anthotheca* é conhecida como mogno-branco e sua madeira é empregada popularmente na fabricação de móveis, pisos, painéis e construção de barcos e canoas, sendo muito utilizada no setor moveleiro na região de Ruvuma, Tanzânia (Hines; Eckman, 1993). Possui uma madeira muito valiosa, com grã bonita, sendo usada na fabricação de móveis de alto padrão, incluindo a produção de lâminas e qualquer aplicação em que seja necessária uma madeira de boa qualidade e de peso mediano (Tropical Plant Database, 2019).

A espécie *K. grandifoliola*, conhecida como mogno-da-folha-grande, possui madeira valorizada para carpintaria, marcenaria, móveis e laminação

decorativa. É também adequada para construção leve, piso leve, acabamento interno, construção naval, instrumentos musicais, brinquedos, artesanatos, entalhes, torneados e madeira para celulose. Tradicionalmente, a madeira dessa espécie é também usada para utensílios domésticos e canoas escavadas, além de lenha e produção de carvão vegetal (Opuni-Frimpong, 2008).

A espécie *K. ivorensis*, conhecida como mogno-vermelho, possui usos da madeira nas mais variadas vertentes, desde movelaria, pequenos objetos, lâminas, sendo também comumente utilizada em estruturas de janelas, painéis, escadas e portas. Possui emprego desde em construções leves, como pisos, à construção pesadas como a naval, carrocerias de veículos, dentre outros. Tradicionalmente, a madeira é usada para construção de canoas, sendo também empregada como lenha, madeira para produção de celulose e carvão vegetal (Lemmens, 2008).

No decorrer dos anos, a Associação Brasileira de Produtores de Mogno-Africano (ABPMA) tem centrado esforços para inserir o nome do mogno-africano nos mais diversos usos possíveis da madeira. Para tal, árvores de um plantio no estado do Pará, com 18 anos de idade, foram abatidas e distribuídas para diferentes testes de qualidade e usos potenciais. As toras foram processadas mecanicamente para distribuição das tábuas serradas aos profissionais para geração de produtos de elevado valor agregado (**Figura 1**).

Destaca-se como um nobre uso da madeira de mogno-africano, a arte de lutheria, que utiliza a madeira da espécie para compor partes de instrumentos musicais, como violões, guitarras e contrabaixos, devido às boas características acústicas dessa madeira (Lemmens, 2008). No Brasil, já houve a produção de instrumentos musicais utilizando a madeira de mogno-africano procedente de árvores do Pará, produzidas pela parceria entre a ABPMA, os profissionais da área e alguns músicos (**Figura 2**).

Fotos: Patrícia Alves Fonseca/ABPMA



Figura 1. Toras e pranchão serrado de mogno-africano provenientes de um plantio de 18 anos de idade, no estado do Pará, Brasil.



Fotos: Patrícia Alves Fonseca/ABPMA

Figura 2. Guitarra e contrabaixo produzidos pelo luthier Sânzio Brandão (A) e marimbas produzidas pelo músico Leandro César, utilizando madeira oriunda de florestas plantadas de mogno-africano (B).

A ABPMA também trabalhou em parceria com renomados *designers* brasileiros para produção de móveis, utilizando a madeira do mogno-africano, também plantada no estado do Pará. Criações de diferentes peças foram feitas e muitas destas foram agraciadas com prêmios na categoria de uso de madeiras alternativas, recebendo destaque em mídias específicas (**Figura 3**).

O aproveitamento das árvores cortadas no estado do Pará se deu em diferentes vertentes do ramo moveleiro. Trabalhos belíssimos foram feitos utilizando raízes esculpidas de árvores de mogno-africano (**Figura 4**).

Lâminas de toras de mogno-africano também foram produzidas no intuito de verificar o seu potencial na produção de móveis laminados. O resultado foi muito positivo e atestado pelo trabalho dos designers Juliana Vasconcellos e Matheus Barreto (**Figura 5**).



Figura 3. Aparador de mogno-africano produzido pelo designer Paulo Alves (A) e banco “Apicaba” produzido pelo designer Maurício Azeredo (B).

Foto: Patrícia Alves Fonseca/ABPMA



Figura 4. Poltrona produzida pelo designer Hugo França utilizando raízes esculpidas de árvores de mogno-africano.

Fotos: Patrícia Alves Fonseca/ABPMA

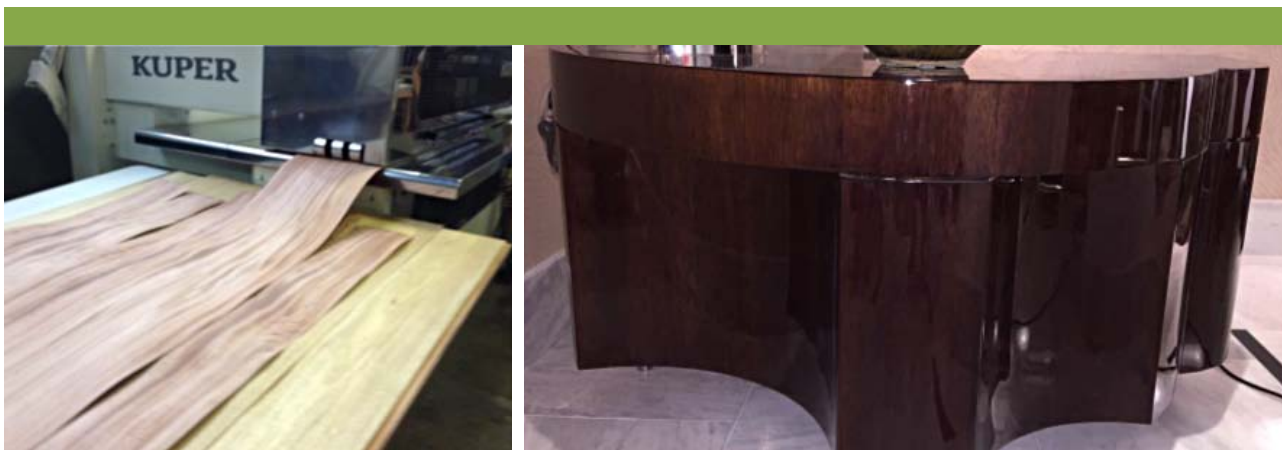


Figura 5. Processo de laminação de toras e escrivaninha produzida com lâminas de mogno-africano pelos designers Juliana Vasconcellos e Matheus Barreto.

Alguns plantios de mogno-africano no Brasil já foram submetidos a desbaste. Na **Figura 6** são ilustradas as toras do primeiro desbaste de um povoamento localizado no estado de Minas Gerais, com 11,50 anos de idade e com diâmetro médio das toras de 30,00 cm.

Foto: Joerberth Petkov



Figura 6. Toras provenientes do primeiro desbaste de um plantio comercial de mogno-africano com 11,50 anos, colhidas no estado de Minas Gerais.

Alguns produtos provenientes de madeiras de desbaste já estão sendo inseridos no mercado, como é o caso dos painéis, mesas e bancos fabricados pela Empresa *Khaya Woods*. Na **Figura 7** é ilustrado desde o processamento da madeira até o produto madeireiro final, procedente das árvores de um plantio da referida empresa, localizada em Minas Gerais, a partir de desbaste realizado aos nove anos de idade.



Figura 7. Toras cortadas e serradas de mogno-africano, provenientes de árvores desbastadas aos nove anos de idade, secas em estufa e usadas na produção de bancos, painéis e mesas.

Destaca-se o esforço de vários produtores florestais e da ABPMA para inserção, valorização e comercialização da madeira ainda jovem, ou seja, procedente de desbaste, para produção de pequenos objetos de madeira, como cabos de talheres, tábuas de cozinha, jóias, bem como objetos de decoração. Esse espaço vem sendo conquistado, por exemplo, em linhas consagradas da empresa Tramontina.

Em relação à importância econômica, Arnold (2004) relatou que no comércio internacional madeireiro, o nome mogno-africano geralmente inclui várias espécies do gênero *Khaya* e, mesmo que as características das madeiras variem um pouco, particularmente na densidade e na tonalidade da madeira, todas são consagradas no mercado. A espécie tradicionalmente comercializada é *K. ivorensis*, proveniente das florestas naturais da República do Gana. Porém, a madeira de *K. anthotheca* e *K. grandifoliola* também são prontamente aceitas no mercado. Embora a madeira de *K. senegalensis* tenha sido comercializada no passado, principalmente, nos mercados locais da África Ocidental, atualmente é exportada mais amplamente, devido à diminuição da disponibilidade de madeira nativa de outras espécies de *Khaya* (Arnold, 2004).

Os valores comerciais disponíveis no mercado internacional são referentes à madeira proveniente de florestas tropicais naturais da África, em especial da República do Gana. Assim, os preços de mercado da madeira oriunda de plantios ainda são especulativos (Ribeiro et al., 2017). Há um único registro publicado no ano de 2012 pela International Tropical Timber Organization (ITTO, 2012), relacionado ao comércio de madeira serrada de *Khaya* spp. em plantios no Panamá, informando o valor médio de US\$ 267,00 por metro cúbico.

A **Figura 8** foi construída utilizando os valores de exportação de madeira serrada de *K. ivorensis* proveniente de florestas nativas da República do Gana, disponibilizados pela ITTO nos relatórios de mercado de madeira tropical (primeira quinzena mensal), numa série histórica de cinco anos, desde abril de 2013 a abril de 2018.

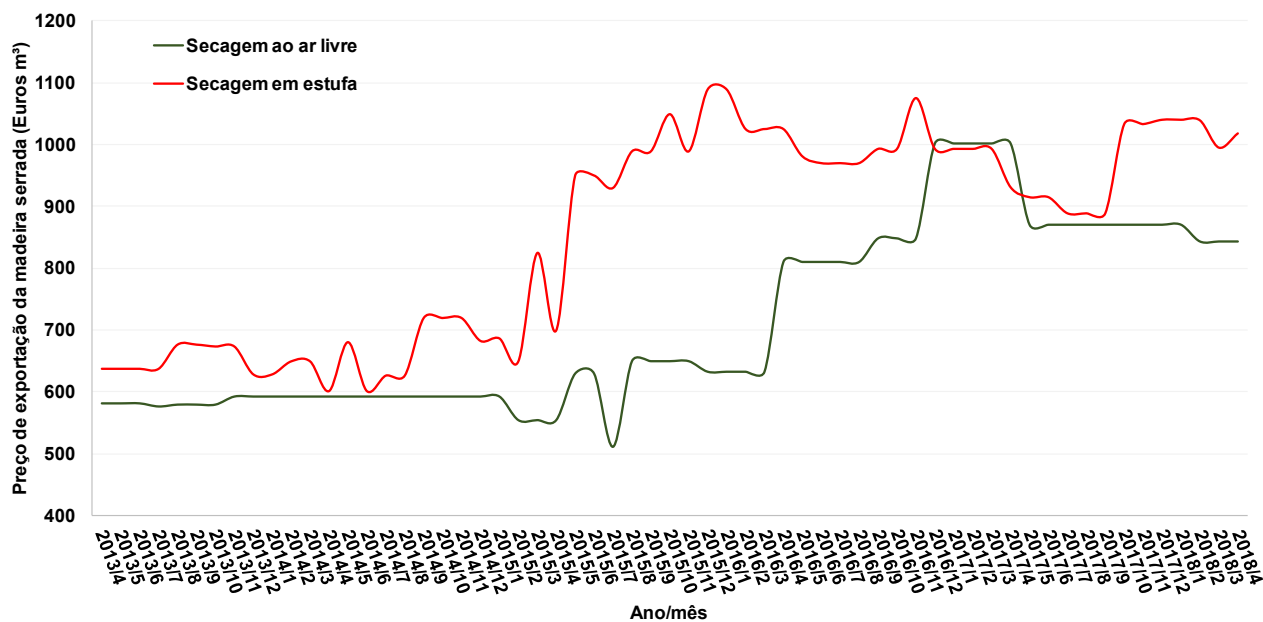


Figura 8. Valores de venda da madeira nativa de *Khaya ivorensis* serrada, seca ao ar livre ou seca em estufa, entre abril de 2013 e abril de 2018.

Fonte: Elaborado pelos autores utilizando dados disponíveis no site da ITTO (ITTO, 2019).

Em relação ao uso da madeira de *K. senegalensis*, a mesma possui empregos semelhantes aos citados para *K. ivorensis*. De acordo com França et al. (2015), essas duas espécies de mogno-africano apresentaram propriedades organolépticas semelhantes. Porém, a madeira de *K. ivorensis* possui massa específica básica baixa ($0,49 \text{ g cm}^{-3}$) e a madeira de *K. senegalensis* possui massa específica básica média ($0,59 \text{ g cm}^{-3}$), sendo então a primeira indicada para construção leve e molduras, acabamentos e divisórias, móveis de utilidade e compensado, e a segunda para produção de assoalho, construção leve e embarcações. Outras informações sobre as propriedades tecnológicas da madeira dessas espécies são apresentadas em capítulo específico desta publicação.

Segundo Nikiema e Pasternak (2008), a madeira de *K. senegalensis*, conhecida como mogno de zonas secas, é utilizada para carpintaria, marcenaria, móveis, construção naval e lâminas decorativas. É também adequada para

construção, pavimentação, acabamento interno, carrocerias de veículos, brinquedos, fabricação de dormentes, peças torneadas e madeira para celulose. Tradicionalmente, na África, a madeira é usada na produção de canoas esculpidas no próprio tronco da árvore, além de empregos em utensílios domésticos e também na fabricação de tambores.

Produtos não madeireiros

No que tange ao uso não madeireiro do gênero *Khaya* no País, este ainda é pouco explorado, visto a recente introdução dessas espécies e o intuito principal ser voltado à produção madeireira. Porém, destaca-se o seu emprego em sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF), com o cultivo do mogno-africano associado à criação de gado e cultivo do café. O uso do componente arbóreo nesses sistemas consiste em alternativa de diversificação de renda ao produtor rural e, também, na geração de serviços ambientais (produtos não madeireiros) como o sombreamento de animais e a consequente regulação térmica, dentre outros serviços (**Figura 9**).

O uso das espécies do gênero *Khaya* em sistemas de integração é comum em diferentes partes do mundo, tal como na Ásia (Arnold, 2004), Austrália (Lamb; Borschmann, 1998), África (Lemmens, 2008; Neba, 2009), Cuba (Pérez, 2014) e Brasil (Castro et al., 2008). Assim, ações de pesquisa científica são fundamentais para verificar o potencial econômico dessas espécies nos sistemas de integração em diferentes arranjos e em variadas condições ambientais.

Um uso não madeireiro bastante tradicional nos locais de origem é a utilização da casca das espécies de *Khaya* em aplicações medicinais. As cascas das espécies de *Khaya* possuem sabor amargo e são amplamente utilizadas na medicina tradicional, sendo a extração da casca feita em diferentes posições do tronco, conforme ilustrado na **Figura 10**.

Vale ressaltar o trabalho de Gaoue e Ticktin (2008), que avaliaram os impactos da colheita combinada de casca e folhagem de árvores de *K. senegalensis* em Benin, em relação ao desempenho reprodutivo, incluindo o número e tamanho dos frutos e sementes produzidos, e o tempo, frequência e probabilidade de reprodução das mesmas. A exploração intensiva de produtos florestais não madeiráveis pode provocar forte declínio na população de uma espécie em florestas naturais. Estudos como esse são básicos para a elaboração de planos de conservação e manejo para as espécies nestas condições.

Lemmens (2008), Nikiema e Pasternak (2008) e Abdel-Wareth et al. (2014) destacaram o uso medicinal de folhas, cascas e raízes de *Khaya*, tanto na medicina humana como veterinária. As raízes e/ou cascas são também usadas como ingredientes componentes dos venenos aplicados nas ponteiros das flechas das tribos africanas (Nikiema; Pasternak, 2008). A casca é também usada para tingimento de tecidos, conferindo uma coloração castanha (Nikiema; Pasternak, 2008). A folhagem é empregada para nutrição animal nas zonas áridas dos locais de origem. Porém, possui baixa qualidade nutricional, sendo utilizada apenas ao final da estação seca, quando não há forragem de melhor qualidade disponível ou, então, misturada a outro alimento (Nikiema; Pasternak, 2008).

As sementes de *K. senegalensis* produzem um óleo conhecido como “mayin daci”, contido em uma concentração de 50,00% a 70,00% da massa dos grãos. Tal óleo é empregado na alimentação, na fabricação de cosméticos e em produtos farmacêuticos na África Ocidental (Aviara et al., 2014). As sementes de *K. ivorensis* são também usadas na produção de sabão (Lemmens, 2008).

Foto: Renato Collares



Foto: Andressa Ribeiro



Figura 9. Integração pecuária e floresta, com mogno-africano (acima) e integração café e mogno-africano (abaixo), ambas no estado de Minas Gerais.



Figura 10. Casca de *Khaya ivorensis* removida para usos medicinais na República de Gana.

No que tange a usos não madeireiros no campo industrial, Taiwo e Ogunbodede (1995) avaliaram diferentes espécies africanas para produção de adesivo, a partir dos taninos encontrados na casca. Constatou-se que a casca de *K. ivorensis* contém 27,00% de taninos extraíveis, podendo substituir o fenol utilizado na produção dos adesivos sintéticos. Adedeji et al. (2018), ao avaliarem a composição química e a atividade termítica dos extrativos da madeira de *K. ivorensis*, concluíram que a espécie é rica em extrativos e que os extrativos da casca do caule estão entre os materiais mais abundantes, acessíveis e utilizados na Nigéria. Tais extrativos são de considerável interesse para a proteção da madeira devido às suas propriedades pesticidas, sendo que a casca de *K. ivorensis* tem potencial como agente natural para controle de cupins.

A cinza da madeira de *K. senegalensis* é utilizada para prevenir o ataque de insetos. Esse aspecto demonstra o uso potencial dessa espécie como agente natural contra pragas (Arnold, 2004).

O plantio dessas espécies na arborização urbana e em estradas é comumente feito nos países de origem, mas também já se encontra em expansão em países tropicais de outros continentes (Arnold, 2004; Pretzsch et al., 2015). Vale ressaltar a importância etnobotânica das árvores do gênero *Khaya*, pois, em muitas regiões, são consideradas árvores mágicas e usadas em rituais religiosos (Nikiema; Pasternak, 2008).

Perspectivas de mercado

As florestas plantadas se desenvolveram dinamicamente nas últimas décadas, com destaque para o Brasil quanto ao avanço em pesquisa, tecnologia e inovação na silvicultura e no melhoramento de espécies exóticas, em especial, eucalipto e pinus. Morland et al. (2018), utilizando dados da Food Agricultural

Organization (FAO), afirmaram que desde 1990, a área de florestas plantadas aumentou cerca de 64,00%, enquanto a área florestal global diminuiu cerca de 3,00% e, durante o mesmo período (1990 a 2017), a demanda global por madeira em tora para diferentes fins industriais aumentou 37,00%. Tais dados elucidam a extrema importância dos plantios para atendimento às demandas do mercado por produtos florestais.

No Brasil, os primeiros plantios de mogno-africano foram instalados na Região Norte. Entretanto, a crescente demanda por madeira tropical de procedência idônea e responsável está direcionando novos investimentos em plantios, em todo o País, aquecendo o mercado florestal entorno das novas espécies potenciais. Diversos plantios de *Khaya* spp. foram também feitos na Austrália, Ásia, África e América tropical. Em 2018, no Brasil, foi estimada uma área plantada superior a 37 mil ha com mogno-africano.

A expectativa é que essa área aumente, em especial, com investimento de capital estrangeiro na atividade e com maior interesse dos produtores rurais na diversificação da produção, destacando o maior uso das árvores nos sistemas de integração. Assim, a estimativa da inserção do mogno-africano de origem brasileira no mercado madeireiro já é visto como alvo de sucesso. Ribeiro et al. (2018) apontaram a viabilidade financeira na condução de um plantio de mogno-africano sob diferentes perspectivas de manejo florestal, mostrando que a probabilidade de insucesso do investimento é praticamente zero. Por meio deste trabalho, foi observado que o mogno-africano é uma boa opção, desde que bem planejado e conduzido com o devido cuidado, para investimento florestal, uma vez que possui altos valores de taxa interna de retorno (14,00% a 25,00%) e superiores à maioria daquelas disponíveis no mercado.

Vale destacar o importante papel que as associações exercem na comercialização da madeira plantada no Brasil. Pois, além da função de congregar produtores e estimular a troca de experiências, elas auxiliam na propaganda de

todo o ciclo produtivo sustentável da floresta, com intuito de garantir a oferta de material em quantidade e em qualidade para atendimento às demandas de mercado, fortalecendo o produtor individual no processo de negociação, na venda e na visibilidade da madeira.

Por se tratar de madeira nobre, com comércio global estabelecido há séculos, e por serem espécies classificadas, segundo “The IUCN Red List of Threatened Species”, como vulneráveis à extinção em seus locais de origem, a viabilidade dos plantios das espécies de *Khaya* em países tropicais, para atender o mercado consumidor, é alta e de extrema importância para conservação de árvores nativas. No relatório quinzenal de maio de 2015 (ITTO, 2015), foi documentado que o mercado de mogno-africano já movimentava R\$ 500 milhões por ano, no Brasil.

Uma breve síntese sobre o mercado dos produtos madeireiros, adaptada da International Tropical Timber Organization na publicação “Revisão e avaliação bienal da situação madeira mundial 2015-2016”, é apresentada na **Tabela 1**. Ribeiro et al. (2017) forneceram mais informações sobre a balança comercial relacionada ao gênero *Khaya*, utilizando dados de 2006 a 2010.

Consideração final

A perspectiva de mercado é positiva e se baseia na crescente demanda por produtos oriundos da madeira de *Khaya* spp. em escala mundial. Em vista de aliviar a pressão na extração da madeira em locais naturais de origem, o plantio florestal é uma alternativa presente e que ganha espaço em diferentes locais do mundo.

Tabela 1. Quantidade e valores de diferentes produtos de mogno-africano (*Khaya* spp.) importados e exportados por diferentes países, adaptado de ITTO (2016).

| País | Produto | Ano | Importação | | Exportação | |
|--------------------|---|-------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | | | Volume (1.000 m ³) | Preço (US\$/m ³) | Volume (1.000 m ³) | Preço (US\$/m ³) |
| França | Toras (<i>Khaya</i> spp.) | 2013 | 18,90 | 435,88 | 0,20 | 688,99 |
| | | 2014 | 15,60 | 517,07 | 0,50 | 745,84 |
| | | 2015 | 21,00 | 455,18 | 1,60 | 608,41 |
| | Madeira laminada (<i>Khaya</i> spp.) | 2013 | 65,70 | 1.032,04 | 0,20 | 3.774,41 |
| | | 2014 | 61,70 | 1.044,10 | 0,10 | 7.676,48 |
| 2015 | | 70,60 | 842,05 | 0,40 | 3.865,04 | |
| Coréia do Sul | Toras (<i>Khaya</i> spp.) | 2013 | 0,60 | 673,78 | - | - |
| | | 2014 | 0,30 | 758,31 | - | - |
| | | 2015 | 0,80 | 669,32 | - | - |
| | Madeira serrada (<i>Khaya</i> spp.) | 2013 | 0,90 | 660,06 | 0,00 | 1.100,00 |
| | | 2014 | 0,50 | 474,33 | - | - |
| 2015 | | 1,20 | 282,34 | - | - | |
| Nova Zelândia | Toras (<i>Khaya</i> spp.) | 2014 | 0,00 | 1.384,24 | - | - |
| | | 2015 | 0,10 | 1.377,95 | - | - |
| | Madeira laminada (<i>Khaya</i> spp.) | 2014 | 0,00 | 4.545,99 | 0,00 | 2.116,14 |
| | | 2015 | 0,00 | 9.103,19 | 0,00 | 1.161,65 |
| | | 2015 | 0,30 | 841,37 | - | - |
| Malta | Toras (<i>Khaya</i> spp.) | 2014 | 0,00 | 1.486,24 | - | - |
| | | 2015 | 0,10 | 1.016,13 | - | - |
| Mali | Madeira serrada (<i>K. senegalensis</i>) | 2013 | 0,00 | 1.765,00 | - | - |
| | | 2014 | 0,00 | 601,43 | - | - |
| | | 2015 | 0,10 | 369,44 | - | - |
| Estônia | Madeira laminada (<i>Khaya</i> spp.) | 2013 | 0,00 | 4.269,94 | 0,00 | 2.383,93 |
| | | 2014 | 0,00 | 3.565,94 | 0,00 | 1.966,79 |
| | | 2015 | 0,00 | 10.191,53 | 0,20 | 1.991,81 |
| | Painéis (<i>Khaya</i> spp.) | 2014 | 0,20 | 1.539,04 | 0,00 | 2.003,58 |
| | | 2015 | 0,10 | 1.380,94 | 0,10 | 841,82 |
| Letônia | Painéis (<i>Khaya</i> spp.) | 2014 | 0,50 | 1.006,80 | 0,00 | 448,46 |
| | | 2015 | 0,10 | 1.083,68 | 0,00 | 183,60 |
| República do Congo | Madeira serrada (<i>K. anthotheca</i>) | 2013 | - | - | 2,00 | 189,13 |
| | | 2014 | - | - | 4,00 | 193,00 |
| | | 2015 | - | - | 5,00 | 186,44 |
| República do Gana | Madeira serrada (<i>K. ivorensis</i>) | 2013 | - | - | 8,30 | 898,54 |
| | | 2014 | - | - | 7,40 | 496,06 |
| | | 2015 | - | - | 7,90 | 1.007,71 |
| | Madeira laminada (<i>K. ivorensis</i>) | 2013 | - | - | 1,70 | 1.531,65 |
| | | 2014 | - | - | 1,70 | 1.236,17 |
| | | 2015 | - | - | 2,10 | 1.364,36 |
| | Painéis (<i>K. ivorensis</i>) | 2013 | - | - | 5,70 | 453,95 |
| | | 2014 | - | - | 5,90 | 247,09 |
| | | 2015 | - | - | 0,60 | 329,45 |
| Holanda | Toras (<i>Khaya</i> spp.) | 2013 | 0,70 | 766,41 | - | - |
| Chipre | Painéis (<i>Khaya</i> spp.) | 2013 | 0,40 | 811,01 | - | - |
| República Tcheca | Toras (<i>Khaya</i> spp.) | 2014 | 0,70 | 687,71 | - | - |

Referências

ABDEL-WARETH, A. A. A.; HAMMAD, S.; AHMED, H. Effects of *Khaya senegalensis* leaves on performance, carcass traits, hematological and biochemical parameters in rabbits. **EXCLI Journal**, v. 13, p. 502–512, 2014.

ADEBAYO, J. O.; KRETTLI, A. U. Potential antimalarials from Nigerian plants: a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 133, p. 289-302, 2011. DOI: 10.1016/j.jep.2010.11.024.

ADEDEJI, G. A.; OGUNSANWO, O. Y.; EGUAKUN, F. S.; ELUFIOYE, T. O. Chemical composition and termiticidal activity of *Khaya ivorensis* stem bark extracts on woods. **Maderas-Ciencia y Tecnología**, n. 20, v. 3, p. 315-324, 2018. DOI: 10.4067/S0718-221X2018005003201.

ARNOLD, R. J. *Khaya senegalensis*: current use from its natural range and its potential in Sri Lanka and elsewhere in Asia. In: PROSPECTS for high-value hardwood timber plantations in the 'dry' tropics of northern Australia, Mareeba, Queensland, 2004. **Proceedings...** Queensland: Private Forestry North Queensland Association Inc, 2004. CD-ROM.

AVIARA, N. A.; LAWAL, A. A.; MSHELIA, H. M.; MUSA, D. Effect of moisture content on some engineering properties of mahogany (*Khaya senegalensis*) seed and kernel. **Research in Agricultural Engineering**, v. 60, p. 30-36, 2014.

CASTRO, A. C.; LOURENÇO JÚNIOR, 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**, n. 38 v. 8, p. 2.395-2.402, 2008. DOI: 10.1590/S0103-847820080008000050.

FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; BARAÚNA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno-africano. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 633-640, 2015. DOI: 10.1590/01047760201521041877.

GAOUE O. G.; TICKTIN, T. Impacts of bark and foliage harvest on *Khaya senegalensis* (Meliaceae) reproductive performance in Benin. **Journal of Applied Ecology**, v. 5, p. 34-40, 2008. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2007.01381.x.

HINES, D. A.; ECKMAN, K. **Indigenous multipurpose trees of Tanzania**: uses and economic benefits for people. Rome: FAO, 1993. 276 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/x5327e/x5327e.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

ITTO. International Tropical Timber Organization. **Annual review and assessment of the world timber situation 2012**. Disponível em: <http://www.itto.int/annual_review/>. Acesso em 21 abr. 2019.

ITTO. International Tropical Timber Organization. **Biennial review and assessment of the world timber situation 2015-2016**. Disponível em: <http://www.itto.int/mis_detail/id=4393>. Acesso em: 21 abr. 2019.

ITTO. International Tropical Timber Organization. **Market information service**. Disponível em: <http://www.itto.int/market_information_service>. Acesso em 21 abr. 2019.

ITTO. International Tropical Timber Organization. **Tropical timber market report (1-15 May 2015)**. Disponível em: <http://www.itto.int/mis_back_issues/>. Acesso em: 21 abr. 2019.

LAMB, D.; BORSCHMANN, G. **Agroforestry with high value trees**. Canberra: Rural Industries Research and Development Corporation. 1998. 59 p.

LAMB, F. B. “Mahogany”: a name in controversy. **American Speech**, v. 42, n. 3, p. 219-226, 1967.

LAMB, F. B. On further defining mahogany. **Economic Botany**, v. 17, n. 3, p. 217-232, 1963.

LEE, S. E.; KIM, M. R.; KIM, J. H.; TAKEOKA, G. R.; KIM, T. W.; PARK, B. S. Antimalarial activity of anthothecol derived from *Khaya anthotheca* (Meliaceae). **Phytomedicine**, v. 15, n. 6-7, p. 533-535, 2008. DOI: 10.1016/j.phymed.2007.08.001.

LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MAROYI, A. *Khaya anthotheca*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_anthotheca_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_anthotheca_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MORLAND, C.; SCHIER, F.; JANZEN, N.; WEIMAR, H. Supply and demand functions for global wood markets: specification and plausibility testing of econometric models within the global forest sector. **Forest Policy and Economics**, v. 92, p.92-105, 2018. DOI: 10.1016/j.forpol.2018.04.003.

NEBA, N. E. Management of woody plants in indigenous land use systems of the Sahel: Example of north Cameroon. **International NGO Journal**, v. 4, n. 11, p. 480-490, 2009.

NIKIEMA, A.; PASTENAK, D. *Khaya senegalensis*. In: LOUPPE, D.; OTENGAMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_(PROTA))>. Acesso em: 24 abr. 2019.

NIKLES, D. G.; BEVEGE, D. I.; DICKINSON, G. R.; GRIFFITHS, D. F.; REILLY, D. F.; LEE, D. J. Developing African mahogany (*Khaya senegalensis*) germplasm and its management for a sustainable forest plantation industry in northern Australia: progress and needs. **Australian Forestry**, v. 71, n. 1, p. 33-47, 2008. DOI: 10.1080/00049158.2008.10676269.

NURAIN, I. O.; BEWAJI, C. O. Effects of aqueous bark extracts of *Khaya grandifoliola* and *Enantia chlorantha* on some biochemical parameters in swiss mice. **Iranian Journal of Toxicology**, v. 11, n. 5, p. 13-21, 2017. DOI: 10.29252/arakmu.11.5.13.

OPUNI-FRIMPONG, E.; KARNOSKY, D. F.; STORER, A. J.; COBBINAH, J. R. Silvicultural systems for plantation mahogany in Africa: influences of canopy shade on tree growth and pest damage. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 328-333, 2008. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.09.078

OPUNI-FRIMPONG, E. *Khaya grandifoliola*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_grandifoliola_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_grandifoliola_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.

PÉREZ, M. R. Agroforestry: a viable alternative for sustainable agricultural production. **Scientia Agriculturae**, v. 5, n. 1, p. 32-39, 2014.

PRETZSCH, H.; BIBER, P.; UHL, E.; DAHLHAUSEN, J.; CALDENTY, T. R. J.; KOIKE, T.; CON, T. V.; CHAVANNE, A.; SEIFERT, T.; TOITF, B. D.; FARNDEN, C.; PAULEIT, S. Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centres, parks, and forests. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 14, p. 466-479, 2015. DOI: 10.1016/j.ufug.2015.04.006.

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**, n. 24, p. 1-11, 2017. DOI: 10.1590/2179-8087.076814.

RIBEIRO, A.; SILVA, C. S. J.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. Financial and risk analysis of African mahogany plantations in Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 2, p. 148-158, 2018. DOI: 10.1590/1413-70542018422026717.

TAIWO, E. A.; OGUNBODEDE, R. A. Production of tannin adhesives from bark of Nigerian trees. **Wood Science and Technology**, v. 29, n. 2, p. 103-108, 1995. DOI: 10.1007/BF00229339.

TEPONGNING, R. S.; YERBANGA, S. R.; DORI, G. U.; LUCANTONI, L.; LUPIDI, G.; HABLUETZEL, 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**, v. 3, n. 3, p. 454-464, 2013.

TROPICAL PLANT DATABASE. *Khaya anthotheca*. Disponível em: <tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Khaya+anthotheca>. Acesso em: 21 abr. 2019.

ZHANG, B.; YANG, S. P.; YIN, S.; ZHANG, C. R.; WU, Y.; YUE, J. M. Limonoids from *Khaya ivorensis*. **Phytochemistry**, v. 70, p. 1305-1308, 2009. DOI: 10.1016/j.phytochem.2009.07.016.

WARD, S.; BOSHIER, D.; GROGAN, J. Special issue: sustainable management of high-value timber species of the Meliaceae. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 2, p. 265-364, 2008.

3

Aspectos legais quanto ao plantio de mogno-africano na propriedade agrícola

Sybelle Barreira

Introdução

O plantio de espécie florestal exótica, de forma a atender o mercado nacional e internacional e não relacionado às grandes empresas, é possível em qualquer propriedade rural, desde que a mesma apresente aptidão silvicultural, o que não inclui as áreas de preservação permanente e, em algumas situações, as reservas legais, ambas regidas pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012).

Ao longo do processo de ocupação do território brasileiro, algumas propriedades rurais tiveram as áreas de reserva legal suprimidas e convertidas para uso alternativo do solo, pois a terra é um insumo fundamental em todas as cadeias produtivas ligadas ao agronegócio (Campos; Bacha, 2013).

A reserva legal tem a seguinte definição, dada pelo Art. 3º inciso III:

[...] área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. [...].

Possibilidade de uso de espécies florestais exóticas na reserva legal

O uso econômico de modo sustentável da reserva legal é permitido. No entanto, não há possibilidade de enriquecimento e/ou adensamento da reserva com espécies exóticas. Já para a agricultura familiar, o Art. 54 esclarece que podem ser computados os plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou

industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas da região, em sistemas agroflorestais. Ao contrário, ou seja, na ausência de reserva legal, é permitido o plantio de espécie florestal exótica comercial em situação de recuperação da área, conforme determinado pela lei, em áreas consolidadas que, segundo o Art. 3 inciso IV, é definido como área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio.

A recuperação citada acima deve atender aos critérios estipulados pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e ser concluída em até 20 (vinte) anos, abrangendo, a cada 2 (dois) anos, no mínimo 1/10 (um décimo) da área total necessária à sua complementação, conforme Art. 66 § 2º. Poderá ser realizada mediante o plantio intercalado de espécies florestais nativas com exóticas ou frutíferas, em sistema agroflorestal, observados os seguintes parâmetros de plantio de espécies exóticas, combinado com as espécies nativas de ocorrência regional e que não pode exceder a 50% (cinquenta por cento) da área total a ser recuperada.

As espécies do gênero *Khaya* spp. se enquadram como espécies florestais exóticas e podem ser combinadas com espécies florestais nativas em sistema agroflorestal, tal como já visto com outras espécies em experiências bem-sucedidas. No entanto, há necessidade de que esta reserva legal seja recuperada segundo os critérios da lei, tenha características de floresta nativa e que a espécie exótica tenha sido colhida em sua totalidade, em um período determinado pelos Estados em seus Programas de Regularização Ambiental. Faz-se, então, necessária que a combinação de espécies florestais nativas e exóticas possibilite a regeneração natural de espécies nativas, além do desenvolvimento de todas as espécies que foram implantadas.

Em trabalhos com eucalipto, Turchetto et al. (2015) concluíram que a regeneração natural se mostrou diversa, com predomínio de espécies pioneiras e secundárias, evidenciando que o povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden exerceu a função de facilitar o processo de regeneração de espécies nativas. Ronquim e Cola (2011) avaliaram do ponto de vista técnico e ambiental, os ganhos do arranjo de *Pinus* sp. e de espécies florestais nativas. Foi observado que o sub-bosque gerado pela monocultura de pinus facilita o desenvolvimento inicial das espécies florestais nativas, concluindo que os plantios de espécies nativas sob a copa de monocultura de espécies exóticas são vistos como uma alternativa viável do ponto de vista técnico. Além disto, a dinâmica da água em plantios consorciados de espécie exótica, no caso eucalipto, com espécies nativas já foi investigada em trabalho conduzido por Amazonas et al. (2018). Esses autores concluíram que o plantio de eucalipto, consorciado com espécies florestais nativas, consumiram menos água do que as monoculturas de eucalipto, mas reduziram o desempenho de consumo de água das árvores de espécies nativas de crescimento rápido e afetaram seu crescimento.

Estes resultados demonstram que não há modelo único para recuperação de reserva legal com espécie florestal exótica, nas condições que devem ser atendidas para construção deles, principalmente, no que tange ao uso de espécie exótica, já que devem favorecer a regeneração natural de espécies nativas. Os modelos de silvicultura comerciais convencionalmente praticados, baseados em monocultura, não atendem às condições preconizadas na lei para a recuperação de reserva legal. No entanto, os modelos consorciados são possíveis para espécies como eucalipto e teca, tendo sido já avaliados econômica e silviculturalmente.

Alguns conceitos devem ser observados para utilização de espécies florestais nativas em consórcio com exóticas, como raridade de espécies e sucessão das

espécies. Raridade diz respeito à baixa densidade da espécie em condições naturais, o que na prática deve ser replicado, utilizando-se menor número de indivíduos destas espécies, caso contrário aumentam-se os riscos de ataques de insetos-pragas e doenças (FGV, 2018). A sucessão das espécies trata da separação das espécies em grupos funcionais, que auxiliarão na regeneração natural das espécies.

O Guia de Financiamento da Recomposição Florestal com Exploração Econômica da Reserva Legal (FGV, 2018), estudou alguns modelos, inclusive com 50% de mogno-africano em São Paulo, Paraná e Mato Grosso. No entanto, ainda não foi realizada a sua avaliação econômica.

Referências

AMAZONAS, N. T.; FORRESTERB, R. S. O.; BRANCALION, P. H. S. Combining Eucalyptus wood production with the recovery of native tree diversity in mixed plantings: implications for water use and availability. **Forest Ecology and Management**, v. 418, p. 34-40, 2018. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.12.006.

BRASIL. Presidência da República. **Lei 12.651/2012, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 23 abr. 2019.

CAMPOS, S. A. C.; BACHA, C. J. C. O custo privado da reserva legal. **Revista de Política Agrícola**, v. 85, p. 85-104, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88483/1/O-CUSTO-PRIVADO-DA-RESERVA-LEGAL.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019

FGV. Fundação Getúlio Vargas. Centro de Estudos em Sustentabilidade. **Financiamento da recomposição florestal com exploração econômica da reserva legal**. 2018. 86 p. Disponível em: <http://mediadrawer.gvces.com.br/publicacoes-2/original/final_105_recomposicao_florestal.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

RONQUIM, C. C.; COLA, M. G. da S. Desenvolvimento de espécies florestais nativas sob a copa de monocultura exótica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém. **Anais...** Belém: SBSAF, 2011.

TURCHETTO, F.; FORTES, F. O.; CALLEGARO, R. M.; MAFRA, C. R. B. Potencial de *Eucalyptus grandis* como facilitadora da regeneração natural. **Nativa**, v. 3, p. 252-257, 2015. DOI: 10.14583/2318-7670.v03n04a05.

4

Políticas públicas voltadas para o plantio de mogno-africano

Sybelle Barreira

Introdução

É responsabilidade do Estado a elaboração e o desenvolvimento de políticas públicas, que são conjuntos de programas, ações e atividades que terão efeito direto ou indireto na sociedade, com participação pública e/ou privada que visem garantir direitos assegurados constitucionalmente, tal como saúde, educação e meio ambiente, conforme citado no Art. 225 da Constituição Federativa do Brasil (Brasil, 1988).

Para garantia do direito constitucional ao meio ambiente equilibrado, tem-se que necessariamente controlar, fiscalizar e reduzir os desmatamentos que ocorrem em florestas nativas, principalmente, para utilização madeireira e ainda o uso sustentável destas florestas. Este é um papel do Estado, mas a sociedade pode colaborar, principalmente pela utilização de produtos madeireiros advindos de plantios comerciais de florestas com espécies exóticas. Os plantios comerciais estabelecidos por pequenos e grandes agricultores e empresas de grande porte são a concretização dos preceitos das políticas de uso sustentável de florestas.

O Ministério do Meio Ambiente é o órgão da Administração Pública Federal Direta responsável pela formulação da política de utilização sustentável de florestas nativas e pelas políticas para a integração do meio ambiente e da produção. Existe, também, a competência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o planejamento da política agrícola, que inclui as florestas plantadas, abrangendo produção e comercialização, abastecimento, armazenagem e garantia de preços mínimos. Portanto, existe a competência concorrente entre os dois ministérios para formular a política florestal para a produção, devendo a mesma ser exercida em conjunto (Silbernagel, 2013).

Ambos os ministérios têm realizado ações conjuntas para formulação de planos e programas, tais como o Plano Nacional de Florestas, lançado em 2000, parceria do Ministério do Meio Ambiente e da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e teve como objetivo articular as políticas públicas setoriais, para promover o desenvolvimento sustentável, conciliando o uso com a conservação das florestas brasileiras. Com a criação do Serviço Florestal Brasileiro e com orçamento escasso, o programa foi descontinuado. Entretanto, no ano de 2018 foi lançado o Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas (PNDF), previsto no Decreto nº 8.375, de 11 de dezembro de 2014, que estabelece “os princípios e os objetivos da Política Agrícola para Florestas Plantadas, relativamente às atividades de produção, processamento e comercialização dos produtos, subprodutos, derivados, serviços e insumos relativos às florestas plantadas” (Brasil, 2014, 2018).

O Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC) tem por objetivo a organização e o planejamento das ações a serem realizadas para a adoção das tecnologias de produção sustentáveis, selecionadas com o objetivo de responder aos compromissos de redução de emissão de gases de efeito estufa no setor agropecuário (Brasil, 2012). É composto por sete programas, dentre eles, os relacionados ao tema florestal: Florestas Plantadas, Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs);

Os planos estabelecem objetivos e diretrizes, no entanto, são os programas que visam operacionalizar os planos, por meio de financiamento público para alavancar o que foi previsto. As linhas de financiamento voltadas ao plantio de florestas existem e não especificam para qual espécie florestal pode ser aplicado, sendo, portanto, passível para plantios com mogno-africano, em qualquer propriedade rural e modelo de plantio (**Tabela 1**).

Tabela 1

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|------------------|--|--|--|--|
| PRONAF Floresta | Agricultores Familiares enquadrados no PRONAF. | plano de manejo; manejo; exploração extrativista ecologicamente sustentável; sistemas agroflorestais; enriquecimento de áreas florestais; recomposição e manutenção de APP e área RL; e, recuperação de áreas degradadas. | 2,50% ao ano | <p>Para projetos de sistemas agroflorestais, exceto para beneficiários enquadrados nos Grupos “A”, “A/C” e “B”: até 20 anos, com carência de até 12 anos;</p> <p>Para demais casos: até 12 anos, com carência de até 8 anos.</p> |
| PRONAF Eco | Agricultores Familiares enquadrados no PRONAF | silvicultura; adequação ou à legislação ambiental; planos de manejo florestal sustentável; recuperação da RL, APP; e recuperação de áreas degradadas; implantação de viveiros de mudas de essências florestais e frutíferas; implantação de das culturas de dendê e seringueira. | 2,50% ao ano, para adequação ou regularização ou implantação de viveiros e mudas | <ul style="list-style-type: none"> • Projetos de adequação ou regularização: até 10 anos, incluindo wcarência até 5 anos; • Projetos de viveiros de muda: até 5 anos incluindo 2 anos de carência; • Projetos de silvicultura: até 16 anos, incluídos até 8 anos de carência; • Projetos de cultura do dendê: até 14 anos, incluídos até 6 anos de carência; • Projetos de cultura da seringueira: até 20 anos, incluídos até 8 anos de carência. |

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|----------------------------|--|---|---|---|
| PRONAF custeio | Agricultores Familiares enquadrados no PRONAF, exceto Grupos “A” e “A/C”. | cultivo de espécies florestais; cultivo de sistemas de produção de base agroecológica ou de transição. | 2,50% ao ano para açaí, pupunha, cacau, baru, erva-mate e sistemas de base agroecológica 5,50% ao ano para demais culturas florestais | Até 2 anos para as culturas agrícolas bianuais; Até 1 ano para as demais culturas agrícolas. |
| PRONAF Mulher | Mulheres Agricultoras integrantes de unidades familiares de produção enquadradas no PRONAF | Atendimento de propostas de crédito de mulher agricultora. | Para as beneficiárias enquadradas nos Grupos “A”, “A/C” ou “B”: igual ao PRONAF B. Para as demais beneficiárias: as condições para PRONAF Mais Alimentos. | Para as beneficiárias enquadradas nos Grupos “A”, “A/C” ou “B”: igual ao PRONAF B 0,50%. Para as demais beneficiárias: as condições estabelecidas para o Pronaf Mais Alimentos para financiamentos de investimento. |
| PRONAF Produtivo Orientado | Agricultores Familiares enquadrados no PRONAF, nas regiões de atuação dos Fundos Constitucionais de Financiamento. | Implantação, ampliação ou modernização da infraestrutura necessária para a convivência com o bioma; plantio e tratos culturais; pagamento dos serviços de assistência técnica e extensão rural. | 4,50% ao ano. A assistência técnica é obrigatória e remunerada com recursos desta linha. | Até 10 anos, incluída a carência de 3 (três) anos. |

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|------------------|--|--|---|--|
| Programa ABC | Produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas) e suas cooperativas, inclusive para repasse a cooperados. | <p>adequação ou regularização das propriedades rurais frente à legislação ambiental (ABC Ambiental);</p> <p>implantação, manutenção e melhoramento do manejo de florestas comerciais (ABC Florestas);</p> <p>implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta ou lavoura-pecuária-floresta e de sistemas agroflorestais (ABC Integração);</p> <p>implantação, melhoramento e manutenção de florestas de dendezeiro (ABC Dendê).</p> | 8,00% ao ano, para produtores que se enquadrem como beneficiários do Pronamp; e 8,50% ao ano, para os demais casos. | <ul style="list-style-type: none"> • Projetos para implantação de viveiros de mudas florestais: até 5 anos, incluindo até 2 anos de carência. • Implantação de sistemas produtivos de integração: até 12 anos incluindo até 3 anos de carência. • Projetos para implantação e manutenção de florestas comerciais e para produção de carvão vegetal: até 15 anos, incluindo até 8 anos de carência. • Projetos para dendezeiro: até 12 anos, incluindo até 6 anos de carência. • Projetos para recomposição e manutenção de áreas de preservação permanente ou de reserva legal: até 15 anos, incluindo até 1 ano de carência. |

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|---------------------|---|---|--|---|
| BNDES Florestal | Pessoas jurídicas de direito privado e público, empresários individuais, associações e fundações. | Manejo florestal; Reflorestamento de áreas degradadas ou convertidas por meio de plantios de espécies florestais nativas, inclusive Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais; Plantio de espécies florestais para fins energéticos e/ou de oxirredução por meio do suprimento de madeira na cadeia produtiva dos setores de ferro gusa, ferro ligas, produtos cerâmicos e cal. | Operações diretas: (a) TJLP7 + (b) Remuneração do BNDES7 + (c) Taxa de risco de crédito7. Operações indiretas: (a) TJLP + (b) Remuneração do BNDES + (c) Taxa de intermediação financeira7 + (d) Remuneração da instituição financeira credenciada7. | Reembolso em até 15 anos. |
| BNDES Meio Ambiente | Pessoas jurídicas de direito privado e público, empresários individuais, associações e fundações. | Recuperação de matas ciliares e controle de erosão; Formação, recuperação, manutenção, preservação, monitoramento e compensação de Áreas de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente; Recuperação de Passivos Ambientais. | Operações diretas: (a) TJLP7 + (b) Remuneração do BNDES7 + (c) Taxa de risco de crédito7. Operações indiretas: (a) TJLP + (b) Remuneração do BNDES + (c) Taxa de intermediação financeira7 + (d) Remuneração da instituição financeira credenciada7 | Determinado em função da capacidade de pagamento do empreendimento. |

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|--|---|--|---|--|
| BNDES – Programa Fundo Clima – Combate à Desertificação | Produtores rurais e suas cooperativas; pessoa jurídica de direito privado e de direito público; empresas. | Restauração de Biomas; e Atividades Produtivas Sustentáveis (produção de frutos, fibras e madeiras nativas). | Operações diretas: (a) Custo financeiro (0,10%) + (b) Remuneração do BNDES (0,90%) ⁷ + (c) Taxa de risco de crédito (1,00% a 3,60% ao ano). Operações indiretas: (a) Custo financeiro (0,1%) + (b) Remuneração do BNDES (0,9%) ⁷ + (c) Taxa de intermediação financeira (0,50%) ⁷ + (d) Remuneração da instituição financeira credenciada (negociada- até 3,00%). | Até 15 anos, incluído período de carência de no máximo 8 anos. |

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|-----------------------------------|--|---|--|--|
| FCO Verde Conservação da Natureza | Produtores rurais, PF ou PJ, suas cooperativas e associações (equipara-se a produtor rural a pessoa jurídica que se dedica a atividades florestais). | Manejo florestal sustentado de baixo impacto; Regularização e recuperação de áreas de reserva legal e de preservação permanente degradadas; Sistemas agroflorestais; florestamento e reflorestamento; Implantação de viveiros regionais para fornecimento de mudas; Implantação de culturas permanentes para aproveitamento fitoterápico, alimentar e energético; Despesas com regularização fundiária. | 8,53%, mais bônus de adimplência de 15,00% sobre os encargos financeiros, desde que a parcela da dívida seja paga até a data do respectivo vencimento. | Investimento: <ul style="list-style-type: none"> • Florestamento e reflorestamento (serraria e laminação): até 20 anos e carência de até 10 anos; • Projetos de recuperação de áreas de RL e APP degradadas, com aproveitamento florestal madeireiro ou não-madeireiro: até 20 anos, com carência de 12 anos; • Reflorestamento para fins energéticos e celulose: até 15 anos, incluída a carência de até 8 anos; • Sistemas agroflorestais: até 15 anos, carência de até 8 anos. • Máquinas e equipamentos: até 10 anos, incluído o período de carência de até 3 anos; • Demais investimentos: até 12 anos, incluído o período de carência de até 3 anos; • Custeio associado a projeto de investimento: até 3 anos e carência de até 1 ano. • Custeio: até 2 anos, incluída carência de até 1 ano (para primeiro custeio em projeto de transição da agricultura convencional à agroecológica, o reembolso poder ser em até 6 anos). |

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|--|--|--|--|---|
| FCO Verde Integração Lavoura- Pecuária- Floresta | Produtores rurais, PF ou PJ, suas cooperativas e associações (equipara-se a produtor rural a pessoa jurídica que se dedica a atividades florestais). | Implantação de sistemas de integração lavoura-floresta, pecuária-floresta, lavoura-pecuária-floresta; Intensificação do uso da terra em áreas já desmatadas. | 8,53%, mais bônus de adimplência de 15,00% sobre os encargos financeiros, desde que a parcela da dívida seja paga até a data do respectivo vencimento. | <ul style="list-style-type: none"> • Investimento: até 12 anos, incluído período de carência de até 3 anos; • Custeio associado ao projeto de investimento: até 3 anos com carência de até 1 ano; • Máquinas e equipamentos: até 10 anos, incluída a carência de até 3 anos. |

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|------------------|--|---|--|--|
| FNE Verde | Produtores rurais (PF e PJ), suas cooperativas e associações; empresas rurais, industriais, comerciais e de prestação de serviços. | <p>Manejo florestal,</p> <p>Reflorestamento, sistemas agroflorestais e agrossilvipastoris;</p> <p>Produção de sementes e mudas;</p> <p>Recuperação ambiental e convivência com o semiárido;</p> <p>Produção de base agroecológica, transição agroecológica e sistemas orgânicos de produção, inclusive beneficiamento dos produtos.</p> | 8,53%, mais bônus de adimplência de 15,00% sobre os encargos financeiros, desde que a parcela da dívida seja paga até a data do respectivo vencimento. | <p>Investimentos fixos e mistos: até 12 anos, incluídos carência de até 4 anos.</p> <p>Investimentos semifixos: até 8 anos, incluídos carência de até 3 anos. Esses prazos poderão ser ampliados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • para até 20 anos (incluindo carência de até 8 anos) para os projetos de geração de energia a partir de fontes renováveis, substituição de combustíveis de origem fóssil por fontes renováveis de energia, plantio de florestas, sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta ou sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas; • para até 20 anos (com carência de até 12 anos) para projetos de recuperação de áreas de Reserva Legal e Preservação Permanente degradadas, com culturas de longo ciclo de maturação; • para até 16 anos (com carência de até 7 anos) para projetos de florestamento e de reflorestamento, conforme espécies florestais. |

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|------------------------|--|--|--|--|
| FNO Programa ABC | Pessoas físicas e jurídicas de direito privado, inclusive populações tradicionais da Amazônia (povos indígenas, comunidades quilombolas, ribeirinhos, extrativistas, pescadores artesanais, entre outros povos da floresta) não contempladas pelo PRONAF; e empresários individuais, empresas individuais de responsabilidade limitada (EIRELI), associações e cooperativas. | Plantio de florestas, incluindo o reflorestamento com espécies nativas para recuperação de Área de Preservação Permanente (APP); Reflorestamento e florestamento com espécies nativas e/ou exóticas, em áreas degradadas/alteradas de uso alternativo do solo e para recuperação de Área de Reserva Legal; e Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, Lavoura-Floresta, Pecuária-Floresta ou Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e de Sistemas Agroflorestais (SAFs). | 8,53%, mais bônus de adimplência de 15,00% sobre os encargos financeiros, desde que a parcela da dívida seja paga até a data do respectivo vencimento. | Carência: até 12 anos. Reembolso: • investimento fixo ou misto – até 20 anos, incluída a carência; • investimento semifixo ou misto – até 10 anos, incluída a carência de até 6 anos; |

| Linha de crédito | Beneficiários | Finalidade | Taxa de juros | Prazos para reembolso e carência |
|--------------------------------|--|--|--|---|
| FNO Amazônia Sustentável | Produtores rurais, suas cooperativas e associações; pessoas jurídicas de direito privado, dos setores primário, secundário e terciário, inclusive Sociedades de Propósito Específico (SPE) e empresas individuais; e empresas públicas não dependentes de transferências financeiras do Poder Público. | Atividades do segmento industrial de transformação de produtos florestais madeireiros e não madeireiros oriundos de áreas de manejo florestal sustentável, reflorestamento e recuperação de áreas desflorestadas e/ou alteradas. | 8,53%, mais bônus de adimplência de 15,00% sobre os encargos financeiros, desde que a parcela da dívida seja paga até a data do respectivo vencimento. | Carência: até 6 anos. Reembolso: - investimento fixo ou misto – até 12 anos, incluída a carência; - investimento semifixo ou misto – até 10 anos, incluída a carência; - custeio e/ou comercialização – até 2 anos. |

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano nacional de desenvolvimento de florestas plantadas**: PlantarFlorestas. Brasília, DF, 2018. 52 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/outras-publicacoes/plano-nacional-de-desenvolvimento-de-florestas-plantadas.pdf/view>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC** (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, DF, 2012. 173 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 25 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. Decreto n. 8.375, de 11 de dezembro de 2014. Define a Política Agrícola para Florestas Plantadas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 241, 12 dez. 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8375.htm>. Acesso em: 25 jan. 2019.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Guia de financiamento florestal**: 2016. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2016. 104 p. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/1799-guia-de-financiamento-florestal-2016/file>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SILBERNAGEL, E. U. A. **A política de floresta plantada na administração pública federal**. Brasília, DF. 2013. 153 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

5

Zoneamento edafoclimático do mogno-africano (*Khaya ivorensis*) para o Brasil

Derblai Casaroli

Flávio de Oliveira Rosa

José Alves Júnior

Adão Wagner Pêgo Evangelista

Bárbara Vieira de Brito

Diogo Silva Pena

Rafael Battisti

Márcio Mesquita

Introdução

Nas últimas décadas, as acentuadas explorações de espécies florestais nativas provocaram significativa diminuição de madeiras nobres, especialmente no Hemisfério Sul, em países de clima tropical e subtropical. No Brasil, na região Amazônica, as taxas de desmatamento aumentaram a partir de 1991, atingindo um valor máximo em 2004, sendo decrescente a partir deste ponto (INPE, 2006). Neste cenário, vale lembrar que as madeiras obtidas de reflorestamento têm se mostrado uma nova tendência de mercado, pois são obtidas de forma mais racional, além de serem legalizadas (Souza, 2012).

Como alternativa de madeira nobre para atender ao mercado futuro, o mogno-africano vem ganhando espaço no Brasil, principalmente a espécie *Khaya ivorensis* A. Chev., graças aos bons resultados apresentados em pesquisas da Embrapa, sendo uma das espécies preferidas pelos reflorestadores no Estado do Pará. Esta espécie tem grande importância econômica em função do seu elevado valor comercial e por ter crescimento relativamente rápido, o que possibilita a recuperação de áreas degradadas (Falesi; Baena, 1999; Poltronieri et al., 2002). Além disto, o mogno-africano apresenta resistência à broca-do-ponteiro (*Hypsipyla grandella* Zeller), comum no mogno-brasileiro (Poltronieri et al., 2002), o que representa uma vantagem técnica e econômica do mogno-africano.

Entretanto, há uma carência de informações que definam as condições ideais para a implantação da cultura do mogno-africano, podendo ter reflexos em menor produção e, conseqüentemente, prejuízos financeiros. Desta forma, o zoneamento edafoclimático é uma importante ferramenta para um cultivo planejado, pois a utilização dos recursos naturais de forma racional reflete na otimização de investimentos (Rocha, 1997; Sediyaama et al., 2001).

A produtividade florestal sofre influência direta das condições climáticas que, a rigor, são consideradas variáveis que não permitem controle, exceto em cultivos protegidos, nos quais se justificam investimentos financeiros (Ribeiro, 2009). As variáveis climáticas são influenciadas pelo relevo, pela altitude e pela exposição das serras (Siqueira et al., 2004).

Áreas aptas possuem características peculiares do meio físico (clima e solo) e das necessidades ecofisiológicas das espécies de interesse (Fritzsons et al., 2012). Deste modo, o zoneamento edafoclimático é fundamental no balizamento das tomadas de decisões, uma vez que avalia a compatibilidade entre espécies cultivadas e o ambiente, de modo a caracterizar e delimitar regiões com maior ou menor aptidão, ou seja, com melhor adaptação da espécie. Neste contexto, este capítulo apresenta o zoneamento edafoclimático para plantas de *K. ivorensis* no Brasil.

Identificação das condições ambientais

Para a identificação de zonas aptas e inaptas para o cultivo em território brasileiro, em primeiro lugar foi realizado o levantamento das características de clima (Grey, 1979; Freemeteeo, 2019) e de solo (USDA, 1999) da região de origem dessa espécie. Ressalta-se que as formações de florestas savânicas apresentam feições similares entre os continentes americano e africano, tendo influência das interações climáticas e eventos geológicos (Cole, 1986). Para isto, foram coletados dados de onze países da Costa Ocidental Africana: Libéria, Costa do Marfim, Gana, Togo, São Tomé e Príncipe, Nigéria, Camarões, Gabão, República do Congo, República Democrática do Congo e Angola. Estes países possuem clima Aw/As, descrito como clima tropical com estação

seca (Köppen; Geiger, 1928), sendo Aw com a estação seca no período com dias mais curtos (inverno) e, As, coincidindo a estação seca com dias mais longos (verão) (**Figura 1**).

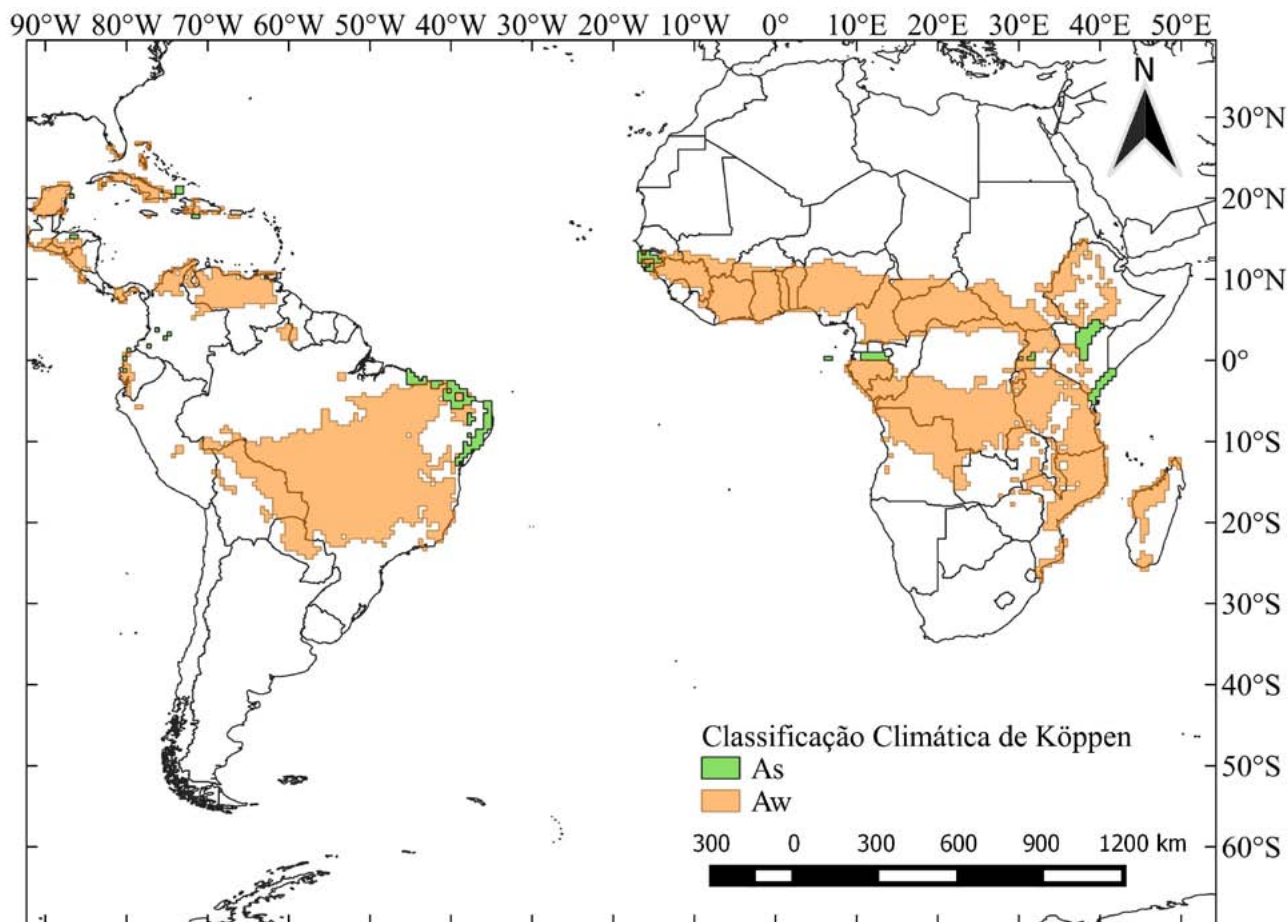


Figura 1. Mapa mundial das regiões que possuem clima tropical com estação seca, dos tipos climáticos Aw e As.

Fonte: (Köppen; Geiger, 1928)

A partir desta caracterização foram estabelecidos critérios de exigências edafoclimáticas de *K. ivorensis*. Os critérios foram baseados nos conceitos de temperatura basal inferior, superior e ótima para o crescimento vegetal, sendo: temperatura basal inferior igual a 18,00°C e superior de 35,00°C, estimadas a partir das temperaturas mínimas e máximas da região de origem. Já a faixa

ótima de temperatura foi obtida com base na média das temperaturas mínimas (23,50°C) e máximas (29,50°C) de todos os países, sendo a temperatura ótima a média das temperaturas médias dos países (27,50°C) (**Tabela 1**).

Tabela 1. Precipitação média anual (mm), temperatura média, máxima e mínima anual (°C) e classes predominantes de solos para os países que formam a região de origem da espécie *Khaya ivorensis* A. Chev.

| Países | Precipitação média anual | Temperatura média anual | Temperatura máxima anual | Temperatura mínima anual | Clima | Solo |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--|
| Libéria | >2.000,00 | 25,00 | 27,00 | 24,00 | Equatorial | - |
| Costa do Marfim | 1.300,00 | 27,00 | 32,00 | 22,00 | Tropical e semiárido | Argissolo |
| Gana | 830,00 | 23,00 | 28,00 | 25,00 | Tropical | Argissolo |
| Togo | <1.000,00 | 27,00 | 35,00 | 20,00 | Tropical | Argissolo |
| Nigéria | >1.000,00 | 30,00 | 37,00 | 23,00 | Tropical-úmido | Insular e Equatorial |
| Camarões | 3.000,00 | 23,00 | 28,00 | 18,00 | Equatorial | Latossolo, Neossolo quartzarênico, Argissolo |
| Gabão | >3.000,00 | 25,00 | 32,00 | 23,00 | Equatorial quente úmido | Latossolo, Neossolo Litólico, Argissolo |
| República do Congo | >1.200,00 | 23,00 | 20,00 | 27,00 | Equatorial quente úmido | Latossolo, Neossolo quartzarênico, Argissolo |
| República Democrática do Congo | 1.500,00 | 25,00 | 26,00 | 24,00 | Tropical úmido e semiárido | Argissolo e Latossolo |
| Angola sem deserto | 1.200,00 | 24,00 | 15,00 | 35,00 | Tropical | Neossolo Litólico, Argissolo |

As temperaturas cardinais (basal inferior, superior e ótima) para *K. ivorensis* se encontram indicadas na **Figura 2**, sendo estas temperaturas consideradas adequadas para o crescimento e desenvolvimento dessa espécie.

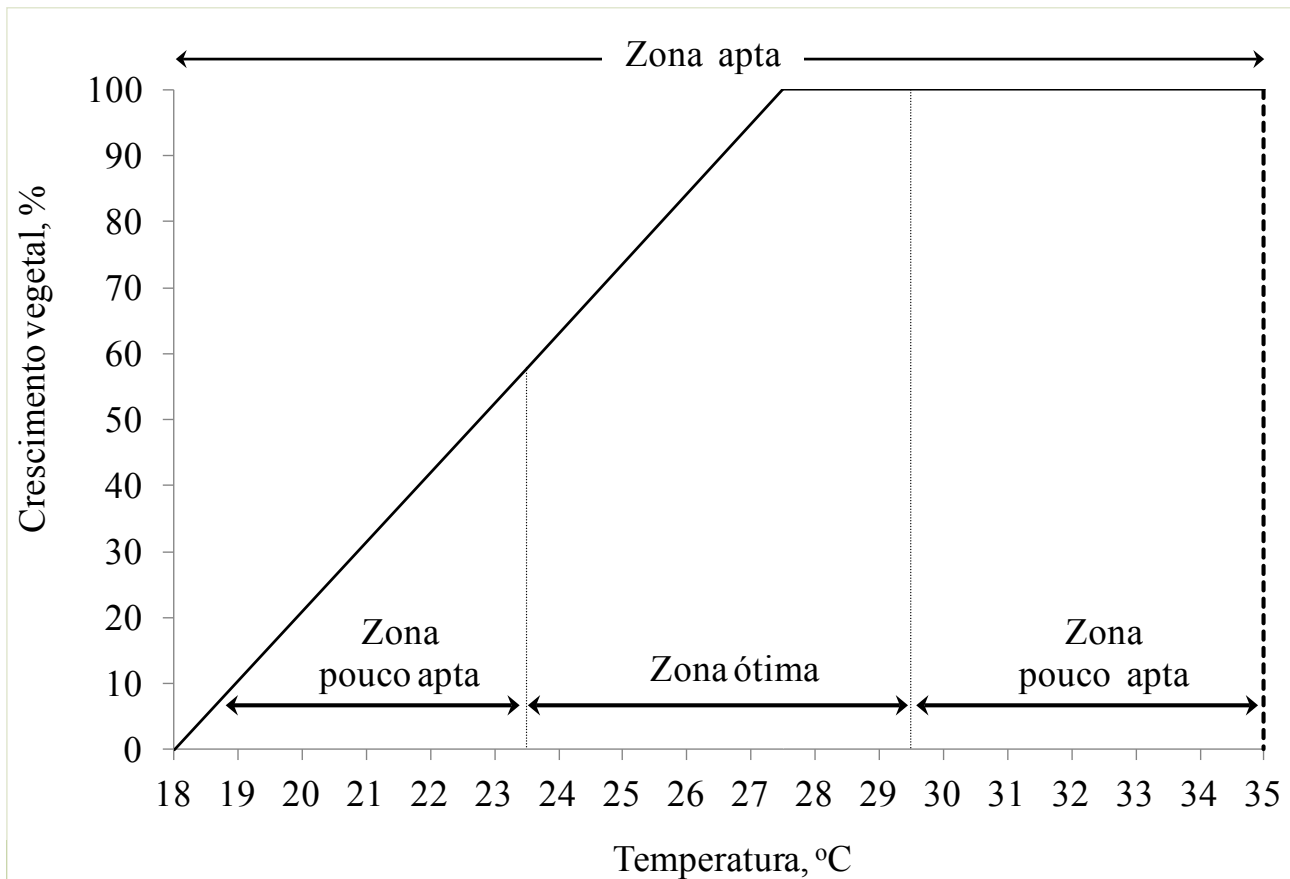


Figura 2. Zonas de aptidão da variável temperatura para o cultivo da espécie *Khaya ivorensis* A. Chev.: zona apta ($18,00\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 35,00\text{ }^{\circ}\text{C}$), ótima ($23,50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 29,50\text{ }^{\circ}\text{C}$), pouco apta ($18,00\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 23,50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $29,50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 35,00\text{ }^{\circ}\text{C}$) e inapta ($18,00\text{ }^{\circ}\text{C} > T > 35,00\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Depois de estabelecidas as faixas de exigências, estas foram relacionadas às normais climatológicas de temperatura e pluviosidade anuais do Brasil (INMET, 2018) e, também, aos tipos de solos brasileiros (Santos et al., 2013; IBGE, 2013), possibilitando a construção de mapas específicos (**Figuras 3, 4, 5**). Para isto foi utilizada a metodologia de Krigagem ordinária, sendo

estabelecidas seis classes de precipitação pluviométrica anual, as quais variaram de 150,00 mm a 3.625,00 mm e nove classes para a temperatura média anual, variando desde 13,00 °C até 29,00 °C.

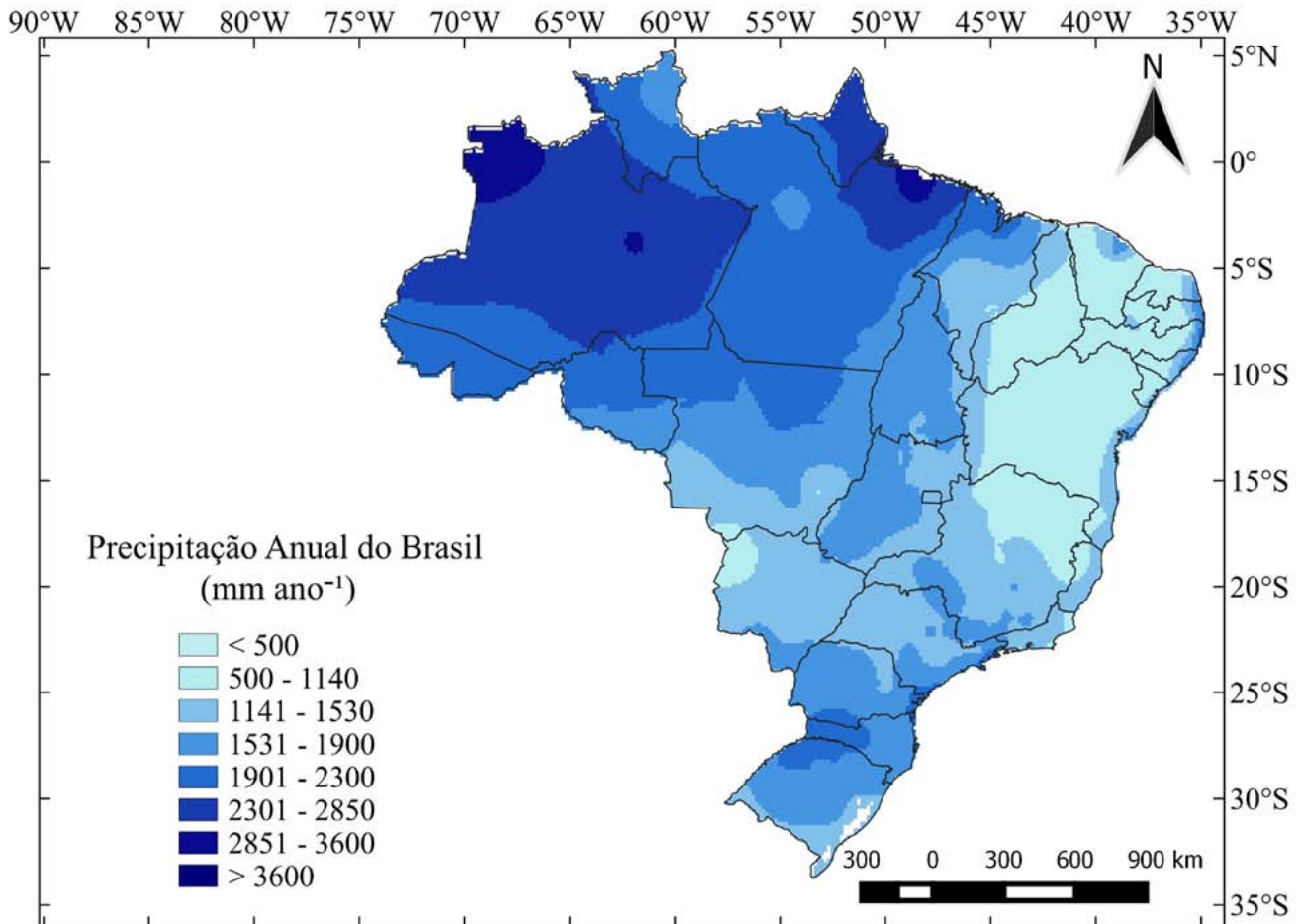


Figura 3. Normal climatológica de precipitação pluviométrica anual (1961-1990) para o Brasil.

Fonte: INMET (2018)

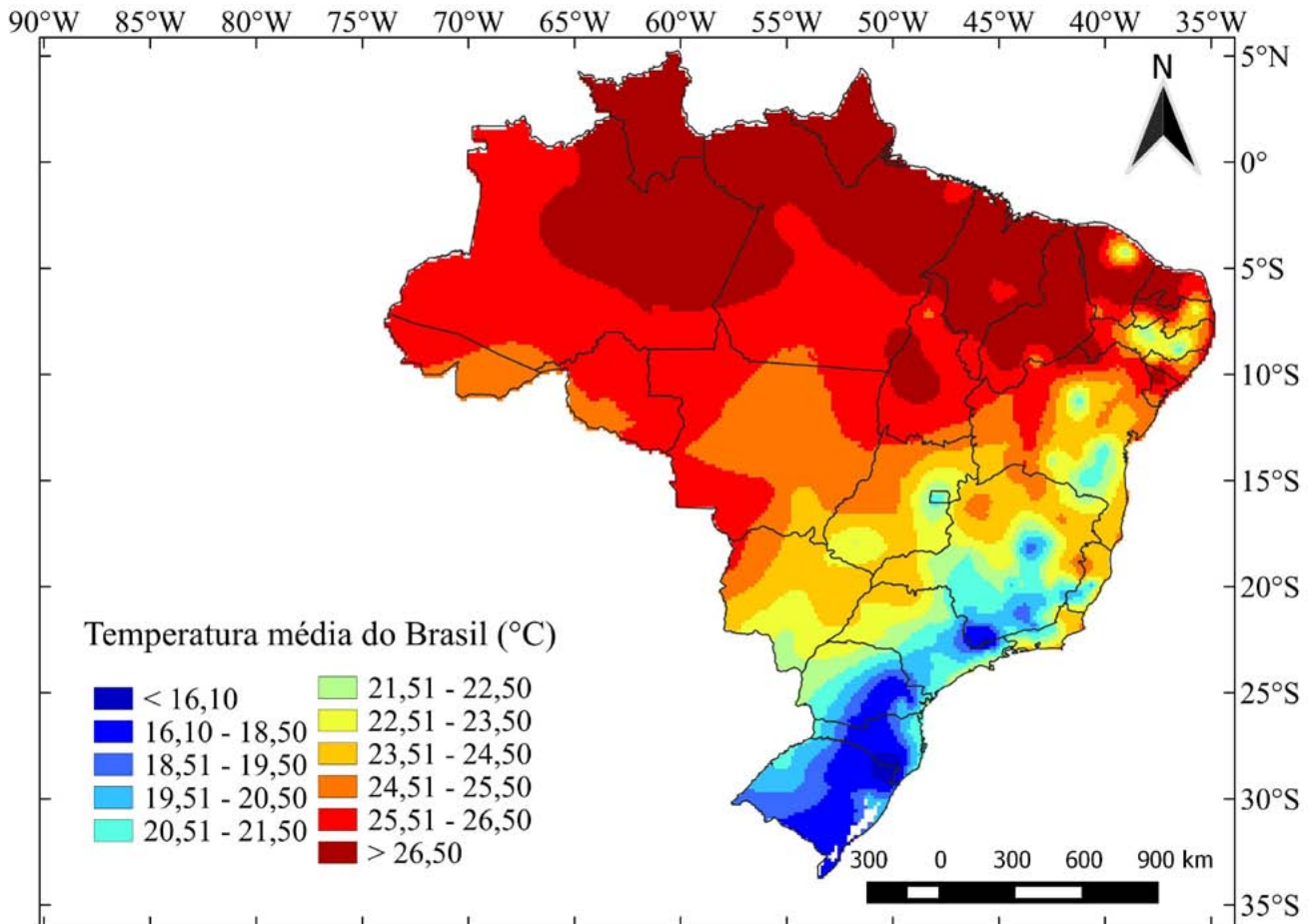


Figura 4. Normal climatológica de temperatura média do ar (1961-1990) para o Brasil.

Fonte: INMET (2018)

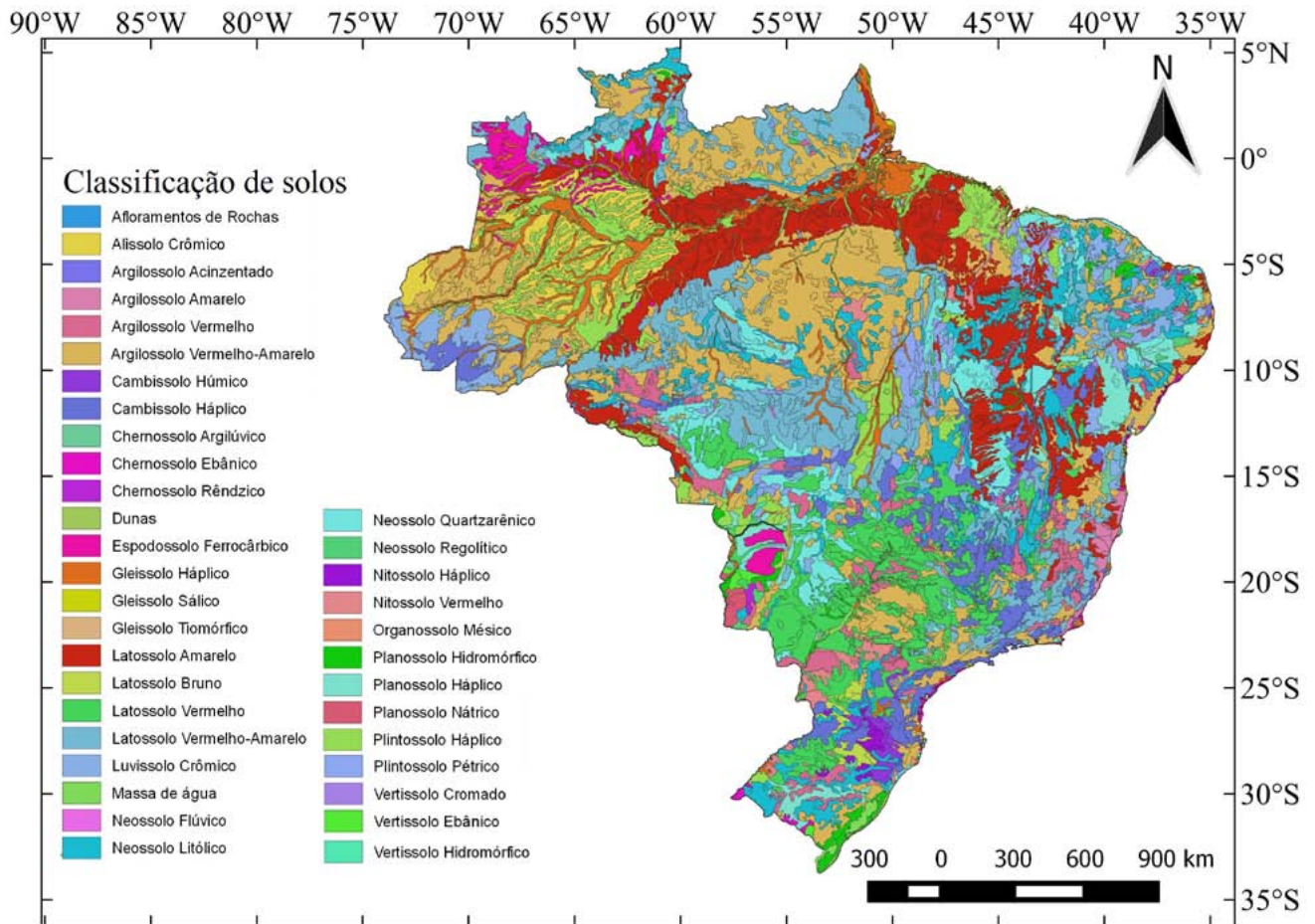


Figura 5. Mapa de solos para o Brasil.

Fonte: Santos et al. (2013) e IBGE (2013)

Para a precipitação pluvial, foram consideradas aptas as regiões com intensidades na faixa entre 830,00 mm ano⁻¹ e 3.000,00 mm ano⁻¹. Esses valores se referem a menor e a maior precipitação pluviométrica encontradas na região de origem, sendo inaptas as áreas com valores inferiores a 830,00 mm ano⁻¹ e superiores a 3.000,00 mm ano⁻¹. Vale ressaltar que, embora a Angola tenha apresentado uma precipitação pluviométrica de 660,00 mm ano⁻¹, portanto inferior à mínima considerada neste estudo, essa média de precipitação não foi levada em consideração. Isto porque esse País apresenta uma região desértica, contribuindo que esse valor médio decresça de forma discrepante aos demais valores.

Na Costa Ocidental Africana são verificadas as predominâncias dos seguintes tipos de solos: Argissolo, Latossolo, Insular, Equatorial, Neossolo quartzarênico e Neossolo litólico (USDA, 1999). Alguns destes solos também são encontrados nas diferentes regiões brasileiras, tais como: Argissolo, Latossolo e Neossolos (Santos et al., 2013; IBGE, 2013). Desta forma, zonas edáficas aptas foram aquelas que apresentaram o mesmo tipo de solo, entre a região de origem e as regiões brasileiras e, inaptas, com tipos de solos diferentes.

A partir da união das informações referentes às exigências edafoclimáticas de *K. ivorensis* e às condições de climas e de solos brasileiros, foram criadas classes de aptidão para a implantação desta cultura, nas quais se considerou: **a)** apta: quando todas as variáveis fossem aptas; **b)** aptas com restrições leves: se apenas uma variável fosse pouco apta ou inapta; **c)** aptas com restrições moderadas: se, ao menos, duas variáveis fossem pouco aptas ou inaptas; **d)** restrita: caso duas variáveis fossem pouco aptas e inaptas ou, apresentassem duas variáveis inaptas e **e)** inapta: todas as variáveis fossem consideradas inaptas (**Tabela 2**).

Tabela 2. Classes de aptidão edafoclimática para o cultivo de *Khaya ivorensis* A. Chev.

| Classes de aptidão | Solo | Temperatura | Precipitação |
|----------------------------------|--------|---|---|
| Apto | Apto | Apta (24,00 °C a 29,50 °C) | Apta (830,00 mm ano ⁻¹ a 3.000,00 mm ano ⁻¹) |
| Apto com restrições leves | Apto | Pouco Apta (18,00 °C a 23,50 °C) ou (29,50 °C a 35,00 °C) | Apta |
| | Apto | Apta | Inapta (< 830,00 mm ano ⁻¹ ou >3.000,00 mm ano ⁻¹) |
| Apto com restrições moderadas | Apto | Pouco Apta | Inapta |
| | Apto | Inapta (< 18,00 °C ou >35,00 °C) | Apta |
| | Inapto | Apta | Apta |
| Restrito | Inapto | Pouco Apta | Apta |
| | Inapto | Pouco Apta | Inapta |
| | Inapto | Apta | Inapta |
| | Inapto | Inapta | Apta |
| | Apto | Inapta | Inapta |
| Inapto | Inapto | Inapto | Inapta |

Resultados do zoneamento

Com base nestes critérios, a interpolação por Krigagem Ordinária originou produtos cartográficos denominados de mapa de aptidão climática (**Figura 6**) e mapa de aptidão edafoclimática (**Figura 7**) para a cultura de *K. ivorensis* no Brasil.

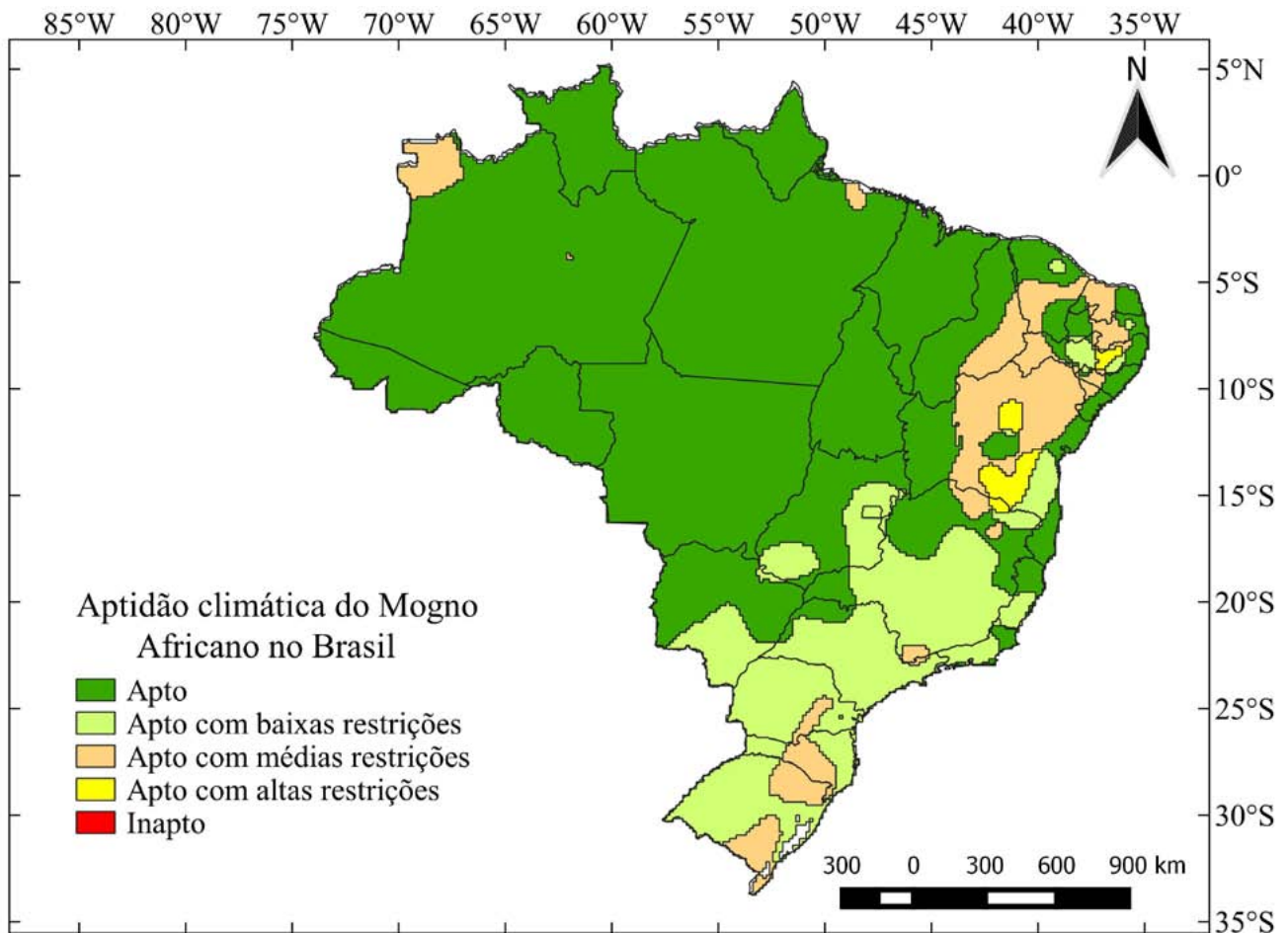


Figura 6. Mapa de aptidão climática da espécie *Khaya ivorensis* A. Chev. no Brasil.

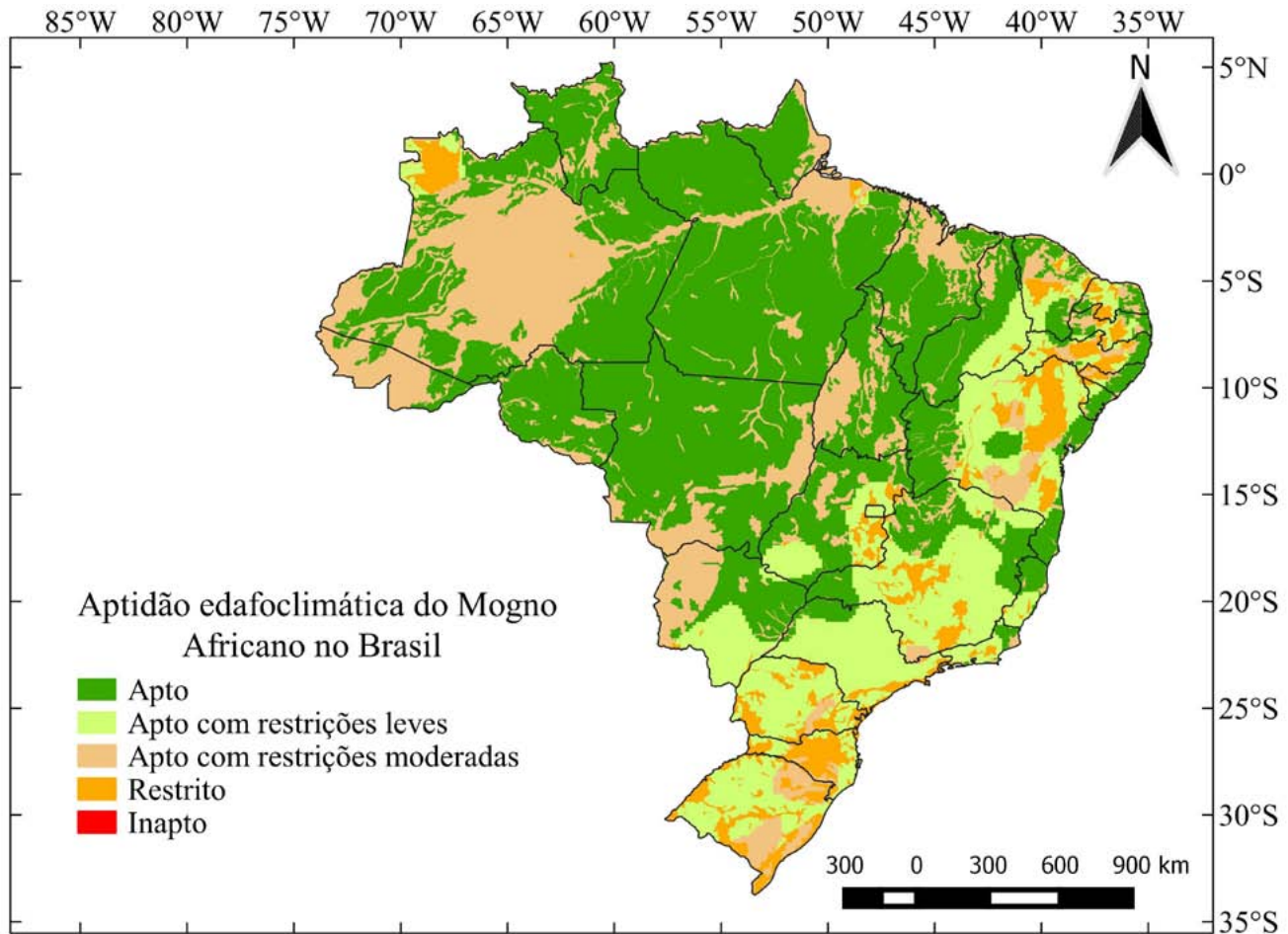


Figura 7. Mapa de aptidão edafoclimática da espécie *Khaya ivorensis* A. Chev. no Brasil.

Ao se considerar apenas as variáveis climáticas, observa-se que o Brasil é predominantemente apto (45,72% do território) e apto com restrições leves (17,12%), moderadas (31,68%), altas restrições (5,44%) e apenas 0,04% inapto ao cultivo da espécie *K. ivorensis*. Com relação à classificação edáfica, 70,07% foi considerado apto e 29,93% inapto. Com a sobreposição das características de clima e de solo, a classificação edafoclimática evidenciou que 55,62% foi apto, 11,66% apto com restrições leves, 25,00% apto com restrições moderadas e 7,71% restrito.

A Região Sul do Brasil apresenta uma menor aptidão ao cultivo da espécie *K. ivorensis* em relação às demais regiões. Isto se deve, principalmente, pelas restrições térmicas (temperatura do ar), podendo limitar o crescimento e o desenvolvimento desta espécie em determinados períodos do ano, em que se observam temperaturas inferiores a 18,00 °C. Foi também identificada uma pequena região inapta no País (0,01%), localizada próxima ao litoral do estado de São Paulo.

Foram considerados predominantemente aptos, ou seja, apto ou apto com restrições leves para o plantio de *K. ivorensis*, o território que abrange os estados do Amapá, Goiás, Tocantins, Ceará, Rondônia, Roraima, Pará, Piauí e grande parte do Mato Grosso, além do sul e sudoeste do Maranhão, norte, nordeste e sul de Mato Grosso do Sul, norte e leste da Amazônia e, também, quase toda região litorânea, estendendo-se desde o Estado do Rio Grande do Norte até a região norte do estado do Rio de Janeiro. Para o estado de Goiás, estudos corroboram a existência de regiões edafoclimáticas aptas para o plantio do mogno-africano (Brito et al., 2013; Rosa, 2014).

O cultivo de *K. ivorensis* vem aumentando de modo significativo em função de sua boa adaptação ao território brasileiro, por ser uma espécie que tolera grande variação climática. Essa espécie é encontrada em florestas úmidas e em zonas subtropicais, porém, não há registro natural de ocorrência em áreas mais secas, mesmo em seu continente de origem, como a região desértica da Angola (Whitmore, 1983). Já o mogno sul-americano (*Swietenia macrophylla* King.) é geralmente encontrado e melhor adaptado às florestas tropicais secas, com temperatura anual média de 24,00 °C, com precipitação anual entre 1.000,00 mm ano⁻¹ a 2.000,00 mm ano⁻¹ (Gullison et al., 1996; Lamb, 1996; Grogan et al., 2002; Souza et al., 2010).

O potencial adaptativo de *K. ivorensis* às condições climáticas brasileiras possui similaridades ao potencial adaptativo da *Tectona grandis* L. f. (teca) (Pandey; Brown, 2000; Fonseca, 2004; Figueiredo et al., 2005), pois ambas as espécies exigem climas tropicais úmidos e quentes, com precipitação entre 1.300,00 mm ano⁻¹ a 2.500,00 mm ano⁻¹. *Tectona grandis* obtém adequado crescimento e desenvolvimento em uma ampla faixa de temperatura do ar (13,00 °C a 43,00 °C), em estação seca, apresentando disponibilidade hídrica inferior a 50,00 mm mês⁻¹ (Fonseca, 2004). Desta forma, esta capacidade adaptativa dessas espécies se constitui em uma alternativa importante quanto à diversificação de atividades, bem como agregação de valor para o produtor.

Vale ressaltar que as restrições apontadas neste estudo em determinadas áreas, tal como na Região Sul do Brasil, demonstram possíveis dificuldades que as plantas poderão sofrer. No entanto, aparentemente não há relatos disponíveis quanto crescimento do *K. ivorensis* na região considerada restrita neste estudo.

Em estudos de zoneamentos edafoclimáticos é importante definir uma ordem de prioridade quanto aos fatores ambientais que influem diretamente no crescimento vegetal, as diferentes categorias que estão ligadas à produtividade florestal. Na literatura se encontra a proposta da seguinte sequência: clima, relevo, textura e fertilidade do solo, apontando o clima como o responsável pelas maiores variações na produtividade, sendo seus efeitos notados em regiões extensas, enquanto as variáveis topográficas e as pedológicas melhor explicam o crescimento arbóreo em pequenas regiões (Gonçalves et al., 1999).

Considerações finais

A partir de levantamentos da temperatura média do ar, da pluviosidade média anual, dos tipos de solos, provenientes da região de origem de *K. ivorensis* e das normais climatológicas de temperatura média do ar e de pluviosidade anual, bem como dos tipos de solos das diferentes regiões do Brasil, foi possível, em ambiente de sistema de informações geográficas, a construção de mapas que delimitaram zonas aptas, aptas com restrição, restritas e inaptas para o adequado crescimento e desenvolvimento do mogno-africano, em território brasileiro. Assim, destacam-se as regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste como passíveis de produção e a Região Sul, devendo-se observar as suas limitações, sobretudo, climáticas. Entretanto, vale ressaltar que estudos de campo nas diferentes regiões edafoclimáticas do Brasil deverão ser realizados para validar estas informações.

Referências

BRITO, B. V. de; CASAROLI, D.; PEREIRA, G. W. M.; ROSA, F. de O.; ALVES JÚNIOR, J. Aptidão edafoclimática da cultura do mogno-africano para o Estado de Goiás utilizando uma ferramenta SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 60-65.

COLE, M. M. **The savannas: biogeography and geobotany.** London: Academic Press, 1986. 438 p.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. **Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/388796/1/OrientalDoc4.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FIGUEIREDO, E. O; OLIVEIRA, L. C.; BARBOSA, L. K. F. **Teca (*Tectona grandis* L.F.): principais plantas do futuro empreendedor florestal.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. 87 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/504317/teca-tectona-grandis-l-f-principais-perguntas-do-futuro-empreendedor-florestal>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FONSECA, W. G. **Manual para produtores de teca (*Tectona grandis* L.F.) en Costa Rica.** Heredia: FONAFIFO, 2004. 121 p. Disponível em: <http://www.sirefor.go.cr/Documentos/Reforestacion/2004_Fonseca_ManualProductoresTeca.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FREEMETEO. **Tempo meteorológico e climas para cidades, vilarejos e topônimos no mundo**. Disponível em: <<https://freemeteo.com.br>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

FRITZSONS, E.; AGUIAR, A. V.; GRABIAS, J.; FREITAS, M. L. M. de; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Zoneamento climático para plantio experimental de *Pinus maximinoi* no Estado de São Paulo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 79-92, 2012. DOI: 10.4336/2012.pfb.32.69.79.

GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, J. C.; OLIVEIRA, D. B. de; SIMIONATO, J. L. de. A.; GANDARA, F.; CENCI, S. Estabelecimento de reflorestamentos mistos com espécies típicas da Mata Atlântica, em função do cultivo mínimo ou intensivo do solo e do controle de plantas invasoras. **Revista Árvore**, v. 23, n. 3, p. 259-70, 1999.

GREY, D. C. Site quality prediction for *Pinus patula* in the Glengarry area, Transkei. **South African Forestry Journal**, v. 111, n. 1, p. 44-48, 1979. DOI: 10.1080/00382167.1979.9630207.

GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A. **Mogno na Amazônia brasileira: ecologia e perspectivas de manejo**. Belém: Imazon, 2002. 56 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.2302.0965

GULLISON, R. E.; PANFIL, S.; STROUSE, J. J.; HUBBELL. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* Ling) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 122, n. 1, p. 9-34, 1996. DOI: 10.1111/j.1095-8339.1996.tb02060.x.

IBGE. **Mapas de solos brasileiros**. Rio de Janeiro, [2018]. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em: 20 fev. 2018.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Estimativas anuais desde 1988: taxa de desmatamento anual (km²/ano)**. São José dos Campos: 2006. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2005.htm>. Acesso em: 19 abr. 2019.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gothia: Verlag Justus Perthes, 1928.

LAMB, F. B. **Mahogany of Tropical America: its ecology and management**. Ann Arbor: University of Michigan, 1996. 220 p.

PANDEY, D.; BROWN, C. La teca: una visión global. **Revista Internacional de Silvicultura y Industrias Forestales**, v. 51, n. 201, p. 3-13, 2000. Disponível em: <<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/x4565s/X4565s02.PDF>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

POLTRONIERI, L. S.; ALBUQUERQUE, F. C.; TRINDADE, D. R.; DUARTE, M. L. R.; CARVALHO, J. E. U.; MULLER, C. Detecção de *Phamerochaete salmonicolor* em mogno-africano no Estado do Pará. **Fitopatologia Brasileira**, n. 27, v. 3, p. 321, 2002.

RIBEIRO, C. A. D. **Delimitação de zonas agroclimáticas para a cultura do eucalipto no norte do Espírito Santo e sul da Bahia**. 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.

ROCHA, J. M. **Manual de projetos ambientais**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 1997. 446 p.

ROSA, F. O.; CASAROLI, D.; COSTA, F. R.; ALVEZ JÚNIOR, J. Crescimento e desenvolvimento do mogno-africano cultivado em ambiente protegido e em campo. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2014. p. 2388-2393.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. dos; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de; SANTOS, A. R. dos; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N. da; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001.

SIQUEIRA, J. D. P.; LISBOA, R. S.; FERREIRA, A. M.; SOUZA, M. F. R. de; ARAÚJO, E.; LISBÃO JÚNIOR, L.; SIQUEIRA, M. de M. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S. A. e extensão florestal do Governo do Estado do Espírito Santo. **Floresta**, Edição Especial, p. 3-67, 2004. DOI: 10.5380/rf.v34i2.2410.

SOUZA, C. A. S. de; TUCCI, C. A. F.; SILVA, J. F. da; RIBEIRO, W. O. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, v. 40, n. 3, p. 515-522, 2010. DOI: 10.1590/S0044-59672010000300010.

SOUZA, F. M. **Caracterização socioeconômica e ambiental de produtos florestais não madeireiros de famílias agroextrativistas, em quatro municípios de Goiás**. 2012. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

USDA. United States Department of Agriculture. **Soil taxonomy**: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington: USDA, 1999. 863 p. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051232.pdf>. Acesso: 23 abr. 2019.

WHITMORE, J. L. *Swietenia macrophylla* and *S. humilis* (caoba, mahogany). In: JANZEN, D. H. (Ed.). **Costa Rica natural history**. Chicago: University of Chicago Press. 1983. p. 331-333.

6

Aspectos silviculturais

Alisson Moura Santos

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Ananda Virgínia Aguiar

Antonio Nascim Kalil Filho

Eduardo Ciriello

João Augusto da Silva

Canrobert Tormin Borges

Introdução

O estabelecimento de plantios florestais comerciais, com a finalidade de produção de madeiras nobres, tem crescido consideravelmente nos últimos anos, no território brasileiro. Neste cenário, são observadas várias iniciativas de instituições públicas e privadas e, também, de produtores/silvicultores, em diferentes regiões do País, pela busca e pelo desenvolvimento de informações silviculturais sobre o mogno-africano (*Khaya* spp.), seja no formato de monocultivos ou de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (Falesi; Baena, 1999; Pinheiro et al., 2011; Aquino et al., 2018).

Embora todos os trabalhos conduzidos até o momento sejam louváveis, a insuficiência de informações ainda tem sido um grande obstáculo aos silvicultores que se têm dedicado ao estabelecimento de plantios de mogno-africano. A necessidade de pesquisas e de aporte considerável e constante de recursos, por parte de instituições públicas e privadas, são questões cruciais nesse processo, de forma a contribuir com a sustentabilidade desses cultivos. Essa mesma necessidade também é relatada ao cultivo de *Khaya* na Austrália, maior produtor mundial de *K. senegalensis* (Nikles et al., 2008, 2015). Entretanto, uma informação interessante é que, até certo ponto, o conhecimento adquirido ao longo dos anos com as espécies de rápido crescimento, como o eucalipto, pode ser transferido para os sistemas de produção das espécies florestais de madeiras nobres.

Todavia, deve-se considerar as peculiaridades de cada espécie e também as possíveis diferenças quanto aos nichos de mercado entre uma espécie produtora de madeira nobre e aquelas que, pelo seu crescimento rápido e ciclo de rotação mais curto, têm sido rotineiramente usadas para celulose e papel, carvão vegetal, lenha e produção de painéis reconstituídos, em vários países (IBÁ, 2017). Para cada produto gerado é requerida um tipo de madeira com propriedades específicas. No caso da madeira de mogno-africano, por se

tratar de uma madeira nobre, seu principal objetivo é a obtenção de madeira para serraria e laminação. Informações sobre cada uma das espécies e as propriedades tecnológicas das madeiras de diferentes espécies de *Khaya* serão fornecidas em capítulos específicos desse livro.

Para o atendimento das demandas e fornecimento de madeira com a qualidade compatível ao produto desejado, deve-se planejar adequadamente as atividades envolvidas e os vários fatores considerados. No caso específico dos plantios florestais, os principais fatores que condicionam o sucesso do empreendimento são: **a)** finalidade do plantio (produto a ser obtido), **b)** escolha adequada da espécie/material genético; **c)** adaptação do material genético às condições ambientais do local do plantio (“sítio”), **d)** nível de melhoramento genético da semente ou clone utilizado, **e)** conhecimento aprofundado sobre silvicultura e manejo da espécie selecionada, **f)** índice de produtividade de madeira, **g)** existência de mercado consumidor, **h)** plantio em raio econômico viável em relação ao preço de venda do produto obtido; **i)** contratação de profissional habilitado para realizar a elaboração e execução do projeto de viabilidade técnica e econômica do plantio e **j)** rentabilidade do plantio (Botelho, 2003; Higa; Higa, 2000).

Dessa maneira, buscou-se apresentar neste capítulo as informações relacionadas aos aspectos silviculturais e de manejo de espécies pertencentes ao gênero *Khaya*.

Planejamento do empreendimento

Para que o empreendimento consiga atender às demandas de mercado, alguns aspectos importantes devem ser considerados pelo produtor, especialmente relacionados ao planejamento florestal e execução dos procedimentos operacionais no cultivo do mogno-africano. O primeiro aspecto a ser avaliado,

logicamente, refere-se à finalidade do plantio, ou seja, uso futuro da floresta. O planejamento é importante para se conhecer, antecipadamente, a existência atual e/ou futura de mercado, a quantidade demandada, bem como o raio econômico de transporte da unidade de beneficiamento ou de utilização da madeira a ser produzida (Paiva et al., 2011). Adicionalmente, um planejamento operacional deve ser realizado de modo a estabelecer um cronograma de atividades, bem como diagnosticar e propor medidas que promovam a melhoria na eficiência das operações de cultivo do mogno-africano. Deve-se levar em consideração os recursos financeiros, materiais e humanos disponíveis, de forma a atender o cronograma e seus respectivos prazos. É fundamental que as operações realizadas durante todo o cultivo estejam alinhadas com o uso final da madeira, ou seja, as operações devem ser realizadas com foco na qualidade do produto final a ser obtido (Paiva et al., 2011).

O segundo ponto refere-se às avaliações das condições de clima e do solo da região em que se pretende realizar o cultivo do mogno-africano. As condições climáticas avaliadas, normalmente, são a temperatura média anual; a umidade relativa do ar, a ocorrência de ventos; o número de meses de ocorrência de deficiência hídrica ou de geadas, a depender da região de plantio e o volume e a distribuição de precipitação pluviométrica ao longo do ano. Esses fatores, de maneira geral, são relativamente previsíveis e podem ser obtidos a partir do histórico de levantamentos climáticos e de estudos de zonas bioclimáticas em diferentes condições no País. Outro fator a ser considerado são as condições edáficas e de relevo. A fertilidade natural do solo, associado com as suas características físicas irão direcionar o manejo e à aplicação de adequadas técnicas silviculturais de implantação, manutenção e, inclusive, de colheita.

Outro ponto de fundamental importância é a escolha do material genético a ser utilizado, seja clone ou semente. Deve-se buscar o conhecimento das características desejadas e gerais da espécie escolhida. É indispensável que seja

considerada a relação solo x clima x planta, de modo que seja observada a adaptação da espécie escolhida às condições ambientais do local de plantio (sítio), bem como do comportamento das características desejadas nas condições locais. Assim, o material genético deve também estar diretamente relacionado ao produto a ser obtido (madeirável ou não madeirável). Outras informações sobre as espécies e condições ambientais de adaptação são fornecidas no capítulo que trata da descrição das espécies de *Khaya*.

Escolha da área

Para a escolha da área na propriedade rural, onde será estabelecido o plantio florestal, devem ser observados e devidamente resguardados os critérios estabelecidos para a Reserva Legal e para a Área de Preservação Permanente na legislação vigente, nos âmbitos federal, estadual e municipal.

No que tange aos aspectos técnicos, em áreas de topografia acidentada, devem ser considerados os parâmetros necessários para o uso de práticas conservacionistas dos solos. Além disso, deve ser realizada uma sondagem em toda a área com a abertura de trincheiras, de modo a conhecer o perfil do solo e obter informações das condições de compactação, profundidade e drenagem do solo (Paiva et al., 2011).

Ao se considerar as diferentes regiões e condições dos plantios de mogno-africano existentes no Brasil, as espécies têm apresentado um desenvolvimento satisfatório nos mais variados tipos de solos, especialmente relacionados à fertilidade e à classe textural. Assim como já preconizado para as demais espécies florestais, não são recomendados plantios de mogno-africano em

solos que apresentem camada de impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular das mudas, dificuldade de drenagem e lençol freático raso.

Deve-se também conduzir um planejamento dos talhões e das vias de acesso da área, de modo a facilitar as operações de plantio, proteção contra incêndios e as operações de colheita, de baldeio e de transporte das toras de madeira. A escolha de locais de fácil acesso ou próximos às estradas são fundamentais em todas as etapas do empreendimento. Esses aspectos facilitam o transporte de trabalhadores, de insumos e a entrada e a saída de caminhões para a retirada da madeira após o corte.

Preparo do solo e adubação

O preparo do solo é realizado no intuito de propiciar um melhor desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, melhor estabelecimento da floresta (Paiva et al., 2011). É importante sempre considerar o histórico de uso da área, de modo a direcionar as melhores práticas de preparo do solo em cada situação.

No preparo do solo, alguns fatores básicos relacionados ao local de plantio do mogno-africano devem ser considerados, tais como: **a)** condições climáticas (quantidade, distribuição e intensidade da precipitação pluviométrica); **b)** condições edáficas e fisiográficas (declividade, profundidade efetiva de alcance das raízes, gradiente textural do solo (drenagem), existência ou não de compactação do solo e fertilidade do solo); **c)** tipo de vegetação e cobertura de resíduos sobre o solo e **d)** disponibilidade de recursos materiais e econômicos (Gonçalves et al., 2000).

Nos plantios florestais devem ser preconizados os usos de técnicas conservacionistas de solos, tais como: **a)** construção, quando necessário, de bacias de contenção, curvas de nível e/ou terraços; **b)** cultivo mínimo do solo, **c)** uso de corretivos da acidez do solo, para eliminar os efeitos tóxicos do alumínio e fornecer cálcio e magnésio às plantas; **d)** uso de espécies leguminosas como fonte de nitrogênio e de matéria orgânica; **e)** adubação química; e **f)** sistemas silvipastoris ou agrossilvipastoris (Gonçalves et al., 2000; Wadt et al., 2003).

No que tange aos métodos mais utilizados para preparo do solo têm-se: cultivo intensivo (convencional) ou cultivo mínimo do solo (Gonçalves et al., 2000; Botelho, 2003). O cultivo intensivo do solo consiste na forma de prepará-lo por meio do revolvimento das suas camadas superficiais em área total, com incorporação total ou parcial dos resíduos culturais (Gonçalves et al., 2000; Botelho, 2003). Neste método, normalmente, são realizadas operações de aração, gradagem (pesada ou leve) e, quando necessária, a subsolagem das camadas subsuperficiais compactadas (Gonçalves et al., 2000; Botelho, 2003).

Entretanto, há alguns anos, esse sistema tem sido preterido pelo setor florestal brasileiro em detrimento dos benefícios do sistema de cultivo mínimo ou reduzido do solo (Gonçalves et al., 2000, Botelho, 2003). No cultivo mínimo, há reduzido revolvimento do solo, de modo que o preparo é localizado apenas na linha ou na cova de plantio, em diferentes profundidades, a depender do nível de compactação de cada local. Assim, a maior parte dos resíduos culturais, serapilheira, galhos, ponteiros e restos de vegetação são mantidos sobre a superfície do solo (exceto no caso de contaminação de restos vegetais por patógenos) (Gonçalves et al., 2000; Botelho, 2003; Paiva et al., 2011).

Quando se conduz o preparo de solo neste sistema em linha, normalmente é utilizado o implemento subsolador acoplado a um trator, o qual promove

a desestruturação do solo em linha, numa profundidade superior a 40,00 cm (Paiva et al., 2011). Em conjunto com esta operação de subsolagem, também é realizada a distribuição de adubo fosfatado na linha de plantio (Paiva et al., 2011).

Em geral, para o preparo do solo no cultivo mínimo, faz-se aplicação de herbicida pré-emergente em área total, seguido de sulcamento, aplicação de herbicida pré-emergente na linha de plantio, adubação e plantio. No caso do preparo localizado na cova, são usados os escarificadores e as brocas coveadoras (Gonçalves et al., 2000).

Em geral, no que tange ao cultivo de mogno-africano, os solos bem drenados, sem camadas compactadas ou adensadas e de maior fertilidade natural são os mais favoráveis para a realização do cultivo. Entretanto, há relatos de bom desenvolvimento em solos já corrigidos em áreas de Cerrado e Caatinga (Silva; Borges, 2013). Os terrenos inclinados não inviabilizam o cultivo, apenas dificultam o manejo e encarecem o custo de produção, por não permitirem a mecanização (Silva; Borges, 2013). Os solos de textura arenosa requerem maiores cuidados no plantio, principalmente, quanto ao fornecimento de água para o desenvolvimento inicial das mudas (Silva; Borges, 2013).

As recomendações de correção e adubação (plantio e cobertura) do solo devem ser baseadas em análises químicas de solos, de acordo com os níveis críticos, para obtenção de produtividade de madeira satisfatória. A aplicação de calcário contribui para a correção da acidez do solo e para o fornecimento de cálcio e magnésio às plantas. De acordo Muniz et al. (2018), a saturação por bases economicamente indicada para plantações de mogno-africano é de 55,00%. Geralmente, em decorrência da exigência da espécie em cálcio e magnésio, há necessidade de aplicação do calcário em toda a área antes do preparo do solo.

A fosfatagem em florestas comerciais de mogno-africano promove maior crescimento inicial e contribui para o seu melhor estabelecimento no campo. A dosagem de adubo irá variar de acordo os resultados de análises do solo. De acordo com Vasconcelos et al. (2017), em estudos de fertilização fosfatada na implantação do mogno-africano, o aumento das doses de fósforo aplicadas em Argissolo Vermelho-Amarelo promoveu o aumento linear em altura e diâmetro à altura do peito até a dosagem de 120,00 kg ha⁻¹ em *K. senegalensis*, porém esse crescimento só foi observado a partir de um ano de idade.

Estudos de nutrição de plantas em vasos, também com *K. senegalensis*, mostram a importância da aplicação do fósforo para o mogno-africano, em idades iniciais. Os sintomas de deficiência de fósforo foram observados aos 40 dias após o início de irrigação da solução nutritiva, com ausência deste nutriente (Corcioli et al., 2014). Neste caso, foram observados: redução do crescimento da muda e de suas folhas novas, coloração amarelada nas folhas velhas, além de necrose e de secamento das pontas. As folhas mais novas perderam sua coloração vermelha e houve aparecimento de pontos escuros por todo o limbo. Com o passar do tempo, observou-se o aparecimento de manchas cloróticas irregulares, de coloração verde-limão, por todo o limbo das folhas velhas. As folhas novas ficaram encarquilhadas e com coloração amarela acobreada. Normalmente, as dosagens recomendadas e adequadas de fósforo são aplicadas na ocasião do preparo do solo, com o uso de subsolador nos dias que antecedem ao plantio (Silva; Borges, 2013).

Em ensaios conduzidos sob condições controladas, as mudas de mogno-africano, sob sombrite (com 50,00% de sombreamento) e com omissão de nitrogênio em solução nutritiva, apresentaram desenvolvimento inferior já aos 40 dias, com caule fino e folhas pequenas (Corcioli et al., 2014). Os sintomas ocorreram inicialmente nas folhas mais velhas, com clorose seguida de necrose nas margens e senescência. Posteriormente, as folhas jovens apresentaram os

mesmos sintomas. Essas se mostraram pequenas e com coloração vermelha-pálidas. No decorrer dos dias, esses sintomas se tornaram generalizados em toda a planta, sendo também observadas poucas brotações novas.

Na avaliação da deficiência de potássio, observou-se redução no crescimento total das mudas (Corcioli et al., 2014). As folhas novas, inicialmente, apresentaram clorose, seguida de necrose das suas margens e pontas. Os sintomas progrediram até atingir as folhas intermediárias, que secaram da ponta até a ráquis. Em geral, todos os sintomas de deficiência nutricional relatados no trabalho de Corcioli et al. (2014) estão em consonância com outras espécies perenes.

Assim como em outras culturas florestais, as operações de adubação mineral em mogno-africano são executadas de forma particionada. Dessa maneira, é realizada uma adubação na ocasião do plantio e as demais adubações feitas em cobertura, quando já houver pegamento das mudas. A adubação fosfatada é, geralmente, realizada em conjunto com a subsolagem. Como o fósforo é um nutriente relativamente imóvel no solo, o fosfato deve ser incorporado e misturado ao solo, na linha de plantio, até a ocasião do plantio (Paiva et al., 2011).

Controle de formigas

As formigas dos gêneros *Atta* spp. (saúvas) e *Acromyrmex* spp. (quem-quéns) são as mais comuns em plantios florestais no território brasileiro, inclusive em plantios com mogno-africano (Zanetti et al., 2005; Pinheiro et al., 2011). Isso em decorrência de atacarem, intensamente e constantemente, as plantas em qualquer fase de seu desenvolvimento, cortando folhas, flores, brotos e

ramos finos, que são carregados para o interior de seus ninhos sob o solo, o que dificulta seu controle (Zanetti et al., 2005; Pinheiro et al., 2011). Como efeito da ação das formigas, no exterior do formigueiro, se tornam evidentes os montes de terra solta formados pela sua retirada de câmaras e galerias (**Figura 1**) (Zanetti et al., 2005).

Do exposto, o combate às formigas cortadeiras é de fundamental importância em plantios florestais, uma vez que os ataques consistem em fator limitante ao desenvolvimento das plantas e causam perdas (Zanetti et al., 2005). As perdas diretas consistem em morte de mudas e redução do crescimento das árvores (Zanetti et al., 2005). As perdas indiretas consistem em redução da resistência das árvores a outros insetos e aos agentes patogênicos (Zanetti et al., 2005). Os danos em espécies florestais são maiores em árvores com idade variando de um a três anos, sendo que um desfolhamento total retarda o crescimento, enquanto que dois ou três consecutivos, normalmente, acarretam a morte da árvore (Zanetti et al., 2005). Na **Figura 2** são apresentados alguns sintomas desencadeados de ataque de formigas na região apical de planta juvenil de mogno-africano.

Em geral, o método de controle mais rotineiramente e eficazmente utilizado é o químico por meio da aplicação de iscas granuladas, pó seco, termonebulizador ou gás, a depender do nível de infestação e das especificações de cada produto (Botelho, 2003; Zanetti et al., 2005). As operações de controle químico devem ser planejadas de acordo com as fases de desenvolvimento da floresta.

No caso das áreas de implantação de mogno-africano, assim como em outras espécies florestais, os combates podem ser divididos em três etapas: controle inicial, repasse e ronda (Botelho, 2003; Zanetti et al., 2005). O controle inicial é realizado entre 45 e 60 dias antes da limpeza da área para plantio (Botelho, 2003; Zanetti et al., 2005). Em geral, esse controle deve ser realizado no período seco do ano (Zanetti et al., 2005). O repasse deve ser realizado antes do plantio, de

forma a combater os formigueiros que sobreviveram ao primeiro tratamento (Zanetti et al., 2005). Posteriormente, deve ser conduzida a ronda que consiste em vistorias diárias e/ou semanais no primeiro mês após o plantio, quinzenais durante os dois meses seguintes e mensais por mais quatro meses, para verificar a presença de saueiros e quenquenzeiros (Zanetti et al., 2005). É importante que a ronda persista no decorrer das várias fases de desenvolvimento do plantio de mogno-africano, com a execução de controle das formigas sempre que se fizer necessário. Informações sobre outros insetos de importância para mogno-africano são apresentados em capítulo específico deste livro.

Foto: João Augusto da Silva



Figura 1. Detalhe de formigueiro em área a ser preparada para plantio de mogno-africano.



Figura 2. Sintomas posteriores ao ataque de formigas cortadeiras em plantas juvenis de mogno-africano.

Escolha do espaçamento

A escolha do espaçamento de plantios de mogno-africano ainda é um tema muito discutido dentre os produtores e estudiosos. Essa escolha é muito dependente do objetivo do empreendimento, da espécie a ser utilizada, do manejo a ser adotado e das condições edafoclimáticas do local, dentre outros fatores.

Na prática, vários espaçamentos têm sido utilizados no cultivo do mogno-africano nas mais diferentes condições ambientais brasileiras. Para a definição do espaçamento, normalmente o produtor se depara com duas possibilidades. A primeira delas é a possibilidade de estabelecimento de plantios com espaçamentos mais adensados, visando à realização de corte seletivo na idade em que as árvores entrarem em competição (possivelmente, aos oito ou dez anos de idade), com realização de corte final entre 18 e 20 anos. A correta definição da idade de desbaste deve ser avaliada por meio da instalação de parcelas permanentes de inventário florestal. Outras informações sobre esse assunto são abordadas em capítulo sobre crescimento e produção do mogno-africano.

Nestes casos, são indicados espaçamentos que garantem o fechamento de copa mais rápido, fator que reduz custos com operações de matocompetição. Assim, para espaçamentos adensados, normalmente são indicados espaçamentos de 3,00 m x 3,00 m a 4,00 m x 4,00 m. Na maioria dessas recomendações, a espécie *K. senegalensis* é a mais indicada para as condições adensadas. Esta espécie apresenta grande quantidade de galhos, favorecendo o fechamento mais rápido da copa.

A segunda opção é a condução do cultivo com espaçamentos maiores desde a implantação. Portanto, possivelmente, sem necessidade de realização

de desbastes. As recomendações para uso de espaçamentos maiores são para obtenção de maior crescimento, de maior diâmetro e, conseqüentemente, de maior aproveitamento industrial da madeira.

Em cultivos de *K. ivorensis*, nas variadas condições brasileiras, normalmente têm sido utilizados espaçamentos de 5,00 m x 5,00 m, com total de 400 plantas/ha; 6,00 m x 5,00 m, com densidade de 333 plantas/ha; 6,00 m x 6,00 m, com densidade de 278 plantas/ha e 7,00 m x 7,00 m, com densidade de 204 plantas/ha. Entretanto, cabe ressaltar novamente que são necessários estudos para elucidar os melhores espaçamentos para o cultivo das diferentes espécies de *Khaya*, para variadas condições ambientais brasileiras e diferentes usos da madeira. Alguns estudos realizados até o momento são apresentados com mais detalhes no capítulo deste livro que trata das propriedades tecnológicas da madeira de mogno-africano.

Outro importante fator que deve ser considerado na escolha do espaçamento é o valor de compra da muda. O valor médio das mudas ainda é muito alto quando comparado com aqueles de outras espécies florestais tradicionalmente plantadas no Brasil. O valor das mudas seminais de mogno-africano é muito influenciado pelo elevado preço das sementes de mogno-africano e, no caso das mudas clonais, é muito influenciado pela taxa de pegamento das mudas, os quais impactam diretamente no custo de produção do mogno-africano. Além disso, os preços das mudas têm apresentado elevadas variações, em função da localização geográfica do viveiro, da qualidade do material genético e/ou da concorrência existente entre os viveiristas. No ano de 2018, os preços das mudas variaram de R\$ 4,50 a R\$ 7,00.

Sementes e mudas

Um quilograma de sementes de *Khaya* sp. contém de 3.200 a 7.600 sementes, com variações dependentes da espécie/procedência (Lamprecht, 1990; Lemmens, 2008; Maroyi, 2008; Nikiema; Pastenak, 2008; Opuni-Frimpong, 2008). As sementes são recalcitrantes e, quando frescas, chegam a 90,00% de germinação (Lemmens, 2008; Maroyi, 2008; Nikiema; Pastenak, 2008; Opuni-Frimpong, 2008). Duas semanas após a coleta de sementes, a porcentagem de germinação diminui drasticamente (Lamprecht, 1990; Lemmens, 2008; Maroyi, 2008; Nikiema; Pastenak, 2008; Opuni-Frimpong, 2008). A dispersão das sementes é anemófila (pelo vento) (Lamprecht, 1990). Outras informações sobre esse assunto são apresentadas no capítulo que trata sobre as espécies de mogno-africano de interesse no Brasil deste livro.

As mudas devem atender os parâmetros técnicos de qualidade (Botelho, 2003). Assim, na aquisição das mudas de mogno-africano, deve-se atentar para que o material genético (seminal ou clonal) seja de boa procedência e de viveiros credenciados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Além disso, as mudas devem ser novas, eretas e sadias (sem danos físicos e/ou ataques de doenças e insetos-praga). Adicionalmente, devem possuir sistemas radiculares bem formados, sem enovelamentos e serem devidamente rustificadas (Botelho, 2003). É também importante que as mudas sejam classificadas quanto à uniformidade e ao tamanho (Yahya, 2008). Em geral, o tamanho padrão de expedição das mudas é de 25,00 cm a 30,00 cm, com presença de seis a oito pares de folhas e sistema radicular bem formado (**Figura 3**).

Normalmente, as mudas são produzidas em tubetes de 180,00 cm³. Como o tempo médio de formação de mudas é de seis meses, é importante que o produtor realize a encomenda das mudas com antecedência ao plantio.

Atualmente, no Brasil têm sido amplamente comercializadas mudas seminais de mogno-africano, mas há também plantios de clones, selecionados por algumas empresas/viveiros, que estão em fase de teste.

Fotos: João Augusto da Silva



Figura 3. Mudas de mogno-africano em viveiro.

Controle de cupins

Antes do plantio, é fundamental conduzir o tratamento das mudas em caráter de precaução contra o ataque de cupins (Fonseca et al., 2007). Em alguns casos, os viveiros já fornecem esse tipo de serviço, ou seja, as mudas são expedidas com esse tratamento preventivo, cabendo ao produtor unicamente realizar o plantio dessas mudas. Assim, é importante que o produtor faça a prospecção se o viveiro oferece esse tipo de tratamento adicional às mudas.

Caso seja necessário que o produtor realize o tratamento das mudas, é recomendado que os substratos/sistemas radiculares das mudas sejam imersos em solução aquosa contendo o agente cupinicida. A dosagem e o tempo de imersão aplicados devem seguir conforme recomendação do fabricante do produto ou por um técnico especializado. Deve-se atentar para que a parte aérea das mudas (colmo e folhas) não entre em contato com a solução. É recomendado também que haja suspensão da irrigação das mudas antes de se conduzir a imersão, de modo que tenham espaços porosos no substrato das mudas, para melhor absorção da solução.

Após o tratamento das mudas e antes do plantio, evitar irrigações, como precaução à lixiviação do cupinicida. Assim, o tratamento das mudas com cupinicida deve ser feito imediatamente antes do plantio. Informações sobre outros insetos de importância ao mogno-africano são apresentadas em capítulo específico deste livro.

Plantio e replantio

A operação de plantio é relativamente simples. Entretanto, o sucesso do empreendimento florestal depende dos cuidados tomados nesta etapa (Paiva et al., 2011).

A época adequada para o plantio do mogno-africano depende das condições climáticas da região. Em localidade com regime de chuva uniforme e sem deficiência hídrica, o plantio pode ser realizado durante todo o ano (Botelho, 2003). Neste caso, deve-se observar a temperatura local. O plantio em época de temperaturas muito baixas pode inibir ou prejudicar o desenvolvimento raízes, além da muda estar sujeita a danos por geadas, quando for o caso. Em regiões com regime estacional de chuvas, ou seja, com distribuição irregular durante o ano, o plantio deve ser realizado no início do período das chuvas, de forma a favorecer um melhor estabelecimento da planta e para que o solo esteja úmido na profundidade de plantio (Botelho, 2003; Yahya, 2008). Deve-se ressaltar que há relato de perda de plantio jovem de mogno-africano no sul de Minas Gerais, em decorrência de geadas.

No caso de plantio em período de estiagem (veranico), é conveniente o uso da irrigação ou do plantio das mudas com hidrogel (Serra et al., 2012). Em geral, o plantio tem sido realizado de forma manual, com auxílio de um chuco ou, semimecanizado, com auxílio de uma plantadeira. As mudas devem ser plantadas logo após a abertura das covas, sendo cuidadosamente retiradas de seus recipientes, sem que ocorra danificação das raízes e/ou da parte aérea (Botelho, 2003; Yahya, 2008). Para garantir que o plantio seja satisfatório, é importante assegurar que as raízes estejam em pleno contato com o solo, firmemente plantadas, de forma a evitar a formação de bolsões de ar no solo e que possam comprometer o desenvolvimento das raízes (Botelho, 2003; Yahya, 2008). A muda deve ser disposta de modo que o coleto não fique exposto após as chuvas ou irrigação, nem soterrado, o que causaria o apodrecimento do caule (Botelho, 2003).

O replantio é realizado quando a taxa de mortalidade atinja nível de dano econômico. Em geral, para espécies florestais, tem sido adotado replantio quando as perdas são iguais ou superiores a 5,00% (Botelho, 2003; Serra et

al., 2012). Em geral, o levantamento de sobrevivência das mudas é realizado 30 dias após o plantio e o replantio deve ser realizado em seguida, o mais rápido possível, com o uso de mudas de mesmo padrão de qualidade daquelas utilizadas no plantio (Paiva et al., 2011). As **Figuras 4 e 5** mostram aspectos dos plantios de mogno-africano estabelecidos no Brasil, em diferentes estágios de desenvolvimento.

Fotos: David Escaquete



Figura 4. Plantio de mogno-africano, aos 4,5 anos de idade, no município de Anaurilândia, Mato Grosso do Sul.



Figura 5. Plantio de mogno-africano, aos 15 anos de idade, no município de Belém, Pará.

Sistemas de integração

Esses sistemas possibilitam integrar a produção agrícola, florestal e pecuária em uma mesma área, com vários benefícios econômicos e ambientais (Hendrickson et al., 2008; Barcellos et al., 2011). Por meio deles ocorre a diversificação de atividades, a redução dos riscos e, em muitos casos, com elevação da produção agrícola, pecuária e florestal. Para tanto, é necessário que o sistema seja adequadamente planejado e o cronograma de atividades, fielmente

cumprido, como forma de maximizar a produtividade dos componentes e a renda do produtor (Alvarenga; Gontijo Neto, 2012).

Existem diferentes tipos de sistemas de integração, sendo o objetivo deste capítulo elencar as possibilidades quanto ao uso do mogno-africano como componente arbóreo nesses sistemas. Neste caso, há possibilidade de implantação do mogno-africano em três diferentes sistemas: **a)** sistema de integração pecuária-floresta (IPF) ou silvipastoril que integra os componentes pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio; **b)** sistema de integração lavoura-floresta (ILF) ou silviagrícola que integra os componentes florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes) e **c)** sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou agrossilvipastoril que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área (Macedo et al., 2010; Balbino et al., 2011).

O mogno-africano tem apresentado desempenho satisfatório em vários sistemas de integração conduzidos no Brasil (Falesi; Baena, 1999; Azevedo et al., 2011; Silva et al., 2014; Sales et al., 2017). Os primeiros relatos de mogno-africano nesses sistemas no Brasil datam da década de 1990.

Entre os pioneiros, têm-se os dois sistemas IPF com mogno-africano, no município de Igarapé-Açu, PA, em áreas de pastagens, sendo um com espécie leguminosa como componente forrageiro e outro com revestimento natural (Falesi; Baena, 1999). No primeiro caso, houve concorrência marcante da espécie leguminosa com o mogno-africano quanto à oferta de nutrientes e de água. Esse aspecto foi comprovado ao se compararem os valores de altura e de diâmetro à altura do peito das plantas desse sistema com os valores obtidos de mogno-africano em condições de revestimento natural espontâneo. Verificou-se, também, que nos dois primeiros anos é perfeitamente viável o uso do solo com cultivos anuais, sendo que esses se beneficiam das interações ecológicas

presentes no sistema e a sua colheita contribui com o custeio da implantação do sistema. A partir do terceiro ano, foram introduzidos os animais (ovinos) que receberam o manejo adequado, bem como as forrageiras.

Em Terra Alta, PA, o mogno-africano foi implantado no sistema ILPF e, também, em monocultivo, no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, no ano de 2009 (Azevedo et al., 2011). Esse experimento teve como objetivos: recuperar áreas de pastagens degradadas, avaliar o crescimento de espécie florestal potencial para suprir a demanda regional por madeira, bem como agregar valor à terra e melhorar a fertilidade do solo. O sistema ILPF foi composto por renques de três linhas de mogno-africano, com espaçamento dentro dos renques de 5,00 m x 5,00 m e espaçamento entre os renques de 50,00 m. O cultivo do milho foi conduzido por três ciclos. No monocultivo de mogno-africano, usado como testemunha, foi adotado o espaçamento de 5,00 m x 5,00 m. O mogno-africano apresentou um bom desempenho inicial em crescimento e sobrevivência, tanto em monocultivo quanto no sistema de integração. Além disso, as estimativas de produtividade de milho variaram de 3,09 t. ha⁻¹ a 3,48 t. ha⁻¹, nos três ciclos de cultivo do milho.

Adicionalmente, essas mesmas árvores foram avaliadas em 2010, 2011 e 2017 por Sales et al. (2017). Ao considerar o sistema de integração e o monocultivo, observou-se que os crescimentos em altura das árvores de mogno-africano apresentaram diferenças significativas aos 12 meses e, também, aos 96 meses, sendo os maiores valores obtidos sob condição de integração. Aos 96 meses, foram estimados valores médios de 13,10 m e 10,80 m em altura, para o sistema de integração e monocultivo, respectivamente. A taxa de sobrevivência foi elevada em ambas as condições, com médias no sistema de integração e no monocultivo, de 93,86% e 93,70%, respectivamente, aos 96 meses de idade. Como componente florestal do sistema, o mogno-africano se mostrou favorável à recuperação de áreas degradadas por pastagem, consoante as altas

taxas de sobrevivência e ao crescimento em altura, tendo boa adaptação às condições ambientais da área experimental.

O desempenho de árvores de mogno-africano foi avaliado em sistema ILPF e em monocultivo, em Latossolo Amarelo de textura argilosa, em Paragominas, PA (Silva et al., 2014). O arranjo adotado no sistema consistiu em renques de duas linhas de mogno-africano, com espaçamento dentro dos reques de 5 m x 5 m e distância entre os reques de 20 m. Como componente agrícola foi utilizada a cultivar de milho BRS 1030 e, como componente forrageiro, *Brachiaria ruziziensis*. Na avaliação aos cinco anos de idade, as árvores de mogno-africano apresentaram maiores valores de altura e de circunferência à altura do peito sob sistema de integração quando comparadas com o monocultivo. O mogno-africano apresentou um desenvolvimento satisfatório no sistema de integração, mesmo com escassez hídrica ocorrida naquele local. Houve recuperação e manutenção da capacidade produtiva do solo, redução de carbono, matéria orgânica, teor de fósforo, saturação por bases e aumento no teor de alumínio com o aumento da profundidade do solo.

Outras avaliações desse mesmo sistema foram realizadas por Silva et al. (2016), que constataram que os melhores resultados foram obtidos pelas árvores de mogno-africano sob ILPF, persistindo em todas as idades avaliadas. Aspectos como menor grau de competição (menor número de árvores por hectare) e adubações realizadas nas culturas anuais e/ou nas pastagens parecem beneficiar o crescimento das árvores de mogno-africano nos sistemas de integração.

Sistemas de integração com mogno-africano também têm sido avaliados em regiões com baixo índice de precipitação pluviométrica e sob sistema de irrigação. Neste caso, um exemplo é o sistema IPF, implantado com mogno-africano em consórcio com *Brachiaria brizantha* e *B. decumbens*, como componentes

forrageiros, em sistema de irrigação por microaspersão, com vazão de 60 L em Araçuaí, MG (Uchôas et al., 2014). O espaçamento utilizado foi 5,00 m x 5,00 m, com densidade de 400 plantas/ha. As árvores de mogno-africano, aos três anos de idade, apresentaram sobrevivência de 96,80%, altura média de 8,21 m e circunferência à altura do peito média de 31,18 cm, os quais denotam um bom desenvolvimento inicial do componente arbóreo quando consorciado com as forragens. Neste caso, a engorda do gado é a fonte de renda até o momento do desbaste e do corte final da espécie florestal.

As Empresas Tropical Flora e Futuro Florestal estabeleceram diferentes sistemas agroflorestais compostos por mogno-africano (*K. ivorensis* e *K. senegalensis*), palmito (*Euterpe* sp.), pupunha (*Bactris gasipaes*), guanandi (*Calophyllum brasiliense*) e café (*Coffea* sp.). As duas referidas espécies de mogno-africano têm apresentado excelentes resultados nesses ensaios, assim como as demais espécies testadas, podendo ser indicadas para vários tipos de arranjos de sistemas agroflorestais.

Nas áreas da Empresa Tropical Flora, os plantios consorciados de mogno-africano com café foram implantados sob dois modelos de arranjos, no município de Garça, SP, nos anos de 2011 e 2013. No plantio realizado em 2011, foram adotados diferentes espaçamentos entre as plantas de mogno-africano, variando de 2,80 m a 3,50 m. Neste modelo, há elevada densidade de árvores consorciadas com café e guanandi, para a qual se espera obter uma maior produção de madeira e café. Nesse modelo de arranjo, é necessário a condução de desramas e de desbastes seletivos, ao longo dos anos, para que as plantas de café possam receber maior quantidade de luz solar. No modelo implantado em 2013, utilizou-se renques de linhas simples espaçados de 15,00 m a 21,00 m. Em cada linha, utilizou-se o espaçamento de 2,00 m entre as plantas das duas referidas espécies de mogno-africano. O café foi plantado entre os renques de mogno-africano. Esse modelo possibilitou a mecanização

em todo o cultivo do café e uma menor intensidade de manejo de podas e de desbastes nas árvores de mogno-africano.

Sistemas de integração entre mogno-africano e pupunha também foram implantados em Garça, SP entre os anos de 2006 a 2012. Para as duas já referidas espécies de mogno-africano foi utilizado o espaçamento de 6,00 m x 4,00 m. Como a pupunha é uma espécie que também necessita de luz e espaço para o bom desenvolvimento, foram conduzidos podas e desbastes nesse sistema. Assim, após os desbastes, os espaçamentos variaram de 6,00 m x 9,00 m a 8,00 m x 9,00 m. Observou-se que a espécie *K. ivorensis* é a mais indicada para ser consorciada com a pupunha, porque produz menos sombra às plantas. Futuramente, outros modelos serão avaliados, como os plantios de linhas puras de árvores nos espaçamentos de 3,00 m x 15,00 m a 3,00 m x 21,00 m.

Alguns produtores de citros na região de Mococa, SP estão investindo no consórcio de espécies de mogno-africano com laranja e limão. As implantações desses sistemas foram iniciadas em 2013, com espaçamentos variando de 9,00 m x 6,00 m até 9,00 m x 9,00 m. Para esses modelos também se recomenda concentrar o plantio das espécies de mogno-africano em renques de linhas simples, espaçadas de 15,00 m a 21,00 m. Esse arranjo facilita a mecanização das podas das árvores de citros, atividade de manejo frequente nos pomares.

No sul da Bahia estão sendo testadas outras espécies, inclusive frutíferas. O cacau (*Theobroma cacao*), por exemplo, está sendo plantado no sub-bosque de plantios de *Kbaya* sp., a partir do segundo e/ou terceiro ano ou na ocasião do primeiro desbaste do mogno-africano. Alguns exemplos desses sistemas são: mandioca (*Manihot esculenta*), que é implantada no primeiro ano de plantio do mogno-africano; a banana (*Musa* spp.) que é inserida a partir do segundo ano e o cacau inserido a partir do quinto ao sétimo ano. Além disso, algumas outras espécies podem ser associadas ao cultivo de mogno-africano naquela

região, com destaque para o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), que possui comportamento semelhante ao do cacau.

No que se refere a plantios mistos com espécies do gênero *Khaya*, a Empresa Tropical Flora implantou dois arranjos com as espécies *K. senegalensis* e *K. ivorensis*. No primeiro arranjo, foram realizados plantios com 50,00% de cada espécie e, no segundo, 25,00% de *K. ivorensis* e 75,00% de *K. senegalensis*. Esse segundo arranjo tem sido o mais utilizado atualmente nos plantios florestais dessa empresa. Em ambos arranjos, foi utilizado o espaçamento de 3,00 m x 3,00 m entre plantas, com linhas puras de *K. senegalensis* intercaladas com *K. ivorensis*. Nestes sistemas, há um melhor aproveitamento da área em decorrência do adensamento dos plantios.

Os plantios mistos com as duas espécies têm sido realizados com objetivo de reduzir a incidência de pragas e criar uma sinergia entre as espécies. Nessa situação, por apresentar maior quantidade de galhos e, portanto, maior volume de copa, *K. senegalensis* contribui para uma menor incidência de ventos ao plantio de *K. ivorensis*, favorecendo assim uma melhor forma do fuste. Por outro lado, *K. ivorensis* apresenta maior desenvolvimento em altura, quando comparada com *K. senegalensis*. Dessa maneira, é esperado um maior desenvolvimento em altura das árvores de *K. senegalensis*, em função da competição entre as duas espécies. Recomenda-se, em primeiro lugar, um desbaste sistemático-seletivo, somente em *K. senegalensis*. A partir do segundo desbaste, as duas espécies devem ser consideradas, para se chegar em uma proporção de aproximadamente 50,00% de cada espécie, na ocasião do corte final.

Em caso da presença de animais nos sistemas, é recomendável sempre manter a suplementação mineral, em especial aos bovinos, para que estes não danifiquem as cascas das árvores durante o pastejo. O gado pode ser inserido no sistema, no terceiro ano após o plantio, quando as árvores atingirem a

altura e diâmetro ideal para que não sofram mais danos severos. O uso de cerca elétrica em plantios jovens de mogno-africano também tem sido adotado de modo a se evitar danos nas árvores por animais.

Em síntese, há resultados interessantes e motivadores quanto ao comportamento do mogno-africano em sistemas de integração. Todavia, as recomendações devem ser consideradas com a devida cautela, pois os resultados da pesquisa estão sempre sob constante evolução, na busca por uma melhor compreensão da interação entre os componentes desses sistemas. Adicionalmente, as condições e as peculiaridades dos locais devem sempre ser consideradas, de forma a contribuir com o sucesso do sistema de integração.

A seguir são apresentadas algumas imagens de diferentes tipos de sistemas de integração com mogno-africano (**Figuras 6, 7, 8, 9 e 10**).

Fotos: João Augusto da Silva



Figura 6. Sistema de integração lavoura-floresta com milho e mogno-africano.

Fotos: João Augusto da Silva



Figura 7. Sistema de integração lavoura-floresta com manga e mogno-africano.

Fotos: João Augusto da Silva



Figura 8. Sistema de integração lavoura-floresta com café e mogno-africano, no primeiro ano de plantio deste último.

Fotos: Alison Moura Santos



Figura 9. Sistema de integração pecuária-floresta com capim e mogno-africano, no período de estação seca, em Brasília, DF.

Figura 10. Sistema de integração com mogno-africano e coco estabelecido no Estado de Pará, aos oito anos de idade.



Fotos: João Augusto da Silva

Controle da competição de plantas invasoras

As plantas invasoras, em geral, competem com as cultivadas e podem interferir muito no crescimento e produtividade de um plantio florestal. No caso do mogno-africano, há também evidências de que tanto as mudas quanto as árvores adultas sejam sensíveis à competição com plantas invasoras (**Figura 11**) (Hines; Eckman, 1993; Praciak et al., 2013). Além do mais, as plantas invasoras podem atuar como hospedeiras intermediárias de pragas (doenças e insetos), agir como plantas parasitas e prejudicar as operações culturais e de extração de madeira (Botelho, 2003). Assim, o controle da competição é fator relevante, em especial no estágio inicial de desenvolvimento do plantio (Botelho, 2003).

No controle das plantas invasoras, podem ser utilizados diferentes tipos de manejo, a depender do nível tecnológico do produtor, do estágio de desenvolvimento das invasoras e da idade do plantio florestal. Algumas das técnicas disponíveis são: **a)** coroamento, **b)** roçada, **c)** gradagem e **d)** controle químico a depender da espécie invasora e de seu estágio de desenvolvimento. Vale ressaltar que ainda não existem herbicidas específicos para a cultura do mogno-africano registrados no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Adicionalmente, é importante que o técnico e/ou produtor responsáveis pelo plantio e condução do mogno-africano estejam constantemente atualizados sobre os aspectos legais vigentes, quanto a esse assunto.

Como forma de buscar alternativas de herbicidas para a cultura do mogno-africano e oferecer embasamento técnico para o AGROFIT, é importante que estudos técnicos-científicos sejam realizados. Neste sentido, Brighenti e Muller (2014) avaliaram a tolerância de mogno-africano a diversos herbicidas

disponíveis no mercado. Foram observados os seguintes resultados: os herbicidas imazapyr (25,00 g i.a. ha⁻¹), oxyfluorfen (360,00 g i.a. ha⁻¹) e chlorimuron-ethyl (7,50 g i.a. ha⁻¹ e 12,50 g i.a. ha⁻¹) proporcionaram sintomas leves de fitotoxicidade. O oxyfluorfen (720,00 g i.a. ha⁻¹), o imazethapyr (100,00 g i.a. ha⁻¹) e o nicosulfuron (40,00 g i.a. ha⁻¹) foram moderadamente fitotóxicos. O isoxaflutole (75,00 g i.a. ha⁻¹ e 112,50 g i.a. ha⁻¹) foi o herbicida mais fitotóxico.

Em geral, os sintomas mais comuns manifestados em plantas de mogno-africano e causados pela fitotoxidez por herbicidas são: **a)** encarquilhamento das folhas do ápice da planta; **b)** clorose, ou seja, produção insuficiente de clorofila nas folhas, o que provoca uma coloração verde pálida ou amarelada e/ou **c)** necrose, ou seja, morte das células foliares e também de outras partes vegetais (**Figura 12**) (Brighenti; Muller, 2014).

Fotos: João Augusto da Silva



Figura 11. Plantio juvenil de mogno-africano sob elevada competição com plantas invasoras.



Figura 12. Sintomas de fitotoxidez em mogno-africano, em razão de deriva de herbicida.

Desrama

A desrama consiste na supressão natural ou artificial (corte) dos ramos mortos ou vivos que se situam ao longo do fuste, para melhorar a qualidade da madeira (Ribeiro et al., 2002). Ela pode ocorrer de maneira natural, devido à senescência ou artificial pela remoção de galhos vivos e mortos até determinada altura da base da árvore (Soares-da-Silva et al., 2012). A execução da desrama se faz importante em decorrência de que alguns defeitos na madeira podem ser causados pela ausência de desrama, como nós, bolsas de kino, dentre outros. Esses defeitos contribuem para diminuir a resistência física das peças de madeira e, também, prejudicam a sua aparência.

Normalmente, as idades das desramas são definidas em função de alguns fatores tais como: espaçamento de plantio, velocidade de crescimento da espécie/material genético, nível tecnológico utilizado e condições edafoclimáticas (Reis et al., 2014; Paiva; Leite, 2015). A execução dessa técnica silvicultural implica em custos adicionais, havendo a necessidade de elaborar um planejamento minucioso para sua realização, de modo a se obter uma maior relação benefício/custo (Reis et al.; 2014).

O ideal é uso de serrote de poda ou tesoura florestal bem afiados. O corte dos galhos não deve ser realizado com facão, foice ou machado, uma vez que pode causar injúrias à planta. Os galhos devem ser cortados de forma bem rente ao fuste. Evitar deixar “toquinhos” ou causar ferimentos na casca ou no fuste.

Em *K. senegalensis* é recomendada a realização de desramas nos primeiros cinco ou seis anos após o plantio. A desrama pode ser realizada uma ou duas vezes ao ano, a depender da disponibilidade de mão-de-obra. A retirada de galhos deve ser menos intensa para que o fechamento das copas possa proporcionar uma competição lateral e, assim, para que a forma do fuste seja

corrigida mais naturalmente. Essa atividade é um grande gargalo para adoção de *K. senegalensis* em plantios comerciais, porque são poucos produtores que possuem experiência com desramas, além de exigir um investimento mais longo no plantio.

Em muitos plantios, após a desrama, pode ocorrer a infecção por fungos vasculares, como *Ceratocystis fimbriata*. Esses fungos penetram nos cortes das desramas, em seguida, outras pragas, tal como as coleobrocas, podem também atacar essas árvores. Assim, as desramas precisam ser acompanhadas de tratamento fitossanitário preventivo, com aplicação de caldas com fungicidas e inseticidas logo após o corte dos galhos. Outras informações sobre doenças e insetos de importância ao cultivo do mogno-africano são fornecidas em capítulos específicos deste livro.

Desbastes e corte final das árvores

O desbaste consiste na redução do número de árvores que crescem em determinado povoamento, de modo a reduzir a competição e a conceder às árvores remanescentes, mais espaço, luz e nutrientes para o seu bom desenvolvimento (Ribeiro et al., 2002; Ferraz et al., 2012). A redução progressiva e ordenada do número de árvores do plantio, por meio dos desbastes, cria condições de maior crescimento para obtenção de árvores mais vigorosas no corte final (Ferraz et al., 2012). Assim, observa-se a necessidade de condução de inventários anuais nos plantios, de modo a identificar a necessidade e a época mais apropriada ao desbaste. Outras informações sobre inventário em plantios de mogno-africano são apresentadas no capítulo deste livro que trata do crescimento e produção de mogno-africano.

A prática do desbaste tem como objetivos (Ribeiro et al., 2002; Ferraz et al., 2012):

- a)** Eliminar árvores com defeitos (bifurcadas; com copa excêntrica, elíptica ou oval; dominadas; doentes; com galhos grossos; mortas, tortuosas, dentre outros). Assim, concentra-se o crescimento do povoamento em árvores com melhores características, com aumento da produtividade média na rotação e qualidade genética das sementes/clones para uso em rotações subsequentes.
- b)** Proteger as árvores com maior crescimento, boa forma do fuste e apropriadas para permanecer no povoamento até o corte raso.
- c)** Facilitar o acesso ao plantio em atividades de manejo silvicultural.
- d)** Antecipar receitas, com a venda de madeira colhida e agregação de valor, com diferentes produtos (madeira de diferentes dimensões para uso múltiplo).

A decisão sobre a realização ou não de desbaste deve ser tomada com base em aspectos técnicos e econômicos (Ferraz et al., 2012).

O corte final ou período de rotação ou, idade de colheita varia de acordo com o crescimento das árvores e com a finalidade de uso da madeira (Fonseca et al., 2007). Entretanto, ressalta-se que a colheita das árvores remanescentes no plantio deverá ocorrer de acordo com as técnicas e normas de segurança adequadas para a derrubada, arraste, traçamento, carregamento e transporte de toras.

Na atualidade, em um dos grandes projetos de plantio de mogno-africano no Brasil, localizado em Pirapora, MG, vislumbra-se realizar o primeiro desbaste do plantio irrigado, com retirada de 50,00% das árvores, aos 12 anos de idade,

no plantio de espaçamento de 6,00 m x 6,00 m e realizar o corte final, aos 15 anos de idade (Associação Brasileira de Produtores de Mogno-Africano - *Khaya ivorensis*, 2016). Entretanto, a idade final de corte mais adequada para plantios de mogno-africano no Brasil ainda é questionável, sendo que especialistas em inventário e manejo florestal apontam para uma idade mínima de corte final em torno dos 20 anos.

Considerações finais

O cultivo do mogno-africano no Brasil tem apresentado elevada importância nos últimos anos. Na perspectiva de fornecimento de madeira nobre, com características demandadas pelo mercado, silvicultores têm realizado plantios em diversas regiões brasileiras. Em razão disso, a área plantada com mogno-africano tem apresentado grande crescimento, principalmente nos últimos dez anos. Como é uma espécie com histórico de cultivo recente no Brasil, a maioria dos plantios ainda se encontra na fase jovem.

Diferentes técnicas silviculturais têm sido estudadas e desenvolvidas por diferentes instituições públicas e privadas, em diferentes regiões do Brasil. No atual cenário, são ainda escassas as informações do sistema de produção do mogno-africano para as condições brasileiras. A inovação na silvicultura tropical, em especial de madeiras nobres, tem direcionado o desenvolvimento também de plantios mistos e/ou em sistemas de integração. Esses tipos de plantios proporcionarão a associação de diversas estruturas de copas e características de desenvolvimento na mesma área, buscando-se a melhor combinação de características que favoreçam o ganho em crescimento das árvores, bem como a melhoria da forma do fuste.

Melhorias na sistematização silvicultural das diferentes espécies de mogno-africano também serão fundamentais para que as operações de desbastes e colheitas sejam mais facilmente realizadas.

Apesar de poucos estudos realizados, trabalhos com o desenvolvimento de operações técnicas estão em processo de aprimoramento e progresso. Pelo fato do mogno-africano possuir ciclo longo, os resultados dos estudos serão obtidos no médio e longo prazo. Adicionalmente, a quantidade de pesquisadores que têm trabalhado com espécie ainda é relativamente pequena. Assim, é fundamental a realização de novas pesquisas, além da continuidade daquelas já iniciadas, sempre na busca de definições de coeficientes técnicos ao cultivo e ao aprimoramento das técnicas já disponíveis.

Dessa maneira, neste capítulo buscou-se apresentar e detalhar alguns aspectos silviculturais do cultivo do mogno-africano. Importante ressaltar ainda que não se dispõe de informações assertivas, tal como num receituário. Muitas técnicas ainda estão em fase de desenvolvimento e/ou aprimoramento, devendo o silvicultor, juntamente com o técnico capacitado, definir o manejo e ajustá-lo conforme as peculiaridades de cada local.

Referências

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M. Inovações tecnológicas nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta-iLPF. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 8., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4., 2012, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012. p. 267-276.

AQUINO, S. M.; PINHEIRO, A. L.; AQUINO JÚNIOR, H. M.; AQUINO, W. M.; BRITO, R.; PINHEIRO, D. T.; COUTO, L. **Mogno-africano: produção de madeira nobre no Brasil.** São Paulo: Instituto Brasileiro de Florestas, 2018. 92 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MOGNO-AFRICANO *Khaya ivorensis*. O ouro verde de Ricardo Tavares. **Revista ABPMA**, n. 1, p. 19-21, 2016. Disponível em: <https://issuu.com/dayanedayse8/docs/revista_abpma_online_c3039fe34cefc5>. Acesso em: 23 abr. 2019.

AZEVEDO, C. M. B. C. de; SILVA, A. R.; ALVES, L. W. R.; FERNANDES, P. C. C.; CARVALHO, E. J. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M. de. Desempenho do mogno-africano (*Khaya ivorensis*) e do milho em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na Amazônia Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBSAF: Embrapa Amazônia Oriental: UFRA: CEPLAC: EMATER: ICRAF, 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/910234/1/AIII150.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA -SILVA, V.; MORAES, A.; MARTINEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FRANCHINI, J. C.; GALERANI. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000001.

BARCELLOS, A. de O.; MEDRADO, M. J. S.; GRISE, M. M.; SKORUPA, L. A.; ROCHA, W. S. D. Base conceitual, sistemas e benefícios da iLPF. In: BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. p. 23-37. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/923530/1/balbino01.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BOTELHO, S. A. **Princípios e métodos silviculturais**. Lavras: Departamento de Ciências Florestais/Universidade Federal de Lavras, 2003, 144 p.

BRIGHENTI, A. M.; MULLER, M. D. Tolerância de plantas de *Khaya ivorensis* e *Toona ciliata* a herbicidas. **Floresta**, v. 44, n. 4, p. 747-754, 2014. DOI: 10.5380/rf.v44i4.32176.

CORCIOLI, G.; BORGES, J, D.; JESUS, R. P. de. Sintomas de deficiência nutricional de macronutrientes em mudas de *Khaya ivorensis* cultivadas em solução nutritiva. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 78, p. 159-164, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.78.641.

FALESI, I. C; BAENA, A. R. C. **Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/388796/1/OrientalDoc4.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FERRAZ, T. M.; CARNEIRO, J. G. de A.; BARROSO, D. G. Desbaste florestal. In: CARNEIRO, J. G. de A. (Cord.). **Princípios de desramas e desbastes florestais**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2012. p. 51-96.

FONSECA, S. M. da; ALFENAS, A. C.; ALFENAS, R. F.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. **Cultura do eucalipto em áreas montanhosas**. Viçosa, MG: UFV/SIF, 2007. 43 p.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 1-57.

HENDRICKSON, J. R.; HANSON, J. D.; TANAKA, D. L.; SASSENATH, G. Principles of integrated agricultural systems: introduction to processes and definition. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 23, 265-271, 2008. DOI: 10.1017/S1742170507001718.

HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V. Indicação de espécies para reflorestamento. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 101-124.

HINES, D. A.; ECKMAN. **Indigenous multipurpose trees of Tanzânia: uses and economic benefits for people**. Rome: FAO, 1993. 276 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/x5327e/x5327e.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **IBÁ: Indústria Brasileira de Árvores**. Brasília, 2017. 100 p. Relatório Ibá 2017. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2016. Disponível em: <https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

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

LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis (PROTA)>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010. 331 p.

MAROYI, A. *Khaya anthotheca*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_anthotheca_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_anthotheca_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MUNIZ, C. O.; BRASIL, E. P. F.; LOBO, L. M.; FERREIRA, E. M.; SILVA, J. A.; SILVA, J. O.; MENEZES, I. P. P.; MALAFAIA, G. Influence of the nutritional aspects on initial growth of African mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 6, p. 184-197, 2018. DOI: 10.5539/jas.v10n6p184.

NIKIEMA, A.; PASTENAK, D. *Khaya senegalensis*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant Resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. p. 329-333. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_(PROTA))>. Acesso em: 23 abr. 2019.

NIKLES, D. G.; BEVEGE, D. I.; DICKINSON, G. R.; GRIFFITHS, M.; REILLY, D. F.; LEE, D. J. Developing African mahogany (*Khaya senegalensis*) germplasm and its management for a sustainable forest plantation industry in northern Australia: progress and needs. **Australian Forestry**, v. 71, n. 1, p. 33-47, 2008. DOI: 10.1080/00049158.2008.10676269.

NIKLES, G.; DICKINSON, G.; BRISTOW, M.; LEE, D. Inventories and significance of the genetic resource of a African mahogany species (*Khaya senegalensis* (Ders.) A. Juss.) assembled and further developed in Australia. In: MEADOWS, J.; HARRISON, S.; HERBOHN, J. (Ed.). **Small-scale and community forestry and the changing nature of forest landscapes: proceedings from the IUFRO research group 3.08 Small-scale forestry conference held on the Sunshine Coast, Queensland, Australia, 11-15 October 2015**, 2016, p. 169-188. Disponível em: <<http://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/5036/>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

- OPUNI-FRIMPONG, E. *Khaya grandifoliola*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_grandifoliola_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_grandifoliola_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.
- PAIVA, H. N.; JACOVINE, L. A. G.; TRINDADE, C.; RIBEIRO, G. T. **Cultivo do eucalipto: implantação e manejo**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011. 353 p.
- PAIVA, H. N.; LEITE, H. G. Desbastes e desramas em povoamentos de *Eucalyptus*. In: SCHUMAKER, M. V. (Org.). **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria, RS: Editora da UFSM, 2015. p. 83-112.
- PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. C. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya spp.*)**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011. 102 p.
- PRACIAK, A.; PASIECZNIK, N.; SHEIL, D.; VAN HEIST, M.; SASSEN, M.; CORREIA, C. S.; DIXON, C.; FYSON, G.; RUSHFORD, K.; TEELING, C. (Ed.) **The CABI encyclopedia of forest trees**. Oxfordshire: CABI, 2013. 523 p.
- REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; LEITE, H. G.; MONTE, M. A. Desrama artificial e desbaste para produção de madeira serrada. In: VALE, A. B.; CARDOSO, C. M.; PIRES, J. M. M.; COSTA, C. B.; NACIF, A. de P. (Ed.). **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa, MG: SIF, 2014. p. 283-301.
- RIBEIRO; N.; SITOÉ, A. A.; GUEDES, B. S.; STAISS, C. **Manual de silvicultura tropical**. Maputo: FAO, 2002. 125 p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/silvicultura2_000g7dvzi9202wx5ok0wtedt3bo11r6z.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- SALES, A.; SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; MIRANDA, B. M. Desempenho do mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no sistema ILPF em Terra Alta - PA. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 6., 2017, Belém. **Anais...** Belém: UEPA, 2017, v. 1, p. 29-34.

SERRA, V. P.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D. Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto. In: BUNGENSTAB, D. J. (Org.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 49-72.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Incremento diamétrico de mogno-africano em resposta a diferentes sistemas de cultivo. In: ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 8., 2016, Belém. **Anais...** Belém, 2016. p. 106-112.

SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; SALES, A. Avaliação do mogno-africano (*Khaya ivorensis*) em um latossolo amarelo no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em Paragominas-PA. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 3., 2014, Belém, **Anais...** Belém: Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, 2014. v. 1. p. 281-286.

SILVA, J. A. da; BORGES, C. T. **Cultivo do mogno-africano**. Goiânia: Empresa Mudas Nobres, 2013. 91 p.

SOARES-DA-SILVA, M. P. S.; CARNEIRO, J. G. de A. Desrama florestal. In: CARNEIRO, J. G. de A. (Cord.). **Princípios de desramas e desbastes florestais**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2012. p. 11-50.

UCHÔAS, E. G.; COLLARES, R. de A.; GOMES, J. M.; GUERA, O. G. M.; LOPES, E. D. Avaliação inicial de um sistema silvipastoril de *Khaya ivorensis* A. Chev. com pastagem na região semiárida do Vale do Jequitinhonha, Araçuaí (MG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 7., 2014, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014, p. 484-488.

VASCONCELOS, R. T. de; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. da; BARBOSA, J. C.; BARRETO, V. C. de M. Fertilização fosfatada na implantação de *Khaya senegalensis* A. Juss. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 116, p. 641-651, 2017. DOI: 10.18671/scifor.v45n116.05.

WADT, P. G. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Acre: Embrapa Acre, 2003. (Embrapa Acre. Documentos, 90). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/498802/1/doc90.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

YAHYA, A. Z. **Manual in the establishment and management of the *Khaya ivorensis* plantation**. Malaysia: Forest Research Institute Malaysia, 2008.

ZANETTI, R.; SANTOS, A. dos; DIAS, N. da S.; SILVA, A. S.; CARVALHO, G. A. **Manejo integrado de pragas florestais**. Lavras: UFLA, 2005. (Texto acadêmico).

7

Irrigação e crescimento
inicial do mogno-africano
(*Khaya ivorensis*) em
ambiente de Cerrado

José Alves Júnior

Adão Wagner Pêgo Evangelista

Derblai Casaroli

Márcio Mesquita

Rafael Battisti

Introdução

Para que as florestas plantadas possam atender ao mercado consumidor, há necessidade da escolha adequada da espécie e das técnicas silviculturais a serem empregadas. Além disso, essas florestas devem produzir madeira em qualidade e quantidade compatível com a expectativa do mercado.

Dentre as espécies exóticas introduzidas no Brasil, produtoras de madeiras nobres, destaca-se o mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). Esta espécie tem sua origem em países da costa oeste da África, os quais apresentam características edafoclimáticas semelhantes a algumas regiões brasileiras, o que pode explicar a adaptação fisiológica da espécie no Brasil. Para Casaroli et al. (2018), grande parte do território do estado de Goiás possui aptidão edafoclimática para o cultivo dessa espécie, o que significa mais uma opção de espécie florestal com boa rentabilidade econômica para esse Estado e, talvez, para outros locais com características ambientais semelhantes.

Dentre os fatores limitantes à produção vegetal dessa espécie, destaca-se a deficiência hídrica, a qual ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis brasileiras, afetando as relações hídricas das plantas e alterando seu metabolismo (Nogueira et al., 2000). O fornecimento suplementar de água via irrigação permite o cultivo de espécies fora de seus ambientes naturais, garantindo um bom crescimento e desenvolvimento vegetal, refletido em sua produtividade. Estudos comprovam o efeito positivo da irrigação no crescimento e na produtividade de espécies perenes, tais como: goiabeira (Silva, 2012), citros (Alves Júnior et al., 2011), eucalipto (Lopes et al., 2007), café (Arantes et al., 2006) e mogno-africano (Alves Júnior et al., 2016, 2017; Casaroli et al., 2017). Por outro lado, algumas espécies vegetais não respondem à irrigação e nem à adubação, como é o caso do pequi (Alves Júnior

et al., 2013). Ainda, as espécies perenes apresentam variação na demanda por nutrientes, em função da espécie, do estágio de desenvolvimento e das condições climáticas (Fernandes et al., 2000).

Em razão da limitação dos recursos hídricos em muitas regiões, a irrigação localizada, por gotejamento ou por microaspersão, é uma ótima alternativa. Isso porque possui alta eficiência na aplicação de água.

Muitos estudos sustentam que a disponibilidade hídrica e nutricional são os fatores mais limitantes para o desenvolvimento das plantas no Cerrado. Assim, em vista do potencial de exploração do mogno-africano e da carência de informações a respeito do crescimento desta espécie no Brasil, neste capítulo serão apresentados resultados de trabalhos com a espécie *K. ivorensis* submetida à irrigação, por gotejamento e por microaspersão, em diferentes manejos da água.

Local, clima e solo

Dois ensaios foram conduzidos em uma área experimental em Bonfinópolis, GO (16°35'49" S, 49°16'39" W e altitude 780,00 m), com média anual de temperatura igual a 23,00 °C, umidade relativa do ar de 71,00% e precipitação acumulada de 1.487,00 mm. Apresenta estações seca (maio-setembro) e chuvosa (outubro-abril) bem definidas. Segundo Köppen, o clima foi definido como Aw, tropical de savana, megatérmico. A evaporação média anual (tanque Classe A) é 1.915,00 mm. Os ventos mais fortes são registrados no mês de setembro (Silva et al., 2007).

Na região predomina o solo do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, textura argilosa, fase cerradão subperenifólio e com relevo plano (Silva et al., 2007). A análise do solo foi realizada antes do preparo das áreas dos dois ensaios, para duas profundidades de 0,00 cm a 20,00 cm e de 20,00 cm a 40,00 cm em cada ensaio, apresentando as seguintes características químicas: pH (CaCl_2) = 5,10 e 5,00; MO = 2,10% e 1,20%; P (Mehlich) = 4,20 mg dm^{-3} e 1,40 mg dm^{-3} ; Al = 0,00 mmol_c dm^{-3} e 0,00 mmol_c dm^{-3} ; H+Al = 2,80 mmol_c dm^{-3} e 2,80 mmol_c dm^{-3} ; K = 45,00 mg dm^{-3} e 26,00 mg dm^{-3} ; Ca = 0,90 mmol_c dm^{-3} e 0,50 mmol_c dm^{-3} ; Mg = 0,30 mmol_c dm^{-3} e 0,20 mmol_c dm^{-3} ; CTC = 4,10 mmol_c dm^{-3} e 3,60 mmol_c dm^{-3} ; V = 32,00% e 21,50%. Os resultados das características físicas foram: areia = 38,00% e 47,00%; silte = 24,00% e 23,00% e argila = 38,00% e 30,00% (textura franco argilosa) com retenção de água estimada em 1,50 mm cm^{-1} .

Os experimentos foram instalados no campo em março de 2012, com 450 plantas de *Khaya ivorensis* A. Chev., com 0,80 cm de diâmetro médio, 32,00 cm de altura média e 7,50 cm de altura média de fuste, em espaçamento 5,00 m x 5,00 m (**Figura 1**). O preparo da área foi realizado em agosto de 2011, com uma aração de disco e duas gradagens, com incorporação de calcário dolomítico, elevando a saturação de bases para 70,00%. O sistema de irrigação foi instalado em abril de 2012. No plantio, as covas foram adubadas com 100,00 g de P_2O_5 (superfosfato simples). Logo após o plantio, foram colocados 5,00 L de água por planta, incluindo o tratamento não irrigado, de modo a garantir o pegamento. Registrou-se uma quantidade de chuva durante o período experimental (março/2012 a novembro/2013) igual a 2.216,20 mm.



Figura 1. Imagem da área experimental de *Khaya ivorensis*, em espaçamento de 5,00 m x 5,00 m, em Bonfinópolis, GO.

Ensaio e arranjos experimentais

Ensaio de gotejamento

O ensaio de gotejamento foi composto de dez tratamentos, sob delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela experimental foi constituída de 15 plantas, totalizando 150 plantas por bloco e 450 plantas úteis em todo experimento. A área experimental comportou 600 plantas, incluindo as bordaduras (plantas das extremidades), totalizando uma área de 1,50 ha.

A irrigação se iniciou em maio de 2012 (período seco), utilizando o sistema de gotejamento, com um, dois e três gotejadores por planta e vazões de 2,00, 4,00 e 8,00 L h⁻¹ (autocompensantes), mais a testemunha sem irrigação (**Figura 2**). Os gotejadores utilizados foram da marca Netafim, modelo PCJ-CNL.

Foto: José Alves Júnior



Figura 2. Detalhe da disposição dos gotejadores e bulbo molhado característico, no campo: tratamento com três gotejadores (esquerda) e com um gotejador por planta (direita) em área experimental de *Khaya ivorensis*, em Bonfinópolis, GO.

O tratamento 6, contendo dois gotejadores por planta e vazão de $4,00 \text{ L h}^{-1}$, foi utilizado para aplicar o volume de água padrão, ou seja, volume calculado para repor 100,00% da necessidade hídrica das plantas. Ainda, quatro tratamentos (2 a 5) tiveram irrigações abaixo do volume padrão e outros quatro tratamentos (7 a 10), acima do padrão.

A adubação de cobertura utilizada foi a recomendada pelos silvicultores da região, de 52,50 g de N e 75 g de K_2O por planta, por ano. O valor da dose foi dividido igualmente e distribuído bimestralmente, de forma manual, circular, a 0,30 m da planta.

No primeiro ano, a irrigação foi realizada durante o período de maio a outubro de 2012 e no segundo ano foi realizada de junho a setembro de 2013. Nos tratamentos irrigados, as irrigações foram realizadas diariamente e a quantidade de água aplicada foi estimada a partir da evapotranspiração da cultura (ETc), que é o produto da evapotranspiração de referência (ETo) e coeficiente de cultura (Kc). A ETo foi estimada pelo método de Penman Monteith e o Kc adotado foi de 0,50 para o primeiro ano e 0,70 para o segundo, sendo estes dados provenientes de estudos realizados com plantas frutíferas, devido à falta dessas informações para o mogno-africano.

O volume bruto de irrigação foi calculado em função da área molhada em cada tratamento. A área molhada foi determinada a partir do diâmetro molhado pelo bulbo, estimado pelo modelo proposto por Schwartzman e Zur (1986). A eficiência de aplicação da irrigação utilizada foi 90,00% (**Tabela 1**).

Tabela 1. Descrição das parcelas experimentais: número de gotejadores por planta, vazão individual do gotejador ($L h^{-1}$), área molhada por planta (A , m^2) e volume de água aplicado no período de 20 meses de avaliação, por planta ($m^3 planta^{-1}$) de *Khaya ivorensis*, em Bonfinópolis, GO.

| Tratamento | Número de gotejador (es) por planta | Vazão ($L h^{-1}$) | Área molhada (m^2) | Volume de água ($m^3 planta^{-1}$) |
|------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 0,00 | - | 0,44 | 13,44 |
| 2 | 1,00 | 2,00 | 0,29 | 8,96 |
| 3 | 2,00 | 2,00 | 0,15 | 4,48 |
| 4 | 3,00 | 2,00 | 0,27 | 6,72 |
| 5 | 1,00 | 4,00 | 0,18 | 4,48 |
| 6 | 2,00 | 4,00 | 0,09 | 2,24 |
| 7 | 3,00 | 4,00 | 0,22 | 3,36 |
| 8 | 1,00 | 8,00 | 0,10 | 2,24 |
| 9 | 2,00 | 8,00 | 0,05 | 1,12 |
| 10 | 3,00 | 8,00 | - | - |

O volume de água aplicado por planta (Vol , m^3) e o tempo de irrigação (TI , h) foram obtidos pelas equações 1 e 2, respectivamente:

$$[1] \quad Vol = ET_o \cdot K_c \cdot K_{loc} \cdot AP$$

$$[2] \quad TI = \frac{(q/ef)}{Vol}$$

em que:

ET_o é a evapotranspiração de referência;

K_c é o coeficiente da cultura (0,50 para o primeiro ano e de 0,70 para o segundo) (adimensional);

K_{loc} é o coeficiente de redução da evapotranspiração para irrigação localizada (adimensional);

AP é a área útil de cada planta (m^2);

q é a vazão do gotejador ($L h^{-1}$);

ef é a eficiência de aplicação de água (90,00%).

Para o cálculo de K_{loc} , com porcentagem de área molhada menor que 20,00% (Fereris, 1981 citado por Mantovani et al., 2009), utilizou-se a equação 3:

$$[3] \quad K_{loc} = 1,94PM + 0,1$$

em que:

PM é a porcentagem de área molhada, em valor absoluto.

O diâmetro molhado (D , m) foi obtido a partir do modelo proposto por Schwartzman e Zur (1986):

$$[4] \quad D = 1,82 \cdot Vol^{0,22} \left(\frac{Ks}{q} \right)^{-0,17}$$

onde:

Ks é a condutividade hidráulica do solo saturado ($m \ s^{-1}$);

q é a vazão do gotejador ($m^3 \ s^{-1}$).

Ensaio de microaspersão

O ensaio de microaspersão foi instalado sob delineamento de blocos casualizados, com nove tratamentos e três repetições, totalizando 135 plantas por bloco e 405 plantas úteis em todo experimento (**Tabela 2**). Os tratamentos foram estabelecidos utilizando irrigação por microaspersão, com um emissor para cada duas plantas. As linhas de microaspersores foram dispostas a 2,50 m de distância das plantas, com linhas de irrigação alternadas, sendo uma linha de irrigação para cada duas linhas de plantas, com as seguintes vazões: 20,00 L h⁻¹, 30,00 L h⁻¹, 35,00 L h⁻¹, 40,00 L h⁻¹, 50,00 L h⁻¹, 58,00 L h⁻¹, 70,00 L h⁻¹ e 90,00 L h⁻¹ (autocompensantes), proporcionando 5,00 m; 5,00 m; 5,00 m; 5,00m; 7,00 m; 7,00 m; 7,00 m e 7,00 m de diâmetro molhado, respectivamente, e a testemunha sem irrigação (**Figura 3**). Os microaspersores utilizados foram da marca Netafim e do modelo GYRONET™ (**Figura 4**).

Tabela 2. Volume de água aplicado por planta de *Khaya ivorensis*, por microaspersão (um emissor para cada duas plantas), durante os dois primeiros anos, no período de maio e outubro de 2012, e de junho a setembro de 2013, em Bonfinópolis, GO.

| Tratamento | Raio molhado (m) | Vazão do emissor L h ⁻¹ | Volume de água por planta |
|------------|------------------|------------------------------------|--|
| | | | L/planta dia (semana) 1 h dia ⁻¹ |
| T1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 (0,00) |
| T2 | 2,50 | 20,00 | 10,00 (70,00) |
| T3 | 2,50 | 30,00 | 15,00 (105,00) |
| T4 | 2,50 | 35,00 | 17,50 (122,50) |
| T5 | 2,50 | 40,00 | 20,00 (280,00) |
| T6 | 3,50 | 50,00 | 25,00 (175,00) |
| T7 | 3,50 | 58,00 | 29,00 (203,00) |
| T8 | 3,50 | 70,00 | 35,00 (245,00) |
| T9 | 3,50 | 90,00 | 45,00 (315,00) |

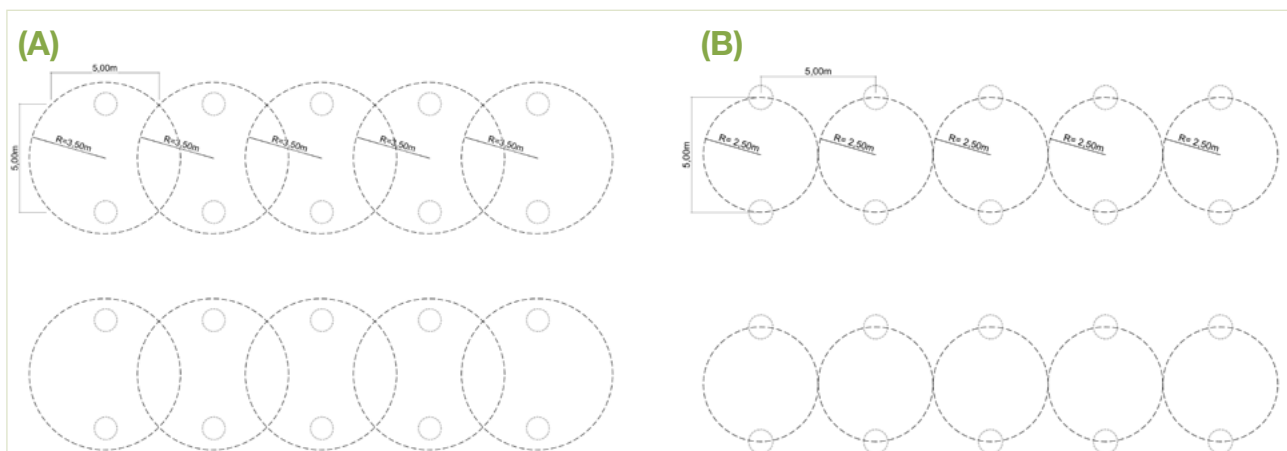


Figura 3. Esquema do raio molhado (A) 3,50 m e (B) 2,50 m dos microaspersores, um para cada duas plantas de *Khaya ivorensis*, em espaçamento de 5,00 m x 5,00 m, em Bonfinópolis, GO.



Figura 4. Parcela experimental irrigada de *Khaya ivorensis*: detalhe de uma linha de irrigação para duas fileiras de plantas (A) do experimento em Bonfinópolis, GO, destaque da planta irrigada pelo microasporador de 50,00 L h⁻¹ (B), 70,00 L h⁻¹ (C) e 90,00 L h⁻¹ (D).

A adubação de cobertura contendo 250,00 g de NH₄SO₄ e 125,00 g de KCl por planta foi parcelada em cinco aplicações bimestrais de julho de 2012 a março de 2013, de forma manual, em coveta circular feita a 0,30 m ao redor de cada planta.

No primeiro ano, a irrigação foi realizada durante o período de maio a outubro de 2012. No segundo ano, a irrigação foi realizada de junho a setembro de 2013. Nos tratamentos irrigados, as irrigações foram fixadas e

realizadas diariamente por uma hora, durante os períodos secos, ou seja, de maio a outubro de 2012 e de junho a setembro de 2013. Antes da aplicação dos tratamentos foi realizada a medida do teor de água no solo à base de massa (g g^{-1}), pelo método gravimétrico (estufa $105,00\text{ }^{\circ}\text{C}/24\text{ h}$), onde coletaram-se amostras de solo em duas distâncias perpendiculares à linha de microaspersor (1,00 m e 2,00 m) e em duas camadas (0,00 m a 0,20 m e 0,20 m a 0,40 m) (Figura 5).

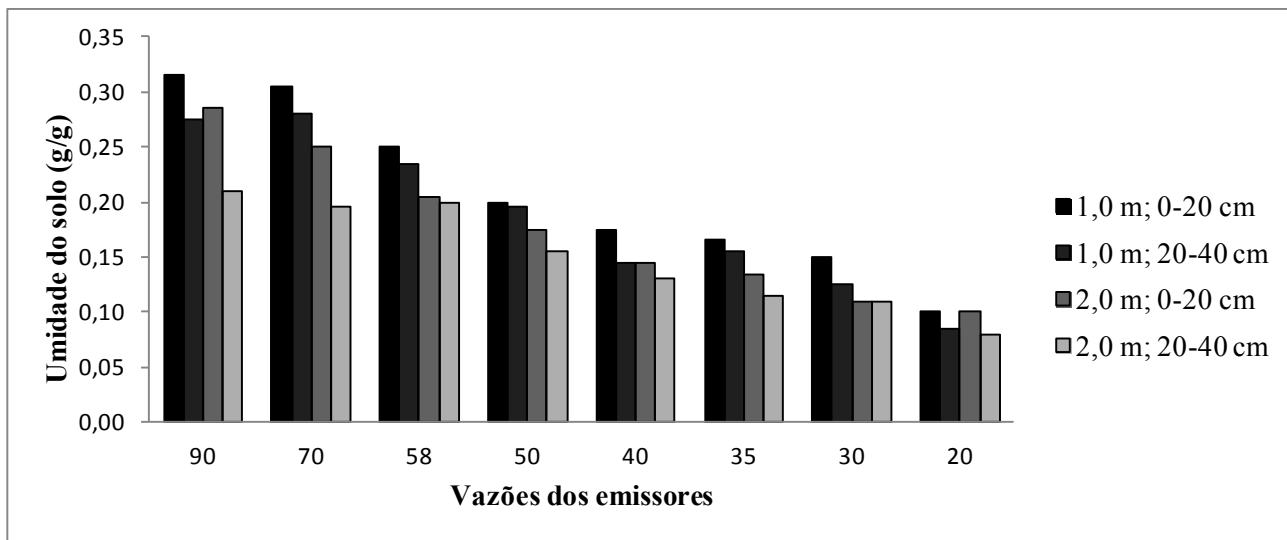


Figura 5. Análise do conteúdo de água no solo (g/g) coletado na área experimental de *Khaya ivorensis*, em Bonfinópolis, GO, a duas distâncias do microaspersor (1,00 m e 2,00 m) e a duas profundidades do solo (0,00 cm a 20,00 cm e 0,00 cm a 40,00 cm).

Para ambos os ensaios, as variáveis meteorológicas da área experimental (temperaturas mínimas e máximas do ar, radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluviométrica) foram coletadas com o auxílio de uma estação meteorológica automatizada (Davis Vantage PRO2) (Figura 6). A evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada pelo método de Penman - Monteith (Allen et al., 1998).



Figura 6. Detalhes da estação meteorológica automatizada Davis Vantage PRO2 (A), com console wireless (B), instalada a 50,00 m da área experimental de *Khaya ivorensis*, entre 2012 e 2013, em Bonfinópolis, GO.

Variáveis analisadas e estatística

As avaliações de crescimento das plantas foram feitas bimestralmente (maio, julho, setembro e novembro de 2012 e em janeiro, março e maio de 2013), totalizando sete avaliações. A primeira avaliação foi realizada aos 60 dias após o transplante, medindo-se as seguintes variáveis fenométricas: altura de planta - medida da extremidade superior do ramo ortotrópico até o nível do solo, utilizando régua de precisão milimétrica; altura de fuste - medida da distância entre o nível do solo até a inserção da primeira folha e diâmetro do tronco a cinco centímetros do solo, com o auxílio de um paquímetro.

Utilizou-se o programa computacional Sistema de Análise de Variância (SISVAR) para a análise experimental. Para o ensaio de gotejamento, a análise foi qualitativa entre os tratamentos, realizando comparação de médias pelo teste

de Tukey a 5,00% de probabilidade de erro. Para o ensaio de microaspersão, os graus de liberdade dos tratamentos foram decompostos em componentes de regressão polinomial, optando-se pelo modelo de maior grau significativo. Para ambos os ensaios, para analisar o efeito do tempo no crescimento das plantas em cada tratamento, realizou-se uma comparação de médias pelo teste de Tukey a 5,00% de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

Ensaio por gotejamento

O crescimento das plantas, tanto em altura quanto em diâmetro, foi influenciado pela irrigação, apresentando diferenças estatísticas entre os tratamentos irrigados e o não irrigado ($p > 0,05$) (**Tabela 3**). A taxa de crescimento em altura foi 25,00% maior nos tratamentos irrigados quando comparado ao tratamento sem irrigação. A altura média das plantas no início do estudo era 0,33 m (dois meses de idade) e na última avaliação atingiram 3,25 m e 2,67 m (20 meses de idade) quando irrigadas e não irrigadas, respectivamente.

A taxa de crescimento em altura de fuste foi 33,00% maior, iniciando com média de 0,23 m aos dois meses de idade e atingindo 0,87 m e 0,71 m aos 20 meses de idade, quando irrigada e não irrigada, respectivamente. A taxa de crescimento em diâmetro do colo da planta foi 19,00% maior, iniciando com média de 0,79 cm aos dois meses de idade e atingindo 5,90 cm e 5,10 cm, aos 16 meses, para plantas irrigadas e não irrigadas, respectivamente. A taxa de crescimento do diâmetro à altura do peito foi 24,00% maior, atingindo 4,60

Tabela 3. Médias das avaliações de altura total, altura de fuste, diâmetro do coleto e diâmetro à altura do peito (DAP), em metros, de plantas de *Khaya ivorensis* submetidas aos tratamentos de irrigação por gotejamento e sem irrigação, entre 2012 e 2013, em Bonfinópolis, GO.

| | Altura total | | | | | | | | | | Altura de fuste | | | | |
|---------------------|--------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|--------------|-------------|------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2012 | | | | 2013 | | | | | | 2012 | | | | 2013 |
| | Mai | Jul | Set | Nov | Jan | Mar | Mai | Jul | Set | Nov | Mai | Jul | Set | Nov | Jan |
| | 60 | 120 | 180 | 240 | 380 | 440 | 500 | 560 | 620 | 680 | 60 | 120 | 180 | 240 | 380 |
| 8L/h 3got/ pl | 0,32 aF | 0,38 aF | 0,49 aEF | 0,64 aEF | 0,81 aE | 1,49 aD | 2,14 aC | 2,33 abC | 2,82 aB | 3,28 aA | 0,22 aE | 0,28 aE | 0,30 aE | 0,29 aE | 0,32 aE |
| 8L/h 2got/ pl | 0,29 aF | 0,35 aF | 0,46 aEF | 0,58 aEF | 0,79 aE | 1,39 aD | 2,06 aC | 2,27 abC | 2,74 aB | 3,17 aA | 0,21 aE | 0,26 aE | 0,29 aE | 0,28 aE | 0,29 aE |
| 8L/h 1got/ pl | 0,33 aF | 0,38 aF | 0,47 aEF | 0,63 aEF | 0,82 aE | 1,52 aD | 2,13 aC | 2,38 aBC | 2,78 aB | 3,25 aA | 0,24 aE | 0,26 aE | 0,29 aE | 0,27 aE | 0,28 aE |
| 4L/h 3got/ pl | 0,33 aF | 0,38 aF | 0,50 aEF | 0,66 aEF | 0,85 aE | 1,50 aD | 2,04 aC | 2,23 abBC | 2,61 abB | 3,15 aA | 0,22 aD | 0,25 aD | 0,29 aD | 0,28 aD | 0,32 aD |
| 4L/h 2got/ pl | 0,32 aF | 0,37 aF | 0,47 aEF | 0,61 aEF | 0,79 aE | 1,44 aD | 2,09 aC | 2,27 abC | 2,77 aB | 3,27 aA | 0,22 aE | 0,26 aE | 0,27 aE | 0,27 aE | 0,30 aE |
| 4L/h 1got/ pl | 0,31 aF | 0,35 aF | 0,47 aEF | 0,60 aEF | 0,79 aE | 1,43 aD | 2,01 aC | 2,27 abC | 2,74 aB | 3,26 aA | 0,22 aE | 0,24 aE | 0,27 aE | 0,27 aE | 0,28 aE |
| 2L/h 3got/ pl | 0,33 aF | 0,38 aF | 0,49 aEE | 0,65 aEF | 0,80 aE | 1,42 aD | 1,93 aC | 2,25 abC | 2,71 abB | 3,15 aA | 0,22 aE | 0,24 aE | 0,28 aE | 0,28 aE | 0,30 aE |
| 2L/h 2got/ pl | 0,35 aF | 0,41 aF | 0,50 aEF | 0,62 aEF | 0,80 aE | 1,50 aD | 2,18 aC | 2,47 aC | 2,95 aB | 3,43 aA | 0,24 aE | 0,27 aE | 0,30 aE | 0,30 aE | 0,31 aE |
| 2L/h 1got/ pl | 0,36 aF | 0,40 aF | 0,51 aEF | 0,66 aEF | 0,80 aE | 1,50 aD | 2,10 aC | 2,38 aC | 2,83 aB | 3,34 aA | 0,26 aD | 0,28 aD | 0,31 aD | 0,33 aD | 0,33 aD |
| Sem. Irrig. | 0,33 aF | 0,38 aF | 0,39 aF | 0,43 aE | 0,64 aE | 1,19 aD | 1,82 aC | 1,93 bBC | 2,31 bAB | 2,67 bA | 0,28 aE | 0,26 aE | 0,26 aE | 0,27 aE | 0,29 aE |

| | Diâmetro do coleto | | | | | | DAP | | | | Altura de fuste | | | | |
|---------------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| | 2012 | | | | 2013 | | | | | | 2013 | | | | |
| | Mai | Jul | Set | Nov | Jan | Mar | Mai | Jul | Set | Nov | Mar | Mai | Jul | Set | Nov |
| | 60 | 120 | 180 | 240 | 380 | 440 | 500 | 560 | 620 | 680 | 440 | 500 | 560 | 620 | 680 |
| 8L/h 3got/ pl | 0,0078 aA | 0,01 aB | 0,015 aC | 0,019 aD | 0,026 aDE | 0,045 aEF | 0,058 aF | 0,037 aB | 0,043 aAB | 0,048 aA | 0,51 aD | 0,64 aC | 0,68 aBC | 0,76 aB | 0,87 aA |
| 8L/h 2got/ pl | 0,0076 aA | 0,009 aB | 0,014 aC | 0,017 aD | 0,025 aDE | 0,042 aEF | 0,058 aF | 0,034 abB | 0,039 abAB | 0,044 abA | 0,49 abD | 0,59 aCD | 0,62 abBC | 0,70 abB | 0,87 aA |
| 8L/h 1got/ pl | 0,0078 aA | 0,01 aB | 0,015 aC | 0,019 aCD | 0,027 aDE | 0,044 aDE | 0,058 aE | 0,037 aB | 0,041 abAB | 0,046 abA | 0,51 aD | 0,61 aCD | 0,63 abBC | 0,72 abB | 0,86 aA |
| 4L/h 3got/ pl | 0,008 aA | 0,01 aB | 0,015 aC | 0,019 aD | 0,027 aDE | 0,044 aEF | 0,059 aF | 0,035 abB | 0,040 abAB | 0,044 abA | 0,54 aC | 0,62 aBC | 0,64 abBC | 0,72 abB | 0,86 aA |
| 4L/h 2got/ pl | 0,0076 aA | 0,009 aB | 0,015 aC | 0,018 aD | 0,025 aD | 0,044 aE | 0,057 aE | 0,035 abB | 0,039 abAB | 0,045 abA | 0,51 aD | 0,59 aCD | 0,63 abC | 0,74 aB | 0,87 aA |
| 4L/h 1got/ pl | 0,0072 aA | 0,009 aB | 0,015 aC | 0,018 aD | 0,025 aD | 0,044 aE | 0,059 aE | 0,036 abB | 0,041 abAB | 0,046 abA | 0,48 abD | 0,58 aCD | 0,63 abC | 0,74 aB | 0,87 aA |
| 2L/h 3got/ pl | 0,0076 aA | 0,01 aB | 0,016 aC | 0,019 aD | 0,026 aD | 0,043 aE | 0,057 aE | 0,034 abB | 0,040 abAB | 0,045 abA | 0,52 aD | 0,59 aCD | 0,69 aBC | 0,77 aAB | 0,87 aA |
| 2L/h 2got/ pl | 0,0083 aA | 0,011 aB | 0,016 aC | 0,019 aD | 0,027 aD | 0,046 aE | 0,061 aE | 0,038 aB | 0,042 aAB | 0,048 aA | 0,50 aD | 0,59 aCD | 0,67 aBC | 0,77 aAB | 0,86 aA |
| 2L/h 1got/ pl | 0,0085 aA | 0,01 aB | 0,016 aC | 0,019 aD | 0,027 aE | 0,046 aF | 0,060 aG | 0,036 abB | 0,040 abAB | 0,046 abA | 0,54 aC | 0,62 aBC | 0,66 aB | 0,77 aA | 0,87 aA |
| Sem. Irrig. | 0,0086 aA | 0,01 aB | 0,01 bC | 0,014 bD | 0,019 bDE | 0,036 bDE | 0,051 bE | 0,026 bB | 0,031 bAB | 0,037 bA | 0,40 bD | 0,45 bCD | 0,54 bBC | 0,64 bAB | 0,71 bA |

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

cm e 3,70 cm, aos 20 meses, para plantas irrigadas e não irrigadas, respectivamente. As alturas das plantas nos tratamentos irrigados diferiram do não irrigado a partir de julho de 2013, ou seja, já no quarto mês após o plantio (período de plena estiagem).

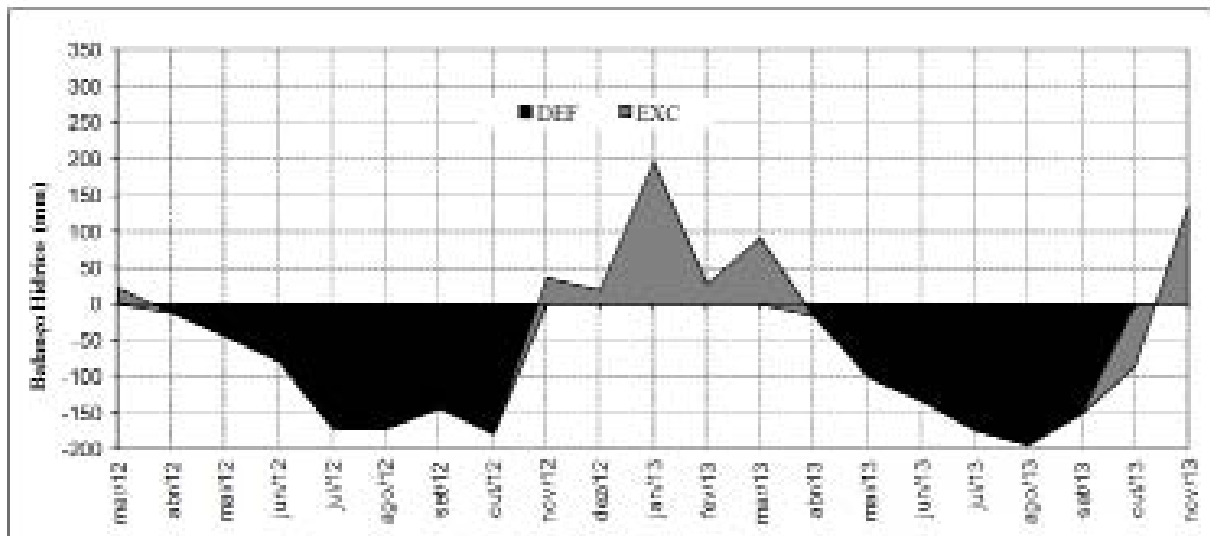
Vale ressaltar que, mesmo com o início das chuvas em outubro, as plantas não irrigadas não conseguiram obter taxas de crescimento suficientes para igualar as médias das plantas mantidas irrigadas (**Tabela 3**). Para altura de fuste, esse efeito só foi observado a partir do início do período de estiagem do ano seguinte (março de 2013), plantas com a idade de um ano após plantio.

Plantas jovens de mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*) podem tolerar períodos de 15 a 30 dias de deficiência hídrica (Cordeiro et al., 2009). Essa espécie também pertence à família Meliaceae, assim como o mogno-africano, porém, aquela é nativa do Bioma Amazônico. Plantas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliotti*, cultivadas no Cerrado do Triângulo Mineiro, tiveram um maior crescimento quando submetidos à irrigação, corroborando com os resultados do presente estudo (Fernandes et al., 2000).

As plantas de mogno-africano apresentaram 95,00% de pegamento no período de deficiência hídrica ocorrida na área experimental. Entretanto, apesar da elevada taxa de sobrevivência, o déficit característico do Bioma Cerrado (estação seca = seis meses) refletiu no menor crescimento das plantas não irrigadas. Algumas espécies lenhosas, em condições de deficiência hídrica, limitam a abertura estomática, tendo como consequência a redução na taxa de assimilação de CO₂ e menor crescimento vegetal (Franco, 1998; Mattos et al., 2002, Silva et al., 2005, Albuquerque et al., 2013).

O menor crescimento de plantas não irrigadas pode ser explicado pela época do plantio (março/2012), que coincide com o final das chuvas na região, avançando em um período de estiagem até outubro de 2012. Esse fato pode ter prejudicando o crescimento e a sobrevivência das plantas (**Figura 7**).

(A)



(B)

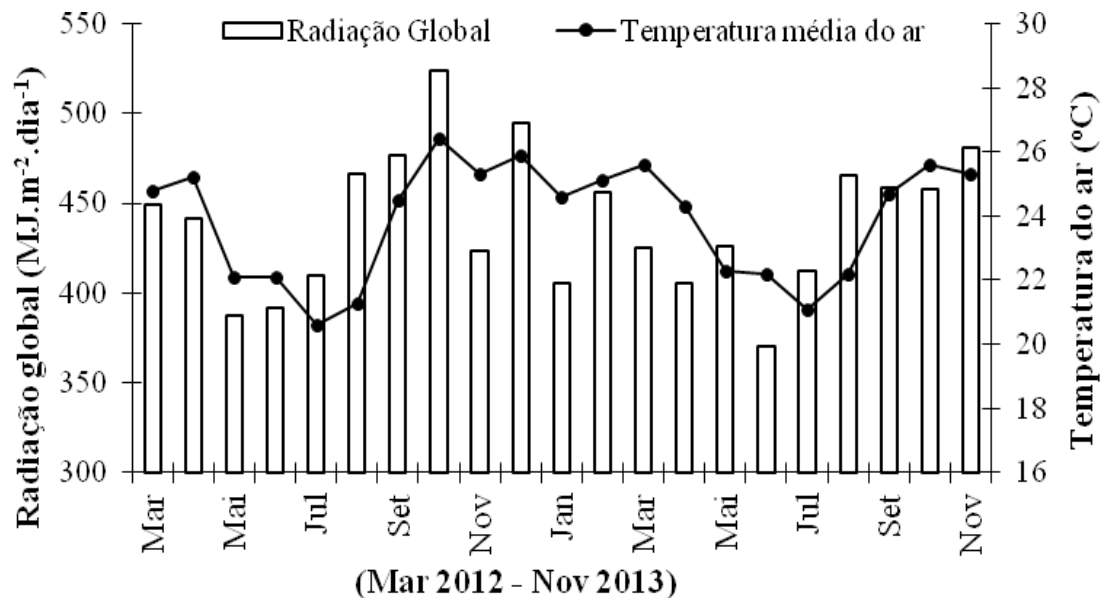


Figura 7. Balanço hídrico pelo método de Thornthwaite; Matter (A) e temperatura média do ar e radiação solar no período de março de 2012 a novembro de 2013 (B), em Bonfinópolis, GO

O raio explorado pelas raízes das plantas jovens de mogno-africano era somente de 0,50 m até seis meses de idade e de 1,00 m até um ano. Provavelmente, por isso, um único gotejador com a vazão de 2,00 L h⁻¹ foi o suficiente para suprir a necessidade hídrica das plantas. Nos tratamentos com dois e três gotejadores, independente da vazão, esses estavam dispostos no campo de maneira que, no tratamento com dois gotejadores, a planta ficou em uma região mediana entre os emissores e, no tratamento com três gotejadores, a água disponibilizada pelos emissores das extremidades ficou fora da zona de absorção de água pelo sistema radicular jovem, já que a distância entre os emissores foi 60,00 cm. Ao tomar como base o tratamento com 8,00 L h⁻¹ e três gotejadores funcionando uma hora por dia, resultou em um raio molhado de 0,38 cm, ou seja, toda a água expelida pelos emissores das extremidades, provavelmente, foi perdida nessa fase.

Apesar do crescimento das plantas ter ocorrido durante os primeiros meses, as taxas de crescimento das plantas se intensificaram no verão (dezembro - março). Isso, provavelmente, foi influenciado pela máxima disponibilidade hídrica no solo e pelo efeito do fotoperíodo, com maior disponibilidade energética.

Em geral, os tratamentos irrigados e não irrigados mostraram taxas de crescimento menores até 160 dias após o plantio, isto pode ter sido devido à fase de pegamento das mudas e à baixa disponibilidade energética, sendo mais acentuado no tratamento não irrigado, pois se somou a condição de restrição hídrica (**Figura 8**). A partir de novembro de 2012, foram observadas maiores taxas de crescimento, tanto nos tratamentos irrigados quanto não irrigados ($p < 0,05$), para todas as variáveis analisadas, decrescendo novamente no período seco do ano seguinte (2013), com efeito menor aos tratamentos irrigados. Esses aspectos evidenciam a importância da irrigação no crescimento de plantas de *K. ivorensis* nos dois primeiros anos.

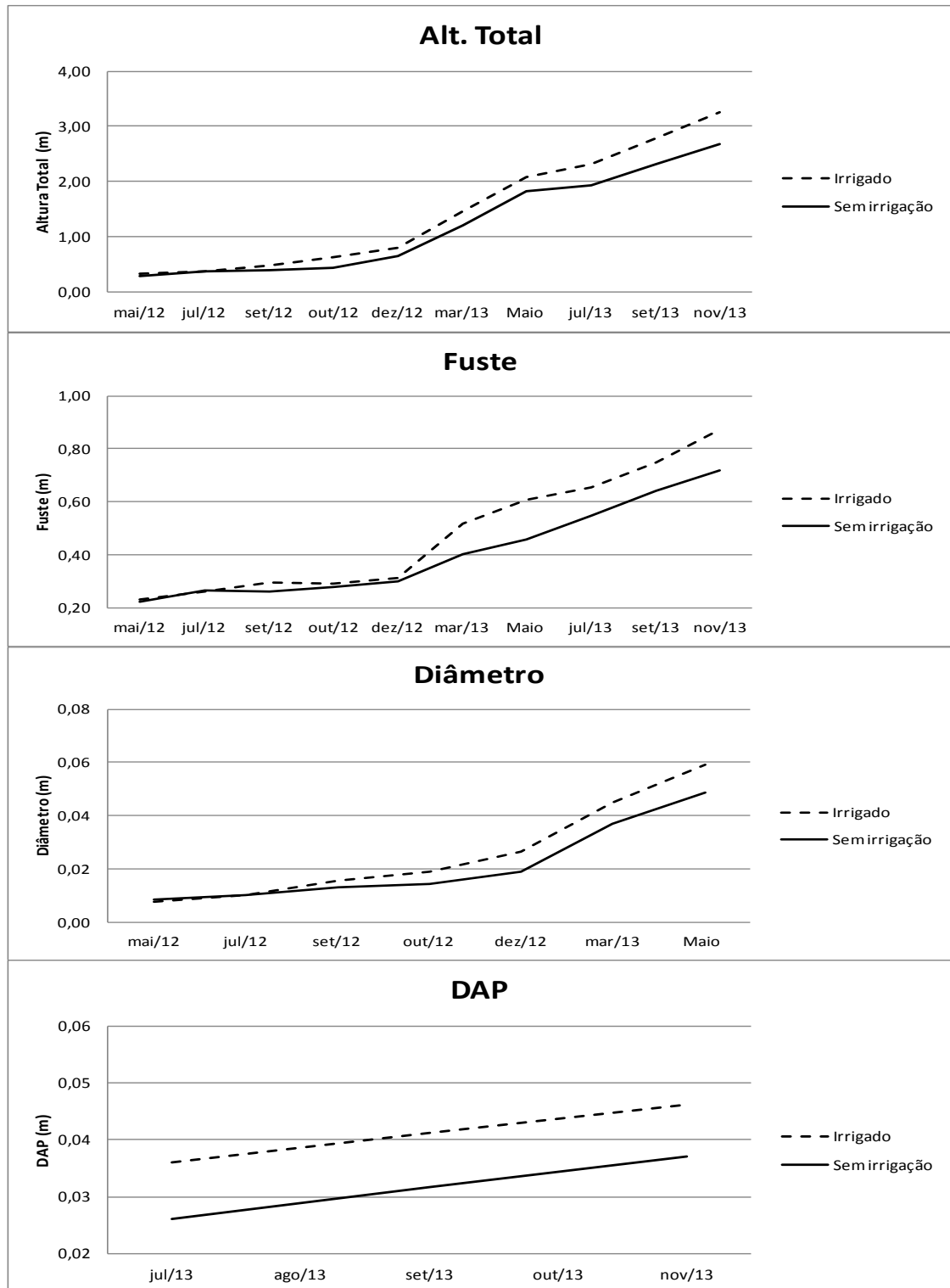


Figura 8. Dados médios de crescimento de plantas de *Khaya ivorensis* (altura total, altura de fuste, diâmetro do coleto e diâmetro à altura do fuste), dos dois aos vinte meses no campo, em Bonfinópolis, GO.

Observou-se que as plantas na primeira leitura, feita em maio de 2012 (dois meses de idade), obtiveram valores médios de 0,01 m de diâmetro, 0,32 m de altura total e 0,23 m de fuste. Já em novembro de 2013 (20 meses de idade), na última avaliação, os dados médios coletados de DAP, altura total e altura de fuste foram, respectivamente: 0,04 m; 3,25 m e 0,87 m para as plantas irrigadas e 0,04 m, 2,67 m e 0,71 m para as plantas sem irrigação. A literatura relata que plantas de mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*), transplantadas com 0,60 m de altura, ou seja, com o aproximadamente o dobro da altura inicial das plantas deste estudo (0,32 m), obtiveram durante um período de 14 meses uma altura total média igual a 3,40 m (Cordeiro, 2012), o que remete a uma taxa de 0,24 m mês⁻¹, sendo superior à taxa obtida pelas plantas do presente estudo, as quais determinaram uma taxa de 0,15 m mês⁻¹ quando irrigadas, e taxa de 0,12 m mês⁻¹ quando não irrigadas. Isso pode ser devido ao tamanho da muda transplantada e/ou devido à diferença de espécie e região. O mogno-brasileiro é uma espécie nativa da região amazônica onde o estudo foi conduzido, portanto é uma planta já adaptada às condições ambientais do local.

Em vista de que os solos do Cerrado são naturalmente pobres em fósforo (Sousa et al., 2004), o que foi comprovado nesta pesquisa (4,20 mg dm⁻³ e 1,40 mg dm⁻³ nas camadas de 0,00 cm a 20,00 cm e 0,00 cm a 40,00 cm, respectivamente), a falta de sua aplicação pode ter ocasionado um menor crescimento das plantas. Sabe-se que, para muitas espécies florestais tais como *Cedrella fissilis* (cedro) (Silva; Muniz, 1995), *Acacia mangium* (acácia), *Tibouchina granulosa* (quaresmeira) e *Aspidosperma polyneurom* (peroba-rosa) (Braga et al., 1995), o fósforo é elemento limitante do crescimento vegetal.

Além disto, o mogno-africano pode ser uma planta adaptável a solos pobres. Na Indonésia, o mogno-brasileiro se desenvolve em solos muito pobres (Soerianegara; Lemmens, 1993). Para Carvalho (2007) existem diversas

condições de solo toleráveis para o mogno-brasileiro, desde solos profundos e mal drenados, solos argilosos ácidos e pantanosos, até solos alcalinos e bem drenados, incluindo-se solos derivados de rochas ígneas e metamórficas. Assim, por se tratar de plantas da mesma família e devido à proximidade das características de origem das espécies *Swietenia macrophylla* e *K. ivorensis*, pode-se inferir que o mogno-africano se mostra uma espécie adaptada às condições ambientais do Cerrado. Além desses aspectos, segundo Sallenave (1959), estudando as características especiais e propriedades do mogno-africano, essa espécie tem sua origem em países de costa oeste do Continente Africano, principalmente na Costa do Marfim, Gana, Togo, Nigéria, Camarões, Congo e Angola, onde geralmente os solos predominantes encontrados nesses países são classificados como Oxisols, Ultisols e Entisols que, pela classificação brasileira (Santos et al., 2013), representam respectivamente Latossolos, Argissolos e Neossolos, encontrados no Cerrado goiano.

Ensaio por microaspersão

A irrigação influenciou o crescimento de plantas jovens de mogno-africano testadas no campo. Para altura de planta, diâmetro de caule e altura de fuste, houve efeito significativo entre os níveis de irrigação, apresentando comportamento linear, sendo o microaspersor de 90 L h⁻¹ o que proporcionou maior crescimento em diâmetro à altura do peito (0,06 m), em altura (3,72 m) e em altura de fuste (0,94 m).

A variável que melhor respondeu aos tratamentos submetidos, na última avaliação em novembro de 2013, foi altura de fuste, pois apresentou o maior valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,96$) e coeficiente de correlação ($r = 0,98$). Isso significa que 96,53% da variabilidade entre o fuste das plantas são explicadas pela variação entre as vazões dos emissores. A força

de relação entre o fuste das plantas e a vazão dos emissores foi 98,25%. Ao contrário, a variável que menos respondeu aos tratamentos foi a altura total ($R^2 = 0,82$ e $r = 0,91$), evidenciando que 82,35% da variabilidade entre a altura total são explicadas pela variação de vazão. As análises de regressão das avaliações podem ser observadas no resumo da análise de regressão (**Tabela 4** e **Figura 9**).

Tabela 4. Resumo da análise de regressão com o quadrado médio para altura total, altura de fuste e diâmetros do coleto e à altura do peito (DAP) de *Khaya ivorensis*, em resposta a diferentes níveis de irrigação por microaspersão, em Bonfinópolis, GO.

| Altura total – QM | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| FV | Mai/12 | Jul/12 | Set/12 | Nov/12 | Jan/13 | Mar/13 | Mai/13 | Jul/13 | Set/13 | Nov/13 |
| Reg. Linear | 0,355 ns | 2,681 ns | 44,960 ns | 69.092 ns | 174,050 ** | 772,938 ** | 3356,295 ** | 12.951,808 ** | 14.115,755 ** | 11694,898 ** |
| Reg. Quadra | 0,694 ns | 16,990 ns | 1,049 ns | 148.806 * | 2,256 ns | 10,607 ns | 161,869 ns | 0,380 ns | 227,678 ns | 1114,837 ns |
| Altura de fuste – QM | | | | | | | | | | |
| FV | Mai/12 | Jul/12 | Set/12 | Nov/12 | Jan/13 | Mar/13 | Mai/13 | Jul/13 | Set/13 | Nov/13 |
| Reg. Linear | 3,146 ns | 2,0565 ns | 1,285 ns | 7,775 ns | 420,13 ns | 0,005 ns | 216,679 * | 899,691 ** | 2156,272 ** | 3818,005 ** |
| Reg. Quadra | 3,887 ns | 0,447 ns | 26,686 ns | 17,365 ns | 64,256 ns | 17,824 ** | 60,057 ns | 6,965 ns | 0,337 ns | 4,858 ns |
| Diâmetro do coleto – QM | | | | | DAP – QM | | | | | |
| FV | Mai/12 | Jul/12 | Set/12 | Nov/12 | Jan/13 | Mar/13 | Mai/13 | Jul/13 | Set/13 | Nov/13 |
| Reg. Linear | 0,0005 ns | 0,021 ns | 0,114 ** | 0,070 * | 0,392 ** | 1,027 ** | 2,316 ** | 7,097 ** | 8,659 ** | 6,700 ** |
| Reg. Quadra | 0,001 ns | 0,0004 ns | 0,008 ns | 0,232 ** | 0,028 ns | 0,059 ns | 0,108 ns | 0,167 ns | 0,115 ns | 0,004 ns |

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$), ^{**} Significativo ao nível de 1,00% de probabilidade ($p < 0,01$) e ^{*} Significativo para ao nível de 5,00% de probabilidade ($0,01 p \leq 0,05$).

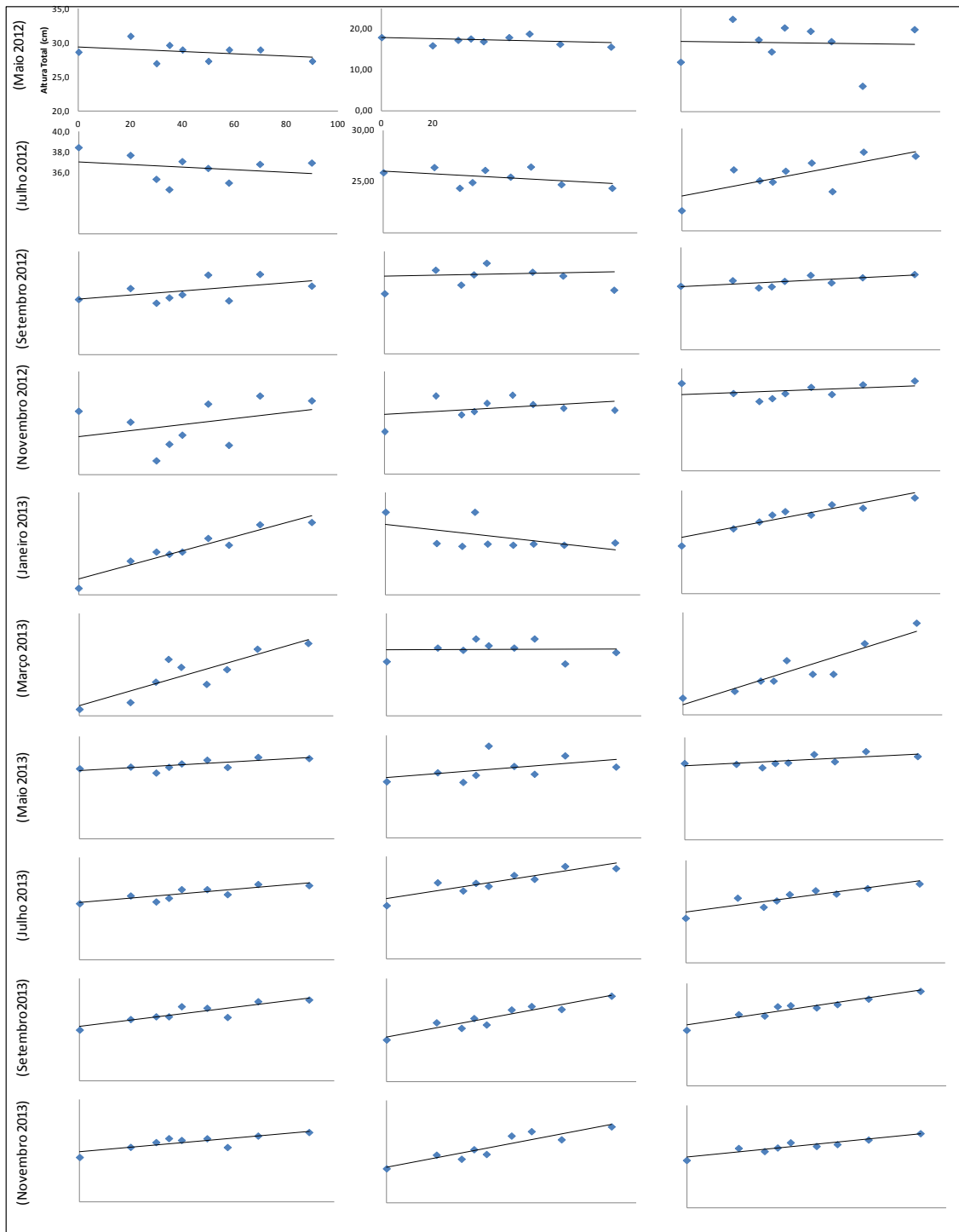


Figura 9. Altura total, altura de fuste, diâmetro do coleto e diâmetro à altura do peito (DAP) (**significativo $p < 0,01$) de plantas de *Khaya ivorensis*, em função de níveis de irrigação aplicados por microaspersão, de maio 2012 a novembro de 2013, em Bonfinópolis, GO.

Na **Tabela 5** pode-se observar, tomando como base o tratamento de maior vazão e o tratamento sem irrigação, que a altura total e o diâmetro do coleto proporcionaram praticamente a mesma leitura entre si, aos 60 dias após o transplântio. Em setembro de 2012, ou seja, após quatro meses do início da aplicação de água, o tratamento com maior vazão superou o tratamento sem irrigação. Isso pode ser explicado pelo fato de que, sem a água, as plantas sentiram mais ao transplântio e demoraram a se desenvolver. Com deficiência hídrica, a planta reduz seu processo de expansão foliar e, portanto, seu crescimento. De novembro a janeiro, devido à maior disponibilidade hídrica e maior disponibilidade de energia, ambos os tratamentos se desenvolveram de forma igual até o início da estação seca do ano seguinte (março de 2013). Nesta estação, o índice de crescimento das plantas não irrigadas diminuiu novamente, sendo que a diferença entre os tratamentos até a última leitura chegou a 1,00 m.

O menor crescimento de plantas não irrigadas pode ser explicado pela época do plantio, ou seja, março de 2012, ser coincidente com o final das chuvas na região, avançando em um período de estiagem até outubro de 2012. Esse aspecto pode ter prejudicado o crescimento e sobrevivência das plantas.

Para a variável altura de fuste, comparando o tratamento de maior vazão ($90,00 \text{ L h}^{-1}$) e o tratamento sem irrigação, observa-se que ambos tiveram seu maior índice de crescimento no período de novembro de 2012 a janeiro de 2013, também devido à quantidade de água e ao fotoperíodo, saindo de valores de 0,29 m e 0,26 m e chegando até 0,40 m e 0,58 m, respectivamente.

Apesar do tratamento com emissor de $90,00 \text{ L h}^{-1}$ ter se destacado dos demais, essa diferença não foi tão grande entre os tratamentos de menores vazões de água. Esse resultado pode ter sido devido aos anos de 2012 e 2013 apresentarem ocorrências de chuvas até o mês de junho e reinício das chuvas

Tabela 5. Médias das avaliações de altura total, altura de fuste, diâmetro do coleto e diâmetro à altura do peito (DAP) de plantas de *Khaya ivorensis*, submetidas aos tratamentos de irrigação e sem irrigação por microaspersão, em Bonfinópolis, GO.

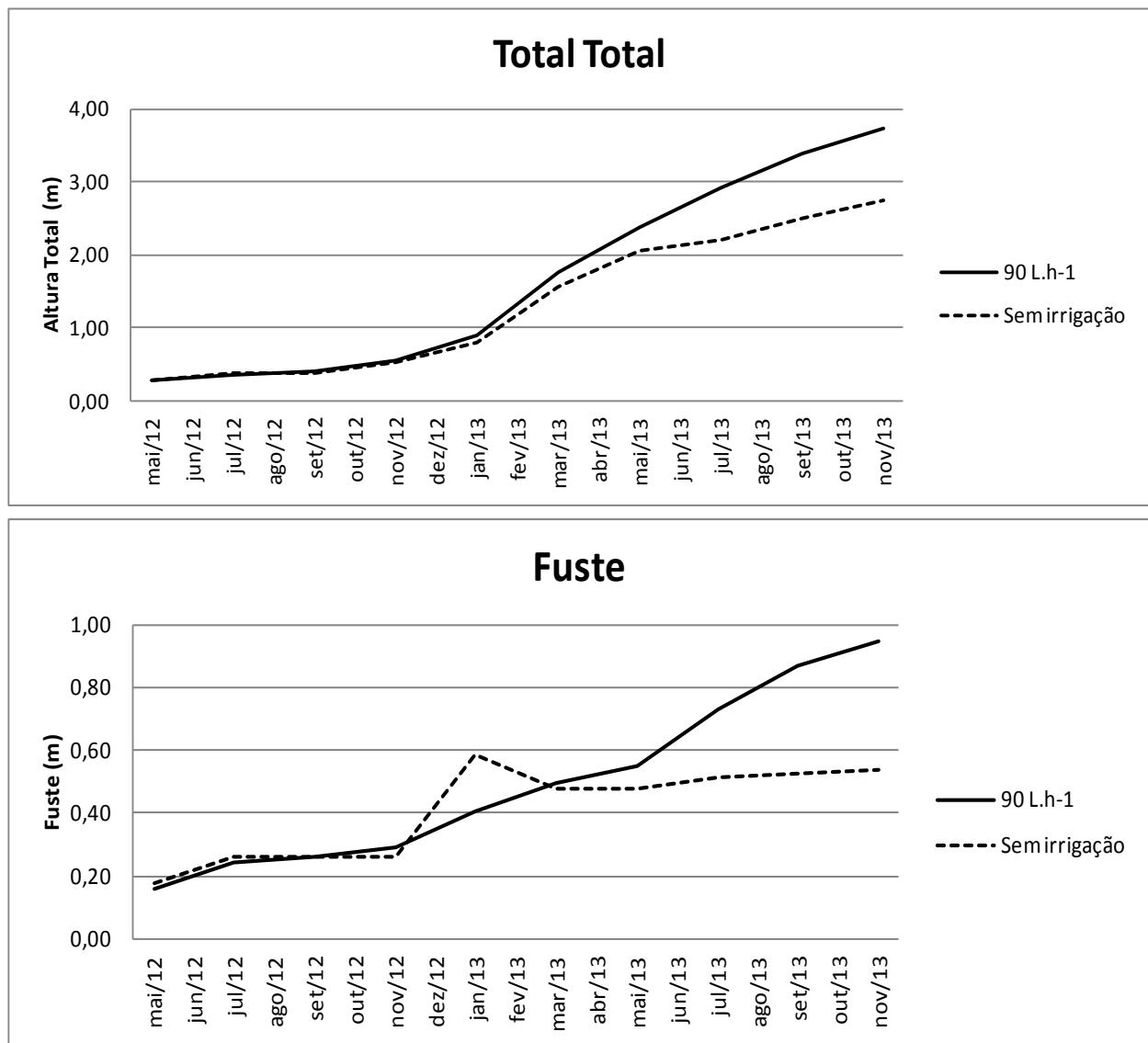
| | Altura total | | | | | | | | | | Altura de fuste | | | | |
|--------------------------------------|--------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2012 | | | | 2013 | | | | | | 2012 | | | | 2013 |
| | Mai | Jul | Set | Nov | Jan | Mar | Mai | Jul | Set | Nov | Mai | Jul | Set | Nov | Jan |
| | 60 | 120 | 180 | 240 | 380 | 440 | 500 | 560 | 620 | 680 | 60 | 120 | 180 | 240 | 380 |
| 90 L.h⁻¹ | 0,27 G | 0,36 G | 0,41 G | 0,54 G | 0,90 F | 1,76 E | 2,36 D | 2,91 C | 3,38 B | 3,72 A | 0,15 E | 0,24 DE | 0,26 DE | 0,29 DE | 0,40 CD |
| 70 L.h⁻¹ | 0,27 F | 0,36 F | 0,44 F | 0,55 F | 0,90 E | 1,74 D | 2,40 C | 2,96 B | 3,33 A | 3,58 A | 0,16 F | 0,24 EF | 0,27 EF | 0,29 EF | 0,39 DE |
| 58 L.h⁻¹ | 0,29 F | 0,35 F | 0,38 F | 0,45 F | 0,87 E | 1,68 D | 2,10 C | 2,56 B | 2,87 AB | 3,14 A | 0,18 F | 0,26 EF | 0,28 EF | 0,30 EF | 0,40 DE |
| 50 L.h⁻¹ | 0,27 G | 0,36 G | 0,44 G | 0,53 G | 0,88 F | 1,64 E | 2,31 D | 2,76 C | 3,14 B | 3,48 A | 0,18 F | 0,25 EF | 0,30 EF | 0,31 EF | 0,39 DE |
| 40 L.h⁻¹ | 0,29 F | 0,37 F | 0,39 F | 0,47 F | 0,86 E | 1,69 D | 2,20 C | 2,76 B | 3,18 A | 3,41 A | 0,17 E | 0,26 DE | 0,28 DE | 0,30 DE | 0,40 CD |
| 35 L.h⁻¹ | 0,29 F | 0,34 F | 0,38 F | 0,45 F | 0,86 E | 1,71 D | 2,10 C | 2,42 C | 2,89 B | 3,48 A | 0,17 C | 0,24 C | 0,27 C | 0,29 C | 0,58 AB |
| 30 L.h⁻¹ | 0,27 F | 0,35 F | 0,37 F | 0,42 F | 0,86 E | 1,65 D | 1,94 D | 2,27 C | 2,89 B | 3,33 A | 0,17 D | 0,24 CD | 0,26 CD | 0,28 CD | 0,38 BC |
| 20 L.h⁻¹ | 0,28 F | 0,37 F | 0,41 F | 0,50 F | 0,85 E | 1,59 D | 2,11 C | 2,51 B | 2,81 B | 3,14 A | 0,17 E | 0,26 DE | 0,28 DE | 0,31 DE | 0,40 CD |
| Sem. Irig. | 0,28 E | 0,38 E | 0,38 E | 0,52 DE | 0,81 D | 1,57 C | 2,06 B | 1,90 B | 2,50 A | 2,75 A | 0,18 B | 0,25 B | 0,25 B | 0,26 B | 0,58 A |

| Diâmetro do coleto | | | | | DAP | | | | | | Altura de fuste | | | | |
|----------------------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-----------------|-------------|------------|------------|-----------|
| | 2012 | | | | 2013 | | | | | | 2013 | | | | |
| | Mai | Jul | Set | Nov | Jan | Mar | Mai | Jul | Set | Nov | Mar | Mai | Jul | Set | Nov |
| | 60 | 120 | 180 | 240 | 380 | 440 | 500 | 560 | 620 | 680 | 440 | 500 | 560 | 620 | 680 |
| 90 L.h⁻¹ | 0,008 F | 0,011 EF | 0,014 DE | 0,017 D | 0,029 C | 0,057 B | 0,065 A | 0,046 B | 0,055 A | 0,058 A | 0,49 C | 0,54 C | 0,73 B | 0,86 AB | 0,94 A |
| 70 L.h⁻¹ | 0,007 F | 0,011 EF | 0,014 DE | 0,016 D | 0,028 C | 0,055 B | 0,069 A | 0,043 B | 0,051 AB | 0,053 A | 0,47 CD | 0,60 BC | 0,74 AB | 0,76 AB | 0,82 A |
| 58 L.h⁻¹ | 0,008 F | 0,010 EF | 0,013 DE | 0,015 D | 0,028 C | 0,052 B | 0,061 A | 0,040 B | 0,047 AB | 0,049 A | 0,51 CD | 0,51 CD | 0,66 BC | 0,78 AB | 0,90 A |
| 50 L.h⁻¹ | 0,008 F | 0,011 EF | 0,014 DE | 0,016 D | 0,027 C | 0,052 B | 0,067 A | 0,042 A | 0,045 A | 0,048 A | 0,50 D | 0,55 CD | 0,69 BC | 0,76 AB | 0,85 A |
| 40 L.h⁻¹ | 0,008 E | 0,01 DE | 0,013 D | 0,015 D | 0,028 C | 0,053 B | 0,060 A | 0,040 B | 0,047 AB | 0,051 A | 0,50 BC | 0,65 AB | 0,62 AB | 0,64 AB | 0,67 A |
| 35 L.h⁻¹ | 0,008 E | 0,01 DE | 0,012 DE | 0,014 D | 0,027 C | 0,051 B | 0,060 A | 0,036 B | 0,046 A | 0,047 A | 0,51 B | 0,50 B | 0,64 AB | 0,69 A | 0,72 A |
| 30 L.h⁻¹ | 0,008 E | 0,01 DE | 0,012 DE | 0,013 D | 0,027 C | 0,051 B | 0,059 A | 0,032 B | 0,041 A | 0,044 A | 0,49 AB | 0,47 AB | 0,60 A | 0,61 A | 0,63 A |
| 20 L.h⁻¹ | 0,008 E | 0,01 DE | 0,013 D | 0,015 D | 0,026 C | 0,050 B | 0,059 A | 0,038 B | 0,042 AB | 0,046 A | 0,50 BC | 0,52 ABC | 0,64 AB | 0,66 AB | 0,67 A |
| Sem. Irrig. | 0,007 F | 0,01 EF | 0,012 E | 0,017 D | 0,024 C | 0,049 B | 0,060 A | 0,026 B | 0,032 AB | 0,037 A | 0,48 A | 0,47 A | 0,51 A | 0,52 A | 0,53 A |

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

em setembro, o que provavelmente colaborou para que as plantas não fossem submetidas a um estresse hídrico tão rigoroso.

É possível observar na **Figura 10** que a taxa de crescimento das plantas se intensificou no verão (dezembro a março). Esse resultado, provavelmente, foi influenciado pela máxima disponibilidade hídrica no solo, além do efeito do fotoperíodo e maior disponibilidade energética (temperatura e radiação), característico nesta época do ano, na região.



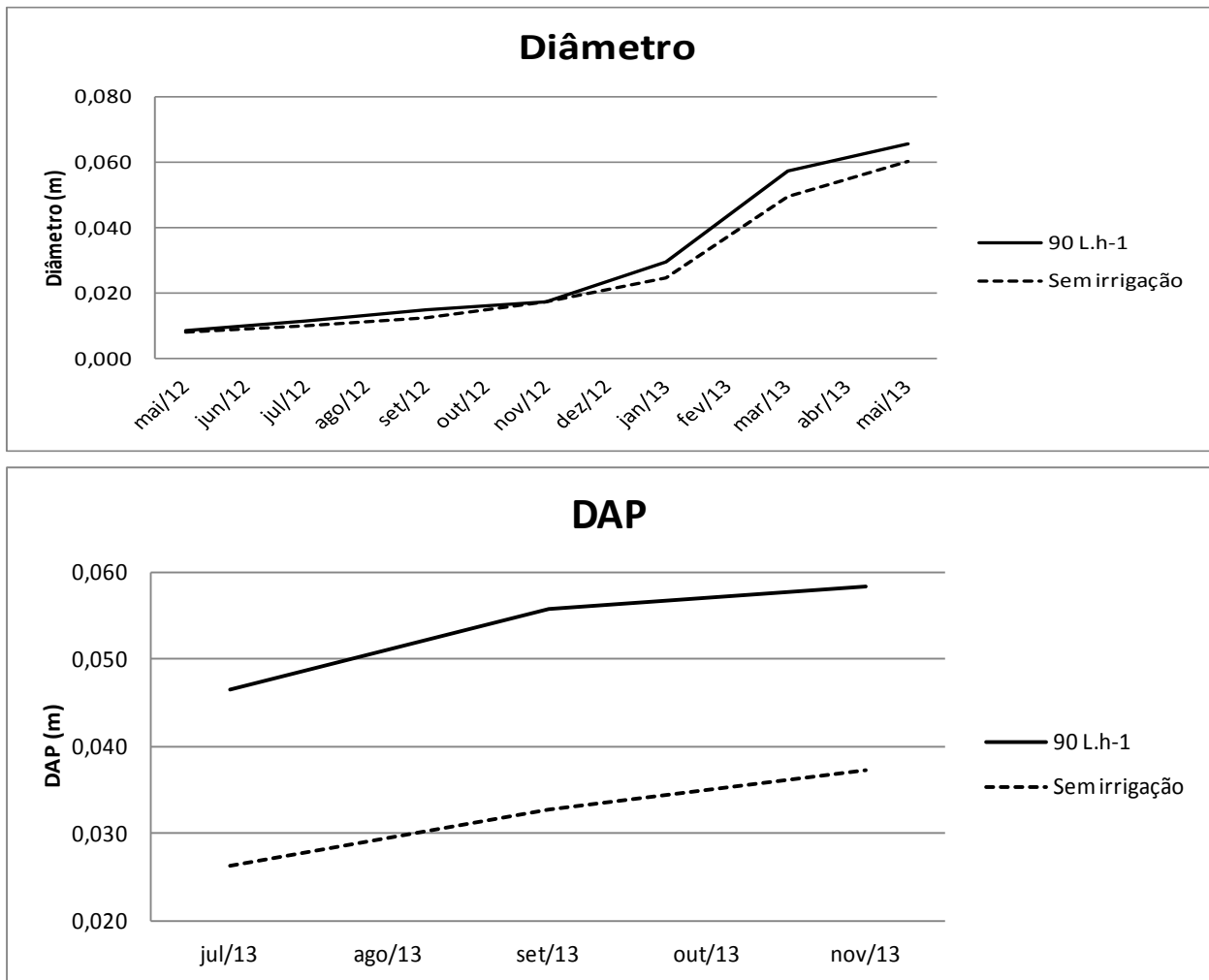


Figura 10. Dados médios de crescimento de plantas de *Khaya ivorensis*: altura total (a), altura de fuste (b), diâmetro do coleto (c) e diâmetro à altura do peito (d), de março de 2012 a novembro de 2013, em Bonfinópolis, GO.

No experimento, os emissores foram dispostos no campo, na entrelinha de plantio, a 2,50 m de distância de cada planta. Esse fato pode, provavelmente, explicar essa diferença entre os tratamentos. O raio explorado pelas raízes das plantas jovens foi somente de 0,50 m até seis meses de idade e de 1,00 m até um ano. Por isso, provavelmente, apenas as pontas dos jatos dos microaspersores de baixa vazão (20,00 L h⁻¹, 30,00 L h⁻¹, 35,00 L h⁻¹, 40,00 L h⁻¹ e 50,00 L h⁻¹), raio molhado de 2,50 m, não foram suficientes para suprir totalmente as necessidades

hídricas das plantas. Os microaspersores de vazão maior (58,00 L h⁻¹, 70,00 L h⁻¹ e 90,00 L h⁻¹), por sua vez, melhor supriram esta necessidade hídrica devido a maior quantidade de água aplicada e a maior área molhada.

Na Figura 5 é possível notar a diferença de umidade do solo, em função da distância do solo coletado e o microaspersor (1,00 m e 2,00 m) e a vazão dos emissores, em duas profundidades: 0,00 cm a 20,00 cm e 20,00 cm a 40,00 cm. A maior umidade foi observada para o emissor de 90,00 L h⁻¹, com os maiores conteúdos de água a 1,00 m do emissor e a 20,00 cm de profundidade do solo.

Diante do exposto, foi observado que o desenvolvimento das plantas foi influenciado pela quantidade de água fornecida. Para cultivos utilizando maior espaçamento, a porcentagem de área molhada deve ter um valor mínimo de 20,00% em regiões úmidas e 33,00% a 50,00% em regiões de baixas precipitações, conforme recomenda López (1992). Com um raio de 2,50 m, os emissores de menores vazões irrigavam 50,00% da área, portanto a maior influência entre os tratamentos certamente foi devido à quantidade de água aplicada e não a porcentagem de área molhada. A falta de água nos tratamentos inibiu um melhor desenvolvimento das plantas. Para Larcher (2004), a primeira e mais sensível resposta à deficiência hídrica é a diminuição da turgência das células e, conseqüentemente, ocorre diminuição do processo em extensão da planta. Outro fator que pode ter prejudicado em maior grau o tratamento sem irrigação comparado com o irrigado é a data de instalação do experimento, que ocorreu em março, no período final das chuvas na região do Cerrado, sendo que a irrigação só ocorreu dois meses após. A falta de água no estágio inicial do desenvolvimento das plantas limitou o número de folhas e, por conseguinte, a área foliar, o número e as taxas de crescimento dos ramos e do caule (Osório et al., 1998).

Na literatura existem vários trabalhos que corroboram os resultados aqui apresentados. Cabral et al. (2004), estudando o crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) submetidas ao estresse hídrico observaram que o

crescimento da parte aérea das plantas também foi influenciado pelo regime hídrico. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Barbosa (1991) que, ao estudar o crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (Leguminosae - Mimosoideae), cultivada com e sem suprimento hídrico, verificou que o estresse hídrico reduziu o crescimento do caule. Barros e Barbosa (1995) constataram que o crescimento da parte aérea de plantas jovens de *Acacia farnesiana* Willd. (Leguminosae - Mimosoideae), sem suprimento hídrico durante 90 dias, foi significativamente menor quando comparado aos tratamentos com suprimentos diários de água. Além disso, deficiência hídrica tem efeito negativo, principalmente, na fotossíntese, pois a água é um componente essencial para a reação desse mecanismo. A escassez de água no solo cria um estresse hídrico que afeta diretamente a eficiência fotossintética na planta. Com a falta de água, os estômatos fecham e a resistência para a difusão do CO₂ dentro das folhas aumenta, reduzindo também a taxa de respiração. Plantas de *Eucalyptus grandis* no norte de Minas Gerais tiveram um maior crescimento quando submetidos à irrigação, corroborando os resultados do presente trabalho (Reis et al., 2006).

Embora as plantas tenham sobrevivido (95,00% de pegamento) ao período de deficiência hídrica ocorrida na área experimental, característica do Bioma Cerrado (estação seca de seis meses), isto se refletiu no crescimento das plantas não irrigadas e em baixos níveis de irrigação (**Figura 11**), conforme também constatado no experimento por gotejamento.

Observou-se que as plantas na primeira leitura, feita em maio de 2012 (aos dois meses de idade), obtiveram valores médios de 0,01 m de diâmetro, 0,28 m de altura total e 0,25 m de fuste. Já em novembro de 2013 (20 meses de idade), na última avaliação, os dados médios coletados de DAP, altura total e altura de fuste foram respectivamente: 0,06 m, 3,72 m e 0,94 m para as plantas irrigadas e 0,06 m, 2,75 m e 0,53 m para as plantas sem irrigação. Em geral, observou-se

que plantas de mogno-africano apresentaram desenvolvimento um pouco abaixo do esperado, quando não irrigada e bom crescimento quando irrigada com o maior nível de suprimento d'água ($90,00 \text{ L h}^{-1}$).

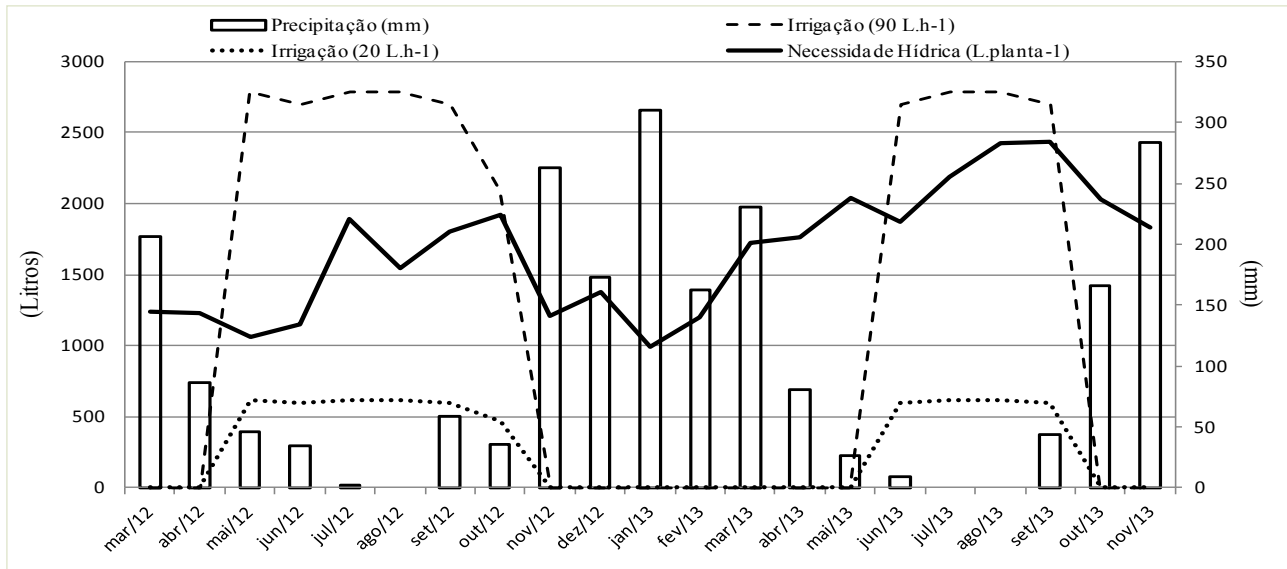


Figura 11. Balanço hídrico pelo método de Thornthwaite; Matter, totais mensais de chuva (mm), necessidade hídrica da espécie (L planta^{-1}), quantidade de água fornecida pela irrigação com vazão de 20 L.h^{-1} e 90 L.h^{-1} , temperatura média do ar e radiação solar, entre março de 2012 a novembro de 2013, em Bonfinópolis, GO.

Considerações finais

Do exposto, observa-se que plantas jovens de mogno-africano, com até dois anos de idade, respondem positivamente à irrigação por gotejamento e microaspersão. A irrigação com um gotejador por planta, com vazão de $2,00 \text{ L h}^{-1}$ é suficiente para atender as demandas de água de mogno-africano nos primeiros dois anos de cultivo. No caso da microaspersão, recomenda-se um emissor para cada duas plantas, de $90,00 \text{ L h}^{-1}$ e $3,50 \text{ m}$ de raio molhado, para um bom crescimento de plantas tanto em altura como em diâmetro, nos dois primeiros anos da floresta plantada, na região de Bonfinópolis, GO e em outras condições ambientais similares a esse local.

Referências

ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S.; RAMOS, R. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 9-16, 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000100002.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

ALVES JÚNIOR, J.; BARBOSA, L. H. A.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; COSTA, F. R. Crescimento de mogno-africano submetido a diferentes níveis de irrigação por microaspersão. **Irriga**, v. 21, p. 466-480, 2016. DOI: 10.15809/irriga.2016v21n3p466-480.

ALVES JÚNIOR, J.; BARBOSA, L. H. A.; ROSA, F. O.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; VELLAME, L. M. African mahogany submitted to drip irrigation and fertilization. **Revista Árvore**, v. 41, p. 1-10, 2017. DOI: 10.1590/1806-90882017000100012.

ALVES JÚNIOR, J.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, C. R. da; SILVA, T. J. A. da; EVANGELISTA, A. W. P. Response of young 'tahiti' lime trees to different irrigation levels. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 303-314, 2011. DOI: 10.1590/S0100-69162011000200010.

ALVES JÚNIOR, J.; TAVEIRA, M. R.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; BARBOSA, L. H. A. Crescimento de plantas jovens de pequizeiro irrigadas na região do Cerrado. **Revista Agrotecnologia**, v. 4, n. 1, p. 58-73, 2013. DOI: 10.12971/1207.

ARANTES, K. R.; ARANTES, S. A. C. M.; FARIA, M. A.; REZENDE, F. C. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) podado sob irrigação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 4, n. 1, p. 75-66, 2006. Disponível em: <http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol4/9_artigo_v4.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan. (Leguminosae Mimosoideae). **Phyton International Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 1, p. 51-62, 1991.

BARROS, L. M.; BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. em casa de vegetação. **Phyton International Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 1, p. 179-191, 1995.

BRAGA, F. de A.; VALE, F. R. do; VENTURIM, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. de A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.

CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 241-251, 2004. DOI: 10.1590/S0102-33062004000200004.

CASAROLI, D.; ROSA, F. O.; ALVES JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, A. W. P. BRITO, B. V.; PENA, D. S. Aptidão edafoclimática para o mogno-africano no Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 357-368, 2018. DOI: 10.5902/1980509831606.

CASAROLI, D.; ROSA, F. O.; ALVES JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, A. W. P. Phenology of African mahogany plants submitted to irrigation. **Comunicata Scientiae**, v. 8, p. 239-246, 2017. DOI: 10.14295/cs.v8i2.1301.

- CARVALHO, P. E. R. **Mogno**: *Swietenia macrophylla*. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 12). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/313906/1/Circular140.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- CORDEIRO, Y. E. M.; PINHEIRO, H. A.; SANTOS FILHO, B. G.; CORRÊA, S. S.; DIAS FILHO, M. B. Physiological and morphological responses of young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) plants to drought. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 1, p. 1449-1455, 2009. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.06.054.
- CORDEIRO, Y. E. M. **Potencial de uso em recuperação de áreas degradadas**: um estudo de três espécies nativas da Amazônia Oriental sob dois regimes hídricos. Belém: UFRA, 2012. 89 p. Disponível em: <<http://www.eumed.net/libros-gratis/2012b/1214/referencias.html>>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 1191-1198, 2000. DOI: 10.1590/S0100-204X2000000600016.
- FRANCO, A. C. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an ever green savana species. **Plant Ecology**, v. 136, n. 1, p. 69-76, 1998. DOI: 10.1023/A:1009763328808.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.
- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007. DOI: 10.1590/S0100-67622007000500007.
- LÓPEZ, R. J.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405 p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PAULARETI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.

MATTOS, E. A.; LOBO, P. C.; JOLY, C. A. Overnight rainfall inducing rapid changes in photosynthetic behaviour in a “Cerrado” woody species during a dry spell amidst the rainy season. **Australian Journal of Botany**, v. 50, n. 2, p. 241-246, 2002.

NOGUEIRA, C. C. P.; COELHO, E.F.; LEÃO, M. C. S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 315-320, 2000. DOI: 10.1590/S1415-43662000000300002.

OSÓRIO, J.; OSÓRIO, M. L.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Water deficits are more important in delaying growth than in changing patterns of carbon allocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v. 18, n. 1, p. 363-373, 1998.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; FORTAN, I. C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, A. N.; OLIVEIRA, C. H. R. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* sp. submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, v. 30, p. 921-931, 2006. DOI: 10.1590/S0100-67622006000600007.

SALLENAVE, N. P. Caractéristiques et propriétés de acajous, revue bois et forêts des tropiques. **Campus International de Baillarguet**, v. 1, n. 65, p. 37-42, 1959.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. dos; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SCHWARTZMAN, M.; ZUR, B. Emitter spacing and geometry of wetted soil volume. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 112, n. 3, p. 242-253, 1986. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9437(1986)112:3(242).

SILVA, C. R.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, T. J. A.; ALVES JR., J.; SOUZA, C. F.; RIBEIRO, R. V. Water relations and photosynthesis as criteria for adequate irrigation

management in 'tahiti' lime trees. **Scientia Agrícola**, v. 62, n. 1, p. 415-422, 2005. DOI: 10.1590/S0103-90162005000500001.

SILVA, M. A. G.; MUNIZ, A. S. Exigências nutricionais de cedro (*Cedrela fissilis* Velloso) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v. 19, n. 3, p. 415-425, 1995.

SILVA, R. T. L. **Produtividade e qualidade de frutos de goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada por gotejamento**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

SILVA, S. C.; SOARES, E. G. S.; RIBEIRO, J. R. **Informações meteorológicas para pesquisa e planejamento agrícola, referentes ao município de Santo Antônio de Goiás, GO, 2006**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 31 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos on-line, 207). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/211930/1/doc207.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SOERIANEGARA, I.; LEMMENS, R. H. M. J. Timber tree: major commercial timber. **Plant Resources of South-East Asia**, v. 1, n. 5, p. 610, 1993.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 147-168.

8

Crescimento e produção de mogno-africano: quantificação e influências

Antônio Carlos Ferraz Filho

Andressa Ribeiro

Introdução

Embora possam parecer sinônimos, existem diferenças entre os termos crescimento e produção. Segundo Pretzsch (2009), o crescimento é definido como o volume de madeira (ou qualquer outra característica dendrométrica como: diâmetro, altura ou biomassa) que uma árvore ou talhão produz em um determinado período. Já a produção é o volume de madeira acumulado desde o tempo de estabelecimento do talhão. O crescimento e produção são informações de extrema importância para o produtor florestal, permitindo o correto planejamento e manejo dos recursos florestais.

Por meio da análise do crescimento e da produção é possível avaliar em que fase da vida a floresta se encontra, se está na fase desejável, ou seja, de crescimento acelerado sob baixa competição, ou na fase indesejável de crescimento estagnado e decrescente. Portanto, o conhecimento do crescimento e da produção permite planejar as intervenções silviculturais mais importantes de uma floresta comercial, isto é, a colheita, seja ela parcial (desbaste) ou total (corte raso). O corte raso da floresta é também denominado de rotação.

Existem muitos conceitos de rotação florestal, que variam conforme o objetivo da atividade florestal. Uma das rotações mais empregadas é a de máxima produção volumétrica, também conhecida como rotação biológica (Bettinger et al., 2009) ou rotação silvicultural no Brasil (Gonçalves et al., 2016). A rotação de máxima produção volumétrica é definida como o ponto de cruzamento entre as curvas de incremento médio anual (IMA – obtido a partir da divisão do valor de produção pela idade do plantio) e do incremento corrente anual (ICA - obtido a partir da subtração da produção atual pela produção passada). Assim, fica evidente o importante papel que o conhecimento do crescimento e da produção confere ao manejo florestal.

O acompanhamento do crescimento e da produção é uma atividade dispendiosa, tendo em vista que as melhores informações são advindas de parcelas que são periodicamente reavaliadas (parcelas permanentes). O crescimento e a produção de uma floresta podem ser estimados por meio de modelos, para o mogno-africano há os trabalhos de Ribeiro (2017) e Oliveira et al. (2017). No entanto, estes modelos muitas vezes necessitam de valores iniciais sobre o estado do talhão (como área basal, altura dominante ou número de árvores por hectare) para fornecerem estimativas de crescimento, sendo estes valores obtidos por meio da realização de inventário florestal.

A importância do acompanhamento do crescimento do plantio, por meio de medições em parcelas permanentes, se dá devido à influência que este sofre de diversos fatores de manejo e de condições do ambiente, tais como: clima, fertilidade do solo, material genético, mato-competição, competição entre indivíduos e espaçamento.

Neste capítulo, serão abordados aspectos relacionados ao levantamento das informações sobre o crescimento e a produção de mogno-africano, bem como descrever a dinâmica destas variáveis sobre diferentes condições de manejos florestais e de arranjos de plantios.

Quantificação do crescimento e da produção

A quantificação do crescimento e da produção é feita usando conceitos de biometria e de inventário florestal. Em resumo, esta quantificação é feita ao se medir o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total das árvores em uma

área conhecida (parcela), estimando o volume de madeira destas árvores por meio de uma equação matemática e extrapolando os valores para hectare.

Parcelas florestais (unidades amostrais)

A parcela é uma área de dimensões conhecidas, em que todas as árvores dentro desta área são mensuradas. A maneira como a parcela florestal é instalada no campo é muito importante para que ocorra a correta quantificação da produção da floresta, sendo que cada tipo de parcela exige diferentes cuidados. De maneira simples, pode-se dividir as parcelas nas seguintes categorias: área definida ou indefinida; temporárias ou permanentes e forma quadrangular, retangular ou circular.

As parcelas de áreas indefinidas são aquelas obtidas por meio de técnicas de relascopia, onde as árvores são contadas sem necessidade de se lançar a parcela. Embora promissoras devido à economia de tempo, tais parcelas não são adequadas para quantificar o crescimento, mas apenas a produção atual e, portanto, não serão mais abordadas neste capítulo. Já as parcelas de áreas definidas possuem dimensões que são mensuradas. Estas podem ser de área fixa, quando suas dimensões são definidas anteriormente ao lançamento ou, de área variável, quando é definido um número de covas a se medir e a dimensão da parcela é definida no campo com a mensuração das dimensões. Ao se empregar o conceito de parcelas de áreas fixas, deve-se tomar o cuidado de alocar parcelas com dimensões que sejam múltiplas do espaçamento. Caso contrário, valores enviesados de atributos do povoamento serão obtidos (considerando parcelas quadradas ou retangulares) (Philip, 1994).

Na **Figura 1** são apresentados exemplos de diferentes parcelas instaladas em um plantio. As duas parcelas centrais são de área fixa de mesmo tamanho. No entanto, devido à alocação aleatória de seus vértices, cada uma das parcelas ficou com o número de árvores diferente (doze e nove árvores por parcela), mesmo

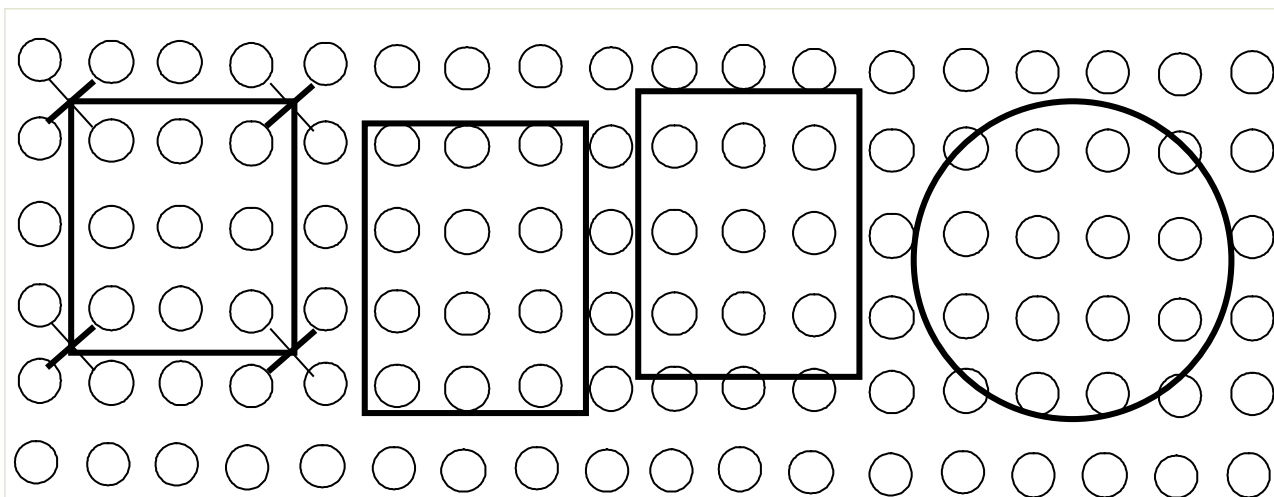


Figura 1. Exemplos de parcelas florestais em plantios com espaçamento regulares, sendo à esquerda uma parcela de área variável; no centro as parcelas de áreas fixas e à direita de forma circular.

Adaptado de Philip (1994).

com igual espaçamento de plantio. Quanto menor for a parcela empregada, maiores serão os erros associados. Para evitar este tipo de erro, o ideal é alocar os vértices das parcelas nos centros das linhas de plantio e utilizar parcelas com dimensões que sejam múltiplas dos espaçamentos, conforme mostrado na parcela da esquerda. Assim, se o espaçamento de plantio empregado for de 3,00 m x 3,00 m, as parcelas podem possuir os seguintes tamanhos: 3,00 m x 3,00 m, 6,00 m x 6,00 m, 9,00 m x 9,00 m, 12,00 m x 12,00 m, e assim por diante, considerando parcelas quadradas.

Uma alternativa para se garantir que as parcelas sempre serão alocadas no centro da linha de plantio é empregar parcelas de áreas variáveis (**Figura 1 - parcela da esquerda**). Ribeiro et al. (2010) relataram o uso de parcelas com 22 covas (duas linhas por 11 árvores) em plantios de eucalipto, com espaçamento de 4,00 m x 3,00 m. Isto resultou em parcelas com área média de 264,00 m², com dimensões de 8,00 m x 33,00 m. Outra opção para evitar os erros de lançamento de parcelas é trabalhar com parcelas circulares (**Figura 1 - parcela da direita**), que são menos susceptíveis aos erros de lançamento, uma vez que possuem raios fixos.

Outra questão de importância para as parcelas florestais é a sua classificação em permanentes ou temporárias. Parcelas temporárias são medidas apenas uma vez e, geralmente, com pouca ou nenhuma demarcação. Já as parcelas permanentes são aquelas que são remedidas periodicamente, geralmente, em intervalos anuais e, portanto, são as mais indicadas para o acompanhamento do crescimento da floresta. Ao se considerar que as mesmas árvores serão medidas ao longo do tempo, a correta demarcação das parcelas permanentes se torna importante para garantir a qualidade da informação. A **Figura 2** ilustra um croqui de uma parcela de área variável com 30 covas (três linhas x 10 árvores), destacando os cuidados para garantir que as mesmas árvores sejam

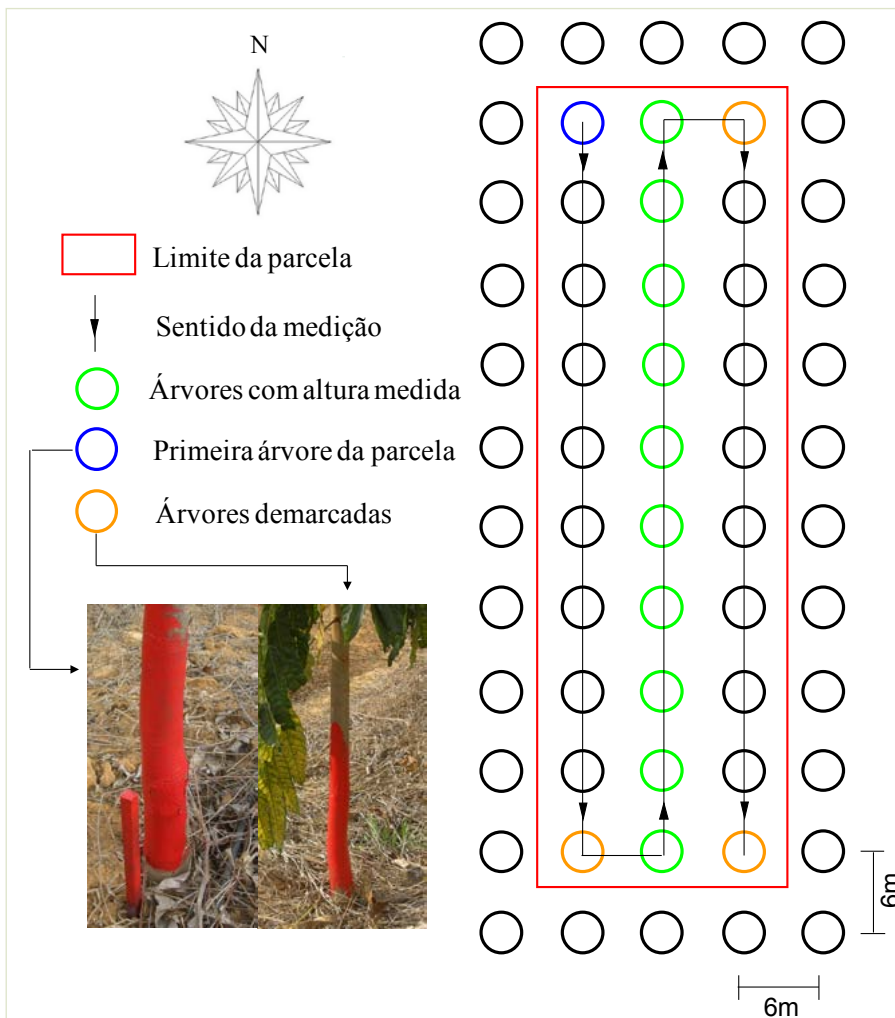


Figura 2. Esquema representativo de uma parcela de área variável, demonstrando a metodologia utilizada para medição das árvores e esquema de demarcação das parcelas em campo.

Ilustração: Antônio Carlos Ferraz Filho

medidas ao longo do tempo. Essa figura ilustra uma parcela em plantio de espaçamento 6,00 m x 6,00 m, logo espera-se que a parcela possua dimensões próximas de 18,00 m x 60,00 m.

Medições feitas nas parcelas

A próxima etapa, após o lançamento da parcela no campo, é a medição das árvores. Tais medições podem ser complexas, quando envolvem várias medições por árvore ou podem ser simples, por meio da medição do diâmetro e altura da árvore. Dentro das parcelas, podem-se levantar medidas quantitativas (tais como o diâmetro, altura e volume de madeira) ou medidas qualitativas (tais como qualidade do fuste e vitalidade). A seguir serão abordados os pontos centrais que devem ser levados em conta no planejamento das medições de parcelas florestais abordando, inicialmente, as medidas quantitativas e, posteriormente, as qualitativas.

Diâmetro à altura do peito

O diâmetro à altura do peito é conhecido como a variável mais importante a ser levantada no inventário florestal, devido à sua facilidade de medição e à alta correlação com o volume de madeira da floresta (Machado; Figueiredo Filho, 2009). Por questões de ergonomia e praticidade, a medição do diâmetro da árvore é padronizada em uma altura de 1,30 m do nível do solo.

É recomendado que todas as árvores da parcela tenham seu diâmetro à altura do peito medido. Em parcelas permanentes, é importante tomar cuidado de marcar o ponto de medição do diâmetro à altura do peito (**Figura 3**). Caso contrário, erros na determinação do crescimento da parcela podem ocorrer devido às medições realizadas acima ou abaixo do ponto original de medição do diâmetro à altura do peito.

Outro ponto a ser observado é relativo ao instrumento usado para medir o diâmetro da árvore. Se for usada uma suta, cuidado deve ser tomado para sempre medir as árvores no mesmo sentido, para evitar distorções nas informações de crescimento corrente devido à forma não circular dos fustes. Uma opção muito empregada é medir a circunferência da árvore usando fita métrica, com posterior conversão para o diâmetro, conforme ilustrado na **Figura 3**. Scolforo e Thiersch (2004) recomendam o uso de fita métrica nos casos de medição de parcelas permanentes, para evitar os erros mencionados anteriormente.



Figura 3. Determinação da altura para medir o diâmetro à altura do peito da árvore utilizando um gabarito com 1,30 m de altura (A), marcação do ponto de medição utilizando giz de cera (B) e medição da circunferência da árvore utilizando fita métrica (C).

Altura total, altura de fuste e altura dominante

Após o diâmetro, a outra variável mais importante para ser levantada em inventários florestais é a altura da árvore, seja a altura total ou a altura de fuste. Em conjunto com o diâmetro à altura do peito, a altura da árvore é utilizada para estimativa do volume de madeira da árvore.

As medições das alturas de árvores, normalmente, são feitas com instrumentos profissionais, denominados hipsômetros, de diversas marcas e faixas de preços, tais como o Trupulse, Vertex e clinômetro digital Haglöf. Desde que operados corretamente, os aparelhos profissionais apresentam precisão semelhante (Feliciano et al., 2016; Mayrinck et al., 2016). Existem também alternativas para construção de hipsômetros próprios, conforme apresentadas por Scolforo e Thierch (2004) e por Machado e Figueiredo Filho (2009).

Existem diversas alturas que podem ser coletadas de árvores em pé, como a altura total, altura de fuste, altura de copa e altura até o primeiro galho verde, por exemplo. Como os plantios de mogno-africano são destinados à produção de madeira de alto valor agregado, é recomendada a medição da altura total da árvore, definida como a altura da base até a última folha da árvore, e da altura comercial, definida como a altura da base até a copa da árvore ou até a bifurcação do fuste principal, o que ocorrer primeiro. A altura comercial, às vezes, é definida como altura de fuste. A **Figura 4** ilustra a altura total e comercial de uma árvore de mogno-africano.

Outra importante questão é sobre a quantidade de árvores a serem medidas dentro de cada parcela. Diferentemente do diâmetro à altura do peito, que é medido para todas as árvores, é comum não medir a altura de todas as árvores dentro de uma parcela para fins de economia de tempo (Ribeiro et al., 2010, Ferraz Filho et al., 2018b). Na **Figura 2** foi ilustrado um exemplo de uma parcela com trinta árvores ao total, onde apenas as dez árvores da linha central tiveram suas alturas medidas. É recomendada, geralmente, a medição da altura de cinco a quinze árvores por parcela, mais a altura das árvores dominantes (Guimarães et al., 2009; Moreira et al., 2015).

Foto: Antônio Carlos Ferraz Filho

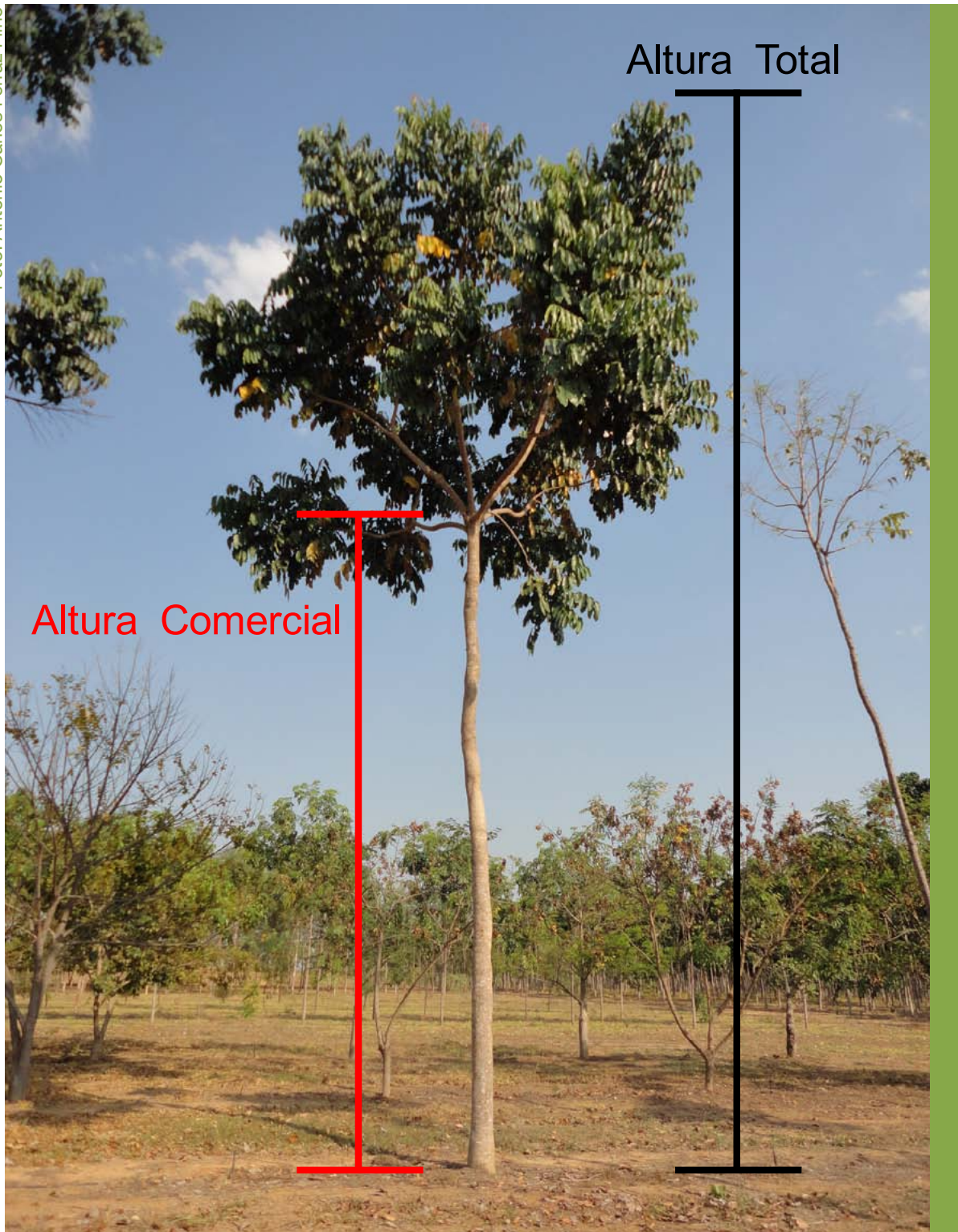


Figura 4. Ilustração da altura total e altura comercial de uma árvore de mogno-africano.

Independentemente do número de árvores que for definido para terem suas alturas medidas dentro de cada parcela, é fundamental que as árvores dominantes também tenham sua altura medida. O conceito de árvores dominantes é variável. No entanto, no Brasil, a definição mais comum é a altura média das cem árvores mais grossas por hectare (Assmann, 1970). Este conceito foi desenvolvido para definir as árvores dominantes em florestas com densidades de plantio comuns, em torno de 1.111 árvores por hectare e variando entre 667 a 2.500 árvores por hectare (Ahrens, 1987; Ferraz Filho et al., 2018a).

Como os plantios de mogno-africano no Brasil são conduzidos em densidades menores (cerca de 300 árvores por hectare), Ribeiro et al. (2016) recomendaram definir as árvores dominantes para esta espécie como sendo a altura média das trinta árvores mais grossas por hectare. Isto foi feito com intuito de reduzir o tempo gasto com a medição de alturas e para garantir que a média da altura dominante realmente contemple as árvores dominantes da parcela. Por exemplo, em uma parcela circular com raio de 20,34 m, será necessária a medição da altura das quatro árvores mais grossas da parcela. Este valor é obtido por regra de três simples, relacionado a área da parcela (1.300,00 m²), a quantidade de metros em um hectare e o número de árvores dominantes por hectare (neste caso trinta). A média da altura destas quatro árvores representará a altura dominante da parcela. É muito importante medir a altura dominante em campo e não estimar a altura dominante via modelos. Isso porque a altura dominante é usada como um indicativo de como a floresta irá crescer ao longo de sua vida e, portanto, deverá ser baseada em dados reais.

Medidas qualitativas

Diferente das características quantitativas, as características qualitativas são subjetivas e devem ser apoiadas por escalas previamente definidas. Como

as florestas de mogno-africano serão destinadas à produção de madeira de alto valor agregado, a qualidade do fuste é uma informação valiosa, podendo inclusive nortear os regimes de desbaste, dando uma ideia da quantidade de árvores de qualidade superior dentro de um plantio. A **Figura 5** ilustra um exemplo da classificação da qualidade de fuste que pode ser empregada em levantamentos de mogno-africano, sendo empregadas três classes de qualidade de fuste.

Outro exemplo de aspecto qualitativo importante para o sucesso da condução de plantios florestais é relativo à vitalidade das árvores. Atualmente, existem poucos aspectos fitossanitários associados aos plantios de mogno-africano no Brasil. Exemplos de doenças e insetos-pragas que atacam o mogno-africano no Brasil e no mundo incluem: broca-do-ponteiro, rubelose, mancha foliar e cancro (Poltronieri et al., 2002; Lim et al., 2008; Tremacoldi et al., 2013; Teixeira et al., 2017). Informações sobre doenças e insetos-praga de importância no cultivo do mogno-africano são abordados em capítulos específicos dessa publicação.

O cancro talvez seja a doença mais difundida em plantios de mogno-africano no Brasil. Em razão da importância do cancro, é relevante que a informação da distribuição e intensidade de ataque seja monitorada para identificar necessidades de intervenção no plantio. Estudos preliminares não detectaram declínio no crescimento de árvores de mogno-africano atacadas por cancro (Marques et al., 2015). No entanto, investigações mais aprofundadas dos efeitos de pragas no crescimento e qualidade da madeira devem ser realizadas. Uma maneira fácil de quantificar a incidência e a severidade de ataque por pragas é por meio de escalas de notas. A **Figura 6** mostra um exemplo de escala de severidade utilizada para caracterizar o ataque de cancro em plantios de mogno-africano.



Figura 5. Critérios utilizados em inventários florestais para a classificação da qualidade de fuste dos plantios comerciais de mogno-africano. Quanto maior a nota da escala de avaliação, pior a qualidade do fuste.

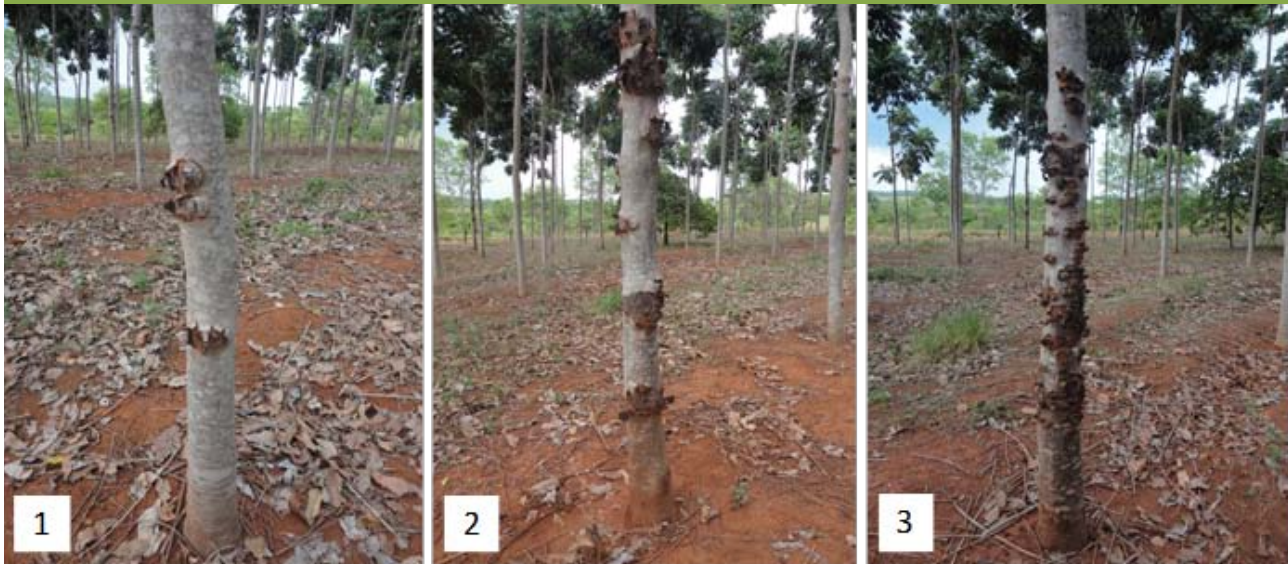


Figura 6. Escala de incidência e severidade de cancro para mogno-africano utilizada em campanhas de inventários florestais. Quanto maior a nota da escala de avaliação, maior a severidade do ataque.

Estimativa de altura total e volume

Em processamentos de inventários florestais é muito comum utilizar equações para estimar as variáveis de difícil medição (tais como a altura e volume de madeira da árvore), por meio de variáveis de fácil medição (tais como o diâmetro à altura do peito, a altura e a idade da árvore). Por exemplo, na parcela ilustrada na **Figura 2**, apenas as árvores da fileira central (dez árvores no total) tiveram suas alturas medidas, as vinte árvores restantes terão suas alturas estimadas por meio de uma equação matemática. A equação pode ser construída em cada ocasião de inventário ou obtida em literatura. Ribeiro et al. (2018a) propuseram a equação 1 para estimar a altura de árvores de mogno-africano, utilizando o diâmetro da árvore e altura dominante da parcela como variáveis preditoras. O comportamento das alturas estimadas com essa equação pode ser conferido na **Figura 7**.

$$[1] \quad Ht = 1,3 + \exp(1,505 - 9,5485 * 1/DAP + 0,5807 * \ln(Hdom))$$

onde:

Ht é a altura total da árvore, em metros;

DAP é o diâmetro à altura do peito (1,30 m de altura), em centímetros;

$Hdom$ é a altura dominante, definida como a altura média das trinta árvores mais grossas por hectare, em metros;

exp e ln são logaritmo exponencial e natural, respectivamente.

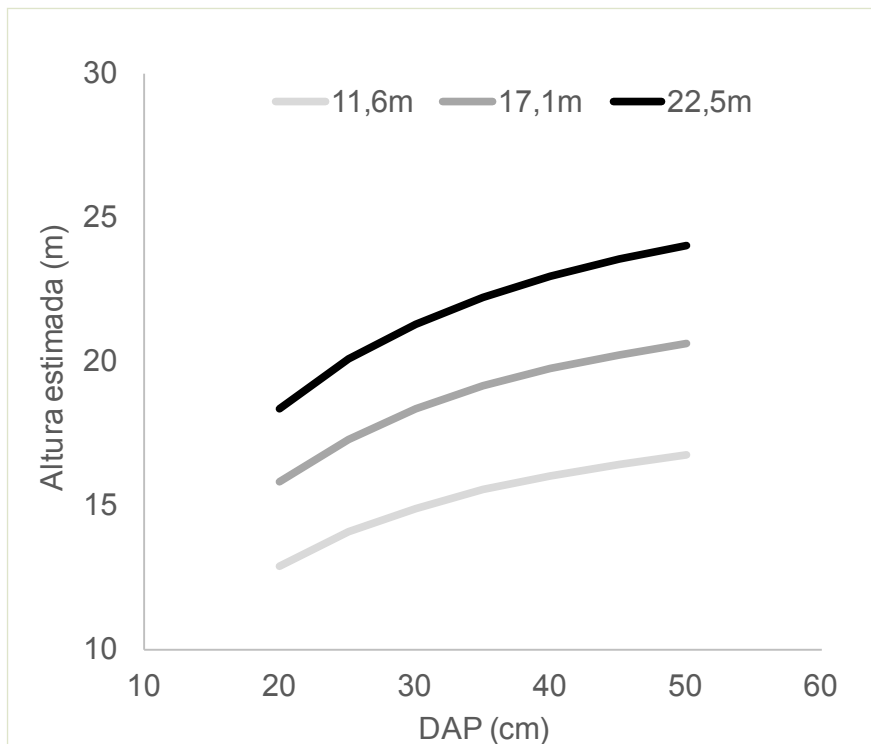


Figura 7. Estimativa da altura total de árvores de mogno-africano, aos sete anos, utilizando a equação 1 e considerando três classes de produtividade (baixa - 11,60 m, média - 17,10 m e alta produtividade - 22,50 m).

Conforme dito anteriormente, é comum o uso de equações para estimar a altura total da árvore. Essas equações deverão ser construídas utilizando os dados do próprio inventário florestal, uma vez que, geralmente, pelo menos,

algumas alturas serão medidas dentro de cada parcela e ainda não há muitas publicações sobre o tema.

Por outro lado, o volume de madeira da árvore é uma variável mais complexa de se medir e, geralmente, requer o corte da árvore para sua quantificação acurada ou aparelhos específicos para quantificação em pé. Assim, o volume de madeira das árvores é comumente estimado utilizando equações obtidas em literatura. Oliveira et al. (2018) apresentaram um conjunto de equações que permite a estimativa do volume da árvore quando se conhece seu diâmetro à altura do peito e altura. Estas equações foram divididas em volume de madeira total (equações 3 e 5, sendo o volume do fuste principal mais os galhos da árvore) e volume de madeira comercial (equações 2 e 4, apenas o volume de madeira do fuste principal). Como a idade da árvore influencia o comportamento do volume, há equações desenvolvidas para árvores jovens (cerca de sete anos, equações 2 e 3) e árvores velhas (cerca de 15 anos, equações 4 e 5).

$$[2] \quad vc\ 7 = 0,0002428 * DAP^{1,849} * Hc^{0,5952}$$

$$[3] \quad vt\ 7 = \exp(-9,09353 + 0,88027 * \ln(DAP^2 * Ht))$$

$$[4] \quad vc\ 15 = 0,0001452 * DAP^{1,962} * Hc^{0,6165}$$

$$[5] \quad vt\ 15 = 0,2276 + 0,00002589 * (DAP^2 * Ht)$$

onde:

$vc\ 7$ é o volume de madeira comercial considerando árvores com cerca de sete anos, em metros cúbicos;

$vt\ 7$ é o volume de madeira total considerando árvores com cerca de sete anos, em metros cúbicos;

$vc\ 15$ é o volume comercial considerando árvores com cerca de 15 anos, em metros cúbicos;

$vt\ 15$ é o volume total considerando árvores com cerca de 15 anos, em metros cúbicos;

Ht é a altura total da árvore, em metros;

H_c é a altura comercial da árvore, em metros;

DAP é o diâmetro à altura do peito, em centímetros.

exp e ln são logaritmo exponencial e natural, respectivamente.

O gráfico contendo o comportamento do volume de madeira de árvores de mogno-africano, construído com uso das equações 4 e 5, é ilustrado na **Figura 8**. As alturas totais foram estimadas com a equação 1, considerando uma classe média de produtividade aos 15 anos de idade (altura dominante de 25 m) e a altura comercial foi fixada em 8,00 m. Alternativamente, os volumes de árvores de mogno-africano podem ser estimados por meio das tabelas de volume apresentadas na **Tabela 1**.

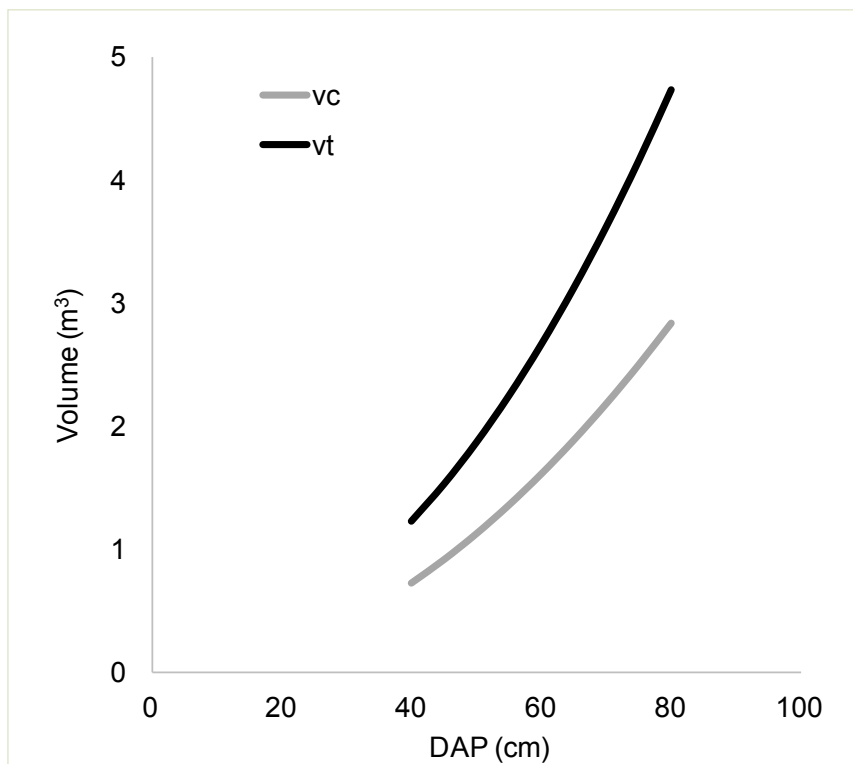


Figura 8. Desenvolvimento do volume comercial (vc) e volume total (vt) de madeira de árvores de mogno-africano, utilizando as equações 4 e 5.

Tabela 1. Estimativas de volume comercial (vc) e total (vt) aos 7 e 15 anos utilizando as equações 2 (vc7), 3 (vt7), 4 (vc15) e 5 (vt15).

| | | Altura de fuste (m) | | | | | | |
|----------|------|---------------------|------|------|------|------|------|----|
| | | vc 7 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| DAP (cm) | 10 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | |
| | 12 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | |
| | 14 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | |
| | 16 | 0,06 | 0,09 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | |
| | 18 | 0,08 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | |
| | 20 | 0,09 | 0,14 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | |
| | 22 | 0,11 | 0,17 | 0,21 | 0,25 | 0,29 | 0,32 | |
| | 24 | 0,13 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,34 | 0,38 | |
| | 26 | 0,15 | 0,23 | 0,29 | 0,35 | 0,40 | 0,44 | |
| | 28 | 0,17 | 0,26 | 0,33 | 0,40 | 0,45 | 0,51 | |
| | 30 | 0,20 | 0,30 | 0,38 | 0,45 | 0,51 | 0,57 | |
| | 32 | 0,22 | 0,34 | 0,43 | 0,51 | 0,58 | 0,65 | |
| | 34 | 0,25 | 0,38 | 0,48 | 0,57 | 0,65 | 0,72 | |
| | 36 | 0,28 | 0,42 | 0,53 | 0,63 | 0,72 | 0,80 | |
| | 38 | 0,31 | 0,46 | 0,59 | 0,70 | 0,80 | 0,89 | |
| 40 | 0,34 | 0,51 | 0,65 | 0,77 | 0,88 | 0,98 | | |
| | | Altura de total (m) | | | | | | |
| | | vt 7 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| DAP (cm) | 10 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | |
| | 12 | 0,04 | 0,07 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | |
| | 14 | 0,05 | 0,09 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,23 | |
| | 16 | 0,06 | 0,11 | 0,16 | 0,21 | 0,25 | 0,30 | |
| | 18 | 0,08 | 0,14 | 0,20 | 0,25 | 0,31 | 0,36 | |
| | 20 | 0,09 | 0,17 | 0,24 | 0,31 | 0,37 | 0,44 | |
| | 22 | 0,11 | 0,20 | 0,28 | 0,36 | 0,44 | 0,52 | |
| | 24 | 0,12 | 0,23 | 0,33 | 0,42 | 0,51 | 0,60 | |
| | 26 | 0,14 | 0,26 | 0,38 | 0,49 | 0,59 | 0,70 | |
| | 28 | 0,16 | 0,30 | 0,43 | 0,55 | 0,67 | 0,79 | |
| | 30 | 0,18 | 0,34 | 0,49 | 0,63 | 0,76 | 0,89 | |
| | 32 | 0,21 | 0,38 | 0,54 | 0,70 | 0,85 | 1,00 | |
| | 34 | 0,23 | 0,42 | 0,61 | 0,78 | 0,95 | 1,11 | |
| | 36 | 0,25 | 0,47 | 0,67 | 0,86 | 1,05 | 1,23 | |
| | 38 | 0,28 | 0,52 | 0,74 | 0,95 | 1,15 | 1,36 | |
| 40 | 0,31 | 0,56 | 0,81 | 1,04 | 1,26 | 1,48 | | |

| | | Altura de fuste (m) | | | | | | |
|----------|------|---------------------|------|------|------|------|------|----|
| | | vc 15 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| DAP (cm) | 15 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | |
| | 19 | 0,07 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | |
| | 23 | 0,10 | 0,16 | 0,21 | 0,25 | 0,28 | 0,32 | |
| | 27 | 0,14 | 0,22 | 0,28 | 0,34 | 0,39 | 0,43 | |
| | 31 | 0,19 | 0,29 | 0,37 | 0,44 | 0,51 | 0,57 | |
| | 35 | 0,24 | 0,37 | 0,47 | 0,56 | 0,64 | 0,72 | |
| | 39 | 0,29 | 0,45 | 0,58 | 0,69 | 0,79 | 0,89 | |
| | 43 | 0,36 | 0,55 | 0,70 | 0,84 | 0,96 | 1,08 | |
| | 47 | 0,42 | 0,65 | 0,84 | 1,00 | 1,15 | 1,28 | |
| | 51 | 0,50 | 0,76 | 0,98 | 1,17 | 1,34 | 1,50 | |
| | 55 | 0,58 | 0,89 | 1,14 | 1,36 | 1,56 | 1,75 | |
| | 59 | 0,66 | 1,02 | 1,31 | 1,56 | 1,79 | 2,00 | |
| | 63 | 0,75 | 1,16 | 1,49 | 1,77 | 2,04 | 2,28 | |
| | 67 | 0,85 | 1,31 | 1,68 | 2,00 | 2,30 | 2,57 | |
| | 71 | 0,95 | 1,46 | 1,88 | 2,24 | 2,57 | 2,88 | |
| 75 | 1,06 | 1,63 | 2,09 | 2,50 | 2,87 | 3,21 | | |
| | | Altura de total (m) | | | | | | |
| | | vt 15 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| DAP (cm) | 15 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | |
| | 19 | 0,32 | 0,37 | 0,41 | 0,46 | 0,51 | 0,55 | |
| | 23 | 0,36 | 0,43 | 0,50 | 0,57 | 0,64 | 0,71 | |
| | 27 | 0,42 | 0,51 | 0,61 | 0,70 | 0,79 | 0,89 | |
| | 31 | 0,48 | 0,60 | 0,73 | 0,85 | 0,97 | 1,10 | |
| | 35 | 0,54 | 0,70 | 0,86 | 1,02 | 1,18 | 1,34 | |
| | 39 | 0,62 | 0,82 | 1,02 | 1,21 | 1,41 | 1,61 | |
| | 43 | 0,71 | 0,95 | 1,19 | 1,42 | 1,66 | 1,90 | |
| | 47 | 0,80 | 1,09 | 1,37 | 1,66 | 1,94 | 2,23 | |
| | 51 | 0,90 | 1,24 | 1,57 | 1,91 | 2,25 | 2,58 | |
| | 55 | 1,01 | 1,40 | 1,79 | 2,19 | 2,58 | 2,97 | |
| | 59 | 1,13 | 1,58 | 2,03 | 2,48 | 2,93 | 3,38 | |
| | 63 | 1,26 | 1,77 | 2,28 | 2,80 | 3,31 | 3,82 | |
| | 67 | 1,39 | 1,97 | 2,55 | 3,13 | 3,71 | 4,30 | |
| | 71 | 1,53 | 2,19 | 2,84 | 3,49 | 4,14 | 4,80 | |
| 75 | 1,68 | 2,41 | 3,14 | 3,87 | 4,60 | 5,32 | | |

Outra opção para efetuar a estimativa do volume de madeira das árvores é por meio de equações de afilamento. As equações de afilamento 6 e 7 foram desenvolvidas por Oliveira (2017) para árvores de *K. grandifoliola*. A equação 6 foi elaborada usando árvores jovens (sete anos de idade) e a equação 7 usando árvores mais velhas (15 anos de idade). Diferentemente das equações de volume, as equações de afilamento estimam o diâmetro da árvore ao longo do fuste, sendo o volume da árvore estimado aplicando a integral da equação ou utilizando fórmulas de sólidos geométricos, como a de Smalian (Machado; Figueiredo Filho, 2009). A **Figura 9** ilustra a aplicação das equações de afilamento apresentadas para estimativa do diâmetro ao longo do fuste de árvores de mogno-africano.

$$[6] \quad di/DAP = 1,33 - 6,0769 * (bi/Ht) + 31,433 * (bi/Ht)^2 - 81,4756 * (bi/Ht)^3 + 96,1531 * (bi/Ht)^4 - 41,362 * (bi/Ht)^5$$

$$[7] \quad di/DAP = 1,2051 - 5,0347 * (hi/Ht) + 29,3132 * (hi/Ht)^2 - 87,0803 * (hi/Ht)^3 + 115,02 * (bi/Ht)^4 - 53,4227 * (bi/Ht)^5$$

onde:

bi é a altura no fuste da árvore, em metros;

di é o diâmetro do fuste na altura *bi*, em centímetros;

Ht é a altura total da árvore, em metros;

DAP é o diâmetro à altura do peito, em centímetros.

O uso de equações de afilamento, ao invés de equações de volume de madeira, possui a vantagem de permitir a separação do fuste da árvore em diferentes produtos, de acordo com o seu diâmetro de inclusão. Assim, se o comprador da madeira exigir toras com diâmetro mínimo de 30,00 cm e comprimento de 2,00 m (dimensões comuns para toras de serraria), é possível estimar quantas toras cada árvore fornecerá com o uso das equações 6 e 7. Devido ao perfilamento do fuste principal, após a altura comercial da árvore (**Figura 9**), não é recomendado o uso das equações 6 e 7 para estimar o diâmetro do fuste para alturas superiores à altura comercial.

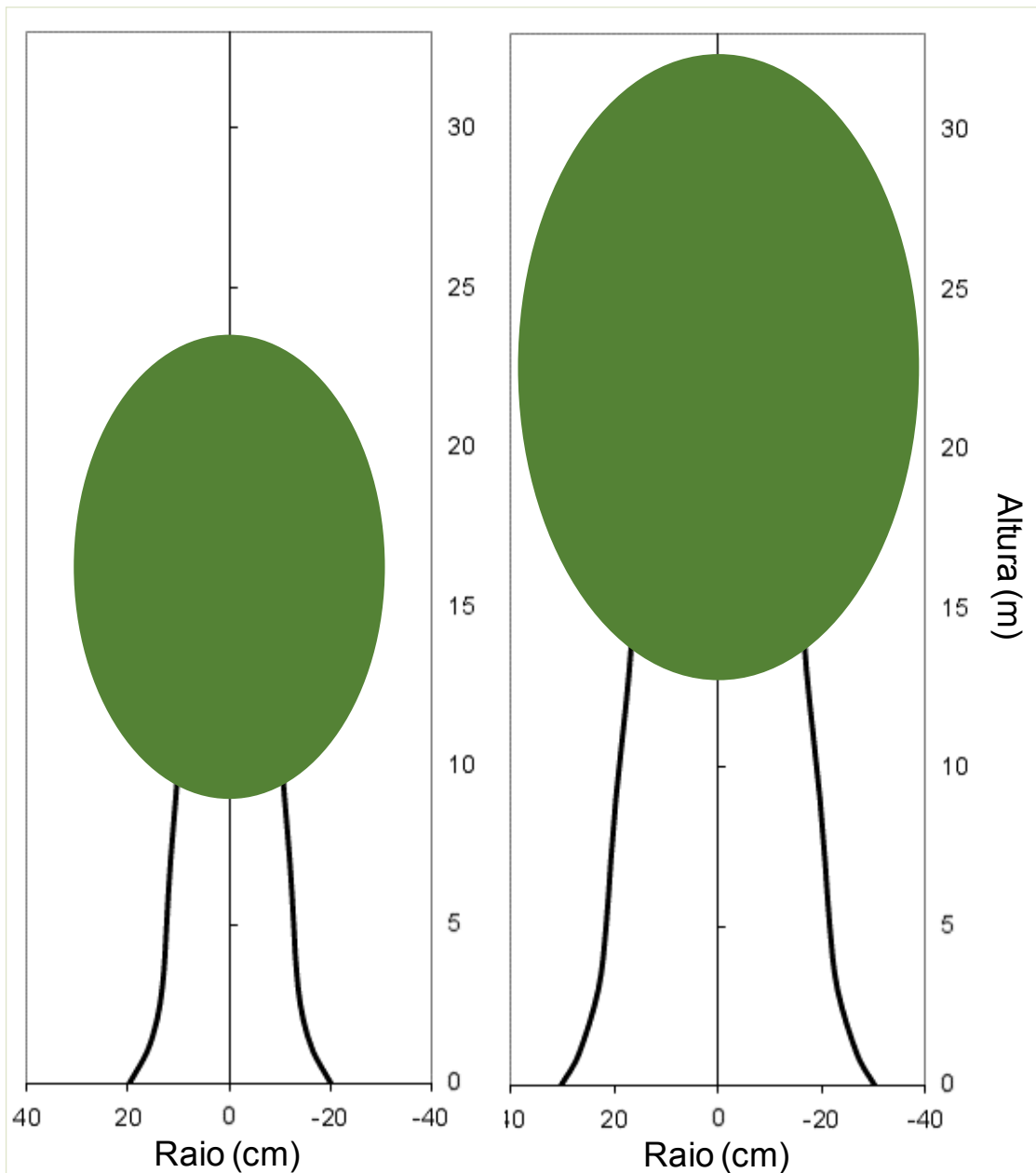


Figura 9. Perfil do fuste de árvores de mogno-africano considerando uma árvore jovem (diâmetro à altura do peito = 30,00 cm e altura total = 20,00 m, equação 6, à esquerda) e uma árvore adulta (diâmetro à altura do peito = 50,00 cm e altura total = 30,00 m, equação 7, à direita).

Gráfico: Antônio Carlos Ferraz Filho

Crescimento e produção

Crescimento e produção de mogno-africano no mundo

Em condições naturais, as árvores de mogno-africano podem atingir diâmetros próximos a 2,00 m e até 60,00 m de altura total, com fuste reto, cilíndrico e sem galhos até uma altura de 30,00 m (Opuni-Frimpong et al., 2016). São poucos os estudos que relatam o crescimento desta espécie em condições de plantio. Louppe et al. (2008), ao estudarem a espécie *K. ivorensis*, levantaram várias tendências de crescimento em condições de plantio. Os autores concluíram que o mogno-africano pode ser considerado uma espécie de crescimento médio, exigente de luz e com propriedades de desrama natural (galhos mortos se desprendem sozinhos do fuste).

Em sítios africanos, crescimentos de $2,00 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $4,00 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foram relatados aos 30 anos de idade. Em bons solos da Costa do Marfim, produtividades de $8,00 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, aos 31 anos, foram atingidas, onde o talhão possuía setenta árvores por hectare; com árvores médias de 57,00 cm de diâmetro e 38,50 m de altura. Na Malásia, onde a rotação esperada é de 30 a 60 anos, produtividades de $7,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foram relatadas aos 27 anos de idade, tendo as características médias de crescimento de árvores individuais de 1,80 cm/ano em diâmetro e 1,00 m/ano em altura. Neste mesmo País, aos 40 anos de idade, foram relatadas árvores médias com 23,50 m de altura e 29,50 cm de diâmetro, onde as árvores dominantes possuíam 30,00 m de altura e 47,00 cm de diâmetro (Lemmens, 2008).

Dupuy e Koua (1993) realizaram vários estudos aplicando diferentes técnicas de manejo para mogno-africano na Costa do Marfim. Os melhores resultados foram obtidos em plantios de alta densidade (espaçamento de 3,00 m x 3,00 m), sendo empregado desbastes subsequentes, conforme descrição na **Tabela 2**.

Tabela 2. Prescrição de desbaste do mogno-africano empregado na Costa do Marfim.

| Ocorrência | Árvores/hectare | Diâmetro à altura do peito (cm) | Altura (m) |
|-------------|-----------------|---------------------------------|------------|
| Plantio | 1.000 | 0,00 | 0,00 |
| 1° desbaste | 400 – 500 | 15,00 | 15,00 |
| 2° desbaste | 200 – 250 | 20,00 | 20,00 |
| 3° desbaste | 125 – 150 | 25,00 | 25,00 |
| 4° desbaste | 75 – 100 | 30,00 | 30,00 |
| Corte final | 0 | 50,00 a 60,00 | 40,00 |

Adaptado de Dupuy e Koua (1993).

Para a aplicação do esquema apresentado na **Tabela 2**, os desbastes devem ser realizados quando as médias das árvores atingirem os valores indicados. Por exemplo, o primeiro desbaste deve ser realizado quando a média do talhão atingir 15 cm de diâmetro e 15 m de altura, onde o número de árvores remanescentes deve ser de 400 a 500 por hectare. Segundo Dupuy e Koua (1993), um plantio localizado na Costa do Marfim conduzido de acordo com a **Tabela 2** atinge uma altura de 20 m aos 20 anos e um diâmetro de 50,00 cm por volta dos quarenta anos.

A idade de corte esperada para plantios puros de mogno-africano em países do sul da Ásia, considerando árvores com 30,00 cm de diâmetro e 30,00 m de altura, é de 20 a 25 anos. A **Tabela 3** mostra o esquema de manejo e produção esperada de um plantio de *K. ivorensis* de 40,00 ha localizado na Malásia (Lim, 2007).

Tabela 3. Prescrição de manejo e volume de madeira esperado para um plantio de *Khaya ivorensis* localizado na Malásia.

| Ocorrência | Ano | Árvores/ha | Volume Colhido (m ³ /ha) |
|-------------|-----|------------|-------------------------------------|
| Plantio | 0 | 833,00 | 0,00 |
| 1° desbaste | 10 | - | 21,30 |
| 2° desbaste | 15 | - | 37,80 |
| Corte Final | 20 | 322,00 | 242,00 |

Adaptado de Dupuy e Koua (1993).

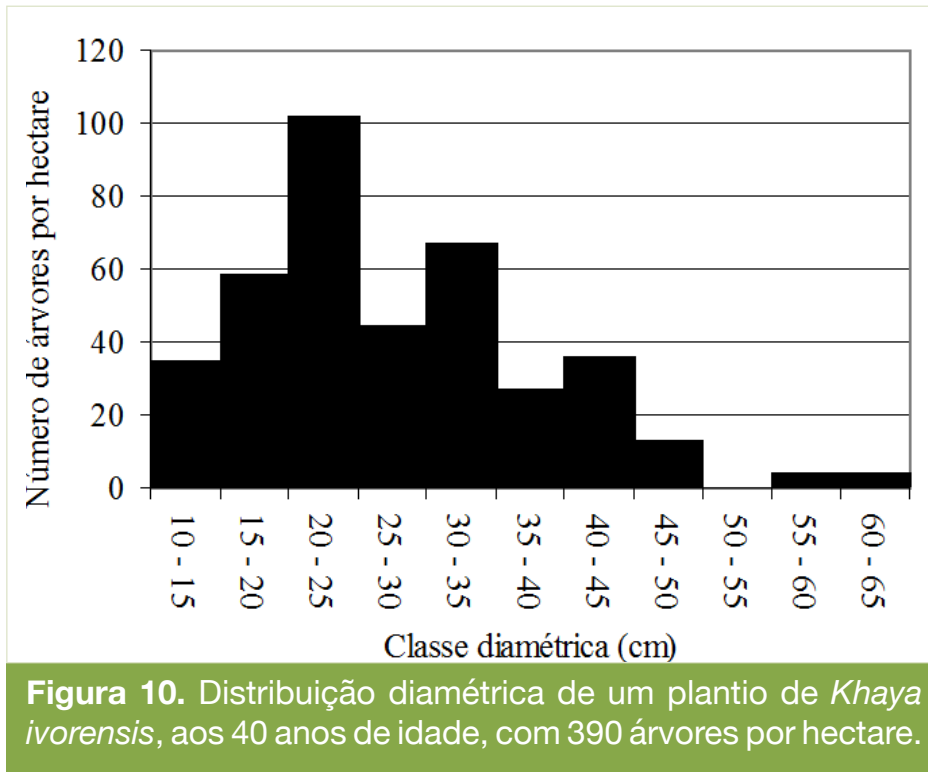
Na Malásia, Aminah et al. (2005) relataram o crescimento de um experimento de *K. ivorensis* de sete anos de idade, sendo o plantio inicial em espaçamento de 3,00 m x 3,00 m (1.111 árvores/ha), com mudas plantadas provenientes de estaquia de plantas adultas. Segundo os autores, após sete anos, o plantio apresentou taxa de sobrevivência de 87,80%, diâmetro médio de 15,80 cm (2,69 cm/ano) e altura média de 15,80 m (2,26 m/ano).

Quanto ao crescimento da espécie em idades mais avançadas, é conhecido o trabalho de Yahya et al. (1999). Esses autores relatam o crescimento de um talhão de 0,30 ha, estabelecido em 1957, em uma área com precipitação pluviométrica anual de 2.000,00 mm a 2.900,00 mm, plantado em um espaçamento de 3,00 m x 3,00 m, localizado na Malásia. É importante ressaltar que nenhuma atividade de desbaste foi empregada neste plantio. Portanto, a redução do número de árvores foi resultante da competição natural entre as árvores, o que provavelmente reduziu os valores potenciais máximos de crescimento. Na **Tabela 4** são apresentadas as principais características do plantio aos 40 anos de idade. Na **Figura 10** consta a distribuição das árvores nas diferentes classes diamétricas aos 40 anos.

Tabela 4. Desenvolvimento de um talhão de *Khaya ivorensis*, em diferentes idades, plantado na Malásia.

| Idade (anos) | Árvores vivas por hectare | Altura média (m) | Diâmetro médio (cm) | Altura de fuste (m) | Área basal (m ² /ha) | Volume (m ³ /ha) | Menor - Maior diâmetro (cm) |
|--------------|---------------------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 5,25 | 1.033 | - | 10,60 | - | - | - | - |
| 40,00 | 390 | 23,50 | 29,50 | 16,40 | 26,61 | 305,48 | 10,00 - 62,40 |
| 40,00 | 200 > árvores de 390 | 25,50 | 38,60 | 17,20 | 15,30 | 185,70 | 31,20 - 62,40 |
| | 100 > árvores de 390 | 29,70 | 46,80 | 19,30 | 10,00 | 134,60 | 41,20 - 62,40 |

Adaptado de Yahya et al. (1999).



Os dados da **Tabela 4** e **Figura 10** destacam o potencial de crescimento de mogno-africano. As cem maiores árvores por hectare possuem uma variação de 41,20 cm a 62,40 cm de diâmetro à altura do peito, com uma altura livre de galhos de cerca de 20 m. Na **Figura 10** pode ser observado que oito árvores por hectare possuem diâmetros acima de 55 cm. O potencial das árvores dominantes pode ser elucidado ao se observar que apenas uma árvore de 62,40 cm de diâmetro à altura do peito e 20,00 m de fuste comercial pode gerar cerca de 3,75 m³ de madeira de alta qualidade (considerando um afileamento diamétrico de 2,10 cm para cada metro de altura, reportado por Oliveira, 2017).

Conforme pode ser notado nos dados apresentados até agora, os plantios de mogno-africano instalados na Ásia, geralmente, empregam um espaçamento inicial de 3,00 m x 3,00 m, sendo realizado subsequentes desbastes para reduzir

a densidade inicial de 1.111 árvores por hectare para valores em torno de 200 a 350 árvores, para um corte final realizado próximo dos 20 a 25 anos.

Os plantios realizados no Brasil possuem características distintas, marcadamente uso de espaçamentos mais amplos (como 6,00 m x 6,00 m, 6,00 m x 5,00 m, 6,00 m x 5,50 m, entre outros). A consequência destes espaçamentos amplos será a ausência da necessidade de desbaste em idades jovens, pois a densidade de aproximadamente 300 árvores por hectare é equiparada com as densidades finais recomendadas na Ásia. É interessante observar o lastro biológico que esta densidade possui. De acordo com a **Tabela 4**, após 5 anos de plantio, a densidade inicial de 1.111 árvores por hectare declinou para 1.033. Aos 40 anos, esta densidade era de 390 árvores por hectare. O valor de 390 árvores por hectare pode, assim, ser considerado um valor natural que um plantio vai atingir para manter árvores de grande porte.

Outra característica dos espaçamentos mais amplos empregados no Brasil é a ausência de competição precoce no crescimento das árvores. Assim, as dimensões apresentadas na **Tabela 4** e na **Figura 10** podem ser esperadas em um período muito mais curto do que 40 anos, porém esta afirmação somente será confirmada por meio de periódicas medições e condução de estudos dos plantios de mogno-africano instalados no Brasil.

Crescimento e produção no mogno-africano no Brasil

No Brasil, o mogno-africano teve seus primeiros plantios instalados na região Norte. Segundo Castro et al. (2008), em sistemas silvipastoris no Pará, o mogno-africano pode alcançar altura de fuste de 12,00 m e diâmetro à altura do peito de 22,00 cm, aos 7 anos de idade. Segundo Falesi e Galeão (2004), em reflorestamento no Pará, o mogno-africano apresentou média de altura total de 8,50 m e diâmetro à altura do peito de 15,50 cm, aos 5 anos e 8 meses

de idade, e média de altura total de 9,20 m e DAP de 17,30 cm aos 6 anos e 4 meses de idade.

Após o sucesso de sua implementação em plantios no Norte do Brasil, durante a década de 1990, o mogno-africano foi introduzido em praticamente todas as regiões do País, em especial nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Recentemente, diversos estudos foram divulgados atestando o crescimento satisfatório da espécie: Lucena et al. (2016), Ribeiro et al. (2016, 2017, 2018b), Silva et al. (2016), Mayrinck (2017), Oliveira (2017), Ribeiro (2017), Carmo et al. (2018), Feliciano (2018), Ferraz Filho et al. (2018c), Santos et al. (2018) e Soranso et al. (2018).

O crescimento de plantios florestais é influenciado por diversas variáveis, tanto do ambiente em que se encontra o plantio quanto ao tipo de manejo adotado. De maneira geral, os plantios de mogno-africano no Brasil são conduzidos de maneira intensiva, em que o crescimento diamétrico da árvore é estimulado por meio da eliminação de restrições do ambiente (aplicando intensas fertilizações e correções do solo e, em alguns casos, adoção de sistema de irrigação) e de competição entre indivíduos (por meio do uso de espaçamentos de plantio amplos, acima de 30,00 m² por planta).

Devido à complexidade em determinar a capacidade produtiva de plantios florestais pelos fatores edafobioclimáticos que influenciam o crescimento de árvores (como precipitação pluviométrica, temperatura, radiação solar, nutrientes, assim por diante), é comum no meio florestal utilizar variáveis que consigam resumir estas características. A variável mais comum a se utilizar nestes casos é a altura dominante do plantio. Isto porque, diferente do volume de madeira ou área basal, a altura dominante do plantio é pouco influenciada pela densidade de plantio, facilitando a comparação entre talhões conduzidos em regimes silviculturais distintos. O primeiro trabalho

a classificar a capacidade produtiva de plantios de mogno-africano no Brasil foi o de Ribeiro et al. (2016), em que os autores descreveram cinco diferentes classes de produtividade de acordo com a altura dominante, na idade de referência de 15 anos (**Tabela 5**).

O conhecimento do sítio em que está situado o plantio de mogno-africano é importante, pois permite ter a estimativa do crescimento futuro

Tabela 5. Limites inferiores, superiores e médio (altura dominante, em metros), aos 15 anos de idade, para cinco classes de produtividade de mogno-africano e estimativa do incremento médio anual (IMA) em diâmetro (cm/ano).

| Sítio | Altura dominante limite inferior (m) | Altura dominante limite superior (m) | Índice de Sítio | IMA diâmetro (cm/ano) |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| V | 15,00 | 19,00 | 17,00 | 2,60 |
| IV | 19,00 | 23,00 | 21,00 | 2,80 |
| III | 23,00 | 27,00 | 25,00 | 3,40 |
| II | 27,00 | 31,00 | 29,00 | 3,80 |
| I | 31,00 | 35,00 | 33,00 | 4,00 |

Adaptado de Ribeiro et al. (2016).

do talhão, bem como ajuda no planejamento das operações silviculturais, como o desbaste e corte raso. De acordo com a **Tabela 5**, uma floresta que tenha, em média, entre 15,00 m a 19,00 m de altura dominante, aos 15 anos de idade, terá crescimento diamétrico médio de 2,60 cm/ano. Se o valor da altura dominante estiver entre 31,00 m e 35,00 m, o crescimento diamétrico médio passa a ser de 4,00 cm/ano.

Para tornar prática a informação apresentada na **Tabela 5**, é necessária uma maneira de estimar a altura dominante de um talhão na idade

15 anos, que pode ser feita utilizando a equação 8, apresentada por Riberio et al. (2016).

$$[8] \quad S = h_{dom} \cdot \exp \left[-3.23577 \left(\frac{1}{15^{0.53930}} - \frac{1}{t_1^{0.53930}} \right) \right]$$

Na equação 8, o valor do sítio (S, em m) de uma parcela é estimado por meio do conhecimento da altura dominante (h_{dom}) e idade (t_1) da parcela. Assim, se após o inventário de uma parcela e a mensuração das árvores dominantes for descoberto que o mesmo apresentou uma altura dominante média de 16,00 m, aos sete anos de idade, a aplicação desta informação na equação 8 irá estimar uma altura dominante de 23,40 m, aos 15 anos de idade. Este valor o classifica como um sítio de média produtividade (III) com provável crescimento diamétrico médio de 3,40 cm/ano. Outra alternativa para a classificação do sítio utilizando o conhecimento da altura dominante em qualquer idade é por meio do gráfico de altura dominante, conforme apresentado na **Figura 11**.

Os autores deste capítulo possuem experiência em inventários florestais de plantios de mogno-africano. Atualmente, são monitoradas anualmente cerca de 384 parcelas permanentes, com as mais antigas datando de 2010 e com atuais oito remedições. A **Figura 12** mostra os principais resultados de crescimento e produção destes inventários florestais. Os resultados ilustram a boa adaptação da espécie às condições ambientais de plantio. Ressalta-se que a maioria das informações são provenientes de plantios no estado de Minas Gerais. Porém, há também informações provenientes dos estados de Goiás e Pará.

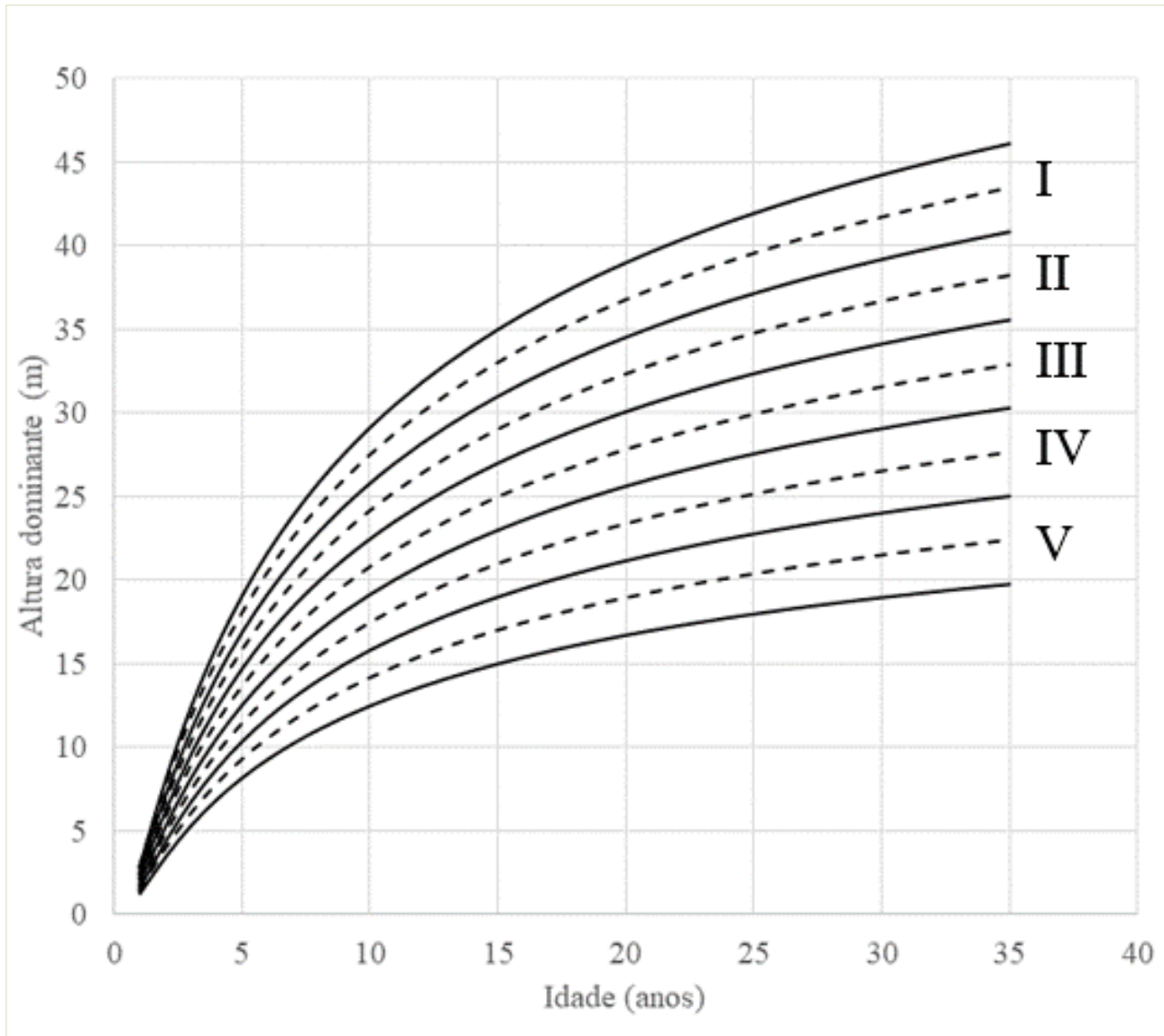


Figura 11. Limites inferiores e superiores (linhas sólidas) e desenvolvimento médio (linhas pontilhadas) para cinco classes de produtividade de mogno-africano.

Gráfico: Antônio Carlos Ferraz Filho

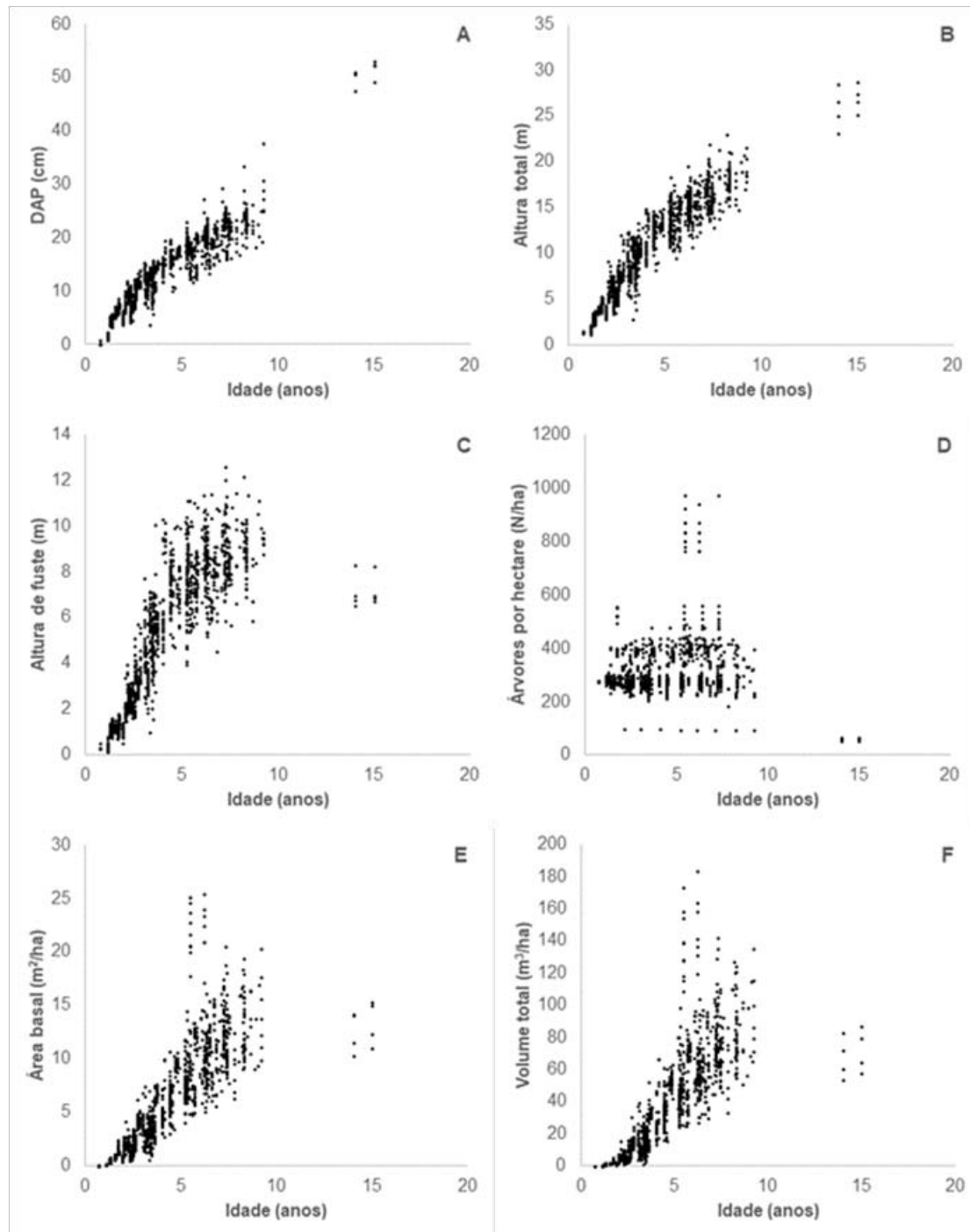


Figura 12. Crescimento e produção de plantios de mogno-africano, obtidos de 384 parcelas permanentes (1.270 medições) contendo: diâmetro à altura do peito médio (A), altura total média (B), altura de fuste média (C), número de árvores por hectare (D), área basal por hectare (E) e volume de madeira total por hectare (F).

Referências

AHRENS, S. **A concepção de regimes de manejo para plantações de *Pinus* spp. no Brasil**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1987. 23 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 10). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/16951/1/circ-tec10.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

AMINAH, H.; ZAFINA, B. I.; ROSDI, K.; ROZIHAWATI, Z.; FAUZI, M. S. A.; HAMZAH, M. Growth performance of some dipterocarps and non-dipterocarps planted from rooted cuttings. In: ROUND-TABLE CONFERENCE ON DIPTEROCARPS, 8., 2005, Ho Chin Minh City. **Proceedings...** Ho Chin Minh City, 2005, p. 1-7. Disponível em: <<http://vafs.gov.vn/en/2006/06/growth-performance-of-some-dipterocarps-and-on-dipterocarps-planted-from-rooted-cuttings/>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506 p.

BETTINGER, P.; BOSTON, K.; SIRY, J. P.; GREBNER, D. L. **Forest management and planning**. London: Academic Press, 2009. 331 p.

CASTRO, A. C.; LOURENÇO JÚNIOR, 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. DOI: 10.1590/S0103-84782008000800050.

CARMO, R. F.; NAKAJIMA, N. Y.; SILVA, S. A.; MATTAR, E. A. Desenvolvimento inicial de *Khaya ivorensis* em plantio irrigado. **Nativa**, v. 6, n. 2, p. 159-164, 2018. DOI: 10.31413/nativa.v6i2.5007.

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

FALESI, I. C.; GALEÃO, R. R. Recuperação de áreas antropizadas da mesorregião nordeste paraense por meio de sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4, 2002, Ilhéus. **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida**. Ilhéus: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira; Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual Norte Fluminense, 2004. p. 89-99.

FELICIANO, M. E. **Modelagem de árvore individual para povoamentos de *Khaya ivorensis* A. Chev. no Brasil**. 2018. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FELICIANO, M. E.; RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; VITOR, P. C. G. Avaliação de diferentes hipsômetros na estimativa da altura total. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, p. 1-5, 2016. DOI: 10.18378/rvads.v11i2.3741.

FERRAZ FILHO, A. C.; MOLA-YUDEGO, B.; GONZÁLEZ-OLABARRIA, J. R.; SCOLFORO, J. R. S. Thinning regimes and initial spacing for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 255-265, 2018a. DOI: 10.1590/0001-3765201720150453.

FERRAZ FILHO, A. C.; MOLA-YUDEGO, B.; RIBEIRO, A.; SCOLFORO, J. R. S.; LOOS, R. A.; SCOLFORO, H. F. Height-diameter models for *Eucalyptus* sp. plantations in Brazil. **Cerne**, v. 24, n. 1, p. 9-17, 2018b. DOI: 10.1590/01047760201824012466.

FERRAZ FILHO, A. C.; RIBEIRO, A.; CHAGAS, G. O.; OLIVEIRA, H. F. Análise da aplicação de gesso em plantio de mogno-africano. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018, Ribeirão Preto. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2018c.

- GONÇALVES, J. C.; CARVALHO, S. P. C.; OLIVEIRA, A. D.; GOMIDE, L. R. Comparação dos modelos prognósticos de *clutter* e da função logística. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 311-317, 2016. DOI: 10.4336/2016.pfb.36.87.1230.
- GUIMARÃES, M. A. M.; CALEGÁRIO, N.; CARVALHO, L. M. T.; TRUGILHO, P. F. Height-diameter models in forestry with inclusion of covariates. **Cerne**, v. 15, n. 3, p. 313-321, 2009. DOI: 10.1590/01047760201824012466.
- LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis (PROTA)>. Acesso em: 21 abr. 2019.
- LIM, G. T. **Enhancing the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae), for biological control of a shoot borer, *Hypsipyla robusta* (Lepidoptera: Pyralidae), in Malaysian mahogany plantations**. 2007. 128 f. (Doctor of Philosophy in Entomology) - Virginia Polytechnic Institute and State University.
- LIM, G. T.; KIRTON, L. G.; SALOM, S. M.; KOK, L. T.; FELL; R. D.; PFEIFFER; D. G. Mahogany shoot borer control in Malaysia and prospects for biocontrol using weaver ants. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 20, n. 3, p. 147-155, 2008.
- LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa 7(1)**. Timbers 1. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. 701 p.
- LUCENA, H. D.; PARAENSE, V. C.; MANCEBO, C. H. A. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal com cacau e essências florestais de alto valor comercial em Altamira-PA. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 8, n. 1, p. 73-84, 2016. DOI: 10.18361/2176-8366/rara.v8n1p%25p .
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Guarapuava: Ed. Unicentro, 2009. 316 p.

MARQUES, E. R.; FERRAZ FILHO, A. C.; RIBEIRO, A. Crescimento diamétrico de *Khaya ivorensis* em função da incidência de cancro. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 28., 2015, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2015.

MAYRINCK, R. C. **Funções de densidade e probabilidade e métodos de predição de parâmetros para povoamentos de *Khaya ivorensis* no Brasil.** 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) -Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MAYRINCK, R. C.; OLIVEIRA, X. M.; SILVA, G. C. C.; VITOR, P. C. G.; FERRAZ FILHO, A. C. Avaliação de hipsômetros e operadores na mensuração de árvores de *Eucalyptus urograndis* de tamanhos diferentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, p. 90-94, 2016. DOI: 10.18378/rvads.v11i5.3976.

MOREIRA, M. F. B.; THIERSCH, C. R.; ANDRADE, M. G.; SCOLFORO, J. R. S. Estimativa da relação hipsométrica com modelos não lineares ajustados por métodos bayesianos empíricos. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 405-411, 2015. DOI: 10.1590/01047760201521031781.

OLIVEIRA, E. B.; RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; CULLEN, L.; REIS, C. A. F. **SisMogno**. Colombo: Embrapa Florestas, 2017.

OLIVEIRA, X. M. **Modelos volumétricos e de afilamento para mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) nos estados de Minas Gerais e Pará, Brasil.** 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, X. M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; MAYRINCK, R. C.; LIMA, R. R.; SCOLFORO, J. R. S. Volume equations for *Khaya ivorensis* A. Chev. plantations in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 4, p. 3285-3298, 2018. DOI: 10.1590/0001-3765201820170852.

OPUNI-FRIMPONG, E.; TEKPETEY, S. L.; OWUSU, S. A.; OBIRI, B. D.; APPIAH-KUBI, E.; OPOKU, S.; NYARKO-DUAH, N. Y.; ESSIEN, C.; OPOKU, E. M.; STORER, A. J. **Managing mahogany plantation in the tropics: field guide for**

farmers. Kumasi/Ghana: Forest Institute of Ghana, 2016. 95 p. Disponível em: <[http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1\(F\)-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1(F)-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2019.

PHILIP, M. S. **Measuring trees and forests**. Oxfordshire: CABI, 1994. 310 p.

POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R. **Identificação e controle da rubelose em mogno-africano no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 68). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/404910/1/com.tec.68.pdf>>. Acesso 23 abr. 2019.

PRETZSCH, H. **Forest dynamics, growth and yield: from measurement to model**. Berlin: Springer, 2009. 664 p.

RIBEIRO, A. **African mahogany plantations: modeling growth and yield in Brazil**. 2017. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; MELLO, J. M.; FERREIRA, M. Z.; LISBOA, P. M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, v. 16, p. 22-31, 2010. DOI: 10.1590/S0104-77602010000100003.

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, p. 1-11, 2017. DOI: 10.1590/2179-8087.076814.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. Tree height prediction in Brazilian *Khaya ivorensis* stands. **Bosque**, v. 39, n. 1, p. 15-26, 2018a. DOI: 10.4067/S0717-92002018000100015.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; TOMÉ, M.; SCOLFORO, J. R. S. Site quality curves for African mahogany plantations in Brazil. **Cerne**, v. 22, p. 439-448, 2016. DOI: 10.1590/01047760201622042185.

RIBEIRO, A.; SILVA, C. S. J.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. Financial and risk analysis of African mahogany plantations in Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 2, p. 148-158, 2018b. DOI: 10.1590/1413-70542018422026717.

SANTOS, F. M.; TERRA, G.; CHAER, G. M.; MONTE, M. A. Modeling the height-diameter relationship and volume of young African mahoganies established in successional agroforestry systems in northeastern Brazil. **New Forests**, 2018. DOI: 10.1007/s11056-018-9665-1.

SCOLFORO, J. R. S. THIERSCH, C. R. **Biometria florestal: medição, volumetria e gravimetria**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 285 p.

SILVA, L. F.; FERREIRA, G. L.; SANTOS, A. C. A., LEITE, H. G.; SILVA, M. L. Equações hipsométricas, volumétricas e de crescimento para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 362-368, 2016. DOI: 10.1590/2179-8087.130715.

SORANSO, D. R.; VIDAURRE, G. B.; CHAGAS, M. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. G. M.; LATORRACA, J. V. F. Radial growth dynamics of *Khaya ivorensis* trees from experimental plantation. **Revista Árvore**, v. 42, n. 2, p. 1-10, 2018. DOI: 10.1590/1806-90882018000200007.

TEIXEIRA, L. P.; SOARES, T. P. F.; OLIVEIRA, L. S. S., MATHIONI, S. M.; FERREIRA, M. A. First report of leaf spot caused by *Alternaria argyroxiphii* on African mahogany trees (*Khaya senegalensis*). **Phytopathologia Mediterranea**, v. 56, n. 3, p. 502-210, 2017. DOI: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-20298.

TREMACOLDI, C. R.; LUNZ, A. M.; COELHO, I. L., BOARI, A, J. Cancro em mogno-africano no estado do Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 221-225, 2013. DOI: 10.4336/2013.pfb.33.74.415.

YAHYA, A. Z.; MAHAT M. N.; RASIP, A. B.; GHANI A. B. Growth of plantation grown *Khaya ivorensis* in Peninsular Malaysia. **Journal of Tropical Forestry**, v. 11, n. 4, p. 849-851, 1999.

9

Doenças

Edson Luiz Furtado
Lucas Antonio Benso

Introdução

Várias espécies de mogno-africano (*Khaya* spp.) foram introduzidas recentemente no Brasil, devido à rusticidade e qualidade da madeira. Com o passar do tempo, vários patógenos foram se adaptando a estas espécies. No presente capítulo, está uma compilação do que já foi detectado no País, com os principais sintomas, os danos ocasionados e as medidas de manejo que são necessárias para a redução dos danos causados.

Doenças das raízes

Doença: Podridão branca das raízes

Hospedeiro: *Khaya ivorensis* A. Chev.

Essa doença é também chamada de murcha letal, sendo associada à murcha e à seca de indivíduos com idades que variam de doze meses até oito anos, podendo, provavelmente, afetar também árvores mais velhas. Ocorre, principalmente, em solos sujeitos ao encharcamento na área das raízes, facilitando o processo infeccioso do patógeno.

Agente causal: *Rigidoporus lignosus* (Klotsch) Imazeki.

Etiologia: O fungo basidiomiceto *R. lignosus* é tido como um típico habitante de florestas, tendo alta incidência em locais anteriormente cobertos por florestas. Entre os seus principais hospedeiros são citados: seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) e cacaueiro (*Theobroma cacao* L.), sendo em todos os casos associado aos sintomas de podridão branca.

Sintomas: Na parte aérea pode ser verificado, inicialmente, o amarelecimento de toda a copa da árvore devido ao comprometimento do sistema radicular, seguido da sua murcha e seca. Com o desenvolvimento da doença, as folhas permanecem aderidas à planta, mesmo após a sua morte. Nas raízes podem ser verificados rizomorfos de coloração esbranquiçadas nos pontos de infecções desse fungo que, posteriormente, se tornam amareladas, com tendência a uma tonalidade marrom avermelhada.

Controle: Arrancar e incinerar os materiais vegetais contaminados, principalmente, os sistemas radiculares. O local da cova deve ser tratado com fungicida. A prevenção é evitar o encharcamento por meio de limpeza da faixa de plantio, facilitando a evaporação de água e a drenagem das áreas afetadas. Evitar causar injúrias nas plantas e/ou tratá-las com pasta fúngica.

Referências: Falesi e Baena (1999) e Poltronieri et al. (2000a).

Doenças do tronco

Doença: Cancro do córtex

Hospedeiro: *Khaya ivorensis* A. Chev.

É uma doença com alta incidência em plantios de mogno-africano, atingindo níveis de infestação superiores a 80,00 %. Relatos na literatura dessa doença têm sido feitos para indivíduos com idade superior a dois anos, nos estados do Pará, Goiás, Minas Gerais e Bahia. Porém, sua área de dispersão se mostra maior.

Agente causal: Ainda incerto, porém autores relatam, possivelmente, como *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon; Maubl (*Teleomorfo Botryosphaeria rhodina* (Berk. & M.A. Curtis) Arx).

Etiologia: O cancro do córtex do mogno-africano tem sido associado a *L. theobromae*, tido como um fungo de ampla distribuição, atuando como patógeno oportunista e degradador de matéria morta. Relatos desse fungo foram feitos também ao paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) e à seringueira (*Hevea brasiliensis* L.), ambos associados aos sintomas de cancro e, no cacauero (*Theobroma cacao*), causando sintomas de morte descendente.

Em meio de cultura BDA, esse fungo forma colônias inicialmente brancas, com presença de micélio aéreo em grande quantidade, tornando-se pretas ou cinzas escuras com o passar do tempo. Os conídios jovens são hialinos, unicelulares, ovóides e com citoplasma granuloso, sendo os conídios adultos de coloração marrom-escura, com septo transversal, estrias longitudinais e formato também ovóide. Esses esporos se formam em picnídios globosos e escuros, que podem se agrupar em estromas parcialmente imersos.

Sintomas: Os sintomas têm sido relatados unicamente em plantas adultas, no campo (**Figura 1**). Eles se manifestam inicialmente na forma de lesões salientes na casca, em qualquer altura da árvore, que podem progredir para grandes áreas de descolamento e necrose desse tecido, semelhantes aos sintomas de cancro típico, acompanhado ou não de extravasamento de seiva e de formação de brotações. Por comprometer o fluxo de fotoassimilados, através dos tecidos do floema, causam uma redução no desenvolvimento do hospedeiro, porém, sem comprometer o lenho. Em casos extremos, as lesões resultam no anelamento do caule e na morte da parte aérea da planta.

Controle: Testes de manejos têm sido feitos, principalmente, com o uso de técnicas de raspagem dos tecidos doentes, acompanhados da aplicação de produtos com ação fungicida. Em substituição à calda bordalesa está sendo testada com bons resultados a mistura de tinta látex, para diluição em água, com produtos contendo os ingredientes ativos a base de triazol+estrubirulina (5,00% do produto comercial).

Referências: Muller et al. (2002), Pinheiro et al. (2011), Souza et al. (2015), Tremacoldi et al. (2013) e Martins et al. (2017),

Fotos: Edson Luiz Furtado



Figura 1. Sintomas de cancro do cortéx ao longo do caule de *Khaya ivorensis*.

Doença: Rubelose

Hospedeiro: *Khaya ivorensis* A. Chev.

É também chamada de mal rosado, é uma doença relatada também ao eucalipto (*Eucalyptus* sp.), seringueira (*Hevea brasiliensis*), cacau (*Theobroma cacao*)

e citros (*Citrus* sp.). Não existem relatos de danos graves dessa patologia em espécies arbóreas no Brasil, apesar de provocar perdas à cultivo do eucalipto em outros países como Costa do Marfim, Índia e Zaire. Em *Khaya ivorensis*, essa doença teve seu primeiro relato no estado do Pará, em indivíduos com dois anos de idade.

Agente causal: *Erythricium salmonicolor* (Berk. & Broome) Burds (sin. *Phamerochaete salmonicolor* (Berk. & Broome) Jul.).

Etiologia: O fungo *Erythricium salmonicolor* apresenta basidiomas efusos, com himênio exposto e revestido de basídios cilíndricos ou claviformes com quatro esterigmas. Os basidiósporos são elipsóides e de coloração rosada, ocorrendo em massas desses esporos. Seu cultivo pode ser feito em meio BDA ou ágar-ágar.

Sintomas: Ocorre a formação de lesões necróticas no local afetado, resultando em sulcos e rachaduras nos tecidos do floema dos galhos e troncos doentes. Na superfície das lesões pode ser observada a presença de uma crosta rosada, constituída por estruturas do patógeno. Com o avançar da colonização, os ramos podem secar e morrer.

Controle: É recomendada a poda de 15,00 cm a 30,00 cm além do ponto de penetração e destruição de ramos podados, visando impedir o avanço do processo infeccioso e eliminar fontes de propágulos. O ferimento de poda deve, então, ser selado com a mesma mistura de tinta látex e produtos a base da mistura triazol+estrubirulina, a 5,00% (5,00 g do produto comercial/litro de água), evitando assim a reinfeção. Nas árvores onde a lesão ainda não tenha circundado o tronco, procede-se a retirada das partes afetadas da casca com canivete afiado. Em seguida, pincela-se a área afetada com a mistura acima citada.

Referências: Poltronieri et al. (2002a, 2002b).

Murchas vasculares

Doença: Murcha de *Ceratocystis*

Hospedeiro: *Khaya senegalensis*.

A murcha de *Ceratocystis* em *K. senegalensis* teve seu primeiro relato feito no Estado do Mato Grosso. Porém, tem sido encontrada também em plantios da espécie nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Sua disseminação ocorre, principalmente, através de ferimentos abertos no processo de poda, atuando a ferramenta utilizada para esse trabalho como um importante vetor de estruturas desse fungo. No estado de São Paulo, os plantios onde foram feitas podas tiveram incidência de 10,00% a 30,00% de plantas doentes.

Agente causal: *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst.

Etiologia: Pertencente à ordem Microascales, *C. fimbriata* é causador de doenças em diversas espécies arbóreas. Entre os principais hospedeiros são citadas as frutíferas, manga (*Mangifera indica* L.) e cacau (*Theobroma cacao*) e, as florestais, eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e seringueira (*Hevea brasiliensis*). Isolado de *K. senegalensis*, esse fungo formou, em meio de cultura MEA, peritécios escuros e globosos com dimensões 137,10 μm x 133,52 μm e com a presença de um rosto longo com 577,43 μm . No interior dessas estruturas foram observados ascósporos hialinos, com formato de chapéu coco, medindo 3,98 μm x 5,26 μm . Dois tipos de endoconídios foram também encontrados, sendo um cilíndrico e hialino (21,18 μm x 4,77 μm) e outro doliforme (9,07 μm x 8,23 μm) em cadeias, assim como esporos de resistência de coloração marrom chamados de aleuroconídios (12,80 μm x 8,94 μm).

Sintomas: Os fungos do gênero *Ceratocystis* são tidos como patógenos vasculares em indivíduos florestais, se desenvolvendo ao longo do lenho, causando a obstrução dos vasos responsáveis pelo fluxo ascendente de solutos (**Figuras 2, 3 e 4**). Em *Khaya senegalensis*, esse fungo é responsável por sintomas de murcha e seca da parte aérea em indivíduos, em níveis avançados da doença. A altura dessa seca é dependente do ponto de entrada desse patógeno, que necessita de portas de entrada, como ferimentos de poda, para iniciar seu processo infeccioso. Sua colonização, normalmente, tem início na superfície do lenho, onde se desenvolve em direção à medula. Desse ponto, o fungo tem acesso aos elementos de raios que são colonizados durante o desenvolver da infecção. Esse processo acaba por causar a descoloração do lenho afetado, com aparência de estrias escurecidas, que se dirigem da medula em direção à casca. Com o avanço da colonização, pode ocorrer também o extravasamento de seiva devido às rachaduras que surgem na casca dos tecidos afetados. A formação de brotações adventícias abaixo do local doente é outro sintoma comum, decorrente do desbalanço hormonal gerado pela morte do terço superior da copa.

Controle: O uso do controle químico se mostra ainda inviável no manejo dessa doença, devido à necessidade de aplicações constantes e à falta de estudos. Como recomendação deve feita a remoção e a destruição de árvores doentes, as quais poderiam vir a servir como fonte de propágulos para novas infecções; higienizar corretamente as ferramentas de manejo, como instrumentos de poda e realizar a aplicação de produtos com propriedades fungicidas em ferimentos abertos, visando à proteção contra à entrada do fungo.

Referências: Benso et al. (2017) e Firmino et al. (2017).

Foto: Edson Luiz Furtado



Figura 2. Brotações adventícias apresentadas por indivíduo de *Khaya senegalensis* com sintomas de murcha de *Ceratocystis*.

Foto: Edson Luiz Furtado



Figura 3. Indivíduo de *Khaya senegalensis* mostrando sintomas de murcha de *Ceratocystis*.

Foto: Edson Luiz Furtado



Figura 4. Lenho de *Khaya senegalensis* colonizado por *Ceratocystis*.

Doenças foliares

Doença: Mancha areolada

Hospedeiro: *Khaya ivorensis* A. Chev.

Doença que afeta indivíduos de *K. ivorensis* em todos os estágios de desenvolvimento, ocorrendo, principalmente, na fase de viveiro. Porém, pode também ocorrer em árvores com idade acima de dois anos. Seus maiores danos são associados ao período de maior precipitação pluviométrica, quando a maior parte dos folíolos pode se encontrar infectada. Nos meses de menor precipitação pluviométrica, as folhas jovens permanecem livres da doença devido ao ambiente desfavorável à proliferação do fungo. Quando em condições favoráveis, esse patógeno é capaz de se disseminar rapidamente no plantio, afetando, inicialmente, a folhagem nova do ápice da planta.

Agente causal: *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk. (Teleomorfo: *Rhizoctonia solani* Kühn).

Etiologia: A mancha foliar areolada é causada por *Rhizoctonia solani*, fungo responsável por danos na cultura da seringueira (*Hevea brasiliensis*), citros (*Citrus* sp.), graviola (*Annona muricana* L.), feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e maracujá (*Passiflora* sp.). Esse fungo não apresenta a formação de esporos, porém, forma escleródios responsáveis pela sobrevivência do patógeno.

Sintomas: Manifestam-se, inicialmente, em pequenas manchas arredondadas nas folhas jovens, com diâmetro entre 2,00 mm e 8,00 mm, centro esbranquiçado, bordas escuras e circundadas por um halo de cor vinho, com a 1,00 mm a 3,00 mm de largura. Com o amadurecimento da folhagem, as lesões acabam por aumentar de tamanho, se tornando marrom-claras ou marrom-escuras, descontínuas, necróticas e com a presença de anéis concêntricos de colorações

marrom-claras. As lesões surgem entre as nervuras da folha, permanecendo isoladas uma da outra devido à sua dificuldade de superar essa barreira. Em condições de alta umidade, pode ser observada a formação de uma camada esbranquiçada na superfície da folha, semelhante a uma teia. Esse tecido representa as estruturas reprodutivas do patógeno.

Controle: Aplicação de fungicidas cúpricos e de produtos que contenham o ingrediente ativo Pencycuron com frequência quinzenal. Esse tratamento é recomendado para planta ainda em fase de viveiro devido à viabilidade econômica e operacional.

Referências: Falesi e Baena (1999), Poltronieri et al. (2000a), Gasparotto et al. (2001) e Lemmens (2008).

Doença: Mancha foliar de *Cylindrocladium*

Hospedeiro: *Khaya ivorensis* A. Chev.

Relatada pela primeira vez no estado do Pará em 1999. Nessa época, essa doença já atingia 20% dos indivíduos no plantio estudado.

Agente causal: *Cylindrocladium parasiticum* Crous, Wing & Alfenas (Teleomorfo: *Calonectria ilicicola* (Hawley) Boedijn & Reitsma).

Etiologia: Esse fungo se caracteriza por apresentar conidióforas penicilóides ramificadas e vesículas globosas a subglobosas. Os conídios são hialinos e medem 47,00 μm - 76,00 μm x 4,50 μm - 5,90 μm , apresentando formato cilíndrico. Sua forma teleomórfica corresponde a *Calonectria ilicicola* e forma peritécios de coloração laranja ou vermelha, com ascósporos com um a três septos e dimensões de 43,00 μm x 7,00 μm .

Sintomas: Pequenas lesões necróticas de coloração marrom-escura, afetando folhas de diferentes idades, com predominância em folhas jovens, onde acabam por aumentar de tamanho e tomar grande área do limbo foliar, que pode coalescer com o passar do tempo. Na borda das lesões pode ser verificada a formação de um halo de coloração roxo-avermelhada ao redor da área doente. As folhas não caem com facilidade, permanecendo assim aderidas à planta, onde servem como fonte de inócuo para novas infecções. Em condições favoráveis, pode ser observada a formação de peritécios de coloração alaranjada, correspondendo às estruturas sexuadas do patógeno.

Controle: Não existem recomendações de manejo dessa doença no campo, para essa espécie. Em viveiros, as boas práticas de manejo tal como suspensão das bancadas, além de higienização de insumos e equipamentos, podem auxiliar no controle dessa doença.

Referências: Poltronieri et al. (2000a, 2000b).

Doença: Mancha alvo

Hospedeiro: *Khaya ivorensis* A. Chev.

Essa doença teve seu primeiro relato em 2009, para um plantio com doze meses de idade, no estado do Pará.

Agente causal: *Corynespora cassiicola* Ellis M. B.

Etiologia: É tido como um patógeno polífago, causando danos em quinze espécies de leguminosas e mais de cinquenta famílias vegetais. Entre os principais hospedeiros são citados: seringueira (*Hevea brasiliensis*), cacaueteiro (*Theobroma cacao*), soja (*Glycine max* (L) Merrill), tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e mamoeiro (*Carica papaya* L.). Seus esporos são formados em conidióforos

simples, em grupo ou isolados, com três septos e coloração acinzentada. Formam colônias de coloração cinza-escuro em meio de cultura BDA.

Sintomas: Presença de lesões foliares circulares a irregulares (1,00 mm a 8,00 mm de diâmetro), que se tornam escuras com o passar do tempo e tomam boa parte do limbo foliar, causando o coalescimento, rompimento e, em alguns casos, a queda das folhas afetadas. As lesões são circundadas por halo de coloração púrpura e, em ambas as faces do limbo foliar, apresentando também os centros de coloração clara.

Controle: Não existem medidas de controle recomendadas para essa doença no mogno-africano. Para a soja, ao manejo desse fungo, tem sido recomendados os fungicidas: piraclostrobina, carbendazil e a combinação epoxiconazol + piraclostrobina. Ao tomateiro têm sido recomendadas pulverizações com calda bordalesa.

Referência: Verzignassi et al. (2009).

Referências

BENSO, L. A.; PIERI, C. de; FURTADO, E. L. Primeiro relato de *Ceratocystis* em *Khaya senegalensis* e sua patogenicidade em eucalipto. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 40., Campinas, 2017. **Summa Phytopathologica**, v. 43, 2017. Disponível em: <http://www.summanet.com.br/summanet-site/congressos/2017/Resumos/Resumo40CPFito_018.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. **Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4). Disponível em: <[https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/388796/1/Oriental Doc4.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/388796/1/Oriental%20Doc4.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FIRMINO, A. C.; MATOS, A. M. S.; TOZZE, H. J.; BARRETO, V. C. M. First report of *Ceratocystis fimbriata* causing wilt on *Khaya senegalensis*. **New Disease Reports**, v. 35, p. 35, 2017. DOI: 10.5197/j.2044-0588.2017.035.035.

GASPAROTTO, L.; HANADA, R. E.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R. Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* em mogno-africano. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 660-661, 2001. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38324/1/FitopatologiaBrasileiroa-6.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

GASPAROTTO, L.; VÉRAS, S. M. Hospedeiros de *Sclerotium coffeicola* no Estado do Amazonas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 93, 2001. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/668500/1/Gasp1999p93.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MARTINS, T. V.; CUNHA, M. G.; DIANESE, E. C. Métodos mecânicos de controle do cancro do córtex do mogno-africano causado por *Lasiodiplodia theobromae*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 50., 2017, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2017.

MULLER, M. W.; BEZERRA, J. L.; SILVA, S. D. M.; ALMEIDA, O. C. Ocorrência de cancro no mogno-africano na Bahia. **Agrotrópica**, n. 14, v. 2, p. 81, 2002.

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

POLTRONIERI, L. S.; ALBUQUERQUE, F. C.; TRINDADE, D. R.; DUARTE, M. L. R.; CARVALHO, J. E. U.; MULLER, C. Detecção de *Phamerochaete salmonicolor* em mogno-africano no Estado do Pará. **Fitopatologia Brasileira**, n. 27, v. 3, p. 321, 2002a. DOI: 10.1590/S0100-41582002000300018.

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, 2000a. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica 18). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/382724/1/CircTec18.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

POLTRONIERI, L. S.; ALFENAS, A. C.; TRINDADE, D. R.; ALBUQUERQUE, F. C.; BENCHIMOL, R.L. A new disease of the african mahogany caused by *Cylindrocladium parasiticum* in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 204, 2000b. DOI: 10.1590/S0100-41582002000300018.

POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R. **Identificação e controle da rubelose em mogno-africano no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002b. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico 68). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/itstream/doc/404910/1/com.tec.68.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SOUZA, R. M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-FILHO, A. C. Novos registros da incidência do cancro em árvores de mogno-africano. In: SIMPÓSIO DE MEIO AMBIENTE, 8., 2015, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2015.

TREMACOLDI, C. R.; LUNZ, A. M.; COELHO, I. L.; BOARI, A. J. Cancro em mogno-africano no Estado do Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 221-225, 2013. DOI: 10.4336/2013.pfb.33.74.415.

VERZIGNASSI, J. R.; POLTRONIERI, L. S.; BENCHIMOL, R. L. Mancha-alvo em mogno-africano no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 1, p. 70-71, 2009. DOI: 10.1590/S0100-54052009000100015.

10

Insetos

Alexandre Mehl Lunz

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Introdução

A limitação aos plantios de espécies de Meliaceae nativas, notadamente dos gêneros *Swietenia* (mogno-brasileiro), *Cedrela* (cedro) e *Carapa* (andiroba), nesta ordem, causada pelo ataque da broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella*, Lepidoptera: Pyralidae) foi um dos principais motivadores para a introdução de espécies exóticas da mesma família, na silvicultura nacional. Apesar do sucesso relativo de algumas estratégias isoladas para as espécies nativas, ainda é necessário o estabelecimento de um manejo integrado eficaz, o que é dificultado pela intensa especificidade hospedeira dessa interação inseto-planta e que proporciona danos máximos, mesmo com incidências reduzidas.

A inviabilidade de monocultivos comerciais com fins madeireiros dos gêneros supracitados é devida ao ataque do referido inseto. Em paralelo, ocorre a intensa exploração seletiva de suas espécies em áreas de vegetação nativa, principalmente, nas regiões sul e sudeste da Amazônia Legal, áreas de maior ocorrência natural de mogno-brasileiro. O corte indiscriminado levou algumas espécies ao risco de extinção e gerou rigorosas restrições ao comércio de tais madeiras, especialmente a partir do início dos anos 2000 que, somado aos entraves burocráticos que regem a condução de plantações de espécies florestais nativas, previstos na legislação ambiental vigente, tornaram o uso de espécies exóticas de Meliaceae a opção mais viável ao sistema produtivo de madeiras nobres.

As espécies do gênero *Khaya*, também pertencente à Família Meliaceae, se adaptaram bem às condições de solo e de clima nas regiões em que estão sendo mais cultivadas no Brasil. Embora a substituição das espécies nativas por exóticas em plantios homogêneos deva ser considerada com cautela, pelos constantes riscos de adaptação de agentes bióticos às espécies introduzidas, existem poucos relatos disponíveis de insetos associados a espécies de *Khaya*, em áreas plantadas no Brasil ou em sua região de origem. A seguir serão apresentados os relatos encontrados na literatura.

Relatos de ocorrências de insetos associados a *Khaya* spp.

Nome científico: *Aleurocanthus woglumi* (Ashby, 1915)
(Hemiptera: Aleyrodidae).

Nome comum: Mosca-negra-do-citros.

Sintomas: Presença de danos às folhas novas de *K. ivorensis* causados pela sucção da seiva, removendo a água e os nutrientes e, conseqüentemente, enfraquecendo a planta. Danos adicionais são causados pela excreção de gotículas açucaradas nas folhas, onde se desenvolve o fungo saprófita *Capnodium* sp. (fumagina), reduzindo a respiração e a fotossíntese da planta. A combinação direta de elevado número de aleirodídeos se alimentando da planta, com infestação elevada do fungo pode causar redução no crescimento, em especial das plantas jovens, aumentando o tempo de corte da árvore. Os ataques podem ocorrer em qualquer idade da planta. Esses ataques têm sido observados em plantios nas diversas regiões da Amazônia Oriental.

Controle: Ausência de maiores detalhes na literatura.

Referência: Farias et al. (2011).

Nome científico: *Apate monachus* (Fabricius, 1775)
(Coleoptera: Bostrichidae).

Nome comum: Broca do alburno.

Sintomas: O dano, quando ocasionado em outras espécies de Meliaceae, tal como o nim (*Azadirachta indica* A. Juss), consiste na construção de galerias

na madeira pela larva do inseto, depreciando seu valor comercial. Há relatos de ocorrência desse inseto em *K. ivorensis* na Nigéria. Embora ainda não haja relato de ocorrência de danos em plantios de mogno-africano no Brasil, esse inseto está presente no País (Lesne P., 1938. Bostrychidae. In: Junk W., Schenkling S., eds. Coleopterorum Catalogus. Pars 161. Gravenhage, Germany: W. Junk.).

Controle: Não foram encontrados maiores detalhes na literatura.

Referências: Lamprecht (1990), Lemmens (2008) e Pinheiro et al. (2011).

Nome científico: *Apate terebrans* (Pallas, 1772)
(Coleoptera: Bostrichidae).

Nome comum: Broca do alburno.

Sintomas: Os mesmos descritos para *A. monachus*. Registros feitos em plantios de *K. senegalensis* em Minas Gerais, entre 2013 e 2017, onde até 2,00% das árvores foram atacadas, com 3,50 perfurações/árvore em média, observadas até os 7 m de altura do tronco em 96,00% dos casos. Não houve mortalidade das árvores atacadas, mas sim quebra dos troncos das plantas de menor diâmetro à altura do peito devido à ação dos fortes ventos. A maioria das perfurações foi preenchida com a seiva da planta, sem que ovos, larvas e pupas fossem observados.

Controle: Não foram encontrados maiores detalhes na literatura.

Referência: Covre et al. (2018b).

Nome científico: *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae).

Nome comum: Formiga cortadeira.

Sintomas: Registro de ocorrência de ninhos em plantações de *K. senegalensis* no Piauí, onde 88,20% das árvores evidenciaram sinais típicos de cortes das folhas por formigas cortadeiras.

Controle: A mesma metodologia de uso de iscas formicidas em plantações florestais de outras espécies pode ser empregada para tais situações. As práticas de controle de formigas cortadeiras, em geral, devem ser iniciadas antes mesmo do plantio, com vistorias sistemáticas, prosseguindo com diferentes periodicidades à medida que as plantas se desenvolvem. Plantios mais jovens devem ser observados com mais atenção, uma vez que ataques intensos nesses casos podem levar à perda de talhões inteiros em um curto intervalo de tempo.

Referência: Teixeira et al. (2018).

Nome científico: *Bourgogneia microcera* (Bourgogne, 1958)
(Lepidoptera: Psychidae).

Nome comum: Lagarta cortadeira de folhas.

Sintomas: Registro de ocorrência em *K. senegalensis*, em Burkina Faso, na África. Não foram encontrados maiores detalhes na literatura.

Controle: Não foram encontrados maiores detalhes na literatura.

Referências: Nikiema e Pastenak (2008) e Pinheiro et al. (2011).

Nome científico: *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848)
(Lepidoptera: Pyralidae).

Nome comum: Broca do broto terminal ou do ponteiro.

Sintomas: Em Minas Gerais foram registrados pela primeira vez ataques de larvas na região apical da planta hospedeira, causando ramificação excessiva e contribuindo para a depreciação da madeira e/ou mortalidade de *K. ivorensis*. Posteriormente, o mesmo caso foi relatado em São Paulo. Danos em frutos e sementes, inviabilizando-os para a produção de mudas em larga escala, também foram observados para este Estado.

Controle: Técnicas silviculturais tais como o sombreamento das árvores, o plantio misto e a remoção de rebentos laterais podem reduzir os danos por brocas. Da mesma forma que em *H. robusta*, não há estratégias de controle com 100,00% de eficácia conhecidas, agravado pelo fato de que esta interação inseto-planta possui registro recente.

Referências: Zanetti et al. (2017), Dallacort et al. (2018) e Matos et al. (2018).

Nome científico: *Hypsipyla robusta* Moore.

Nome comum: Broca do broto terminal ou de ponteiro.

Sintomas: A larva destrói a região apical da planta hospedeira e causa ramificação excessiva, contribuindo para a depreciação da madeira e/ou à mortalidade de *K. anthothenca*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, na África.

Controle: Técnicas silviculturais tais como o sombreamento das árvores, o plantio misto e a remoção de rebentos laterais podem reduzir os danos por brocas.

Referências: Ofori et al. (2007), Opuni-Frimpong et al. (2008), Lemmens (2008), Yahya (2008), Pinheiro et al. (2011) e Praciak et al. (2013).

Nome científico:

Micrapate germaini (Lesne, 1899) (Coleoptera: Bostrichidae),
Xyloperthella picea (Olivier, 1790)(Coleoptera: Bostrichidae) e
Euplatypus parallelus (Fabricius, 1801) (Coleoptera:
Curculionidae: Platypodinae).

Nome comum: Coleobrocas ou brocas do tronco.

Sintomas: Ataques ao tronco de árvore viva (em bom estado fitossanitário) foram observados em plantios de *K. senegalensis*, localizados no Mato Grosso do Sul, em 2017. As espécies de Bostrichidae, normalmente, são secundárias dentre as coleobrocas de madeira. Entretanto, elas foram registradas atacando não só troncos de árvores mortas ou moribundas, devido a ataques de fitopatógenos radiculares, como uma árvore viva e em boas condições, o que é preocupante. Em situações onde se adotou a prática silvicultural da desrama, como nos plantios de *K. grandifoliola* em Minas Gerais, observaram-se ataques de *E. parallelus* em troncos, potencializados pelos sítios de desenvolvimento adicionais resultantes deste trato. Neste último caso, existe o agravante da maior depreciação da madeira causada pelo fungo manchador simbiote que penetra no tronco graças ao inseto xilomicetófago.

Controle: Para *E. parallelus*, deve-se recolher do plantio e destruir o material vegetal resultante da desrama, para evitar o aumento populacional das coleobrocas. Não foram encontrados maiores detalhes na literatura, para as espécies de Bostrichidae.

Referências: Covre et al. (2018a, 2018c).

Nome científico: *Parasaissetia nigra* (Nietner, 1861)
(Hemiptera: Coccidae).

Nome comum: Cochonilha.

Sintomas: Foram observados em viveiros de mudas de *K. ivorensis*, no Estado de Mato Grosso, em 2017. Os ataques foram registrados em folhas e ramos das plantas, causando a morte da gema apical e o corrugamento das folhas. *P. nigra* mostrou simbiose com formigas, estando presentes em todas as mudas atacadas.

Controle: Testes preliminares com aplicação de calda contendo óleo mineral, piretróides e emulsificantes proporcionou um controle eficaz.

Referências: Fialho Junior et al. (2018a, 2018b).

Nome científico: *Phacopteron* spp. (Hemiptera: Phacopteronidae).

Nome comum: Psilídeo.

Sintomas: Mudanças atacadas por psilídeos em viveiros podem ser infestadas por patógenos fúngicos secundários, resultando em queda e escurecimento das folhas. Na África, a espécie *Pseudophacopteron zimmermanni* (Aulmann) induz a formação de galhas em folhas e na base de ramos novos de *K. anthotheca* e *K. senegalensis*. Existem relatos de má formação das plantas e retardo no crescimento em casos de alta densidade de galhas, seguidos de seca de galhos. *P. zimmermanni* se alimenta tanto de mudas quanto de árvores adultas de *Khaya*.

Controle: Não foram encontrados maiores detalhes na literatura.

Referências: Lemmens (2008) e Malenovský e Burckhardt (2009).

Nome científico: *Stenopola bohlsii* (Giglio-Tos, 1895)
(Orthoptera, Acrididae, Leptysminae).

Nome comum: Gafanhotos.

Sintomas: Os gafanhotos abrem orifícios para posturas endofíticas, regularmente espaçados na face ventral da nervura das folhas, ocasionando a sua quebra pelo peso e ação do vento e, posterior, seca das mesmas. Em razão das folhas serem compostas e longas, a quebra é facilmente perceptível e rápida, ficando sem apoio. O ataque resulta em estresse pela perda de folhas e ramos, além de deformidades na planta quando o ataque ocorre na região apical, comprometendo seu desenvolvimento retilíneo.

Controle: Nos primeiros sinais de ataque, devem ser conduzidos corte e queima dos materiais vegetais com posturas, sejam folhas, ramos ou partes da região apical das árvores, com periodicidade quinzenal.

Referência: Lunz et al. (2008).

Nome científico: *Trigona* spp. (Hymenoptera: Apidae).

Nome comum: Irapuá ou abelha-cachorro.

Sintomas: Ataca brotações novas e tenras de *K. ivorensis*. A presença de injúria no pecíolo da folha causa a morte dessa parte apical, provocando queda do pecíolo. Com isso, acarreta atraso no crescimento e distúrbios fisiológicos, principalmente no processo fotossintético. O ataque em plantas com dois a três anos de idade pode ocasionar a atrofia e superbrotação, provocando duas a três ramificações, o que deprecia o tronco, principalmente, se ocorrer abaixo de 4,00 m de altura.

Controle: Remanejamento das colmeias localizadas próximas aos plantios para remanescentes nativos. No caso de dificuldades de localização da colônia, deve-se observar a direção dos vôos das abelhas. Produtores de citros têm borrifado substâncias com odores fortes ou desagradáveis, tais como perfumes, desodorantes e creolina, como forma de indução ao abandono do ninho e têm obtido sucesso. Não há inseticidas registrados para o controle desses insetos.

Referências: Falesi e Baena (1999), Moura et al. (2017) e Pinheiro et al. (2011).

Nome científico: *Xyleborus* spp. e/ou *Xylosandrus* spp.
(Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae).

Nome comum: Brocas do pecíolo.

Sintomas: Folíolos e pecíolos das folhas de *K. ivorensis* se tornam escuros, negros e quebradiços, tanto nas folhas jovens quanto nas maduras. Em primeiro lugar, ocorre murcha, seguida de escurecimento dos folíolos e do pecíolo, progredindo das pontas para o meio das folhas. Pode também ocorrer queima parcial das bordas e limbo dos folíolos e seca do pecíolo. Em seguida, ocorre o dano interno causado pelo fungo simbiote introduzido na planta pelo besouro, que é xilomicetófago.

Controle: No caso de ataque leve, deve-se retirar as folhas danificadas e queimá-las. Se o ataque ocorrer de forma generalizada, deve-se aplicar inseticida fosforado por meio de pulverizações.

Referências: Falesi e Baena (1999), Yahya (2008) e Pinheiro et al. (2011).

Considerações finais

Em geral, no Brasil não há muitos relatos de insetos prejudiciais aos cultivos de espécies de *Khaya*. Em todo o mundo, o inseto mais prejudicial à cultura, sem dúvida, é *H. robusta*, com extensa literatura disponível sobre essa interação inseto-planta. Trata-se de uma espécie exótica e ausente do continente americano, o que alivia a pressão sobre a crescente área cultivada no Brasil. Entretanto, há de se manter constantes ações de monitoramento de insetos nos plantios, pois o histórico da introdução de espécies arbóreas exóticas à silvicultura nacional evidencia um aumento crescente do número de agentes bióticos nativos associados, notadamente insetos e microrganismos, à medida que as áreas cultivadas se tornam mais extensas, como ocorreu com os gêneros *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp..

Das associações supracitadas, recomenda-se especial atenção à ocorrência de *H. grandella*, pela primeira vez causando danos em espécies de *Khaya* sp. Até esse relato, a ausência deste inseto em plantios de espécies exóticas pertencentes à Família Meliaceae era consenso e principal argumento para uso contínuo dessa estratégia de substituição da espécie madeireira nativa correspondente (mogno). Entretanto, este registro em específico representa um risco à silvicultura de *Khaya* sp. em território nacional e demanda observações constantes por parte dos produtores rurais que a utilizam em seus sistemas produtivos, com vistas à detecção imediata e tomada de decisão quanto à necessidade de controle.

Referências

COVRE, L. S.; PAIOLA, G.; CRISTOVAM, M. E, P.; FLECHTMANN, C. A. H. *Bostrichidae* attacks on *Khaya senegalensis* and survey in Inocência, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado: SEB, 2018a. p. 799. Disponível em: <<https://www.cbe2018.com.br/images/cbe2018/docs/anais/anais-cbe-2018-v3.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

COVRE, L. S.; PAIOLA, G.; FLECHTMANN, C. A. H. *Apate terebrans* (Coleoptera: Bostrichidae) attacking African mahogany (*Khaya senegalensis*) in Minas Gerais, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado: SEB, 2018b. p. 791. Disponível em: <<https://www.cbe2018.com.br/images/cbe2018/docs/anais/anais-cbe-2018-v3.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

COVRE, L. S.; COSTA, G. H. R.; FLECHTMANN, C. A. H. Influence of limb pruning in attacks of Curculionidae to *Khaya grandifoliola* in Minas Gerais, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado: SEB, 2018c. p. 826. Disponível em: <<https://www.cbe2018.com.br/images/cbe2018/docs/anais/anais-cbe-2018-v3.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

DALLACORT, S.; PURETZ, B.; MOTA, T. A.; JORGE, C.; ARCANJO, D.; GALVAN, F.; ORIANI, C.; WILCKEN, C. F. Primeiro registro de *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Crambidae) em mogno-africano (*Khaya senegalensis*) em São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado: SEB, 2018. p. 846. Disponível em: <<https://www.cbe2018.com.br/images/cbe2018/docs/anais/anais-cbe-2018-v3.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. **Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/388796/1/Oriental_Doc4>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FARIAS, P. R. S.; MAIA, P. S. P.; SILVA, A. G.; MONTEIRO, B. S. Ocorrência de *Aleurocanthus woglumi* em área de reflorestamento com mogno-africano na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 1, p. 85-88, 2011. DOI: 10.4322/rca.2011.042.

FIALHO JUNIOR, L. L.; SANTOS, A.; SANTOS, I. C. L.; COSTA, J. G.; ROSA, A. M. Attack of the nigra scale *Parasaissetia nigra* in African mahogany seedlings *Khaya ivorensis* in Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado: SEB, 2018a. p. 795. Disponível em: <<https://www.cbe2018.com.br/images/cbe2018/docs/anais/anais-cbe-2018-v3.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FIALHO JUNIOR, L. L.; SANTOS, A.; SANTOS, I. C. L.; COSTA, J. G.; ROSA, A. M. Chemical control of nigra scale *Parasaissetia nigra* in African mahogany seedlings *Khaya ivorensis* in Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado: SEB, 2018b. p. 1665. Disponível em: <<https://www.cbe2018.com.br/images/cbe2018/docs/anais/anais-cbe-2018-v3.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

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

LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis (PROTA)>. Acesso em: 21 abr. 2019.

LUNZ, A. M.; COSTA, M. K. M.; AGUIAR, T. S.; CARDOSO, A. S. **Danos de gafanhotos (Orthoptera, Acrididae, Leptysminae) em reflorestamentos no estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 206). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/386925/1/Com.Tec.206.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

MALENOVSKÝ, I.; BURCKHARDT, D. A review of the Afrotropical jumping plant-lice of the Phacopteronidae (Hemiptera: Psylloidea). **Zootaxa**, n. 2086, p. 1-74, 2009.

MATOS, M. F.; LEMES, P. G.; OLIVEIRA, L. S.; ZANUNCIO, J. C. *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) boring fruits and seeds of *Khaya ivorensis* (Meliaceae) in Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado: SEB, 2018b. p. 824. Disponível em: <<https://www.cbe2018.com.br/images/cbe2018/docs/anais/anais-cbe-2018-v3.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

MOURA, R. S. de; SOUZA, K. R. de; SOUZA, D. S.; SANTANA, G. M.; OLIVEIRA, G. M. de; VENTUROLI, F.; SILVA-NETO, C. D. M. Danos em *Khaya ivorensis* provocado por *Trigona spinipes* na savana brasileira. **Acta Brasiliensis**, n. 1, v. 1, p. 40-42, 2017. DOI: 10.22571/Actabra11201715.

NIKIEMA, A.; PASTENAK, D. *Khaya senegalensis*. In: LOUPPE, D.; OTENGAMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_(PROTA))>. Acesso em: 24 abr. 2019.

OFORI, D. A.; OPUNI-FRIMPONG, E.; COBBINAH, J. R. Provenance variation in *Khaya* species for growth and resistance to shoot borer *Hypsipyla robusta*. **Forest Ecology and Management**, v. 242, p. 438-443, 2007. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.01.090.

OPUNI-FRIMPONG, E.; KARNOSKY, D. F.; STORER, A. J.; COBBINAH, J. R. Silvicultural systems for plantation mahogany in Africa: influences of canopy shade on tree growth and pest damage. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 328-333, 2008. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.09.078.

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

PRACIAK, A.; PASIECZNIK, N.; SHEIL, D.; VAN HEIST, M.; SASSEN, M.; CORREIA, C. S.; DIXON, C.; FYSON, G.; RUSHFORD, K.; TEELING, C. (Ed.). **The CABI encyclopedia of forest trees**. Oxfordshire: CABI, 2013. 523 p.

TEIXEIRA, M. O.; PASSOS, J. C.; SOUZA, R. M. Formigas cortadeiras em um plantio de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., no Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., 2018, Gramado. **Anais...** Gramado: SEB, 2018. p. 820. Disponível em: <<https://www.cbe2018.com.br/images/cbe2018/docs/anais/anais-cbe-2018-v3.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

YAHYA, A. Z. **Manual in the establishment and management of the *Khaya ivorensis* plantation**. Malaysia: Forest Research Institute Malaysia, 2008.

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. DOI: 10.1590/1678-992x-2016-0362.

11

Softwares para manejo de precisão e análise econômica de mogno-africano, em plantios puros e em ILPF

Edilson Batista de Oliveira

Andressa Ribeiro

Antônio Carlos Ferraz Filho

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Sybelle Barreira

Introdução

As espécies do gênero *Khaya*, pertencentes à Família Meliaceae, conhecidas popularmente como mogno-africano, são uma alternativa ao mogno-brasileiro, uma vez que são botanicamente muito semelhantes. Normalmente são resistentes à broca de ponteiro do mogno-brasileiro e apresentam comercialização garantida, atingindo, muitas vezes, um preço superior ao do mogno-brasileiro, sendo um investimento de médio prazo (12 a 20 anos) (Falesi; Baena, 1999).

Em razão do alto valor comercial agregado, da qualidade e da beleza da madeira, os cultivos de espécies conhecidas vulgarmente como “mognos” têm sido reconhecidos e estimulados no Brasil, com destaque para as espécies do gênero *Khaya*. A espécie *K. ivorensis* é uma das mais utilizadas, por possuir fuste mais retilíneo, crescimento rápido e alta resistência a *Hypsiphyla grandella*, agente causador da broca do ponteiro. Porém, mesmo com sua importante ascendência no País, são poucas as informações quantitativas e silviculturais encontradas na literatura, o que dificulta o seu manejo (Oliveira, 2017).

De forma semelhante a várias espécies florestais, as plantações de mogno-africano com finalidade de produzir madeira necessitam da aplicação de técnicas silviculturais adequadas visando obter a máxima produção e rentabilidade econômica. Entre estas técnicas, o manejo florestal de precisão se destaca pelo forte impacto que pode promover no resultado do cultivo. Este manejo tem por base a realização de desbastes, que podem ser de diferentes tipos, intensidades, épocas e por variações na idade do corte final. Cada povoamento florestal tem seu regime de manejo ideal, em função do objetivo industrial da produção e de fatores tais como as características de solo e clima, material genético e densidade de plantio.

Com o objetivo dar subsídios aos produtores florestais sobre como planejar e manejar com precisão suas florestas, a Embrapa Florestas vem desenvolvendo, com forte apoio de parceiros de outras empresas/instituições, um conjunto de softwares denominados por “Sis”, seguido pelo nome popular da espécie ou gênero (SisAraucaria, SisPinus, dentre outros). Tais softwares descrevem como cada plantação florestal cresce e produz, conforme os regimes de manejo que o próprio usuário indica. Eles possibilitam simular desbastes e testar qualquer regime de manejo que se deseja aplicar, indicando quanto de madeira será produzida, em qualquer idade projetada. Além do volume de madeira, o programa também calcula o carbono armazenado pelas árvores e gera tabelas de sortimento de madeira por classes de utilização industrial como laminação, serraria e energia, em função dos diâmetros e dos comprimentos de toras que o usuário indica (Oliveira, 2011).

Os softwares geram tabelas e gráficos de prognose do crescimento e da produção das árvores, em plantios puros ou na integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), em função de dados do inventário do plantio. Os programas ainda dão acesso ao software Planin, que gera parâmetros para análise econômica da produção florestal, possibilitando verificar a viabilidade econômica do projeto florestal.

Detalhes teóricos dos algoritmos e da metodologia estatística dos softwares são apresentados nos manuais disponíveis em cada um dos softwares ou por Oliveira (2011). Os parâmetros das funções de distribuição de probabilidades utilizados para construção do SisMogno foram baseados nos trabalhos de Ribeiro (2017), Mayrinck (2017) e Oliveira (2017). Para a construção do SisILPF, foram utilizados também dados de um plantio de 17,90 ha conduzido no município de Brasília, DF.

No presente trabalho, serão apresentados os softwares SisMogno e SisILPF-Mogno, desenvolvidos para a espécie *Khaya ivorensis* A. Chev.

Descrição dos softwares

Para descrição dos softwares será utilizado um exemplo de aplicação para o sistema de ILPF (Exemplo 1), considerando renques de três linhas de árvores, com espaçamento de 4,00 m entre linhas e 4,00 m entre árvores. A distância entre renques será de 20,00 m. O arranjo proposto resulta em 268 árvores por hectare. Serão considerados dois desbastes seletivos, sendo um realizado aos 8 anos de idade, com 150 árvores remanescentes por hectare e outro aos 15 anos e 75 árvores remanescentes por hectare. O corte final será aos 20 anos. O índice de sítio utilizado, dado pela altura dominante aos 15 anos, será 25,00 m.

Para o sortimento da produção madeireira, as toras terão 2,20 metros de comprimento com as seguintes classes de diâmetro: “toras > 35,00 cm”, “toras de 25,00 cm a 35,00 cm” e “toras de 18,00 cm a 25,00 cm”. Os resultados gerados serão submetidos a uma análise econômica por meio do software Planin.

Inserção das informações nos softwares

O SisILPF-Mogno, de forma semelhante ao SisMogno, sempre exige que o usuário informe o índice de sítio da plantação florestal que está sendo trabalhada (**Figura 1**). O índice de sítio é uma medida potencial da produtividade de uma espécie em determinado local ou sítio (solo e clima). Assim, ele se torna o indicador básico para que o software dê resultados de acordo com a capacidade

produtiva de uma determinada área. A qualidade do sítio é avaliada usando o crescimento em altura das árvores dominantes (altura dominante). Mais informações sobre a classificação de sítios florestais para o mogno-africano são fornecidas por Ribeiro et al. (2016), bem como no manual do software, que possui tabelas específicas e detalhes sobre este procedimento.

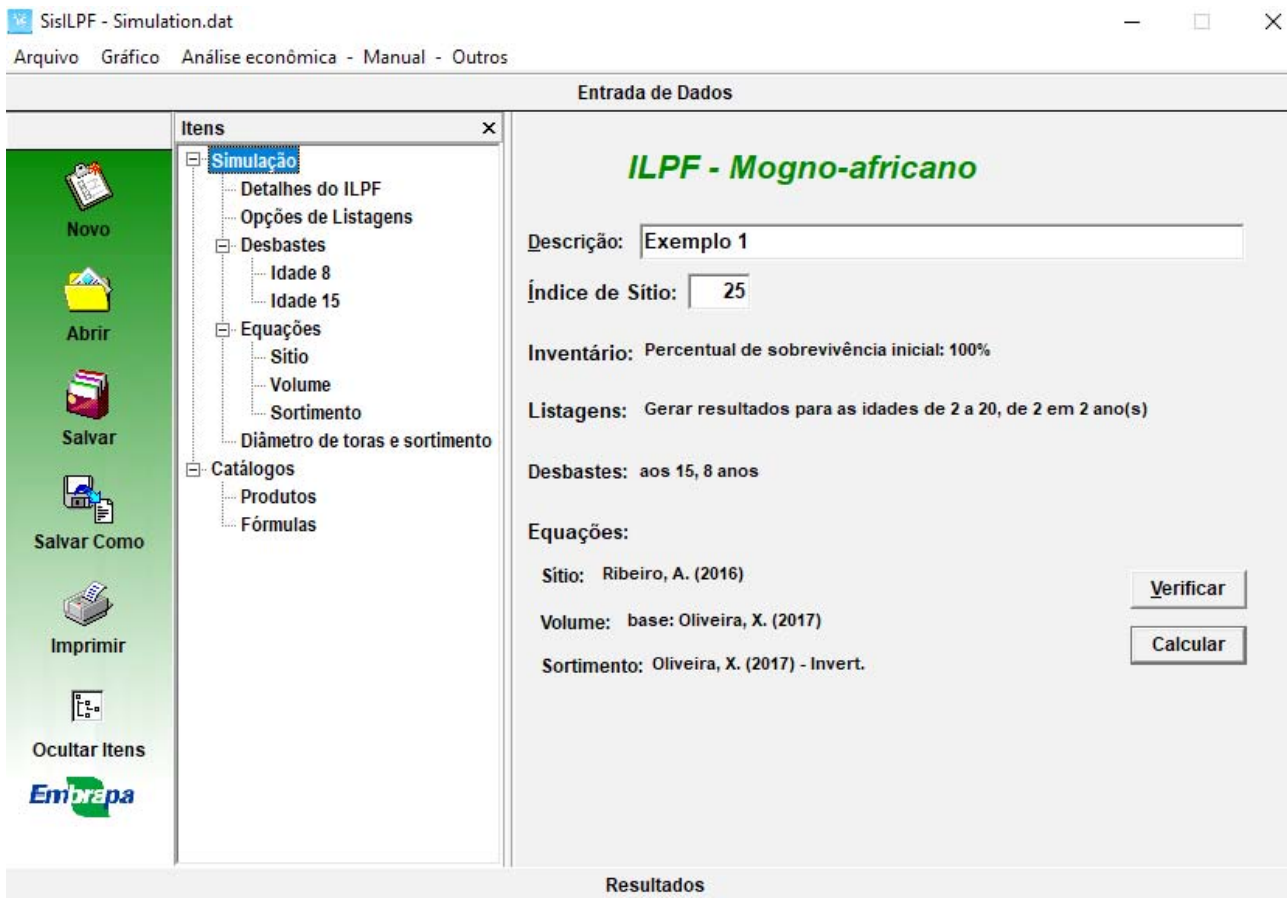


Figura 1. Tela inicial do SisILPF-Mogno.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

Na sequência, conforme ilustra a **Figura 2**, o software solicita as seguintes informações sobre o arranjo de plantio:

- a) Número de linhas por renque.
- b) Distância entre linhas no renque.
- c) Distância entre renques.

Estas informações são requeridas apenas pelo SisILPF-Mogno. As demais informações apresentadas na tela da **Figura 2** são comuns também para o SisMogno.

The screenshot shows the 'SisILPF - Simulation.dat' application window. The title bar includes standard window controls. The menu bar contains 'Arquivo', 'Gráfico', 'Análise econômica - Manual - Outros'. The main window is titled 'Entrada de Dados' and is divided into two main sections: a left sidebar and a main content area.

Left Sidebar (Itens):

- Novo
- Abrir
- Salvar
- Salvar Como
- Imprimir
- Ocultar Itens
- Embrapa logo

Main Content Area (Entrada de Dados):

INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTAS

Simulação

- Detalhes do ILPF** (highlighted)
- Opções de Listagens
- Desbastes
 - Idade 8
 - Idade 15
- Equações
 - Sítio
 - Volume
 - Sortimento
- Diâmetro de toras e sortimento
- Catálogos
 - Produtos
 - Fórmulas

Form Fields:

- Número de linhas por renque:
- Distância entre linhas no renque (m):
- Distância entre renques (m):
- Número de árvores por hectare no plantio**
 - Árvores/ha no plantio:
 - Sobrevivência inicial - 1º ano (%):
- Número de árvores por hectare em determinada idade**
 - Árvores/ha na idade abaixo:
 - Idade do plantio (anos):
- Árvores/ha e área basal ou diâmetro médio em det. idade**
 - Árvores/ha na idade abaixo:
 - Idade do plantio (anos):
 - Área basal (m²/ha):
 - Diâmetro médio (DAP-cm):
- Nível de homogeneidade do plantio:
 - Plantios heterogêneos = 1 a 4
 - Homogeneidade média = 5 a 7
 - Plantios homogêneos = 8 a 10

Resultados

Figura 2. Tela com detalhes do sistema de ILPF do Exemplo 1.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

Há três opções de inserção de dados específicos sobre as árvores (**Figura 2**). Na primeira, uma configuração mínima utiliza apenas o “Número de árvores plantadas por hectare” e a “Sobrevivência inicial” (relativa ao primeiro ano de plantio). Na segunda, em uma configuração intermediária, o usuário indica o “Número de árvores plantadas por hectare em determinada idade”. Na terceira, a configuração é completa e, além das informações utilizadas na segunda opção, deve ser informado o “Diâmetro médio das árvores” ou a “Área basal por hectare”. Vale lembrar que a terceira opção deverá gerar resultados de maior precisão, uma vez que utiliza mais informações sobre as árvores do plantio.

Uma planilha auxiliar que calcula o número de árvores por hectare no plantio, em função do arranjo do ILPF, desenvolvida por Porfírio-da-Silva et al. (2009), pode ser acessada pelo software.

A última informação a ser inserida na tela da **Figura 2** é o “Nível de homogeneidade do plantio” (variando de 1,00 a 10,00), que pode ser baseado em medidas estatísticas (ex: variância e coeficiente de variação calculados no inventário) ou o usuário pode atribuir notas de 1,00 a 10,00, tendo por base outros critérios. A idade das simulações, desde a idade da primeira informação obtida até a idade da colheita, é informada no item “Opção de listagem” (**Figura 3**).

Os desbastes deverão ser informados conforme ilustra a **Figura 4**.

A aplicação de desbastes oferece três opções:

1. Desbaste seletivo: colheita das menores árvores.
2. Desbaste sistemático: colheita que não leva em consideração o tamanho das árvores. Pode ser ao acaso ou sistematizada, por exemplo, retirada de uma árvore a cada três na linha.

3. Desbaste sistemático seguido de seletivo.

A indicação da intensidade do desbaste pode ser realizada pela área basal ou pelo número de árvores por hectare. Nos dois casos, indica-se o que ficará remanescente após o desbaste e não o que será desbastado.

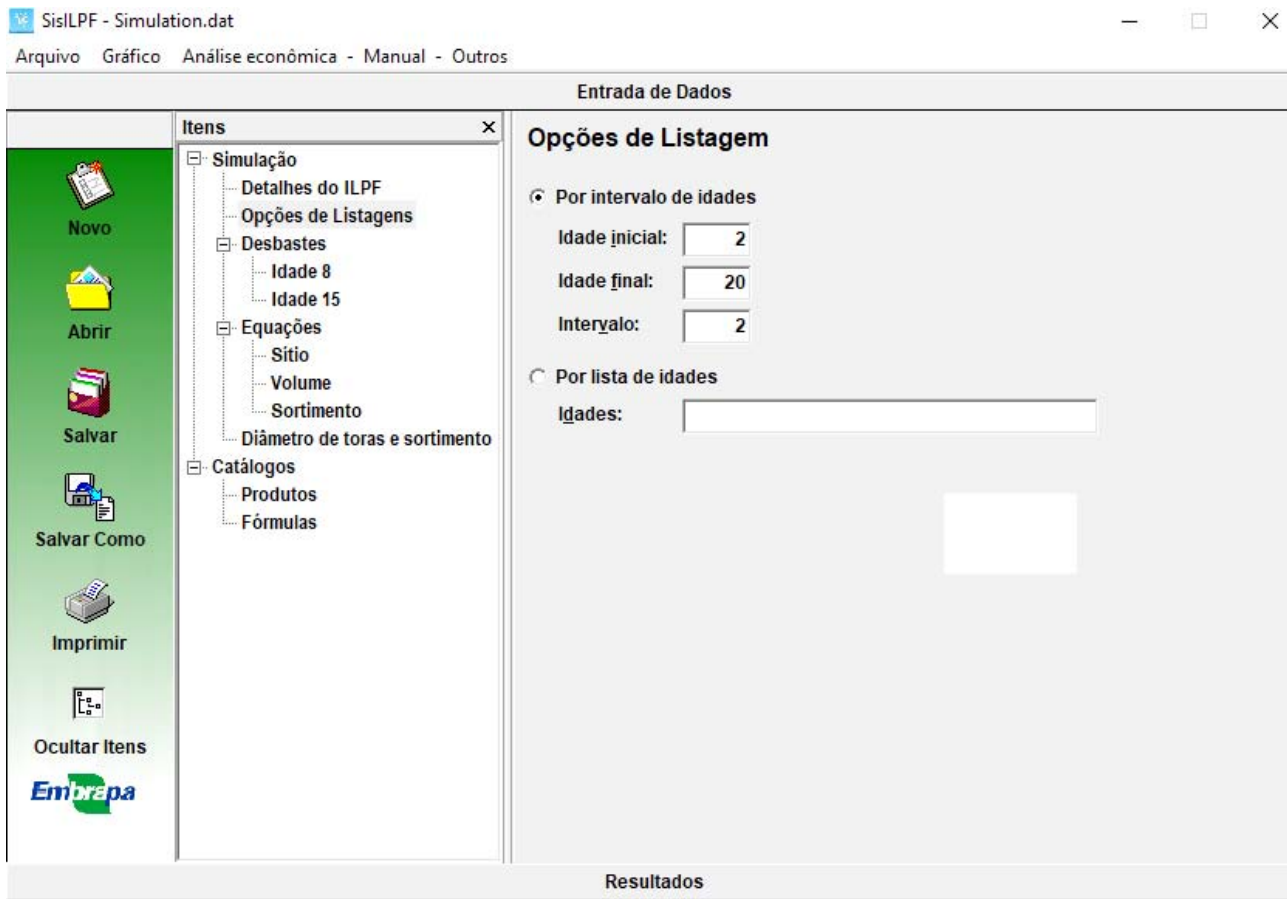


Figura 3. Tela com opções para emissão de resultados pelo software.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

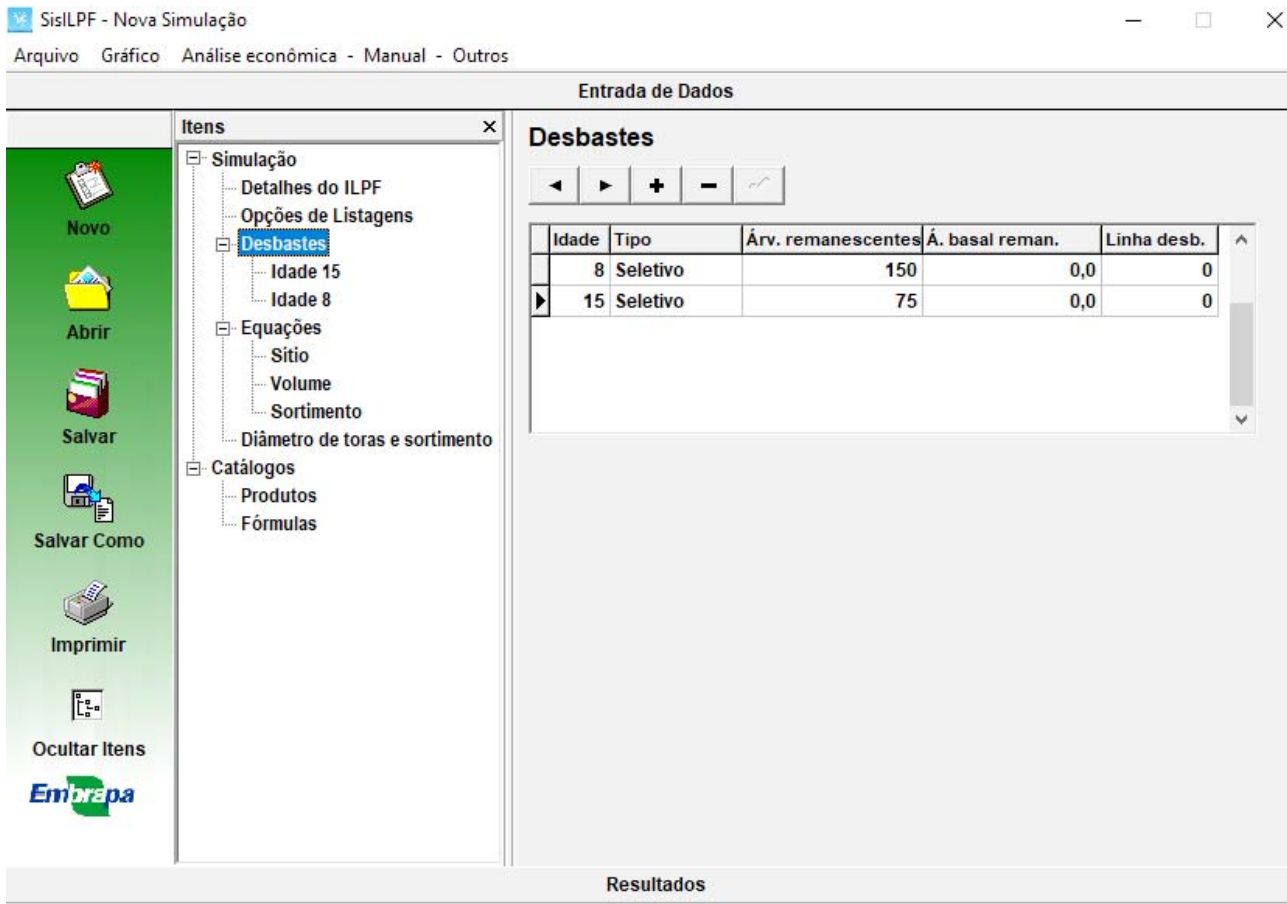


Figura 4. Tela com detalhes dos desbastes a serem realizados.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

Os softwares possuem equações de sítio, de volume e de sortimento de madeira (afilamento ou “taper”) que podem ser substituídas pelo usuário por outras equações disponíveis na literatura ou que ele próprio desenvolva. A **Figura 5** mostra uma equação de sítio desenvolvida por Ribeiro et al. (2016).

Detalhes do sortimento desejado são solicitados com indicação do comprimento e diâmetro das toras, conforme ilustra a **Figura 6**.

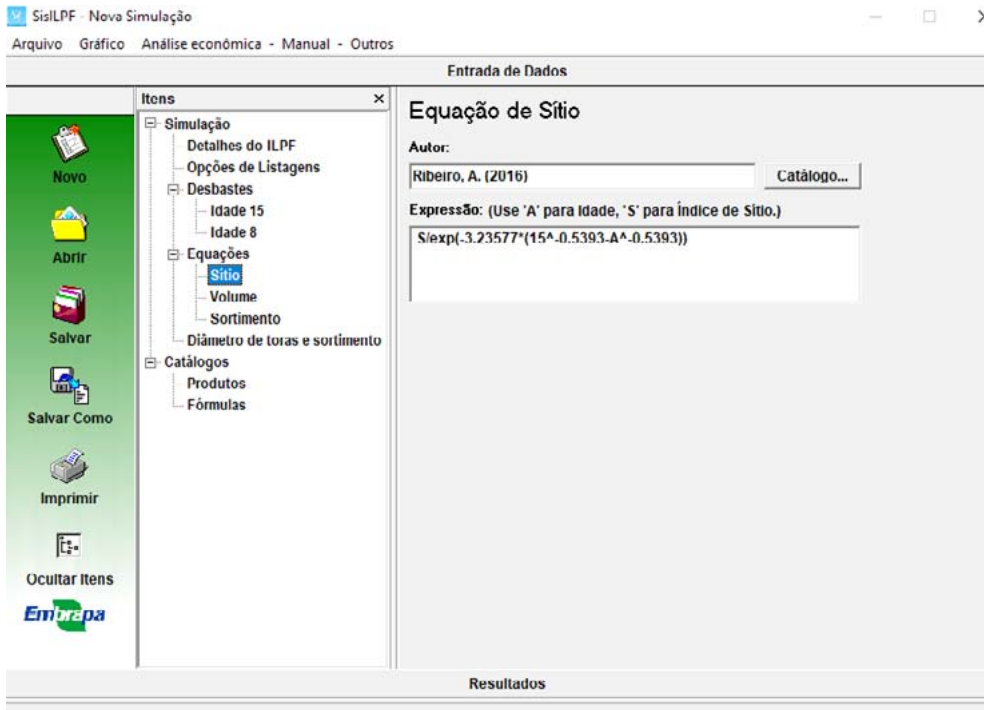


Figura 5. Tela com equação de sítio.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

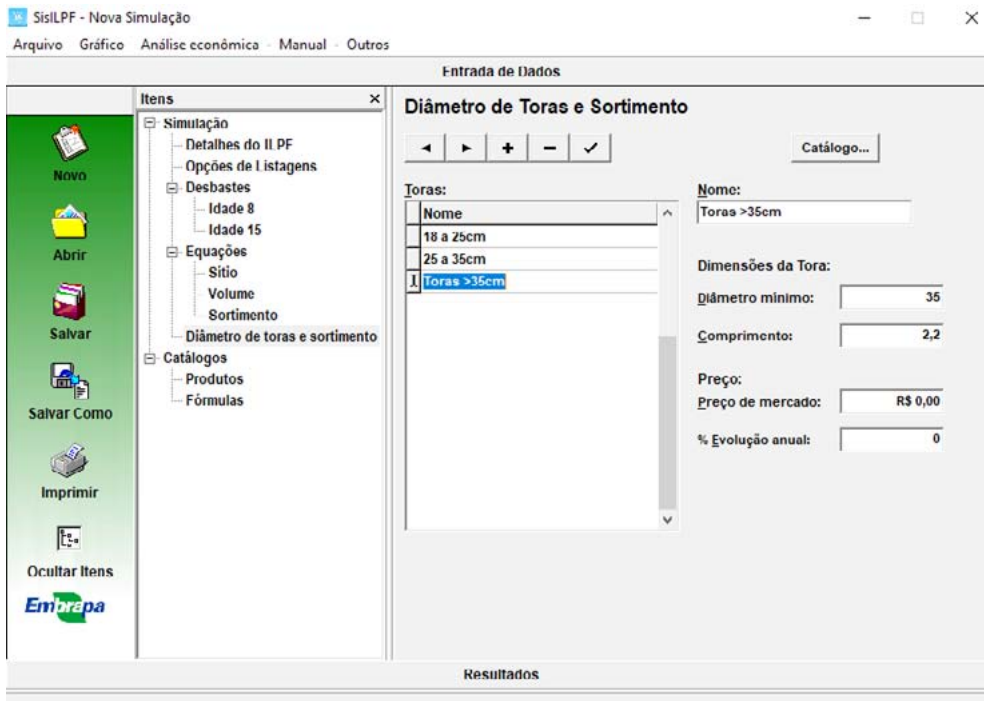


Figura 6. Tela com informações sobre o sortimento desejado.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

O software possui também o item “Catálogos” que possibilita inserir, alterar e excluir fórmulas e produtos, mantendo os mesmos gravados para que possam rapidamente ser acessados e utilizados nos processamentos (Figuras 7 e 8). Estes catálogos permitem agilizar, de forma organizada e flexível, as operações com muitos produtos e equações. Pode ser mantido um número ilimitado de opções, visando atender às condições específicas de cada simulação.

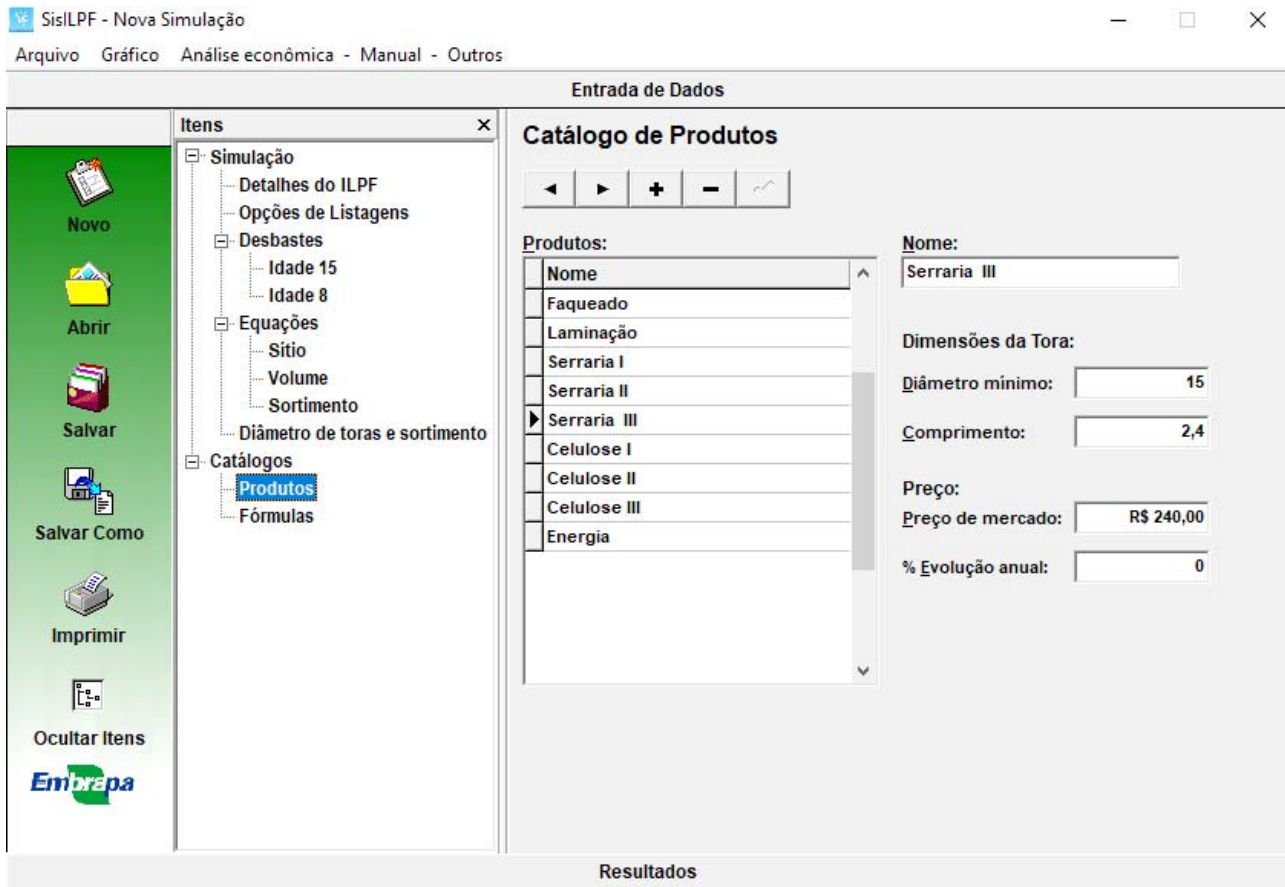


Figura 7. Catálogo com produtos inseridos pelo usuário.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

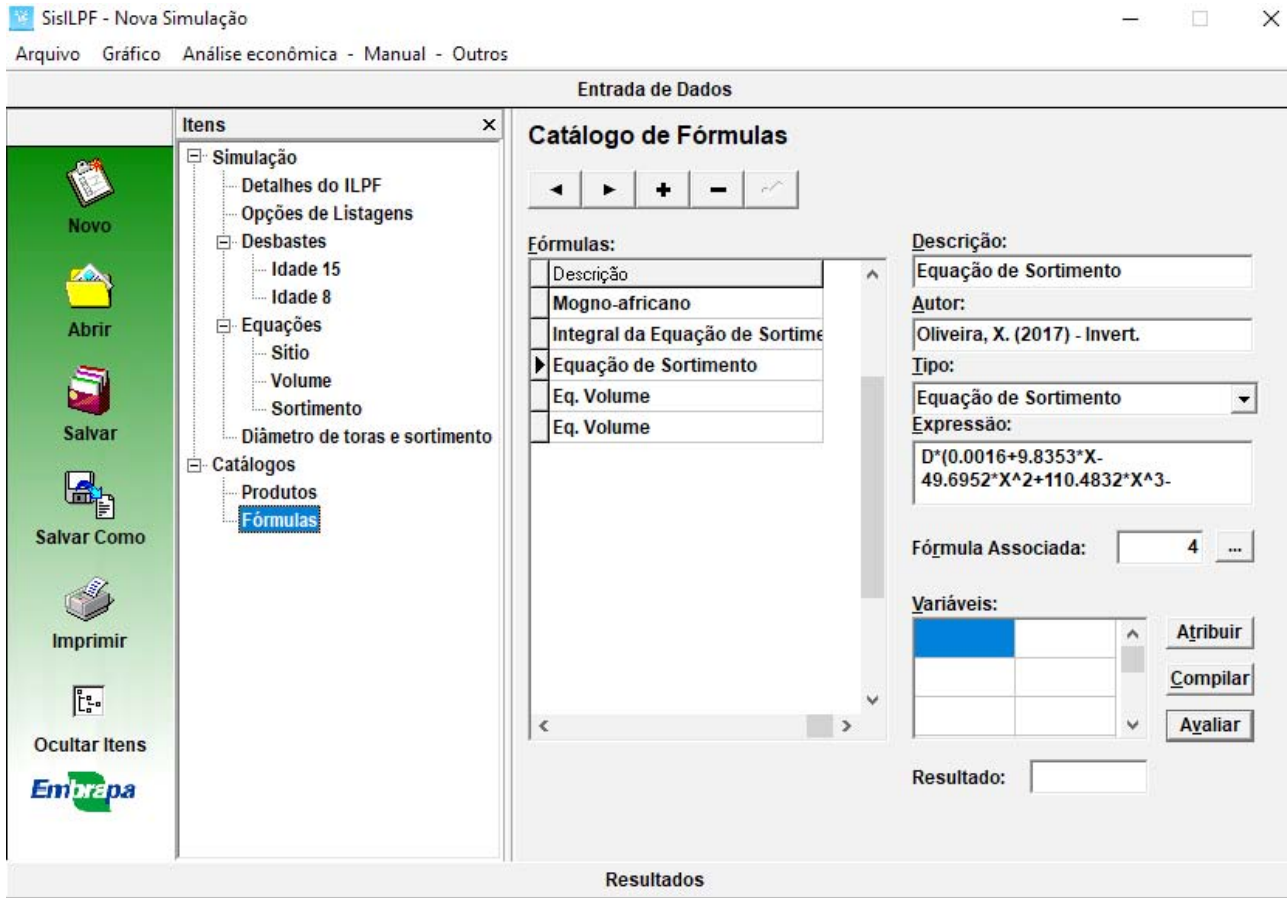


Figura 8. Catálogo para armazenamento de fórmulas que poderão ser utilizadas pelo software.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

Resultados gerados pelo software

A **Figura 9** apresenta o relatório de crescimento e produção emitido pelo processamento das informações do Exemplo 1, mostrando as variáveis referentes ao crescimento e à produção do plantio florestal. Na sequência, a **Figura 10** mostra o sortimento da produção por classes de diâmetro e comprimento de toras.

Todos os resultados são apresentados para a área de um hectare. A área basal é a soma das áreas transversais de todas as árvores, considerando-se os diâmetros à altura do peito (DAP) para os cálculos. O sortimento é apresentado por classes de DAP.

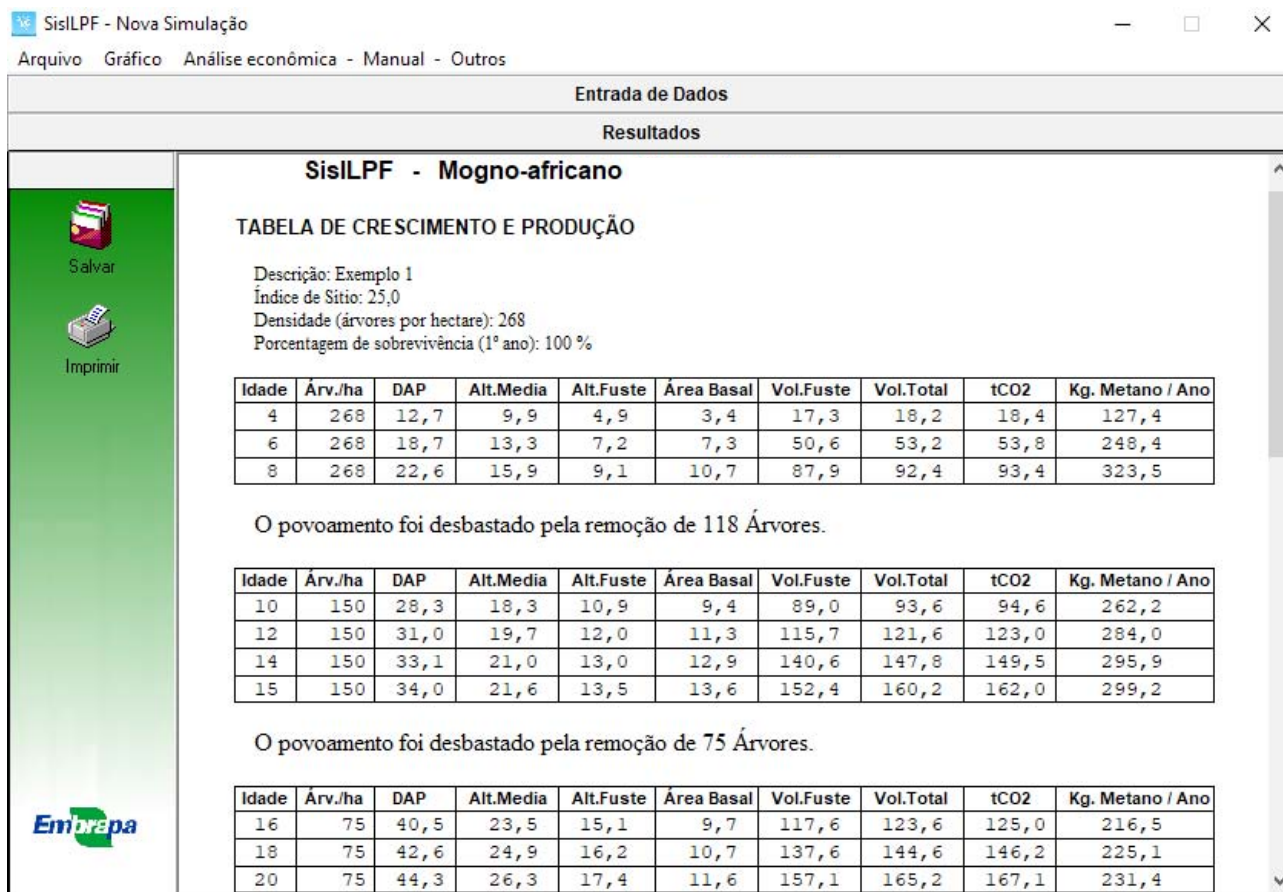


Figura 9. Resultados de crescimento e produção de mogno-africano em ILPF, para o Exemplo 1.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

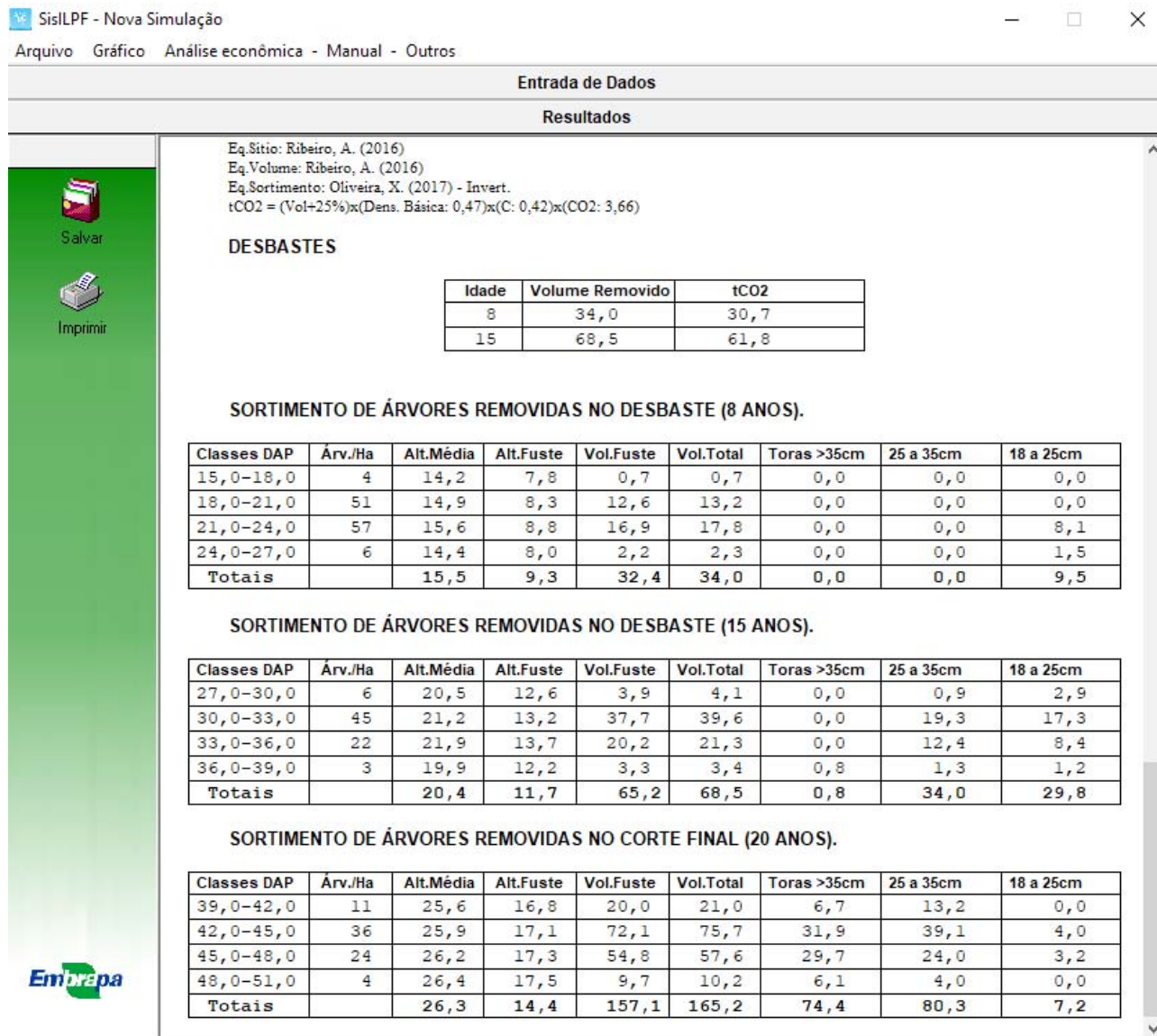


Figura 10. Resultados do sortimento da madeira de mogno-africano em ILPF, para o Exemplo 1.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

Ao clicar no item “Gráfico”, o software apresentará a **Figura 11**, a qual mostra a evolução do volume de madeira e teor de CO₂ do Exemplo 1.

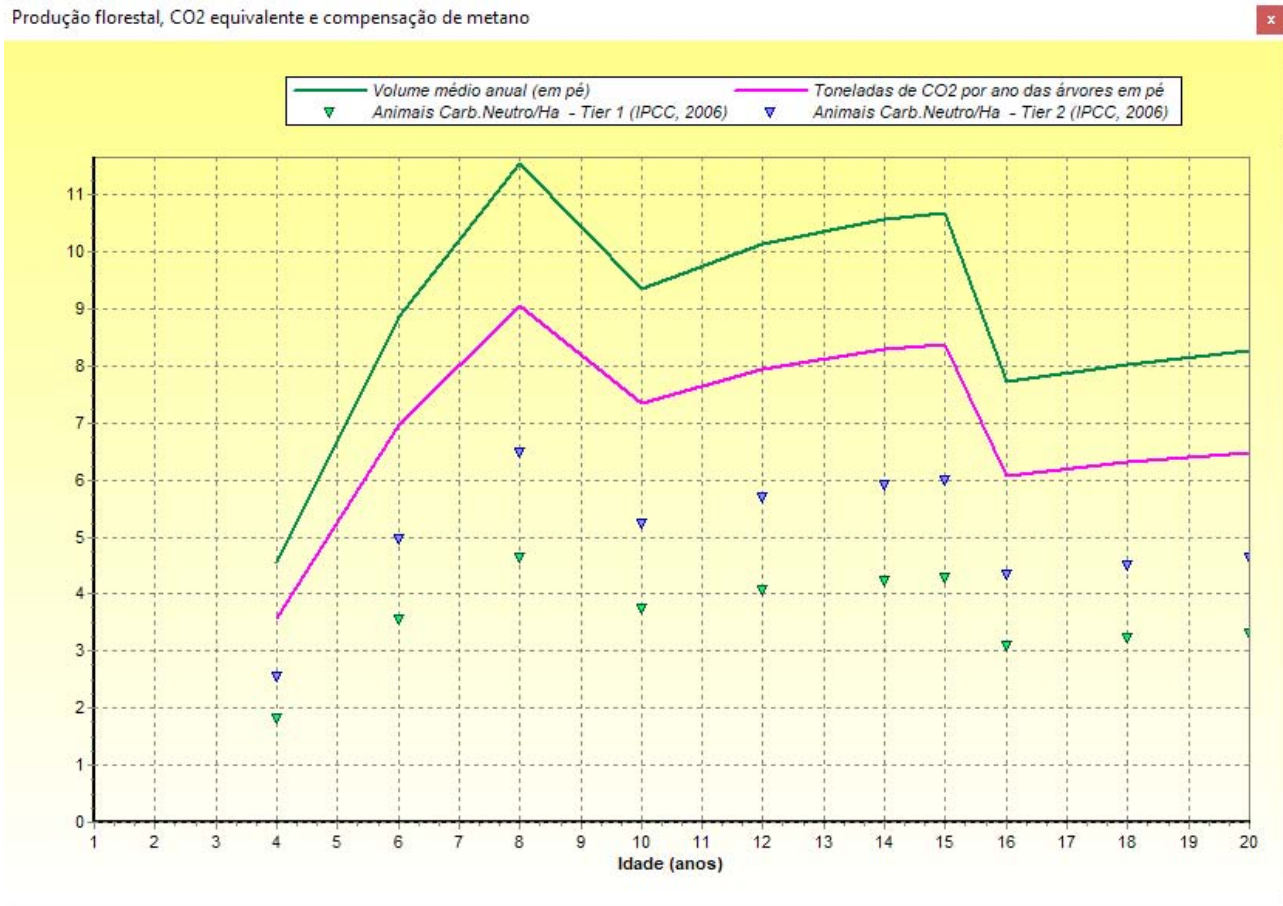


Figura 11. Volume de madeira, CO₂ e número de animais que podem ter carbono compensado pelas árvores do Exemplo 1.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

O gráfico mostra ainda o número de animais que as árvores podem compensar a emissão de metano no ILPF. Conforme Alves et al. (2017), duas metodologias são utilizadas no cálculo destes valores: Tier 1 e Tier 2 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006). O valor de referência para emissões de metano entérico (Tier 1) é fixado para a América Latina em 56,00 Kg CH₄/animal.ano. O Tier 2 para gado consumindo forragem com diferentes digestibilidades

(55,00% a 65,00%) indicam um fator de emissão de metano em torno de 70,00 Kg CH₄/animal.ano.

Uma equação desenvolvida no âmbito da Rede PECUS da Embrapa por Medeiros et al. (2014) é mais recomendável por possibilitar maior confiabilidade com a realidade local. Com sua aplicação, alguns estudos têm mostrado valores médios de 66,00 Kg CH₄/animal.ano, ou seja, intermediários aos dos Tiers 1 e 2 do IPCC. Entretanto, esta equação ainda não está inserida no gráfico.

Software Planin para análise econômica

Os resultados gerados poderão ser analisados economicamente pelo software Planin. Este software é instalado automaticamente junto com o SisILPF-Mogno ou SisMogno e pode ser acessado pelas opções de cabeçalho, nas telas dos mesmos ou pelo ícone de atalho na tela do computador.

O Planin possibilita o cálculo dos parâmetros de avaliação econômico-financeira e a análise de sensibilidade da rentabilidade com diferentes taxas de atratividade. Ele considera os diversos segmentos de custos operacionais de implantação, manutenção e exploração florestal. Como resultado, fornece fluxos de caixa, análise de sensibilidade e critérios de análise econômico-financeira mais utilizados. Além disso, permite que o usuário acompanhe seus custos, emitindo relatórios com gastos anuais (Oliveira, 2011).

A seguir, será apresentada uma aplicação do Planin para análise econômica dos dados gerados pelo Exemplo 1, com valores de custos e preços de madeira fictícios, com finalidade didática. Como o objetivo é apenas mostrar as

funcionalidades do software, uma série de custos não serão considerados. Apenas será analisado um custo de implantação de R\$ 6.000,00, o custo anual de manutenção será R\$ 500,00 e a taxa anual de atratividade 4,00%. Os preços serão considerados para madeira em pé, ou seja, os custos de colheita serão nulos. Os valores adotados serão: R\$ 500,00 para as toras maiores que 35,00 cm, R\$ 250,00 para as toras entre 25,00 cm a 35,00 cm e R\$ 100,00 para as toras entre 18,00 cm a 25,00 cm. Os produtos com diâmetros menores que 18,00 cm não serão considerados na análise. Este conjunto de informações será denominado de Exemplo 2. A **Figura 12** mostra a tela com informações sobre produção na colheita final (20 anos) e preços considerados por tipos de toras (produtos).

The screenshot shows the 'Planin - Novo Projeto' application window. The title bar includes the application name and standard window controls. Below the title bar is a menu bar with 'Arquivo', 'Visualizar', and 'Ajuda'. The main interface is divided into several sections:

- Itens (Left Sidebar):** A tree view showing the project structure: 'Projeto' (expanded) contains 'Produções' (expanded) with sub-items 'Desbaste aos 8 anos', 'Desbaste aos 15 anos', and 'Corte Final aos 20 anos' (highlighted in blue); and 'Catálogos de opções' (expanded) with sub-items 'Produtos' and 'Custos'. Below the tree are icons for 'Novo', 'Abrir', 'Salvar', 'Salvar Como', 'Imprimir', and 'Ocultar Itens', along with the 'Embrapa' logo.
- Produção (Main Panel):** Contains a section for 'Produção' with input fields for 'Idade' (set to 20) and 'Origem' (set to 'Corte Final'). Below this is a 'Produtos' section with navigation buttons (back, forward, add, subtract, refresh) and a 'Catálogo...' button.
- Produtos Table:** A table with the following data:

| Produtos | Volume | Preço |
|-----------------|--------|--------------|
| Toras 18 a 25cm | 7,2 | R\$ 200,00 |
| Toras 25 a 35cm | 80,3 | R\$ 500,00 |
| Toras > 35cm | 74,4 | R\$ 1.000,00 |
- Resultado (Bottom Panel):** A section labeled 'Resultado' containing the text 'Relatório de Custos'.

Figura 12. Detalhes de produção e preços fictícios considerados por tipos de toras de mogno-africano.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

Na **Figura 13** é apresentado o fluxo de receitas e custos para o Exemplo 2. Na terceira e na quarta colunas são apresentados os valores considerando a taxa anual de atratividade de 4,00%. O Planin gera, ainda, uma tabela com os custos anuais, por atividade. Na **Figura 14** são apresentados os parâmetros para análise econômica.

Planin - Novo Projeto

Arquivo Visualizar Ajuda

Plano

Resultado

Fluxo de Receitas e Custos para Colheita Final aos 20 anos.

| Ano | Receitas (\$) | Custos (\$) | Receita Presente (\$) | Custo Presente (\$) |
|-----|---------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| 0 | 0,00 | 6.000,00 | 0,00 | 6.000,00 |
| 1 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 961,54 |
| 2 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 924,56 |
| 3 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 889,00 |
| 4 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 854,80 |
| 5 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 821,93 |
| 6 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 790,31 |
| 7 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 759,92 |
| 8 | 1.900,00 | 1.000,00 | 1.388,31 | 730,69 |
| 9 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 702,59 |
| 10 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 675,56 |
| 11 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 649,58 |
| 12 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 624,60 |
| 13 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 600,57 |
| 14 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 577,48 |
| 15 | 23.760,00 | 1.000,00 | 13.193,08 | 555,26 |
| 16 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 533,91 |
| 17 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 513,37 |
| 18 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 493,63 |
| 19 | 0,00 | 1.000,00 | 0,00 | 474,64 |
| 20 | 115.990,00 | 1.000,00 | 52.936,32 | 456,39 |

Relatório de Custos

Figura 13. Tabela gerada mostrando o fluxo de receitas e custos para o Exemplo 2.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

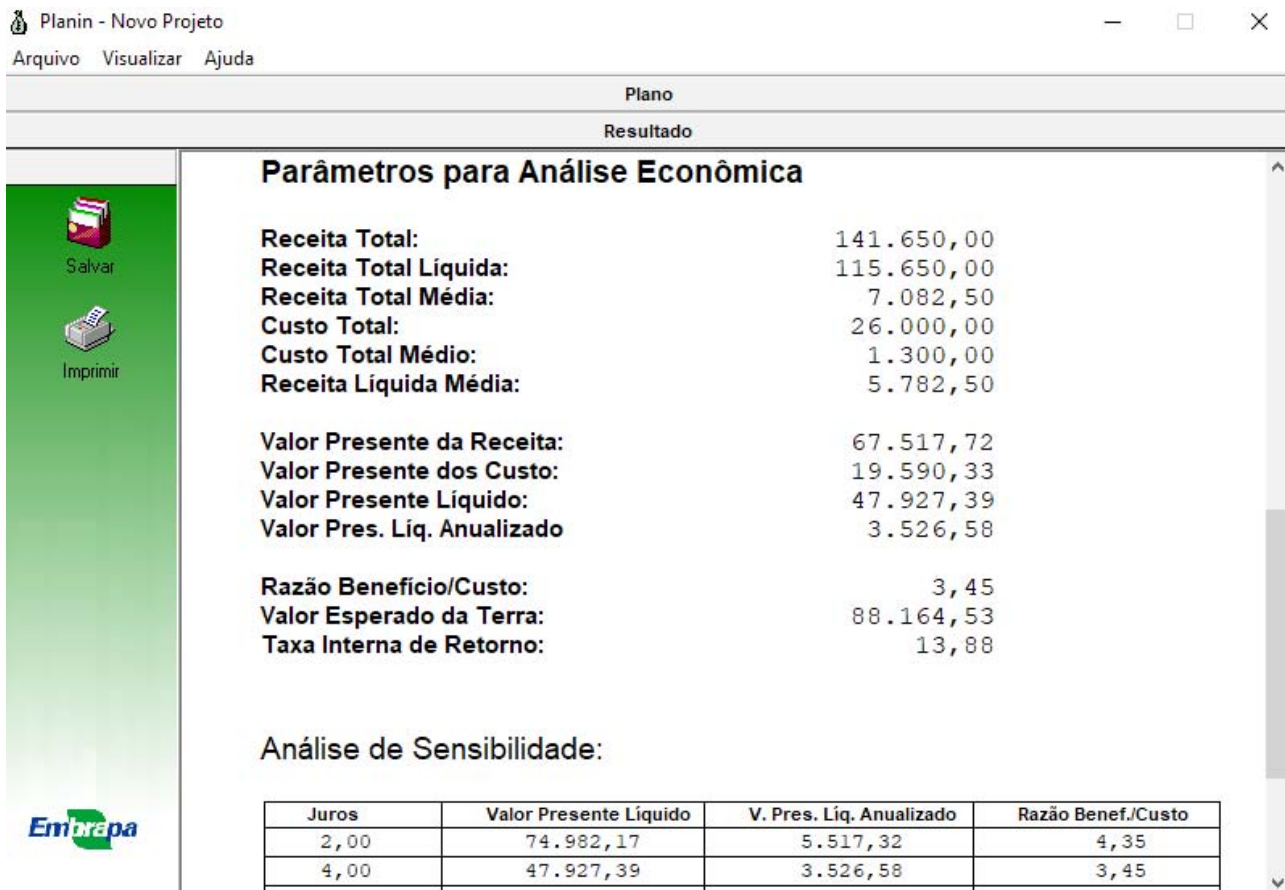


Figura 14. Parâmetros para análise econômica para o Exemplo 2.

Crédito: Edilson Batista de Oliveira.

Considerações finais

Nas descrições apresentadas neste trabalho, apenas algumas telas são mostradas com as funcionalidades principais dos softwares. Descrições completas, com detalhes operacionais e mostrando os softwares, passo a passo, são encontradas nos manuais, vídeos e publicações técnicas que acompanham os mesmos.

Os softwares estão disponíveis para download gratuito no site da Embrapa Florestas: www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/software-florestais

Referências

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. **Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 52 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/388796/1/Oriental_Doc4.pdf>. Acesso: 23 abr. 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.** Kanagawa: IGES, 2006. 20 p. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

MAYRINCK, R. C. **Funções de densidade e probabilidade e método de predição de parâmetros para povoamentos de *Khaya ivorensis* no Brasil.** 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

MEDEIROS, S. R.; BARIONI, L. G.; BERNDT, A.; FREUA, M. C.; ALBERTINI, T. Z.; COSTA JUNIOR, C.; FELTRIN, G. Modeling enteric methane emission from beef cattle in Brazil: a proposed equation performed by principal component analysis and mixed modeling multiple regression. In: LIVESTOCK, CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY CONFERENCE, 2014, Madri. **Proceedings...** Madri: Livestock, Climate Change and Food Security, 2014. p. 37.

OLIVEIRA, E. B. **Softwares para manejo e análise econômica de plantações florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 68 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 216). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/898050/1/Doc216.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

OLIVEIRA, X. M. **Equações volumétricas e de afilamento para mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) nos estados de Minas Gerais e Pará, Brasil**. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MEDRADO, M. J. S. **Planejamento do número de árvores na composição de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 219). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/315896/1/comtec219.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

RIBEIRO, A. **African mahogany plantations: modeling growth and yield in Brazil**. 2017. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; TÓME, M.; SCOLFORO, J. R. S. Site quality curves for African mahogany plantations in Brazil. **Cerne**, v. 22, n. 4, p. 439-448, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201622042185>.

12

Propriedades da madeira
do mogno-africano
(*Khaya* spp.)

João Gabriel Missia da Silva

Graziela Baptista Vidaurre

Introdução

Os plantios de mogno-africano foram intensificados na última década no Brasil, mas os estudos científicos das propriedades da sua madeira ainda são escassos. As informações publicadas sobre as propriedades da madeira colhida no País se encontram dispersas, o que dificulta a tomada de decisão por parte do produtor sobre como a plantação deve ser conduzida e, no momento após a colheita, o ajuste das operações de beneficiamento e os potenciais usos da sua madeira.

O objetivo do estudo das propriedades da madeira é oferecer subsídios para a silvicultura e o manejo das espécies, o melhoramento genético e a indústria da madeira, buscando a flexibilidade, a agilidade e o maior aproveitamento nos processos de beneficiamento, de incremento de competitividade e da melhor relação custo-benefício (Silva, 2002). Contudo, no Brasil, apenas um pequeno número de espécies florestais, principalmente, aquelas pertencentes aos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, possui volume considerável de estudos científicos a respeito das propriedades e da qualidade da madeira (Zenid, 2009).

A idade jovem das plantações comerciais brasileiras é uma justificativa da escassez de informações das propriedades da madeira do mogno-africano. Isto dificulta a predição ou a definição da qualidade da madeira em idade mais avançada, ou seja, no momento do corte raso das florestas. Além disso, uma parcela considerável das publicações sobre as propriedades da madeira de mogno-africano no Brasil em idade mais avançada, são de árvores provenientes de plantações experimentais ou de áreas com número restrito de indivíduos. Portanto, na atualidade, há demanda por estudos de caracterização da madeira proveniente de florestas em idade de desbaste, todavia, ainda jovens.

Neste cenário, há necessidade de reunir e discutir as informações da madeira de mogno-africano de origem nativa e plantada em diferentes regiões

do Brasil e de outros países. A sintetização dessas informações é importante para aumentar e aprimorar o conhecimento da qualidade da madeira dessas espécies tão divulgadas e comentadas atualmente.

Como em outras espécies florestais, a variabilidade das propriedades da madeira também ocorre ao mogno-africano. Essa variabilidade está diretamente relacionada à espécie, ao material genético, à idade e/ou ao local de plantio (uma síntese do clima, solo e relevo). Adiciona-se as alterações que podem ocorrer devido ao espaçamento de plantio; a existência ou não de consórcios, de desbastes, de desramas ou podas, de adubação e de irrigação, denominados fatores “externos” de variabilidade da madeira. Como fatores “internos”, menciona-se a variabilidade genética entre árvores da mesma espécie (material seminal) e, também, a variabilidade que ocorre na madeira das mesmas, ao longo da sua altura e diâmetro. Comum à sua complexidade, os fatores “externos” e “internos” atuam conjuntamente na formação da madeira.

Uma vez que ocorre a variabilidade da madeira, é importante considerar todos esses fatores na seleção e na amostragem das árvores para que se possa realizar as análises das suas propriedades, seja na colheita em idade de desbaste ou de corte final, no beneficiamento e na utilização. A amostragem precisa ser compreendida e considerada pelos produtores, pesquisadores e por aqueles que realizam o beneficiamento e a comercialização do produto dessa madeira. No entanto, o fato da variabilidade existir não significa que a madeira não possua qualidade, mas, que ela deve ser beneficiada por técnicas flexíveis e adequadas a cada situação e direcionada à utilização mais apropriada.

Logo, o planejamento e o registro histórico das atividades realizadas ao longo do desenvolvimento da floresta são extremamente importantes para explicar as possíveis alterações das propriedades da madeira, sejam elas positivas ou negativas. O planejamento e o arquivo dessas informações também são

importantes para o processo de certificação florestal. Assim, o produtor deve registrar as decisões tomadas e o momento em que elas foram colocadas em prática. Maiores detalhes sobre isso podem ser observados no **Tabela 1**.

Tabela 1. Lista de informações importantes para avaliação da qualidade da madeira.

| Ações | Informações a serem registradas |
|-----------------------|---|
| Realização do plantio | <p>Local (tamanho, formato, declividade e altitude), mapa e coordenadas geográficas; análise e preparo do solo; procedência da semente ou do clone; data do plantio; adubação e irrigação inicial e espaçamento (s).</p> <p>No caso de procedências ou materiais genéticos diferentes, demarcar e identificar os talhões.</p> |
| Condução da floresta | <p>Irigada ou em sequeiro; adubações; podas; desbastes; aplicações de defensivos e controles de pragas. Registrar as datas, as técnicas e as intensidades dessas atividades.</p> <p>Armazenar os dados climáticos do local da plantação, se possível.</p> <p>Ocorrência de danos causados por pragas, ventos, incêndios e pela colheita em idade de desbaste, bem como a descrição da recuperação das lesões.</p> <p>Compor um histórico fotográfico de todas as atividades e do crescimento da floresta.</p> |
| Consórcio | <p>Anotar todas as informações já mencionadas anteriormente, sendo importante também considerar as informações dos componentes não arbóreos do sistema e a implantação de parcelas puras dos componentes.</p> <p>Exemplo: Consórcio do mogno-africano com café - é importante ter as parcelas consorciadas e, também, as puras ou “solteiras” de café e de mogno-africano para controle e comparação da produção, o que poderá ser feito com a instalação de pequenas parcelas experimentais na área.</p> |
| Inventário florestal | <p>Crescimento e produção anual dos talhões. Dados do crescimento são importantes para entender características de formação e de qualidade da madeira.</p> |

Amostragem

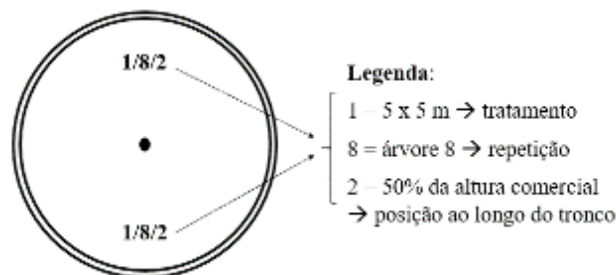
Para avaliação das propriedades da madeira e interpretação concisa dos resultados, todas as informações anteriores serão necessárias. A amostragem poderá ser realizada pelo produtor, considerando os tópicos a seguir, mas deve haver o direcionamento de um profissional habilitado antes da coleta.

Seleção e número de árvores: Selecionar pelo diâmetro à altura do peito médio ou por classes diamétricas do talhão e/ou do material genético a ser avaliado; desconsiderar as árvores tortas, bifurcadas ou com defeitos que não ocorrem comumente, e as que cresceram próximo às clareiras e às bordaduras da plantação; coletar, no mínimo, cinco árvores, distanciadas ao longo do talhão.

Tipo de amostra: Baguetas, discos, toras e/ou peças serradas. O tipo de amostra depende dos objetivos e das análises. No caso de baguetas é utilizado um método não destrutivo, sem necessidade do corte, mas que demanda equipamentos específicos. A árvore em pé é considerada amostra, quando se utiliza algumas técnicas não destrutivas. Para peças serradas, é necessário a identificação de qual posição do diâmetro e da altura da árvore em que as amostras foram retiradas.

Pontos de amostragem: Altura do diâmetro à altura do peito (1,30 m do solo) para técnicas não destrutivas e, no caso de amostragem destrutiva e completa, retirar discos em proporções da altura comercial e toras entre elas, ou apenas discos. Como exemplo, cita-se a amostragem na base, em 50,00% e 100,00% da altura comercial ou topo do fuste.

Identificação: Cada amostra deve receber uma codificação para identificação dos nomes dos materiais genéticos, dos espaçamentos ou de outro tratamento a ser avaliado; o número da árvore e os pontos de amostragem ao longo do tronco. Recomenda-se a utilização de marcador permanente industrial. Exemplo:



A madeira do mogno-africano: o gênero *Khaya*

O gênero *Khaya* é representado por árvores, em geral, de elevado porte, nativas da África continental e endêmicas de Camarões e Madagascar. Compreende as espécies *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *Khaya ivorensis*, *K. madagascariensis*, *K. nyasica* e *K. senegalensis*, todas conhecidas sob a designação de mogno-africano, importantes produtoras de madeira comercial (Pinheiro et al., 2011).

A madeira de mogno-africano tem importante uso comercial, motivado pelas suas propriedades tecnológicas (resistência mecânica e estabilidade dimensional); aspecto estético, como cor, figuras e textura; boa trabalhabilidade e acabamento e, pelo comportamento durante a secagem e a adesão. Nesses tópicos também se insere a valorização e a notoriedade que a madeira do gênero *Khaya*, principalmente de origem natural, possui no mercado internacional. A madeira é usada em movelaria de alto valor agregado, peças de *design*, arquitetura de interiores (molduras e revestimentos), produção de lâminas, instrumentos musicais, indústria de armas e de materiais esportivos e, também, na construção naval (Falesi; Baena, 1999; Nikiema; Pasternak, 2008).

Atualmente, a madeira de mogno-africano de plantios comerciais da região Norte do Brasil, com idade mais avançada (18 a 20 anos), tem sido utilizada na produção de móveis e utilitários domésticos em maior escala, instrumentos musicais, peças de *design* e na arquitetura de interiores. A madeira mais jovem, ou seja, em idade de desbaste (7 a 8 anos), a exemplo da colhida no Estado de Minas Gerais, tem sido utilizada na produção de componentes da estrutura de móveis, revestimentos internos, *decks* e painéis sólidos colados. Os nichos de mercado como pequenos objetos de madeira, bioarte e *biodesign* podem ser alternativas para uso da madeira em idade de desbaste, para toras tortuosas

e para o lenho dos galhos das árvores. As utilizações da madeira seguem as tendências e as demandas dos mercados consumidores e, também, da sua viabilidade econômica.

Como características gerais da madeira de algumas espécies de mogno-africano, pode-se citar que a madeira da *K. ivorensis* é macia ao corte, leve e estável dimensionalmente, com aspecto estético atrativo, possui bom comportamento na secagem ao ar. Porém, o lenho de reação, os desvios da grã e a associação das tensões de crescimento e de secagem podem culminar em defeitos. Já a madeira da *K. senegalensis* apresenta densidade mediana, boa trabalhabilidade, grã reta e irregular, aspecto estético atrativo, textura moderadamente grosseira, sendo mais pesada e instável dimensionalmente que a da *K. ivorensis*. Ressalta-se que essas características podem ser intensificadas ou suavizadas mediante a variabilidade da madeira.

Os preços da madeira serrada e de toras de origem natural exportada por Gana e países da África Ocidental, conforme dados da *International Tropical Timber Organization* no período de janeiro a agosto de 2018, são ilustrados na Figura 1 (ITTO, 2018). Para a madeira serrada de *K. ivorensis*, classificada como de primeira e segunda classe de qualidade (first and second - FAS) e seca em estufa, houve uma maior variação dos preços no período, em relação à madeira seca ao ar, sendo a média de € 1,037.00 por m³. Neste mesmo período, pouca alteração foi registrada no preço das toras de *Khaya* spp. exportadas por países da África Ocidental para o mercado asiático, com média de € 259,70 por m³. É importante mencionar que os preços de mercado da madeira de *Khaya* oriunda de plantações comerciais no Brasil ainda são especulados (Ribeiro et al., 2017).

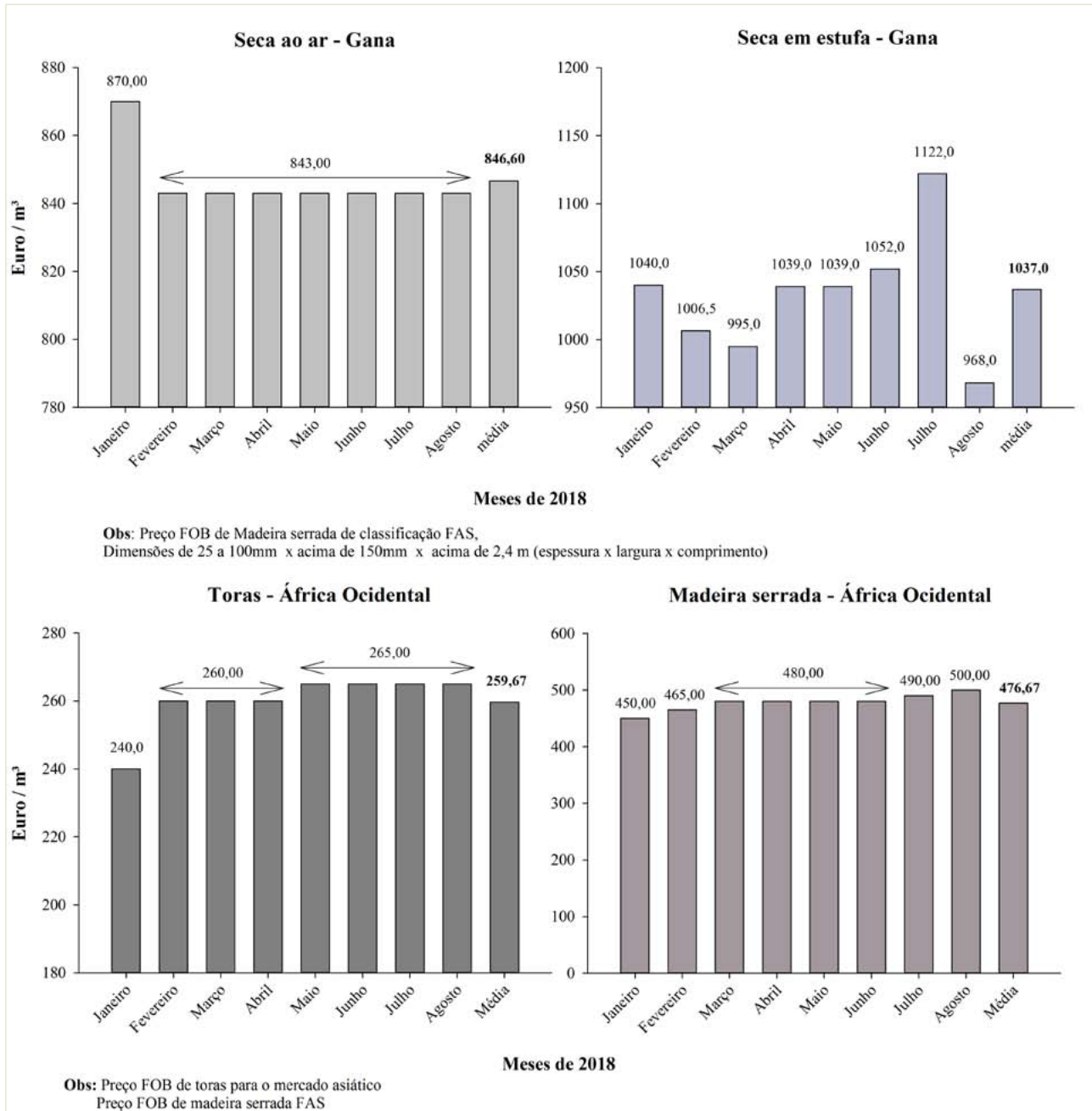


Figura 1. Preço do metro cúbico de toras e madeira serrada de *Khaya* de origem natural, exportada por Gana e África Ocidental. Preço FOB: free on board, o comprador assume todos os riscos e custos logísticos; categoria FAS: first and second, madeira de primeira e segunda classe.

Fonte: Adaptado de ITTO (2018).

Índices de qualidade de toras de mogno-africano

Como índices de qualidade de toras comumente são avaliados o seu formato (retidão, tortuosidade e achatamento), a conicidade, as rachaduras de topo e superficiais e o deslocamento da medula. Ainda podem ser adicionados como critérios de qualidade, a proporção de cerne e alburno, o estado de biodeterioração da madeira, os desvios da grã e, até mesmo, a classificação mecânica por rigidez, com o uso de métodos não destrutivos.

As toras comerciais de mogno-africano de origem natural (diâmetro variando de 0,80 m a 1,20 m), geralmente, são retas e cilíndricas, porém, na região da base das árvores podem ser formadas as sapopemas, o que vai depender das características genéticas e edafoclimáticas do local de crescimento. Essas toras não apresentam defeitos específicos, porém podem ocorrer desvios da grã, rachaduras, galerias de insetos xilófagos e cerne quebradiço para toras de grandes diâmetros (Acajou D'Afrique, 1979). O cerne quebradiço é um defeito nas proximidades da medula, região de elevada porcentagem de células de parênquima (parede fina) e fibras curtas do lenho juvenil, que forma madeira de cor mais clara que a do cerne e, normalmente, de baixa densidade e resistência mecânica (Silva, 2008).

As toras de mogno-africano são flutuantes (Acajou D'Afrique, 1979), o que pode ser uma vantagem para o transporte fluvial ou armazenamento em água. Contudo, essas condições para o mogno-africano plantado no Brasil demandam uma avaliação operacional (de qualidade da madeira exposta), econômica e ambiental.

No estado verde, o peso das toras com casca de *K. ivorensis* de origem natural, com diâmetro acima de 0,80 m e, provavelmente, idade avançada, varia de 650,00 Kg a 750,00 Kg por m³ (Acajou D'Afrique, 1979). Informações práticas como essas são importantes para o planejamento logístico e da colheita e, também, para arranjos estruturais nas linhas de produção.

Antes de abordar diretamente os índices de qualidade de toras em números, é importante descrever termos fundamentais para entender como surgem os defeitos de maior impacto econômico. Assim, mencionam-se as tensões de crescimento, que são o resultado da ação de forças internas (compressão e tração) que atuam sobre os tecidos das árvores, de forma a mantê-las íntegras, eretas e resistentes à ação de forças externas e laterais, como o vento (Lima et al., 2004). As tensões de crescimento funcionam como a estrutura de aço em colunas de concreto. O desequilíbrio das tensões pode ocasionar a formação de rachaduras, tanto nas toras quanto na madeira serrada e surgir após o corte das árvores ou durante o desdobro (Vital, 2008). O cerne quebradiço, mencionado anteriormente, é derivado de forças de compressão das tensões de crescimento na região próxima à medula da árvore (Silva, 2008).

Com as árvores ainda em pé, de maneira não destrutiva e pelo método do extensômetro, é possível realizar a avaliação e a seleção de materiais genéticos ou procedências de mogno-africano com baixos níveis de tensões de crescimento, ao mensurar a deformação residual longitudinal pelo rompimento das fibras da madeira, na camada mais próxima a casca (**Figura 2**).



Figura 2. Mensuração da deformação residual longitudinal pelo método do extensômetro.

Baixos índices de deformação residual longitudinal (média de 0,08 mm) foram observados para árvores de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, aos 19 anos de idade, colhidas em plantação experimental em Linhares, ES (Silva et al., 2016a).

Este mesmo material foi avaliado por Almeida et al. (2017), que perceberam a redução média de 37,42% da deformação residual longitudinal mensurada com árvore em pé (altura do diâmetro à altura do peito – 1,30 m do solo) para a observada na tora (25,00% da altura comercial), o que foi associado à liberação parcial das tensões de crescimento logo após o corte das árvores. Na avaliação do fuste após o corte, foram percebidos maiores valores de deformação residual longitudinal na posição de 50,00% em comparação a 25,00% da altura comercial, o que contribuiu para diferentes níveis de deformação nas extremidades de uma mesma tora.

O aumento dos valores de deformação residual longitudinal resulta em incremento nos índices de rachaduras de topo de toras, uma vez que a correlação entre estas variáveis é positiva para *K. ivorensis* e *K. senegalensis* (Silva et al., 2016a). A seleção de procedências e materiais genéticos de mogno-africano com baixos índices de deformação residual longitudinal contribui para maior aproveitamento das toras na serraria, devido à menor área da seção transversal ocupada pelas rachaduras.

Como mencionado, um dos principais fatores a influenciar o rendimento em madeira serrada nas serrarias brasileiras é a ocorrência de rachaduras, principalmente para espécies folhosas, como o mogno-africano (Lima et al., 2013). A maioria das rachaduras de topo das toras ocorrem em uma semana após o corte da árvore, porém, rachaduras adicionais podem ocorrer durante o desdobro e com o prolongamento do período de estocagem (Hills; Brown, 1984).

Assim como a deformação residual longitudinal, a medição das rachaduras de topo de toras é um método indireto de avaliação das tensões de crescimento (**Figura 3**) (Lima et al., 2002). Logo, altos níveis de rachaduras de topo podem reduzir o aproveitamento das toras e indicar que mais problemas relacionados à liberação das tensões podem ser encontrados durante o beneficiamento e a utilização da madeira (Armstrong et al., 2007).

Foto: João Gabriel Missia da Silva

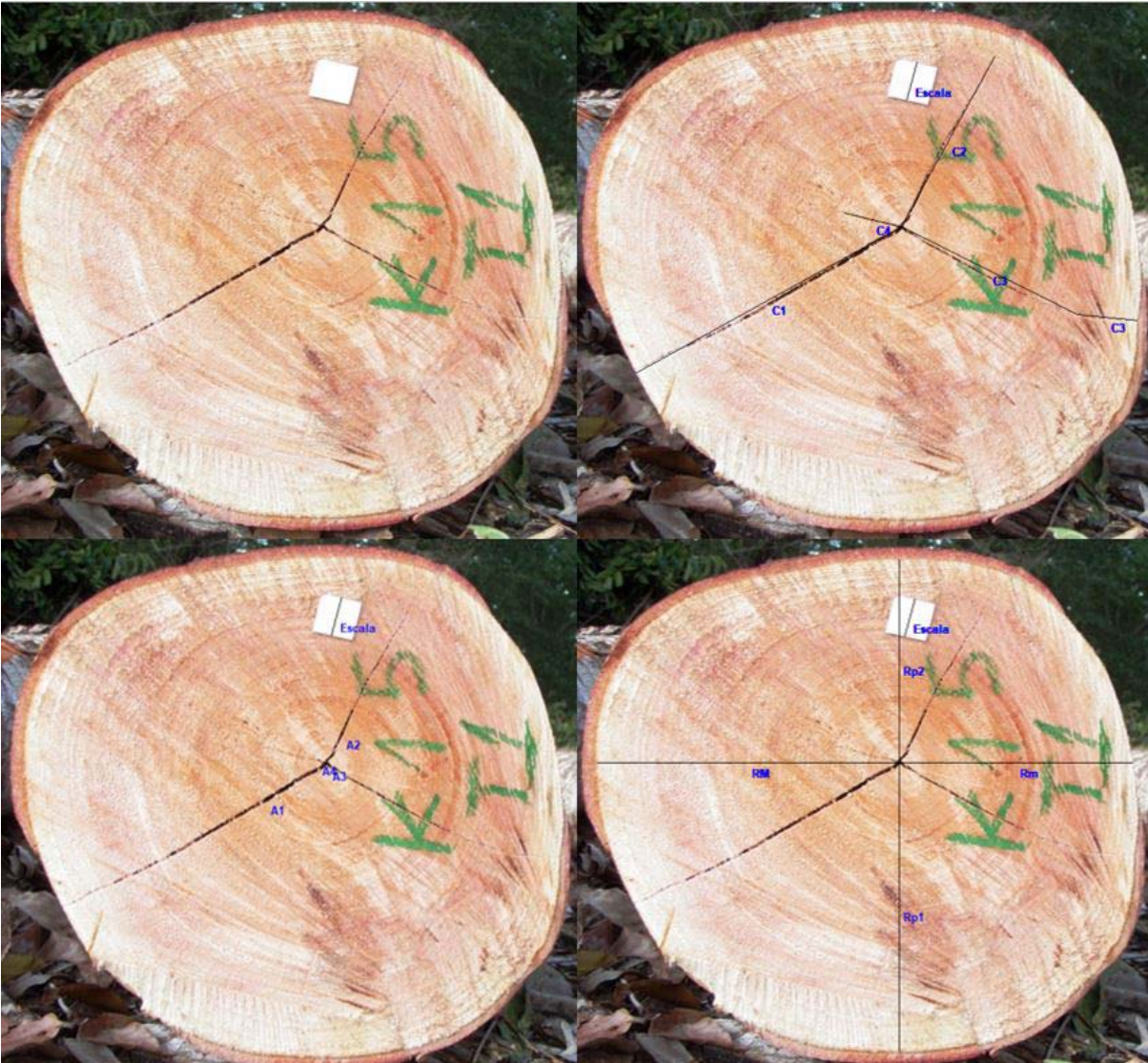


Figura 3. Metodologia de mensuração por imagem das dimensões (C e A) das rachaduras de topo e do deslocamento de medula (R) em toras de *Khaya ivorensis*, aos 19 anos de idade.

As toras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* (19 anos) não apresentaram diferença significativa entre si quanto ao índice de rachaduras de topo mensurado logo após o corte. Contudo, em valores absolutos, o maior comprimento e a área deste defeito foi registrado em toras de *K. ivorensis*. Os índices de rachaduras de 0,20% e 0,05% avaliados em toras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, em ordem, não foram severos, sendo consideravelmente inferiores aos observados para toras do gênero *Eucalyptus* (Silva et al., 2016a). A classe diamétrica também tem efeito no índice de rachaduras, pois toras de maior diâmetro de *K. senegalensis* racharam menos que toras mais finas, um ótimo e almejado predicado para a produção de madeira serrada, tendo em vista que as toras de classe diamétrica superior são mais valiosas e ofertam maior aproveitamento em madeira serrada.

Com o prolongamento do período de estocagem, as rachaduras de topo das toras aumentam pela associação entre as tensões de crescimento e de secagem. Logo, ocorre um aumento na abertura das rachaduras e, também, no seu comprimento, principalmente daquelas que, no momento após o corte da árvore, ainda não alcançaram a região da casca e surgem também novas rachaduras que se iniciam a partir da medula ou de outros pontos da seção transversal da tora (**Figura 4**). O ajuste do intervalo entre a colheita e o desdobro no menor tempo possível contribui para a redução significativa desse defeito nas toras.

As pequenas aberturas e profundidades das rachaduras de toras de mogno-africano são características importantes a serem observadas. Na maioria dos casos, as rachaduras não são longas ao ponto de atingir o comprimento total do raio (da medula até a casca) e ficam compreendidas em regiões mais próximas à medula. Essa região próxima à medula forma uma madeira, normalmente, de baixa densidade e resistência mecânica, característica do lenho juvenil, que possui uma classificação inferior, sendo direcionada a usos compatíveis a essas características. Como as rachaduras das toras de mogno-africano não são profundas, as operações de destopos das toras ou das peças serradas podem

eliminar esses danos. Todavia, essas operações originam custos que podem ser reduzidos pela qualidade e pela padronização da matéria-prima.

As toras de *K. senegalensis*, aos 32 anos de idade, provenientes de dois locais de plantio na Austrália (Gunn Point e Howard Springs), apresentaram média de 4,27 para índice de rachaduras de topo, sendo utilizado o método de atribuição de notas (ou pesos) de acordo com a dimensão da rachadura em relação ao raio da tora e ao somatório das mesmas. Este valor é relativamente baixo quando comparado aos determinados em toras de eucalipto, que podem variar de 10,00 a 16,00 (Armstrong et al., 2007).

Os agrupamentos das toras por procedências das sementes de *K. senegalensis* indicaram uma variação significativa nos níveis das tensões de crescimento dentro das árvores, tendo por base o índice de rachaduras de topo (**Figura 5 A**).

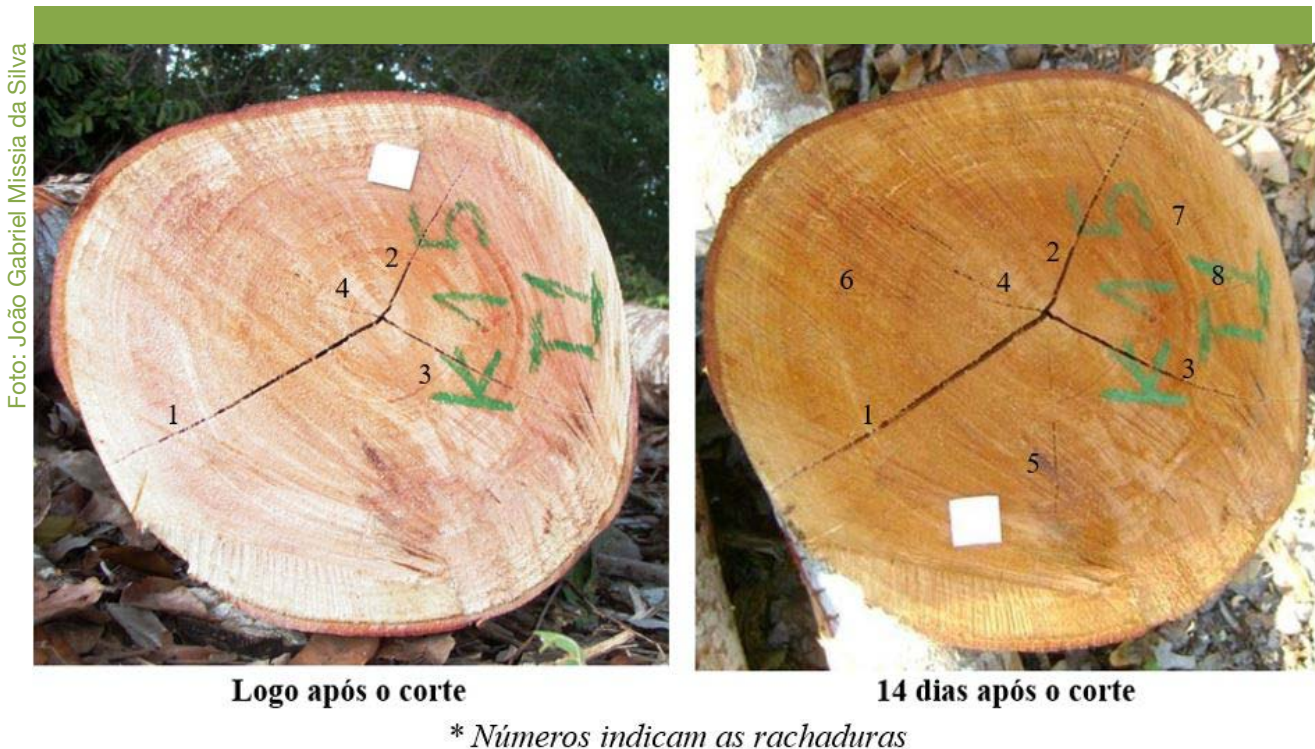


Figura 4. Evolução das rachaduras de topo de toras de *Khaya ivorensis* (19 anos de idade), com período de armazenamento e exemplo de tora com índice máximo de rachaduras.

As toras de árvores de *K. senegalensis* originárias de árvores cujas sementes foram provenientes do Togo e Sudão foram as que menos racharam, enquanto que duas procedências do Senegal apresentaram os maiores índices de rachadura, mas, ainda inferior a nota 10,00, comumente observada para toras de eucalipto. Foi também observada a tendência de procedências diferentes (Nigéria e Senegal) apresentarem índices semelhantes quanto às rachaduras das toras. A variabilidade das rachaduras de topo das toras de *K. senegalensis* pode ser explicada pelas particularidades genéticas de cada material seminal à ocorrência desse defeito.

O deslocamento da medula, que considera a diferença entre o valor do raio máximo (maior distância) e do raio médio (média de quatro distâncias) entre a medula e a região próxima à casca, em toras de mogno-africano, pode contribuir com o empenamento e com o maior índice de desclassificação das peças serradas (**Figura 3**). Isso porque a medula fora do centro ou do eixo da tora libera as tensões de crescimento de forma desequilibrada. O desvio da medula em relação ao eixo geométrico da tora, geralmente, indica que as árvores cresceram em condições de inclinação, seja pela declividade do terreno, ação de ventos, arquitetura ou movimentação da copa e que, conseqüentemente, ocasionou a formação do lenho de reação (Armstrong et al., 2007). Porém, deve-se ressaltar que a existência de árvores com medula centralizada ou cêntrica não significa que haja ausência do lenho de reação.

O lenho de reação é o lenho “anormal”, formado em galhos, árvores tortuosas e inclinadas pelo vento, pela declividade do terreno e/ou sob injúrias (ataque de pragas, incêndios e ferimentos), ao longo do crescimento. A depender da sua proporção, o lenho de reação causa alterações anatômicas, na ultraestrutura da parede celular, químicas e físicas, modificando essas propriedades e a relação funcional existente entre elas.

As toras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, aos 19 anos, não apresentaram diferenças significativas de deslocamento da medula, com médias de 2,17 cm e 1,53 cm, respectivamente. Como as árvores cresceram em local plano, com baixa inclinação do tronco e/ou movimentação da copa pelos ventos e pela competição por radiação solar, ocorreu um crescimento mais simétrico para ambas espécies (Silva et al., 2016a).

A excentricidade considera a porcentagem do deslocamento da medula em relação ao diâmetro da tora. Em toras de *K. senegalensis*, colhidas em plantações australianas, aos 32 anos, foi observada média de 14,80% para excentricidade de medula (**Figura 5 B**). Ao visualizar o topo da tora, a medula estava a 15,00% do comprimento do raio, fora do centro real, um valor considerado alto, pois, acima de 10,00% de excentricidade da medula, as toras adquirem o formato oval (Armstrong et al., 2007). Pela norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas, as toras de *K. senegalensis* das plantações australianas são de classe de qualidade secundária ($\leq 20,00\%$), enquanto as da *K. ivorensis* e *K. senegalensis* plantadas em Linhares, ES se enquadram na primeira classe quanto à excentricidade de medula ($\leq 10,00\%$) (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984).

A excentricidade de medula em toras de *K. senegalensis* foi variável com a procedência das sementes, assim como ocorreu para as rachaduras de topo (**Figura 5 B**). Em apenas uma procedência, a média de medula excêntrica foi inferior a 10,00%, sendo altos os demais valores desse defeito, até mesmo em materiais que tiveram baixos índices de rachaduras. Todavia, não é perceptível uma tendência de relação entre a excentricidade de medula e as rachaduras de topo.

O gráfico de variabilidade das rachaduras e das excentricidades de medula em toras de mogno-africano por procedência, demonstra o efeito do material genético na proporção de defeitos nas toras dessa espécie. A avaliação dos

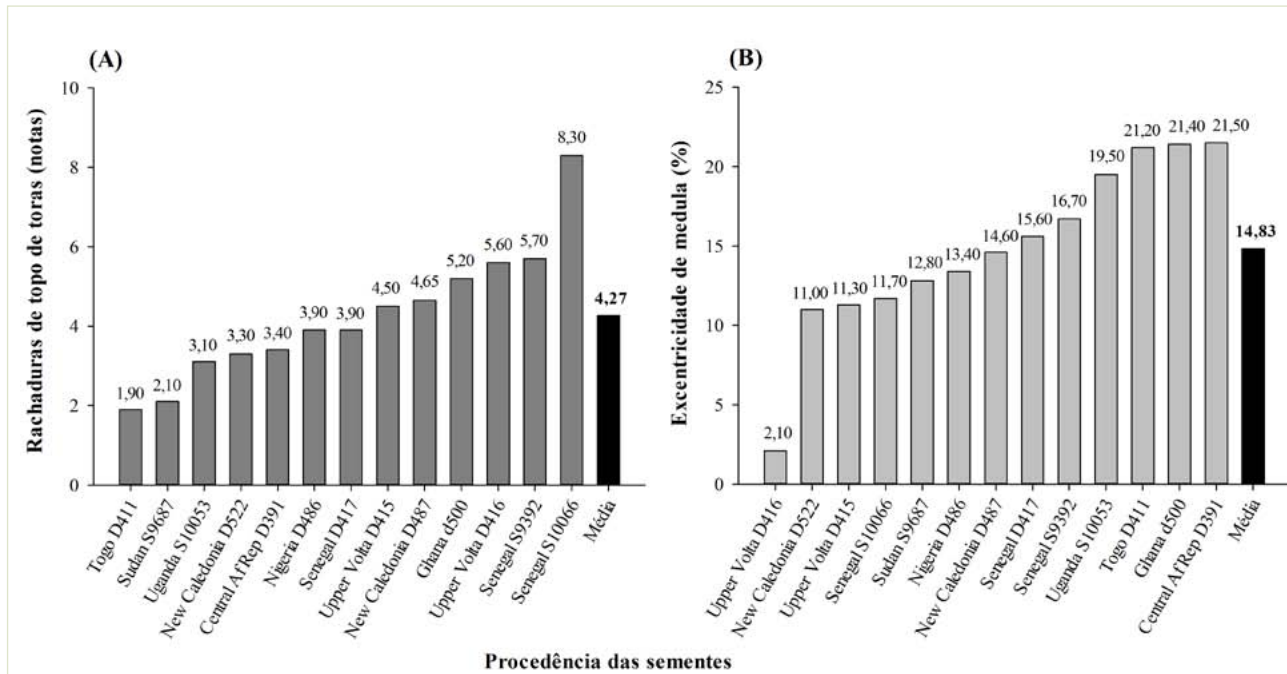


Figura 5. Variações dos índices de rachadura de topo e de excentricidade de medula de toras de *Khaya senegalensis* (32 anos) por procedência das sementes (país de origem e número de identificação do local de coleta da semente).

defeitos das toras e da madeira serrada de mogno-africano por materiais genéticos e ambientes de crescimento são importantes para o desenvolvimento das plantações comerciais no Brasil. Os índices de qualidade poderão ser aprimorados com a seleção adequada de materiais genéticos (seminal ou clonal), de locais de plantio, de manejo silvicultural e de técnicas de processamento.

O fuste das árvores apresenta a tendência de desenvolver o desenho de sua estrutura mecânica para suportar as cargas verticais de seu próprio peso e as cargas horizontais do vento. Assim, na porção basal, forma-se maior volume de madeira para controlar a força de dobramento da árvore, que é máxima perto do solo (Acerbi Júnior et al., 2008). Em virtude da ação dos ventos, do crescimento do fuste e da copa, do nível de competição entre as árvores, da idade e do local de crescimento, alterações no formato do fuste poderão

ocorrer, tendo efeito direto na circularidade, tortuosidade e conicidade e, conseqüentemente, nas dimensões comerciais das toras e no rendimento em madeira serrada. As características genéticas do material também influenciam no seu desenvolvimento e na forma de fuste.

As indústrias de madeira serrada e de laminação almejam toras mais cilíndricas e retas, com diâmetros semelhantes ao longo do seu comprimento e na seção transversal, medulas pequenas, intactas e centralizadas, maior proporção e distribuição uniforme dos cernes, além de baixos índices de rachaduras e de nós. Estas características contribuem para um maior aproveitamento em madeira serrada ou de lâminas e, conseqüentemente, para o desempenho operacional.

Uma variável de fácil mensuração e que permite uma boa informação da circularidade das toras é o índice de achatamento. O achatamento é caracterizado pela presença de diâmetros diferentes na mesma seção de uma tora e é mensurado pela razão do menor e do maior diâmetro nas duas extremidades da tora (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984). Toras com índices de achatamento próximos de 100,00% são de classe superior de qualidade, o que significa diâmetros semelhantes no mesmo topo, ótima circularidade e maiores aproveitamentos no desdobro e na laminação. A seguir é exposto um exemplo prático do cálculo do índice de achatamento para o mogno-africano (**Figura 6**). A tora de 5 anos é enquadrada na classe superior de achatamento (Su) ($A \geq 90,00\%$), enquanto o disco de 15 anos na primeira classe (I) ($A \geq 80,00\%$) pela norma do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF, 1984), contudo, percebe-se o formato oval no disco da idade de 15 anos.

A forma do fuste é categorizada em classes (1 - fuste reto, 2 - fuste com leve curvatura e 3 - fuste tortuoso) de acordo com a sua ocorrência na floresta (Chamshama et al., 1999).

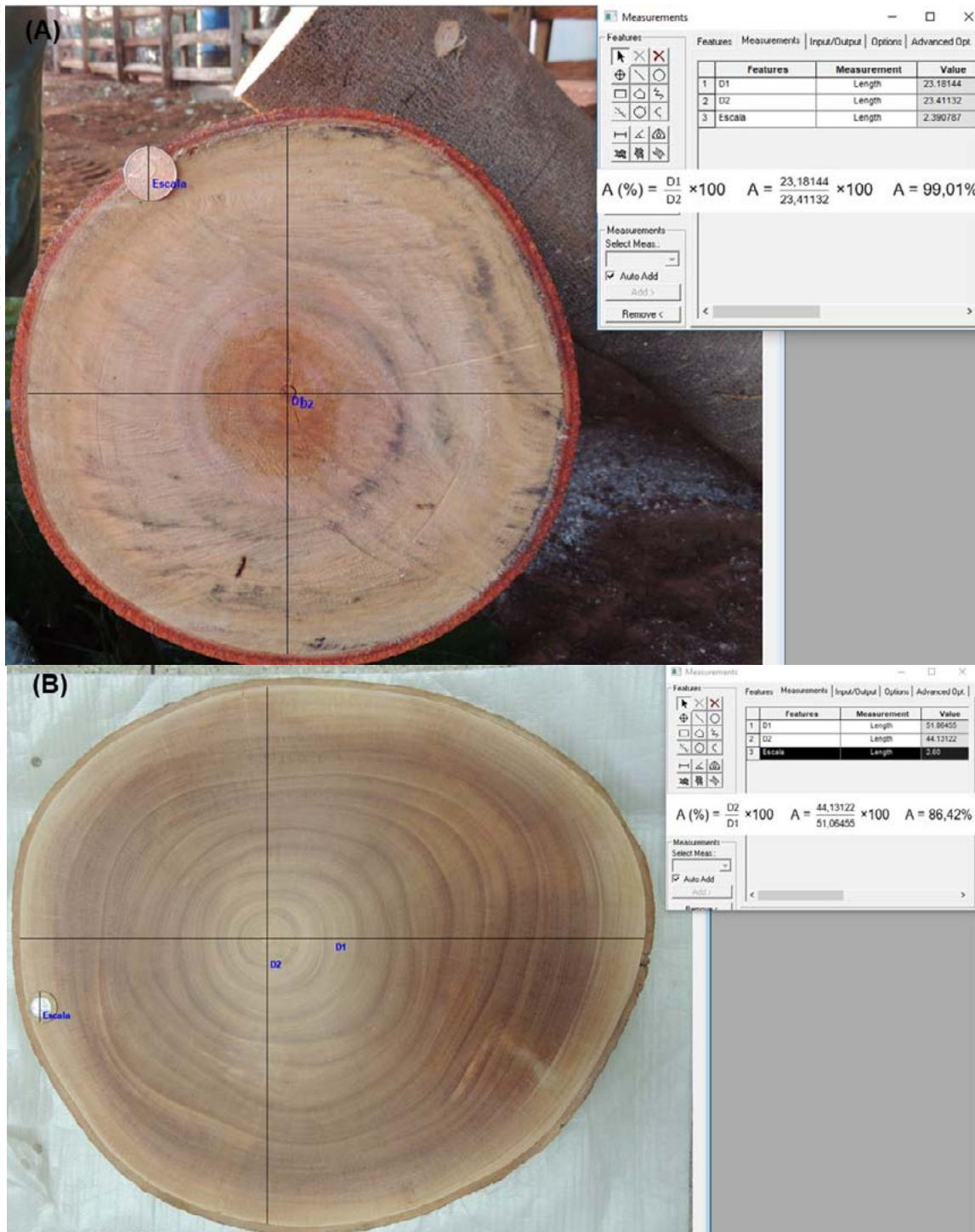


Figura 6. Exemplo de índice de achatamento do mogno-africano: tora com diâmetro sem casca de 23,30 cm e aproximadamente 5 anos de idade (A – Categorizada como classe superior) e disco com diâmetro de 47,60 cm, aos 15 anos (B – Categorizada como primeira classe).

A forma do fuste do mogno-africano é contabilizada durante o inventário florestal, sendo a classe de pior qualidade indicada para ser eliminada ainda no desbaste. Esta é uma característica importante para a incorporação na seleção genética e demanda estudos da sua relação com o rendimento no processamento e na qualidade da madeira do mogno-africano.

Para a espécie *K. anthotheca*, aos 23 anos de idade, plantada no espaçamento de 4,00 m x 4,00 m em arboreto na Tanzânia, com incremento médio de $17,50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, 68,75% das árvores apresentaram forma de fuste de primeira classe (I), ou seja, fuste reto e, em apenas 6,25% do total, os fustes foram tortuosos (Muiambo, 2016). Ressalta-se que os índices de curvatura dos fustes foram influenciados pela ação dos ventos.

Índices de qualidade da madeira serrada de mogno-africano

Para o mercado de produtos sólidos, principal destino da madeira de mogno-africano, é fundamental que a madeira atenda aos requisitos de qualidade. Por isso, não basta apenas ter o nome de “mogno”, as expectativas com a qualidade do material devem ser superadas. Neste contexto, busca-se a produção de madeira bem dimensionada e usinada, com umidade adequada ao local de destino e ao uso, livre de defeitos e de deterioração, e classificada de acordo com as especificações de normas de qualidade reconhecidas internacionalmente.

Tábuas secas ao ar livre de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* (19 anos), com umidade média de 15,00%, apresentaram índices de rachaduras de 9,46% e 6,40%, respectivamente. Os maiores comprimentos de rachaduras de tábuas (cerca de

6,00 cm) foram para a espécie *K. ivorensis*, o que está diretamente interligado aos valores de deformação residual longitudinal, ao índice de rachaduras de topo de toras, a menor resistência mecânica e à densidade da madeira desta espécie em relação a *K. senegalensis* (Silva et al., 2016a). Destaca-se que os índices de rachaduras de tábuas secas de mogno-africano, na idade de 19 anos, foram inferiores aos publicados na literatura para a madeira de eucalipto, que possui alto nível de conhecimento científico e tecnológico na silvicultura, no manejo e no melhoramento genético. Essa comparação é para elucidar a escala dos níveis desses defeitos na madeira de mogno-africano e não para questionar a qualidade de um material em função do outro, pois as duas fontes de matéria-prima são importantes para a indústria madeireira.

Três tipos de empenamentos da madeira são comumente avaliados: o arqueamento, o encurvamento e o encanoamento. O arqueamento é a distorção ou a curvatura da borda ao longo do comprimento da peça, o encurvamento é a deformação na face (maior área) da peça ao longo do seu comprimento e o encanoamento é a deformação no sentido da largura da peça. Outro empenamento é o torcimento que causa uma deformação espiral ao longo do comprimento da peça e que pode ser provocado pela falta de estabilização da madeira durante a secagem.

Após a secagem natural, cerca de 80,77% e 61,54% do volume de tábuas de *K. senegalensis* e *K. ivorensis* apresentaram comprimento de rachaduras de pequena (32,90 mm) a média (61,70 mm) magnitude, respectivamente. Apesar disso, não foram observadas rachaduras em 21,60% das tábuas de *K. senegalensis* e 6,90% de *K. ivorensis* (Silva et al., 2016a, 2016b).

Quanto aos empenamentos da madeira serrada, as tábuas secas de *K. ivorensis* encurvaram e arquearam menos do que as tábuas de *K. senegalensis* (ambas, aos 19 anos de idade), com diferença de 4,16 mm/m e 0,78 mm/m para flechas de encurvamento e arqueamento (Silva et al., 2016a). Este resultado tem

relação com as diferenças de densidade e de contração da madeira das espécies. A madeira de *K. senegalensis*, por ser mais densa, apresenta fibras de parede mais espessas que, ao secar, contraem de forma linear e volumetricamente em maior proporção e geram maiores flechas de empenamentos. Adicionam-se a esses fatores, a predisposição genética ao empenamento da madeira, o ângulo e o tipo de grã predominante, a proporção de lenho juvenil e a ocorrência de lenho de reação em cada espécie.

Os índices de encurvamento (0,37%) e arqueamento (0,18%) da espécie *K. ivorensis* foram inferiores ao limite máximo de 0,50% para empenamentos de tábuas estipulado pela Norma Brasileira Regulamentadora 9.487 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, 1986). Apenas o índice de arqueamento (0,26%) das tábuas de *K. senegalensis* atingiu o limite máximo da norma, sendo o encurvamento (0,79%) o seu maior índice de empenamento.

Ao considerar a magnitude dos empenamentos, acima de 61,50% do volume de tábuas secas de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, apresentaram flechas de arqueamento e de encanoamento de pequena intensidade (<2,50 mm e <4,00 mm, respectivamente). Para o encurvamento, 38,50% do total de tábuas secas de *K. ivorensis* apresentaram flechas de média magnitude (2,50 mm a 5,00 mm), enquanto 52,00% das tábuas de *K. senegalensis* tiveram flechas de alta magnitude (> 5,00 mm) (Silva et al., 2016b).

Na maioria dos casos, as médias das flechas de arqueamento e de encurvamento das tábuas de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* plantadas em Linhares, ES foram inferiores àquelas observadas para tábuas de *K. senegalensis* plantadas na Austrália. Para este último material, houve variações significativas das médias das flechas de arqueamento e de encurvamento com as procedências das sementes, que podem ser associadas às tensões de crescimento. As tábuas arquearam na amplitude de 3,60 mm a 47,90 mm e encurvaram em 5,20 mm a 17,70 mm (Armstrong et al., 2007).

Após 172 dias de secagem ao ar livre, em pilha horizontal (tipo caixa e com tabiques de 2,00 cm x 3,50 cm, distanciados a 50,00 cm), as tábuas de mogno-africano alcançaram umidade próxima à umidade de equilíbrio da região (16,00%). A madeira apresentou uma amplitude máxima de umidade de cerca de 10,00% entre a peça mais seca e a mais úmida. Ao se considerar as condições climáticas do ambiente e a severidade do método, a madeira de mogno-africano apresentou bom comportamento durante a secagem natural, com baixos índices de deformação, atendendo ao limite máximo da norma técnica vigente.

Baixos índices de deformação de tábuas também foram observados para a madeira de *K. senegalensis* seca ao ar livre na Austrália (Armstrong et al., 2007). Para esta mesma espécie, Elamin e Mahmoud (2015) avaliaram o efeito da montagem das pilhas nas deformações da madeira durante a secagem ao ar livre, sendo estudadas as seguintes condições de exposição: pilha coberta e sob insolação direta, além de três espessuras de tabiques (2,50 cm; 3,75 cm e 5,00 cm). As principais conclusões foram: **a)** as duas condições de exposição não tiveram efeito na umidade de equilíbrio da madeira, sendo o período de secagem de 35 dias considerado curto; **b)** a condição de exposição e as espessuras dos tabiques não tiveram efeito significativo na taxa de secagem e de encurvamento das tábuas e **c)** a secagem em pilha coberta e com tabiques de 2,50 cm de espessura reduziu a ocorrência de rachaduras superficiais e de topo das tábuas.

A madeira de mogno-africano, em idade superior a 15 anos e de acordo com os estudos disponíveis não apresenta índices de rachaduras e de empenamentos em magnitudes que venham impactar a sua qualidade e inviabilizar a utilização. Entretanto, ainda são necessários estudos para avaliar a magnitude das deformações da madeira de desbaste, tendo em vista a maior proporção de lenho juvenil presente nas árvores e possíveis alterações do ângulo da grã e

das tensões de crescimento. Ressalta-se que o material genético, as condições ambientais do local de crescimento, o período de estocagem das toras, o sistema de desdobro e as técnicas de secagem poderão ter efeito na estabilização ou na intensidade desses índices.

Em adição aos índices de qualidade das peças serradas, deve-se considerar a estabilidade dimensional, a resistência mecânica, a cor, o desenho e a durabilidade natural da madeira do mogno-africano.

Cerne, alburno, cor e grã da madeira de mogno-africano

Ao se observar o topo ou a seção transversal de toras ou discos de madeira, duas seções são comumente destacadas: o cerne e o alburno. O cerne é a parte interna do lenho da árvore formado ao redor da medula, constituído de elementos celulares já sem atividade fisiológica e, para a maioria das espécies florestais apresenta uma coloração mais escura, sendo mais durável. Já o alburno é uma camada exterior mais próxima à casca, que contém células vivas e materiais de reserva e envolve o cerne, tendo também uma coloração mais clara e menor durabilidade natural (Iawa, 1964; Pires et al., 2018).

Para o mogno-africano procedente de áreas nativas, o cerne e o alburno são claramente diferenciados pela coloração, sendo o alburno estreito, com 3,00 cm a 5,00 cm de espessura, mas podendo atingir 7,00 cm a 8,00 cm (Acajou d'Afrique, 1979). O cerne é classificado como moderadamente durável e extremamente resistente à impregnação no tratamento preservativo (Kukachka, 1969).

Para quatro espécies de mogno-africano de áreas nativas de Gana, *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, a espessura do alburno aumentou gradualmente com o incremento das classes diamétricas até a classe de 81,00 cm a 90,00 cm. Todavia, a porcentagem do alburno na área do disco diminuiu gradualmente com o incremento da classe diamétrica, com estabilização a partir de 95,00 cm (Donkor, 1997). Com o aumento do diâmetro do disco ou da tora ocorre um incremento na espessura do alburno. Porém, o contrário é percebido para a área do disco ocupada por ele, tendo em vista que também ocorre o aumento da área de cerne. Para a classe diamétrica de 41,00 cm a 50,00 cm, discos do diâmetro à altura do peito de *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* apresentaram 13,00%, 12,00%, 16,00% e 14,00% de alburno, respectivamente.

Em função das procedências das sementes ocorre uma variabilidade na proporção de cerne em *K. senegalensis*, aos 32 anos de idade colhido na Austrália, sendo a faixa de variação de 39,20% a 63,80% (**Figura 7**). Para árvores da espécie com valor de diâmetro à altura do peito médio de 36,30 cm, a proporção de cerne é 50,90%. Este resultado demonstra a influência de efeitos genéticos dos materiais na formação do cerne da madeira de mogno-africano.

Árvores de *K. senegalensis* plantadas em dois locais na Austrália apresentaram médias de 21,40 mm e 20,70 mm de espessura do alburno, nas idades de 18 anos e 20 anos. A proporção de cerne foi 30,70% para a madeira mais jovem e 35,70% para a idade de 20 anos (Zbonak et al., 2010). Com o avançar da idade ocorre um aumento da área de cerne e uma redução da proporção de alburno. No entanto, para uma mesma idade, a proporção de cerne diminui e a proporção de alburno aumenta no sentido base-topo da árvore.

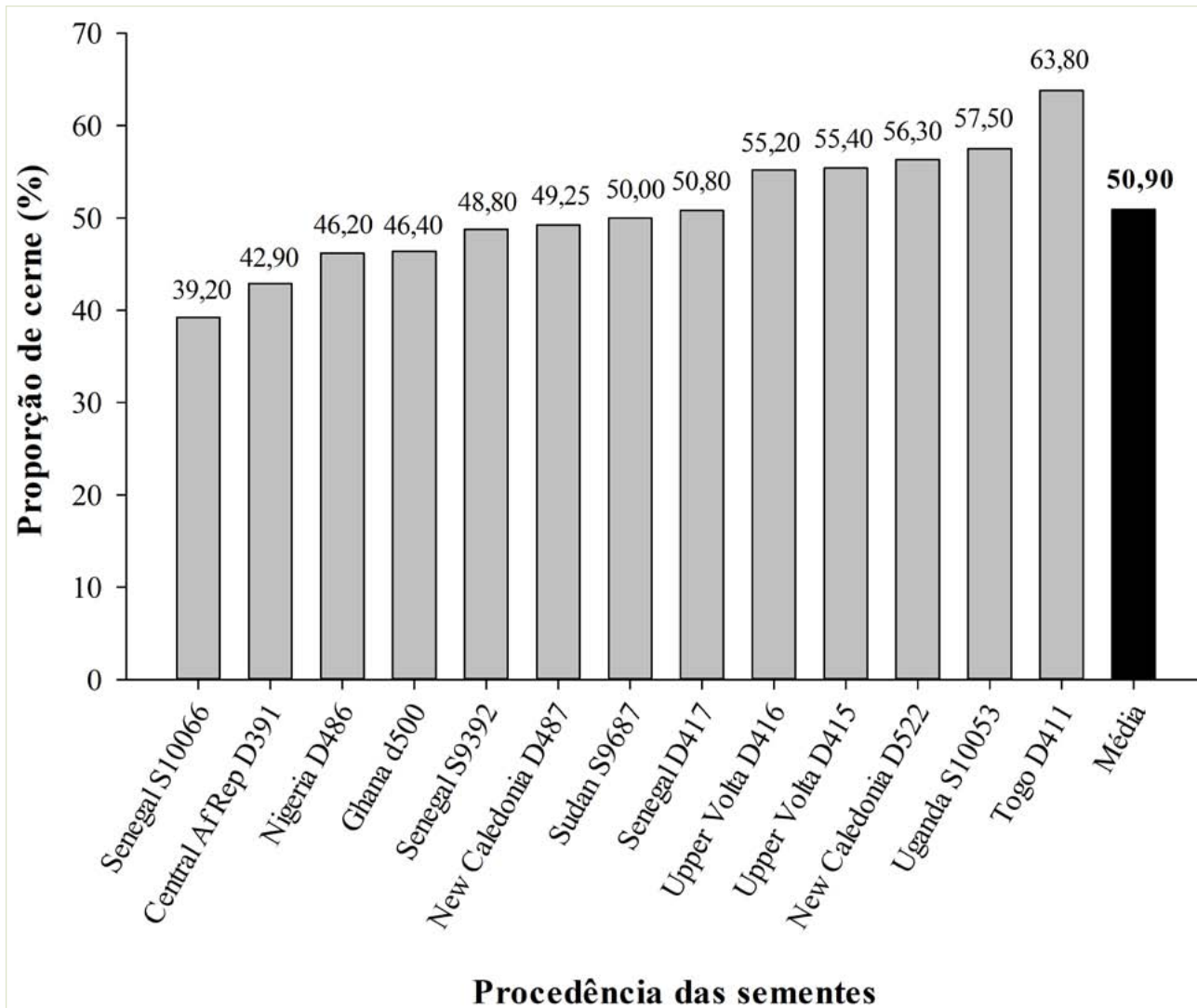


Figura 7. Proporções de cerne em toras de *Khaya senegalensis*, aos 32 anos de idade, em diferentes procedências das sementes (país de origem e respectivo número de identificação da localidade de coleta da semente).

Fonte: Adaptado de Armstrong et al. (2007).

Para a madeira de mogno-africano plantada no Brasil, os estudos de formação e de propriedades do cerne e alburno são escassos. Entretanto, esses estudos são também fundamentais, tendo em vista o impacto do lenho sobre a qualidade dos produtos produzidos. A maior proporção de cerne vai, conseqüentemente, aumentar o valor financeiro da madeira (Zbonak et al., 2010).

Para as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* plantadas em Linhares, ES, percebeu-se em alguns discos da base das árvores a formação de uma zona central mais escura que integra a área do cerne, seguida de uma região mais clara denominada zona de transição e que, na maioria dos casos, possui coloração próxima àquela do alburno e que inibe a sua distinção (**Figura 8**). O polimento transversal ou o lixamento dos discos contribui para uma homogeneização da cor entre a zona de transição e o alburno, o que também dificulta a segregação dessas camadas.

Uma zona de transição mais clara que o cerne em discos de *K. senegalensis*, nas idades de 18 anos e 20 anos, procedentes de plantações comerciais na Austrália, também foi percebida por Zbonak et al. (2010). Os autores mencionam que, quando a zona de transição é considerada parte do cerne, aumenta a sua proporção na área transversal do disco.

A formação de cerne na madeira de *K. ivorensis* foi percebida, na idade de 57 meses, em tora com diâmetro sem casca de 23,30 cm, proveniente de plantação comercial no município de Capinópolis, MG (**Figura 9**). Nota-se o início da formação de uma região central de tonalidade mais escura, seguida de uma região de transição em tons de rosa-claro, sendo o seu desenvolvimento dependente do crescimento em diâmetro.

A cor da madeira é importante para a identificação de espécies, para a adequação a um determinado uso e para o padrão de qualidade. A cor do cerne de *K. ivorensis* de origem natural varia de castanha-amarelada a castanha-avermelhada e o alburno possui tonalidade marrom-amarelada (Rinne et al., 2011). Para esta espécie, uma coloração de cerne rosa-marrom a vermelha-escura e alburno rosa-cinza e estreito foram observados por Timar et al. (2010), enquanto Tulik et al. (2011) notaram um cerne de cor rosa a marrom-avermelhada. Já a madeira de *K. ivorensis*, aos 19 anos de idade, colhida em



Figura 8. Cerne e alburno na madeira de mogno-africano: discos da base de árvores de *Khaya ivorensis* (A) e de *Khaya senegalensis* (B) colhidas em Linhares, ES, aos 19 anos de idade e de *Khaya ivorensis* (C) colhida, no Estado do Pará, aos 15 anos de idade.



Figura 9. Início da formação de cerne (região circulada) em tora de *Khaya ivorensis*, aos 57 meses, proveniente de plantação comercial em Capinópolis, MG.

Linhares, ES, possui cor pouco distinta entre alburno e cerne, tendo este última coloração rosada, enquanto o cerne da *K. senegalensis* possui coloração vermelha-clara (França et al., 2015). Destaca-se o efeito do ambiente de crescimento e da idade na formação de compostos químicos cromóforos que constituem a cor da madeira.

A descrição visual da cor da madeira pode ser subjetiva, pois, cada observador pode ter uma sensibilidade diferente da tonalidade predominante em uma mesma peça. O reconhecimento da importância dessa característica para a qualidade da madeira fomentou o desenvolvimento de metodologias quantitativas, que permitem a obtenção de cada elemento da composição de uma cor, de forma objetiva e eficaz, em formato de números, ao utilizar equipamentos apropriados. O sistema mais utilizado na colorimetria quantitativa é o CIELAB de 1976, caracterizado pelas coordenadas L^* que

expressa a luminosidade ou claridade (0 a 100); a^* que expressa a variável cromática no eixo verde-vermelho (-60 a +60) e b^* que expressa a variável cromática no eixo azul-amarelo (-60 a +60), em plano tridimensional (Atayde et al., 2011; Pincelli et al., 2012; Zanúncio et al., 2014).

A cor da madeira de *K. ivorensis*, colhida aos 30 anos de idade em Seropédica, RJ, determinada pelo sistema CIELAB, apresentou escurecimento nas faces radial e tangencial das peças até a região do cerne periférico (Silva et al., 2014). Já a face radial apresentou coloração mais clara que a tangencial.

As madeiras de *K. senegalensis*, nas idades de 18 anos e de 20 anos, quando recém-cortadas, apresentaram cernes com tonalidade laranja-avermelhado a vermelho, zonas de transições com coloração rosada e os alburnos em tom amarelo-claro. Uma vez seca ao ar, geralmente, a cor do cerne escurece para marrom-rosado ou marrom-alaranjado e o efeito do período de exposição ao sol escurece e altera a cor do cerne para marrom-avermelhado (Zbonak et al., 2010).

O termo “figura” ou “desenho” é usado para descrever a aparência da superfície longitudinal de uma peça, que é determinada pela grã, pelo tipo de corte, pelo ambiente de crescimento e pelas características anatômicas do lenho, sendo formada por mudanças estruturais nas células durante o processo de diferenciação (Tulik et al., 2011). Em tábuas radiais de *K. ivorensis*, as figuras de grã ondulada que formam listras ligeiramente mais claras e mais escuras que se alternam são resultado de mudanças ondulatórias na inclinação das iniciais cambiais e são altamente valorizadas pelo aspecto decorativo.

A grã da madeira consiste na disposição dos elementos anatômicos axiais (fibras e vasos) formada por alterações longitudinais das camadas sucessivas de células durante o crescimento da árvore (Harris, 1989). A grã da madeira de *K. ivorensis*, aos 19 anos de idade, avaliada pelo máximo desvio angular,

apresentou média de $8,25^\circ$ e foi classificada como moderadamente intercruzada (Vidaurre et al., 2017). Para a espécie *K. senegalensis*, aos 32 anos, a grã da madeira foi classificada como reta a intercruzada, sendo o intercruzamento da grã comumente observado na madeira de *Khaya* spp. de origem nativa (Armstrong et al., 2007).

Os desvios da grã de *K. ivorensis*, aos 19 anos, não tiveram relação com as dimensões das árvores, com as rachaduras de topo, com os deslocamentos de medula das toras, com a densidade básica, com as contrações tangencial e longitudinal e com algumas das propriedades mecânicas da madeira. Contudo, a medida que ocorreu um incremento nos desvios angulares, houve aumento das contrações radial e volumétrica da madeira (Vidaurre et al., 2017).

O ângulo da grã da madeira de *K. senegalensis*, colhida aos nove anos de idade, na Nigéria, decresceu linearmente ao longo da altura das árvores, com média de $6,86^\circ$. Foram também observadas diferenças significativas entre os ângulos da grã das árvores avaliadas (Sotannde et al., 2015).

O intercruzamento da grã da madeira em tábuas radiais de *K. senegalensis* dá origem a figuras na forma de listras (*stripe* ou *ribbon figure*), resultando no aparecimento de faixas alternadas de madeira com coloração mais escura e mais clara. Todavia, a grã intercruzada se torna mais aparente na formação de bordas “lanosas” em tábuas secas de *K. senegalensis*, o que pode reduzir a qualidade do acabamento e da trabalhabilidade dessas peças (Brennan; Radomiljac, 1998; Armstrong et al., 2007).

A presença e o tamanho dos nós, a ocorrência de veios e de bolsas de gomas, os furos e as cavidades de insetos xilófagos podem ser característicos de uma espécie e/ou de um genótipo e serem considerados como defeitos. Porém, eles podem atribuir uma aparência visual característica à madeira e serem atrativos para determinados nichos de mercado.

Como observado para o cerne e o alburno, a cor, as figuras e a grã das madeiras de mogno-africano plantadas no Brasil precisam ser avaliadas e compreendidas. Entender a influência de fatores como materiais genéticos, condições ambientais e tratos silviculturais na formação da cor, figuras e orientação da grã das madeiras de mogno-africano são fundamentais para conhecer as possíveis variações na superfície da madeira, ajustar o beneficiamento, definir as formas de utilização e propor estratégias para valorização e comercialização de padrões únicos, dado à estética existente em cada caso.

Estrutura anatômica da madeira de mogno-africano

Por ser um material biológico e heterogêneo, a madeira é formada por células especializadas com formatos e tamanhos diferentes que desempenham funções complexas de condução de líquidos, de armazenamento, de transporte de substâncias nutritivas e de sustentação mecânica da árvore (Burger; Richter, 1991; Wiedenhoeft, 2010; Shmulsky; Jones, 2011). A compreensão da anatomia da madeira permite uma correta caracterização do material, por ter relação com as demais propriedades, ser essencial para a identificação e a distinção das espécies, o comportamento durante o beneficiamento e uso, a definição da utilização racional, a atratividade estética, a durabilidade e o registro histórico das condições ambientais ocorridas durante o crescimento da árvore.

Não há propriedade física, química, mecânica, biológica ou tecnológica que não seja fundamentalmente derivada do fato da madeira ser formada para atender as necessidades da árvore “viva” submetida a um conjunto de condições ambientais (Wiedenhoeft, 2010). Logo, a avaliação dos caracteres anatômicos

da madeira é fundamental para entender a influência dos materiais genéticos, do ambiente e das condições de crescimento, dos tratamentos silviculturais, das doenças e das pragas na sua formação e, conseqüentemente, nas suas propriedades, mediante a relação funcional existente.

A estrutura celular da madeira das folhosas, como o mogno-africano e o eucalipto, é bem mais complexa do que aquela observada nas coníferas, como o pinus e a araucária, sendo formada por fibras, por vasos, por raios e por parênquima axial. As fibras são células que têm a função de suporte mecânico e possuem relação direta com a densidade, a resistência e a rigidez da madeira (Burger; Richter, 1991; Wiedenhoeft, 2010). Os elementos de vasos formam um conjunto sobreposto no sentido longitudinal que variam em tamanho e arranjo, realizando as conduções de líquidos e de nutrientes (seiva bruta) (Burger; Richter, 1991; Wiedenhoeft, 2010). As células dos raios realizam o armazenamento, a translocação e a condução da seiva elaborada (Burger; Richter, 1991; Wiedenhoeft, 2010). O parênquima axial é composto por células orientadas no sentido do eixo da árvore que tem a função de armazenar substâncias nutritivas (Burger; Richter, 1991; Wiedenhoeft, 2010).

A madeira de *K. ivorensis* de origem natural apresenta porosidade difusa, com vasos circulares ou ligeiramente ovais em seções transversais, ocorrendo isoladamente ou em grupos radiais, circundados por bainhas estreitas de parênquima axial vasicêntrico e placas de perfuração simples. Os vasos possuem diâmetro tangencial variando de 9,00 μm a 282,00 μm , com algumas obstruções por substâncias de coloração vermelha ou marrom. Os raios são multisseriados e os seus tamanhos variam de estreitos a largos (Rinne et al., 2011). Em relação à altura, os raios são heterogêneos com uma a três células na parte superior e na inferior (Rinne et al., 2011).

As proporções de vasos e de raios na madeira de *K. ivorensis* são 17,70% e 20,80%, respectivamente. No plano de corte transversal, os vasos são de pequenos e médios diâmetros, solitários ou em pares, tanto os lúmens dos vasos quanto as células de parênquima são preenchidos com substâncias marrons. No plano tangencial, os raios são unisseriados a multisseriados, e no plano radial são heterogêneos formados por células horizontais e eretas, preenchidas por amidos. O lenho desta espécie contém células de parênquima apotraqueal e paratraqueal vasicêntrico unilateral (Timar et al., 2010; Tulik et al., 2011).

A seguir são elencadas as características microscópicas comuns das madeiras de *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, de origem naturais, encontradas por Donkor (1997):

- a) Vasos com placas de perfuração simples; pontuações intervasculares, alternadas, diminutas e, ocasionalmente, guarnecidas; pontuações entre os vasos e os raios similares às intervasculares em tamanho e forma;
- b) Parênquima axial extremamente raro, vasicêntrico e, ocasionalmente, marginal;
- c) Fibras septadas com pontuações areoladas simples a diminutas;
- d) Raios largos e seriados, com quatro a dez células, parcialmente agregados; células de raios corporais procumbentes, com duas a quatro fileiras de células marginais, eretas ou quadradas;
- e) Inclusões minerais presentes nas células de raio eretas ou quadradas.

A madeira de *K. ivorensis*, aos 19 anos, colhida em Linhares, ES, foi composta por vasos obstruídos, com distribuição semianelar, predominantemente solitários, com frequência pouco numerosa e diâmetro tangencial médio (**Figura 10**). A madeira de *K. senegalensis*, com mesma idade e local de crescimento, possui vasos com características de obstrução e frequência semelhantes a

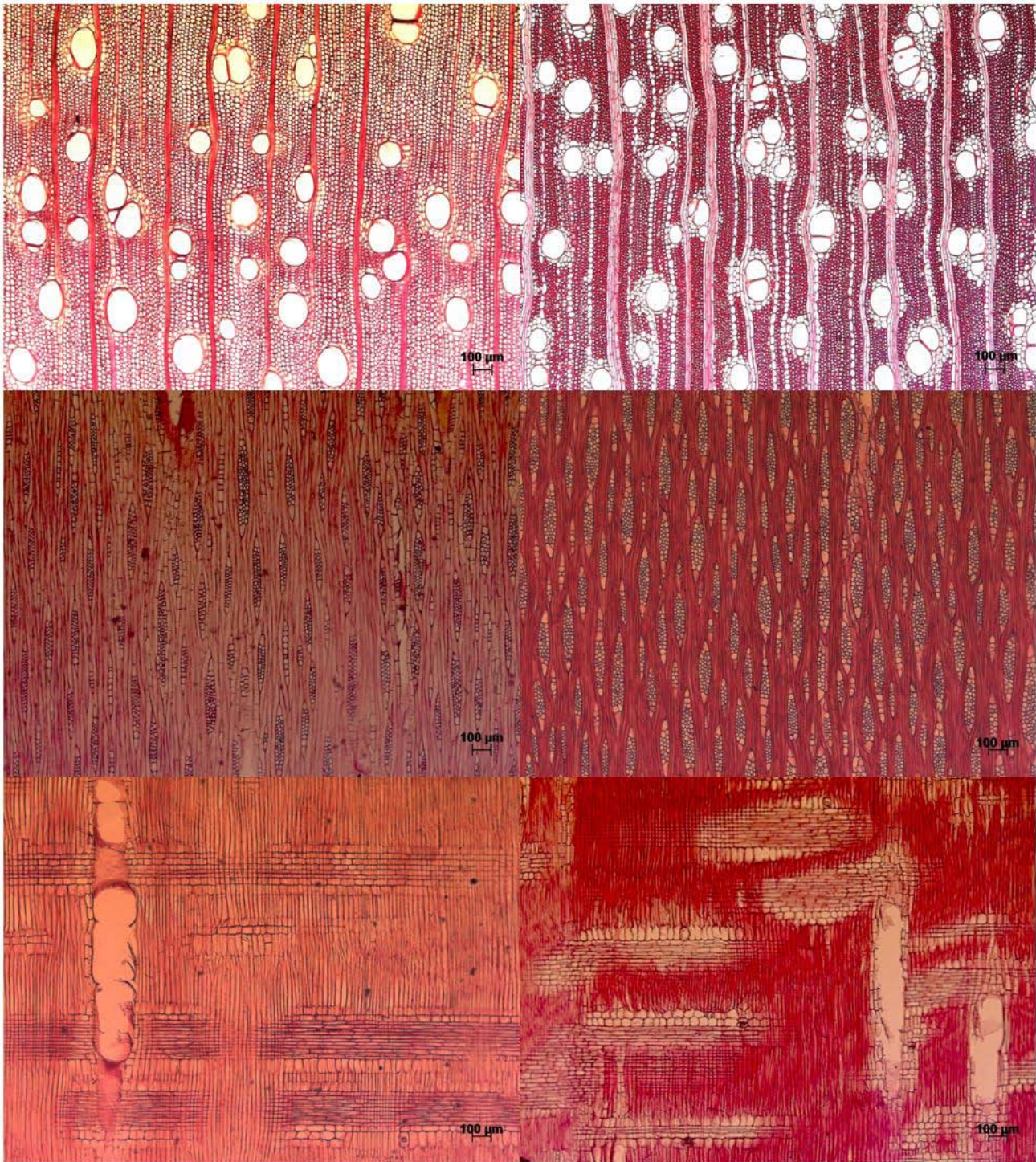
*Khaya ivorensis**Khaya senegalensis*

Figura 10. Fotomicrografias de cortes anatômicos das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, aos 19 anos de idade, colhidas em Linhares, ES. De cima para baixo: primeira linha - plano transversal, segunda linha - plano tangencial e terceira linha - plano radial.

primeira espécie, sendo as suas principais diferenças: a porosidade difusa e o pequeno diâmetro tangencial dos elementos de vasos (França et al., 2015).

Algumas diferenças entre os lenhos das espécies de mogno-africano também foram percebidas para os parênquimas axiais, sendo do tipo apotraqueal difuso escasso para *K. ivorensis* e paratraqueal do tipo vasicêntrico e aliforme escasso e, também, apotraqueal marginal para *K. senegalensis*. Para ambas as espécies, os raios são predominantemente multisseriados, heterogêneos, de estrutura não estratificada, finos, muito altos e pouco numerosos, e as fibras são do tipo libriformes, curtas e espessas (França et al., 2015). Os valores das dimensões das fibras, dos vasos e dos raios das madeiras de espécies de mogno-africano, procedentes de extrativismo e de silvicultura, são listados na **Tabela 2**.

Tabela 2. Caracteres anatômicos das madeiras de diferentes espécies e procedências de mogno-africano de extrativismo e de silvicultura.

| Madeira de mogno-africano procedente de extrativismo | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| Espécie | Pais de origem | CF * (μm) | EPF (μm) | DTV (μm) | FV (n $^\circ$ /mm 2) | AR (μm) | LR (μm) | FR (n $^\circ$ /mm) | Autor |
| <i>K. anthotheca</i> | Congo a | - | - | 175,42 | 6,92 | 443,15 | 70,75 | 4,72 | Kalendi et al. (2016) |
| | Congo b | - | - | 191,93 | 6,58 | 478,36 | 79,52 | 4,03 | |
| | Gana | 1.600,00 | 2,60 | 271,00 | 5,00 | 570,00 | 88,00 | 8,00 | |
| <i>K. grandifoliola</i> | Gana | 1.900,00 | 3,70 | 264,00 | 5,00 | 590,00 | 89,00 | 7,50 | Donkor (1997) |
| <i>K. ivorensis</i> | Gana | 1.700,00 | 2,30 | 268,00 | 4,50 | 550,00 | 100,00 | 8,00 | Donkor (1997) |
| | Nigéria | 700,00 | - | 200,00 | - | 240,00 | - | - | Jayeola et al. (2009) |
| | | 1.200,00 | - | 270,00 | - | 550,00 | - | - | |
| | - | - | - | 145,00 | - | - | - | 5,00 | Timar et al. (2010) |
| Nigéria | 1.628,00 | 6,00 | 158,00 | 12,00 | - | - | - | Ajuziogu et al. (2014) | |
| <i>K. senegalensis</i> | Gana | 1.300,00 | 5,20 | 218,00 | 4,50 | 500,00 | 104,00 | 8,50 | Donkor (1997) |

Madeira de mogno-africano procedente de silvicultura

| Espécie | Local / idade (anos) | CF (µm) | EPF (µm) | DTV (µm) | FV (nº/mm ²) | AR (µm) | LR (µm) | FR (nº/mm) | Autor |
|------------------------|-----------------------------|----------|----------|----------|--------------------------|---------|---------|------------|----------------------|
| <i>K. ivorensis</i> | Nerópolis/GO / 7 | 970,00 | 2,81 | 104,01 | 9,62 | - | - | - | Moraes (2017) |
| | Malásia / 8 | 1.028,00 | 3,00 | 114,00 | 14,00 | 452,00 | - | - | Siam et al. (2015) |
| | Malásia / 15 | 1.300,00 | 4,10 | 126,00 | 10,00 | 515,00 | - | - | |
| | Linhares/ES 19 ^c | 1.303,00 | 4,17 | 123,00 | 5,17 | - | - | - | Silva (2014) |
| | | 1.230,00 | 4,40 | 132,31 | 5,92 | 486,90 | 54,00 | 5,60 | França et al. (2015) |
| <i>K. senegalensis</i> | Linhares/ES 19 ^c | 1.376,00 | 4,91 | 121,16 | 5,03 | - | - | - | Silva (2014) |
| | | 1.210,00 | 4,90 | 98,68 | 8,80 | 431,30 | 70,00 | 7,20 | França et al. (2015) |

* CF: comprimento e EPF: espessura da parede das fibras; DTV: diâmetro tangencial e FV: frequência de vasos; Ar: altura, LR: largura e FR: frequência de raios. a Zona 1 - Floresta de Transição de Meia Altitude, b Zona 2 - Floresta Densa Úmida de Baixa Altitude, c mesmo material, porém forma de amostragem diferente entre os autores.

No geral, há poucos trabalhos publicados sobre as estruturas anatômicas das madeiras das espécies de mogno-africano, seja de extrativismo ou de silvicultura. Apesar das diferentes formas de amostragem entre os trabalhos, é possível perceber que, em exemplares nativos, há diferenças nas morfologias das fibras, dos vasos e dos raios entre as espécies, independentemente dos locais de crescimento e há também alterações nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de uma mesma espécie com o ambiente de crescimento. As influências de efeitos genéticos e de idades das árvores nas estruturas anatômicas das madeiras dessas espécies não devem ser desconsideradas.

As madeiras de *K. ivorensis* plantadas no Brasil apresentaram, independente dos locais de crescimento, incrementos nos comprimentos e nas espessuras das paredes das fibras e nos diâmetros tangenciais dos vasos, além de reduções das frequências vasculares com o aumento das idades das árvores avaliadas.

Esta mesma tendência foi percebida para a madeira dessa espécie plantada na Malásia. Em idades mais jovens, ocorreram maiores divergências entre os comprimentos das fibras, os diâmetros tangenciais e as frequências dos vasos das madeiras de *K. ivorensis* plantadas no Brasil e na Malásia.

A madeira de *K. ivorensis*, colhida em Linhares, ES, possuiu raios menos frequentes, mais altos e estreitos, além de fibras de menores espessuras de paredes quando comparada à madeira de *K. senegalensis*. Todavia, ambas espécies apresentam semelhanças quanto aos comprimentos das fibras e aos diâmetros tangenciais.

Em decorrência dos possíveis efeitos da variabilidade nas estruturas anatômicas das madeiras de mogno-africano nativos e plantados, serão descritos alguns exemplos relacionados aos fatores: espaçamentos de plantio, posições de amostragem no interior da árvore e ambientes de crescimento.

Espaçamento: em madeiras de árvores de *K. ivorensis*, plantadas em três espaçamentos (5,00 m x 5,00 m, 7,00 m x 6,00 m e 10,00 m x 10,00 m), aos 5 anos de idade, em Pirapora, MG, não foram observadas diferenças significativas nos comprimentos (1.200,62 μm a 1.299,80 μm) e nas espessuras das paredes das fibras (3,37 μm a 3,62 μm), nas posições de amostragens do cerne periférico (Soranso et al., 2016). Assim, até a idade de 5 anos, as diferenças nos espaçamentos não exerceram efeitos significativos sobre as dimensões das fibras de mogno-africano, talvez pela ausência ou pelo baixo nível de competição entre as árvores na idade avaliada.

Variabilidade dentro da árvore: dependendo da tipologia florestal de origem das árvores de *K. anthotheca*, as morfologias dos vasos e dos raios são alteradas no sentido da medula para casca, com redução das frequências e aumento dos diâmetros tangenciais dos vasos e das larguras dos raios da região do cerne interno para o externo (Kalendi et al., 2016).

Ao longo da altura comercial, os comprimentos das fibras de madeiras de árvores de *K. ivorensis*, aos 7 anos de idade, plantadas em Nerópolis, GO, não apresentaram tendências de variações conclusivas. No entanto, as larguras e os diâmetros dos lúmens e as espessuras das paredes das fibras foram menores na base, com posterior acréscimo até as posições do diâmetro à altura do peito ou 25,00% da altura comercial e, a partir desses pontos, houve reduções até o topo do fuste. No sentido medula-casca, os comprimentos e as espessuras das fibras aumentaram linearmente (Moraes, 2017).

Os diâmetros tangenciais dos vasos da madeira de *K. ivorensis*, aos 7 anos de idade, aumentaram linearmente da base até 50,00% da altura comercial e, em seguida, houve uma redução até o topo das árvores, sendo a média dessa posição ainda superior à da base (Moraes, 2017). A frequência dos vasos da madeira, na idade avaliada, não demonstrou uma tendência de variação base-topo conclusiva. Contudo, no sentido medula-casca o número de vasos por área reduz linearmente, enquanto o diâmetro tangencial vascular aumenta.

As larguras, os diâmetros dos lúmens e as espessuras das paredes das fibras, os diâmetros tangenciais dos vasos e as larguras dos raios da madeira de *K. ivorensis*, provenientes de plantações experimentais na Malásia apresentaram tendência de decréscimo ao longo da altura do fuste, para as idades de 8 anos e de 15 anos. Os comprimentos das fibras foram homogêneos e as frequências dos vasos aumentaram ao longo da altura, para ambas idades avaliadas. As alturas dos raios diminuíram linearmente ao longo da altura da árvore, na idade de 8 anos. Porém, na idade de 15 anos, ocorreram decréscimos até a metade da altura, com incrementos na região do topo, mas ainda inferiores aos valores observados nas bases das árvores (Siam et al., 2016).

Na direção medula-casca dos discos retirados de árvores de *K. ivorensis*, aos 19 anos de idade, houve uma considerável tendência de aumento nos diâmetros

tangenciais dos vasos, com estabilização de sua frequência ao desconsiderar a primeira posição que abrange a região da medula (Soranso et al., 2018).

Variabilidade por ambiente de crescimento: em estudo da anatomia da madeira de *K. ivorensis* obtida de florestas naturais de Gana, Rinne et al. (2011) descreveram que, praticamente, nenhuma pesquisa se concentrou na anatomia comparativa das madeiras das árvores dessa espécie, que cresceram sob diferentes condições ambientais. Esta situação também é uma realidade para os plantios brasileiros de mogno-africano, sendo importante constituir projetos de pesquisa e experimentos que busquem avaliar os efeitos das diferentes condições ambientais de plantios nas propriedades da madeira.

Para três locais de crescimento (Benso, Amantia e Bobiri), com diferentes tipologias florestais naturais em Gana, o lenho de *K. ivorensis* apresentou evidentes diferenças quanto aos diâmetros dos vasos e às condutividades hidráulicas. A maior média de diâmetro dos vasos foi mensurada na madeira proveniente de Benso – Floresta Úmida Estacional Perenifólia (129,00 μm) e a menor em Bobiri – Floresta Úmida Semidecidual (108,70 μm). As existências de vasos de maiores diâmetros contribuem para que a condutividade hidráulica seja mais eficiente nas árvores e essas variáveis aumentam com o incremento da disponibilidade hídrica de cada ambiente (Rinne et al., 2011).

As madeiras de *K. anthotheca* de Floresta Úmida Densa de Baixa Altitude e de Floresta de Transição de Média Altitude apresentaram variabilidades significativas nas morfologias de vasos e de raios, tendo as regiões dos cernes das árvores de Floresta de Transição de Média Altitude maior frequência de vasos e de raios (Kalendi et al., 2016). Na região com melhores condições de crescimento das árvores, ou seja, nas Florestas Úmidas Densas de Baixa Altitude, não ocorreram alterações nas frequências e nos diâmetros tangenciais dos vasos no sentido medula-casca, o que pode ser explicado pela redução da

sua morfologia em função do incremento na proporção de fibras do lenho. Assim, com o maior crescimento, a árvore passa a investir mais em elementos para a sustentação de suas dimensões, no caso as fibras, do que em condução, ou seja, nos vasos.

Anéis de crescimento na madeira de mogno-africano

Os anéis de crescimento resultam das deposições sucessivas de camadas de tecidos lenhosos no fuste, em razão da periodicidade da atividade cambial e integram complexos processos de formação de madeira que são influenciados por fatores genéticos e ambientais (Encinas et al., 2005; Margarido et al., 2005). Quando observados no topo da tora ou no disco, os anéis de crescimento são concêntricos e constituídos pelo lenho inicial, formado durante o período de maior crescimento da árvore, seguido pelo lenho tardio, produzido na época de menor crescimento (Vital, 2008). Quando vistos na face tangencial das peças serradas, os anéis apresentam a forma de cones superpostos, formando figuras que aumentam a atratividade estética da peça.

As variabilidades dos anéis de crescimento influenciam as características físico-químicas e mecânicas e, em termos de utilização da madeira, poderão implicar nos diferentes usos dos produtos (Margarido et al., 2005). Em adição, os anéis anuais são indicadores da homogeneidade das propriedades da madeira dentro do fuste, de variações climáticas e dos efeitos das práticas silviculturais por período de crescimento, sendo parâmetros importantes para complementar as informações obtidas pelo manejo e pelo monitoramento florestal, além de certificar a qualidade da madeira produzida (Mattos et al., 2010; Nutto et al., 2012).

Em espécies folhosas tropicais, que cresceram em regiões de estações mal definidas, os anéis formados são indistintos ou pouco evidentes e não correspondem aos períodos anuais de crescimento, ocorrendo mais de um anel durante o ano, denominados de falsos anéis. Esses anéis não formam uma circunferência em torno da medula e podem, até mesmo, ser ausentes. Apesar das dificuldades, os estudos dos anéis de crescimento são extremamente importantes para entender a formação e a qualidade da madeira de mogno-africano.

Anéis de crescimento indistintos ou ausentes foram descritos para a madeira de *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis* de origem natural em Gana (Donkor, 1997). Para madeiras de *K. ivorensis* plantadas na Malásia e colhidas nas idades de 8 anos e 15 anos, não houve distinções dos limites dos anéis de crescimento (Siam et al., 2016). Para *K. ivorensis* de origem natural, os anéis de crescimento, quando distintos, foram delineados por várias fileiras de fibras tangenciais achatadas e com faixas mal definidas de parênquimas marginais (Rinne et al., 2011).

Os limites dos anéis de crescimento do lenho de *K. ivorensis*, aos 19 anos de idade, cultivado no Brasil, são delimitados por uma fina camada (três a sete células) de parênquima axial marginal, que nem sempre correspondem a uma camada de crescimento anual (**Figura 11**). Anéis de crescimento falsos também foram percebidos nessa madeira, sendo diferenciados dos verdadeiros, por serem descontínuos ao longo da circunferência dos discos e alternarem as visibilidades das zonas de demarcação (Soranso et al., 2018).

A largura média dos anéis de crescimento foi 6,93 mm, com crescimento irregular nos primeiros dez anos, dado à presença de anéis largos e estreitos, formados em período de crescimento favorável e, nos últimos 8 anos, os anéis foram mais estreitos e regulares, mediante à intensidade de competição no povoamento. Além disso, os desbastes no plantio refletiram diretamente no

aumento da largura do anel de crescimento, formado no ano subsequente à sua realização (Soranso et al., 2018).

Os efeitos das práticas silviculturais e das diversas alterações que ocorrem ao longo do crescimento da floresta são registrados na dinâmica de formação dos anéis de crescimento. Assim, todo o histórico e respostas do desenvolvimento que vão relacionar e impactar a qualidade da madeira podem ser elucidados com a investigação desses elementos na madeira de mogno-africano.

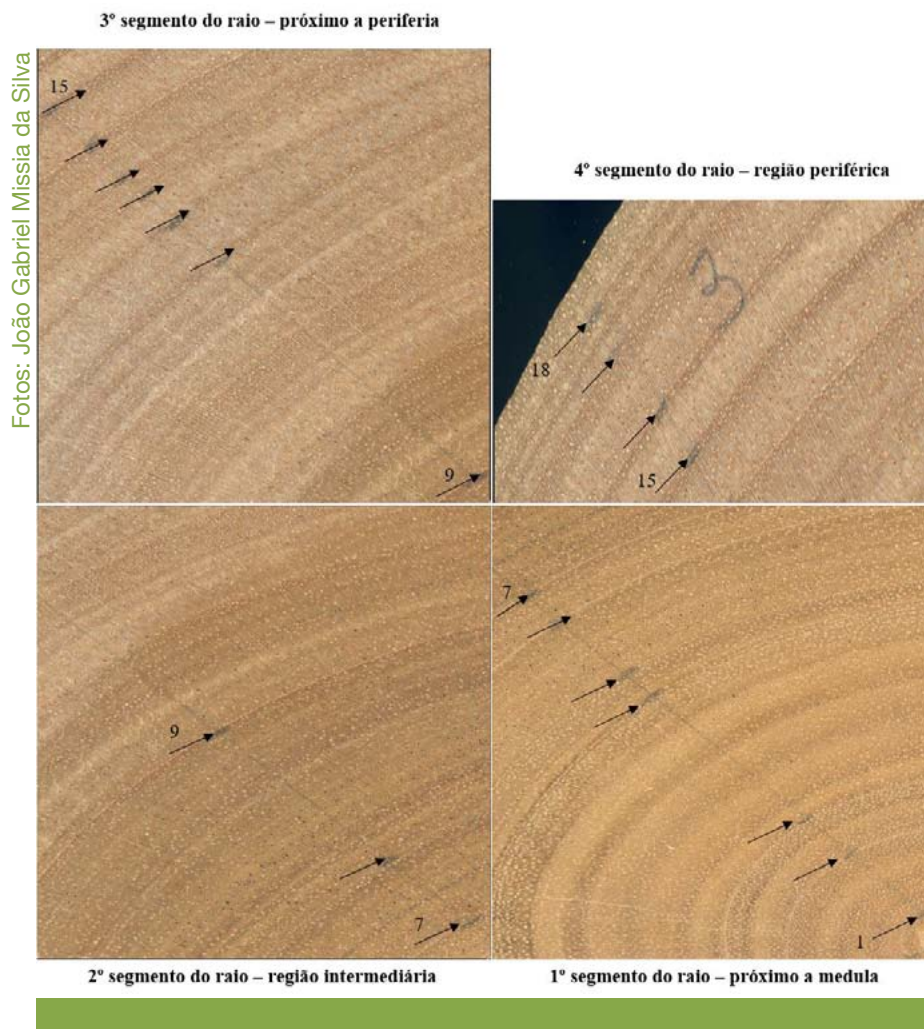


Figura 11. Delimitação dos anéis de crescimento da madeira de *Khaya ivorensis*, aos 19 anos de idade, colhida em Linhares, ES. Quatro segmentos de um mesmo raio medula-casca de disco da base, as setas e os números indicam os anéis de crescimento.

Transição dos lenhos juvenil e adulto de mogno-africano

Com o avançar da idade, a árvore produz dois tipos de lenhos, o juvenil e o adulto. O lenho juvenil é formado pelos anéis de crescimento próximos à medula, na região central do diâmetro, no início do crescimento, perfazendo-se desde a base até o topo e formando parte do alburno ou do cerne da árvore jovem. O lenho adulto é formado em fases mais avançadas e contemporâneas da rotação, sendo localizado nas proximidades da casca, possui células com dimensões máximas e tamanhos relativamente constantes, com comportamentos físicos e mecânicos estáveis.

Para a madeira de mogno-africano nativo de Gana, os comprimentos das fibras aumentaram linearmente na região próxima à medula, padrão característico do lenho juvenil, seguido de uma zona de estabilização mais próxima à casca, ou seja, do lenho adulto. As distâncias a partir das medulas, dos pontos onde ocorreram as transições entre os lenhos juvenis e adultos, foram 17,00 cm, 15,00 cm, 14,00 cm e 18,00 cm para as espécies *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, respectivamente (Donkor, 1997).

As transições entre os lenhos juvenis e os adultos ocorreram de forma distinta para as propriedades das madeiras e para as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, colhidas aos 19 anos de idade, no Brasil. As variações diametrais dos comprimentos das fibras e das frequências de vasos, avaliadas conjuntamente delimitaram a zona de lenho juvenil em 13,00 cm e 12,00 cm, considerando a medula no centro dessa região, para a *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, respectivamente. Nesta idade, os lenhos adultos corresponderam a 40,80% e 44,80% do diâmetro à altura do peito médio de 25,00 cm, para *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, respectivamente (Silva, 2014).

Para ambas as espécies de mogno-africano, os elementos anatômicos e as propriedades físicas do lenho juvenil foram, em maioria, mais variáveis e inferiores qualitativamente ao lenho adulto. Para as propriedades avaliadas, os diâmetros e as frequências vasculares tiveram as maiores diferenças percentuais entre os lenhos juvenil e adulto, variando de 23,00% a 39,50%, respectivamente. A densidade básica da madeira de mogno-africano aumentou cerca de 15,00% do lenho juvenil para o adulto (Silva, 2014).

Propriedades físicas da madeira de mogno-africano

As propriedades físicas da madeira são importantes para: **a)** a determinação da sua qualidade, **b)** a seleção de materiais genéticos superiores, **c)** o beneficiamento e o controle de processos industriais e **d)** as diversas utilizações. Dentre as propriedades físicas da madeira, aquelas mais comumente avaliadas são: a umidade, a densidade e as contrações lineares e volumétricas. A umidade descreve a massa de água presente no lenho em relação à massa seca de madeira, em porcentagem. A densidade expressa a relação da massa pelo volume, em determinada umidade (em Kg/m^3 ou g/cm^3). As contrações ou as retratibilidades informam a variação dimensional que ocorre com a perda de umidade da madeira. Os valores das propriedades físicas da madeira de mogno-africano, procedentes de extrativismo e de silvicultura de diversos países e localidades no Brasil, são listados nas **Tabelas 3 e 4**.

Tabela 3. Valores médios das propriedades físicas de madeiras de diferentes espécies de mogno-africano procedentes de extrativismo de diversos países da África.

| Espécie | País de origem | DA* (g/cm ³) | DB (g/cm ³) | CT (%) | CR (%) | CV (%) | Autor |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|------------------------------|
| <i>Khaya</i> sp. ^a | - | 0,57 | - | 5,90 | 3,90 | 11,10 | Acajou D'Afrique (1979) |
| <i>Khaya</i> sp. | - | - | - | 4,50 | 2,50 | 8,80 | Glass; Zelinka (2010) |
| | Gana | - | 0,56 | 5,60 | 3,70 | 11,00 | Jankowska (2018) |
| <i>K. anthotbeca</i> | Gana | 0,55 | - | 7,25 | 4,50 | 10,50 | Donkor (1997) |
| | Uganda | - | 0,48 | - | - | - | Zziwa et al. (2010) |
| | Congo ^b | - | 0,47 | - | - | 9,61 | Kalendi et al. (2016) |
| | Congo ^c | - | 0,47 | - | - | 10,11 | |
| <i>K. grandifoliola</i> | Gana | 0,72 | - | 5,75 | 3,50 | 9,50 | Donkor (1997) |
| | Benim | - | 0,59 | 7,83 | 3,80 | - | Gbaguidi Aisse et al. (2008) |
| <i>K. ivorensis</i> | - | 0,44 | - | - | - | - | Brown (1997) |
| | Gana | 0,51 | - | 5,75 | 3,50 | 11,20 | Donkor (1997) |
| | - | 0,42 | - | 8,40 | 5,00 | - | Lemmens (2008) |
| | - | 0,49 | - | 5,95 | 3,30 | - | Pinheiro et al. (2011) |
| | - | 0,57 | - | 5,50 | 3,70 | - | CIRAD (2012) d |
| | Nigéria | - | 0,53 | - | - | 12,94 | Jamala et al. (2013) |
| | Gana | 0,51 | - | - | - | - | Appiah-Kubi et al. (2016) |
| <i>K. senegalensis</i> | - | 0,60 | - | - | - | - | Brown (1997) |
| | Gana | 0,74 | - | 7,30 | 4,55 | 10,90 | Donkor (1997) |
| | Benim | - | 0,72 | 7,55 | 3,66 | - | Gbaguidi Aisse et al. (2008) |
| | - | 0,62 | - | 5,75 | 4,95 | - | Nikiema; Pasternak (2008) |

* DA: Densidade aparente a 12,00% de umidade; DB: Densidade básica; CT, CR e CV: Contrações tangencial, radial e volumétrica, respectivamente; a Valores médios das propriedades dos lenhos de *K. anthotbeca*, *K. grandifoliola* e *K. ivorensis*; b Zona 1 - Floresta de Transição de Meia Altitude; c Zona 2 - Floresta Densa Úmida de Baixa Altitude; e d CIRAD = Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

Tabela 4. Valores médios das propriedades físicas das madeiras de diferentes espécies de mogno-africano procedentes de silvicultura de diversos países.

| Espécie | Local de plantio | Idade (anos) | DA* (g/cm ³) | DB (g/cm ³) | CT (%) | CR (%) | CV (%) | Autor |
|------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|--------|---------------------------|-----------------------------|
| <i>Khaya sp.</i> | Senhora de Oliveira/MG | 18 | - | 0,56 | 6,42 | 4,20 | 10,47 | Silva et al. (2017) § |
| <i>K. anthoteca</i> | Tanzânia | 23 | - | 0,33 | - | - | - | Muiambo (2016) |
| <i>K. ivorensis</i> | Nerópolis/GO | 7 | - | 0,38 | - | - | - | Moraes (2017) |
| | Malásia | 8 | - | 0,46 | - | - | - | Siam et al. (2015) |
| | Nossa Senhora do Livramento/MT | 10 | - | 0,53 | - | - | - | Mariano et al. (2017) |
| | Seropédica/RJ | 10 | 0,63 | 0,47 | - | - | 16,85 | Carvalho et al. (2010) |
| | São Miguel do Guamá/PA | 11 | - | 0,49 | 7,00 | 4,00 | 10,60 | Rezende et al. (2012) |
| | Malásia | 15 | - | 0,53 | - | - | - | Siam et al. (2015) |
| | Linhares/ES | 19 ^a | 0,53 | 0,43 | - | - | 9,28 | Silva (2014) |
| | | | - | 0,49 | 5,58 | 3,39 | 9,18 | França et al. (2015) |
| Gana | 43 | 0,54 | - | - | - | - | Appiah-Kubi et al. (2016) | |
| <i>K. senegalensis</i> | Austrália | 8 | - | 0,60 ^b | - | - | - | Brennan e Radomiljac (1998) |
| | Nigéria | 9 | 0,73 | - | 3,95 | 1,97 | 6,63 | Sotannde et al. (2015) |
| | São Miguel do Guamá/PA | 11 | - | 0,51 | 7,50 | 3,50 | 10,70 | Rezende et al. (2012) |
| | Ouro Preto do Oeste/RO | 17 | 0,73 | 0,52 | 6,48 | 4,50 | 11,00 | Mascarenhas (2015) |
| | Austrália | 18 | - | 0,64 | 4,10 | 3,08 | - | Zbonak et al. (2010) |
| | Linhares/ES | 19 ^a | 0,74 | 0,57 | - | - | 11,86 | Silva (2014) |
| | | | - | 0,59 | 5,57 | 3,11 | 8,98 | França et al. (2015) |
| | Austrália | 20 | - | 0,67 | 4,09 | 3,00 | - | Zbonak et al. (2010) |
| Austrália | 32 | - | 0,64 | 2,50 ^c | 1,80 ^c | - | Armstrong et al. (2007) | |

* DA: densidade aparente a 12,00% de umidade; DB: densidade básica; CT, CR e CV: contração tangencial, radial e volumétrica, respectivamente. § dados não publicados; a Mesmo material, porém forma de amostragem diferente entre os autores b Amostras de cerne; c Valores de contração parcial da madeira saturada até 12,00% umidade.

Entre as espécies de mogno-africano de origem natural, a madeira de *K. senegalensis* e *K. grandifoliola* são as mais densas e, conforme a classificação do CIRAD (2012), possuem densidade aparente mediana ($0,65 \text{ g/cm}^3$ a $0,80 \text{ g/cm}^3$), seguidas da *K. anthotheca* e *K. ivorensis*, ambas de baixa densidade aparente ou leves ($< 0,65 \text{ g/cm}^3$). Para as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, observam-se as seguintes faixas de variação da densidade aparente da madeira, $0,42 \text{ g/cm}^3$ a $0,57 \text{ g/cm}^3$ e $0,60 \text{ g/cm}^3$ a $0,74 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Valores semelhantes das densidades da madeira entre os diferentes ambientes de crescimento podem ser observadas para *K. anthotheca* proveniente de duas tipologias florestais do Congo, e para *K. ivorensis* colhidas em dois ambientes naturais de Gana.

As madeiras de *K. anthotheca* de origens naturais apresentam contrações tangencial e radial medianas; as madeiras de *K. grandifoliola* têm contrações tangenciais baixas a medianas, porém baixas contrações radiais. As madeiras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* apresentaram contrações baixas a medianas, conforme o método de classificação do CIRAD (2012). As variações das propriedades físicas das madeiras de mogno-africano de origens naturais, dentro de uma mesma espécie, podem ser atribuídas às diferenças etárias, às características dos ambientes de crescimento, aos genótipos e às formas de amostragens das árvores e das madeiras.

São evidentes as diferenças nas propriedades físicas dos lenhos de mogno-africano colhidos no Brasil, o que está diretamente relacionado à variabilidade intrínseca da madeira, seja entre espécies ou dentro de uma mesma espécie. Isto pode ser atribuído às diferenças entre os genótipos, as idades de avaliações, às condições ambientais dos locais de plantio, dentre outras.

No geral, as densidades básicas da madeira de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* provenientes de plantações variam de $0,38 \text{ g/cm}^3$ a $0,54 \text{ g/cm}^3$ e de $0,51 \text{ g/cm}^3$ a $0,67 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Para ambas espécies e ao se isolar os materiais

plantados em diferentes países, observa-se que há incremento da densidade básica com o aumento da idade das árvores. As madeiras de *K. ivorensis*, com mesmas idades de cortes possuem diferenças quanto às densidades básicas, as quais podem ser explicadas pelos genótipos, pelas condições edafoclimáticas dos locais de plantio, pelos tratos silviculturais conduzidos e pelos métodos de amostragens das madeiras.

Para a maioria dos casos, as contrações das madeiras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* provenientes de plantações diminuem com aumento das idades de cortes. As madeiras de ambas espécies apresentam contrações tangenciais e radiais classificadas como baixas à medianas.

O fator anisotrópico, ou seja, a relação entre as contrações tangencial e radial da madeira de *K. ivorensis* foi igual a 1,50, sendo classificada como de excelente estabilidade dimensional (Silva, 2013). A espécie *K. ivorensis*, quando plantada em Linhares, ES, apresentou média de 1,83, enquanto para a madeira de *K. senegalensis* foi observado valor de 1,71 (Silva, 2014). Para a madeira de *Khaya* sp. de origem natural foi observado fator anisotrópico médio de 1,60 (Acajou D'Afrique, 1979).

Ao considerar as lacunas existentes nas **Tabelas 3 e 4** e, também, mais adiante na **Tabela 5**, para os valores das propriedades físicas e mecânicas da madeira de mogno-africano nativo e plantado, percebe-se a importância de novos estudos de caracterização tecnológica da madeira dessas espécies. Os valores médios de muitas propriedades da madeira de mogno-africano, bem como a sua variabilidade e suas implicações no beneficiamento e uso, ainda precisam ser determinados e avaliados.

Para a maioria das aplicações e das operações de beneficiamento são fundamentais avaliações das densidades e das variabilidades das madeiras. A seguir, serão descritos exemplos de densidades da madeira observadas para

o mogno-africano provenientes de consórcio e de origem seminal e clonal, em diferentes posições de amostragens no interior da árvore e em diferentes espaçamentos de plantios.

Consórcio: A madeira de *K. ivorensis*, com diâmetro de 65,00 cm, colhida aos 18 anos de idade, quando consorciada com pimenta do reino, no espaçamento de 7,00 m x 15,00 m, em Paragominas, PA, apresentou média de densidade básica de 0,54 g/cm³ (Santana et al., 2015). Este valor de densidade da madeira pode ser considerado alto, mediante a faixa de variação observada para a espécie.

Origem seminal e clonal: A madeira de *K. ivorensis* proveniente de plantação comercial em Pirapora, MG, no espaçamento de 6,00 m x 6,00 m, amostrada aos 2 anos de idade, apresentou densidade básica semelhante entre os materiais de origem seminal e clonal, com médias de 0,48 g/cm³ e 0,49 g/cm³, respectivamente. Para ambos os materiais, a densidade aumentou da região próxima à medula até metade do raio (posição intermediária), com uma leve queda nas proximidades da casca (Soranso et al., 2014). Destaca-se que a idade jovem de avaliação da madeira pode ter contribuído para este resultado, sendo importante a avaliação das propriedades da madeira de origem seminal e clonal em idades mais avançadas, nas quais se observe alto incremento em diâmetro e altura das árvores, além de níveis de competição no povoamento.

Variabilidade dentro da árvore: A densidade da madeira de *K. senegalensis*, colhida aos 49 anos de idade, permaneceu uniforme da medula para a casca, em todos os níveis de altura do fuste avaliados, com média de 0,62 g/cm³. Uma tendência de aumento gradual da densidade ocorreu da base para o topo das árvores. Contudo, nenhuma relação substancial e definitiva foi percebida entre a densidade da madeira e a taxa de crescimento das árvores (Perera; Amarasekara, 2003).

A densidade aparente da madeira de *K. ivorensis*, colhida aos 5 anos, em Pirapora, MG, aumentou da medula para a casca sem uma tendência de estabilização, com comportamento semelhante para todos os espaçamentos de plantio avaliados. Na região central, próxima à medula, a densidade foi menor, sendo que esse resultado pode estar relacionado ao maior incremento radial nos primeiros anos, tendo em vista que as condições favoráveis ao crescimento usualmente contribuem para menores valores de densidade da madeira (Soranso et al., 2016).

No que se refere à densidade básica da madeira, as espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* possuem comportamentos semelhantes quanto às variações no sentido base-topo das árvores (**Figura 12**). A densidade decresceu da base até 50,00% da altura comercial e cresceu deste ponto até 100,00% da altura comercial. Apesar das espécies apresentarem a mesma tendência de variação da densidade no sentido base-topo, a madeira de *K. ivorensis* possuiu maior incremento (8,00%) da densidade quando amostrada no diâmetro à altura do peito, em relação à posição de 100,00% (França et al., 2015).

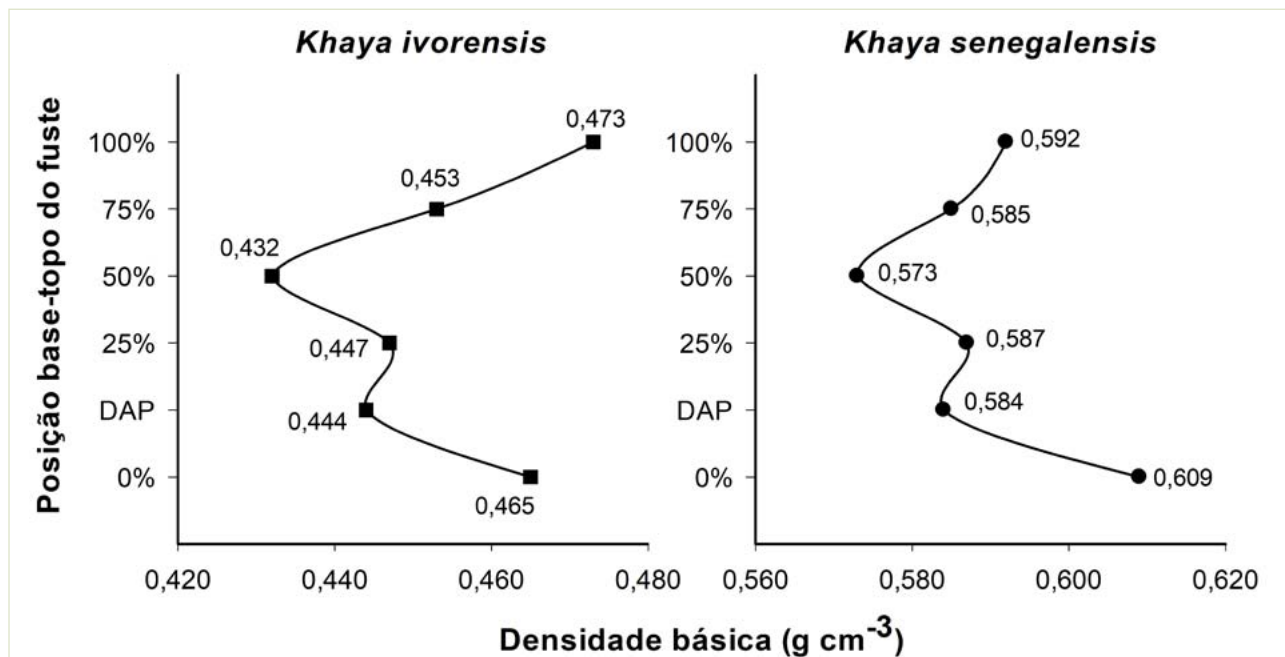


Figura 12. Variações das estimativas de densidade básica da madeira, ao longo dos fustes, para as espécies *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, colhidas aos 19 anos, em Linhares, ES. Fonte: Adaptado de França et al. (2015).

Na idade de 7 anos, as madeiras de *K. ivorensis* provenientes de plantio comercial no município de Nerópolis, GO apresentaram modelos característicos de variação base-topo para a densidade básica: i) redução da densidade da base até a posição de 50,00% da altura comercial; ii) em seguida, aumento até o topo da árvore, porém com valores inferiores ao observados na base da árvore (Moraes, 2017). Este modelo de variação da densidade básica também foi observado para a madeira dessa espécie, colhida aos 10 anos de idade, em área experimental em Nossa Senhora do Livramento, MT (Mariano et al., 2017).

As densidades básicas das madeiras de *K. ivorensis*, plantadas na Malásia, diminuíram linearmente ao longo da altura do fuste para as idades de 8 anos e 15 anos. As maiores espessuras das paredes e dos comprimentos das fibras das madeiras contribuíram para maiores densidades nas regiões das bases das árvores (Siam et al., 2015). Houve uma redução de 14,80% na densidade aparente com o aumento da altura do fuste na madeira de *K. senegalensis*, colhida aos 9 anos, na Nigéria (Sotannde et al., 2015). Houve também aumento das contrações lineares e volumétricas das madeiras ao longo do tronco (Sotannde et al., 2015).

Espaçamento: As áreas úteis de diferentes espaçamentos não influenciaram significativamente nas densidades aparentes das madeiras de *K. ivorensis*, colhidas aos 5 anos, com médias variando de $0,59 \text{ g cm}^{-3}$ a $0,61 \text{ g cm}^{-3}$ (Soranso et al., 2016). A idade juvenil de avaliação tem efeito direto na uniformidade dessas densidades aparentes, pois os níveis de competição dentro dos talhões foram baixos e não houve alterações nas morfologias das fibras, os quais conseqüentemente, mantiveram os valores das densidades semelhantes.

Propriedades mecânicas da madeira de mogno-africano

As propriedades mecânicas avaliam a capacidade da madeira em suportar as cargas e os esforços externos nas suas diversas utilizações. O conhecimento das propriedades mecânicas das madeiras de mogno-africano, sejam procedentes de extrativismo ou de silvicultura, em idades jovens ou avançadas, é importante para a correta definição de suas aplicações. As variações das propriedades mecânicas têm efeitos diretos nas qualidades das madeiras e, conseqüentemente, na segurança e no ciclo de vida dos produtos a serem produzidos.

Os valores das propriedades mecânicas das madeiras de diferentes espécies de mogno-africano procedentes de extrativismo e de silvicultura são listados na **Tabela 5**.

Quanto à resistência (módulo de ruptura) e à rigidez da madeira (módulo de elasticidade) no ensaio de flexão estática, as árvores nativas de mogno-africano podem ser classificadas na seguinte ordem decrescente: *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *K. anthotheca*. No geral, a madeira de *K. anthotheca* de origem natural apresenta mediana resistência à compressão paralela, baixa resistência ao cisalhamento e baixos valores de módulo de ruptura e módulo de elasticidade. A madeira de *K. ivorensis* possui mediana resistência à compressão, média a alta resistência ao cisalhamento, altos valores de módulo de ruptura e valores de módulo de elasticidade classificados como baixos a medianos. A madeira de *K. senegalensis* tem alta resistência à compressão e valores altos e médios de módulo de ruptura e módulo de elasticidade, respectivamente.

Para as madeiras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis*, plantadas no Brasil, observam-se incrementos nos valores de resistência à compressão paralela às fibras e nos

Tabela 5. Valores médios das propriedades mecânicas das madeiras de diferentes espécies de mogno-africano de extrativismo e de silvicultura, a 12,00% de umidade, procedentes de diversos países e locais do Brasil.

| Madeira de mogno-africano de extrativismo | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------|-----------|-------------------|---------------------------|
| Espécie | País de origem | Compressão paralela (MPa) | Cisalhamento (MPa) | Flexão estática | | Dureza Janka (KN) | Autor |
| | | | | MOR (MPa) | MOE (GPa) | | |
| <i>Khaya</i> sp. | - | 44,50 | 10,30 | 73,80 | 9,70 | 3,70 | Kretschmann (2010) |
| <i>K. anthotbeca</i> | Uganda | 35,60 | 7,37 | 50,30 | 9,39 | - | Zziwa et al. (2010) |
| <i>K. ivorensis</i> | - | - | - | 82,74 | 9,03 | 3,83 | Chudnoff (1984) |
| | - | 42,50 | 10,00 | 96,74 | 9,75 | 3,46 | Lemmens (2008) |
| | Nigéria | - | - | 94,82 | 8,19 | - | Jamala et al. (2013) |
| | Gana | 34,42 | 11,99 | - | - | - | Appiah-Kubi (2008) |
| | | - | - | 73,90 | 9,11 | - | Appiah-Kubi et al. (2016) |
| <i>K. senegalensis</i> | - | - | - | 97,22 | 10,62 | 6,01 | Chudnoff (1984) |
| | - | 54,00 | - | 102,00 | 9,80 | - | Nikiema; Pasternak (2008) |
| Madeira de mogno-africano de silvicultura | | | | | | | |
| Espécie | Local / idade (Anos) | Compressão paralela (MPa) | Cisalhamento (MPa) | Flexão estática | | Dureza Janka (KN) | Autor |
| | | | | MOR (MPa) | MOE (GPa) | | |
| <i>Khaya</i> sp. | Senhora de Oliveira - MG / 18 | 51,00 | 13,39 | - | - | 5,30 | Silva et al. (2017) § |
| <i>K. ivorensis</i> | São Miguel do Guamá - PA / 11 | 22,85 | - | 54,33 | 7,90 | - | Rezende et al. (2012) |
| | Paragominas - PA / 18 | 37,45 | - | - | - | - | Santana et al. (2018) |
| | Linhares - ES / 19 | 43,10 | 12,60 | 78,40 | 9,58 | - | França et al. (2015) |
| | Gana / 43 | 38,29 | 14,31 | - | - | - | Appiah-Kubi (2008) |
| | Gana / 43 | - | - | 81,47 | 9,23 | - | Appiah-Kubi et al. (2016) |
| <i>K. senegalensis</i> | São Miguel do Guamá - PA / 11 | 21,08 | - | 42,66 | 5,25 | - | Rezende et al. (2012) |
| | Ouro Preto do Oeste - RO / 17 | 26,51 | - | 56,05 | 4,84 | - | Mascarenhas (2015) |
| | Linhares - ES / 19 | 46,10 | 18,60 | 83,2 | 10,17 | - | França et al. (2015) |
| | Austrália / 32 | - | 17,3 | 81,7 | 8,30 | 6,40 | Armstrong et al. (2007) |
| | Aswan - Egito / 36 ^a | 63,10 | 15,80 | 124,60 | 12,60 | - | Ebeid et al. (2011) |
| | Aswan - Egito / 36 ^b | 57,90 | 13,00 | 110,10 | 10,68 | - | Ebeid et al. (2011) |

§ Dados não publicados; MOR: módulo de ruptura; MOE: módulo de elasticidade; a Parcela com espaçamento de 5,00 m x 5,00 m; b Linha simples com espaçamento entre árvores de 5,00 m.

valores de módulo de ruptura e módulo de elasticidade com o avançar da idade. A madeira de ambas espécies pode ser classificada como tendo baixa à média resistência à compressão e rigidez (módulo de elasticidade) e valores medianos de resistência à flexão estática (módulo de ruptura).

França et al. (2015) relataram que a madeira de *K. senegalensis* possuiu maior resistência mecânica comparada à madeira de *K. ivorensis*, em função da maior densidade desta espécie. Todavia, Rezende et al. (2012) encontraram valores superiores de resistência mecânica para a madeira de *K. ivorensis*. Esta divergência confirma o efeito da variabilidade da madeira nas suas propriedades mecânicas.

Os valores das propriedades de resistência mecânica da madeira de *K. senegalensis*, aos 36 anos, proveniente de parcela com espaçamento de 5,00 m x 5,00 m, foram superiores aos observados para as madeiras de árvores que cresceram em linha única, distanciadas a 5,00 m. As diferenças nas resistências mecânicas das madeiras das espécies foram atribuídas aos valores divergentes de densidade da madeira, por condições de plantios (Ebeid et al., 2011).

Composição química da madeira de mogno-africano

A madeira é formada pelo arranjo na parede celular de três componentes químicos macromoleculares: celulose, lignina e hemicelulose. Em adição a estes componentes, existem inúmeras substâncias acidentais ou estranhas, denominadas extrativos, que representam pequena parte da constituição da madeira, mas que possuem grandes efeitos nas suas propriedades e no seu processamento. Em relação à composição química elementar da madeira, destacam-se: carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio.

O estudo da composição química da madeira de mogno-africano é importante para avaliação da sua durabilidade natural, das propriedades do cerne e do alburno, da consolidação e da formação da cor, das respostas aos tratamentos silviculturais, principalmente à adubação e dos seus possíveis efeitos na usinagem, no acabamento e na colagem de peças sólidas. Na caracterização dos subprodutos gerados pelo desdobro e pela usinagem da madeira, a descrição da composição química contribuirá para o aproveitamento mais eficiente do material.

A madeira da espécie *K. senegalensis*, quando comparada com a madeira de *K. ivorensis*, possuiu teor de extrativos levemente superior. Todavia, somente para extração em água fria ocorreu uma diferença significativa nos valores médios de teor de extrativos. Para essas espécies, a média de teor de extrativos em etanol: tolueno variou de 8,60% a 9,00% (França, 2014).

Os teores de extrativos totais e de lignina na madeira de *K. ivorensis*, aos 10 anos de idade, colhida em Nossa Senhora do Livramento, MT, variaram de 5,26% a 7,88% e de 29,27% a 31,47%, respectivamente. Foram observadas diminuições lineares nos teores de extrativos e de lignina das madeiras dessa espécie, ao longo dos troncos (Mariano et al., 2017).

Os taninos são substâncias amorfas que desempenham papéis de proteção e de regulação do crescimento de espécies de plantas e possuem aplicações nos curtumes, na fabricação de vinhos e de cervejas, nas áreas petroleiras, industriais e medicinais (Ejikeme et al., 2014). Athomo et al. (2018) destacaram o potencial dos taninos condensados de *K. ivorensis* para a produção de adesivos, a fim de aumentar o valor agregado do aproveitamento dos resíduos madeireiros.

As concentrações de carbono nas madeiras de *K. ivorensis* colhidas em Gana, aos 7 anos e 12 anos de idade, foram de 47,20% e 46,60%, respectivamente (Yeboah, 2011). As iniciativas de estudos sobre a avaliação da concentração de

carbono em florestas de mogno-africano (dentre outras espécies florestais) tem por objetivo promover o desenvolvimento das plantações pela sua capacidade de sequestrar e armazenar o carbono atmosférico. Assim, ao mesmo tempo em que ocorre a formação da matéria-prima valiosa para a indústria, também contribui para a fixação de parte dos níveis crescentes de CO₂ presente na atmosfera. Há também possibilidade de obtenção de renda extra e agregação de valor à floresta com os créditos de carbono.

Durabilidade natural da madeira de mogno-africano

A durabilidade natural pode ser definida como a resistência inerente de uma espécie madeireira ao apodrecimento causado por fungos e ao ataque de insetos e de brocas marinhas (Armstrong et al., 2007). Em razão do impacto econômico causado pelos organismos xilófagos, ou seja, por aqueles que deterioram a madeira, a durabilidade natural é um atributo importante para a maioria das utilizações, principalmente quando o foco é o uso da madeira sólida.

A capacidade de certas espécies madeireiras de resistir à deterioração se deve à presença dos extrativos de caráter biocida que ocorrem, principalmente, no cerne da madeira. Por isso, a durabilidade natural é frequentemente atribuída ao cerne, ou seja, a sua capacidade natural de resistir à podridão e ao ataque de insetos xilófagos. Além disso, o cerne mais interno é menos durável que o cerne próximo à transição para ao alburno, o que tem relação com a formação da madeira em idades mais avançadas (Opuni-Frimpong et al., 2016).

Quanto à durabilidade natural da madeira de *K. ivorensis* e de *K. senegalensis* (densidade seca ar variando de $0,46 \text{ g cm}^{-3}$ a $0,57 \text{ g cm}^{-3}$ e $0,65 \text{ g cm}^{-3}$ a $0,90 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente) de origem natural de Gana, referente ao ataque do cupim *Coptotermes formosanus* (espécie asiática) em testes de alimentação forçada, foram observadas diferenças de resistência entre as espécies. A madeira de *K. ivorensis* teve dano superficial e 0,00% de sobrevivência dos cupins, após 8 semanas de exposição, ou seja, ocorreu uma deterioração exploratória da madeira antes da morte dos insetos, que foi causada por inanição ou por substância tóxica volátil da madeira. Já para a madeira de *K. senegalensis* não ocorreu dano estrutural e houve 13,00% de sobrevivência dos cupins. Como insetos não degradaram a madeira, o seu caráter biocida não teve ação direta na mortalidade, somente o de repelência, cujo o efeito não atingiu um estado crítico para a maioria dos cupins (Bultman et al., 1978). Adiciona-se a esses resultados as diferenças de densidade e de teor de extrativos do lenho das duas espécies.

Foi encontrada baixa porcentagem de perda de massa da madeira, após o ataque de cupins subterrâneos (*Coptotermes curvignathus*), em testes de alimentação forçada, para a espécie *K. ivorensis* proveniente de plantações em idade jovem de desbaste (14 anos a 16 anos) e mais avançada (acima de 40 anos). Obviamente, os extrativos aquosos ou voláteis de *K. ivorensis* possuem excelente propriedade termiticida aos cupins subterrâneos. Não foram percebidas diferenças significativas na porcentagem de perda de massa da madeira em idades mais jovens e adultas. Contudo, quando a madeira foi submetida a teste de campo, durante 16 semanas, no qual não se controla as espécies de cupins, as amostras foram destruídas ou severamente atacadas, sem influência da idade (Kadir; Asseat, 2017).

A deterioração da madeira por fungos é feita pela quebra dos componentes da lignina, da celulose e da hemicelulose. Os fungos de podridão branca atacam todos os polissacarídeos (hemicelulose e celulose) e podem modificar a

lignina, enquanto que os fungos de podridão parda degradam a celulose e não a lignina (Ejechi et al., 1996).

A madeira de *K. ivorensis* de origem natural de Camarões foi muito susceptível ao ataque de fungos de podridão branca e resistente ao ataque de fungos da podridão parda. Adicionalmente, a madeira foi considerada altamente resistente para aplicações acima do solo e não resistente em contato direto com o solo (Nzokou et al., 2005).

Diferenças na resistência da madeira, quanto à podridão por fungos, foram percebidas entre as espécies de *K. ivorensis* e de *K. senegalensis*, aos 19 anos de idade e, também, entre as amostras de cerne e alburno de cada espécie (França et al., 2016), sendo detalhadas a seguir:

- a) O alburno de *K. ivorensis* foi resistente ao ataque de fungos de podridão mole, não resistente à podridão branca e resistente (*Postia placenta*) a moderadamente resistente (*Gloeophyllum trabeum*), dependendo do fungo de podridão parda;
- b) O cerne de *K. ivorensis* foi altamente resistente ao ataque de fungos de podridão mole, resistente (*Irpex lacteus*) e não resistente (*Trametes versicolor*) à podridão branca e resistente (*Postia placenta*) a moderadamente resistente (*Gloeophyllum trabeum*) à podridão parda, como observado para o alburno.
- c) O alburno de *K. senegalensis* foi resistente à podridão mole, não resistente à podridão branca e moderadamente resistente à podridão parda (*Postia placenta*).
- d) O cerne de *K. senegalensis* foi considerado altamente resistente à deterioração causada por fungos de podridão parda, branca e mole.

No geral, os cernes das duas referidas espécies de mogno-africano foram mais resistentes à podridão por fungos, sendo a mesma tendência também percebida para a resistência da madeira ao ataque de cupins. As madeiras dos cernes dessas espécies possuem algum tipo de extrativo com propriedades tóxicas ou repelentes a fungos e cupins.

O gênero *Khaya* é rico em extrativos, que são mais abundantes e acessíveis na casca e despertam grande interesse para a proteção de madeiras de baixa durabilidade natural, devido ao seu potencial pesticida. O perfil termiticida de extratos de cascas de *K. ivorensis* contra cupins de alimentação subterrânea foi investigada em testes de campo para outras espécies madeireiras, sendo comprovado o seu potencial como agente natural no tratamento da madeira para controle dos cupins de solo (Adedeji et al., 2018).

Os extratos das serragens obtidas do alburno e do cerne de *K. ivorensis*, aos 80 anos de idade, proveniente de floresta natural do Gabão não diminuíram as taxas de crescimento do fungo de podridão branca *Coriolus versicolor* em meios de cultura. Os extratos, em diferentes concentrações, não apresentaram moléculas com atividades biocidas ao fungo avaliado (Athomo et al., 2018).

Em resumo, as madeiras de *K. ivorensis* e de *K. senegalensis* apresentam boas resistências aos ataques de algumas espécies de cupins, em ambientes acima do solo. O cerne da madeira de *K. senegalensis* é resistente aos ataques de fungos causadores das podridões mole, parda e branca. Já a madeira de *K. ivorensis* é mais susceptível aos ataques de fungos de podridão branca, com boas resistências às podridões mole e parda. Entende-se também que as espécies de mogno-africano ainda necessitam de investigações mais completas sobre a durabilidade natural de suas madeiras, sendo necessário avaliar as potencialidades dos cernes das madeiras de desbastes aos ataques de cupins, de fungos e de brocas, bem como os desempenhos operacionais e financeiros de diferentes métodos de tratamentos com produtos preservativos.

Outras características

Propostas de pesquisas e de desenvolvimento necessárias ao domínio e sucesso das plantações de *K. senegalensis* para a conversão em produtos sólidos na Austrália foram apresentadas por Nikles et al. (2008). Essas propostas também podem ser aplicadas para outras espécies de *Khaya* e à silvicultura brasileira em geral. Os autores propuseram identificar critérios de qualidade da madeira que afetam o retorno financeiro, avaliar árvores potencialmente superiores pelos critérios de qualidade, determinar padrões de variação regionais destes critérios, desenvolver tecnologias de conversão e de processamento adequadas para a utilização e produção de bens de maior valor agregado, encontrar usos apropriados para madeiras de desbaste, realizar monitoramentos de insetos-pragas e de doenças e estabelecer uma base de dados dessas informações além de ampliar e manter parcelas experimentais permanentes e representativas.

Em adição, é relevante compreender as propriedades e as qualidades das madeiras provenientes de plantações irrigadas e de diferentes práticas silviculturais de espécies de mogno-africano (Brennan; Radomiljac, 1998).

O potencial de uso de uma espécie madeireira também é dependente da sua adesão ou capacidade de ser colada satisfatoriamente. Isto ocorre por causa das menores dimensões das toras, isto é, ocorrência de colheita em idade cada vez mais jovem e pelo aumento da demanda por produtos compósitos e projetados para aplicações estruturais e de revestimento. No geral, a madeira de mogno-africano pode ser colada com sucesso, utilizando adesivos de ureia formaldeído, sendo a resistência ao cisalhamento na linha de cola bem próxima daquela observada na madeira sólida (Armstrong et al., 2007).

Painéis sólidos colados de *K. senegalensis* oriundos de madeiras colhidas aos 8 anos na Austrália apresentaram média de 82,00% de falha na madeira, após

o ensaio de cisalhamento na linha de cola de ureia formaldeído. A resistência da linha de cola foi satisfatória, uma vez que a falha na madeira média para todas as amostras foi superior ao limite mínimo de 60,00%, estipulado por norma técnica (Brennan; Radomiljac, 1998).

Em relação à usinagem da madeira de *K. ivorensis*, aos 10 anos, bons resultados foram encontrados para os testes de lixa, de desempenho, de furação para dobradiça, de rasgo e de fendilhamento por prego, tendo sido observada avaliação regular apenas para a furação para cavilha. Com isso, esta espécie apresentou bom desempenho nos testes para ser utilizada na indústria moveleira ou para fins de acabamento superficial (Carvalho et al., 2010).

A madeira de *K. ivorensis* retornou uma melhor qualidade de superfície usinada, quando comparada a *K. senegalensis*, ambas com 11 anos e oriundas do município de São Miguel do Guamá, PA (Silva et al., 2012). A madeira de *K. ivorensis* também proporcionou menor consumo de energia específica nos cortes longitudinal e transversal, em diferentes parâmetros de usinagem (Andrade; Silva, 2014).

Considerações Finais

As madeiras de mogno-africano procedentes do Brasil ou de outros países possuem variabilidades das propriedades tecnológicas que estão diretamente relacionadas à espécie, ao material genético, à idade, aos locais de plantio e à condução da floresta. No geral, as madeiras dessas espécies apresentam valores medianos em suas propriedades físico-mecânicas. Alterações na durabilidade natural dessas madeiras podem ocorrer em função do ambiente de exposição e das espécies de organismos xilófagos.

Pesquisas sobre a qualidade da madeira do mogno-africano ainda são escassas, sendo importante a implementação de programas de pesquisas e de experimentos que considerem os diferentes materiais genéticos, ambientes de crescimento, espaçamentos de plantio, tratos silviculturais e idades de corte, para permitir maior conhecimento sobre o material que vem sendo produzido e as adequações que podem auxiliar na condução da floresta, no beneficiamento e na utilização da madeira, de forma a ponderar a melhor relação benefício-custo.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9487**: classificação da madeira serrada de folhosas. Rio de Janeiro, 1986. 32 p.

ACAJOU D'AFRIQUE. **Revue Bois et Forêts des Tropiques**, n. 183, p. 33-48, 1979.

ACERBI JÚNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. Manejo para a produção de múltiplos produtos da madeira de eucalipto. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Org.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. p. 163-193.

ADEDEJI, G. A.; OGUNSANWO, O. Y.; EGUAKUN, F. S.; ELUFIOYE, T. O. Chemical composition and termiticidal activity of *Khaya ivorensis* stem bark extracts on woods. **Maderas Ciencia y Tecnología**, v. 20, n. 3, p. 315-324, 2018. DOI: 10.4067/S0718-221X2018005003201.

AJUZIUGU, G. C.; NWOSU, M. O.; NZEKWE, U.; ONYEKE, C. C.; ODO, G. E.; NWOSU EJIKEME, P. M.; ONYEONAGU, C. C. Biomechanics, an aspect of the relationships between wood anatomical parameters and mechanical strength in ten Nigerian timber species. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 5, n. 2, p. 628-645, 2014.

ALMEIDA, M. N. F.; SANTOS, L. M. H.; SILVA, J. G. M.; ROCHA, S. M. G.; VIDAURRE, G. B.; FRANÇA, F. J. N.; AMORIM, T. S. F. Avaliação da deformação residual longitudinal em árvores de mogno-africano antes e após o corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 3., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBCTEM, 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbctem/papers/avaliacao-da-deformacao-residual-longitudinal-em-arvores-de-mogno-africano-antes-e-apos-o-corte>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

ANDRADE, A. C. A.; SILVA, J. R. M. Consumo energético no processo de corte de mogno- africano. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 14., 2014, Natal. **Anais...** Natal: EBRAMEM, 2014. CD-ROM.

APPIAH-KUBI, E.; KANKAM, C. K.; FRIMPONG-MENSAH, K.; OPUNI-FRIMPONG, E. The bending strength and modulus of elasticity properties of plantation-grown *Khaya ivorensis* (*African mahogany*) from Ghana. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**, v. 13, n. 1, p. 48-54, 2016. DOI: 10.1007/s13196-016-0165-7.

APPIAH-KUBI, E. The mechanical properties of plantation grown *Khaya ivorensis* from Ghana. In: STEPHEN, T. L.; APPIAH-KUBI, E.; ESSIEN, C.; OPUNI-FRIMPONG, E.; KORANG, J.; SARAH, P.; OWUSU, F. W. (Org.). **Wood and lumber quality of plantation grown *Khaya ivorensis***. [S.l.]: ITTO, 2008. p. 40-57.

ARMSTRONG, M.; REILLY, D. F.; LELIEVRE, T.; HOPEWELL, G.; REDMAN, A.; FRANCIS, L; ROBERTSON, R. M. **African Mahogany grown in Australia: wood quality and potential uses**. Barton: Rural Industries Research and Development Corporation, 2007. 94 p. Disponível em: <https://dpiir.nt.gov.au/___data/assets/pdf_file/0010/227728/07-107.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

ATAYDE, C. M.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de muiirapiranga (*Brosimum* sp.). **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 231-235, 2011. DOI: 10.1590/S0104-77602011000200011.

ATHOMO, A. B. B.; ANRIS, S. P. E., SAFOU-TCHIAMA, R.; SANTIAGO-MEDINA, F. J.; CABARET, T.; PIZZI, A.; CHARRIER, B. Chemical composition of African mahogany (*K. ivorensis* A. Chev) extractive and tannin structures of the bark by MALDI-TOF. **Industrial Crops & Products**, v. 113, p. 167-178, 2018. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.01.013.

BRENNAN, G. K.; RADOMILJAC, A. M. Preliminary observations on the utilisation and wood properties of plantation teak (*Tectona grandis*) and African mahogany (*Khaya senegalensis*) grown near Kununurra, Western Australia. **Australian Forestry**, v. 61, n. 2, p. 120-126, 1998. DOI: 10.1080/00049158.1998.10674728.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of Tropical Forests: a primer**. Rome: FAO, 1997. 55 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/W4095E/w4095e00.htm#Contents>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

BULTMAN, J. D.; BEAL, R. U.; AMPONG, F. F. K. **The natural resistance of Ghanaian woods to *Coptotermes formosanus* Shiraki in a force-feeding situation**. Washington: Naval Research Laboratory, 1978. 21 p. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a063302.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

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

CHAMSHAMA, S. A. O.; MUGASHA, A.; WATE, P. Variation in performance of *Eucalyptus tereticornis* provenances at Michafutene, Mozambique. **Silvae Genetica**, v. 48, n. 6, p. 261-266, 1999.

CHUDNOFF, M. **Tropical Timbers of the world**. Madison: Forest Service, 1984. 464 p. Disponível em: <https://www.esf.edu/wus/documents/TropicalTimbersoftheWorld-chud_total.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

CIRAD. Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique Pour le Developpement. **Acajou D'Afrique**. 2012. Disponível em: <http://tropix.cirad.fr/Afr/ACAJOU_D_AFRIQUE.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

DONKOR, B. N. **Stem wood structure of four Ghanaian *Khaya* species**. 1997. 107 f. Thesis (Master of Science in Forestry) - Lakehead University, Thunder Bay.

EBEID, A. F. A.; SAYED, R. M. M.; MONA, M. A. M. Productivity potential and some mechanical wood properties for 36-year-old *Khaya senegalensis* grown by two different plantation methods in Aswan, Egypt. **Journal Plant Production**, v. 2, n. 10, p. 1321-1329, 2011.

EJECHI, B. O.; OBUEKWE, C. O.; OGBIMI, A. O. Microchemical studies of wood degradation by brown rot and white rot fungi in two tropical timbers. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 38, n. 2, p. 119-122, 1996. DOI: 10.1016/S0964-8305(96)00033-9.

EJIKEME, C. M.; EZEONU, C. S.; EBOATU, A. N. Determination of physical and phytochemical constituents of some tropical timbers indigenous to Niger Delta Area of Nigeria. **European Scientific Journal**, v. 10, n. 18, p. 247-270, 2014. DOI: 10.19044/esj.2014.v10n18p%25p.

ELAMIN, E. E.; MAHMOUD, A. E. Effect of air drying, solar-assisted air drying and sticker thickness on mahogany (*Khaya senegalensis*) wood. **Journal of Forestry Research**, v. 4, n. 3, 2015. DOI: 10.4172/2168-9776.1000146.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília, DF: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43 p. (Comunicações técnicas florestais, v. 7, n. 1).

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. **Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 52 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 4). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/388796/1/OrientalDoc4.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; BARAÚNA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno-africano. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 633-640, 2015. DOI: 10.1590/01047760201521041877.

FRANÇA, T. S. F. A. **Caracterização tecnológica das madeiras de duas espécies de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.)**. 2014. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

FRANÇA, T. S. F. A.; FRANÇA, F. J. N.; ARANGO, R. A.; WOODWARD, B. M.; ARANTES, M. D. C. Natural resistance of plantation grown African mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*) from Brazil to wood-rot fungi and subterranean termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 107, p. 88-91, 2016. DOI: 10.1016/j.ibiod.2015.11.009.

GBAGUIDI AISSE, G.; ZOHOUN, S.; KOUCHADE, A. C. **Comparative study of the main technological characteristics of wood of two species of Beninese origin: *Khaya senegalensis* and *Khaya grandifoliola***. 2008. Disponível em: <<https://cyberleninka.ru/article/n/comparative-study-of-the-main-technological-characteristics-of-wood-of-two-species-of-beninese-origin-khaya-senegalensis-and-khaya>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. Moisture relations and physical properties of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: USDA, 2010. p. 80-98. Disponível em: <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

HARRIS, J. M. **Spiral grain and wave phenomena in wood formation**. Berlin: Springer, 1989. 215 p.

HILLIS, W. H.; BROWN, A. G. **Eucalypts for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1984. 434 p.

IAWA. International Association of Wood Anatomists. Committee On Nomenclature. **Multilingual glossary of terms used in wood anatomy**. Verlag-Anst: Buchdruckerei Konkordia, 1964. 185 p.

IBDF. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas**. Brasília, DF: Brasiliense, 1984. 42 p.

ITTO. International Tropical Timber Organization. **Tropical timber market report**, v. 22, n. 1-15, 2018. Disponível em: <http://www.itto.int/mis_detail/>. Acesso em: 24 abr. 2019.

JAMALA, G. Y.; OLUBUNMI, S. O.; MADA, D. A.; ABRAHAM, P. Physical and mechanical properties of selected wood species in tropical rainforest ecosystem, Ondo State, Nigeria. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science**, v. 5, n. 3, p. 29-33, 2013. Disponível em: <<http://iosrjournals.org/iosr-javs/papers/vol5-issue3/G0532933.pdf?id=8074>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

JANKOWSKA, A. Assessment of sorptive properties of selected tropical wood species. **Drvna Industrija**, v. 69, n. 1, p. 35-42, 2018. DOI: 10.5552/drind.2018.1733.

JAYEOLA, A. A.; AWORINDE, D. O.; FOLORUNSO, A. E. Use of wood characters in the identification of selected timber species in Nigeria. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 37, n. 2, p. 28-32, 2009. DOI: 10.15835/nbha3723214.

KADIR, R.; MASSEAT, K. Heartwood durability of *Dyera costulata*, *Neolamarckia cadamba* and *Khaya ivorensis* trees from fast-growth plantations against subterranean termite *Coptotermes curvignathus*. **Holzforschung**, v. 72, n. 2, p. 143-149, 2017. DOI: 10.1515/hf-2017-0067.

KALENDI, M. N.; SAFOU-TCHIAMA, R.; SOULOUNGOUNGA, P.; MABICKA, I. S. B.; NZUE, O. J. L.; TASI, M. J. P.; NDOUTOUME, C. Evaluation of anatomical and physical properties of *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC. from forests of different altitudes in the Democratic Republic of Congo. **Journal of Research in Forestry, Wildlife & Environment**, v. 8, n. 4, p. 116-125, 2016.

KRETSCHMANN, D. E. Mechanical properties of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook**: wood as an engineering material. Madison: USDA, 2010. p. 100-145. Disponível em: <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

KUKACHKA, B. F. **Properties of imported tropical woods**. Madison: Forest Products Laboratory, 1696. Disponível em: <<http://owic.oregonstate.edu/sites/default/files/pubs/PropertiesofImportedTropicalWoods-fplrp125.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_ivorensis_(PROTA))>. Acesso em: 21 abr. 2019.

LIMA, I. L.; FREITAS, J. A.; GARCIA, J. N. Influência da classe diamétrica nos índices de rachadura da madeira em *Liquidambar styraciflua*. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p.117-123, 2013. DOI: 10.4322/floram.2012.064.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; PIEDADE, S. M. S. Rachaduras de extremidades de tora e suas implicações nas rachaduras da madeira serrada. **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 13-24, 2002.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004. DOI: 10.1590/S0100-67622004000100014.

MARGARIDO, M.; PINTO, I.; PEREIRA, H.; USENIUS, A.; ANJOS, O. Caracterização da variação da espessura dos anéis de crescimento em pinheiro bravo. In: CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL, 5., 2005, Viseu. **Actas das Comunicações...** Viseu: Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, 2005. 12 p.

MARIANO, R. R.; SANTANA, R.; OLIVEIRA, J. S. Q.; SOUZA, J. U. B. R.; MENDOZA, Z. M. S. H.; SOUZA, T. R.; ELIAS, M. P. S. Determinação de características químicas e físicas de mogno-africano (*Khaya ivorensis*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 3., 2017, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: SBCTEM, 2017.

MASCARENHAS, A. R. P. **Indicadores de qualidade ambiental e caracterização tecnológica da madeira em sistema agroflorestal multiestratificado**. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura.

MATTOS, P. P.; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 319-326, 2010. Disponível em: <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/102>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

MORAES, M. D. A. **Qualidade e potencial energético da madeira de desbaste de mogno-africano**. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

MUIAMBO, A. G. **Growth and productivity of some selected indigenous tree species in monoculture plots in Morogoro - Tanzania**. 2016. 76 f. Dissertation (Master of Science in Forestry) - Sokoine University of Agriculture, Morogoro.

NIKIEMA, A.; PASTENAK, D. *Khaya senegalensis*. In: LOUPPE, D.; OTENGAMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008. Disponível em: <[https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_\(PROTA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Khaya_senegalensis_(PROTA))>. Acesso em: 24 abr. 2019.

NIKLES, D. G.; BEVEGE, D. I.; DICKINSON, G. R.; GRIFFITHS, M. W.; REILLY, D. F.; LEE, D. J. Developing African mahogany (*Khaya senegalensis*) germplasm and its management for a sustainable forest plantation industry in Northern Australia: progress and needs. **Australian Forestry**, v. 71, n. 1, p. 33-47, 2008.

NUTTO, L.; MACHADO, S. A.; CAVALHEIRO, R.; SILVA, L. C. R. Comparação de metodologias para medição de anéis de crescimento de *Mimosa scabrella* e *Pinus taeda*. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 94, p. 135-144, 2012. DOI: 10.1080/00049158.2008.10676269.

NZOKOU, P.; WEHNER, K.; KAMDEN, D. P. Natural durability of eight tropical hardwoods from Cameroon. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 17, n. 3, p. 416-427, 2005.

OPUNI-FRIMPONG, E.; TEKPETEY, S. L.; OWUSU, S. A.; OBIRI, B. D.; APPIAH-KUBI, E.; OPOKU, S.; NYARKO-DUAH, N. Y.; ESSIEN, C.; OPOKU, E. M.; STORER, A. J. **Managing mahogany plantation in the tropics: field guide for farmers**. Kumasi/Ghana: Forest Institute of Ghana, 2016. 95 p. Disponível em: <[http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1\(F\)-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1(F)-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf)>. Acesso em: 24 abr. 2019.

PERERA, P. K. P.; AMARASEKARA, H. S. Comparison of the specific gravity variation of *Swietenia macrophylla*, *Khaya senegalensis* and *Paulownia fortunei*. In: NINTH ANNUAL FORESTRY AND ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 9., 2003, Sri Soratha Mawatha. **Proceedings...** Sri Soratha Mawatha: Department of Forestry and Environmental Science. University of Sri Jayewardenepura, 2003. DOI: 10.31357/fesympo.v0i0.1479.

PINCELLI, A. L. P. S. M.; MOURA L. M.; BRITO J. O. Effect of thermal rectification on colors of *Eucalyptus saligna* and *Pinus caribaea* woods. **Maderas: Ciencia y Tecnología**, v. 14, n. 2, p. 239-248, 2012. DOI: 10.4067/S0718-221X2012000200010.

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

PIRES, P. T. L.; LOPER, A. A.; MENDES, C. J.; PETERS, E. L.; MAIA, G. N.; ABREU, L. M. **Dicionário de termos florestais**. Curitiba: FUPEF, 2018. 102 p.

REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; MONTEIRO, T. C.; PAULA, L. E. R. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (mogno-africano). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12., 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: EBRAMEM; 2012. CD-ROM.

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, p. 1-11, 2017. DOI: 10.1590/2179-8087.076814.

RINNE, E.; HAKKARAINEN, J.; RIKKINEN, J. Comparative ecological wood anatomy of African mahogany *Khaya ivorensis* with special reference to damage caused by *Hypsipyla robusta*. **European Journal of Scientific Research**, v. 51, n. 1, p. 265-270, 2011.

SANTANA, L. G. M.; MOUTINHO, V. H. P.; DOURADO, R. S. A.; ANDRADE, F. W. C. Some mechanical properties of *Khaya ivorensis* wood planted in Brazilian Amazonia. In: CONGRESSO FLORESTAL LATINO-AMERICANO, 7., 2018, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, UFRRJ, 2018.

SANTANA, L. G. M.; MOUTINHO, V. H. P. Variação da densidade básica e da umidade da madeira entre árvores de mogno-africano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2., 2015, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBCTEM, 2015.

SHMULSKY, R.; JONES, P. D. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames: Iowa State University, 2011. 477 p.

SIAM, N. A.; UYUP, M. K. A.; HUSAIN, H. Anatomical properties and density of 8 and 15-year-old *Khaya ivorensis*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM INDONESIAN WOOD RESEARCH SOCIETY, 7., 2016, Bandung. **Proceedings...** Bandung: Indonesian Wood Research Society, 2016.

SILVA, J. C. A madeira de eucalipto como matéria-prima: mercados e oportunidades. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Org.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. p. 99-123.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 181 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, J. G. M. **Qualidade da madeira serrada e demarcação do lenho juvenil e adulto do mogno-africano**. 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

SILVA, J. G. M.; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; BATISTA, D. C.; SORANSO, D. R.; BILLO, D. F. Qualidade da madeira de mogno-africano para a produção de serrados. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 181-190, 2016a. DOI: 10.18671/scifor.v44n109.18.

SILVA, J. G. M.; VIDAURRE, G. B.; BRITO, A. S.; BILLO, D.; FIRMINO, A. V.; COELHO, J. C. F.; MEDEIROS NETO, P. N.; CASTRO, M. E. B. Tendência e magnitude de rachaduras e empenamentos em tábuas secas de mogno africano. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 15., 2016, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EBRAMEM, 2016b.

SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; REZENDE, R. N.; PAULA, L. E. R. MACEDO, L. B. Avaliação da qualidade da usinagem das madeiras de mogno africano. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12., 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: EBRAMEM, 2012.

SILVA, L. V. M. S.; NASCIMENTO, A. M.; GARCIA, R. A. Variação radial da densidade, umidade e coloração da madeira de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 14., 2014, Natal. **Anais...** Natal: EBRAMEM, 2014.

SILVA, L. V. M. S. **Propriedades físicas e mecânicas da madeira de mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.)**. 2013. 27 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SORANSO, D. R.; VIDAURRE, G. B.; CHAGAS, M. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. G. M.; LATORRACA, J. V. F. Radial growth dynamics of *Khaya ivorensis* trees from experimental plantation. **Revista Árvore**, v. 42, n. 2, p. 1-11, 2018. DOI: 10.1590/1806-90882018000200007.

SORANSO, D. R.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. G. M.; MATIAS, J. E. D. Variação radial da densidade básica de *Khaya ivorensis* de origem clonal e seminal. In: SEMANA FLORESTAL, 6., 2014, Alta Floresta. **Anais eletrônicos...** Alta Floresta: UNEMAT, 2014.

SORANSO, D. R.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, J. G. M.; ARANTES, M. D. C. Variabilidade física e anatômica da madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. em diferentes espaçamentos de plantio. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 110, p. 519-526, 2016. DOI: 10.18671/scifor.v44n110.24.

SOTANNDE, A. O; ANGURUWA, G. T.; ISHAYA, D. Wood quality study of 9-year old plantation grown *Khaya senegalensis* in Sudano-Sahelian Environment of Borno State Nigeria. **Journal of Forestry Research and Management**, v. 12, p. 95-112, 2015.

TIMAR, M. C.; GURAU, L.; CIONCA, M.; POROJAN, M. Wood species for the Biedermeier furniture: a microscopic characterization for scientific conservation. **International Journal of Conservation Science**, v. 1, n. 1, p. 3-12, 2010.

TULIK, M.; KLOSINSKA, T.; IQBAL, M.; GROCHOWINA, A. Figures of the wood of *Khaya ivorensis* and *Millettia laurentii*. **Wood Research**, v. 56, n. 4, p. 613-620, 2011.

VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; CASTRO, M.; COELHO, J. C. F.; BRITO, A. S.; MOULIN, J. C. Relação da grã com algumas variáveis do crescimento e propriedades da madeira de *Khaya ivorensis*. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 114, p. 249-259, 2017. DOI: 10.18671/scifor.v45n114.02.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação de serrarias**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 211 p.

WIEDENHOEFT, A. Structure and Function of Wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY - FPL. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Madison: USDA, 2010. p. 3-18. Disponível em: <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

YEBOAH, D. **Variation in carbon content of tropical tree species from Ghana**. 2011. 63 f. Thesis (Master of Science Applied Ecology) - Michigan Technological University, Houghton.

ZANÚNCIO, A. J. V.; NOBRE, J. R. C.; MOTTA, J. P.; TRUGILHO, P. F. Química e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* w. Mill Ex Maiden termorretificada. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 765-770, 2014. DOI: 10.1590/S0100-67622014000400020.

ZBONAK, A.; BROWN, T.; HARDING, K.; INNES, T.; DAVIES, M. **Wood properties and processing outcomes for plantation grown African mahogany (*Khaya senegalensis*) trees from Clare, Queensland (18 and 20-year-old) and Katherine, Northern Territory (14-year-old)**. Department of Employment, Economic Development and Innovation, 2010. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/77134221.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

ZENID, G. J. (Coord.) **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: IPT, 2009. 99 p. Disponível em: <https://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CT-FLORESTA/livros/3-madeira:_uso_sustentavel_na_construcao_civil.htm>. Acesso em: 24 abr. 2019.

ZZIWA, A.; ZIRABA, Y. N.; MWAKALI, J. A. Strength properties of selected Uganda timbers. **International Wood Products Journal**, v. 1, n. 1, p. 21-27, 2010. DOI: 10.1179/002032010X12759166444887.

13

Certificação florestal

David Escaquete

Introdução

Muitas podem ser as estratégias dos empreendimentos, em relação à abordagem de partes interessadas (*stakeholders*), para apresentação de seu negócio e de seus objetivos. Compartilhar valores com a sociedade, por meio de ações concretas, é o principal foco dos negócios que ganham destaque na atualidade. Isso porque a sociedade se encontra em um momento em que os valores geram empatia e são capazes de conquistar corações e mentes. Diante disso, é necessário mapear e conhecer os valores que fazem sentido aos empresários e aos empreendimentos florestais, bem como quais os valores são importantes para a sociedade, para o governo e para outros atores que possam ter alguma interface com o negócio florestal. Uma vez conhecidos os valores da sociedade, dos clientes, dos financiadores, dentre outros, é possível identificar aqueles que são também valores para o negócio e, desta forma, empreender ações ou maneiras de condução de processos em atenção aos valores compartilhados.

Além de garantir ou entregar algo para alguém, empreender por meio da adoção de boas práticas ambientais, econômicas e sociais, converge para um caminho de gestão sustentável do negócio. Essa gestão deve ser capaz de orientar a melhor forma de garantir a eficiência e a eficácia nos processos e no alcance dos objetivos almejados.

Em geral, agregar ou adicionar valor tem sido sempre uma busca incansável dos empreendimentos e, no caso dos empreendimentos florestais, isso não é diferente. Por vezes, o foco fica em transformar, processar, beneficiar e, até mesmo, incluir acessórios ou componentes aos produtos, de forma a torná-los mais atrativos aos clientes ou, mesmo, para conquistar novos mercados e nichos. Esta é uma boa estratégia, além de ser necessária em grande parte dos casos, contudo, não é a única capaz de alavancar o negócio. Com base em fatos

e em exemplos reais, é possível afirmar que, com a adoção de boas práticas e com o compartilhamento dos respectivos valores resultantes, podem-se adicionar valores aos negócios e aos produtos.

Como os negócios florestais estão permeados por recursos naturais e, por estarem diretamente associados ao bem-estar da sociedade, muitos valores estão em foco. Dentre esses valores estão: a água, o solo, a biodiversidade, as mudanças climáticas, as pessoas (trabalhadores), dentre outros, os quais demandam que os negócios florestais sejam salvaguardados pelas boas práticas necessárias à sustentabilidade.

Por vezes, especialmente, quando ligados aos temas socioambientais, são noticiados passivos e riscos capazes de denegrir a cadeia de valor da floresta, acomodando em “vala comum” todos os empreendimentos e produtos florestais. Para a sociedade, tão importante quanto a rastreabilidade e a transparência estão as boas práticas para questões ambientais, econômicas e sociais relacionadas aos negócios e seus produtos, pois são fundamentais e indispensáveis para salvaguardar todos os atores envolvidos, em toda a cadeia de valor que engloba compradores, vendedores, financiadores, consumidores, importadores, dentre outros. Adotar certificações e verificações independentes são excelentes estratégias para salvaguardar os negócios, trazendo a reboque toda oportunidade ligada às entregas socioambientais e econômicas, permitindo que estes valores, adicionados aos produtos, sejam compartilhados com os consumidores.

Diante deste contexto de oportunidades, a adoção de uma certificação florestal impulsiona os negócios da cadeia de valor florestal rumo ao sucesso. Atualmente, no meio florestal, é muito adotada a afirmação “madeira limpa e sem passivo”, pois além de temer serem solidários aos passivos, os consumidores de produtos florestais estão cada vez mais conscientes sobre o poder de que têm em suas mãos no ato da compra, podendo assim promover sustentabilidade e não beneficiar produtores e fabricantes que adotam práticas inadequadas.

O que é certificação florestal?

A certificação florestal é, atualmente, a melhor forma de comprovar que os produtos florestais foram concebidos com adoção das melhores práticas conhecidas e que estão livres de passivos indesejáveis. Esta comprovação serve para produtores/fornecedores que queiram adicionar valores aos seus produtos, bem como para compradores/consumidores que não queiram correr riscos de admitir passivos em suas aquisições.

Tão importante quanto a apresentação destas garantias é saber quais são as garantias oferecidas por cada certificação ou selo. Os diferentes sistemas de certificação podem oferecer garantias distintas, o que não significa que um possa ser melhor ou inferior ao outro. As certificações mais relevantes apresentam suas garantias e abrangências (escopos) do certificado. Assim, cabe a cada ator da cadeia de valor tomar a decisão de optar por um ou outro produto ou, até mesmo, demandar determinado selo ao fornecedor.

Os principais sistemas de certificação florestal disponíveis são *Forest Stewardship Council* (FSC) e *Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes* (PEFC) – Certificação Florestal (CERFLOR). Esses sistemas apresentam muitas semelhanças no que tange à performance exigida aos empreendimentos certificados. Contudo, são distintos em suas governanças, o que faz do Sistema FSC assumir a liderança, especialmente, por ser pautado em tomadas de decisão de multi-interesses, garantindo a participação equitativa dos associados nas tomadas de decisões, além de ter robusto arcabouço normativo. Entretanto, deve-se também ressaltar que ambos apresentam boa aceitação mundial e permeiam, de forma heterogênea, os diferentes territórios e cadeias produtivas.

O Sistema FSC é detentor de todo arcabouço normativo e de suas marcas registradas (nome, sigla e logotipo). Ele credencia e autoriza os certificadores a conduzirem processos de certificação. Possui também um serviço de acreditação (*Accreditation Services International* - ASI) que é responsável por garantir a devida atuação dos certificadores autorizados.

O CERFLOR detém seu arcabouço normativo e é reconhecido pelo PEFC, que o permite identificar seus produtos como tal. Neste caso, a acreditação é de responsabilidade do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e os processos são conduzidos pela Coordenação Geral de Acreditação (CGCRE) do INMETRO, que atua como o organismo de acreditação dos organismos de avaliação (certificadores).

Ambos os sistemas de certificação florestal supracitados são focados na origem, ou seja, seus maiores focos e garantias estão direcionados para o manejo florestal (origem florestal), embora essas garantias percorram toda a cadeia produtiva. Dessa forma, a certificação florestal adota dois tipos de certificados, um para manejo florestal e outro de cadeia de custódia (para unidades de processamento, de beneficiamento, de armazenamento, dentre outras). As boas práticas de produção florestal são garantidas pela certificação de manejo florestal e toda a rastreabilidade da madeira ou do produto elaborado a partir desta madeira certificada é garantida pela certificação da cadeia de custódia. A distinção prática desses dois tipos de certificação é que a certificação do manejo florestal abrange até a “porta da floresta” (ou “porteira da fazenda”) e a certificação de cadeia de custódia abrange os diversos elos de manipulação dos produtos derivados da floresta.

Para que haja sucesso e melhor aproveitamento da certificação florestal da cadeia de valor do mogno-africano é necessário que sejam certificados os manejos florestais (florestas) e as consequentes cadeias de custódia

(empreendimentos de processamento, de beneficiamento, de armazenamento e de comercialização), de forma que sejam visíveis os benefícios e as garantias que percolam toda a cadeia. Uma cadeia de custódia pode habilitar um produto certificado, desde que comprovado o fornecimento da matéria-prima necessária para fabricação do mesmo. Em contra-ponto, as florestas buscam a certificação florestal na medida em que as cadeias de custódia demandam por insumos certificados. Em decorrência desses aspectos, ações setoriais são requeridas para quebrar a inércia que impede a evolução do processo de certificação, a qual é capaz de trazer a reboque todos os benefícios associados, incluindo a blindagem da reputação, a melhoria da imagem institucional e o controle de riscos associados aos passivos indesejáveis.

Quais são as vantagens e por que fazer a certificação florestal?

No primeiro contato com a certificação florestal é comum que o empreendedor a refute em razão de tantas regras, normas e exigências. Contudo, a medida que se envolve e que compreende o arcabouço normativo, os benefícios oferecidos e, especialmente, o auxílio na gestão do negócio florestal, reconsidera a avaliação inicial e conclui que se trata de um bom investimento e caminha na direção de certificar sua operação florestal e de beneficiamento.

Dentro do conjunto de percepções, que é capaz de convencer o empreendedor florestal a certificar seu negócio, vale destacar o reconhecimento sobre o que a certificação entrega, especialmente, aos aspectos relacionados às boas práticas adotadas em seus negócios, tais como o cumprimento das legislações aplicáveis,

a conservação dos recursos naturais, a ausência de desmatamento, as garantias fundiárias, dentre outros. Isso significa que todo esforço já empreendido para se chegar ao ponto inicial de um processo de certificação é reconhecido como conformidade da mesma, ou seja, a certificação coloca em evidência muitas ações que já são realizadas pelos empreendimentos, as quais já estão equalizadas, mas em primeira análise pareciam ser uma exigência adicional. Ao analisar o perfil da grande maioria de produtores e de empresários de mogno-africano, é possível afirmar que eles já cumprem boa parte das exigências apresentadas pela certificação florestal.

É possível afirmar que a saúde dos negócios, especialmente os negócios florestais, tem seu fator de sucesso diretamente relacionado ao engajamento de seus proprietários, diretores e gestores. Esse engajamento permite organizar as informações e os resultados, de forma clara e útil, para que possam orientar as tomadas de decisões que são essenciais ao negócio. Essas informações permeiam os mais diferentes assuntos, relacionados à legalidade, às questões fundiárias, aos direitos dos trabalhadores, às questões ambientais, ao relacionamento com o entorno, às questões econômicas, dentre outros. Com isso, a certificação florestal coloca em evidência diversos assuntos e convida o tomador de decisão a tratar os ruídos possivelmente existentes e a aprimorar a manutenção de pontos fortes que estão promovendo benefícios diretos ao negócio. Em outras palavras, a certificação ao estimular a conformidade em relação aos seus indicadores de performance, serve de monitoramento e permite a execução de planos de ações mais apropriados ao negócio.

Os sistemas de certificação florestal não apresentam garantias de prêmios comerciais ou de aumento de preço do produto (valorização). Entretanto, na prática, esses fatos têm sido observados com frequência para os produtos certificados. A composição e a determinação dos preços dependem de muitas

variáveis, entre elas do custo de produção, o qual pode ser interpretado como maior em operações certificadas. O fato é que, em muitos casos, o abatimento de investimentos e a consequente redução de custos são às custas de passivos gerados ou de perdas de oportunidades, tal como a geração de “economia” ao não pagar adequadamente pelos direitos dos trabalhadores ou por não aplicar fertilizantes e defensivos para controle de formigas.

As entregas e as garantias da certificação florestal podem significar diferenciais importantes no que tange aos valores de venda, aos melhores contratos ou à fidelização de clientes. A necessidade de rastreabilidade total e a ausência de passivos são exigências frequentes dos compradores de produtos florestais. O mercado doméstico ainda tem muito a avançar em tais exigências, contudo, atualmente, é possível observar algumas exigências nas políticas públicas que podem ser atendidas pela certificação florestal, a qual é altamente recomendada para atendimento das exigências do mercado internacional (exportação), especialmente no que se refere aos mecanismos de Aplicação da Legislação, Governança e Comércio Florestal (*Forest Law Enforcement, Governance and Trade - FLEGT*), mecanismo que responsabiliza os importadores de madeira ilegal e obriga a realização de ações de devido cuidado na compra (*Due Dilligence*).

Assim como ocorre para um produto principal de uma operação de manejo florestal, por exemplo toras de um determinado diâmetro, é possível adicionar o valor promovido pela certificação aos subprodutos, tais como a madeira procedente de desbaste e ao maior aproveitamento da madeira durante a colheita. Neste contexto, independente da madeira ser de processo ou para fabricação de outros produtos, a madeira certificada tem diferencial produtivo chancelado, a qual pode oportunizar melhores negociações no momento da venda.

Quais são os desafios da certificação florestal?

É natural que as pessoas apresentem resistência às mudanças, especialmente quando se trata de algo novo e disruptivo, capaz de mudar conceitos e causar transformações. Neste sentido, arrisca-se a dizer que este sentimento contribui grandemente para que a certificação florestal avance a passos curtos. Mudanças nos comportamentos de muitos produtores e de empreendedores florestais compõem os maiores desafios da certificação. Entretanto, todos aprendizados das experiências com eucalipto e pinus estão disponíveis, ou seja, muitos desafios já foram superados e há um caminho trilhado que pode ser aproveitado pelos produtores e empreendedores relacionados ao mogno-africano, uma vez que este está ganhando cada vez mais espaço como alternativa para usos que demandam madeiras nobres.

Uma provocação muito válida é o que, atualmente, está acontecendo com grandes redes de hamburguerias. Para se adaptar a uma nova economia, essas grandes redes estão vendendo, além de seus hambúrgueres, pacotinhos de cenoura, maçãs e hambúrgueres veganos. Se esses empreendimentos não se adaptassem a um novo modelo de negócio, demandado pela sociedade atual, certamente perderiam muitos clientes. Esta reflexão deve ser inspiradora para produtores e empresários de mogno-africano, os quais estão com a oportunidade de apresentar ao mercado suprimentos e produtos sustentáveis, sem passivos sociais ou ambientais, provenientes de negócios saudáveis.

Como certificar uma floresta?

O processo de certificação é iniciado a partir da tomada de decisão do produtor/empresário. A abrangência do certificado é componente importante desta fase, uma vez que o empresário precisa definir se irá certificar somente uma parte ou toda sua produção, seja essa florestal ou de processamento.

Outra questão oportuna para o empreendedor pensar é se ele irá avançar de forma individual ou optar por um arranjo em grupo, em cooperação com demais empreendedores com negócios semelhantes. Importante salientar que a performance de cada membro do grupo deve ser plena, contudo, podem haver benefícios neste processo cooperativo, uma vez que todos os envolvidos podem compartilhar as orientações, os prestadores de serviços, os consultores e se apresentar como um fornecedor diferenciado e mais competitivo. O arranjo em grupo requer um gestor principal, sendo muito recomendado para pequenos produtores, os quais podem compartilhar as oportunidades.

Uma vez definida a abrangência e o arranjo, também conhecidos como o escopo da certificação, o próximo passo é diagnosticar os níveis de cumprimentos do empreendimento em relação aos padrões e às normas da certificação. Esta análise é importante para amparar as tomadas de decisões e para que o plano de ação seja elaborado e implementado. Esta fase permite projetar o tempo e os recursos necessários para conquistar e manter a certificação florestal. Para facilitar e catalisar o processo, os produtores e os empresários podem optar pela contratação de consultorias especializadas.

A escolha do certificador pode ser iniciada em paralelo à adequação dos empreendimentos. Além de cotações relacionadas ao investimento, é importante analisar os perfis e as propostas de cada um dos certificadores, uma vez que este será responsável por conduzir o processo de avaliação para fins de

certificação e demais auditorias anuais para monitoramento do certificado. O alinhamento em relação aos cronogramas e aos prazos auxilia na estratégia de comunicação e comercial.

Temas abordados pela certificação florestal e benefícios para os empreendimentos certificados

Dentre todo o arcabouço normativo que ampara a certificação florestal, o padrão de certificação do FSC reúne seus princípios, seus critérios e seus indicadores de desempenho. O conteúdo deste padrão orienta o empreendimento certificado, ou candidato à certificação, a se organizar em relação à performance exigida pela certificação florestal. Diante disso, é possível afirmar que, ao cumprir as exigências apresentadas pela certificação florestal, o empreendimento assume uma posição de cumpridor destes requisitos, tal como o cumprimento de legislações aplicáveis, conferindo ao empreendimento certificado uma posição de cumpridor da legislação, auditado por um organismo certificador independente e acreditado por um sistema de certificação com reputação internacional (que possui mecanismos de participação social e transparência).

Os assuntos abordados pela certificação florestal FSC, enquanto performance exigida aos empreendimentos florestais e auditadas pelos certificadores, são expressos em seus princípios e critérios, conforme resumo abaixo:

- Legislação aplicável e questões fundiárias – a certificação traduz em indicadores de performance de vários temas ligados à legislação, os quais abordam licenciamento das operações, habilitação dos profissionais envolvidos, questões ambientais (relacionadas à exigências do Código Florestal e de resoluções de órgãos ambientais), questões fundiárias (relacionadas a litígios, documentação da terra, regularização fundiária, verificação de passivos e embargos, dentre outros).
- Direito dos trabalhadores – contempla basicamente duas linhas, sendo uma relacionada à saúde e à segurança ocupacional e a outra, especificamente, aos direitos de trabalhadores. A primeira (saúde e segurança ocupacional) relaciona todas as exigências previstas em normas regulamentadoras para que o trabalhador tenha sua saúde preservada por meio de boas práticas, procedimentos adequados, proteções coletivas em equipamentos, uso de equipamentos de proteção individual, treinamentos, exames periódicos e programas de prevenção e mitigação de acidentes, dentre outros. O segundo foco está direcionado aos registros dos trabalhadores, jornada de trabalho, férias, acordos coletivos, entre outros.
- Direitos das comunidades tradicionais ou em formação – comunidades do entorno das operações florestais são partes interessadas importantes e são relevantes para a certificação florestal. De início, é importante mapear, conhecer e caracterizar as comunidades locais, presentes no entorno das florestas de produção. Os motivos pelos quais isso se faz necessário estão relacionados às possibilidades das atividades ligadas ao manejo florestal impactarem negativamente a vida destas comunidades. Estas possuem direitos e estes devem ser respeitados pelo empreendimento certificado, especialmente quando essas comunidades são tradicionais (indígenas, quilombolas, ribeirinhos, entre outros), as

quais possuem direitos e legislação aplicável que as ampara visando garantir seus costumes, acesso às áreas de uso, entre outros.

- Uso múltiplo da floresta e questões econômicas – os empreendimentos florestais certificados são encorajados a fazer uso múltiplo da floresta, aproveitando ao máximo seu potencial, sem comprometer sua conservação. Adotar práticas que possam aumentar os rendimentos, diminuir a dependência de agentes doadores/investidores e diminuir o tempo de retorno de capital são conformidades para os padrões de certificação. Adicionar valores aos produtos ou ampliar recebíveis, realizando projetos ligados à serviços ecossistêmicos (carbono, água, solo, biodiversidade e ações humanas (turismo)) são fortemente reconhecidos pela certificação florestal como alternativas para aumentar o valor da floresta em pé, aumentar os resultados financeiros do empreendimento e aumentar as garantias de conservação da floresta.
- Impactos ambientais – ao se adotar as melhores práticas para a realização do manejo florestal, é possível que os impactos sejam reduzidos, contudo estes não são anulados. A intervenção na floresta ou no ecossistema onde a mesma está implantada causa impactos e estes devem ser mapeados e avaliados, de forma que sejam adotadas ações para identificá-los, evitá-los, reduzi-los ou mitigá-los, se for o caso. Impactos ambientais, na maioria das vezes estão ligados às decisões técnicas do plano de manejo, do tipo de operação, do tipo de equipamento utilizado, da época de colheita, das condições do relevo e do solo, dentre outras. Estas variáveis, quando combinadas, podem demandar customização no manejo florestal e distintos impactos aos recursos naturais, os quais devem ser conhecidos para serem tratados.

- Plano de manejo e gestão – a gestão do empreendimento de manejo florestal é o mais importante elemento para garantir o sucesso de um empreendimento florestal. A certificação florestal adota este conceito e trás um conjunto de indicadores de performance que orientam os empreendimentos a realizarem boa gestão de suas florestas, abordando planos de investimento, avaliações de impactos socioambientais, planos de monitoramentos, equipamentos utilizados, métodos adotados, caracterização do local, dentre outros. Procedimentos operacionais e demais políticas ou documentos que possam ser utilizados para boa gestão do empreendimento são considerados válidos e recomendáveis para um bom plano de manejo.
- Monitoramentos operacionais e socioambientais – métodos e ações são planejados e definidos de acordo com as melhores informações disponíveis. Contudo, ao coletar, sistematizar e analisar observações de campo, pode-se tirar conclusões e propor adaptações ao manejo florestal de forma que este seja frequentemente aprimorado ou facilitado, sempre objetivando maior entrega com menor esforço possível.
- Cuidados relacionados a atributos de alto valor para conservação – uma floresta ou um ecossistema florestal possui muitos atributos e estes são de grande valor para conservação. A certificação está orientada a conservar tais valores ambientais e sociais. Porém, em adição a esse esforço, dedica atenção específica à atributos que tenham alto valor para conservação, ou seja, atributos que possam se perder em função de algum impacto promovido pelo manejo florestal. Para estes casos, é requerida uma avaliação específica e focada em possíveis atributos de alto valor para conservação que possam existir. Para cada atributo

devem ser estabelecidas medidas adequadas para manter ou melhorar tais atributos. Monitoramentos periódicos são necessários para permitir reavaliar as estratégias adotadas.

- Melhores práticas operacionais – baseado em estudos, pesquisa, conhecimento da área, observações de campo e outras informações disponíveis, é possível determinar quais as melhores práticas operacionais ou intervenções devem ser realizadas em um ecossistema florestal. Tais práticas, que incluem métodos e equipamentos adequados, são exigidas pela certificação florestal, de modo que esta floresta possa ser produtiva, mantendo o ecossistema conservado, garantindo o manejo de longo prazo e a manutenção dos serviços ecossistêmicos. Muitas experiências, científicas e práticas, demonstram que boas práticas operacionais apresentam melhor viabilidade econômica e menor risco, corroborando com a proposta de ser menos impactante negativamente.

Considerações finais

São de conhecimento popular, fatos que comprovam que o manejo florestal é um bom negócio e que o consumo de madeira é diretamente proporcional ao desenvolvimento de países e territórios. Ao se considerar somente estes dois fatos é possível afirmar que florestas de produção são indispensáveis para o desenvolvimento sustentável e progresso da sociedade como um todo. Negócios florestais são muito promissores e empreendimentos que trabalham com mogno-africano comprovam esta afirmação. Muitas são as

oportunidades e nesta mesma proporção está a necessidade de salvaguardar os negócios florestais, de forma que estes sejam promotores de impactos socioambientais positivos, em um modelo onde os empreendedores, a sociedade e o planeta obtenham ganhos.

A certificação florestal, resumidamente apresentada, reúne soluções negociadas para o desenvolvimento sustentável, onde estão alinhados interesses econômicos, sociais e ambientais. Ela também permite a participação social, a transparência e a rastreabilidade, colocando em evidência os empreendimentos florestais que executam manejo florestal responsável, permitindo que o comprador ou consumidor fique com a simples tarefa de optar pelo produto certificado.