

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 353

Mogno Africano

Origem, características da madeira,
crescimento e manejo

Sebastião Pires de Moraes Neto

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br> (Digite o título e clique em pesquisar)

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Unidade

Presidente
Marcelo Ayres Carvalho

Secretária-Executiva
Marina de Fátima Vilela

Secretárias
Maria Edilva Nogueira,
Alessandra S. Gelape Faleiro

Supervisão editorial
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo

Ilustrações e tratamento
Wellington Cavalcanti

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Wellington Cavalcanti

Foto da capa
Wellington Cavalcanti

Impressão e acabamento
Alexandre Moreira Veloso

1ª edição

1ª impressão (2019): tiragem 30 exemplares

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 Cerrados

M827 Moraes Neto, Sebastião Pires.

Mogno Africano : origem, características da madeira, crescimento e manejo / Sebastião Pires Moraes Neto. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2019.

55 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081; 353).

1. Madeira. 2. Propagação vegetativa. 3. Crescimento. 4. Doença de planta. 5. Fisiologia vegetal. I. Título. II. Série.

634.92 CDD-21

© Embrapa, 2019

Autor

Sebastião Pires de Moraes Neto

Engenheiro Florestal, doutor em Ciências Biológicas,
pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Apresentação

As restrições legais à exploração e à comercialização do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) – em que somente uma empresa conseguiu autorização, em 2016, para essa e outras espécies mediante plano de manejo sustentável e provando haver benefícios sociais – e o seu plantio, apesar de ser permitido, depara-se com o problema de ataque da broca do ponteiro (*Hypsiyila grandella*). O gênero *Khaya*, representado especialmente no Brasil pelas espécies *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* – cuja sinonímia botânica é *Swietenia senegalensis*, pertencentes a mesma família do mogno brasileiro (Meliaceae) –, possui características de madeira relativamente similar e apresenta a vantagem de não ser atacado pela broca-da-ponteira. Seu cultivo iniciou-se no Norte do Brasil, em razão de iniciativas da Embrapa Amazônia Oriental, difundindo-se pelo Sudeste (especialmente Minas Gerais) e Centro-Oeste, inclusive em áreas do Cerrado, onde informações sobre seu manejo tem sido demandadas para órgãos de extensão e pesquisa. Nesta revisão, são abordados temas como qualidade da madeira, propagação vegetativa, modelos e dados de crescimento, fitopatologia, aspectos fisiológicos, entre outros.

Claudio Takao Karia

Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Agradecimentos

Aos designers gráfico da Embrapa Cerrados, Wellington Cavalcanti e Renato Berlim Fonseca, pelo apoio nas fotos e nas ilustrações; ao aluno do terceiro semestre do Curso Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina, Kesser Aparecido Alves Pereira; ao professor Antônio José Pacheco Leão do Instituto Federal de Brasília, Campus Planaltina e ao pesquisador Rui Fonseca Veloso da Embrapa Cerrados, pela colaboração na concretização deste trabalho.

Sumário

Introdução.....	11
Distribuição geográfica e ambiental	12
Características físicas, mecânicas, anatômicas e tecnológicas da madeira de mogno africano.....	15
Melhoramento e conservação genética.....	20
Fisiologia	23
Crescimento e modelos de crescimento	26
Manejo do plantio	29
Propagação vegetativa.....	35
Fitopatologia e controle de doenças.....	41
Pragas e controle	46
Considerações finais	49
Referências	49

Introdução

Quando se realiza um estudo com o objetivo de encontrar a melhor solução para um projeto florestal de madeiras duras (hardwood) tropicais, leva-se em conta os benefícios da espécie associados ao mercado, em que, para estas, estima-se redução da oferta e grande aumento da procura para os próximos 20 anos e, no Brasil, o déficit pode chegar a mais de 16 milhões de metros cúbicos (Lida, 2017).

O mogno africano é uma espécie tropical de madeira dura que se destaca no mercado internacional e que vem despertando interesse crescente no Brasil. Com valor econômico atrativo, o mogno africano possui usos comerciais, devido às características da madeira. É usado em movelaria, construção naval e em sofisticadas peças ornamentais. A busca pelo mogno africano também deriva do seu alto valor agregado, destacando-se como um promissor investimento, visto que há um déficit por essa nobre madeira no panorama internacional, sendo sua procura cada vez mais requisitada (Wesley, 2016). O mercado de madeiras tropicais duras apresenta uma tendência geral de aumento do preço do metro cúbico. A madeira tropical dura serrada tem um preço médio acima de 500 dólares, já o mogno africano, tem seu valor cotado entre mil a 1,5 mil dólares o metro cúbico (Lida, 2017).

A vantagem competitiva do Brasil em relação à produtividade da floresta é indiscutível. O País lidera o ranking de nível de produtividade por hectare, seguido pela China, Indonésia e Austrália. Levando em conta o fator ambiental, no Brasil, a exploração de florestas naturais da Amazônia coloca-se em uma posição delicada, aumentando a cada dia o custo ambiental de exploração de madeira de áreas naturais. Estima-se que a produção de madeira nativa da Amazônia em áreas privadas deve diminuir 64% nos próximos 20 anos (Lida, 2017), pressionando a indústria e os produtores madeireiros a criarem alternativas, como o plantio de espécies promissoras tanto exóticas como nativas.

Pertencente à família Meliaceae e mais intimamente relacionado aos gêneros *Carapa* e *Swietenia* (Louppe et al., 2008, Sexton et al., 2015, ambos apud Pakull et al, 2016), o gênero *Khaya* atualmente compreende aproximadamente 15 espécies, com destaque para *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis*, *K. madagascariensis* e *K. senegalensis*, originárias da África tropical, de Madagascar e de Comores.

Na região do Cerrado brasileiro, já existem inúmeros plantios de mogno africano, especialmente das espécies *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*, e a busca por informações a seu respeito tem aumentado, tanto por parte dos produtores quanto por parte da Embrapa Cerrados.

Esta revisão teve por objetivo fornecer informações sobre o manejo e a qualidade da madeira para direcionar o seu uso e a sua comercialização.

Distribuição geográfica e ambiental

Com a denominação de mogno africano, encontram-se os gêneros *Khaya* e *Entandrophragma* da família Meliaceae. Na Figura 1, mostram-se oito espécies de mogno africano. Neste trabalho, trata-se especialmente do gênero *Khaya*, com ênfase a *K. ivorensis* e *K. senegalensis* por serem os mais plantados no Brasil e por ter maior quantidade de publicações. Estima-se que a área plantada no Brasil esteja em torno de 28 mil hectares. Hoje, os plantios se concentram mais em Minas Gerais, havendo movimento migratório para o Centro-Oeste e áreas do Norte do País (Brasilagro, 2018).

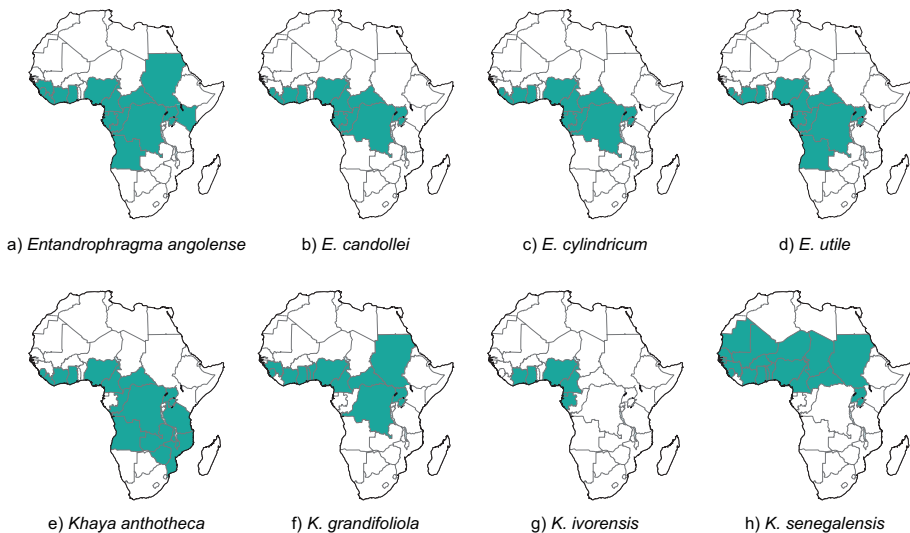


Figura 1. Distribuição geográfica de oito espécies de Mogno Africanos.

Fonte: modificado de www.prota4u.org/database/.

Opuni-Frimpong et al. (2016), ligados ao Instituto de Pesquisa Florestal de Gana, publicaram um manual de manejo de plantações de mognos nos trópicos. Fizeram a seguinte descrição da distribuição geográfica e ambiental de quatro espécies de *Khaya*:

- 1) *Khaya anthotheca*, chamado localmente 'Krumben', é um dos mais importantes mognos africanos amplamente encontrados na Serra Leoa, Congo, Angola, Uganda e Gana, na floresta úmida semidecídua (subtipo noroeste) e nas florestas sempre verdes úmidas, com precipitação anual entre 1,2 mil milímetros a 1,8 mil milímetros e uma estação seca de 3–5 meses (Opuni-Frimpong et al., 2016).
- 2) *Khaya grandifoliola*, chamado localmente 'Krubu', está entre os mognos africanos mais valiosos. Encontra-se na floresta seca semidecídua de Gana, com uma precipitação média de cerca de 1,2 mil milímetros a 1,8 mil milímetros e uma estação seca de 3–5 meses. Ocorre em elevação de até 1,4 mil metros. Às vezes, pode ser encontrado em partes rochosas e montanhosas da floresta úmida semidecídua. A espécie também se estende da Guiné para Angola e Uganda (Opuni-Frimpong et al., 2016).
- 3) *Khaya ivorensis* (Figura 2) é encontrada em Gana nas florestas sempre verde úmidas e nas terras baixas de florestas pluviais úmidas semidecíduas e áreas com precipitação de 1,6 mil milímetros a 2,5 mil milímetros e uma estação seca de 2–3 meses, até 700 m de altitude. Estende-se da África Ocidental (Costa do Marfim) até a África Central (Gabão) (Opuni-Frimpong et al., 2016). Seus indivíduos suportam inundações durante o período de chuvas, entretanto, são muito sensíveis ao período de estiagem (Conde, 2006).
- 4) *Khaya senegalensis*, localmente chamado kutunnkuri, é encontrado no Senegal passando pelo Sudão até Uganda. Em Gana, encontra-se na floresta seca semidecídua, na floresta transitória e na savana mais arborizada (Opuni-Frimpong et al., 2016). A precipitação anual na região de origem (amplitude geográfica de ocorrência natural) varia de 650 mm a 1.300 mm, com períodos secos que variam de 4–7 meses. Na região de ocorrência, baixadas e margens de rios (florestas de galeria) são os locais preferidos, sendo as condições hídricas, aparentemente, mais importantes do que a fertilidade do solo para seu desenvolvimento (Lamprecht, 1990).



Fotos: Renato Berlim

Figura 2. *Khaya ivorensis*: detalhe da folha (a); caule (b); e altura relativa homem/mogno (c), em povoamento de 5 anos de idade na região de Planaltina, DF.

Características físicas, mecânicas, anatômicas e tecnológicas da madeira de mogno africano

As características físicas (densidade, contração tangencial, radial e longitudinal da madeira), mecânicas (relativas à resistência da madeira), anatômicas (vasos, fibras, parênquimas, entre outras) e tecnológicas (secagem, capacidade de absorver compostos químicos, trabalhabilidade da madeira, porcentagem de polpa de celulose, entre outras) determinam para que fins a madeira pode ser utilizada.

França et al. (2015) estudaram as características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno africano, ambas com 19 anos de idade. Na Tabela 1, são mostrados os valores médios de massa específica básica e retratibilidade das duas espécies de mogno obtidas a partir de amostras retiradas à 1,30 m do solo, nas posições 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore. Observaram que a massa específica básica foi média em *K. senegalensis* e baixa em *K. ivorensis*; o coeficiente de anisotropia (T/R) foi menor em *K. ivorensis*, denotando possível maior estabilidade da madeira dessa espécie.

Em relação à anatomia das duas espécies, a madeira de *Khaya senegalensis*, apesar de possuir maior frequência de vasos e de raios do que *Khaya ivorensis*, apresentou vasos de menor diâmetro; raios de menor altura, maior largura e com menor número de células por camada; fibras de menor largura, menor diâmetro de lume e, conseqüentemente, maior espessura de parede, o que lhe conferiu uma maior massa específica e menor estabilidade dimensional a sua madeira.

Segundo a classificação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2005, apud França et al., 2015), a madeira de *Khaya ivorensis* possui módulo de ruptura alto, módulo de elasticidade médio, resistência à compressão axial média, resistência ao cisalhamento alta e dureza paralela às fibras média. A madeira de *Khaya senegalensis* possui módulo de ruptura alto e de elasticidade médio; resistência média à compressão axial, alta ao cisalhamento e alta à dureza paralela às fibras (Tabela 2).

Tabela 1. Valores médios de massa específica básica e retratibilidade das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*⁽¹⁾.

Espécie	Massa específica básica (g.cm ⁻³)		Retratibilidade (%)			T/R ⁽²⁾
	Radial (R)	Tangencial (T)	Tangencial (T)	Longitudinal	Volumétrica	
<i>K. ivorensis</i>	0,491b	3,39a	5,58a	0,21a	9,18a	1,65b
<i>K. senegalensis</i>	0,588a	3,11b	5,57a	0,30a	8,98b	1,79a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (Teste F; p > 0,05).

⁽²⁾ Coeficiente de anisotropia.

Fonte: França et al. (2015).

Tabela 2. Propriedades mecânicas das madeiras de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* a 12% de umidade.

Espécie	Propriedades mecânicas (Mpa) ⁽¹⁾					
	Flexão estática		Compressão		Dureza Janka	
	MOR ⁽²⁾	MOE ⁽³⁾	MOR	Cisalhamento	Tangencial	Radial
<i>K. ivorensis</i>	78,4a	9,6a	43,1b	12,6b	32,4b	36,8b
<i>K. senegalensis</i>	83,2a	10,2a	46,1a	18,6a	62,1a	59,4a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (Teste F; p > 0,05).

⁽²⁾ Módulo de ruptura.

⁽³⁾ Módulo de elasticidade.

Fonte: França et al. (2015).

No processo de aproveitamento da madeira, a eficiência de conversão do volume de toras em relação ao volume de madeira serrada é um parâmetro muito utilizado. Ofoegbu et al. (2014) observaram que a eficiência de conversão de toras de árvores maduras de *Khaya ivorensis* foi em média de 48%.

As características da fibra determinam os potenciais de utilização das madeiras. As dimensões da fibra influenciam a capacidade de polpação, a durabilidade e as propriedades físico-mecânicas da madeira. Antwi-Boasiako (2012) estudou a variação entre famílias das dimensões das fibras de seis espécies de árvores angiospermas tropicais em relação à produção de papel e polpa. Encontrou as seguintes dimensões das fibras para *Khaya ivorensis*: comprimento (1,88 mm, considerada moderadamente longa); diâmetro (27 μm); lúmen (17 μm); espessura da parede celular (4,97 μm , considerada grossa); a razão de Runkel (3,17); e o coeficiente de flexibilidade (63,1). A razão de Runkel, considerada ideal para polpação, é menor que 1,25, contudo, o coeficiente de flexibilidade se encaixa na categoria de 75–50 (ligação boa de fibra para fibra) e as dimensões das fibras indicam sua adequação para a polpação.

Para se obter uma boa produtividade aliada à qualidade da madeira, é necessária a compatibilização de práticas silviculturais com o material genético, a idade e as condições edafoclimáticas. O espaçamento das árvores é um importante fator que determina como a árvore irá crescer e pode influenciar nas características anatômicas internas e na colheita florestal. Soranso et al. (2016) estudaram a variabilidade física e anatômica da madeira de *Khaya ivorensis* de 5 anos, em três espaçamentos de plantio (5 m x 5 m; 7 m x 6 m e 10 m x 10 m). Observaram que a densidade aparente média e as dimensões das fibras da madeira de *K. ivorensis* não diferiram entre si em função do espaçamento de plantio e, em todos os espaçamentos, houve tendência comum de variação radial da densidade aparente da madeira, sendo menor próximo à medula, com aumento gradual à medida que vai se aproximando da casca. No espaçamento 7 m x 6 m, a qualidade da madeira não apresentou variação entre árvores.

Mohd-Jamil e Khairul (2017) estudaram as variações das propriedades mecânicas de *Khaya ivorensis* nas posições radial e vertical de árvores de desbaste de idade entre 10 anos e 15 anos. As análises mecânicas foram conduzidas com base em posições radiais de medula à casca e posições verticais

de troncos de base (0 m–2 m), médio (2 m–4 m) e superior (4 m–6 m). Em relação às variações radiais, os valores mais baixos de dureza Janka e gravidade específica foram obtidos da seção perto da medula com um aumento na região intermediária, após, os valores diminuíram em direção à casca e novamente aumentaram para o nível mais alto na seção mais próxima à casca. Quanto às variações verticais, os valores módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) não foram consistentes, mas três árvores apresentaram valores MOR mais baixos no tronco intermediário. O teste de tração paralela à grã foi o mais baixo nos troncos do meio. No entanto, o teste de compressão paralela à grã não apresentou nenhum padrão consistente. A resistência ao cisalhamento foi mais baixa no tronco inferior.

Na década de 1990, investigações mostraram que a geração de tensões de crescimento no xilema secundário das árvores está correlacionada com a cinética da diferenciação celular de células derivadas do câmbio, em particular com a formação da parede celular secundária e sua lignificação (Yamamoto, 1998 apud Dünisch; Rühmann, 2006). Esses autores estudaram a cinética da formação do xilema em plantas de 4 anos de idade de *Swietenia mahagoni* (mogno americano) e *Khaya ivorensis*. Observaram que, em *Swietenia*, a formação de novas células secundárias foi induzida em períodos de crescimento distintos, quase simultaneamente no caule inteiro, enquanto em *Khaya*, a nova formação de células foi restrita a partes do caule. As tensões de crescimento mais altas foram observadas no tronco de *Khaya* em comparação à *Swietenia*. Os resultados indicam que as maiores tensões de crescimento no xilema de *Khaya* em comparação à *Swietenia* se originam nas diferentes cinéticas do desenvolvimento celular de diferentes tipos de células em combinação com a sequência heterogênea de formação de células dentro do tronco.

À medida que os recursos de madeira se esgotam, a madeira de ramificação do tronco está sendo utilizada também, contudo, avaliações de suas propriedades mecânicas e durabilidade natural se fazem necessárias. Dadzie e Ansoah (2015) e Dadzie et al. (2016) estudaram a durabilidade natural e as propriedades físicas, mecânicas do caule e galhos de *Khaya ivorensis* e *Entandrophragma cylindricum*, ambas denominadas de mogno africano. Para as duas espécies, os resultados indicaram que a madeira de ramificação do caule, seca a 17% e 10% de umidade, prova ser tão boa quanto suas contrapartes de caule em termos de flexão e resistência à compressão paralela

à grã. Em relação à durabilidade natural com amostras com um teor de umidade de 14%, esses autores observaram que a madeira de ramificação de ambas as espécies foi mais densa do que a madeira do caule, mas, junto com a madeira do caule de *Khaya*, foi classificada como não durável, enquanto a madeira do caule do *Entandrophragma* foi classificada como moderadamente durável e, significativamente mais durável que a madeira de ramificação.

A madeira é geralmente plasticizada por vaporização à pressão atmosférica, mergulhando em água quente ou fervente ou aquecimento por micro-ondas específico de madeira. O objetivo de todos os tratamentos plasticizantes é amolecer a madeira o suficiente para permitir a realização da deformação compressiva necessária para fazer a curva. A madeira quente é mais plástica que a madeira fria, e a madeira molhada é mais plástica que a madeira seca (Ramakrishnan, 2000 apud Ayarkwa et al., 2011). Esses autores estudaram as qualidades de curvatura de oito espécies de madeira submetidas a vaporização. Em razão das qualidades superiores de flexão de vapor, *Khaya* sp. foi colocada em uma categoria de classe I de qualidade proposta com excelente qualidade de flexão de vapor, enquanto *Nesogordonia papaverifera*, *Broussonetia papyrifera*, *Hevea brasiliensis*, *Cedrela odorata* e *Eucalyptus tereticornis* foram colocadas em categoria classe II com boa qualidade de flexão de vapor. *Terminalia ivorensis*, *Cocos nucifera* e *Borassus aethiopum* foram colocadas em categoria classe III, com baixa qualidade de flexão de vapor.

A madeira de boa qualidade possui níveis baixos ou inexistentes de deformação residual longitudinal, rachaduras de topo de toras e tábuas e empenamentos de tábuas entre outras características. Silva et al. (2016a) estudaram a qualidade da madeira de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*), ambas com 19 anos de idade, para a produção de serrados. No geral, não houve diferenças significativas nas médias de deformação residual longitudinal, índice de rachaduras de toras e tábuas e deslocamento da medula entre as espécies. Todavia, a espécie *Khaya ivorensis* apresentou as maiores dimensões de rachaduras de topo de toras e de tábuas, enquanto as tábuas de *Khaya senegalensis* apresentaram os maiores empenamentos. Os índices das variáveis avaliadas dessas duas espécies de mogno africano as capacitam para a produção de madeira serrada, sendo importante ponderar, principalmente, a forma e dimensões

das árvores e os defeitos da madeira serrada em regiões mais próximas da medula e em idades mais jovens.

A trabalhabilidade ou a usinabilidade da madeira trata de assuntos como aplainamento, lixamento, furação para cavilha e dobradiça, rasgo na lateral da peça, fendilhamento por pregos, entre outros.

Carvalho et al. (2010) caracterizaram as propriedades físicas e avaliaram a usinagem da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis*) de 10 anos de idade proveniente de Seropédica, RJ. Observaram que a densidade básica foi de $0,47 \text{ g cm}^{-3}$ e a contração volumétrica foi de 16,8%. Nos testes de usinagem, a madeira apresentou boa qualidade no acabamento, tendo mostrado grande potencial para utilização na indústria de movelaria e para acabamento interno de construções.

A qualidade da superfície usinada é fator determinante para os diversos usos da madeira. No Brasil, a superfície usinada pode ser qualificada por meio de metodologias, como o avanço por dente, análise visual que é o mais comumente utilizado em fábricas de móveis, associado ao simples tato do encarregado da produção. Andrade et al. (2016) avaliaram a qualidade de corpos de prova de madeira de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* de 11 anos de idade utilizando duas velocidades de avanço e três rotações do eixo porta ferramentas para aplainamento, sendo analisados em sua superfície após esse processo pela técnica Sunset Laser. Observaram que *Khaya ivorensis* apresentou melhor resultado na qualidade de superfície com velocidade de avanço de 6 m.min^{-1} e rotação de 4 mil rotações por minuto e *K. senegalensis* com velocidade de avanço de 6 m.min^{-1} e rotação de 3,6 mil rotações por minuto. A técnica Sunset Laser mostrou-se mais eficiente para avaliar pequenas diferenças de defeitos da madeira usinada em comparação à avaliação visual.

Melhoramento e conservação genética

O mogno africano tem se difundido em alguns países tropicais, entre eles o Brasil e a Austrália. Na Austrália, especialmente nos Estados Território do Norte (NT) e Queensland, o cultivo e o melhoramento de *Khaya senegalensis* têm sido implementados com sucesso. A situação do mogno africano na

Austrália compreende mais de 15 mil hectares de plantações industriais, parcelas e ensaios em fazendas florestais, praticamente, todos derivados de sementes nativas de origem africana. No entanto, as melhores árvores deram produtos de alto valor, tais como folheados, placas de alto nível e mobília premiadas. A conservação e a melhoria colaborativa realizadas pelos governos do Território do Norte (NT) e Queensland, desde 2000, resultaram em pomares de sementes, arboretos (hedge gardens) e testes genéticos, revelando clones e famílias promissoras. O setor privado tem realizado pesquisas desde meados dos anos 2000, incluindo estudos de manejo silvicultural e da madeira, testes participativos de material governamental e mais de 140 procedências e 400 famílias de 17 países africanos foram estabelecidos na Austrália. Recentemente, principalmente a pesquisa do setor público, incluiu um projeto de cinco agências entre 2009-2012, resultando em tecnologias avançadas de propagação e maior conhecimento de biologia, propriedades de madeira e processamento. A prioridade operacional a curto prazo se concentrou no desenvolvimento de áreas de produção de sementes e pomares de sementes clonais com atualizações permanentes (“rolling front”). As prioridades de P&D incluem: desenvolvimento e implementação de uma estratégia de melhoramento colaborativa com base em recursos agrupados; desenvolvimento de avaliação não destrutiva de propriedades de madeira de árvores selecionadas; micropropagação (incluindo testes de campo de material dessa fonte) “pronta para a indústria” e um índice de árvore selecionada; otimização da produção de sementes em pomares; aprimoramento de técnicas de polinização controlada; e maximização dos benefícios dos ensaios de progênies, clones e procedências (Nickles et al., 2012; Nickles et al., 2016).

Num programa de melhoramento genético, as técnicas de biologia molecular são fundamentais na diminuição de tempo para confirmação de materiais genéticos superiores, onde os marcadores moleculares merecem destaque. O uso de marcadores moleculares possibilita a análise intrínseca do genótipo de um indivíduo sem a necessidade da ocorrência da expressão fenotípica e, conseqüentemente, excluindo-se a influência do ambiente. O uso de descritores baseados no genótipo do indivíduo tem recebido atenção especial para a caracterização de cultivares, decorrente do seu potencial de distinção de genótipos morfológicamente similares e geneticamente aparentados. Já a utilização da tecnologia de marcadores moleculares nos programas de me-

lhoramento genético de plantas – em suma, no processo seletivo por meio da procura de alelos desejáveis indiretamente por meio do uso de marcadores ligados – é conhecida como seleção assistida por marcadores moleculares (SAM) (Toppa; Jadoski, 2013). Pela importância do mogno africano, utilizando especialmente microssatélites e polimorfismo de nucleotídeo único (SNPs), estudos com marcadores moleculares também têm sido realizados para analisar a genética populacional e de conservação dessas espécies de madeira tropical ameaçadas (Lemes et al., 2011; Karan et al., 2012; Pakull et al., 2016).

Num programa básico de melhoramento de mogno africano, testes de procedências e famílias são fundamentais em relação a características de crescimento e à qualidade da madeira. Preliminarmente, estudos de tamanho de sementes e comportamento de crescimento a nível de mudas podem se correlacionar positivamente com o crescimento futuro, podendo-se antecipar a seleção de melhores materiais. Nesse aspecto, Ky-Dembele et al. (2014) estudaram as variações entre e dentro de procedências de *Khaya senegalensis* em relação ao tamanho da semente e às características das mudas. Observaram ainda que, em quatro procedências, a magnitude da variação devido ao efeito de família variou de 65% a 93% para as características do tamanho da semente e de 4,5% a 17,8% para os caracteres das mudas. As estimativas da hereditariedade de família foram moderadas a altas (0,67–0,95) para características de sementes, mas de baixo a moderado (0,19–0,59) para características de mudas, indicando que grande parte da variação total nas características de sementes deveu-se ao efeito genético.

No Brasil, foram realizadas poucas introduções de material genético do gênero *Khaya*, a mais conhecida foi o plantio de cinco árvores de *Khaya ivorensis* na área da Embrapa Amazônia Oriental, o qual gerou sementes para muitos plantios na região e em outras localidades. Uma iniciativa que se tem conhecimento é do professor Evandro Novaes, da Universidade Federal de Lavras, que fez levantamento no Pará de plantios de *Khaya ivorensis* de idades compreendidas entre 13 e 15 anos, provenientes em sua maioria de sementes das cinco árvores da Embrapa Amazônia Oriental e selecionou 55 das melhores árvores, as quais foram clonadas. Neste estudo observou-se que as 55 árvores possuíam diversidade genética comparável a povoamentos naturais na África e que podiam ser inter cruzadas e avaliadas suas progênes em dife-

rentes regiões do país, em que seriam selecionados novos clones, melhores que os progenitores (Mudas Nobres, 2018).

Fisiologia

Com o surgimento gradual das mudanças climáticas, regiões que tinham uma pluviosidade anual estável podem diminuir seus níveis de chuva causando como consequência déficits hídricos nas plantas, portanto, plantas que resistem melhor à seca estão sendo observadas positivamente, contudo, o contrário pode ocorrer, onde regiões de pouca pluviosidade podem ter o volume de chuvas aumentado. Complementarmente, o monitoramento periódico das variações sazonais e diurnas do potencial de água foliar e da troca de gás, quando combinado com medidas de condutância estomática e variações climáticas, pode servir como ferramentas importantes para entender como uma determinada espécie usa recursos disponíveis do meio ambiente e como as flutuações sazonais destes recursos afetam a produtividade primária das plantas. Assim, a avaliação dos efeitos causados pela estação seca é de grande importância, não só com vista à produção econômica, mas também ao tentar esclarecer como e em que proporções esses parâmetros podem contribuir para a sobrevivência durante esses períodos (Damatta et al., 2003 apud Cunha et al., 2013).

O princípio de plantas que resistem mais à seca é aplicado na introdução de espécies exóticas para regiões que existe período prolongado de seca, como no caso de *Khaya senegalensis*, que foi introduzido no norte da Austrália. Arndt et al. (2015) estudaram a troca de gás e as características das relações hídricas e os ajustes à seca sazonal em *K. senegalensis* e eucaliptos nativos em um ecossistema de savana no norte da Austrália. A plantação de *K. senegalensis* na estação úmida caracterizou-se por um alto potencial de água, alta condutância estomática e transpiração e um índice de área foliar (IAF) alto de 2,4 m²/m² (metro quadrado de área foliar por metro quadrado de solo). Na estação seca, *K. senegalensis* experimentou um estresse de seca leve com um potencial de água antes do amanhecer de -0,6 MPa. O IAF foi reduzido pela metade e a condutância e transpiração estomática diminuíram drasticamente, enquanto os potenciais mínimos de água foliar não mudaram (-2 MPa) e nenhum ajuste osmótico ocorreu. *Khaya senegalensis* exibiu um comportamento isohídrico e também apresentou uma menor vulnerabilidade

hidráulica à cavitação (formação de bolhas) nas folhas, com um potencial de água no qual existe 50% de perda de condutividade (P50) de -2,3 MPa.

Outro trabalho de déficit hídrico com plantas jovens de *Khaya ivorensis* foi realizado por Albuquerque et al. (2013), com o objetivo de avaliar a capacidade de recuperar o status hídrico e as trocas gasosas após período de déficit hídrico. Plantas com aproximadamente 315 dias foram subdivididas em dois grupos: plantas irrigadas (controle) e não irrigadas e avaliadas aos 14 dias da suspensão da irrigação e, após, 1, 2 e 3 dias da retomada da irrigação (reidratação). No dia 14, o potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}) das plantas estressadas foi reduzido a -2,66 MPa. Com a restrição hídrica, foram observadas reduções significativas no conteúdo relativo de água na antemanhã (redução de 32%), na taxa de assimilação líquida de CO_2 (90%), na condutância estomática (95%), na transpiração (93%) e na razão entre concentração intercelular e ambiental de CO_2 (37%). Durante a reidratação, o status hídrico das plantas estressadas foi restabelecido após três dias. As trocas gasosas também se restabeleceram, mas de forma mais lenta que o status hídrico. Sob déficit hídrico, a concentração de prolina aumentou e a de carboidratos solúveis totais diminuiu. Concluiu-se que plantas jovens de mogno-africano são tolerantes ao déficit hídrico moderado.

Para qualquer tipo de cultura vegetal, é interessante saber qual seu consumo de água sem restrições de água para se analisar o comportamento de crescimento no tempo. Casaroli et al. (2016) estudaram respostas de *Khaya ivorensis* cultivado sem restrição hídrica às condições micrometeorológicas de Goiânia, GO, em casa de vegetação (vasos), durante 141 dias e, em lisímetros, por 160 dias. Observaram que, utilizando os valores de consumo de água e a área do lisímetro, pode-se inferir que a evapotranspiração potencial média da cultura foi de 2,11 mm d⁻¹ e que o coeficiente de cultura ($K_c = ET_c / ET_o$, em que ET_c = evapotranspiração da cultura e ET_o = consumo hídrico de referência para a região) igual a 0,45 é valor coerente quando comparado aos valores apresentados pelo boletim FAO-56, que apresenta valores médios de K_c para árvores frutíferas entre 0,40–1,00.

Cunha (2010) estudou o comportamento ecofisiológico do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) e do mogno africano (*Khaya ivorensis*) submetidas a quatro doses de KCl nas condições ambientais do período chuvoso e seco de Igarapé Açu, Pará, Amazônia Oriental. Para as plantas sob déficit hídrico,

a condutividade hidráulica (gs) e transpiração (E) foram mais bem correlacionadas às variações da umidade relativa e temperatura foliar, enquanto para as plantas no período chuvoso, variações em gs e E foram melhor explicadas pelas variações em radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e déficit de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera. O déficit hídrico ocorrido no primeiro ano da implantação do experimento reduziu E em 80% e, gs, em 90%; promoveu a paralisação do crescimento das plantas em altura e em diâmetro e reduziu em 50% o número de folhas de ambas as espécies. Os dados indicam que *Khaya ivorensis* foi mais tolerante à seca, nas condições experimentais, que *S. macrophylla*.

Outra forma de ver o comportamento de uma planta em relação ao estresse hídrico é utilizando diferentes regimes de irrigação em vasos e, dependendo do tipo de propágulos que é realizada (estaca ou por sementes), pode haver comportamento diferente de crescimento. Ky-Dembele et al. (2010) compararam o crescimento de mudas e estacas de *Khaya senegalensis* em quatro regimes de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% de capacidade de campo) em vasos. Observaram que os dois tipos de propágulos apresentaram padrões de crescimento semelhantes em relação às taxas de crescimento relativo do comprimento do caule, da folha, da raiz e da biomassa total vegetal. No entanto, os regimes de irrigação afetaram significativamente todos os parâmetros. Em contraste com 75% e 100% de regimes de irrigação de capacidade de campo, o baixo abastecimento de água de 25% e 50% de capacidade de campo resultou no estresse da planta, o que ficou evidente a partir da redução significativa no crescimento da planta e na produção de biomassa e um aumento na razão biomassa da raiz para a biomassa total da planta.

O conteúdo de água da semente é crucial para a sua sobrevivência por longos períodos de armazenamento, haja vista que afeta o metabolismo e reações de deterioração. Valores acima ou abaixo de conteúdo de água crítico pode aumentar a taxa de envelhecimento da semente. O conteúdo crítico depende de condições de temperatura e umidade relativa. Portanto, o entendimento da relação entre a temperatura de armazenamento, umidade relativa e conteúdo de água da semente é essencial para o desenvolvimento de protocolos de armazenamento de sementes ótimos. Asomaning et al. (2011) investigaram a relação entre a temperatura de armazenamento, umidade relativa e o teor de água da semente em seis espécies indígenas de sementes de árvores florestais de Gana. As sementes de *Khaya anthotheca* com teor

de umidade inicial de 14,2%, colocadas em câmaras com umidade relativa de 60% a 93% a 20 °C, ganharam peso fresco, enquanto nas amostras colocadas entre 3% e 33% a 20 °C, as umidades relativas perderam peso fresco durante os 15 dias para que todas as amostras de sementes estivessem no equilíbrio. Na umidade relativa de 3%, o conteúdo de umidade de equilíbrio caiu para 1,8% e, na umidade relativa de 93%, a umidade de equilíbrio da semente subiu para 15,9%.

Crescimento e modelos de crescimento

As condições edafoclimáticas, nutricionais e controle fitossanitário, junto com o material genético vegetal, determinam em grande proporção a curva de crescimento volumétrica de povoamento florestal. Heryati et al. (2011) compararam o crescimento de *Khaya ivorensis* em três séries de solos diferentes de Planossolos e desenvolveram equação alométrica da acumulação de biomassa do povoamento 5 anos após o plantio na Malásia. A espécie foi plantada em 2004 usando o sistema de desmatamento e monocultura. O espaçamento inicial da plantação foi de 4 m x 3 m (cerca de 833 árvores ha⁻¹). A relação entre as variáveis independentes e os componentes de biomassa e volume do tronco foi descrito por funções exponenciais: $Y_i = a(D)^b$ ou $Y_i = a(D^2H)^b$, em que a e b são as constantes da regressão; D é o diâmetro à altura do peito (cm); H é a altura total (m); e Y_i é a biomassa seca (kg) do componente de árvore i (tronco, galhos, folhas e raízes). Uma equação alométrica única usando a variável independente D foi aplicável às estimativas de biomassas dos galhos, folhas e raízes de *K. ivorensis* em todos os locais.

A estimativa da qualidade de sítio é uma importante ferramenta para o manejo florestal, uma vez que auxilia na modelagem do crescimento e da produção de florestas equiâneas. Ribeiro et al. (2016) utilizaram dados de plantios brasileiros de mogno africano (*Khaya ivorensis*) para avaliar modelos de crescimento em altura dominante comparando modelos dinâmicos invariantes com a idade padrão e modelos estáticos (método da curva guia). O modelo de Lundqvist-Korf com o método da curva guia se mostrou eficiente, sendo recomendado para a classificação de sítios e para a predição de altura dominante em povoamentos de mogno africano. A amplitude dos índices de sítio, na idade de referência de 15 anos, foi de 17 m a 33 m. O modelo de Lundqvist-Korf é apresentado a seguir:

$$hdom_2 = A \left(\frac{hdom_1}{A} \right)^{(t_1/t_2)^d}$$

Em que: $hdom_1$ e $hdom_2$ são as alturas dominantes nas idades t_1 e t_2 ; A é uma assíntota; e d é um parâmetro de forma.

Conhecer o volume de madeira de uma floresta é de extrema relevância, pois a valorização da madeira e o uso social, ecológico e economicamente correto do recurso florestal é uma forte demanda da sociedade. Essa preocupação remete ao planejamento, ao ordenamento e à otimização do uso da madeira, com precisão na quantificação do volume dos povoamentos florestais (Santos, 2012). Contudo, para a determinação do volume de um povoamento é necessário determinar o crescimento em altura e o diâmetro à altura do peito das árvores. Silva et al. (2016b) desenvolveram equações hipsométricas, volumétricas e de predição do crescimento para *Khaya ivorensis* de idade entre 30 e 59 meses em plantio localizado em Pirapora, MG. As equações ajustadas apresentaram estatísticas satisfatórias, porém inferiores a de outras culturas mais difundidas, como a do eucalipto. A seguir são apresentados os melhores modelos:

a) Modelo hipsométrico

$$\ln ht = \beta_0 + \frac{\beta_1}{DAP} + \mathcal{E}_i$$

Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m de altura (cm); ht = altura total (m); β_i = parâmetros, com $i = 0, 1, 2, \dots$; e \mathcal{E}_i = erro aleatório.

b) Modelo volumétrico

$$(SPURR): v = \beta_0 + \beta_1 (DAP^2 ht) + \mathcal{E}_i$$

c) Modelo de Crescimento

$$v = \beta_0 \exp(-\exp(\beta_1 - \beta_2 i)) + \mathcal{E}_i$$

Em que: v = volume da parcela (m^3/ha) e i = idade do plantio (meses).

Silva et al., 2016b observaram que o incremento médio anual máximo do plantio avaliado é de aproximadamente 25 m³/ha/ano, ocorrendo em idade próxima aos 54 meses.

No Brasil, os plantios em monocultivo do mogno americano (*Swietenia macrophylla*) têm sido limitados pelo ataque da broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella*) e, similarmente, na África, os plantios tem sido desencorajados pela broca *Hypsipyla robusta*. Então, métodos de manejo como culturas intercalares e condições de sombreamento para que o ataque e ramificação sejam reduzidos são propostos. Opuni-Frimpong et al. (2008a) realizaram testes com *Khaya anthoteca* e *K. ivorensis* para verificar o crescimento e o nível de ataque de *Hypsipyla robusta*, em Gana (África), sob três níveis de sombra do dossel da floresta: clareira mais aberta (clareira em que entra 55% de luz relativa a céu aberto); clareira média (26% em relação a céu aberto); e clareira pequena (11% em relação a céu aberto). Após 48 meses do plantio o ataque de *Hypsipyla robusta* foi de 85%, 11% e 0% para *K. anthoteca* nos tratamentos de clareira mais aberta, média e pequena, respectivamente, e, de 73%, 16% e 0% para *K. ivorensis*. Contudo, o crescimento em altura foi maior na clareira mais aberta do que nas clareiras mais fechadas.

Um dos problemas que os silvicultores encontram na implantação de povoamento florestal é a sobrevivência das mudas, especialmente em regiões áridas e semiáridas. Normalmente, são usados compostos orgânicos e gel de poliacrilamida (hidrogel) que são adicionados ao solo para aumentar a retenção de água pelo solo e, posteriormente, desprendimento para as mudas. Ramalazan e Adeiza (2007) verificaram a sobrevivência e resposta de crescimento de mudas de *Khaya senegalensis* em região semiárida da Nigéria influenciados por agentes conservativos de umidade e irrigação. Após o solo de textura franca ser arado e gradeado, houve aplicação de esterco orgânico no experimento inteiro; em algumas parcelas, foi aplicado gel de poliacrilamida, que foi misturado ao solo, de cobertura de casca na superfície do solo, e parcelas sem aplicação de outro material, fora o esterco orgânico (testemunha). Observaram que a aplicação de gel de poliacrilamida resultou na sobrevivência de 100% das mudas após 3 meses, diferente dos tratamentos com cobertura de casca e testemunha, que apresentaram, ambas, 83% de sobrevivência em condições de não irrigação.

Manejo do plantio

O produtor florestal aprecia obter informações as mais completas possíveis a respeito da espécie que vai cultivar para o seu pleno desenvolvimento. Contudo, existem informações básicas que são imprescindíveis para colocar em prática o empreendimento, assim como espaçamento, fertilização, poda, desbaste e aplicação de herbicidas para controle de plantas daninhas.

No Brasil, os espaçamentos mais comuns são 3 m x 2 m e 3 m x 3 m. O espaçamento de 3,5 m x 3,5 m facilitaria a entrada de caminhões e tratores. De acordo com Opuni-Frimpong et al. (2016), os espaçamentos mais comumente usados, particularmente em um sistema de monocultivo são 1 m x 1 m; 2 m x 2 m; 2,5 m x 2,5 m; 3 m x 3 m e 5 m x 5 m. Espaçamentos menores produzem caules mais retos e crescimento em altura mais rápido, enquanto espaçamentos mais amplos produzem diâmetros de caules maiores. Uma técnica que pode ser adotada é usar espaçamentos menores nos estágios iniciais, a fim de promover o crescimento em altura e, em seguida, realizar desbaste para promover maior diâmetro do caule. Em um sistema agroflorestal, assim como em outras espécies arbóreas, os mognos podem ser espaçados estreitamente dentro de suas linhas com uma distância maior entre as linhas para plantio de culturas sazonais como mandioca, milho, amendoim ou soja.

A poda é uma parte essencial da manutenção das plantações dos mognos. Ela envolve a remoção de ramos e aumenta a altura do tronco limpo de nós e reduz a susceptibilidade das árvores ao ataque de pragas. A remoção de múltiplos ramos ou brotos aumenta o crescimento do caule principal e copa da árvore. Seções de madeira removidas da poda podem ser usadas para produção de lenha ou carvão vegetal, o que fornece receita adicional para o agricultor. A poda minimiza a frequência de difusão de incêndios florestais que se propagam através da copa das árvores, minimizando danos a plantação (Opuni-Frimpong et al., 2016).

A poda começa no terceiro ano e é aconselhável que seja no início da estação chuvosa. Aconselha-se que a poda vá até 50% da altura da árvore deixando um ou dois caules principais (Figura 3). Ramos e brotos são removidos da metade inferior da árvore, enquanto os rebentos em desenvolvimento ainda são jovens e pequenos. A poda deve ser feita perto do caule sem cortar o

colo do ramo e a crista da casca. O colo do ramo é o ligeiro inchaço na base do ramo onde ele cresce a partir do caule e, quando se poda o colo do ramo, faz com que a cicatrização do caule seja mais lenta e também torna a árvore mais suscetível a pragas e a doenças. O atraso na remoção de ramos mais grossos no tronco cria nós na madeira, tornando-o mais suscetível a pragas e doenças. A poda frequente melhora a produtividade do talhão de mogno (Opuni-Frimpong et al., 2016).

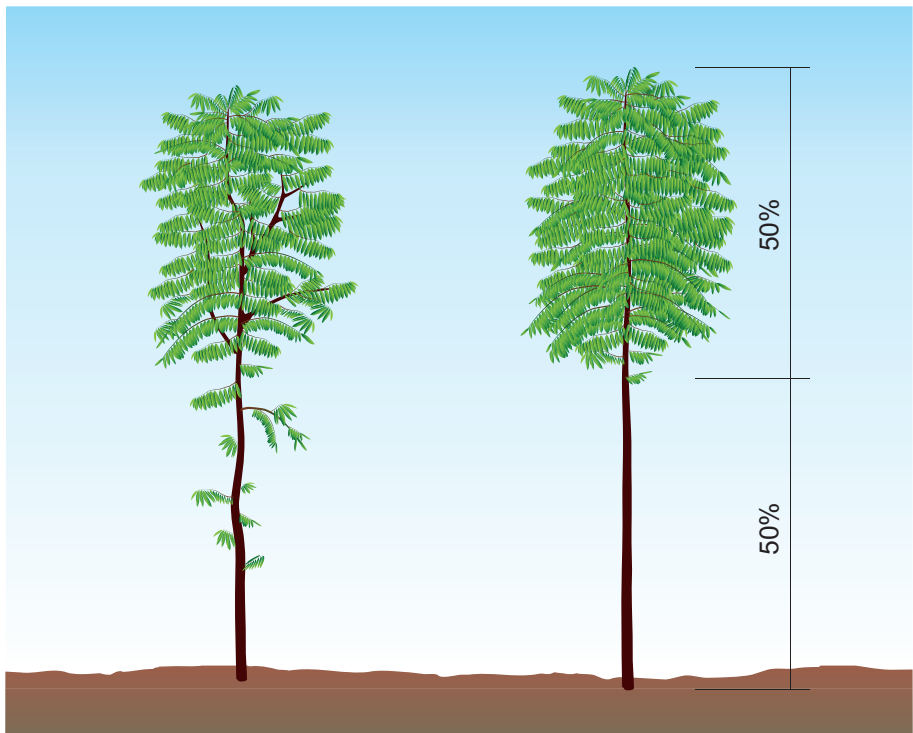


Figura 3. Recomendação de altura para procedimento de poda dos galhos. A árvore da esquerda não foi realizada desrama, enquanto a da direita, foi realizado alguns procedimentos de desrama.

Fonte: Modificado de Opuni-Frimpong et al. (2016).

O desbaste é feito em um talhão estreitamente espaçado (por exemplo 1 m x 1 m, 2 m x 2 m) para reduzir o número de árvores para criar mais espaço para

a copa e desenvolvimento radicular. A remoção de árvores dominadas, não saudáveis e de crescimento lento incentiva um melhor crescimento para as árvores remanescentes de boa qualidade que estão crescendo rapidamente e são saudáveis. O desbaste deve ser feito num ciclo de 5–10 anos, dependendo das taxas de crescimento e, com maior frequência, se apenas algumas árvores forem cortadas. O número de árvores deixadas após o desbaste pode ser baseado na altura das árvores, que é influenciada pela idade e pela fertilidade do sítio (índice de sitio). Em geral, recomenda-se a manutenção de talhões de mogno em uma área basal de $25 \text{ m}^2/\text{ha}^{-1}$ – $30 \text{ m}^2/\text{ha}^{-1}$. Em talhão, em que o dossel é fechado aproximadamente aos 8 anos numa densidade de $333 \text{ árvores}/\text{ha}^{-1}$, recomenda-se a redução para 150 – $200 \text{ árvores}/\text{ha}^{-1}$ (Opuni-Frimpong et al., 2016).

Em relação à fertilização, juntamente com a aplicação de adubos minerais, o esterco ou o composto orgânico pode ser aplicado numa dose de 10 kg por cova de plantio antes de transplantar a muda. Os mognos se estabelecem em solos bem drenados, com a textura variando de argilo-siltosa até arenosa. O pH do solo preferido varia de alcalino a neutro, portanto é apropriado tratar solos ácidos com calcário dolomítico. Uma maneira de aplicar fertilizantes é em furos de 10 cm–15 cm de profundidade que rodeiam a árvore de mogno em uma distância de 0,5 m–1,5 m distante do caule (Opuni-Frimpong et al., 2016).

A fertilização fosfatada é considerada essencial no setor florestal. Existem empresas de plantio de eucalipto que usam como adubo somente o superfosfato simples, que é composto por cálcio, enxofre e fósforo. Contudo, para uma nutrição mais equilibrada são necessárias a disponibilização de outros macroelementos (nitrogênio, potássio e magnésio) e microelementos (especialmente boro, zinco, cobre, manganês, ferro e molibdênio). Pinto e Rodigheri (2001) estudaram o crescimento de mogno americano (*Swietenia macrophylla*) e teca (*Tectona grandis*) consorciados (um em cada linha de plantio, espaçamento 3 m x 2 m) em diferentes níveis de adubação fosfatada. O preparo do solo foi feito por uma aração e duas gradagens tratorizadas. As covas foram abertas manualmente no tamanho de 40 cm x 40 cm x 40 cm, nas quais, foram incorporados 1 kg de calcário dolomítico (PRNT 75%) e 5 L de esterco curtido de curral. Os níveis de adubação foram: Testemunha, sem adubação; 100 g de superfosfato simples/cova e 300 g de superfosfato sim-

ples/cova. Observaram, aos 4 anos do plantio, que o melhor desempenho para as duas espécies ocorreu com adubação de 300 g/cova de superfosfato simples.

Devido ao alto custo de fertilizantes inorgânicos, várias experiências têm sido realizadas com resíduos orgânicos ou inorgânicos, seja de lodo de esgoto bruto, seja de lodo biológico de celulose (LBC) proveniente de fábrica de celulose, rejeitos de usina de açúcar, de processamento de minérios e, em alguns casos, a compostagem de resíduos orgânicos que podem incluir o lodo de esgoto e LBC. Rosazlin et al. (2015) estudaram o efeito da alteração do solo com LBC sobre o crescimento de *Khaya senegalensis* e do arbusto medicinal *Orthosiphon stamineus* intercalados. A aplicação de LBC resultou em aumento de altura, crescimento do diâmetro e biomassa total da planta do que o controle (sem fertilização) e o tratamento somente com fertilização nitrogenada.

Outra forma de adubação e irrigação alternativa é o despejo de águas residuais tratadas. Zalesny Júnior et al. (2011) descrevem experiências e alternativas de espécies arbóreas para o uso de águas residuais tratadas no Egito, em que *Khaya ivorensis* já está sendo utilizada experimentalmente. Em 2010, aproximadamente 4.340 ha de reflorestamentos foram irrigados com águas residuais despejados em sulcos na linha de plantio.

Em áreas em que boa parte do ano possui déficit hídrico, como a região do Cerrado, a irrigação por gotejamento pode ser uma alternativa viável, desde que não haja escassez de água para a população e das culturas agrícolas de abastecimento local. Alves Júnior et al. (2017) realizaram estudo com *Khaya ivorensis* submetido à irrigação por gotejamento na região de Bonfinópolis, GO, com precipitação anual acumulada de 1.487 mm. Os resultados mostraram que houve diferença estatística significativa ($P > 0,05$) entre as plantas irrigadas e não irrigadas. A altura média das plantas variou (dos 2 meses aos 20 meses de idade) de 0,33 m a 3,25 m e 2,67 m irrigadas e não irrigadas, respectivamente. Assim, a irrigação com um gotejador por planta, de vazão 2 L h^{-1} , foi suficiente para atender as demandas de água do mogno nos primeiros 2 anos de cultivo.

No Brasil, existem grandes extensões de áreas com pastagens degradadas. Essas áreas podem ser recuperadas com fertilização adequada ou serem

recuperadas por sistemas agrossilvipastoris, elegendo-se componentes que possuam valores agrônômico, econômico e ecológico e que garantam sustentabilidade. Dessa maneira, Falesi e Baena (1999) avaliaram o plantio de *Khaya ivorensis* em sistema agrossilvipastoril, em que, no primeiro ano, plantou-se o componente arbóreo juntamente com a mandioca; no segundo ano, plantou-se feijão-caupi e, no terceiro, foi introduzida a leguminosa (duas espécies de centrosema) e o componente animal (ovelhas) no sistema. As ovelhas devem entrar no sistema quando as folhas estão fora de seu alcance e a pastagem em boas condições para consumo, contudo, deve-se observar se animais não estão causando danos à casca de *Khaya*. No sistema silvipastoril, a concorrência da leguminosa com a *Khaya*, no que se refere a nutrientes e à água, foi marcante quando se compararam os valores de altura e de DAP das plantas desse sistema com os das submetidas ao revestimento natural espontâneo (Tabelas 3 e 4). Nesse último sistema, as plantas de *Khaya* alcançaram os maiores crescimentos.

Por sua vez, para gado, se a oferta de capim é abundante, ele não comerá as folhas que estejam no seu raio de ação (Figura 4).

Tabela 3. Médias aritméticas em altura (cm) de *Khaya ivorensis*, determinadas por período climático, em função do manejo com leguminosa e vegetação natural. Plantio em março de 1996.

Manejo	Dezembro/96 (Estiagem)	Julho/97 (Chuvoso)	Janeiro/98 (Estiagem)	Setembro/98 (Chuvoso)
Natural	136	314	422	632
Leguminosa	75	225	287	507

Fonte: Falesi e Baena (1999).

Tabela 4. Médias aritméticas do DAP (em) de *Khaya ivorensis*, determinadas por período climático, em função do manejo com leguminosa e vegetação natural. Plantio em março de 1996.

Manejo	Janeiro/98 (Estiagem)	Setembro/98 (Chuvoso)
Natural	6,7	10,4
Leguminosa	4,2	8,4

Fonte: Falesi e Baena (1999).



Foto: Wellington Cavalcanti

Figura 4. Sistema silvipastoril com mogno africano num espaçamento de 5 m x 5 m, na idade de 5 anos na região de Planaltina, DF.

A incorporação do conceito de sustentabilidade tem levado a pesquisa agropecuária a buscar modelos alternativos e sustentáveis de produção agrícola e, ainda, o desenvolvimento de técnicas capazes de reduzir as quantidades de produtos fitossanitários utilizados no campo, exigindo padrões de qualidade dos alimentos consumidos e a preservação do ambiente como um todo (Brighenti e Muller, 2014a). Esses autores realizaram experimento com o objetivo de avaliar a tolerância de plantas de mogno-africano (*Khaya ivorensis*) a herbicidas em vasos de 10 L com substrato composto de solo, esterco e areia e uma planta por vaso. Para o mogno africano, os herbicidas imazapyr (25 g i.a. ha⁻¹ [ingrediente ativo]), oxyfluorfen (360 g i.a. ha⁻¹) e chlorimuron-ethyl (7,5 g i.a. ha⁻¹ e 12,5 g i.a. ha⁻¹) proporcionaram sintomas leves de fitotoxicidade no mogno. O oxyfluorfen (720 g i.a. ha⁻¹), o imazethapyr e o nicosulfuron foram moderadamente fitotóxicos e o isoxaflutole (75 g i.a. ha⁻¹ e 112,5 g i.a. ha⁻¹) foi o herbicida mais fitotóxico.

Nos sistemas agrossilvipastoris instalados no Brasil, são utilizadas espécies do gênero *Urochloa* como pastagem e, para o plantio das espécies florestais em cultivo mínimo, são realizadas aplicações de herbicida na faixa de plantio em pastagens, portanto o controle de gramíneas é etapa importante para o sucesso do sistema. Brighenti e Muller (2014b) realizaram estudo de controle

do capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) nas linhas de plantio associado ou não à nutrição com boro no cultivo de *Khaya ivorensis* em sistema silvipastoril. Os tratamentos aplicados nas parcelas foram: testemunha capinada; testemunha sem capina; glifosato + chlorimuronethyl + óleo mineral, glifosato + imazethapyr, somente glifosato e oxyfluorfen. As subparcelas foram constituídas pela ausência ou presença de ácido bórico. Observaram que a aplicação do oxyfluorfen (480 g i.a. ha⁻¹) com ou sem ácido bórico proporcionou maior crescimento do diâmetro do coleto e altura das mudas aos 150 dias após a aplicação das caldas de pulverização e, o controle das gramíneas após 21 dias da aplicação com este herbicida foi de 76% com ou sem boro.

A aplicação de herbicida poderia ser realizada num trator acoplado com reservatório do produto (Figura 5), em que os bicos pulverizadores estariam envolto por protetor de deriva. Na linha de plantio, pode-se usar pulverizador costal com bico antideriva acoplado a chapéu de Napoleão.



Figura 5. Desenho esquemático do protetor de deriva acoplado a um trator.

Propagação vegetativa

A propagação vegetativa é uma das práticas silviculturais de grande importância, pois propicia o desenvolvimento de plantas com elevado grau de

similaridade da planta doadora de material genético, geralmente planta de produtividade e/ou qualidade superior para uma ou várias características. Os métodos mais utilizados são enxertia, estaquia, mergulhia e micropropagação. A enxertia é também utilizada para que o material enxertado (cavaleiro) adquira resistência a alguns patógenos e pragas.

Nesse último contexto, Perez et al. (2010) realizaram enxertia com várias combinações entre enxerto e porta-enxerto e auto enxertia para as espécies *Cedrela odorata* e *Swietenia macrophylla* (consideradas sensíveis ao ataque de *Hypsipyla grandella*) e *Khaya senegalensis* e *Toona ciliata* (consideradas resistentes ao ataque de *H. grandella*). Realizou-se dois experimentos: um em que o broto apical do caule principal da planta foi inoculado com ovos de *H. grandella* e o outro em que o broto foi inoculado com o terceiro estágio larval. O dano das plantas por *H. grandella* foi visivelmente influenciado pela idade das larvas (as respostas dos recém-nascidos diferiram das do terceiro estágio). Os porta-enxertos resistentes conferiram resistência a cavalos sensíveis. Em ambos os experimentos, o enxerto por si só, independentemente da combinação do porta-enxerto e do cavaleiro, também reduziu os danos causados pelas larvas de *H. grandella*. Cavalos de espécies sensíveis auto-enxertadas apresentaram resistência similar aos cavalos sensíveis enxertados em porta-enxertos resistentes.

Dentro da modalidade enxertia, existem diversas formas de como fazê-la: garfagem de fenda de meio de topo (GFMT); garfagem sob casca de meio de topo (GSCT); garfagem sob casca lateral (GSCLat); e borbúlia em T invertido (BTI). Kalil Filho et al. (2008) avaliaram combinações enxerto/porta-enxerto e modalidades de enxertia no sentido de indução de algumas espécies de meliáceas à broca causada pela *Hypsipyla grandella*. As combinações mogno brasileiro (MBr)/mogno africano (MAf), enxerto e porta-enxerto, nessa ordem, utilizando GFMT; MAf/MBr utilizando GFMT; MBr/MBr utilizando GFMT; e MBr/MAf utilizando BTI, obtiveram pegamento de 82%, 78%, 65% e 67%, respectivamente. No campo, com exceção da enxertia MBr/MAfr, houve rejeição dos enxertos após 4 meses, inviabilizando todas as combinações de mogno com as demais espécies utilizadas na enxertia. Os enxertos MBr/MAfr e MBr/MBr (testemunha) foram atacados pela *H. grandella*.

Outra modalidade de propagação vegetativa é a estaquia com as variações macroestaquia, miniestaquia e microestaquia (esta passa por processo de

micropropagação). Normalmente, as estacas produzidas ficam em casas de vegetação com nebulização intermitente automática, contudo, existem métodos mais simples baseados em estufas cobertas com plásticos transparentes de polietileno, canteiro com substrato sem restrição hídrica, sombreamento com folhas de palmeira e nebulizações com pulverizador costal. Utilizando essa forma mais simples de propagador, Tchoudjeu e Leakey (1996) realizaram trabalho com estaquia de clones de *Khaya ivorensis* de 2 anos, que foram cortados para se obterem as estacas, em que observaram o efeito da concentração de auxina para o enraizamento, a posição do nó na estaca, a área foliar, o corte da base da estaca de forma perpendicular ou oblíqua e o comprimento da estaca. A melhor concentração do ácido indol-3-butírico (AIB) de auxina foi de 200 µg por estaca, que acelerou o enraizamento, aumentou a porcentagem de estacas enraizadas e aumentou o número de raízes por estaca. Em relação à posição dos nós nas estacas, as de posição basal apresentaram maior porcentagem de enraizamento do que as de posição apical. O corte perpendicular à estaca na parte basal produziu um sistema radicular disposto radialmente, enquanto um corte oblíquo resultou em um sistema radicular unilateral. Área foliar com 10 cm² por estaca apresentou porcentagem de enraizamento superior do que estaca com 100 cm². Em geral, as estacas longas (39 mm) enraizaram melhor que as estacas curtas (19 mm).

Com estrutura similar de propagador realizado por Tchoudjeu e Leakey (1996), Owusu et al. (2014) testaram três tipos de substratos (areia, solo superficial e mistura dos dois primeiros [50:50, v/v]) e três posições dentro da brotação (superior, média e base) formando estacas de comprimento entre 4 cm e 6 cm, para quatro espécies de mogno: *Khaya grandifoliola*, *K. ivorensis*, *Entandrophragma angolense* e *E. utile*, todas com 12 anos, que passaram por regime de talhadia e, após o desenvolvimento das brotações e posterior coleta, deixou-se somente duas folhas com área de 40 cm². As estacas foram mergulhadas em pó de ácido indol-3-butírico e plantadas nos substratos. Observaram que a maior porcentagem de enraizamento das estacas para *K. grandifoliola* e *K. ivorensis* foi no substrato misturado (areia/solo superficial) e na posição média da brotação, alcançando 73,3% para *K. grandifoliola* e 65,0% para *K. ivorensis*.

Outra espécie de mogno africano que tem potencial para fornecer madeira de alta qualidade é *Khaya anthotheca*, que foi introduzida recentemente na

América do Sul. Barbosa Filho et al. (2016) estudaram a propagação de *Khaya anthotheca* em duas modalidades: enxertia interespecífica com *Swietenia macrophylla* e mergulhia aérea (*air layering*). Primeiramente, analisou-se a compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto em combinações intraespecíficas e interespecíficas entre *K. anthotheca* e *S. macrophylla* por meio da garfagem de meio de topo e, somente a combinação *S. macrophylla* (enxerto) com *K. anthotheca* (porta-enxerto) não apresentou resultado satisfatório.

Adicionalmente, a mergulhia aérea foi realizada em plantas de *K. anthotheca* irrigadas com três soluções nutritivas combinadas com a aplicação de três doses de ácido indolbutírico (AIB) para avaliação do enraizamento. Observaram que a irrigação com pelo menos 50% da concentração de nutrientes e combinada com a aplicação de AIB (3,0 g.L⁻¹ ou 8,0 g.L⁻¹) resultou na melhor performance de enraizamento.

Opuni-Frimpong et al. (2008b) realizaram estudo de propagação por estacas com duas espécies de mogno africano: *Khaya anthotheca* e *Khaya ivorensis* para obter regras básicas de área foliar, idade das plantas que serão extraídas as estacas e concentração de auxina a ser aplicada nas estacas. As estacas foram obtidas de um único nó de plantas originadas de sementes, cortadas perpendiculares ao segmento nodal e mergulhadas em ácido indol-3-butírico e, após, colocadas em meio de enraizamento composto de turfa de musgo: perlite na proporção de 2:3 (v/v) em bandejas plásticas de propagação. Em *Khaya anthotheca*, as estacas com área foliar de 30 cm²–50 cm² tiveram a melhor porcentagem de enraizamento e, estacas com cerca de 30 cm² tiveram o maior número de raízes por estaca. Em *Khaya ivorensis*, as estacas com área foliar de 10 cm²–30 cm² apresentaram a maior porcentagem de enraizamento. As estacas coletadas em plantas de 1 ano de idade registraram a maior porcentagem de enraizamento e o maior número de raízes por estaca comparativamente às estacas originadas de plantas de 3 anos. O efeito da concentração de auxina no enraizamento foi examinado com estacas de *K. anthotheca* extraídas de plantas de 2 anos, em que a concentração de AIB de 0,8% foi a melhor concentração de auxina exógena para porcentagem de enraizamento, número de raízes por estaca e comprimento da raiz mais longa por estaca.

Por sua vez, estacas obtidas de mudas de idade precoce podem ser obtidas sem utilização de hormônios estimuladores de enraizamento. Vasconcelos

(2012) estudou o enraizamento de estacas de *Khaya senegalensis* em diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) extraídas de plantas de origem seminal na idade de 80 dias. Observou que a produção de mudas de *K. senegalensis* pode ser obtida pela estaquia de ramos provenientes de mudas, sem o uso de AIB.

A micropropagação ou cultura de tecidos é outra modalidade de propagação vegetativa que é utilizada para multiplicar indivíduos de interesse econômico ou científico, em geral, quando a estaquia e enxertia não respondem de forma adequada, pois esse procedimento é mais oneroso. Esse tipo de propagação envolve técnicas como embriogênese somática, cultura de órgãos, fusão de protoplastos e cultura de embriões (Wendling, 2003).

Danthu et al. (2003) realizaram estudos de micropropagação de *Khaya senegalensis* desenvolvendo protocolos de clonagem in vitro em mudas e em plantas mais maduras. As mudas, que tiveram partes aéreas multiplicadas, originaram de germinação de sementes em tubos de cultura. A multiplicação da parte aérea in vitro foi conduzida usando o meio de Murashige e Skoog (MS) na presença de ácido indol-3-butírico (AIB) e de 6-benziladenina (BA). O enraizamento das microestacas foi favorecido por um meio menos concentrado (MS/2) e uma concentração fraca de auxina. Por sua vez, o rejuvenescimento de árvores de 6 anos foi realizado a partir de explantes extraídos de enxerto alocado em casa de vegetação, os quais foram microenxertados in vitro em mudas jovens. Desse microenxerto, extraiu-se material para microestaquia em que, 68% enraizaram e 36% alongaram.

Khaya ivorensis cresce rapidamente e produz grandes quantidades de sementes, mas de capacidade de germinação limitada. Portanto, a técnica de cultura de tecidos, de preferência usando árvores com características desejáveis, pode ser um método alternativo para a conservação do germoplasma e também a propagação clonal dessa espécie. A esse respeito, os rebentos da talhadia de tocos são mais recomendáveis, pois são mais juvenis e mais fáceis de serem micropropagados em comparação com brotos tirados diretamente da copa da árvore (Haliza et al., 2014). Esses autores realizaram a propagação in vitro de segmentos de 2 cm com pelo menos um broto axilar, extraídos de rebentos de talhadia de árvores de 3 anos de *Khaya ivorensis* e observaram que o meio nutritivo de Murashige e Skoog, incorporando 10 µM de BAP (6-benzilaminopurina), foi a concentração mais apropriada para a

iniciação da parte aérea com número médio de brotos de 3,4 e número médio de folhas de 5,7 após 1 mês em cultura. A subsequente subcultura num intervalo de 6 semanas no meio MS incorporado com menor concentração de BAP de 4,44 μM resultou na produção de múltiplos rebentos. A taxa de multiplicação no meio de multiplicação foi 3,5. Dos 30 brotos alongados, 80% foram enraizados no meio de enraizamento (MS incorporado com ácido indolbutírico de 4,92 μM), em que 90% das plântulas foram aclimatadas com sucesso em areia lavada na estufa.

Souza (2013) estudou a produção de mudas *in vitro* de Mogno Africano (*Khaya senegalensis*), utilizando e otimizando técnicas de cultura de meristemas provenientes de sementes germinadas *in vitro*; via gemas axilares obtidas de plantas jovens cultivadas em casas de vegetação; e via embriogênese somática de calos, obtidos por meio de explantes foliares. Observou que o meio MS (Murashige e Skoog), com adição de BAP (benzil amino purina) e AIA (ácido indolacético), foi o melhor meio para realizar o isolamento de meristemas de plantas produzidas em casas de vegetação. Para multiplicação dos meristemas isolados de plantas cultivadas em casas de vegetação e dos provenientes de sementes germinadas *in vitro*, o meio MS, contendo 0,50 mg.L^{-1} de BAP, apresentou melhor resultado e, para o alongamento dos meristemas, a utilização de somente ácido giberélico proporcionou melhor resultado. Por sua vez, a indução de calos embriogênicos foi obtida com a utilização de segmentos foliares inoculados em meios MS, com diferentes combinações de reguladores de crescimento e variações nutricionais. Apenas calos desenvolvidos no meio MS, suplementado com caseína, extrato de malte e combinação de 2,4-D (ácido 2,4-D-diclorefenoxiacético), 2-iP (isopenteniladenina) e AIB, apresentaram características embriogênicas, ou seja, maior potencial para possível regeneração de plantas de Mogno.

Sementes artificiais ou sintéticas é uma modalidade de cultura de tecidos de plantas mediante a encapsulação de embriões somáticos (Marcos Filho, 2016). O encapsulamento por alginato é uma técnica simples e econômica para preservar o germoplasma de plantas. Hung e Trueman (2012) investigaram o encapsulamento por alginato da parte apical e nós da parte aérea do híbrido de eucalipto, *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* e o mogno africano, *Khaya senegalensis* para preservação. Em condições de armazenamento de 14 °C e no escuro, os explantes encapsulados de ambas as árvores foram

preservados de forma mais eficaz em meio com alto teor de nutrientes (metade da concentração do meio Murashige e Skoog) contendo 1% de sacarose, o que proporcionou altas frequências de rebrota de caule (92%–100% para *Corymbia* e 71%–98% para *Khaya*) e excelente desenvolvimento de parte aérea após 12 meses de armazenamento.

Fitopatologia e controle de doenças

A propriedade que faz a madeira resistir ao ataque de agentes deterioradores sem tratamento preservativo, denomina-se resistência natural. França et al. (2016) estudaram a durabilidade natural das madeiras do cerne e do alburno de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*) de 19 anos de idade, pela decomposição de fungos e alimentação de cupins, a fim de avaliar melhor o uso potencial desse material como um substituto adequado para a madeira de mogno brasileiro. No geral, os resultados mostraram que o cerne de ambas as espécies foi mais resistente do que o alburno a todos os fungos testados. O alburno de *K. senegalensis* mostrou menor resistência aos fungos de apodrecimento, enquanto o cerne de *K. senegalensis* apresentou a maior resistência aos fungos de podridão-marrom (*Gloeophyllum trabeum* MAD-617) e podridão-branca (*Irpex lacteus* MAD-517 e *Trametes versicolor* MAD-697), bem como ao fungo de podridão-seca (*Serpula lacrymans*) testado.

O crescente interesse pela possível aplicação de metabólitos secundários ao manejo de pragas tem orientado a investigação para a busca de novas fontes de produtos naturais biologicamente ativos com baixa toxicidade e biodegradabilidade. Os limonoides ou tetra-*nor*-triterpenos podem ser enquadrados nesses metabólitos secundários. Eles representam o nível máximo na sequência de produção de terpenoides em plantas que normalmente não são atacadas por insetos (Viégas Júnior, 2003). Abdelgaleil et al. (2005) avaliaram a atividade antifúngica dos limonoides extraídos da casca de *Khaya ivorensis*. O angolensato de metila e 1,3,7-tridesacetilkhivorina apresentaram a maior atividade antimicótica contra *Botrytis cinerea*, com, respectivamente 62,8% e 64,0% de inibição do crescimento micelial a mil miligrama por litro e 73,3% e 68,6% de inibição do crescimento micelial a 1,5 mil miligrama por litro, respectivamente. 3,7-didesacetilkhivorina mostrou atividades antifúngicas

e antibacterianas mais fortes que o 6-hidroxiangolensato de metila contra todos os fungos e bactérias de teste, exceto *Penicillium expansum* Link (Figura 6).

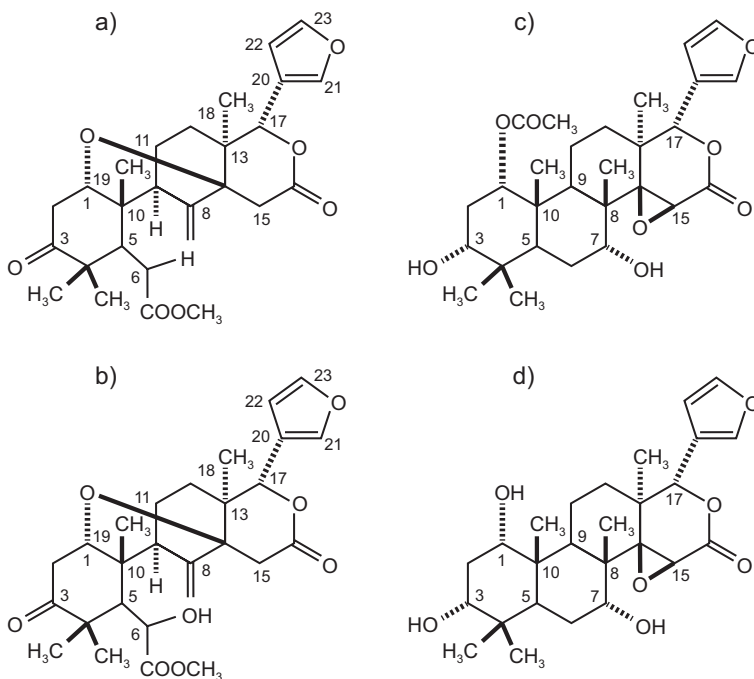


Figura 6. Limonoides: (a) Angolensato de metila; (b) 6-hidroxiangolensato de metila; (c) 3,7-didesacetilkhivorina; (d) 1,3,7-tridesacetilkhivorina.

Fonte: modificado de Abdelgaleil et al. (2005).

Para um controle fitossanitário eficiente, é necessário identificar a praga ou a doença e realizar práticas que exterminem ou minimizem o problema. Poltronieri et al. (2002) identificaram em plantas de 2 anos de *Khaya ivorensis* no Pará sintomas caracterizados por lesões necróticas de coloração rósea, causando depressão e rachadura da casca do tronco e dos galhos, culminando com a formação de uma crosta rosada na superfície dos ramos e troncos infectados, em que, após observações macroscópicas e microscópicas, foi possível identificar o fungo *Phamerochaete salmonicolor* (Berk e Broome) Jul., conhecido anteriormente como *Corticium salmonicolor* (Berk e Broome), agente causal da rubelose ou mal-rosado. A doença é eficientemente controlada pela poda dos ramos afetados, 15 cm a 30 cm além do ponto de pene-

tração, selando a porção podada do ramo com uma pasta fúngica à base de cobre (oxicloreto de cobre, óxido cuproso ou sulfato de cobre) ou mancozeb (Dithane ou Manzate) ambas a 5% (5 g do produto comercial/litro de água). Nas árvores em que a lesão ainda não tenha circundado o tronco, a doença é controlada pela retirada das partes afetadas da casca com um canivete afiado. Após a retirada da parte infectada, procede-se o pincelamento dessa área com uma pasta fúngica à base de cobre ou mancozeb, na dosagem citada anteriormente.

Plantas de *Khaya ivorensis* de 12 meses de idade produzidas em área de cultivo em Dom Eliseu, PA, apresentaram lesões foliares circulares a irregulares (1 mm a 8 mm de diâmetro), circundadas por halo de coloração púrpura em ambas as faces do limbo foliar. Essas lesões se tornam escuras e atingem grande parte do limbo foliar, ocasionando o rompimento, o secamento e a queda das folhas. Por meio de procedimentos de isolamento, multiplicação, aplicação em folhas, reisolamento, verificou-se tratar do fungo *Corynespora cassiicola*. Alguns produtores do Paraná têm utilizado tebuconazole e carbenfazin, aplicados de forma alternada e com intervalo de 15 dias entre aplicações, com relatos de resultados satisfatórios no controle da mancha-alvo, em cucurbitáceas sob cultivo protegido, quando em início de infecção (Verzignassi et al., 2009).

Em 1999, Gasparotto et al. (2001) observaram alta incidência da mancha areolada, causada por *Thanatephorus cucumeris* em viveiros e áreas de plantios definitivos de mogno africano (*Khaya ivorensis*) nos estados do Amazonas e do Pará, causando lesões em folhas maduras e 100% de queda das folhas jovens. Nas folhas jovens, surgem pequenas lesões marrons circundadas por uma margem púrpura e, em folhas maduras, as manchas são marrom-claras, exibindo anéis concêntricos. No viveiro o controle pode ser feito com o fungicida 1- (4- clorobenzil) - 1- ciclopentil - 3- fenilureia (pencycuron) na dose de 2 g/L.

Observações realizadas em plantios de mogno africano (*Khaya ivorensis*) em Igarapé, Açu, PA, revelaram a ocorrência de uma doença causando sintomas severos de mancha-foliar, que culminava com a queda de folhas. Material com sintomas da doença foi coletado e analisado no laboratório de fitopatologia da Embrapa Amazônia Oriental. Um fungo foi isolado e confirmado

a sua patogenicidade em folhas de mogno africano. Para confirmar a identificação do patógeno, culturas puras foram enviadas à Universidade Federal de Viçosa, MG, em que foi identificado o fungo *Cylindrocladium parasiticum* (Poltonieri et al., 2000a)

Para eucalipto, o controle das manchas foliares causadas por *Cylindrocladium* sp. normalmente não é exigido no viveiro, quando as mudas são mantidas sob condições de bom arejamento, evitando-se o adensamento delas. Pulverizações preventivas em viveiros de maior risco ou curativas em caso de ocorrência epidêmica da doença poderão ser efetuadas, empregando-se fungicidas cúpricos ou ditiocarbamatos. Em campo, a melhor alternativa para controle dessa doença em plantações seria a exploração da variabilidade genética, empregando-se procedências ou progênies ou clones mais resistentes (Agrolink, 2017).

Pesquisas de doença radicular foram conduzidas em plantações florestais de *Azadirachta excelsa*, *Tectona grandis* e *Khaya ivorensis* em toda a Península da Malásia. Foram encontradas duas principais doenças radiculares: a doença-das-raízes-brancas e a doença-da-raiz-marrom causadas por *Rigidoporus lignosus* e *Phellinus noxius*, respectivamente. Uma doença de raiz destrutiva de *K. ivorensis* causada por um fungo não identificado foi encontrada no estado de Negeri Sembilan (Malásia). Verificou-se que essas doenças estavam intimamente associadas à má preparação da terra e a áreas com antecedentes de doença radicular. Com base na experiência adquirida com a gestão da doença-da-podridão-radicular em plantações de borracha, o bom manejo da terra, a construção de trincheiras de isolamento (valas) e a aplicação de fungicidas são sugeridas como ferramentas valiosas no controle da doença-da-podridão-radicular em plantações de árvores florestais (Farid et al., 2006).

Pesquisas em plantações da região de Bragantina, estado do Pará, no Brasil, detectaram danos causados por *Ceratobasidium stevensii* (queima do fio) em neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.), coco (*Cocos nucifera* L.), banana (*Musa* L. cv. Yangambi) e ixora ornamental (*Ixora coccinea* L.). A reprodução dos sintomas da queima do fio em condições de estufa foi obtida aproximadamente uma semana após a inoculação do micélio cultivado em BDA (batata, dextrose, ágar) na face abaxial das folhas jovens desses hospedeiros deixados em uma câmara de orvalho (48 horas) (Benchimol et al., 2001).

Sintomas de cancro foram observados em plantios de mogno africano, no Município de Dom Eliseu, Pará. Os fungos associados aos tecidos sintomáticos foram identificados como *Lasiodiplodia theobromae* e *Fusarium subglutinans*. Culturas puras desses fungos foram testadas quanto à patogenicidade em mudas de mogno africano sadias. Apenas *L. theobromae* produziu cancro, por meio de inoculação por ferimento e alta umidade. A confirmação de *L. theobromae* como agente causal do cancro ocorreu após o reisolamento do fungo a partir das plantas inoculadas em casa de vegetação, concluindo a primeira verificação do postulado de Koch para esse patossistema (Tremacoldi et al., 2013). O controle do cancro causado por *L. theobromae* em *K. ivorensis* pode ser feito por raspagem do tecido lesionado ou aplicação de fungicida de ingrediente ativo tebuconazol e trifloxistrobina em concentração de 10% e 5%, respectivamente (Martins et al., 2017).

A poda de árvores é uma importante atividade de manutenção de arboricultura que pode melhorar a qualidade da madeira e diminuir riscos de incêndio. Embora essa atividade sirva uma série de propósitos úteis, as lesões causadas pela poda podem tornar as árvores vulneráveis à infecção por fungos de apodrecimento da madeira. Burcham et al. (2015) realizaram a caracterização da interação fungo-hospedeiro entre fungos de apodrecimento da madeira associados com *Khaya senegalensis* em Singapura, localizada ao Sul da Malásia. Foram testados os fungos *Fomitiporella caryophyllii*, *Hymenochaete murina* e *Phellinus noxius*, os quais são frequentes em lesões de poda de mogno do Senegal. Embora, todos os fungos apresentaram patogenicidade em testes de laboratório para *K. Senegalensis*, o *P. noxius* foi o que causou maior perda de massa de madeira. Para controle, a forma do corte pode ser um atenuador. A poda realizada sem cortar a base do galho (colar) provocará a oclusão mais rápida da ferida (Seitz, 1996), diminuindo os riscos de invasão por fungos apodrecedores.

Os sintomas nas folhas causados pelo fungo *Cercospora* sp., agente causal da mancha-parda, são caracterizados inicialmente por diminutas pontuações amarelas, espalhadas no limbo e mais tarde desenvolvem-se lesões nos bordos e no centro do limbo com centro acinzentado, com cerca de 2 mm a 3 mm. As lesões coalescem e ocasionam queima da folha (Poltronieri et al., 2000b). As principais causas do aparecimento da cercosporiose são a deficiência nutricional (por formação de mudas em substratos pobres), excesso de insolação e queda de temperatura. No campo, os plantios efetuados tardia-

mente, com falta de água e de uma nutrição adequada, favorecem o ataque da doença. No café, o controle pode ser feito com a pulverização com um dos seguintes produtos: Folicur 250 ppm, Benlate, Dithane, Cercobin, Manzate ou Tilt (Revista Cafeicultura, 2005).

A mancha zonada causada pelo fungo *Sclerotium coffeicola* foi constatada recentemente em plantios de mogno-africano localizado no Município de Igarapé, Açú, PA. Os sintomas aparecem como manchas circulares, de cor marrom-clara no centro e contornadas por um anel mais escuro. As manchas desenvolvem-se aumentando a área necrosada até atingir um diâmetro superior a 3 cm. Na face inferior das folhas, observa-se a presença de espículas finas, brancas, de 2 mm a 5 mm de comprimento (Assis et al., 2007).

O agente etiológico da podridão-branca, *Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) Imaz., apresenta no local da infecção, rizomorfias inicialmente esbranquiçadas e, posteriormente amareladas, tendendo a uma tonalidade marrom-avermelhada. Os sintomas caracterizam-se pelo amarelecimento de toda a copa da árvore. Com o progresso da doença, as folhas secam e permanecem aderidas aos ramos por um tempo, levando a planta à morte. As árvores com sintomas de amarelecimento causados pela podridão-branca devem ser eliminadas (Poltronieri et al., 2000b).

Pragas e controle

Foi observado a ocorrência de *Aleurocanthus woglumi* Ashby (mosca-negra-dos-citros, hemíptera: aleyrodidae) atacando o mogno africano (*Khaya ivorensis*) em áreas de reflorestamento na Amazônia Oriental. O ataque da mosca-negra foi detectado em plantas jovens com 1 ano de idade, e em plantas adultas, com idade de 5 anos. O maior dano ocorreu em plantas jovens; na área do reflorestamento, todas as plantas jovens apresentavam ninfas e ovos da mosca-negra. A mosca-negra-dos-citros, por seu hábito alimentar, causa danos às folhas novas do mogno africano, ao sugar a seiva, removendo água e nutrientes, enfraquecendo a planta. Os danos adicionais são causados pela excreção de gotículas açucaradas nas folhas, nos quais, desenvolve-se um fungo saprófito chamado fumagina (*Capnodium* sp.) (Farias et al., 2011). Em citros, uma das formas de controle é a pulverização com óleo de casca de laranja ou detergente (EMEPA, 2012).

Foi observado que plantas de 2 anos de idade apresentavam sinais de ataque nas folhas em um plantio em Rio Manso, no Estado de Minas Gerais, Brasil. Foram encontradas duas espécies de ácaros, *Mononychellus* sp. e *Oligonychus* sp., ambos da família Tetranychidae. As lesões observadas foram de ondulação das folhas, bronzeamento e redução da área foliar e escurecimento das folhas (Nascimento et al., 2016). Como acaricidas para *K. ivorensis* não são registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), para controle do *Oligonychus*, têm se enfatizado o uso dos ácaros predadores *Amblyseius californicus* e *Typhlodromalus tenuiscutus* (Sá et al., 2002 apud Nascimento et al., 2016) e, para *Mononychellus*, a utilização de fungo entomopatogênico do gênero *Neozygites* sp (Entomophthorales) (Sá et al. 2012; Delalibera Júnior et al. 2014, ambos apud Nascimento et al., 2016).

O fluxo de lançamento apical da planta, formado por brotação nova e tenra, é severamente atacado, praticamente no decorrer do ano, por abelhas negras denominadas vulgarmente de irapuá ou abelha-cachorro (*Trigona* spp.). O inseto adulto tem coloração negra e cerca de 5 mm a 7 mm de comprimento. Os ninhos ovóides ou globos são construídos na capoeira entre ramos de árvores ou em cupinzeiros abandonados (Mendes et al. 1979 apud Falesi; Baena, 1999). O controle consiste na eliminação das colmeias localizadas próximas ao plantio. A mesma parte apical que é atacada pelas abelhas irapuá é permanentemente visitada por formigas de cor negra, que são benéficas às plantas, pois funcionam como controladoras dos inimigos naturais, atacando-os e afugentando-os (Falesi; Baena, 1999).

Um dos fatores limitantes ao plantio de *Swietenia macrophylla* (mogno americano) é o ataque de larvas de *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera : Pyralidae) em brotos terminais causando a ramificação do tronco. Problema similar ocorre na África com o mogno africano, só mudando de espécie, no caso, a *Hypsipyla robusta*. Opuni-Fripong et al. (2008c) examinaram a suscetibilidade relativa de quatro espécies de mogno africano: *Khaya ivorensis*, *Khaya anthotheca*, *Entandrophragma angolense* e *E. utile*, ao ataque de *Hypsipyla robusta*. A altura da árvore e o diâmetro e a altura para o primeiro ramo foram medidos até 24 meses após o plantio no campo. *Khaya* sp. apresentou maior crescimento do que *Entandrophragma* sp., mas experimentou mais ataques do que este. A suscetibilidade relativa (do maior

para o menor) ao ataque de *H. robusta* das quatro espécies foi: *K. anthotheca* > *K. ivorensis* > *E. angolense* > *E. utile*. Aos 15 meses, *K. anthotheca* e *K. ivorensis* começaram a se ramificar em cerca de 1,5 m, mas a altura do tronco limpo aumentou ao longo do tempo em razão da autopoda. À medida que *K. anthotheca* cresceu, o número de ataques de *H. robusta* por árvore declinou.

As plantas quando atacadas pela broca-do-pecíolo mostram os folíolos e pecíolo de folhas de *K. ivorensis* escuros, negros e não quebradiços, tanto nas folhas jovens quanto nas mais evoluídas. O agente causador é um inseto coleóptero pertencente à família *Scolitidae* do gênero *Xyleboros* ou *Xylosandros*. O controle enquanto a ocorrência é leve consiste em retirar as folhas danificadas e queimá-las. Entretanto, quando o ataque é mais generalizado, deve-se aplicar um inseticida fosforado (Falesi; Baena, 1999).

As formigas cortadeiras especialmente do gênero *Atta*, em que pode-se citar, *Atta sexdens* (saúva limão) e *Atta bisphaerica* (saúva mata pasto), podem causar estragos nas folhas do mogno africano (Figura 7). O controle pode ser feito por meio do inseticida fipronil em pó na dose de 1 g/L a 2 g/L de água, aplicando-se no olheiro e trilha de caminamento, próximo ao “olheiro”.



Foto: Renato Berlim

Figura 7. Desfolha de mogno africano (*Khaya ivorensis*) por formigas do gênero *Atta* em povoamento de 5 anos de idade.

Considerações finais

Na região do Cerrado, o mogno africano tem se mostrado uma espécie promissora, especialmente *Khaya senegalensis*, pois é mais bem adaptado à estação seca que predomina no bioma. Informações sobre seu manejo no Brasil estão sendo fornecidas nos últimos anos, contudo, na literatura internacional, com destaque para África, Malásia e Austrália, trabalhos têm sido publicados, os quais foram mostrados nesta revisão.

No Brasil, o melhoramento genético tem sido feito de maneira básica, selecionando plantas matrizes superiores para obtenção de sementes e para clonagem. Existe a necessidade de programas de melhoramento mais elaborados nos moldes que a Austrália vem realizando, em que seriam necessários testes de procedências, progênies, polinização controlada, utilização de técnicas de marcadores moleculares para identificar genótipos superiores prematuramente e retrocruzamentos e aprimoramento das técnicas de propagação vegetativa, especialmente as do procedimento de cultura de tecidos.

Quanto à fertilização química e à adubação orgânica no Brasil, tem sido propostas aplicações excessivas, quantitativamente e economicamente, necessitando planejamentos de aplicação e doses de macro e de micronutrientes mais parcimoniosas, talvez nos moldes da cultura do eucalipto, considerando as particularidades que o gênero *Khaya* apresenta em termos de consumo de nutrientes para diferentes condições edafoclimáticas.

Referências

ABDELGALEIL, S. A. M.; HASINAGA, F.; NAKATANI, M. Antifungal activity of limonoids from *Khaya ivorensis*. **Pest Management Science**, v. 61, p.186-190, 2005.

AGROLINK. **Mancha foliar de *Cylindrocladium***. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/culturas/problema/mancha-foliar-de-cylindrocladium_3045.html>. Acesso em: 05 dez. 2017.

ALBUQUERQUE, M. P. F. de; MORAE4S, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S. de; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a deficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 9-16, jan. 2013.

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, n. 1, 2017: e410112.

ANDRADE, A. C. A.; SILVA, J. R. M.; BRAGA JUNIOR, R. A.; MOULIN, J. C. Utilização da técnica sunset laser para distinguir superfícies usinadas de madeira com qualidades similares. **CERNE**, v. 22, n. 2, p. 159-162, 2016.

ANTWI-BOASIAKO, C. Inter-family variation in fibre dimensions of six tropical hardwoods in relation to pulp and paper production. **Pro Ligno**, v. 8, n. 2, p. 19-36, 2012.

ARNDT, S. K. SANDERS, G. J.; BRISTOW, M.; HUTLEY, L. B.; BERINGER, J.; LIVESLEY, S. J. Vulnerability of native savanna trees and exotic *Khaya senegalensis* to seasonal drought. **Tree Physiology**, v. 35, n. 7, p. 783-791, 2015.

ASOMANING, J. M.; SACANDE, M.; OLYMPIO, N. S. Water Sorption Isotherm Characteristics of Seeds of Six Indigenous Forest Tree Species in Ghana. **West African Journal of Applied Ecology**, v. 18, p.15-28, 2011.

ASSIS, L. A. G.; COELHO NETTO, R. A.; BARBOSA, A. P. Ocorrência de mancha foliar em mogno causada por *Sclerotium coffeicola* no estado do Amazonas. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 1, p. 99, 2007.

AYARKWA, J.; OWUSU, F. W.; APPIAH, J. K. Steam bending qualities of eight timber species of Ghana. **Ghana Journal of Forestry**. v. 27, n. 2, 2011.

BARBOSA FILHO, J.; DI CARVALHO, M. A.; OLIVEIRA, L. S. de; KONZEN, E. R.; CAMPOS, W. F.; BRONDANI, G. E. Propagation of *Khaya anthotheca*: interspecific grafting with *Swietenia macrophylla* and air layering. **cerne**, v. 22, n. 4, p. 475-484, 2016.

BENCHIMOL, R. L.; POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; ALBUQUERQUE, F. C. White-thread blight: five new hosts in the state of Pará, Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 778, dez. 2001.

BRASILAGRO. **Empresas estrangeiras investem no plantio de mogno africano no Brasil**. 2018. Disponível em: <<http://www.brasilagro.com.br/conteudo/empresas-estrangeiras-investem-no-plantio-de-mogno-africano-no-brasil.html>>. Acesso em: 05 out. 2018.

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, out./dez. 2014a.

BRIGHENTI, A. M.; MULLER, M. D. Controle do capim-braquiária associado à nutrição com boro no cultivo do mogno-africano em sistema silvipastoril. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 745-751, out-dez, 2014b.

BURCHAM, D. C.; WONG, J. -Y; ALI, M. I. M.; ABARRIENTOS, N. V.; FONG Jr., Y. -K; SCHWARZE, F. W. M. R. Characterization of host-fungus interactions among wood decay fungi associated with *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss (Meliaceae) in Singapore. **Forest Pathology**, v. 45 p. 492-504, 2015.

CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Cerne**, v. 16, Suplemento, p. 106-114, jul. 2010.

CASAROLI, D.; SILVA, G. P. Da; VELLAME, L. M.; ALVES JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, A. W. P.; SOUZA, P. H. Respostas do Mogno Africano cultivado sem restrição hídrica às condições micrometeorológicas de Goiânia-GO. **Revista Ciências Agrárias**, v. 59, n. 1, p. 66-73, jan./mar. 2016.

CONDE, R. A. R. **Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1948) (Lepidoptera; Pyralidae) em sistema agroflorestal**. 2006. 190 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

CUNHA, R. L. M. **Comportamento ecofisiológico do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) e do mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetidos à adubação potássica nas condições edafoclimáticas de Igarapé Açu – PA, Amazônia Oriental**. 2010. 122 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.

CUNHA, R. L. M.; SANTOS FILHO, B. G.; COSTA, R. C. L.; VIÉGAS, I. J. M. Physiological assessment in young Brazilian and African mahogany plants during the dry and rainy seasons in northeastern Para state, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 3, p. 255-260, jul./set. 2013.

DADZIE, P. K.; ANOAH, M. Density, some anatomical properties and natural durability of stem and branch wood of two tropical hardwood species for ground applications. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 73, p. 759-773, 2015.

DADZIE, P. K.; AMOAH, M.; MENSAH, K. F.; KWARTENG, F. O. Some physical, mechanical and anatomical characteristics of stemwood and branchwood of two hardwood species used for structural applications. **Materials and Structures**, v. 49, p. 4947-4958, 2016.

DANTHU, P.; DIAITÉ-SANOOGO, D.; SAGNA, M.; SAGNA, P.; DIA-GASSAMA, Y. K. Micropropagation of *Khaya senegalensis*, an African mahogany from dry tropical zones. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 15, p. 164-175, 2003.

DÜNISCH, O.; RÜHMANN, O. Kinetics of cell formation and growth stresses in the secondary xylem of *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. and *Khaya ivorensis* A. Chev. (Meliaceae). **Wood Science and Technology**, v. 40, p. 49-62, 2006.

EMEPA (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba). **Combate da mosca-negra-dos-citros sem o uso de agrotóxico**. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/prosa-rural/busca-de-noticias/-/noticia/2313018/prosa-rural---combate-da-mosca-negra-dos-citros-sem-o-uso-de-agrotoxico>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

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).

FARIAS, P. R.; 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, jan/abr 2011.

FARID, A. M.; LEE, S. S.; MAZIAH, Z.; ROSLI, H.; NORWATI, M. **Root rot in tree species other than *Acacia***. In: PROCEEDINGS OF A WORKSHOP HELD IN YOGYAKARTA, 2006, Indonesia. Abstract... Canberra: ACIAR, 2006. p. 60-66.

- FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. da S.; BARAÚNA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno africano. **Cerne**, v. 2, n. 4, p. 663-640, 2015.
- 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.
- 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.
- HALIZA, I.; FAUZI, M. S. A.; SUHAILA, A. R.; HASNIDA, H. N.; NAZIRAH, A.; FUAD, Y. M. In vitro propagation of *Khaya ivorensis* from coppiced shoots. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 26, n. 2, p. 298-301, 2014.
- HERYATI, Y.; BELAWAN, D.; ABDU, A.; MAHAT, M. N.; HAZANDY, A. H.; MAJID, N. M.; HASSAN, A.; HERIANSYAH, I. Growth performance and biomass accumulation of a *Khaya* plantation in three soil series of Ultisols. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 6, n. 1, p. 33-44, 2011.
- HUNG, C. D.; TRUEMAN, S J. Preservation of encapsulated shoot tips and nodes of the tropical hardwoods *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* and *Khaya senegalensis*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 109, p. 341-352, 2012.
- ITTO (International Tropical Timber Organization). Tropical timber species. Disponível em: <<http://www.tropicaltimber.info/specie/acaajou-cailcedrat-khaya-senegalensis/>>. Acesso em: 23 out. 2018.
- KALIL FILHO, A. N.; HOFFMANN, H. A.; SANTANA, D. L. Q.; TRACZ, A. L. **Avaliação de Combinações Enxerto/Porta-Enxerto Visando à Indução de Resistência à Broca das Meliáceas por Enxertia**. Colombo: Embrapa Floresta, 2008. 22 p. (Embrapa Floresta. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).
- KARAN, M.; EVANS, D. S.; REILLY, D.; SCHULTE, K.; WRIGHT, C.; INNES, D.; HOLTON, T. A.; NIKLES, D. G.; DICKINSON, G. R. Rapid microsatellite marker development for African mahogany (*Khaya senegalensis*, Meliaceae) using next-generation sequencing and assessment of its intra-specific genetic diversity. **Molecular Ecology Resources** v.12, p.344-353, 2012
- KY-DEMBELE, C.; TIGABU, M.; BAYALA, J.; ODÉN, P.C. Inter- and intra-provenances variations in seed size and seedling characteristics of *Khaya senegalensis* A. Juss in Burkina Faso. **Agroforest System**, v. 88, p. 311-320, 2014.
- KY-DEMBELE, C.; BAYALA, J.; SAVADOGO, P.; TIGABU, M.; ODEEN, P. C.; BOUSSIM, I. J. Comparison of Growth Responses of *Khaya senegalensis* Seedlings and Stecklings to Four Irrigation Regimes. **Silva Fennica**, v. 44, n. 5, p. 787-798, 2010.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas- possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Rossdorf: Verl-Ges., 1990. p. 297.

LEMES, M. R.; ESASHIKA, T.; GAOUE, O. G. Microsatellites for mahoganies: twelve new loci for *Swietenia macrophylla* and its high transferability to *Khaya senegalensis*. **American Journal of Botany**, e207-e209, 2011.

LIDA, T. Por que o Mogno-Africano no Brasil? 2017. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/blog/1108-por-que-o-mogno-africano-no-brasil.html>>. Acesso em: 17 out. 2017.

MARCOS FILHO, J. **Formação de sementes de angiospermas**. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lpv/sites/default/files/Forma%C3%A7%C3%A3o%20PG%20pdf%202016.pdf>>. Acesso em: 05 fev.2018

MARTINS, T. V.; CUNHA, M. G.; DIANESE, 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...** Disponível em: <http://www.cbfito.com.br/cd/Resumos/Resumo50CBFito_0739.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2017.

MOHD-JAMIL, A. W.; KHAIRUL, M. Variations of mechanical properties in plantation timbers of jelutong (*Dyera costulata*) and khaya (*Khaya ivorensis*) along the radial and vertical positions. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 29, n. 1, p. 114-120, 2017.

MUDAS NOBRES. **Melhoramento florestal de mogno africano**. Disponível em: <<https://mudasnobres.com.br/melhoramento-florestal-de-mogno-africano>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

NASCIMENTO, D. A.; SILVA, W. L. P. da; SANTOS, L.; SANTOS, J. C. dos; ARNHOLD, A.; Ocorrência dos ácaros *Mononychellus* sp. e *Oligonychus* sp. em mogno africano (*Khaya ivorensis*) no Brasil. **Nativa**, v. 4, n. 1, p. 58-60, jan./fev. 2016.

NICKLES, D. G.; REILLY, D. F.; DICKINSON, G. R.; LEE, D. J. **African mahogany (*Khaya senegalensis*) plantations in Australia – status, needs and progress**. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. Paper presented to the Australian Forest Growers Conference, Gympie, 2012. 11p.

NICKLES, D. G.; DICKINSON, G.; BRISTOW, M.; LEE, D. **Inventories and Significance of the Genetic Resources of an African Mahogany Species (*Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.) Assembled and Further Developed in Australia**. In: MEADOWS, J, HARRISON, S AND 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, 2015, 214 p.

OFOEGBU, C.; OGBONNAYA, S.; BABALOLA, F. D. Sawmill conversion efficiency and wood recovery of timber species in cross river state Nigeria. **Agriculture & Forestry**, v. 60, n. 1, p. 105-113, 2014,

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, 2008a.

OPUNI-FRIMPONG, E.; KARNOSKY, D. F.; STORER, A. J.; COBBINAH, J. R. Key roles of leaves, stock plant age and auxin concentration in vegetative propagation of two African mahoganies: *Khaya anthotheca* Welw. and *Khaya ivorensis* A. Chev. **New Forests**, v. 36, p.115-123, 2008b.

OPUNI-FRIPONG, E. Relative susceptibility of four species of African mahogany to the shoot borer *Hypsipyla robusta* (Lepidoptera: Pyralidae) in the moist semideciduous forest of Ghana. **Forest Ecology and Management**, v.255, p. 313-319, 2008c.

OPUNI-FRIMPONG, E. **Managing Mahogany Plantations in the Tropics. Field Guide for Farmers**. Kumasi: CSIR-FORIG (Forestry Research Institute of Ghana), 2016, 95 p.

OWUSU, D. A.; OPUNI-FRIMPONG, E.; ANTWI-BOASIAKO, C. Improving regeneration of mahogany: techniques for vegetative propagation of four African mahogany species using leafy stem cuttings. **New Forests** v. 45, p. 687-697, 2014

PAKULL, B. Development of nuclear, chloroplast and mitochondrial SNP markers for *Khaya* sp. **Conservation Genetics Resources**, v. 8, p. 283-297, 2016,

PEREZ, J. Use of Grafting to Prevent *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) Damage to New World Meliaceae Species. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 618-625, 2010.

PINTO, A. F.; RODIGHERI, H. R. **Desenvolvimento da teca (*Tectona grandis*) e mogno (*Swietenia macrophylla*) consorciados, em diferentes níveis de adubação fosfatada, no município de Carlópolis, PR**. Colombo: Embrapa Floresta, 2001. (Embrapa Floresta. Comunicado Técnico, 61).

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, jun. 2000a.

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

POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. **Identificação e controle da rubelose em mogno-africano no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 2 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 68).

RAMALAN, A. A.; ADEIZA, S. A. Survivability and growth response of tree seedlings in the semi-arid Nigeria as influenced by conservative agents and irrigation. **Journal of Food Agriculture & Environment**, v. 5, n. 3/4, p. 459-463, 2007.

REVISTA CAFEICULTURA. Cercosporiose do café ou mancha de olho pardo ou olho de pomba. Postado em 18/12/2005. Disponível em: <<http://revistacafeicultura.com.br/index.php?mat=3565>>. Acesso em: 06 dez. 2017.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; TOMÉ, M.; SCOLFORO, J. R. S. Site quality curves for African Mahogany plantations in Brazil. **CERNE**, v. 22, n. 4, p. 439-448, 2016.

ROSAZLIN, A.; WAN RASIDAH, K.; FAUZIAH, C. I.; ROSENANI, A. B.; ROZITA, A. Growth and residual nutrients in soil of intercropped stand of *Khaya senegalensis* and *Orthosiphon stamineus* treated with paper mill biosludge. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 27, n. 2, p. 255-266, 2015.

SANTOS, A. T. **Análise do crescimento e simulação de manejo de um plantio de *Ocotea porosa***. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, 2012.

SEITZ, R. A. **Poda de árvores**. Manual editado pela FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná/Curitiba – 1996. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/curso_arborizacao_urbana/cap07.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2017.

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, mar. 2016a.

SILVA, L. F.; FERREIRA, G. L.; SANTOS, A. C. A. dos; 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, 2016b.

SORANSO, D. R.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. da S.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA, J. G. M. da; 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, jun. 2016.

SOUZA, E. T. S. **Multiplicação in vitro de mogno (*Khaya senegalensis*)**. 2013. 102 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

TCHOUDJEU, Z.; LEAKEY, R. R. B. Vegetative propagation of African Mahogany : effects of auxin, node position, leaf area and cutting length. **New Forests** v. 11, p. 125-136, 1996.

TOPPA, E. V. B.; JADOSKI, C. J. O uso dos marcadores moleculares no melhoramento genético de plantas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 1, p. 1-5, 2013.

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, abr./jun. 2013.

VASCONCELOS, R. T. **Enraizamento de estacas de *Khaya senegalensis* A. Juss. em diferentes concentrações de ácido indolbutírico**. 2012. 35 f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2012.

VERZIGNASSI, J. R.; POLTRONIERI, L. S.; BENCHIMOL, R. L. Mancha-alvo em mogno-africano no Brasil. **Summa Phytopathol**, v. 35, n. 1, p. 70-71, 2009.

VIEGAS JÚNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

WENDLING, I. Propagação vegetativa. In: SEMANA DO ESTUDANTE UNIVERSITÁRIO, 1., 2003, Colombo. Florestas e Meio Ambiente: palestras. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 88). Organizado por Patricia Póvoa de Mattos, Luciane Cristine Jaques e Katia Regina Pichelli. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50925/1/Wendling.pdf>> Acesso em : 23 abr. 2019.

WESLEY, M. **Mogno Africano é um bom investimento para 2016**. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/blog/1079-mogno-africano-e-um-bom-investimento-para-2016.html>>. Acesso em: 17 out. 2017.

ZALESNY JR., R. S.; STANTURF, J. A.; EVETT, S. R.; KANDIL, N. F.; SORIANOS, C. Opportunities for woody crop production using treated wastewater in Egypt. I. Afforestation strategies. **International Journal of Phytoremediation**, v. 13, S1, p.102-121, 2011.