



**Logísticas para implantação de uma floresta de Mogno africano
na vertente do Caparaó, Minas Gerais, Brasil**

Logistics for establishing an African mahogany forest on the Caparaó slopes, Minas
Gerais, Brazil

DOI: <https://doi.org/10.24979/ambiente.v19i1.1749>

Submissão: 05/02/26

Aprovação: 25/04/26

Expedito Rodrigues dos Santos Neto

<https://orcid.org/0009-0002-6736-6130>

Demerson Arruda Sanglard

<https://orcid.org/0000-0001-6759-9730>

Leonardo Máximo Silva

<https://orcid.org/0000-0002-5187-9911>

Ariane da Silva Nogueira

<https://orcid.org/0000-0002-7551-6429>

Ana Carolina Ataide Silveira

<https://orcid.org/0000-0003-2224-317X>

Sidney Pereira

<https://orcid.org/0000-0002-8869-3512>

Maria Fernanda Lousada Antunes

<https://orcid.org/0000-0003-0933-6433>

RESUMO

A demanda por modelos de uso sustentável da terra e alternativas produtivas de alto valor agregado tem impulsionado o cultivo de espécies florestais nobres como o mogno africano (*Khaya senegalensis*) em regiões tropicais de altitude. O objetivo principal foi analisar os aspectos logísticos, técnicos e econômicos envolvidos na implantação de florestas comerciais de mogno africano na Vertente do Caparaó, localizada no sudeste de Minas Gerais, Brasil. O estudo baseou-se em levantamento bibliográfico, análise geoespacial do território, revisão de experiências silviculturais nacionais e internacionais, além de simulação técnico-econômica que caracterizam a implantação. Os resultados demonstraram que a região possui elevada aptidão agroclimática para o cultivo da espécie, com solos profundos, clima tropical de altitude e topografia favorável ao manejo em curvas de nível. O custo acumulado por hectare nos primeiros cinco anos foi estimado em R\$ 59.945,00, com retorno projetado de até R\$ 690.000,00/ha ao final do ciclo produtivo (18 anos). A análise logística revelou gargalos relacionados à infraestrutura rural, ausência de beneficiamento local e limitação no acesso a mudas certificadas, o que reforça a necessidade de organização cooperativa e apoios institucionais. A implantação do mogno africano na Vertente do Caparaó mineiro, condicionada a práticas silviculturais flexíveis, certificação florestal e integração à cadeia produtiva do café já consolidada, apresenta-se como uma alternativa viável para diversificação econômica e recuperação ambiental em territórios montanhosos. Conclui-se que a viabilidade do cultivo depende da adoção de estratégias logísticas adaptadas ao território, destacando-se: (i) organização cooperativa de produtores, (ii) melhoria da infraestrutura rural, (iii) ampliação da oferta de mudas certificadas e (iv) articulação entre agentes locais e políticas públicas.

Palavras-chave: Planejamento silvicultural. *Khaya senegalensis*. Simulação econômica.

ABSTRACT / RESUMEN

The demand for sustainable land-use models and high value-added productive alternatives has driven the cultivation of noble forest species such as African mahogany (*Khaya senegalensis*) in tropical high-altitude regions. The main objective of this study was to analyze the logistical, technical, and economic aspects involved in the establishment of commercial African mahogany plantations in the Caparaó Slope, located in southeastern Minas Gerais, Brazil. The study was based on a literature review, geospatial analysis of the territory, examination of national and international silvicultural experiences, and a technical economic simulation characterizing plantation establishment. The results demonstrated that the region has high agroclimatic suitability for the species, with deep soils, a tropical high-altitude climate, and topography favorable to contour-based management practices. The cumulative cost per hectare during the first five years was estimated at R\$ 59,945.00, with a projected return of up to R\$ 690,000.00 per hectare at the end of the production cycle (18 years). Logistical analysis revealed bottlenecks related to rural infrastructure, absence of local processing facilities, and limited access to certified seedlings, reinforcing the need for cooperative organization and institutional support. The establishment of African mahogany plantations in the Caparaó Slope of Minas Gerais, when

conditioned to flexible silvicultural practices, forest certification, and integration into the already consolidated coffee production chain, emerges as a viable alternative for economic diversification and environmental restoration in mountainous territories. It is concluded that the viability of the crop depends on the adoption of logistics strategies adapted to the territory, highlighting: (i) cooperative organization of producers, (ii) improvement of rural infrastructure, (iii) expansion of the supply of certified seedlings, and (iv) combined with coordination among local stakeholders and public policies.

Keywords: Silvicultural Plannin. *Khaya senegalensis*. Economic simulation.

1 Introdução

A crescente preocupação global com a sustentabilidade e o uso racional dos recursos naturais tem impulsionado alternativas produtivas que conciliem conservação ambiental com viabilidade econômica (Mondal; Palit, 2022; Odeyemi *et al.*, 2024; Hassan *et al.*, 2025; Silva *et al.*, 2023). Nesse contexto, Schueftan *et al.* (2025) defendem que a silvicultura de espécies exóticas de alto valor agregado surge como uma importante estratégia para pequenos e médios produtores rurais, especialmente em regiões com limitações para agricultura convencional ou pecuária intensiva, como é o caso da região do Vertente do Caparaó. Uma das espécies que mais tem se destacado nesse cenário é o mogno africano (*Khaya spp.*), em especial *Khaya senegalensis* e *Khaya ivorensis*, que vêm sendo cultivadas com sucesso em diversos estados brasileiros devido ao seu rápido crescimento, elevado valor comercial e menor suscetibilidade a pragas que historicamente afetaram o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) (Gomes *et al.*, 2024; Nurul Asyiqin; Ong, 2025).

A região de Vertente do Caparaó, localizada na Microrregião de Manhuaçu, Minas Gerais, apresenta relevo predominantemente montanhoso, com clima tropical de altitude e solos variados, em geral profundos e bem drenados, condições que favorecem o crescimento de espécies florestais de interesse econômico (Rodrigues *et al.*, 2020; IBGE, 2022). A região abriga tanto áreas de cultivo consolidado, quanto vastos fragmentos de vegetação secundária em regeneração, o que amplia as oportunidades para projetos florestais

comerciais, sistemas agroflorestais e recuperação produtiva de áreas degradadas (Barbosa *et al.*, 2021). Além disso, a existência do Parque Nacional do Caparaó e de diversas unidades de conservação municipais ressalta o potencial para sinergias entre uso sustentável da terra e conservação da biodiversidade (Ramalho *et al.*, 2023).

O mogno africano, além de apresentar um ciclo produtivo relativamente curto (variando de 07 a 20 anos, dependendo da destinação da madeira), gera madeira de alto valor no mercado internacional, com aplicação na indústria moveleira de luxo e construção naval, atingindo cotações superiores a US\$ 1.000/m³ (Darko *et al.*, 2022). No entanto, para que a produção seja efetiva e rentável, é necessário superar diversos desafios logísticos ligados à implantação e manejo da cultura, sobretudo em áreas montanhosas e com infraestrutura rural limitada, características típicas de grande parte da Vertente. Entre os principais entraves estão o acesso a mudas certificadas de alta qualidade genética, a mecanização adaptada ao relevo, o escoamento da produção, o controle fitossanitário e o armazenamento da madeira, que exige secagem e beneficiamento específicos (Souza *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2022).

Outro aspecto importante a ser considerado é a estrutura fundiária da região, majoritariamente composta por pequenas propriedades familiares, muitas das quais inseridas em circuitos agroecológicos, turismo rural ou café de montanha (especialmente o café arábica de altitude) (IJSN, 2022). Nesse sentido, a introdução do mogno africano pode representar uma importante alternativa de diversificação produtiva e segurança econômica, sendo compatível com sistemas integrados, como agrossilvicultura e rotação com culturas anuais em estágios iniciais do plantio florestal (Lucena *et al.*, 2024).

Adicionalmente, de acordo com Mucida *et al.* (2023) e Muledi *et al.* (2024), a natureza perene da cultura oferece a possibilidade de geração de serviços ecossistêmicos, como sequestro de carbono, sombreamento de nascentes, melhoria da qualidade do solo e conectividade de corredores ecológicos,

benefícios valorizados tanto no mercado voluntário de créditos de carbono, quanto em políticas públicas de pagamento por serviços ambientais.

Apesar do potencial reconhecido, segundo Barbosa *et al.*, (2021), são escassos os estudos que avaliem de forma integrada e regionalizada as exigências operacionais, logísticas e estruturais para implantação de florestas comerciais de mogno africano em vertentes, como a do Caparaó. Portanto, é necessário mapear e compreender fatores como a topografia das áreas disponíveis, distâncias até centros de processamento ou comercialização, disponibilidade de mão de obra capacitada, custos de transporte e viabilidade econômica em diferentes escalas produtivas (Carias Vega; Page, 2023). Além disso, aspectos legais relacionados à regularização ambiental e licenciamento florestal, especialmente em áreas de transição entre zonas agrícolas e de preservação permanente, também demandam atenção, dada a complexidade da legislação ambiental vigente (Calvano *et al.*, 2023; Bansal, 2024).

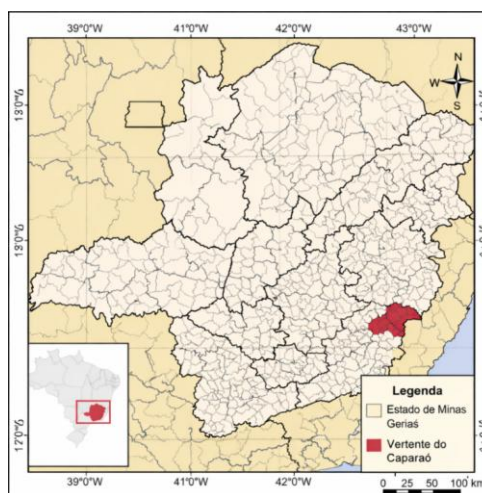
Portanto, de acordo com Ota *et al.* (2022) justifica-se a realização deste estudo pela necessidade de fundamentar tecnicamente as tomadas de decisões por produtores rurais, gestores públicos e investidores florestais interessados em adotar modelos de uso sustentável da terra com alto valor agregado. A escassez de informação técnico-científica voltada para as realidades logísticas do Caparaó mineiro impede a expansão ordenada da silvicultura de mogno africano, o que limita o aproveitamento de seu potencial como ferramenta de desenvolvimento territorial (Dangbo *et al.*, 2020; Faria *et al.*, 2024).

Diante desse panorama, o presente trabalho tem como objetivo analisar e propor estratégias logísticas adaptadas à realidade da Vertente do Caparaó (estado de Minas Gerais, Brasil), para a implantação eficiente e sustentável de florestas comerciais de mogno africano, considerando especificidades de propriedades agrícolas, questões técnicas, economia rural e aspectos legais.

2 Material e métodos

Este trabalho foi elaborado com base em estudo exploratório-descritivo de natureza qualitativa e quantitativa (Ocaña-Fernández; Fuster-Guillén, 2021), de modo a apresentar um modelo logístico viável para a implantação de florestas comerciais de mogno africano (*Khaya spp.*) na Vertente do Caparaó, situada no sudeste do estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). A revisão sistemática foi realizada consultando bases de dados científicos, tais como Scielo, Google Scholar, além de manuais técnicos (Walter *et al.*, 2020), bem como consultas a estabelecimentos comerciais localizados nos municípios de Manhumirim-MG, Manhuaçu-MG, Alto Jequitibá-MG, Alto Caparaó-MG e Carangola-MG (comunicações pessoais). Utilizando imagens de satélite de alta resolução (Google Earth Pro), dados topográficos do SRTM/NASA e ferramentas de geoprocessamento no QGIS 3.28, foram mapeadas zonas com aptidão silvicultural para o mogno africano, considerando variáveis como declividade (até 40%), profundidade e drenagem do solo, insolação, cobertura vegetal atual e proximidade de vias de acesso (Vaca *et al.*, 2022). A dinâmica adotada para construção do modelo envolveu três etapas principais: (i) Análise georreferencial e logísticas da Vertente de referência; (ii) Levantamento de dados e experiências progressas sobre o mogno; e (iii) Simulação técnico-econômica visando implantação baseada em consultas no setor terciário regional.

Figura 1 - Referencial geográfico da Vertente do Caparaó, Minas Gerais, Brasil.



Fonte: Autor, 2026.

3 Resultados e discussão

3.1 Análise georreferencial e logísticas relacionadas à Vertente de referência

A análise geoespacial e logística da Vertente do Caparaó, no sudeste de Minas Gerais, revelou um território complexo e desafiador sob o ponto de vista operacional, mas com elevado potencial para a implantação de florestas comerciais de mogno africano, especialmente em escalas familiares ou cooperadas (Souza *et al.*, 2021). A região, formada por municípios como Alto Jequitibá, Manhumirim, Espera Feliz, Alto Caparaó e Caparaó (Velho), caracteriza-se por um relevo predominantemente montanhoso, com altitudes entre 700 e 1.800 metros, clima tropical de altitude e elevada pluviosidade média anual (1.200 a 1.600 mm), atributos compatíveis com os requerimentos fisiológicos das espécies *Khaya senegalensis* e *K. ivorensis* (Oliveira; Franca, 2020; Peiris; Gunarathne, 2022; Akhilraj *et al.*, 2023).

Os resultados, utilizando o geoprocessamento, indicam que cerca de 32% da área útil da Vertente se mostra apta à implantação de módulos florestais comerciais, especialmente em áreas atualmente subutilizadas por pastagens degradadas, capoeiras ou terrenos em pousio (IBGE, 2024).

Apesar dessa aptidão, a logística operacional impõe entraves consideráveis à expansão da silvicultura de espécies nobres, sobretudo em regiões de montanha. A rede viária rural apresenta baixa densidade e qualidade técnica, sendo composta majoritariamente por estradas de terra, com pavimento precário, ausência de drenagem lateral e trechos críticos, principalmente, em períodos chuvosos (Campos *et al.*, 2023). O transporte de mudas, insumos e maquinário leve pode torna-se oneroso e, muitas vezes, inviável durante o período das chuvas. Além disso, o relevo acidentado limita o uso de tratores convencionais para operações de preparo do solo, exigindo alternativas adaptadas como o uso de veículos adaptados, tração animal e ferramentas manuais improvisadas, com impacto direto sobre o custo por hectare na fase de condução do plantio (Lan *et al.*, 2020).

A comparação com outras regiões de relevo semelhante, como a Zona da Mata mineira (municípios de Viçosa e Araponga), o Vale do Ribeira paulista e a região serrana do Espírito Santo (municípios de Domingos Martins e Santa Teresa) permite identificar modelos replicáveis de silvicultura adaptada ao relevo, nos quais a *Khaya senegalensis* tem sido implantado com sucesso em módulos de um a dez hectares, consorciado com culturas de sombra ou de ciclo intermediário, como banana, café arábica, abacate e leguminosas (Ribeiro *et al.*, 2020). Nesses casos, o plantio em curvas de nível, associado ao uso de vegetação de cobertura e adubação equilibrada, tem promovido o crescimento uniforme das mudas, reduzido a perda de solo e melhorado a infiltração de água (La *et al.*, 2023) (Figura 2).

Outro dado relevante, é que o mogno africano se adapta bem a altitudes entre 500 e 1.200 metros, tolerando variações térmicas moderadas desde que haja exposição solar (Faria *et al.*, 2024). Isso torna a Vertente do Caparaó particularmente atrativa, pois combina diversidade de microclimas, radiação solar satisfatória, solos de textura média e boa disponibilidade hídrica, favorecendo o crescimento contínuo das plantas mesmo em áreas de declividade (Figura 3), desde que haja manejo técnico adequado. Tais condições foram confirmadas por Oliveira e Franca (2020) em ensaios realizados para outras localidades similares, de modo a alcançar incrementos médios anuais de DAP entre 4,7 e 6,5 cm, mesmo em topografias complexas, desde que manejadas com desbastes seletivos, condução de fuste e controle sanitário desde o plantio (Ameray *et al.*, 2021).

Figura 2 - Aspectos do desenvolvimento de mogno africano (*Khaya senegalensis*) entre as fases de mudas e terceiro ano pós-plantio.



Fonte: Comunicação pessoal realizada pelo autor (Propriedade rural no município de Viçosa, MG) (2025).

Do ponto de vista da infraestrutura pós-implantação, a análise logística apontou a necessidade de estruturas básicas de apoio como viveiros regionais para produção de mudas clonais, centrais de armazenamento, desdobro (serrarias móveis) e áreas de secagem, bem como rotas logísticas otimizadas para o escoamento da madeira, especialmente após o 15^o ano de cultivo. A ausência de tais estruturas na maioria dos municípios do Caparaó demanda articulação intermunicipal e constituição de Arranjos Produtivos Locais (APLs) voltados à silvicultura, replicando as necessidades básicas de modelos observados em polos florestais emergentes em outras partes do mundo (Lamhamedi *et al.*, 2023).

Além disso, os dados obtidos permitem especular três eixos logísticos prioritários para implantação de corredores florestais baseados no mogno africano na Vertente Caparaó (Comunicação pessoal com gestores públicos locais):

- Eixo 1: Alto Jequitibá - Manhumirim - Reduto, com maior proximidade à BR-262, acesso a viveiros e presença de técnicos florestais;
- Eixo 2: Espera Feliz - Caparaó - Dolores do Rio Preto (ES), com grande potencial para integração ao turismo ecológico e valorização de cadeias sustentáveis;
- Eixo 3: Luisburgo - Manhumirim - Santa Margarida, zona de relevo mais suave, observando-se a presença de propriedades de médio porte e maior viabilidade para mecanização leve.

Cada um desses eixos apresenta peculiaridades em termos de acesso, relevo, potencial fundiário e conectividade com centros regionais de comércio e serviços (IBGE 2022; 2024), devendo ser considerados na formulação de políticas públicas voltadas ao ordenamento florestal e incentivo fiscal para espécies de alto valor agregado.

Ainda no campo das comparações, constata-se uma estrutura fundiária fragmentada da Vertente, a qual exige estratégias coletivas para superação de gargalos. Em áreas com predomínio de pequenas propriedades (inferiores a 20 ha), como ocorre no Caparaó, o cultivo de mogno africano e outras espécies florestais tende a ser viável quando integrado a modelos agroflorestais de uso múltiplo (Niyonzima *et al.*, 2025; Lessa *et al.* 2026), onde a madeira é utilizada e distribuída para aplicações diversificadas (Figura 3). Nesses sistemas, além da diluição dos custos iniciais, há maior resiliência frente a oscilações de mercado e maior aderência a programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e geração de créditos de carbono (Netter *et al.*, 2022).

Por fim, a construção de uma logística florestal eficiente no Caparaó dependeria menos da escala produtiva e mais da capacidade de planejamento territorial, cooperação regional e apoio técnico continuado, com enfoque em cadeias curtas, agregação de valor local e uso de certificações socioambientais (Alarcón-Méndez *et al.*, 2023). Isso reforça a importância da governança descentralizada e do fortalecimento

institucional rural, como ferramentas estruturantes para o sucesso da silvicultura de espécies nobres em territórios de montanha.

3.2. Levantamento de dados e experiências pregressas envolvendo o mogno africano

O levantamento técnico-científico e empírico realizado a partir de experiências nacionais e internacionais envolvendo o cultivo de mogno africano (*Khaya senegalensis*, *K. grandifoliola* e *K. ivorensis*) demonstra que esta espécie se consolidou como uma das alternativas mais robustas para florestas comerciais de alto valor agregado em regiões tropicais (Oliveira; Franca, 2020; Chauke et al., 2023; Araújo et al., 2024; Baba et al., 2024; França et al., 2024; Madrigal-Villalobos et al., 2025). Os dados revelam um conjunto de experiências bem-sucedidas de manejo silvicultural em diferentes contextos geográficos em escala global (Gomes et al. 2024), cujos resultados contribuem diretamente para a definição de logísticas adaptadas às realidades edafoclimáticas e socioeconômicas da Vertente do Caparaó.

No Brasil, os plantios mais expressivos concentram-se nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais e Espírito Santo. Em áreas com precipitação anual superior a 1.200 mm, temperatura média entre 22 °C e 28 °C, e altitudes de até 1.200 metros, a *Khaya senegalensis* tem apresentado crescimento satisfatório, com incrementos médios anuais de DAP entre 2,8 e 3,6 cm, atingindo 20 a 25 metros de altura aos 18 anos (Alves Júnior et al., 2017; Oliveira et al., 2019; Lucena et al., 2024). Em solos bem drenados, levemente ácidos e com textura média a argilosa, o potencial produtivo pode ultrapassar 40 m³/ha/ano, especialmente quando são empregadas técnicas de adubação orgânica e controle fitossanitário integrado (Lucena et al., 2022; Okimat et al., 2023).

Internacionalmente, o cultivo de mogno africano em sistemas agroflorestais diversificados tem se mostrado altamente vantajoso. Na Índia, por exemplo, pequenos produtores integram *Khaya senegalensis* com cúrcuma, pimenta-do-reino e banana nos primeiros cinco anos, mostrando pode ser utilizado em consorcio com outras espécies agrícolas (Chandra et al., 2023). Enquanto na Austrália, a mesma espécie é utilizado em

consórcios com café e citros, favorecendo microclima e sombreamento controlado (Atchison, 2021; Indrayadi *et al.*, 2024).

Esses sistemas demonstram que *Khaya senegalensis* não apenas gera madeira de alto valor, atuando também como regulador térmico e de radiação solar para culturas consorciadas, beneficiando espécies como o café (*Coffea arabica*), braquiária (*Brachiaria brizantha*) e amendoim forrageiro (*Arachis repens*) com as quais compartilha sinergismos aleloquímicos vantajosos (Swoczyna *et al.*, 2022) (Figura 3).

Figura 3 - Consórcio de mogno africano (*Khaya senegalensis*) com café (*Coffea arabica*), braquiária (*Brachiaria brizantha*) e amendoim forrageiro (*Arachis repens*) – terceiro (A), quarto (B) e quinto (C) ano pós-plantios, respectivamente.



Fonte: Propriedades rurais, município de Alto Jequitibá - MG (2025).

O sucesso produtivo, no entanto, depende fortemente de um planejamento logístico inicial, que compreende a escolha do material genético (preferencialmente de mudas clonais ou sementes de alta

procedência), análise de fertilidade e profundidade do solo, avaliação topográfica para definição de linhas de plantio e delimitação de áreas de manejo adaptado ao relevo (Matias *et al.*, 2023).

Em localidades montanhosas como as da Vertente do Caparaó, essas decisões são ainda mais críticas, já que o relevo impõe limitações à mecanização e exige planejamento micrologístico específico, como uso de curvas de nível, escarificação manual e escoamento via transportes alternativos ou cooperado (Cavalcanti *et al.*, 2023).

Gaff *et al.* (2023), constatou-se que a madeira *Khaya senegalensis* é altamente valorizada pela sua coloração avermelhada, textura fina e densidade intermediária ($\approx 0,65 \text{ g/cm}^3$), sendo amplamente utilizada nas indústrias moveleira, náutica e de revestimentos nobres (Figura 4).

Em mercados internacionais, como Europa e Ásia, o preço por metro cúbico da madeira serrada de *Khaya senegalensis* seca, pode ultrapassar US\$ 1.200,00, desde que o produto esteja certificado e proveniente de manejo sustentável (Correia *et al.*, 2025; Douny; Sawadogo, 2025). Tais valores reforçam o atrativo econômico do cultivo, principalmente quando associado a práticas agroecológicas e rastreabilidade da produção, elementos cada vez mais exigidos pelos consumidores globais.

Além da rentabilidade, Kissa *et al.* (2025) demonstram que *Khaya senegalensis* oferece benefícios ambientais relevantes, como alto potencial de sequestro de carbono (média de 8 a 12 tCO₂e/ha/ano, durante o crescimento), regeneração do perfil do solo, aumento da infiltração hídrica e proteção contra erosão em áreas declivosas. Sua copa proporciona sombreamento leve a moderado, o que permite o cultivo de espécies sombreadas em consórcio, inclusive durante os estágios juvenis da floresta (Santos *et al.*, 2022). Em condições como as do Caparaó, onde o café arábica de altitude é consolidado, a introdução do mogno pode ser realizada com base em modelos de agrossilvicultura escalonada, otimizando o uso do solo e distribuindo os riscos e fluxos financeiros ao longo do tempo (Santos *et al.*, 2021; Gomes *et al.*, 2024).

Figura 4 - Aspectos do preparo de colheita e serragem preliminar de mogno africano (*Khaya senegalensis*) aos 15 anos pós-plantio.



Fonte: Reis *et al.* (2019).

Ao que se refere à logística pós-colheita, o levantamento apontou a carência de estruturas de secagem, desdobro e beneficiamento nas áreas rurais da Vertente do Caparaó, o que torna fundamental a organização de Arranjos Produtivos Locais (APLs) e parcerias cooperativas para a viabilização de serrarias móveis, galpões de secagem natural e certificação compartilhada da madeira produzida. Esses elementos são essenciais não apenas para a agregação de valor à produção, mas também para o acesso a mercados externos com exigências sanitárias e documentais rigorosas (IJSN, 2022).

Dessa forma, tendo em consideração as tecnologias apontadas por Putra *et al.* (2025), como Quadro de Investigação, Previsão de Cenário Usual e Planejamento Espacial Regional, pode-se alcançar grande sucesso no cultivo do mogno africano na Vertente do Caparaó. Esta árvore, quando planejada com base em modelos logísticos integrados ao território e articulada com cadeias produtivas regionais, pode representar

uma alternativa estratégica de diversificação, conservação e geração de renda para agricultores do Caparaó, especialmente alinhando-se à implantação sob sistemas agroflorestais sinérgicos e sustentáveis.

3.3. Aspectos técnico-econômicos visando projeções de plantios

A simulação técnico-econômica aplicada ao cultivo de mogno africano (*Khaya senegalensis*) na Vertente do Caparaó, Minas Gerais, revelou-se uma ferramenta eficaz para mensurar não apenas os custos operacionais envolvidos nos primeiros cinco anos de implantação da floresta, mas também para estimar o impacto estratégico das práticas de manejo no retorno econômico de longo prazo. O custo acumulado estimado em R\$ 59.945,00/ha, conforme sistematizado no Quadro 1, fornece uma base de referência sólida para dimensionar os investimentos necessários e estabelecer um cronograma técnico-financeiro adequado à realidade da região e do perfil do produtor local.

O primeiro ano do projeto concentrou aproximadamente 39,4% dos custos totais do quinquênio, com total de R\$ 23.645,00/ha. Esta etapa inicial é determinante, pois influencia diretamente o desempenho silvicultural da floresta até o corte final. A aquisição de 833 mudas clonadas certificadas (R\$ 12.495,00/ha) representa mais da metade do custo anual, confirmando que a qualidade genética e sanitária do material propagativo é o primeiro fator crítico de sucesso (Rodríguez *et al.*, 2023). Mudas oriundas de matrizes superiores proporcionam maior uniformidade de crescimento, maior retidão de fuste e resistência fisiológica a estresses bióticos e abióticos.

Quadro 1 - Detalhamento técnico de custos/ha, considerando os cinco primeiros anos de implantação de mogno africano, referenciado para a Vertente Caparaó, Minas Gerais, Brasil.

Ano	Categoria	Descrição	Quant	Unit (R\$/ha)	Total (R\$/ha)
1º	Mudas	Mudas clonadas certificadas	833	RS 15,00	RS 12.495,00
	Insumos	Calcário + adubo de base + fósforo	1	RS 3.200,00	RS 3.200,00
	Mão de obra	Plantio, marcação, sulcamento	1	RS 3.000,00	RS 3.000,00
	Controle	Formicida e aplicação inicial	1	RS 1.350,00	RS 1.350,00
	Roçadas iniciais	Roçada mecânica/manual	3	RS 1.200,00	RS 3.600,00
Subtotal do Ano 1					R\$ 23.645,00
2º	Mão de obra	Roçada + adubação de cobertura	3	RS 2.500,00	RS 7.500,00
	Adubação	NPK 20-05-20 + Boro	1	RS 1.800,00	RS 800,00
	Fitossanidade	Monitoramento e controle preventivo	1	RS 1.500,00	RS 1.500,00
Subtotal do Ano 2					R\$ 10.800,00
3º	Poda de formação	Mão de obra e ferramentas	1	RS 2.500,00	RS 2.500,00
	Roçada	2 intervenções no ano	2	RS 1.250,00	RS 2.500,00
	Adubação	NPK + Micronutrientes	1	RS 3.000,00	RS 3.000,00
Subtotal do Ano 3					R\$ 8.000,00
4º	Roçada	Manutenção e controle de mato	2	RS 1.500,00	RS 3.000,00
	Poda de copa	Controle de altura e dominância	1	RS 4.000,00	RS 4.000,00
	Adubação foliar	Micronutrientes via pulverização	2	RS 1.750,00	RS 3.500,00
Subtotal do Ano 4					R\$ 10.500,00
5º	Desbaste seletivo	Remoção de árvores de menor vigor	1	RS 2.500,00	RS 2.500,00
	Roçada	Manutenção leve	1	RS 1.500,00	RS 1.500,00
	Adubação	Cobertura final antes de fase vegetativa madura	1	RS 3.000,00	RS 3.000,00
Subtotal do Ano 5					R\$ 7.000,00
Total Geral / hectare					R\$ 59.945,00

Fonte: Levantamentos sobre precificações envolvendo estabelecimentos comerciais pertinentes aos municípios da Vertente Caparaó, Minas Gerais - Brasil (2025).

A correção do solo com calcário dolomítico, gesso e adubação de base rica em fósforo e micronutrientes (R\$ 3.200,00/ha) permite estabelecer um ambiente edáfico ideal para o desenvolvimento inicial do sistema radicular, que, no caso do mogno africano, é profundo e exige boa descompactação e disponibilidade de cálcio e fósforo nos primeiros 40 cm do solo (Santos *et al.*, 2020; Rance *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2022). A mão de obra para marcação, sulcamento e plantio (R\$ 3.000,00/ha) deve ser tecnicamente capacitada para garantir espaçamento regular, verticalidade das mudas e boa compactação do solo junto possíveis torrões.

De acordo com Souza *et al.* (2021), o controle inicial de formigas cortadeiras (R\$ 1.350,00/ha), com iscas granuladas aplicadas em faixas protetoras ao redor dos sulcos, e a realização de três roçadas manuais ou mecanizadas (R\$ 3.600,00/ha), asseguram o estabelecimento sem perdas por herbivoria e matocompetição. Estudos apontam que até 20% das mudas de mogno africano podem ser perdidas se o controle de mato e pragas for negligenciado nos primeiros 180 dias (Opuni-Frimpong *et al.*, 2020; Webber *et al.*, 2021).

No segundo ano, com custo total de R\$ 10.800,00/ha, a prioridade recai sobre a manutenção da roçada, fornecimento nutricional de cobertura e monitoramento e controle preventivo do plantio. A execução de três roçadas (R\$ 7.500,00/ha) continua sendo imprescindível para preservar a área limpa e promover a interceptação luminosa pelas folhas superiores da *Khaya senegalensis*. A adubação com NPK 20-05-20 enriquecido com boro (R\$ 800,00/ha) supre a demanda crescente por potássio, essencial à fotossíntese, e por boro, fundamental à elongação celular e diferenciação do câmbio vascular (Reis *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2020).

O controle fitossanitário (R\$ 1.500,00/ha) não se limita à inspeção de pragas visíveis. Inclui também armadilhas para *Hypsipyla robusta*, que embora menos agressiva ao mogno africano em comparação ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), pode causar emissão de galhos indesejados em plantas jovens (Speight,

2016, Reis *et al.*, 2019). A adoção de controles biológicos e plantas repelentes nas entrelinhas, como *Tagetes minuta* (cravo-de-defunto) e *Crotalaria spectabilis* (chocalho-de-cascavel), estratégia viável e compatível com certificações de manejo sustentável, conforme testes de Burcham *et al.* (2017).

O terceiro ano, com R\$ 8.000,00/ha, marca a entrada da floresta em sua fase juvenil consolidada. A introdução da poda de formação (R\$ 2.500,00/ha) visa modelar a arquitetura do dossel, eliminando ramos secundários que comprometem a dominância apical ou geram nós internos no lenho (Burcham *et al.*, 2021). A adubação com micronutrientes (R\$ 3.000,00/ha), especialmente zinco, cobre e manganês, é aplicada com base em análise foliar e em índices de deficiência visual. Esses nutrientes regulam o metabolismo secundário e a lignificação do lenho, afetando diretamente a densidade e qualidade da madeira (Araújo *et al.*, 2024).

O quarto ano demanda R\$ 10.500,00/ha de investimento, com destaque para a poda de copa (R\$ 4.000,00/ha), que visa eliminar ramos competitivos, bifurcações tardias e inclinações no eixo principal (Lin *et al.*, 2023). Essa etapa é decisiva para a qualificação do produto final como madeira nobre de alto valor comercial. Nos trabalhos de Kumar *et al.* (2025), constata-se que a aplicação de micronutrientes via pulverização foliar (R\$ 3.500,00/ha) proporciona resposta rápida e direcionada a deficiências fisiológicas, mesmo que não estejam fenotipicamente evidentes. Além disso, a técnica é particularmente útil em solos tropicais intemperizados, onde há fixação de elementos como ferro e manganês.

No quinto ano, com custo reduzido para R\$ 7.000,00/ha, tem-se o início do desbaste seletivo (R\$ 2.500,00/ha). Peng *et al.* (2023) analisam que esta ação remove plantas com menor vigor, problemas de retidão ou dominância, criando um microambiente mais equilibrado para as árvores remanescentes. Embora ainda não gere retorno financeiro, o desbaste é o primeiro passo para a organização produtiva do plantio e possibilita o escalonamento futuro da colheita, facilitando inclusive o planejamento logístico do corte e do transporte (Alarcón-Méndez *et al.*, 2023).

Arisandi *et al.* (2024) possuem experiências sobre o retorno financeiro otimizado considerando ciclo completo de 18 anos, com início do corte seletivo a partir no 7º e 12º anos. Os autores, após os desbastes, projetam densidade entre 300 e 350 árvores/ha com produtividade média de 0,9 m³/planta, resultando em 270 a 315 m³/ha. A depender do mercado, o preço do metro cúbico varia entre R\$ 1.500,00 e R\$ 2.200,00, conforme o grau de beneficiamento e certificação. Assim, a receita bruta estimada variou de R\$ 405.000,00 a R\$ 690.000,00/ha, podendo ser superior em vendas diretas ao exterior (Mračková *et al.*, 2021; Fitri *et al.*, 2024).

Com os parâmetros defendidos por Ali *et al.* (2024), a Taxa Interna de Retorno (TIR) foi projetada entre 17% e 22%, e o positivo em todos os cenários. Mesmo em simulações conservadoras, o retorno compensa o investimento inicial, desde que haja rigor técnico no manejo, especialmente nos primeiros cinco anos. Os autores ainda observaram que o não cumprimento adequado das podas e adubações pode reduzir em até 45% o valor da madeira obtida.

O sucesso comercial do mogno africano depende da conexão entre a produção e os canais de escoamento (Agyapong, 2024). Na Vertente do Caparaó, a presença de rodovias estaduais e a relativa proximidade com centros consumidores também mineiros, como Manhuaçu, Muriaé, Ubá e Juiz de Fora, favoreceriam a logística de transporte (IBGE 2022; 2024). No entanto, para Baba *et al.* (2024), a ausência de unidades de desdobro, beneficiamento e secagem na região em si obrigaria os produtores a venderem a madeira em toras, o que reduz o valor agregado do produto.

A adesão a sistemas de certificação florestal amplia o acesso ao mercado externo e valoriza o metro cúbico (Shuaitao *et al.*, 2024). A madeira de *Khaya senegalensis* é altamente valorizada nos setores de marcenaria fina, instrumentos musicais, design de interiores e náutica, podendo alcançar preços até 40% superiores à madeira não certificada (Elkins *et al.*, 2025). A formalização de cooperativas de produtores, o

investimento em viveiros certificados e a consolidação de centros de processamento regionais seriam strategies estruturantes fundamentais para o estabelecimento de uma cadeia produtiva confiável.

4 Conclusões

A análise integrada demonstrou que a Vertente do Caparaó apresenta elevada aptidão para o cultivo do mogno africano, com condições climáticas, edáficas e altimétricas compatíveis ao pleno desenvolvimento da espécie *Khaya senegalensis*. Entretanto, há desafios como a topografia acidentada, precariedade de estradas vicinais e ausência de unidades locais de secagem, desdobro e beneficiamento.

A simulação econômica projeta produtividades de 270 a 315 m³/ha ao final do ciclo (18 anos), com retorno bruto entre R\$ 405.000,00 e R\$ 690.000,00/ha, dependendo do grau de certificação, desdobro, beneficiamento e destino do produto, com Taxa Interna de Retorno (TIR) entre 17% e 22% e o Valor Presente Líquido (VPL) positivo em todos os cenários simulados.

A viabilidade do cultivo depende da adoção de estratégias logísticas adaptadas ao território, destacando-se: (i) organização cooperativa de produtores, (ii) melhoria da infraestrutura rural, (iii) ampliação da oferta de mudas certificadas e (iv) articulação entre agentes locais e políticas públicas.

Referências

- AGYAPONG, G. K. Contemporary marketing practices in Africa: challenges and success factors. In: Business success in Africa: academic and managerial insights. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 165–180. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70384-3_14
- AKHILRAJ, T. M.; INAMATI, S. S.; KAMBLI, S. S.; SOMAN, D.; VASUDEVA, R. Growth performance of mahogany (*Swietenia macrophylla*) under different soil types in northern region of Karnataka. Indian Journal of Ecology, v. 50, n. 5, p. 1712–1715, 2023. <https://doi.org/10.55362/IJE/2023/4122>
- ALARCÓN-MÉNDEZ, M.; ALARCÓN-MÉNDEZ, M.; MASELLI, S.; VAN ZONNEVELD, M., LOO, J.; SNOOK, L.; OLIVA, A.; FRANGO, A. DUMINIL, J. Implications of community forest management for the conservation of the genetic diversity of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) in the Maya Biosphere Reserve,

Petén, Guatemala. *Trees, Forests and People*, v. 11, p. 100362, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100362>

ALI, M. M.; PAL, A. C.; BARI, M. S.; RAHMAN, M. L.; SARMIN, I. J. Agroforestry as a climate-smart strategy: examining the factors affecting farmers' adoption. *Biology and Life Sciences Forum*, v. 30, n. 1, p. 29, 2024.

<https://doi.org/10.3390/IOAG2023-17340>

ALVES JÚNIOR, J.; BARBOSA, L. H. A.; ROSA, F. D. O.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; VELLAME, L. M. African mahogany submitted to drip irrigation and fertilization. *Revista Árvore*, v. 41, n. 1, p. 1–9, 2017.

<https://doi.org/10.1590/1806-90882017000100012>

AMERAY, A.; BERGERON, Y.; VALERIA, O.; MONTORO GIRONA, M.; CAVARD, X. Forest carbon management: a review of silvicultural practices and management strategies across boreal, temperate and tropical forests. *Current Forestry Reports*, p. 1–22, 2021. <https://doi.org/10.1007/s40725-021-00151-w>

ARAÚJO, M. D. S.; MARQUES, J. P. R.; AOKI, G. L. D. M.; SOARES, W. R.; OTTO, R. What is new in boron nutrition? Case study on African mahogany leaf anatomy. *Scientia Agricola*, v. 81, e20230154, 2024.

<https://doi.org/10.1590/1678-992X-2023-0154>

ARISANDI, R.; TAKAHASHI, K.; NIRSATMANTO, A.; SUNARTI, S.; RIMBAWANTO, A.; PUTRI, A. I.; LUKMANDARU, G. Analysis of lipophilic constituents related to heartwood formation in young *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq trees. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, v. 52, n. 1, p. 13–30, 2024.

<https://doi.org/10.5658/WOOD.2024.52.1.13>

ATCHISON, J. Shady work: African mahogany (*Khaya senegalensis*), cyclones and green urban futures in Darwin, Australia. In: *THE WORK THAT PLANTS DO: LIFE, LABOUR AND THE FUTURE OF VEGETAL ECONOMICS*. [S.l.]: [s.n.], 2021. p. 149–161. <https://doi.org/10.14361/9783839455340-011>

BABA, D.; AROKE, U. O.; MOHAMMAD, J.; GIWA, S. O. Optimisation, simulation, and characterisation of mahogany (*Khaya senegalensis*) seed oil extract. *Path of Science*, v. 10, n. 8, p. 6062–6078, 2024.

<http://dx.doi.org/10.22178/pos.107-50>

BANSAL, A. K. Enhancing the Contribution of Agroforestry and Other Tree Outside Forest Resources of India in National Development. *Network for Certification and Conservation of Forests (NCCF), Policy Paper*, v. 1, 2024.

BARBOSA, R. A.; DA SILVEIRA, L. J.; SPLETOZER, A. G.; TONELLO, K. C.; CORRÊA, J. B. L.; BRAMORSKI, J.; DIAS, H. C. T. Temporal variation of precipitation and flow in 16 mountainous sub-basins of the Manhuaçu River. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 16, n. 2, p. 1–9, 2021.

<https://doi.org/10.5039/agraria.v16i2a8620>

- BURCHAM, D. C.; ABARRIENTOS JR, N. V.; WONG, J. Y.; ALI, M. I. M.; FONG, Y. K.; SCHWARZE, F. W. Field evaluation of *Trichoderma* spp. as a biological control agent to prevent wood decay on Benin mahogany (*Khaya grandifoliola*) and rain tree (*Samanea saman*) in Singapore. *Biological Control*, v. 114, p. 114–124, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.08.004>
- BURCHAM, D. C.; AUTIO, W. R.; MODARRES-SADEGHI, Y.; KANE, B. After pruning, wind-induced bending moments and vibration decrease more on reduced than raised Senegal mahogany (*Khaya senegalensis*). *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 61, p. 127100, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127100>
- CALVANO, S.; NEGRO, F.; RUFFINATTO, F.; ZANUTTINI-FRANK, D.; ZANUTTINI, R. Use and sustainability of wood in acoustic guitars: an overview based on the global market. *Heliyon*, v. 9, n. 4, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15218>
- CAMPOS, J. A.; DA SILVA, D. D.; FERNANDES FILHO, E. I.; PIRES, G. F.; AMORIM, R. S. S.; DE MENEZES FILHO, F. C. M.; AIRES, U. R. V. Environmental vulnerability assessment of the Doce River basin, southeastern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 195, n. 9, p. 1119, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11782-w>
- CARIAS VEGA, D.; PAGE, T. Conditions that enable successful participation of smallholder tree growers in timber value chains. *Small-scale Forestry*, v. 22, n. 3, p. 457–479, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11842-023-09539-x>
- CAVALCANTI, J. A. D.; VIEIRA, V. S.; DA COSTA GOMES, D. G.; SCHOBENHAUS, C.; DA SILVA, M. S.; DE SOUZA, A. M.; ARIMA, N. Syn- and post-collisional granitoids geosites of the Rio Doce Magmatic Arc, Espírito Santo State, southeastern Brazil. *Geoheritage*, v. 15, n. 4, p. 124, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00893-y>
- CHANDRA, K.; SHUKLA, A.; MEHROTRA, R. C.; BANSAL, M.; PRASAD, V. Fossil mahogany from the early Paleogene of India. *Journal of the Geological Society of India*, v. 99, n. 1, p. 65–72, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12594-023-2268-2>
- CHAUKE, H.; GEBASHE, F. C.; MUNYENGABE, A.; NGOBESE, N. Z. Effect of harvest stage, provenance and selected chemical treatments on the seed germination and seedling establishment of *Trichilia emetica* (Natal mahogany). In: international symposium on plant propagation, nursery organization and management for the production of certified fruit trees, 1., 2023. Anais... p. 33–44. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1413.5>
- CORREIA, R. G.; BATISTA, T. F. V.; NEVES, R. L. P.; PALHETA, L. F.; DE SOUSA, M. A. R.; ABREU, V. S.; ROSA, A. F. L. Prospecção da comunidade Isoptera em ecossistemas florestais com cultivo de mogno brasileiro

(*Swietenia macrophylla* King.) na Amazônia. ARACÊ, v. 7, n. 5, p. 23987–23999, 2025.

<https://doi.org/10.56238/arev7n5-176>

DANGBO, F. A.; ABOTSI, K. E.; ADJOSSOU, K.; HLOVOR, A. K. D.; KOKOU, K.; BLASER, J. Trees spatial pattern, diversity and distribution in sub humid mountains ecosystems in south-west Togo. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, v. 12, n. 2, p. 65–76, 2020. <https://doi.org/10.5897/JENE2020.0821>

DARKO, C. B.; OPUNI-FRIMPONG, E.; OWUSU, S. A.; KYERE, B.; STORER, A. J. Sustainability of mahogany production in plantations. *International Journal of Forestry Research*, v. 2022, p. 5588184, 2022.

<https://doi.org/10.1155/2022/5588184>

ELKINS, K. M.; MARLETTE, K. Spectroscopic analysis of counterfeit wood products and application of forensic botany to solve criminal cases. In: *advances in forensic biology and genetics*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. p. 459-466.

https://doi.org/10.1007/978-981-96-4585-5_25

FARIA, J. C. T.; KONZEN, E. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DE OLIVEIRA GODINHO, T.; MALUF, L. P.; MOREIRA, S. O.; SOARES, T. C. B. Genetic resources of African mahogany in Brazil: genomic diversity and structure of forest plantations. *BMC Plant Biology*, v. 24, n. 1, p. 858, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05565-9>

FITRI, R.; MALA, I. K.; SETIAWAN, B. MSMEs Move Up a Class: Sustainable Strategies to Encourage MSMEs to Enter the International Market. *International Journal of Business, Economics, and Social Development*, v. 5, n. 4, 2024. <https://doi.org/10.46336/ijbesd.v5i4.796>

FRANÇA, T. S., FRANÇA, F. J., ARANGO, R. A., COSTA, A., & OGUNRUKU, M. Properties of African Mahogany Wood Commercially Available in the United States. *Forest Products Journal*, v. 73, n. 4, p. 339-349, 2024. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-23-00055>

FURTADO, E. L.; DE JESUS JUNIOR, W. C.; MORAES, W. B. Forest diseases in Brazil: Status and management. In: *Forest Pest and Disease Management in Latin America: Modern Perspectives in Natural Forests and Exotic Plantations*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 211-230. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35143-4_14

GAFF, M., KUBOVSKÝ, I., SIKORA, A., KAČÍKOVÁ, D., LI, H., KUBOVSKÝ, M., & KAČÍK, F. Impact of thermal modification on color and chemical changes of African padauk, merbau, mahogany, and iroko wood species. *Reviews on advanced materials science*, v. 62, n. 1, p. 20220277, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10086-018-1721-0>

Gomes, G. S. L.; Caldeira, M. V. W.; Gomes, R.; Duarte, V. B. R.; Momolli, D. R.; Faria, J. C. T.; Schumacher, M. V. Biomass Production and Nutritional Sustainability in Different Species of African Mahogany. *Forests*, v. 15, n. 11, p. 1951, 2024. <https://doi.org/10.3390/f15111951>

HASSAN, A.; IBRAHIM, R. L.; RAIMI, L.; OMOKANMI, O. J.; S SENATHIRAJAH, A. R. B. Balancing Growth and Sustainability: Can Green Innovation Curb the Ecological Impact of Resource-Rich Economies?. *Sustainability*, v. 17, n. 10, p. 4579, 2025. <https://doi.org/10.3390/su17104579>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Lista de mesorregiões e microrregiões de Minas Gerais. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_mesorregi%C3%B5es_e_microrregi%C3%B5es_de_Minhas_Gerais. Acesso em: 25 de novembro de 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 maio 2025.

IJSN – INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. Plano de ação para a vertente do Caparaó. Vitória, 2022. Disponível em: <https://ijsn.es.gov.br/Media/IJSN/PublicacoesAnexos/cadernos/DRS-CAPARAO.pdf>. Acesso em: 30 outubro de 2025.

INDRAYADI, H.; GLEN, M.; ALHUSAERI SIREGAR, B.; RATKOWSKY, D.; RIMBAWANTO, A.; TJAHJONO, B.; MOHAMMED, C. Cross-inoculation of commercial forestry, amenity, and horticulture tree species with *Ceratocystis* isolates collected from different host species. *Plant Disease*, v. 108, n. 6, p. 1491–1500, 2024. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-23-0271-RE>

KISSA, D. O.; NZUNDA, E. F.; TWEHEYO, M.; LUSSETTI, D.; SSEKUUBWA, E.; SHEIL, D. Forest structure, timber species regeneration, and timber volume dynamics along a logging gradient in a lowland tropical rainforest in Africa. *PLoS One*, v. 20, n. 6, e0323413, 2025. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323413>

KUMAR, V.; KUNHAMU, T. K.; TIWARI, A. Tree nutrition and productivity changes in mahogany (*Swietenia macrophylla* King) based agrisilvicultural system in the humid tropics. *Agroforestry Systems*, v. 99, n. 3, p. 51, 2025. <https://doi.org/10.1007/s10457-025-01149-0>

LA, N.; BERGKVIST, G.; DAHLIN, A. S.; MULIA, R.; NGUYEN, V. T.; ÖBORN, I. Agroforestry with contour planting of grass contributes to terrace formation and conservation of soil and nutrients on sloping land. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 345, p. 108323, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108323>

- LAMHAMEDI, M. S.; PEPIN, S.; KHASA, D. The production chain of tree seedlings, from seeds to sustainable plantations. *Forests*, v. 14, n. 9, p. 1693, 2023. <https://doi.org/10.3390/f14091693>
- LAN, H.; WANG, D.; HE, S.; FANG, Y.; CHEN, W.; ZHAO, P.; QI, Y. Experimental study on the effects of tree planting on slope stability. *Landslides*, v. 17, p. 1021–1035, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01348-z>
- LESSA, M. F. G.; FREITAS, I. C. D.; BARBOSA, M. A. C.; CARDOSO, A. D. S.; CASTRO, R. S. D.; SILVA, L. M.; CHERUBIN, M. R.; FRAZÃO, L. A. Silvopastoral Systems Enhance Soil Health and Carbon Stocks in the Brazilian Semiarid Region. *Applied and Environmental Soil Science*, v. 2026, n. 1, p. 2618211, 2026. <https://doi.org/10.1155/aess/2618211>
- LIN, C. J.; LIN, P. H.; CHANG, C. Y.; YANG, T. H. Comparing growth ring features of mahogany trees at the forest's edge and in the interior. *Journal of Tropical Forest Science*, v. 35, n. 4, p. 404–416, 2023. <https://www.jstor.org/stable/48748401>
- LUCENA, A.; SILVA, A. D.; DIONÍSIO, L. F. S.; SILVA, G. R. D.; SOUSA, G. O.; MORAES, C. B. Quality of African mahogany seedlings in substrates with soils from the Cerrado biome. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 46, e000222, 2022. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246000221>
- LUCENA, F. R.; DE ANDRADE, J. R.; SANTOS, C. F.; PINHEIRO, M. V. M.; BARROSO, D. G.; BRAUN, H.; DE ASSIS FIGUEIREDO, F. A. M. M. Agroforestry systems with *Khaya ivorensis* provide improved tree growth and economic benefits to rural producers. *Agroforestry Systems*, v. 98, n. 5, p. 1211–1224, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00864-w>
- MADRIGAL-VILLALOBOS, J.; VALDEZ-MELARA, M.; GARCÍA-DÍAZ, E.; ZÚÑIGA-UMAÑA, J. M.; GATICA-ARIAS, A. Review of biotechnological advances in mahogany (*Swietenia macrophylla* King): in vitro culture and genetic transformation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, v. 160, n. 3, p. 78, 2025. <https://doi.org/10.1007/s11240-025-03003-8>
- MATIAS, R. K.; BRITO, C. N.; RESENDE, R. T.; RIOS, J. M.; SANTANA, G. M.; DE OLIVEIRA, G. M.; VENTUROLI, F. Biometric assessment of early stem growth at a commercial stand of African mahogany (*Khaya grandifoliola*). *Bioscience Journal*, v. 39, e39002, 2023. <https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-62994>
- MONDAL, S.; PALIT, D. Challenges in natural resource management for ecological sustainability. In: *NATURAL RESOURCES CONSERVATION AND ADVANCES FOR SUSTAINABILITY*. [S.l.]: Elsevier, 2022. p. 29–59. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822976-7.00004-1>

- MRAČKOVÁ, A.; ŠIMEK, M.; HAVIAROVÁ, E.; PÁSZTORY, Z. Hardwood trade in selected countries of eastern Europe. *Wood Research*, v. 66, n. 6, p. 1064–1075, 2021. <http://doi.org/10.37763/WR.1336-4561/66.6.10641075>
- MUCIDA, D. P.; GORGENS, E. B.; RECH, A. R.; CHRISTOFARO, C.; DA SILVA, R. S.; PEREIRA, I. M.; FRANÇA, L. G. J. Designing optimal agrosilvopastoral landscape by the potential for conservation use in Brazil. *Sustainable Horizons*, v. 5, p. 100045, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.horiz.2022.100045>
- MULEDI, J. I.; SYAMPUNGANI, S.; AKINNIFESI, F. K. Trees in multifunctional landscapes. In: TREES IN A SUB-SAHARAN MULTI-FUNCTIONAL LANDSCAPE. [S.l.]: [s.n.], 2024. p. 9. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-69812-5>
- NETTER, L.; LUEDELING, E.; WHITNEY, C. Agroforestry and reforestation with the Gold Standard. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, v. 27, n. 2, p. 17, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09992-z>
- NIYONZIMA, A.; MEGERLE, H.; BERNADETTE, H.; WEBER, C.; SOTER, N.; BAHNMÜLLER, J.; SANCTUS, N. Optimizing model land use and crop productivity in agroforestry farms for food security of small farmers in Burundi. *Agricultural Sciences*, v. 16, n. 1, p. 123–145, 2025. <https://doi.org/10.4236/as.2025.161008>
- NURUL ASYIQIN, A. B.; ONG, K. H. Adapting forest plantations to climate change: strategies, challenges, and opportunities in Malaysia. *New Forests*, v. 56, n. 3, p. 1–31, 2025. <https://doi.org/10.1007/s11056-025-10105-w>
- ODEYEMI, O., USMAN, F. O., MHLONGO, N. Z., ELUFIOYE, O. A., & IKE, C. U. Sustainable entrepreneurship: a review of green business practices and environmental impact. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, v. 21, n. 2, p. 346–358, 2024. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.0461>
- OKIMAT, J. P.; BABWETEERA, F.; GLATTHORN, J.; EHBRECHT, M. Effects of site conditions on regeneration of African mahogany (*Khaya anthotheca*). *Restoration Ecology*, v. 31, n. 8, e14032, 2023. <https://doi.org/10.1111/rec.14032>
- OLIVEIRA, R. D. S.; FRANÇA, T. M. Climate zoning for the cultivation of African mahogany species in Brazil. *Cerne*, v. 26, p. 369–380, 2020. <https://doi.org/10.1590/01047760202026032748>
- OPUNI-FRIMPONG, E.; OPOKU, S. M.; OPOKU, E. M.; STORER, A. J. Silvicultural systems for plantation mahogany in Africa. *Ghana Journal of Forestry*, v. 36, n. 1, p. 72–88, 2020.
- OTA, L.; PAGE, T.; VIRANAMANGGA, R.; KALSAKAU, T.; HERBOHN, J. How financially viable is smallholder forestry? *Small-Scale Forestry*, v. 21, n. 3, p. 505–525, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11842-022-09511-1>

- PEIRIS, H. M. P.; GUNARATHNE, N. The changing landscape of the plantation sector in Sri Lanka. In: MOUNTAIN LANDSCAPES IN TRANSITION. [S.l.]: [s.n.], 2022. p. 539–554. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70238-0_24
- PENG, P. H.; PAN, H. L.; TANG, S. L.; CHIU, C. M.; CHIANG, H. L.; ZHAN, Y. X.; J. C. Effects of thinning on the growth and relative change in the diameter of a mahogany plantation. *Forests*, v. 13, n. 2, p. 213, 2022. <https://doi.org/10.3390/f13020213>
- PUTRA, A. N.; JAENUDIN, PRASETYA, N. R.; SUGIARTO, M. T.; SUDARTO, PRAYOGO, C.; ADMAJAYA, F. T. Utilizing remote sensing and random forests to identify optimal land use scenarios. *Sustainability*, v. 17, n. 9, p. 4227, 2025. <https://doi.org/10.3390/su17094227>
- RAMALHO, A. H. C.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R.; JUVANHOL, R. S.; PELUZIO, T. M. D. O.; DIAS, H. M.; LUCAS, F. M. F. Optimal allocation model of forest fire detection towers. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 54, n. 1, p. 68–82, 2023. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2023-0084>
- RANCE, S. J.; CAMERON, D. M.; GOSPER, C. R.; WILLIAMS, E. R. Plantation tree growth responses to P, N, K and minor and trace elements on low fertility savanna soils. *Soil Research*, v. 61, n. 3, p. 255–266, 2022. <https://doi.org/10.1071/SR21259>
- REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B. (Org.); SANTOS, A. M. (Org.). *Mogno-africano (Khaya spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 378 p. <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-alice-doc-1112698>
- RIBEIRO, A.; SILVA, C. S. J. E.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. Financial and risk analysis of African mahogany plantations in Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 42, n. 2, p. 148–158, 2018. <https://doi.org/10.1590/1413-70542018422026717>
- RISHI, R. R.; PAVITHRA, S.; SUNDARARAJ, R.; ATHULYA, R.; PRASAD, N. R. Mahogany shoot borer, *Hypsipyla robusta* Moore (Lepidoptera: Pyralidae) and its food plants: a review. *Journal of Entomological Research*, v. 46, n. 4, p. 805–809, 2022. <https://doi.org/10.5958/0974-4576.2022.00138.4>
- RODRIGUES, E. C.; TAVARES, R.; MEIRELES, A. L. Inequalities in the spatial concentration of agricultural crops among the micro- and mesoregions of Minas Gerais, Brazil. *Ciência Rural*, v. 50, e20190116, 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190116>
- RODRÍGUEZ, S. L. P.; BONE, D. A. L. Conservation of seed sources of commercially valuable forest species in the Mútile forest. *Revista Repique*, v. 5, n. 2, p. 126–165, 2023. <https://doi.org/10.31876/repique.v6i2.218>

- SANTOS, F. M.; TERRA, G.; PIOTTO, D.; CHAER, G. M. Recovering ecosystem functions through the management of regenerating community in agroforestry and plantations with *Khaya* spp. in the Atlantic Forest, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 482, p. 118854, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118854>
- SANTOS, F. M.; TERRA, G.; MONTE, M. A.; CHAER, G. M. Growth, yield and stem form of young African mahoganies (*Khaya* spp.) in mixed-species plantations and successional agroforestry systems. *New Forests*, v. 53, n. 1, p. 181–202, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09850-5>
- SANTOS, H. C. A.; DE SOUZA, G. F.; SALDANHA, E. C. M.; SANTA-BRÍGIDA, M. R. S.; ROMÃO, A. L. D. S.; COSTA, R. R. Soil correction and phosphate fertilization on growth and biomass production in African mahogany seedlings. [S.l.]: [s.n.], 2020. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i49.10990>
- SCHUEFTAN, A.; MARTIN, M.; BUCHNER, C.; GARCÍA, S.; REYES, M.; ARNETT, M. Integrated design as a strategy for innovating native timber products and promoting sustainable forest management. *Buildings*, v. 15, n. 11, p. 1886, 2025. <https://doi.org/10.3390/buildings15111886>
- SHUAITAO, R.; LEI, S.; HUA, Z. Research on blockchain-based mahogany identification methods. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONICS TECHNOLOGY (ICET), 7., 2024. Anais... [S.l.]: IEEE, 2024. p. 1098–1102. <https://doi.org/10.1109/ICET61945.2024.10673350>
- SILVA, L. M.; OLIVEIRA, L. S. ; NOGUEIRA, A. S.; SOUZA , N. S., JORGE , N. V.; HONORATO , G. A. S.; SILVA , L. S.. Germinação e balanço hormonal in vitro de *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(2), 113-126, 2023. <https://doi.org/10.47456/bjpe.v9i2.40648>
- SOUZA, A. D. G.; SMIDERLE, O. J.; CHAGAS, E. A.; ALVES, M. S.; FAGUNDES, P. R. D. O. Growth, nutrition and efficiency in the transport, uptake and use of nutrients in African mahogany. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 51, n. 2, e20196711, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200024>
- SOUZA, J. F.; BUENO, M. L.; SALINO, A. Atlantic Forest: centres of diversity and endemism for ferns and lycophytes and conservation status. *Biodiversity and Conservation*, v. 30, n. 7, p. 2207–2222, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02194-8>
- SOUZA, R. M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C. Leaf-cutting ant (*Atta laevigata* Smith) in an African mahogany plantation in Minas Gerais state, Brazil. *EntomoBrasilis*, v. 14, e954, 2021. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v14.e954>
- SPEIGHT, M. R. Insects and other animals in tropical forests. In: TROPICAL FORESTRY HANDBOOK. Berlin: Springer, 2016. p. 2607–2657. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54601-3_200

SWOCZYNA, T.; KALAJI, H. M.; BUSSOTTI, F.; MOJSKI, J.; POLLASTRINI, M. Environmental stress: what can we learn from chlorophyll a fluorescence analysis in woody plants? A review. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, p. 1048582, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1048582>

VACA, R. A.; GOLICHER, D. J.; MACARIO-MENDOZA, P. A.; ESTRADA-LUGO, E. I. J.; BELLO-BALTAZAR, E.; SÁNCHEZ-PÉREZ, L. C.; SHANAHAN, M. J. Site quality for mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in natural forests in Quintana Roo. *Journal of Sustainable Forestry*, v. 41, n. 1, p. 33–50, 2022. <https://doi.org/10.1080/10549811.2020.1841004>

WEBBER, T. V.; MARTINS, T. V.; CÂNDIDA, D. V.; REIS, C. A. F.; DA CUNHA, M. G.; SETTE JR, C. R.; DIANESE, E. D. C. Control techniques and evaluation of pathogen influence on African mahogany (*Khaya grandifoliola* C. DC.) infected by *Lasiodiplodia theobromae* Pat. *European Journal of Plant Pathology*, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02153-z>