



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

RILSON STUCALUC SANCHEZ GARCIA

**VIABILIDADE DE USO DE GALHOS DE LEUCENA (*Leucaena leucocephala*
Lam.) COMO TUTOR EM PLANTIOS DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS**

Sorocaba

2026

RILSON STUCALUC SANCHEZ GARCIA

VIABILIDADE DE USO DE GALHOS DE LEUCENA (*Leucaena leucocephala* Lam.) COMO TUTOR EM PLANTIOS DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva

Sorocaba

2026

G216v Garcia, Rilson Stucaluc Sanchez
Viabilidade de uso de galhos de leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) como tutor em plantios de mudas de espécies arbóreas / Rilson Stucaluc Sanchez Garcia. -- Sorocaba, 2026
44 f. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Alexandre Marco da Silva

1. Engenharia Ambiental. 2. Plantas invasoras. 3. Restauração florestal. 4. Economia circular. I. Título.

RILSON STUCALUC SANCHEZ GARCIA

VIABILIDADE DE USO DE GALHOS DE LEUCENA (*Leucaena leucocephala* Lam.) COMO TUTOR EM PLANTIOS DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel(a) em Engenharia Ambiental.

Data da defesa: 06/02/2026

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva
UNESP – Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus de Sorocaba

Engenheiro Agrônomo Clebson Aparecido Ribeiro
Jardim Botânico – Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Sorocaba

Prof. Dr. Gustavo de Castro Carvalho
Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS)

Aos meus pais, pelo amor e incentivo.
'O correr da vida embrulha tudo. A vida é
assim: esquentando e esfria, aperta e daí afrouxa,
sossega e depois desinquieta. O que ela quer
da gente é coragem.' (Guimarães Rosa)
Obrigado por me ensinarem a ter coragem.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida e pela força para superar os desafios desta jornada.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Sorocaba, e ao curso de Engenharia Ambiental, pela excelência no ensino e pela oportunidade de crescimento profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva, pela confiança, paciência e pelas orientações precisas que foram fundamentais para a estruturação e conclusão deste trabalho.

À Prefeitura Municipal de Catanduva e à Secretaria do Meio Ambiente, pela disponibilização da área experimental no Parque dos Ipês e pelo apoio logístico com maquinário, essencial para a viabilização do plantio em solo compactado.

Ao Engenheiro Agrônomo Cleberson Ribeiro, do Jardim Botânico de Sorocaba, pela gentileza em conceder a entrevista e pelos insights valiosos sobre a prática de restauração, que enriqueceram a discussão deste estudo.

Aos meus pais, minha base e meus maiores exemplos. Agradeço imensamente por todo o amor incondicional, pelos sacrifícios feitos em prol da minha educação e por nunca me deixarem desistir, mesmo nos momentos mais difíceis. Vocês são os grandes responsáveis por eu ter chegado até aqui, e essa conquista é tão minha quanto de vocês. Aos meus demais familiares, pela torcida constante, pelo carinho e pela compreensão nos momentos em que estive ausente me dedicando aos estudos.

Aos amigos de curso, pelo companheirismo, troca de conhecimentos e pelos momentos de descontração que tornaram a graduação mais leve.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

VIABILIDADE DE USO DE GALHOS DE LEUCENA (*Leucaena leucocephala* Lam.) COMO TUTOR EM PLANTIOS DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS

Candidato: RILSON STUCALUC SANCHEZ GARCIA

Orientador: Prof Tit Alexandre Marco da Silva

RESUMO

A restauração ecológica ativa, frequentemente realizada através do plantio de mudas, enfrenta desafios relacionados aos altos custos de insumos e à gestão de espécies exóticas invasoras. O presente trabalho avaliou a viabilidade técnica, econômica e a segurança ambiental da utilização de galhos de *Leucaena leucocephala* (leucena), como tutores inertes para mudas de espécies arbóreas nativas, em comparação aos tutores convencionais de bambu. O experimento foi conduzido em Catanduva-SP, utilizando um delineamento inteiramente casualizado com 30 mudas de espécies nativas, monitoradas durante a fase crítica de estabelecimento (3 meses). Foram analisadas as taxas de sobrevivência e crescimento das mudas, a durabilidade dos tutores, o potencial enraizamento da exótica e os custos de implantação. Os resultados demonstraram que o uso da leucena não prejudicou o desenvolvimento silvicultural das mudas, apresentando taxas de sobrevivência e incremento biométrico equivalentes ao tratamento com bambu. Quanto à segurança ambiental, o protocolo de corte e secagem adotado mostrou-se eficaz, confirmando não haver registro de enraizamento ou rebrota dos tutores. Estruturalmente, a madeira da leucena apresentou resistência mecânica satisfatória e durabilidade superior ou igual ao bambu. Economicamente, a técnica proporcionou uma redução de 100% nos custos de aquisição do tutor, transformando um passivo ambiental (resíduo de invasora) em um ativo para a restauração. Conclui-se que a técnica é viável e segura, configurando-se como uma estratégia promissora de economia circular aplicada à recuperação de áreas degradadas, incentivando o controle contínuo da espécie invasora.

Palavras-chave: Custo-efetividade; Economia circular; Espécies exóticas invasoras; *Leucaena leucocephala*; Restauração florestal.

FEASIBILITY OF USING LEUCENA (*Leucaena leucocephala* Lam.) BRANCHES AS SUPPORT IN PLANTING TREE SPECIES SEEDLINGS

Candidate: RILSON STUCALUC SANCHEZ GARCIA

Advisor: Full Prof Alexandre Marco da Silva

ABSTRACT

Active ecological restoration, often performed through seedling planting, faces challenges related to high input costs and the management of invasive alien species. This study evaluated the technical and economic viability, as well as the environmental safety, of using *Leucaena leucocephala* (leucaena) branches from control management as inert stakes for native tree seedlings, in comparison to conventional bamboo stakes. The experiment was conducted in Catanduva-SP, utilizing a completely randomized design with 30 native seedlings monitored during the critical establishment phase (3 months). Seedling survival and growth rates, stake durability, risk of rooting of the exotic species, and implementation costs were analyzed. The results showed that the use of leucaena did not impair the silvicultural development of seedlings, presenting survival rates and biometric increments statistically equivalent to the bamboo treatment. Regarding environmental safety, the cutting and drying protocol adopted proved effective, with no record of rooting or resprouting of the stakes. Structurally, leucaena wood presented satisfactory mechanical resistance and durability equal to or greater than bamboo. Economically, the technique provided a 100% reduction in stake acquisition costs, transforming an environmental liability (invasive residue) into an asset for restoration. It is concluded that the technique is viable and safe, configuring itself as a promising circular economy strategy applied to the recovery of degraded areas, encouraging the continuous control of the invasive species.

Keywords: Circular economy; Cost-effectiveness; Forest restoration; Invasive alien species; *Leucaena leucocephala*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	11
2.1	OBJETIVO GERAL.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3	METODOLOGIA.....	12
3.1	CARACTERIZAÇÃO E OBTENÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
3.1.1	Clima e Regime Hídrico.....	12
3.1.2	Vegetação e Solos.....	13
3.1.3	Obtenção da Área Experimental.....	14
3.2	OBTENÇÃO E PREPARO DOS MATERIAIS	15
3.2.1	Obtenção das mudas.....	15
3.2.2	Preparo dos tutores de Leucena (Tratamento 1)	16
3.2.3	Obtenção dos tutores de Bambu (Tratamento 2 - Controle).....	16
3.2.4	Outros insumos	16
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	17
3.4	IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	18
3.4.1	Preparo dos berços	18
3.4.2	Plantio	19
3.4.3	Manejo e condução (Período de Observação).....	19
3.5	ANÁLISES E VARIÁVEIS OBSERVADAS.....	19
3.6	ANÁLISE ESTRATÉGICA (MATRIZ SWOT)	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1	SOBREVIVÊNCIA E VIGOR VEGETATIVO DAS MUDAS	22
4.1.1	Interferência biótica e manejo adaptativo.....	23
4.2	SEGURANÇA AMBIENTAL: AVALIAÇÃO DO RISCO DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA.....	25
4.3	DESEMPENHO FÍSICO E OPERACIONAL DOS TUTORES	26
4.4	ANÁLISE ECONÔMICA E ESCALABILIDADE	28
4.5	MATRIZ SWOT	29
4.5.1	Análise dos Fatores Internos (Forças e Fraquezas).....	30
4.5.2	Análise dos Fatores Externos (Oportunidades e Ameaças)	31
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A intervenção antrópica na paisagem, marcada pela conversão de ecossistemas nativos para usos agropecuários e urbanos, resultou em um cenário de intensa degradação, especialmente no Brasil, um país megadiverso (Sá e Guedes, 2021; Achard et al., 2002). Biomas como o Cerrado, que já tiveram 43% de sua cobertura original ocupada, e a Mata Atlântica, altamente fragmentada, exigem a implementação urgente e contínua de estratégias de restauração ecológica (Silva, 2019; Aquino et al., 2020).

A restauração é um pilar da legislação ambiental brasileira, englobando a recomposição de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs), e está alinhada a compromissos internacionais voltados à mitigação das mudanças climáticas e à conservação da biodiversidade (Aquino et al., 2020; Sá e Guedes, 2021).

Dentre as metodologias de recuperação, o plantio de mudas de espécies nativas emerge como a técnica de restauração ativa mais utilizada globalmente e no Brasil, especialmente em ecossistemas florestais, oferecendo resultados mais rápidos em termos de sobrevivência e estabelecimento em comparação, por exemplo, à semeadura direta (Palma e Laurance, 2015 apud Paula, 2022; Giuliatti e Júnior, 2020).

Contudo, a efetividade da restauração ativa está intrinsecamente ligada à sua viabilidade econômica. Projetos de plantio de mudas demandam grandes investimentos, concentrando custos elevados na aquisição de mudas, mão de obra e insumos de implantação, como os tutores (Silva, 2019; Aquino et al., 2020). Essa alta demanda por recursos ressalta a importância de integrar a análise custo-efetividade com os aspectos biofísicos dos projetos, buscando otimizar o uso de recursos e desenvolver abordagens mais acessíveis para a restauração em larga escala (Silva, 2019; Paula, 2022).

Adicionalmente, o uso de materiais de apoio, como tutores (estacas) para garantir a estabilidade e o crescimento adequado das mudas, contribui para o custo total da implantação.

Simultaneamente ao desafio econômico, a conservação da biodiversidade é gravemente ameaçada pela introdução e proliferação de espécies exóticas invasoras (EEIs), reconhecida como a segunda maior causa de perda de biodiversidade no

mundo (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 1992 apud Correa et al., 2021; Sá e Guedes, 2021).

A leguminosa *L. leucocephala* (leucena), de origem centro-americana, é um exemplo notório de EEI, classificada como uma das espécies mais agressivas e de elevado potencial adaptativo (Gordinho, 2024). A leucena forma populações densas e homogêneas, deslocando e reduzindo as populações nativas, o que resulta em homogeneização florística e afeta negativamente a composição e a diversidade das comunidades em regeneração (Sá e Guedes, 2021; Zardetto, 2024).

Seu controle e erradicação são cruciais para a recuperação ecológica, mas representam uma tarefa complexa e contínua, uma vez que a espécie reage vigorosamente ao corte, regenerando por meio de rebrotas da touça e/ou da raiz, exigindo esforço continuado e um plano de gestão adaptativo (Manual Gestão Lenhosas, 2023).

As intervenções de manejo, necessárias para o controle da invasora, geram um volume considerável de biomassa lignificada (galhos e madeira), um resíduo que, se não for adequadamente destinado, pode prolongar o risco de propagação da espécie (Pini, 2024).

Nesse contexto, a valorização do resíduo de manejo da leucena tem sido objeto de estudo, que investigam seu potencial para fins energéticos (carvão vegetal), devido à sua densidade básica, e na indústria madeireira, para a confecção de pequenos objetos e mobiliário, dada a sua boa trabalhabilidade e resistência a fendilhamento por pregos (Lima et al., 2024; Souza et al., 2020). A possibilidade de reutilizar essa biomassa alinha-se aos princípios da economia circular e do *cradle to cradle* (do berço ao berço), onde o resíduo de um processo se torna a matéria-prima para outro (Braungart e McDonough, 2013 apud Pini, 2024).

No entanto, o desafio reside em conciliar essa oportunidade de reaproveitamento com a segurança ecológica do processo, dada a agressividade e o potencial de rebrote da leucena (Manual Gestão Lenhosas, 2023).

A carência de informações sobre a integração de fatores econômicos e biofísicos na escolha de insumos para restauração, somada ao volume de resíduos gerados pelo manejo de EEIs, impulsiona a necessidade de investigar soluções de baixo custo e ecologicamente seguras. Neste sentido, questiona-se a viabilidade técnica e a segurança ambiental da utilização dos galhos de *L. leucocephala* como tutores inertes para mudas nativas em projetos de restauração, transformando o

resíduo de uma invasora em um recurso que pode auxiliar na redução dos custos de implantação do plantio de mudas.

Diante do exposto, o presente trabalho parte da seguinte problemática: o uso de galhos de *L. leucocephala*, obtidos de manejo, é uma alternativa tecnicamente viável (resistente) e segura (sem risco de enraizamento) em comparação ao tutor inerte tradicional (bambu)?

Este estudo justifica-se pela necessidade de desenvolver técnicas de restauração florestal mais eficientes e de menor custo. Caso a viabilidade da leucena como tutor inerte seja comprovada, esta técnica poderia representar uma economia substancial nos custos de implantação e, simultaneamente, propor um uso inteligente para a biomassa de uma espécie invasora, aliando a restauração ecológica ao controle de espécies exóticas.

2 OBJETIVOS

Este capítulo apresenta a meta principal do trabalho, bem como as etapas específicas necessárias para alcançá-la.

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade técnica e a segurança ambiental do uso de galhos (estacas não-enraizadas) de *L. leucocephala*, oriundos de manejo, como tutor inerte no estabelecimento inicial de mudas de espécies arbóreas nativas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) comparar a taxa de sobrevivência e o vigor vegetativo qualitativo das mudas nativas tutoradas com galhos de leucena versus tutores inertes tradicionais de bambu;

b) monitorar e quantificar a taxa de enraizamento dos galhos de leucena, considerando o enraizamento como um indicador negativo (risco ambiental) da técnica;

c) analisar a durabilidade e a integridade estrutural (resistência) dos tutores de leucena em condições de campo ao longo do período experimental, em comparação com os tutores de bambu.

3 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido por um período de 3 meses a partir do dia 26 de julho de 2025, por meio de um experimento de campo, implantado em uma área urbana no município de Catanduva, estado de São Paulo. A metodologia foi estruturada nas seguintes etapas: (i) obtenção da área experimental; (ii) obtenção e preparo dos materiais; (iii) delineamento experimental; (iv) implantação e condução do experimento; e (v) análises e variáveis observadas.

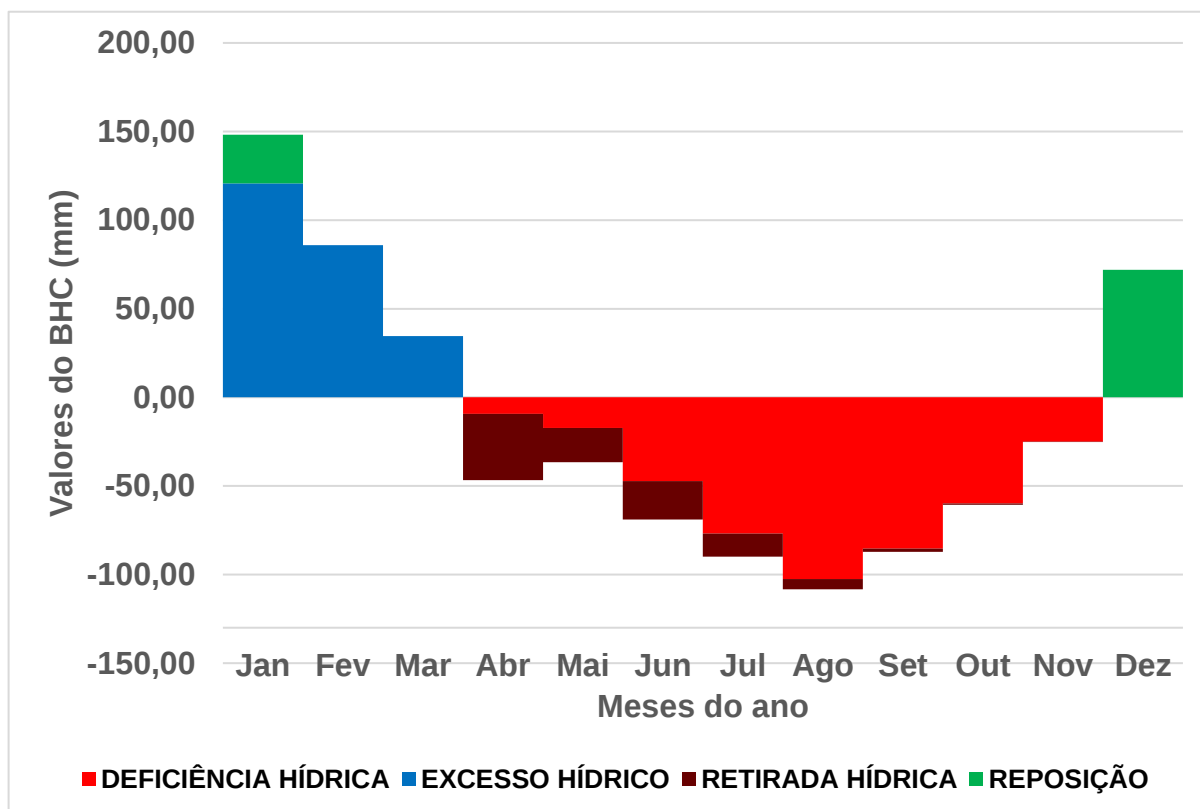
3.1 CARACTERIZAÇÃO E OBTENÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido no município de Catanduva, localizado na região Noroeste do estado de São Paulo (Coordenadas aproximadas – link de acesso ao local via Google Maps: [21°08'26.0"S 48°57'29.7"W](#)). A caracterização da área é fundamental para compreender os desafios e resultados do plantio.

3.1.1 Clima e Regime Hídrico

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Tropical de Altitude (Cwa), caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos secos (Silva; Dias, 2019). A precipitação média anual situa-se em torno de 1.300 mm, apresentando uma sazonalidade hídrica bem definida, que tipicamente se estende de abril a setembro. O comportamento das chuvas no município de Catanduva durante o ano de execução do projeto pode ser observado na Figura 1.

Figura 1-Gráfico do regime pluviométrico mensal de Catanduva-SP em 2025



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2025

A análise do gráfico evidencia que a implantação do experimento, realizada em julho de 2025, coincidiu com o auge da estação seca, período em que os índices pluviométricos atingiram seus níveis mais baixos. Esse cenário de severo estresse hídrico valida a necessidade das medidas mitigadoras adotadas na metodologia, justificando o regime de rega intensiva e a aplicação de polímero hidrorretentor (hidrogel) para garantir a sobrevivência das mudas na fase inicial de estabelecimento.

3.1.2 Vegetação e Solos

O município de Catanduva encontra-se em uma zona de transição de biomas, originalmente coberto por Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica) e manchas de Cerrado (IBGE, 2019). A paisagem atual é dominada por atividades agropecuárias, restando poucos fragmentos de vegetação nativa.

Segundo estudos pedológicos do estado de São Paulo, os solos predominantes na região são Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos (Oliveira et al.,

2018). São solos profundos, bem drenados, mas que, quando expostos e manejados de forma inadequada (como em áreas urbanas ou agrícolas compactadas), podem apresentar alta densidade e resistência à penetração, características que impactam diretamente o desenvolvimento radicular e a infiltração de água.

3.1.3 Obtenção da Área Experimental

A definição da parcela experimental foi consolidada mediante parceria com a Prefeitura Municipal de Catanduva-SP. Após a apresentação do projeto técnico à Secretaria do Meio Ambiente e ao corpo de engenharia do município, foi disponibilizada uma área de aproximadamente 300 m² (perímetro de 130 m) situada no interior do "Parque dos Ipês". A localização exata da intervenção no contexto da malha urbana pode ser visualizada na imagem de satélite apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Local do experimento localizado no Pq. dos Ipês, Catanduva-SP



Fonte: Autoria própria (Google Earth)

A imagem aérea permite observar que o sítio selecionado atende aos requisitos do delineamento experimental, apresentando plena insolação e ausência de sombreamento por edificações ou vegetação adjacente. Trata-se de uma área representativa de cenários de restauração urbana, caracterizada por solo exposto e compactado, atributos que replicam as condições desafiadoras frequentemente encontradas em projetos de recuperação de áreas degradadas.

3.2 OBTENÇÃO E PREPARO DOS MATERIAIS

A segunda etapa consistiu na aquisição e preparo de todos os insumos necessários para a implantação do experimento.

3.2.1 Obtenção das mudas

Foram utilizadas 30 mudas de espécies arbóreas nativas, doadas pelo viveiro municipal da Prefeitura de Catanduva. A seleção do material botânico, realizada em conjunto com a equipe técnica da Secretaria do Meio Ambiente, priorizou espécies regionais com reconhecida resistência a períodos de estiagem, adequadas ao plantio em inverno seco. A composição florística do experimento, detalhando as espécies e suas respectivas classificações ecológicas, é apresentada na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Espécies utilizadas no experimento

Espécies Utilizadas (nomes popular e científico)	Grupo ecológico	Quantidade
Sabão de macaco - <i>Sapindus saponaria</i>	Não pioneira	7
Cabreúva - <i>Myroxylon peruiferum</i>	Não pioneira	6
Embaúba - <i>Cecropia pachystachya</i>	Pioneira	6
Canafístula - <i>Peltophorum dubium</i>	Pioneira	5
Jequitibá - <i>Cariniana estrellensis</i>	Não pioneira	4
Ipê - <i>Handroanthus sp.</i>	Não pioneira	2

Classificação em grupos sucessionais (Pioneira e Não Pioneira) conforme adotado em projetos de restauração florestal (ex: Resolução SMA 32/2014).

Fonte: Autoria própria

A distribuição apresentada na tabela demonstra a presença tanto de espécies de recobrimento rápido (pioneiras) quanto de espécies de diversidade (não pioneiras). Essa composição mista é favorável ao experimento, pois permite simular a dinâmica de sucessão natural, garantindo o potencial de sombreamento inicial associado à longevidade do plantio.

3.2.2 Preparo dos tutores de Leucena (Tratamento 1)

Os tutores de Leucena foram obtidos a partir do manejo de áreas invadidas pela espécie. A coleta ocorreu em um Ecoponto municipal de Catanduva, local destinado ao descarte de podas de árvores urbanas.

Visando a uniformidade experimental, foram selecionados 15 galhos que atendessem a um padrão dimensional. Utilizando trena e paquímetro digital, padronizou-se o material com altura entre 110 cm e 120 cm e diâmetro basal entre 20 mm e 30 mm. O corte e acabamento foram realizados com serra manual e serrote.

Um aspecto metodológico relevante foi o intervalo temporal entre a coleta e a utilização. Após o corte e as aparas de limpeza (remoção de galhos secundários), os tutores foram armazenados por um período de 20 dias para secagem natural antes de serem transportados a campo para o plantio. Ressalta-se que, além desse período de repouso para perda de umidade, nenhum tratamento químico ou biológico preventivo foi aplicado ao material.

3.2.3 Obtenção dos tutores de Bambu (Tratamento 2 - Controle)

Para o tratamento controle, foram adquiridas 15 unidades de tutores de bambu (*Bambusa sp.*) comercialmente, via *e-commerce* (Mercado Livre). Os tutores possuíam altura padronizada de 120 cm e diâmetro médio variando entre 13 mm e 20 mm. O custo de aquisição deste tratamento na época de realização do trabalho (segundo semestre de 2025) era de R\$ 3,28 por unidade (valor total de R\$ 78,90 pelo pacote de 24 unidades, sendo 15 utilizadas).

3.2.4 Outros insumos

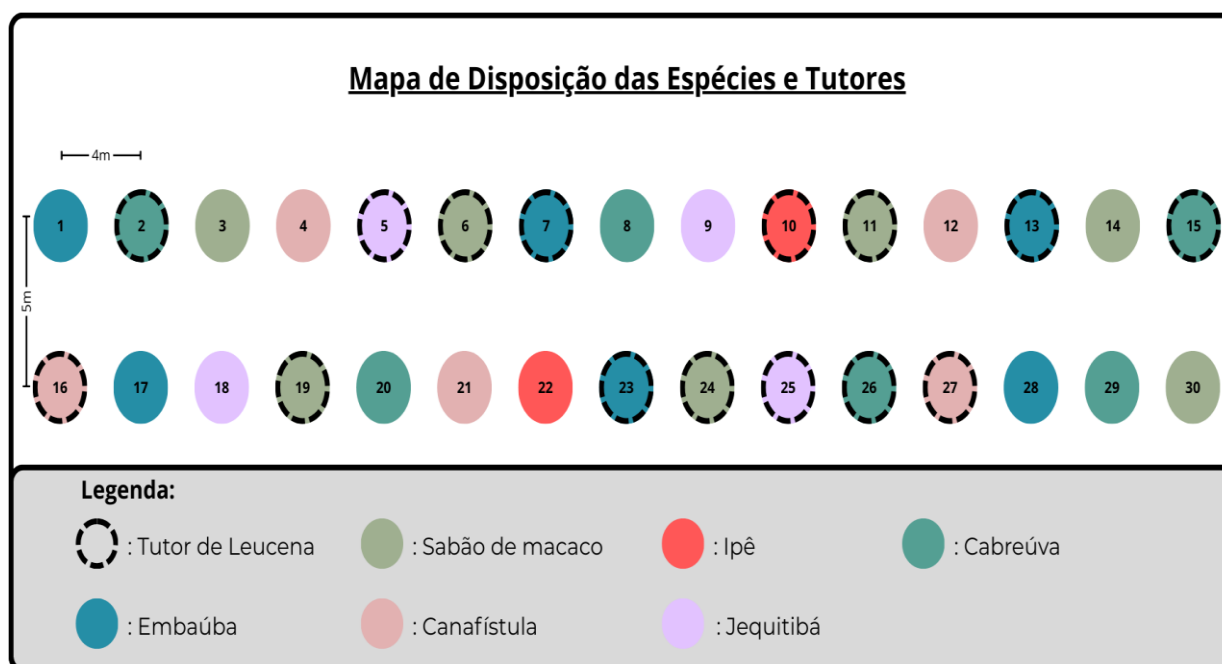
Para auxiliar no estabelecimento inicial das mudas, foram adquiridos 3 kg de polímero hidrorretentor (hidrogel, marca: Gobi Brasil) e 10 sacos de terra vegetal, utilizada para a construção das “coroas” de irrigação.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado seguindo um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Foram testados dois tratamentos (Tutor de Leucena e Tutor de Bambu) com 15 repetições cada, totalizando 30 unidades experimentais.

O arranjo espacial em campo consistiu em duas fileiras de plantio paralelas, distanciadas 5 metros entre si. Cada fileira foi composta por 15 berços, com espaçamento de 4 metros entre plantas na linha. A distribuição espacial das espécies nativas e a alocação dos respectivos tratamentos em cada cova foram definidas por sorteio prévio, resultando no arranjo experimental apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Mapa de disposição das espécies



Fonte: Autoria própria.

A representação gráfica permite visualizar a casualização efetiva do experimento, evidenciando a alternância aleatória entre os tutores de Bambu e Leucena ao longo das linhas de plantio. Essa distribuição, ilustrada no mapeamento, é fundamental para assegurar a independência dos erros experimentais e mitigar possíveis influências de variações locais do solo (como manchas de compactação ou gradientes de umidade) sobre os resultados comparativos.

3.4 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

3.4.1 Preparo dos berços

A etapa de perfuração dos berços, executada em julho de 2025 (período de estiagem), revelou um desafio metodológico significativo decorrente da extrema compactação do solo. Essa resistência física corrobora a caracterização pedológica da área (seção 3.1.2), confirmando que Argissolos e Latossolos degradados tendem a apresentar alta densidade e coesão em períodos de déficit hídrico.

Inicialmente, as tentativas de perfuração manual (com pá e enxada) e mecânica leve (utilizando perfurador de solo de 2,13 kW e broca de 200 mm) mostraram-se ineficazes frente à dureza do substrato. A abertura dos 30 berços, com dimensões padronizadas de 20x40 cm, demandou intervenção de maquinário pesado, viabilizada através de parceria com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Catanduva. A complexidade da operação conjunta, que exigiu o acoplamento de força entre um trator equipado com perfuratriz e uma retroescavadeira, é demonstrada na Figura 4.

Figura 4 - Operação conjunta para abertura dos berços



Fonte: Autoria própria.

O registro fotográfico documenta a magnitude do esforço operacional necessário, a imagem evidencia o uso do braço hidráulico da retroescavadeira (JCB

3cx) para aplicar pressão vertical sobre o conjunto da perfuratriz rotativa, técnica indispensável para romper a camada compactada do solo.

3.4.2 Plantio

O plantio foi realizado no dia 26 de julho de 2025. A metodologia de plantio em cada cova seguiu rigorosamente os seguintes passos:

1. Adição de aproximadamente 300g de hidrogel no fundo da cova.
2. O torrão da muda era levemente descompactado para estimular o sistema radicular.
3. A muda e o respectivo tutor (Leucena ou Bambu) eram alocados centralmente na cova.
4. A cova era preenchida com a terra local.
5. Era confeccionada uma "coroa" ou bacia de irrigação no entorno da muda, utilizando a terra vegetal adquirida, para otimizar a retenção de água da rega.

3.4.3 Manejo e condução (Período de Observação)

O período de observação foi definido em 3 meses (26/07/2025 a 26/10/2025), correspondendo à fase crítica de estabelecimento das mudas. O manejo consistiu em visitas de monitoramento (realizadas 3 vezes por semana) e regas (realizadas 2 vezes por semana). Em cada rega, cada muda recebia um volume de 15 litros de água, totalizando 30 litros de água por semana por planta. O monitoramento incluía a observação de pragas (com controle, se necessário) e a integridade das mudas e tutores.

3.5 ANÁLISES E VARIÁVEIS OBSERVADAS

Para responder aos objetivos específicos, as seguintes variáveis foram mensuradas durante os 3 meses de condução:

1. **Taxa de Sobrevivência das Mudas (%):** Consistiu na verificação da mortalidade ou sobrevivência dos 30 indivíduos ao final do período. Para evitar falsos diagnósticos em mudas que apresentavam queda foliar (sinal de

estresse ou dormência), adotou-se o teste de vitalidade cambial, conhecido como scratch test. O procedimento consiste em realizar uma pequena incisão superficial no caule para expor os tecidos subcorticais; a presença de coloração esverdeada e umidade indica atividade fisiológica (muda viva), enquanto tecidos secos e escurecidos confirmam a inviabilidade tecidual (mortalidade). A Figura 5 ilustra o padrão visual utilizado como referência para este diagnóstico.

Figura 5 - Exemplo ilustrativo do teste de vitalidade cambial e coloração de referência.



Fonte: Wilson Bros Garden ([s.d]).

2. **Taxa de Enraizamento dos Tutoros de Leucena (%):** Observação visual semanal da presença de brotações ou folhas nos 15 tutoros de Leucena. O surgimento de brotos foi considerado como enraizamento (resultado negativo).
3. **Durabilidade e Integridade dos Tutoros:** Análise visual comparativa da resistência estrutural dos dois tipos de tutoros (Leucena vs. Bambu), verificando quebras, tombamentos ou degradação acelerada.
4. **Análise de Custo:** Comparação direta do custo de aquisição (Bambu: R\$ 3,28/unidade) versus custo de obtenção (Leucena: R\$ 0,00/unidade, excluindo mão-de-obra de manejo e coleta).

3.6 ANÁLISE ESTRATÉGICA (MATRIZ SWOT)

Para integrar os resultados técnicos, econômicos e ambientais em uma visão sistêmica, utilizou-se a ferramenta de análise estratégica Matriz SWOT (acrônimo para Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats - Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças). A metodologia consistiu no cruzamento de dados quantitativos e qualitativos obtidos no experimento, classificados segundo os seguintes critérios:

- Fatores Internos (Ambiente Micro):

Refere-se às características intrínsecas dos materiais testados e observadas diretamente no experimento. Foram classificadas como Forças (Strengths) os atributos que conferiram vantagem técnica ou operacional ao tutor de Leucena (ex: resistência mecânica, custo zero) em comparação ao Bambu. Por outro lado, foram consideradas Fraquezas (Weaknesses) as características físicas que impuseram limitações ou dificuldades de manejo (ex: irregularidade morfológica, peso, necessidade de preparo).

- Fatores Externos (Ambiente Macro):

Refere-se ao contexto mais amplo da restauração florestal e do manejo de invasoras. Foram mapeadas como Oportunidades (Opportunities) as tendências externas ou cenários que favorecem a adoção da técnica (ex: políticas de economia circular, demanda por redução de custos em grandes projetos). Já as Ameaças (Threats) englobaram os riscos ambientais, legais ou de percepção pública que poderiam inviabilizar o uso da técnica, independentemente do sucesso do experimento (ex: risco biológico de propagação, restrições normativas).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

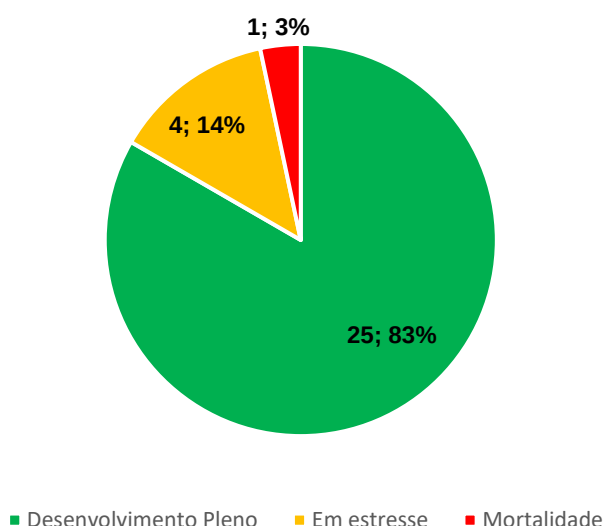
Os resultados obtidos ao longo dos três meses de monitoramento (julho a outubro de 2025) demonstram a viabilidade prática da proposta. A seguir, os dados são apresentados e discutidos conforme os objetivos específicos do trabalho.

4.1 SOBREVIVÊNCIA E VIGOR VEGETATIVO DAS MUDAS

O monitoramento realizado ao longo de 90 dias (julho a outubro de 2025) permitiu avaliar a resposta das mudas às condições locais e aos diferentes tutores utilizados. Considerando o total de 30 indivíduos plantados, obteve-se uma taxa de sobrevivência geral de 97% (29 mudas vivas), um resultado considerado altamente satisfatório para um plantio realizado em período de estiagem e em solo com histórico de compactação.

Quanto ao vigor vegetativo, a análise qualitativa classificou as mudas em três categorias, conforme apresentado no Gráfico 1: mudas em desenvolvimento pleno (apresentando novas brotações e folhas verdes), mudas em estresse (folhas secas ou ausentes, mas com caule vivo) e mortalidade.

Gráfico 1 - Status de desenvolvimento e sobrevivência das mudas ao final do monitoramento.



Fonte: Autoria própria.

Apenas uma muda da espécie Jequitibá (*Cariniana estrellensis* Raddi) veio a óbito durante o período experimental. Embora esta muda estivesse tutorada com

galho de Leucena, a mortalidade foi considerada um evento isolado, atribuído provavelmente ao "choque de plantio" ou falha prévia no torrão, e não à influência do tutor. Essa inferência justifica-se pelo sucesso das demais réplicas do mesmo tratamento e pela análise da inviabilidade tecidual, que revelou tecidos secos e escurecidos, indicativos de falência sistêmica precoce.

Em relação às quatro mudas classificadas em estado de estresse (13% do total), observou-se perda foliar acentuada e aparente dormência. Para verificar a viabilidade fisiológica destes indivíduos, foi realizado o teste de vitalidade cambial (conhecido como scratch test).

Com base neste padrão visual de referência, o teste aplicado nas quatro mudas estressadas revelou resultados positivos: a exposição do tecido interno do caule apresentou coloração esverdeada e umidade, confirmando a manutenção da atividade fisiológica e a circulação de seiva, diferenciando-as das plantas efetivamente mortas. Com base neste padrão visual de referência, o teste aplicado nas quatro mudas estressadas revelou resultados positivos: a exposição do tecido interno do caule câmbio vascular apresentou coloração esverdeada e umidade, confirmando a manutenção da atividade fisiológica e a circulação de seiva, diferenciando-as das plantas efetivamente mortas.

Um dado crucial para a validação da Leucena como tutor inerte foi a distribuição equitativa dessas mudas estressadas entre os tratamentos. Das quatro plantas com desenvolvimento retardado, duas pertenciam ao grupo tutorado com bambu e duas ao grupo com Leucena. Este equilíbrio (50/50) sugere que o estresse observado não possui correlação com o tipo de material utilizado como suporte, mas sim com a aclimação individual de cada espécime às condições edafoclimáticas restritivas da área experimental.

4.1.1 Interferência biótica e manejo adaptativo

Durante o período de monitoramento, o experimento esteve sujeito a interações com a fauna local, ocorrências comuns em projetos de restauração ecológica inseridos em parques urbanos e áreas abertas. Foram registrados dois eventos distintos de interferência biótica que impactaram o vigor momentâneo das mudas, exigindo intervenções de manejo corretivo.

O primeiro evento consistiu na herbivoria por formigas cortadeiras (família Formicidae), identificada nas primeiras semanas pós-plantio. O ataque resultou na desfolha parcial de 5 mudas, comprometendo temporariamente sua área fotossintética. Diante da identificação dos carreiros e do dano foliar, adotou-se como medida de controle a aplicação localizada de iscas formicidas granulados no entorno dos berços afetados. A ação demonstrou eficácia imediata, com a cessação da atividade de corte observada em 48 horas, o que preveniu a desfolha total e garantiu a sobrevivência dos indivíduos.

O segundo evento envolveu danos mecânicos causados por capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*, L), animais frequentes na área do Parque dos Ipês. Observou-se que 4 mudas da espécie Embaúba (*Cecropia pachystachya*, Trécul) tiveram seus caules principais quebrados, provavelmente devido ao pisoteio ou tentativa de alimentação pela fauna.

Para mitigar este dano físico severo, aplicou-se a técnica de poda de salvamento (ou decepa) logo abaixo do ponto de fratura. O objetivo desta intervenção foi remover o tecido dilacerado e estimular a ativação de gemas laterais dormentes. Adicionalmente, foi aplicado um repelente natural na base das plantas para desestimular novas aproximações. O manejo mostrou-se bem-sucedido: nas semanas subsequentes, todas as 4 mudas de Embaúba apresentaram recuperação fisiológica, emitindo novas brotações laterais vigorosas e retomando o crescimento, demonstrando a alta resiliência da espécie.

É fundamental destacar que a distribuição destes danos foi aleatória e relacionada à palatabilidade das espécies (no caso das formigas) e à fragilidade física da muda (no caso da Embaúba), não havendo correlação com o tipo de tutor utilizado. O fato de as mudas terem sobrevivido e rebrotado após esses estresses intensos reforça que o sistema radicular estava bem estabelecido e que os tutores (tanto bambu quanto Leucena) cumpriram sua função de manter a base da planta estável durante a recuperação.

4.2 SEGURANÇA AMBIENTAL: AVALIAÇÃO DO RISCO DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A preocupação com o potencial invasor da *L. leucocephala* é fundamentada em sua agressiva estratégia reprodutiva. A espécie é caracterizada pela produção massiva de propágulos, podendo gerar cerca de 5.500 sementes por m² anualmente, dispersas por anemocoria e zoocoria (SHARMA et al., 2022). Além disso, suas sementes possuem tegumento duro que impõe dormência física, permitindo a formação de um banco de sementes persistente no solo por 10 a 20 anos (MARQUES et al., 2014; SHARMA et al., 2022). Somado à propagação seminal, a espécie possui alta capacidade de rebrota vegetativa após o corte (SHARMA et al., 2022). Portanto, a validação de que os galhos utilizados como tutores não apresentaram enraizamento é um dado crítico para garantir que a técnica de restauração não se torne um vetor de propagação assexuada da invasora.

Nesse contexto, e atendendo ao Objetivo Específico "b", buscou-se quantificar o risco de propagação indesejada por meio do monitoramento sistemático da capacidade de enraizamento ou rebrote dos tutores de *L. leucocephala* utilizados no experimento.

Ao final dos 90 dias de monitoramento em campo, constatou-se a ausência total de propagação vegetativa. Dos 15 tutores instalados, nenhum indivíduo (0%) apresentou emissão de raízes adventícias, brotações laterais ou sinais de atividade cambial que indicassem o estabelecimento de uma nova planta, conforme pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 - Tutores de *Leucena* após 90 dias do experimento.



Fonte: Autoria própria.

Este resultado evidenciado na imagem é particularmente relevante considerando o protocolo de preparo utilizado. Conforme descrito na metodologia, os galhos foram coletados em um Ecoponto municipal apresentando ainda folhagem verde, o que indica corte recente e presença de umidade interna. O período de "cura" (secagem) entre a confecção dos tutores e o plantio foi de apenas 20 dias. O fato de os galhos não terem enraizado, mesmo com um intervalo curto de secagem e sob irrigação constante no início do plantio, sugere que a capacidade da espécie de regenerar a partir de estacas simples (sem raízes e desfolhadas) é baixa ou nula nas condições testadas.

A literatura aponta que a *L. leucocephala* possui alta capacidade de rebrote a partir da touça (cepa remanescente no solo após o corte) e elevada produção de sementes (GORDINHO, 2024; MANUAL GESTÃO LENHOSAS, 2023). No entanto, os dados deste experimento demonstram que o galho destacado, quando manejado como estaca inerte, perde sua viabilidade propagativa, comportando-se apenas como elemento estrutural de suporte.

A segurança da técnica observada neste estudo experimental é corroborada por experiências práticas em escala urbana. O corpo técnico do Jardim Botânico de Sorocaba relata a utilização de tutores de *Leucena* em plantios de arborização em bairros do município. Segundo os especialistas da instituição, as estruturas mantiveram a integridade física, cumprindo a função de sustentação mecânica de forma eficaz, sem registros de enraizamento ou reversão das estacas para o estado de árvore invasora. Portanto, os resultados validam a hipótese de que o uso de resíduos de *Leucena* é ambientalmente seguro para esta finalidade, desde que respeitado o manejo básico de limpeza dos galhos e um breve período de secagem, eliminando o risco de reintrodução da espécie na área em restauração.

4.3 DESEMPENHO FÍSICO E OPERACIONAL DOS TUTORES

Além da validação biológica, este estudo buscou analisar a durabilidade e a integridade estrutural dos materiais em condições de campo, comparando a resistência dos galhos de *Leucena* frente aos tutores de bambu comercial (Objetivo Específico 'c').

Ao longo dos três meses de monitoramento, os resultados demonstraram a superioridade mecânica dos galhos de *Leucena*. O material apresentou alta

estabilidade dimensional, mantendo-se rígido e sem deformações (curvaturas) significativas, mesmo quando submetido a intempéries como chuvas intensas e ventanias. Em termos operacionais, os tutores de *Leucena* exigiram intervenções mínimas, mantendo a fixação adequada da muda durante todo o período experimental.

Em contrapartida, os tutores de bambu demonstraram menor estabilidade física. As observações de campo indicaram uma demanda frequente por manutenção corretiva: estimou-se que, em média, a cada três visitas de monitoramento, pelo menos uma muda tutorada com bambu necessitava de reajuste na amarração ou no posicionamento da estaca, devido à inclinação ou perda de sustentação. A fragilidade do material ficou evidente durante um evento climático adverso de chuva e vento, que resultou na falha estrutural (quebra) de uma unidade de bambu, comprometendo a sustentação da muda associada.

A superioridade estrutural observada nos tutores de *Leucaena* em relação ao bambu justifica-se pelas marcantes diferenças em suas propriedades físicas e anatômicas. Enquanto o bambu comercial utilizado (diâmetro de 13-20 mm) possui colmo oco e paredes finas, os galhos de *Leucaena* (diâmetro de 20-30 mm) constituem peças de madeira maciça. Estudos indicam que o caule de *L. leucocephala* desenvolve um cilindro vascular contínuo e espesso, com xilema secundário reforçado por fibras, o que confere elevada rigidez ao material (ALRAWI; ALDOBAISSI; ALMEHEMDI, 2023).

Além disso, Kotowska et al. (2015) relatam que a densidade do lenho da *L. leucocephala* pode chegar a $0,609 \text{ g cm}^{-3}$, valor significativamente superior ao de muitas espécies tropicais e muito acima da densidade de colmos de bambu. Essa combinação de madeira maciça e alta densidade física traduz-se em maior inércia e resistência mecânica contra intempéries, explicando por que esses tutores mantiveram a integridade e a sustentação das mudas durante os eventos climáticos observados no experimento, ao passo que o bambu se mostrou suscetível a quebras e deformações.

Essa observação prática corrobora a análise técnica da equipe do Jardim Botânico. Em relato, os especialistas destacam que o bambu, apesar de popular, apresenta durabilidade reduzida, o que muitas vezes resulta em um custo-benefício desfavorável para a gestão pública. Ressalta-se que o problema não se restringe à aquisição, mas incide significativamente sobre o custo operacional, exigindo a

alocação de recursos humanos e financeiros para a substituição frequente do material degradado.

Neste experimento, a madeira maciça da *Leucena* evitou esse retrabalho. Enquanto o bambu cedeu às pressões externas, exigindo a presença constante do monitor para reparos, o resíduo da invasora funcionou como uma estrutura definitiva para a fase de estabelecimento, validando sua eficiência operacional.

4.4 ANÁLISE ECONÔMICA E ESCALABILIDADE

A viabilidade financeira é um fator determinante para a adoção de técnicas de restauração em larga escala, especialmente em iniciativas públicas ou projetos com restrições orçamentárias. A análise de custos do presente experimento evidenciou uma vantagem econômica significativa na substituição dos tutores convencionais pelos galhos de *L. leucocephala*.

No que tange aos custos diretos de aquisição, o tratamento controle (bambu) demandou um investimento de R\$ 3,28 por unidade, totalizando R\$ 49,20 para as 15 mudas utilizadas. Em contrapartida, os tutores de *Leucena*, obtidos a partir de resíduos de manejo em um Ecoponto municipal, apresentaram custo zero de aquisição, representando uma economia de 100% na compra do insumo. Embora a análise contábil estrita sugira que nenhum insumo possui custo total nulo devido à mão de obra envolvida no preparo (corte e limpeza dos galhos), é necessário distinguir o Custo de Aquisição do Custo Operacional.

O custo de aquisição da matéria-prima *Leucena* é, de fato, R\$ 0,00, contrastando com o preço de mercado do bambu. Em um cenário de gestão municipal ou de projetos de restauração, a mão de obra para o corte da *Leucena* já é frequentemente orçada nas atividades de controle de ervas daninhas e manutenção de áreas verdes. Ou seja, ao utilizar o resíduo gerado por uma atividade de limpeza obrigatória, transforma-se um custo operacional 'a fundo perdido' (limpeza e descarte) em produção de insumo. Portanto, a viabilidade econômica da técnica reside na conversão de um passivo operacional (o custo de cortar e descartar a invasora) em um ativo de restauração (o tutor), eliminando a necessidade de desembolso financeiro para compra de materiais externos.

A projeção desses resultados para projetos de maior escala revela um potencial de economia substancial. Em entrevista, os especialistas do Jardim Botânico de

Sorocaba (Jbot) destacaram que, para o poder público, a aquisição de milhares de tutores de bambu representa um custo elevado para um material que, segundo a experiência prática da equipe, apresenta baixa durabilidade em campo.

Nesse sentido, a análise de custo-efetividade favorece a Leucena não apenas pelo preço, mas pela durabilidade operacional. O corpo técnico do Jbot ressaltou que a baixa resistência do bambu muitas vezes torna o custo-benefício negativo, exigindo retrabalho e novas despesas para substituição de tutores degradados. A maior integridade física observada nos tutores de Leucena durante o experimento sugere uma redução nos custos de manutenção (OPEX), evitando a necessidade de intervenções frequentes.

Portanto, a técnica proposta transforma um passivo ambiental, a biomassa gerada pelo controle de uma espécie invasora, em um ativo econômico. Essa abordagem alinha-se aos princípios da economia circular, oferecendo uma solução de custo zero e desempenho físico superior, capaz de otimizar o orçamento de projetos de restauração florestal.

4.5 MATRIZ SWOT

Para consolidar a avaliação da viabilidade técnica e econômica do uso de galhos de *L. leucocephala*, foi elaborada uma Matriz SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*). Esta ferramenta permite uma análise estratégica comparativa em relação ao tutor convencional (bambu), cruzando os fatores internos observados no experimento com os fatores externos do cenário de restauração florestal conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Matrix SWOT comparativa.

Fatores	Positivos (Fatores que auxiliam)	Negativos (Fatores que atrapalham)
INTERNOS	FORÇAS (Strengths)	FRAQUEZAS (Weaknesses)
(Características intrínsecas do material)	1. Custo de Aquisição Zero: O material é obtido como resíduo do manejo de uma EEI, representando custo zero de matéria-prima.	1. Heterogeneidade: Maior dificuldade em encontrar galhos uniformes, o que pode dificultar o empilhamento e transporte.
	2. Resistência Mecânica Superior: Os galhos maciços mostraram-se mais estáveis e rígidos que o bambu (oco), exigindo menos ajustes e evitando quebras durante eventos climáticos adversos.	2. Exigência de Mão de Obra no Preparo: O resíduo exige esforço para corte, medição e remoção de galhos secundários antes da instalação.
	3. Durabilidade Operacional: Os tutores de leucena mantiveram-se firmes por 3 meses e com menor taxa de degradação/apodrecimento, demonstrando ser uma alternativa técnica superior ao bambu, que exigiu maiores ajustes.	3. Durabilidade a Longo Prazo Incerta: Há menor teor de lignina em brotações/galhos jovens, tornando incerta a vida útil sem tratamento.
EXTERNOS	OPORTUNIDADES (Opportunities)	AMEAÇAS (Threats)
(Ambiente e contexto)	1. Economia Circular e Destinação de Resíduos: Transforma um passivo ambiental (biomassa lenhosa da invasora) em um insumo de restauração.	1. Risco de Propagação: Possibilidade de enraizamento caso não haja secagem adequada (Risco Biológico).
	2. Redução de OPEX: O custo zero representa uma economia considerável para o poder público e empresas, que realizam o plantio de milhares de mudas, reduzindo drasticamente os custos do projeto.	2. Padronização: Dificuldade em estabelecer padrões comerciais para venda em larga escala.
	3. Incentivo ao Manejo: Criação de demanda para a biomassa extraída no controle da invasora.	3. Preconceito Técnico: A reputação da leucena como uma das 100 piores espécies invasoras do mundo gera resistência para seu uso, mesmo como resíduo.

Fonte: Autoria própria.

4.5.1 Análise dos Fatores Internos (Forças e Fraquezas)

A principal força identificada no uso da Leucena reside na relação Custo x Durabilidade. Enquanto o bambu apresenta custo de aquisição (R\$ 3,28/unidade) e

menor resistência física, sendo propenso a rachaduras e tombamento por ventos fortes, a madeira da *Leucena* demonstrou robustez superior. Essa característica é crucial, pois a quebra de tutores exige substituição, gerando retrabalho e custos adicionais. A economia gerada é significativa, especialmente para a gestão pública ou projetos de larga escala da iniciativa privada que operam com orçamentos restritos, onde o custo dos insumos impacta diretamente a viabilidade da implantação.

Em contrapartida, a principal fraqueza da *Leucena* é a irregularidade morfológica. Diferentemente do bambu, que possui fuste retilíneo e padronizado, os galhos de *Leucena* apresentam tortuosidades que podem dificultar a logística de transporte e o amarrinho da muda. Contudo, no contexto do experimento, essa dificuldade operacional foi superada pela eficácia na sustentação, sugerindo que a estética do material é secundária à sua função estrutural. A necessidade de mão de obra para o corte e preparo foi identificada, mas diluída pelo custo zero da matéria-prima.

4.5.2 Análise dos Fatores Externos (Oportunidades e Ameaças)

No cenário externo, a técnica se destaca pela oportunidade de integração com a Economia Circular. O volume de resíduos gerados pelo controle de invasoras é um problema logístico para gestores de áreas protegidas. Utilizar esse material no próprio local ou em áreas próximas elimina custos de descarte e fecha o ciclo do manejo.

Adicionalmente, identifica-se como oportunidade a vasta disponibilidade de biomassa e a facilidade legal de acesso ao recurso. Diferentemente da exploração de espécies nativas, que exige rigoroso licenciamento e autorizações de supressão (ASV), o corte de espécies exóticas invasoras é incentivado pelas políticas públicas e isento de entraves burocráticos complexos. Essa desburocratização agiliza a obtenção dos tutores e viabiliza a execução de projetos em curto prazo, aproveitando a abundância da espécie em faixas de domínio, terrenos baldios e áreas em recuperação.

Por outro lado, a ameaça mais crítica refere-se ao risco de enraizamento (propagação da invasora). Contudo, este risco foi mitigado no presente estudo através do manejo correto, que incluiu o corte e um período de secagem prévia. Os resultados de segurança ambiental (Item 4.1) demonstraram que o risco é controlável, desde que observados os protocolos de segurança. Portanto, a ameaça biológica não inviabiliza

a técnica, mas exige rigor na execução, diferenciando o uso de um "galho verde" (arriscado) de um "tutor inerte seco" (seguro).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa permitiu validar a viabilidade técnica e a segurança ambiental do uso de galhos de *L. leucocephala* como tutores inertes em plantios de restauração florestal. Os resultados obtidos em campo confirmam a hipótese inicial de que o resíduo de manejo dessa espécie invasora pode ser transformado em um recurso valioso e seguro para a conservação da biodiversidade.

Quanto ao desempenho técnico, os tutores de *Leucena* demonstraram superioridade física em relação ao bambu comercial. A rigidez da madeira maciça ofereceu maior estabilidade mecânica às mudas nativas, resistindo a intempéries sem apresentar deformações ou quebras, ao contrário do bambu, que exigiu manutenção frequente e apresentou falha estrutural. Operacionalmente, isso se traduz em uma redução significativa do retrabalho e da necessidade de monitoramento constante da sustentação física das plantas.

No que se refere à segurança ambiental, o risco de propagação vegetativa da invasora foi neutralizado. O monitoramento confirmou 0% de enraizamento ou rebrote dos tutores de *Leucena*, mesmo com um período de secagem curto, de apenas 10 dias. Esse dado é fundamental para desmistificar o uso do material, provando que, desde que os galhos sejam desfolhados e não possuam raízes no momento da instalação, eles se comportam como estacas inertes e seguras.

Sob a ótica econômica, a substituição do bambu comercial pelo resíduo de *Leucena* representa uma economia direta de 100% no custo de aquisição do insumo. Em larga escala, essa prática permite que gestores públicos e privados redirecionem recursos orçamentários para outras etapas críticas da restauração, como a adubação e o controle de pragas.

Adicionalmente, o experimento demonstrou que o uso da *Leucena* como tutor é neutro para o desenvolvimento das mudas nativas. A alta taxa de sobrevivência (97%) e a distribuição equitativa das plantas estressadas entre os tratamentos comprovam que o material não causa danos fisiológicos às espécies nativas, sendo os ataques de fauna (formigas e capivaras) os únicos fatores externos de impacto observados e manejados com sucesso.

Em suma, a utilização de resíduos de *L. leucocephala* como tutores transcende a simples economia financeira; ela configura-se como uma estratégia de Economia Circular aplicada à restauração. A técnica converte um passivo ambiental (biomassa

de invasora) em um ativo para a recuperação de áreas degradadas, incentivando o controle contínuo da espécie exótica. Recomenda-se, portanto, a adoção dessa prática em projetos de restauração, especialmente no âmbito público, ressaltando-se a importância da manutenção de protocolos rígidos de secagem para garantir a segurança biológica do processo.

REFERÊNCIAS

- ABE, N. *Estrutura da comunidade, estoque, produção e deposição de serapilheira e macronutrientes em fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual restaurados e degradados*. Tese (Doutorado em Ecologia e Biodiversidade) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2024.
- ACHARD, F. et al. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, v. 297, p. 999-10, 2002.
- AGUIAR BERGER, A. P.; RANAL, M. A.; GARCIA DE SANTANA, D. Variabilidade na dormência relativa dos diásporos de *Lithraea molleoides* (Vell.) Eng. 1. *Ciência Florestal*, v. 2, p. 1-13, 2014.
- AGUILERA, N. et al. *Teline monspessulana* Can Harm the Chilean Native Tree *Nothofagus obliqua*: Effects on Germination and Initial Growth. *Plants*, v. 12, n. 19, 2023.
- AHMED, R. et al. Allelopathic effects of *Leucaena leucocephala* leaf litter on some forest and agricultural crops grown in nursery. *Journal of Forestry Research*, v. 19, n. 4, p. 298–302, 2008.
- ALMEIDA, D. S. de. *Manutenção de Projetos de Recuperação Ambiental*. Ilhéus, BA: Editus, 2016.
- ALMEIDA, A. M. C. *Avaliação anatômica, físico-química e energética da madeira das espécies Piptadenia stipulacea (Benth.) Ducke e Amburana cearensis (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.
- ALRAWI, M. S.; ALDOBAISSI, I. A.; ALMEHEMDI, A. F. Anatomical Study of Twelve Mimosoideae Species in Iraq. *Iraqi Journal of Desert Studies*, v. 13, n. 2, p. 72-82, 2023.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2014.
- ALVARINHO, H. H. *Análise da expansão urbana, da vegetação e uso do solo e seus reflexos na APP de Santa Gertrudes/SP: 1995 a 2016*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.
- ANDRADE, C. L. M. de. *Diagnóstico ambiental e proposta de adequação de um fragmento florestal urbano em Sorocaba, São Paulo*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Sorocaba, 2023.

AQUINO, F. G. de et al. Análise de custos na recomposição em área de preservação permanente no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 16, n. 4, e806, 2020.

ASHBY, M.; JOHNSON, K. *Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 7190: projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 8112: carvão vegetal: análise imediata*. Brasília, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 8633: carvão vegetal: determinação do poder calorífico*. São Paulo, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10004: resíduos sólidos – classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 11941: madeira: determinação da densidade básica*. São Paulo, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). *M-3/69: preparação de madeira livre de extrativos*. São Paulo, 1974a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). *M-11/77: teor de cinzas ou minerais*. São Paulo, 1974b.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *ASTM D 1105* (2013).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *ASTM D-167-73*.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). *ASTM D 1666-87: Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials* (reapproved 1994). Philadelphia, 1995. p. 226 - 245.

BARBOSA, Luiz Mauro et al. *Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2015.

BARCELOS, A. C.; QUEIROZ, J. S. Mensuração da perda de solo por erosão hídrica em ambiente de cerrado. In: *SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA - UGB UNIÃO DA GEOMORFOLOGIA BRASILEIRA*, 11., 2016, Maringá. Anais... Maringá, PR: Sinageo, 2016.

BATISTA, D. C. et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

BLUMENFELD, E. C. et al. Relações entre tipos de vizinhança e efeitos de borda em fragmento florestal. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 26, n. 4, p. 1301-1316, out.-dez., 2016.

BONSIEPE, G. *Teoría y práctica del diseño industrial. Elementos para una manualística crítica*. Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

BOTREL, M. C. G. et al. *Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de Eucalyptus*. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.

BRANCALION, P. H. S. et al. *Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas*. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

BRANCALION, P. H. S. et al. *Using markets to leverage investment in forest and landscape restoration in the tropics*. *Forest Policy and Economics*, v. 85, p. 103-113, 2017.

BRANCO, M. C. *A análise custo-efetividade: sua aplicação como auxílio para a definição de políticas de regulamentação do uso de agrotóxicos*. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

BRANCO, S. M.; CAVINATTO, V. M. *Solos: a base da vida terrestre*. 1. ed. São Paulo: Moderna, 1999.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 05 out. 1988.

BRASIL. *Decreto Federal nº 2.519, de 16 de março de 1998*. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 mar. 1998.

BRASIL. *Decreto Legislativo nº 2, de 3 de fevereiro de 1994*. Aprova o texto da Convenção sobre Diversidade Biológica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 fev. 1994.

BRASIL. *Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000*. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2000.

BRASIL. *Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Patos, estado da Paraíba*. Recife: MME, 2005.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Uiraúna, estado da Paraíba*. Recife: MME, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Ações Prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Avaliação e Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira*. Brasília: MMA, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Fundo Nacional do Meio Ambiente*. Brasília: Fundo Nacional do Meio Ambiente, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Material para divulgação do tema espécies exóticas invasoras*. Brasília: MMA, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. *Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga*. Natal: MMA, 2008.

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W. *Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente*. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

CALIMAN, G. (org.). *Cátedras UNESCO e os desafios dos objetivos de desenvolvimento sustentável*. Brasília: Cátedra UNESCO de Juventude, Educação e Sociedade; Universidade Católica de Brasília, 2019.

CALLEGARO, R. M. et al. Influência de fatores ambientais sobre espécies vegetais em floresta estacional para uso potencial em restauração. *Nativa*, v. 6, n. 1, p. 91-99, 2018.

CALMON, M. et al. *Uma estratégia nacional para a restauração da Mata Atlântica*. In: RIBEIRO, M. C. et al. (Org.). *Revisões em Biologia de Conservação*. São Carlos: Cubo, 2011. p. 195-212.

CAMPOS-FILHO, E. M. et al. Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. *Journal of Sustainable Forestry*, v. 32, n. 7, p. 702-727, 2013.

CARVALHO, E. M. et al. Planejamento estratégico para implantação de programa de educação ambiental em uma área verde urbana. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 14701-14721, set. 2019.

CARVALHO, P. E. R. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003.

CHAMI, L. B. *VEGETAÇÃO E MECANISMOS DE REGENERAÇÃO NATURAL EM DIFERENTES AMBIENTES DE FLORESTA MISTA NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS*. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais e Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CIDADE DE SÃO PAULO. Subprefeitura Lapa. Prefeitura lança pátio-piloto do programa Feiras e Jardins Sustentáveis na Lapa.

COOPER, M. *Degradação e Recuperação de Solos*. Piracicaba, 2008.

CORRÊA, R. S. *Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração no Cerrado: Manual para Revegetação*. 2. ed. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2009.

CORRÊA, R. S. et al. Recuperação da cobertura vegetal e da atividade fotossintética em jazidas revegetadas no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, n. 46, p. 75-87, 2017.

DUARTE, L. N.; MARCHANTE, E.; MARCHANTE, H. *Manual de Boas Práticas para a gestão e controlo de plantas invasoras lenhosas em Portugal Continental*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2024.

ERVIN, J. *Metodologia para Avaliação Rápida e a Priorização do Manejo de Unidades de Conservação (RAPAM)*. São Paulo, SP: WWF-Brasil, 2003.

FRANKE, C. R. et al. *Mata Atlântica e biodiversidade*. Salvador: Editora UFBA, 2005.

FREITAS, B. M. et al. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: *Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. v. 1, p. 103-118, 2012.

GIULIATTI, N.; JÚNIOR, A. P. Aplicação de metodologias de recuperação de áreas degradadas no bioma Amazônico, Pampa e Cerrado. *Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 333-369, jan./fev. 2020.

GORDINHO, D. L. M. *Controle das espécies exóticas invasoras Leucaena Leucocephala e Tithonia Diversifolia no Parque Ecológico Veredinha-DF*. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP, 2024.

GUILHERME, F. A. G. et al. Floristic and structure of different strata in an urban Semideciduous Forest in Jataí, Goiás state, Brazil. *Ciência Florestal*, v. 31, p. 456-474, 2021.

HELLMEISTER, G. *Retenção da água em Latossolo cultivado sob plantio direto por longo período*. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBRAM). *Nota Técnica IBRAM 01/2018*.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). *Diretrizes para Criação, Regularização e Gestão de Unidades de Conservação Federais*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). *Instrução Normativa ICMBio nº 11, de 11 de dezembro de 2014*. Estabelece procedimentos para a elaboração, análise, aprovação e acompanhamento do Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada (PRAD).

KLIPPEL, V. H. et al. Avaliação de métodos de restauração florestal de mata de Tabuleiros-ES. *Revista Árvore*, v. 39, n. 1, p. 69-79, 2015.

KOTOWSKA, M. M. et al. Patterns in hydraulic architecture from roots to branches in six tropical tree species from cacao agroforestry and their relation to wood density and stem growth. *Frontiers in Plant Science*, v. 6, p. 191, 2015.

LIMA, I. L. P. *Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da mangaba*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.

LIMA, P. H. S. et al. Caracterização energética da madeira de duas espécies exóticas de ocorrência no semiárido brasileiro. *Revista Agro. Amb.*, v. 17, n. Especial, e12157, 2024.

MACCARINI; SILVA. A relação entre o código florestal brasileiro e os desastres naturais. *Revista Ordem Pública*, v. 9, n. 1, p. 223-233, 2016.

MAHER, M. *Contabilidade de custos: Criando valor para a administração*. 1. ed. São Paulo: ATLAS, 2001.

MAPBIOMAS. *Cobertura e Uso do Solo*.

MARQUES, A. R. et al. Germination characteristics and seedbank of the alien species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in Brazilian forest: ecological implications. *Weed Research*, v. 54, n. 6, p. 576-583, 2014.

MARTIN, N. B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários - custagri 1. *Informações Econômicas*, v. 28, n. 1, p. 22, 1998.

MARTINS, E. *Contabilidade de custos*. 10. ed. São Paulo: ATLAS, 2010.

MARTINS, E.; ROCHA, W. *Métodos de Custeio Comparados: Custos e Margens Analisados Sob Diferentes Perspectivas*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MCDONALD, T. et al. *International standards for the practice of ecological restoration including principles and key concepts*. Washington, D.C.: Society for Ecological Restoration, 2016.

MICCOLIS, A. et al. *Guia Técnico. Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga*. Brasília: Centro Internacional de Pesquisas Agroflorestais (ICRAF), 2016.

MIYABUKURO, S. B. *Estudo da Análise de Custo-Efetividade no Planejamento de Políticas Público-Privadas de Longo Prazo Integrada à Análise de Custo-Benefício*. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Ações Prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 1999.

MORAES, M. A. *Restauração de paisagens e florestas no Brasil*. Brasília: IUCN, 2016.

MOREIRA DA SILVA, A. P. et al. Desafios da Cadeia de Restauração Florestal Para a Implementação da Lei nº 12.651/2012 no Brasil. In: IPEA (Ed.). *Brasil em Desenvolvimento: Estado, planejamento e políticas públicas - Volume 2*. Brasília, DF: IPEA, 2014. p. 85-102.

MORO, M. F. et al. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia?. *Acta Botanica Brasilica*, v. 26, n. 4, p. 991-999, 2012.

OLIVEIRA, D. M. et al. Coletânea bibliográfica acadêmica sobre a mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). *Gaia Scientia*, n. 11, v. 3, p. 212-231, 2017.

ONU. Organização das Nações Unidas. *Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS): Agenda para 2030*. 2015.

PARANÁ. *Portaria nº 59, de 15 de abril de 2015*. Diário Oficial do Estado do Paraná, 15 abr. 2015.

PAULA, L. C. P. *Custo-efetividade de métodos de implantação de Baru *Dipteryx alata* Vogel (Fabaceae) sob efeito de filtros ambientais*. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2022.

PINI, M. *Efeitos da leguminosa invasora *Leucaena leucocephala* sobre plantas nativas: uma abordagem metaanalítica e experimental*. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024.

PLANAVERG. *Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Educação, 2017.

POKORNY, B.; PALHETA, C.; STEINBRENNER, M. *Custos de operações florestais: Noções e Conceitos*. Documentos 373, p. 82, 2011.

POMPÉIA, S. L. et al. A semeadura aérea na Serra do Mar em Cubatão. *Ambiente*, v. 3, p. 13-19, 1989.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. Londrina: Universidade de Londrina, 2002.

PRIP, C. The Convention on Biological Diversity as a legal framework for safeguarding ecosystem services. *Ecosystem Services*, v. 29, p. 199-204, 2018.

RIBEIRO, L. G. G.; SILVA, L. E. G. A Conferência de Estocolmo de 1972 e sua Influência Nas Constituições Latinoamericanas. *Revista do Direito Público*, v. 14, n. 2, p. 109-135, 2019.

ROBINSON, V. *Índice de importância de diferentes espécies de plantas na atração de aves para uma área reflorestada em Piracicaba*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

SÁ, A. C. N.; GUEDES, F. L. Políticas públicas no âmbito da gestão de espécies exóticas invasoras: controle da *Leucaena leucocephala*. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 20, n. 2, p. 1-13, ago./dez. 2021.

SANTANA JÚNIOR, J. A. *Composição, estrutura e diversidade em fragmento de mata atlântica no município de São Cristóvão, Sergipe*. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. *Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014*. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. São Paulo: SMA, 2014.

SCHNEIDER, C. R. et al. Espécies, práticas silviculturais e monitoramento: estratégias para restauração ecológica de áreas protegidas da Mata Atlântica. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 33, n. 4, e74057, p. 1-22, 2023.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. *Instrução Normativa nº 12, de 10 de dezembro de 2014*. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, 10 dez. 2014.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. *Portaria nº 79, de 3 de outubro de 2013*. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, 3 out. 2013.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente; FEPAM. *Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Portaria Conjunta nº 14, de 4 de maio de 2018*. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, 4 maio 2018.

SHARMA, P. et al. Critical Insights Into the Ecological and Invasive Attributes of *Leucaena leucocephala*, a Tropical Agroforestry Species. *Frontiers in Agronomy*, v. 4, p. 890992, 2022.

SILVA, D. A.; TRUGILHO, P. F. Comportamento dimensional da madeira de cerne e alborno utilizando-se metodologia de análises de imagem submetida a diferentes temperaturas. *Cerne*, v. 9, n. 1, p. 56-65, 2003.

SILVA, F. L. et al. Metas de Aichi na avaliação de Planos Diretores Municipais. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 15, n. 7, p. 127-140, 2019.

SILVA, J. A. A.; PAULA NETO, F. *Princípios básicos de dendrometria*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1979.

SILVA, J. S. da; RANIERI, V. E. L. O mecanismo de compensação de reserva legal e suas implicações econômicas e ambientais. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 1, p. 115-132, 2014.

SILVA, M. R. O. *Análise Financeira da Semeadura e do Plantio de Mudanças Arbóreas na Restauração Ecológica no Cerrado*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.

STEINBERGER, M.; RODRIGUES, R. J. Conflitos na delimitação territorial do Bioma Mata Atlântica. *Revista Geografias*, v. 6, n. 2, p. 37-48, 2010.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. *Tópicos em ciência do solo*, v. 2, p. 195-276, 2002.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. *Recursos hídricos no século XXI*. Oficina de Textos, 2011.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, F. G. C. Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga. São Paulo: *The Nature Conservancy*, 2002.

WILSON BROS GARDENS. The Scratch Test. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.wilsonbrosgardens.com/scratch-test.html>. Acesso em: 04 jan. 2026.

ZARDETTO, J. *O papel de uma exótica invasora amplamente distribuída (Leucaena leucocephala) nas dinâmicas local e regional de comunidades em regeneração*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biodiversidade) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2024.

ZIMMERMANN, T. G. *Potencial de Invasão das Restingas por Casuarina equisetifolia L.: Fatores que Limitam a Regeneração da Vegetação*. Tese (Doutorado) - Escola Nacional de Botânica Tropical, [S. l.], 2016.

ZWIENER, V. P. et al. Disentangling the effects of facilitation on restoration of the Atlantic Forest. *Basic and Applied Ecology*, v. 15, n. 1, p. 34-41, 2014.