

RESGATE E CONSERVAÇÃO *IN VITRO* DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS AMEAÇADAS

Regivaldo da Silva Jesus
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Leandro Silva de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Leonardo Máximo Silva
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Letícia Renata de Carvalho
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

RESUMO

As espécies florestais nativas representam um patrimônio genético de valor inestimável e garantem a sustentabilidade de ecossistemas naturais. Na região norte de Minas Gerais são encontradas espécies florestais pertencentes aos biomas Cerrado e Caatinga. Grande número delas está sob risco de extinção devido à exploração extrativista predatória por populações locais, e à ocupação danosa da agropecuária. Ademais, a carência de informações científicas, bem como a falta de tecnologias adequadas à propagação e programas de melhoramento florestal têm limitado a exploração do potencial econômico/silvicultural das mesmas. A diversificação da produção madeireira em detrimento da exploração dos remanescentes florestais nativos corresponde a uma opção para atender a demanda crescente do mercado e também ampliar a oferta de materiais genéticos. Dentre as espécies florestais que ocorrem naturalmente na região norte de Minas Gerais com aptidão para exploração madeireira, estão a aroeira do sertão (*Astronium urundeuva* Fr. All.), o cedro-cheiroso (*Cedrela odorata* L.), a braúna do sertão (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), o gonçalo alves (*Astronium fraxinifolium* Schott.), o itapicuru (*Goniorrhachis marginata* Taub) e o pau d'alho (*Gallesia integrifolia* Spreng.). O cultivo destas espécies, além de possibilitar a conservação *in situ* de recursos genéticos, são opções sustentáveis para áreas desmatadas ou degradadas e alternativa de renda ao produtor. Dessa forma, a biotecnologia florestal, por meio da técnica de micropropagação oferece uma solução para a propagação e conservação destas espécies, possibilitando a multiplicação rápida e conservação de germoplasma e a manutenção da variabilidade genética, contribuindo para a preservação de espécies de valor econômico.

Palavras-chave: micropropagação; espécies madeireiras; silvicultura; cerrado.

INTRODUÇÃO

As plantas exercem papel fundamental na manutenção da resiliência dos ecossistemas e a sua diversidade é classificada como crítica para a sobrevivência das sociedades humanas, apesar disso, a diversidade das plantas está cada vez mais ameaçada (Bonito *et al.*, 2009; Cunsolo e Elis, 2018). A perda da biodiversidade, em geral, classificada como a redução da variabilidade dos genes para os ecossistemas, inclui a extirpação e extinção de espécies e a degradação de habitats (Cardinale *et al.*, 2012; Mace, 2019). Nesse sentido, a perda da biodiversidade tem sido relacionada ao enfraquecimento das cadeias alimentares ecológicas, ao declínio agrícola e às perdas econômicas (Cunsolo e Elis, 2018; Cardinale *et al.*, 2012; Pimm *et al.*, 2015). Além disso, tem sido associada também às mudanças climáticas, o que enfatiza ainda mais o papel das plantas e as relações entre diversos sistemas de conhecimento tradicional, tecnologias e perspectivas sociais (Hemstrom e Palmer, 2019).

A região norte de Minas Gerais é caracterizada pelo bioma Cerrado. Este se destaca por ser um dos biomas mais ricos e, ao mesmo tempo, mais ameaçado, juntamente com a Caatinga. A região mineira representa uma área de transição Cerrado-Caatinga e com diversas outras áreas consideradas como ecótono, encontrando-se ecótonos entre a Mata Atlântica e o Cerrado ou mesmo entre o Cerrado e a Mata Atlântica. Com isso, a riqueza de espécies florestais presentes nos diferentes gradientes ecológicos, resultado das transições climáticas proporcionadas pela junção dos biomas, propiciam o desenvolvimento de uma grande biodiversidade. A partir disso, são encontrados harmoniosamente, no norte de Minas Gerais, espécies florestais pertencentes a cada um dos biomas e, devido à adaptabilidade da natureza, materiais genéticos com enorme potencial para exploração (Xavier, 2021).

Dessa forma, devido ao extrativismo predatório, aliado à perda de habitat, há diversas espécies em risco de extinção na região norte mineira. Nesse sentido, afim de preservar a biodiversidade regional, a biotecnologia florestal, incluindo diversos métodos de propagação *in vitro*, fornece vantagens na propagação e conservação de germoplasma vegetal, possibilitando especialmente para espécies nas quais os métodos de conservação baseados em sementes ou outros são ineficazes (Pence *et al.*, 2020). Dito isso, o processo de propagação de espécies

vegetais a partir de quaisquer células e fragmentos de tecido vegetal, denominado micropropagação, é uma técnica útil para enfrentar os vários desafios encarados pelos métodos tradicionais de propagação. Podemos citar com entraves as baixas taxas de germinação de sementes, reduzida oferta de sementes pela autofecundação de genótipos isolados em fragmentos florestais, susceptibilidade a pragas e doenças dos materiais genéticos disponíveis e a disponibilidade limitada de material vegetativo para clonagem via os métodos tradicionais como a estaquia (Harma *et al.*, 2023; Xue *et al.*, 2023). Além do mais, o campo da ciência vegetal tem testemunhado diversas descobertas inovadoras, particularmente por meio da aplicação da propagação *in vitro* (Wije Rathna-Yapa e Hiti-Bandaralage, 2023). Portanto, a biotecnologia vegetal colabora no aprimoramento dos métodos de melhoramento e de conservação das plantas, fornecendo meios eficientes para produzir grandes quantidades de plantas geneticamente uniformes em condições controladas (Radomir *et al.*, 2023; Vahdati *et al.*, 2022).

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo caracterizar seis espécies florestais madeireiras (aroeira-do-sertão, cedro-cheiroso, braúna do sertão, Gonçalo Alves, Itapicuru e pau d'alho) do norte de Minas Gerais ameaçadas de extinção com potencial de exploração comercial. Isso decorre do contexto atual de expansão da silvicultura de nativas com a assinatura pelo Brasil do Acordo de Paris, no qual o país assume restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030. Nesse sentido, destaca-se a biotecnologia florestal, especialmente a micropropagação utilizando explantes de brotações de árvores adultas, como uma estratégia que possibilita o resgate vegetativo e a conservação *in vitro* destas espécies florestais ameaçadas de extinção. Essa estratégia compreende, a médio prazo, uma opção para atender os programas de melhoramento, a demanda crescente do mercado por mudas, ampliando a oferta de materiais genéticos.

SILVICULTURA DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS

Atualmente, no setor florestal brasileiro, tem-se observado a necessidade da diversificação da produção madeireira em detrimento da exploração dos remanescentes florestais nativos, a fim de atender a demanda crescente de madeira e também ampliar a oferta de materiais genéticos que apresentam potencial para a conquista de novos mercados. No setor madeireiro, o mercado consumidor

tem sido atendido basicamente pela exploração das formações florestais nativas, quer sejam oriundas de planos de manejo ou de forma ilegal, como forma de atender essa demanda.

As espécies florestais nativas representam um patrimônio genético de valor inestimável para a garantia da sustentabilidade de ecossistemas naturais. Além disso, a produção de madeira corresponde a uma opção de melhor utilização das áreas menos propícias ao cultivo de gêneros alimentícios na propriedade rural e alternativa de renda ao produtor, possibilitando ainda a conservação *in situ* de recursos genéticos. Contudo, as espécies nativas apresentam alguns impasses, como: espécies de diferentes grupos ecológicos, tipos de sementes (ortodoxas e recalcitrantes); as recalcitrantes são de grupos secundários e tardias, logo resgatar plântulas no cultivo *in vitro* é manter a praticidade na produção de mudas.

Nesse contexto, dentre as opções sustentáveis para áreas desmatadas e áreas degradadas pelas atividades agropecuárias, está a silvicultura com espécies florestais nativas, podendo estas serem racionalmente exploradas mediante a fiscalização dos órgãos governamentais competentes.

O Brasil tem o setor florestal como um dos setores da economia que mais crescem, o qual contribuiu com 1,3% do PIB do país e, também, é um dos segmentos com maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde (Ibá, 2023). No entanto, esses resultados são decorrentes da atividade florestal baseada na silvicultura com espécies florestais exóticas, principalmente dos gêneros eucalipto e Pinus. Além disso, o país é considerado um dos principais centros de diversidade genética de espécies florestais. Entretanto, grande parte desta diversidade genética é pouco explorada, e muitas vezes subutilizada, mesmo possuindo potencial para se tornarem competitivas, tal qual as espécies exóticas plantadas.

A região norte de Minas Gerais detém ampla biodiversidade, porém sob eminentes riscos de extinção. Segundo levantamento divulgado pela Fundação S.O.S Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), municípios da região norte de Minas Gerais estão dentre os campeões de desmatamento da Mata Atlântica no estado. Em relação ao bioma Cerrado, resultados divulgados pelos ministérios do Meio Ambiente e de Ciências, Tecnologia, Inovação e Comunicações indicam que, em uma década, o desmatamento anual no bioma do Cerrado reduziu em 76% no estado de Minas Gerais. Entretanto, a

situação desse bioma é crítica em grande parte da região, onde já se constata avançado processo de desertificação das terras. Por sua vez, a caatinga ocupa 2% do território de Minas Gerais, ou seja, são 11.730 Km² no extremo norte do estado, mas, em cerca de 40% das propriedades rurais dentro desse bioma, há o desgaste do solo provocado pela atividade rural, segundo estudo conduzido pela Embrapa. Portanto, apesar da riqueza de espécies florestais da região norte de Minas Gerais nos biomas que a compõe, ela é pouco estudada, e o processo de fragmentação afeta a organização das comunidades naturais e potencializa o risco de perda de importantes materiais genéticos com reconhecida aplicabilidade para exploração sustentável.

Os estudos com espécies florestais nativas deverão crescer acentuadamente, principalmente com a assinatura pelo Brasil do Acordo de Paris, na 21ª Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), no qual assume restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030. E este interesse será alavancado pelo financiamento climático, pois o Acordo de Paris determina que os países desenvolvidos deverão investir 100 bilhões de dólares por ano em medidas de combate à mudança do clima e adaptação, em países em desenvolvimento. Nesse âmbito, a silvicultura com espécies florestais nativas terá um importante agente propulsor, haja vista que diversos organismos e entidades públicas e privadas já tem se articulado para avaliar a aplicabilidade de empreendimentos florestais com espécies nativas.

Os projetos florestais voltados à produção madeireira de espécies florestais nativas têm despertado interesse, uma vez que há potencial do uso dessas espécies para a obtenção de madeira cerrada em plantios de restauração florestal. Isso decorre do fato que a restauração ecológica exige a implantação de reflorestamentos de espécies nativas e a produção de madeira torna-se uma alternativa importante para viabilizar economicamente a atividade, tornando-se um meio para atingir o objetivo final da restauração do ecossistema. Dessa forma, há possibilidade de superar um dos principais entraves para a concretização das ações de restauração de florestas tropicais, que é a viabilidade econômica dos projetos. Contudo, a carência de conhecimentos técnico-científicos sobre a propagação vegetativa das espécies florestais nativas quer seja primeiro uma alternativa à escassez de sementes em quantidade suficiente no mercado, e

que também permita o avanço dos programas de melhoramento, pela clonagem dos materiais genéticos selecionados, constitui um entrave significativo para a implementação em larga escala de áreas reflorestadas.

ESPÉCIES FLORESTAIS MADEIREIRAS DO NORTE DE MINAS GERAIS

Dentre as diversas espécies madeireiras com aptidão para exploração comercial, que ocorrem naturalmente na região norte de Minas Gerais, estão a aroeira do sertão (*Astronium urundeuva* Fr. All.), o cedro cheiroso (*Cedrela odorata* L.), a braúna do sertão (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), o gonçalo alves (*Astronium fraxinifolium* Schott.), o itapicuru (*Goniorrhachis marginata* Taub) e o pau d'alho (*Gallesia integrifolia* Spreng.). É importante mencionar que os critérios utilizados para a escolha destas espécies foi o fato de suas madeiras serem reconhecidas como de elevada qualidade e tradicionalmente apreciadas pela população local, mas cuja silvicultura é inexistente e estão em risco eminente de perda de importantes materiais genéticos melhores adaptados e mais produtivos, se não já ocorreram. Dentre as espécies selecionadas, apenas para aroeira-do-sertão e o Gonçalo Alves pode-se encontrar estudos silviculturais e de melhoramento genético, mas para as demais espécies há escassez de trabalhos de maior magnitude que envolva a conservação *in situ* e *ex situ*, a seleção de árvores matrizes, avaliação de interação genótipo x ambiente e a propagação de genótipos pré-selecionados. Além disso, há inúmeras outras espécies nativas de ocorrência no norte de Minas Gerais, as quais provavelmente também possuem potencial comercial, como ipê-do-cerrado (*Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl.), pau d'arco (*Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne), copaíba (*Copaifera langsdorfii* Desf.), dentre outras.

Aroeira-do-sertão (*Astronium urundeuva* Fr. All.)

A aroeira-do-sertão (*Astronium urundeuva* Fr. All.) é uma espécie arbórea da família Anacardiaceae com distribuição natural restrita à América do Sul, ocorrendo desde o Ceará até a Argentina e Paraguai, e encontrada em formações vegetais como Caatinga, Cerrado e floresta pluvial (Lorenzi e Matos, 2002). Na Caatinga

e no Cerrado, a árvore atinge entre 5 e 20 metros de altura e 30 a 60 cm de DAP, podendo alcançar até 27 metros de altura e 85 cm de DAP (Lopez *et al.*, 1987) ou até 30 metros de altura e 100 cm de DAP nas florestas pluviais (Heringer e Ferreira, 1973; Flinta, 1960).

A exploração da espécie é impulsionada em razão das suas propriedades químicas, biológicas e medicinais. A sua casca possui grandes quantidades de taninos, devido a isso, tem sido muito utilizada na indústria de curtimento de couros e na medicina popular e na farmacologia, possuindo efeitos anti-inflamatórios e cicatrizantes (Galvão *et al.* 2018; Maia *et al.*, 2023; Souza *et al.*, 2007). A espécie se destaca ainda pela madeira de excelente qualidade e muito utilizada para fabricação de estacas, mourões e na construção civil. Além disso, possui ainda um grande potencial para ornamentação de praças e parques, para recuperação de áreas degradadas e na composição de sistemas agroflorestais (Maia, 2012).

Neste contexto, em razão de sua exploração comercial de forma predatória, a espécie foi declarada ameaçada de extinção pelo Ministério do Meio Ambiente, conforme Instrução Normativa MMA nº 6, de 23 de setembro de 2008 (Brasil, 2008). Diante deste cenário, é eminente a necessidade de ações de preservação do germoplasma nativo da mesma.

Cedro cheiroso (*Cedrela odorata* L.)

O cedro (*Cedrela odorata* L.), pertencente à família Meliaceae, é considerado nobre para o mercado nacional e internacional de madeira serrada (Luchi, 2011; Carrero *et al.*, 2014). A espécie é adaptada ao clima e à topografia dos biomas Amazônico, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, possuindo uma ampla distribuição no território nacional, sendo conhecido popularmente como cedro vermelho, cedro branco, cedro rosa, cedro-do-brejo e cedro-cheiroso. O nome genérico *Cedrela* deriva de *cedrus* devido ao seu aroma; *odorata*, do latim *odorata* (perfumada), faz referência à madeira de odor agradável. *Cedrela odorata* é uma espécie arbórea, de folhas caducas, podendo alcançar até 40 m de altura e 170 cm de diâmetro à altura do peito (DAP). A árvore possui tronco reto e cilíndrico, copa densa, frutos em cápsulas lenhosas que se abrem espontaneamente, e sementes aladas (Embrapa, 2010). O método de propagação usual do cedro é em sua grande parte via seminal. Contudo, a oferta sazonal das sementes e sua

curta viabilidade ao decorrer do tempo representa um problema para o cultivo contínuo de mudas somando-se ao fato, que a produção de mudas no viveiro é suscetível ao ataque das gemas apicais pela *Hypsipylagrandella* (broca-do-cedro), o que tem limitado o seu uso em plantios e reduzindo sua capacidade de expansão comercial (Carvalho, 1994).

A espécie possui ampla área de distribuição natural e sua presença está relacionada a diversos fatores climáticos, edáficos, topográficos, entre outros, tornando essencial o desenvolvimento de estudos silviculturais voltados às técnicas de sua produção (Navroski *et al.*, 2016). No entanto, apesar da ampla distribuição, segundo a Portaria MMA nº 148 (2022) a espécie encontra-se vulnerável devido à alta taxa de exploração para uso madeireiro e não madeireiro. A valorização da sua qualidade impulsiona uma busca muitas vezes descontrolada pela extração, que ocorre há mais de dois séculos, contribuindo significativamente para a redução de sua área natural (Martinelli; Moraes, 2013).

A madeira do cedro-cheiroso é de qualidade, estando entre as melhores do país, amplamente utilizada para laminados, móveis, lambris, compensados e tábuas em geral. Devido à alta demanda e exploração comercial, sua madeira, que possui boa resistência mecânica e é moderadamente resistente ao ataque de pragas, é considerada nobre e tornou-se ameaçada de extinção (Lorenzi, 2002).

Braúna do sertão (*Schinopsis brasiliensis* Engl.)

A *Schinopsis brasiliensis*, popularmente conhecida como braúna do sertão ou baraúna do sertão, é uma espécie nativa do bioma Caatinga, pertencente à família Anacardiaceae. Esta árvore de porte arbóreo pode atingir até 15 metros de altura e 60 cm de diâmetro, com ramos providos de espinhos e tronco reto (Carvalho, 2009; Lorenzi, 2002). Apresenta folhas compostas, imparipinadas, de coloração verde escura na face adaxial e pálida na face abaxial. Suas flores são pequenas, brancas, glabras e possuem um perfume suave. As sementes têm superfície rugosa, com coloração amarelo-claro, envoltas por um tegumento lignificado de difícil rompimento (Carvalho, 2009; Braga, 1976).

De acordo com Carvalho (2009), a braúna do sertão possui diversas aplicações, apresentando elevado uso madeireiro, paisagístico, medicinal e veterinário. Sua madeira é altamente procurada para utilização em construções rurais, devido

principalmente ao seu grau de dureza de cerne e apresentar resistência contra a fungos xilófagos (Paes *et al.*, 2004).

Na medicina sua aplicação difundiu-se devido ao seu poder anti-inflamatório, analgésico, hemostáticos, antissépticos e antimicrobianos, extraídos de suas folhas, casca, caule, entrecasca, resina e frutos. Dentre seus usos, destacam-se sua ação anticoagulante (Gomes e Bandeira, 2012) e alívio de distúrbios gástricos e problemas hepáticos (Ribeiro *et al.*, 2014). No entanto, atualmente, a *S. brasiliensis* está na lista oficial de extinção da flora brasileira, devido ao extrativismo intenso para fins madeireiros e medicinal (Carvalho, 2009; Lorenzi, 2002).

Gonçalo alves (*Astronium fraxinifolium* Schott.)

A espécie *Astronium fraxinifolium* popularmente chamada de gonçalo alves pertence à família Anacardiaceae, e apresenta importância econômica por produzir madeira de qualidade e de elevado valor comercial (Lorenzi, 2000), muito utilizada na construção civil e naval e na indústria de móveis, para mobiliários de luxo, objetos de adorno e torneados (Jenrich, 1989).

A árvore possui porte arbóreo médio, com altura de 8 a 12 m, tronco cilíndrico e reto, e casca esbranquiçada e adstringente. Suas folhas, que possuem ação antisséptica, são alternadas e compostas por 7 a 11 folíolos, que possuem coloração diferente ao longo do ano. A sua floração ocorre nos meses de julho a agosto e a frutificação em setembro. A casca, folhas e raízes são utilizadas como tratamentos medicinais (Jenrich, 1989; Lorenzi, 1992).

A. fraxinifolium é encontrada nas matas secas e Cerrados do Brasil Central, Nordeste e Hiléia Amazônica. Contudo, a espécie é de ampla ocorrência no Cerrado brasileiro e apresenta rápido desenvolvimento no campo, podendo atingir até 3 m de altura aos dois anos de idade (Lorenzi, 2000).

Segundo Martinelli e Moraes (2013), a *A. fraxinifolium* está entre as espécies da família Anacardiaceae ameaçadas de extinção, consideradas pouco preocupante. Devido à destruição e diminuição de habitats, e também, pela exploração de sua madeira que apresenta boa qualidade, essa árvore se encontra entre as 19 espécies prioritárias para conservação de recursos genéticos no Brasil, de acordo a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Leite, 2002).

Itapicuru (*Goniorrhachis marginata* Taub)

O *Goniorrhachis marginata* é uma espécie arbórea da família Fabaceae – Caesalpinioideae, conhecido popularmente como itapicuru, guarapu, guarabu-batata, guarabu-branco, guarabumirim, guarabu-preto, guarabu-rajado, guaribu, guarabu-roxo e itapicuru-amarelo. As árvores de *G. marginata* atingem grande porte, com baixo índice de bifurcações e sua copa destaca-se pela beleza, tendo grande potencial para utilização no paisagismo (Mendonça *et al.*, 2017).

A madeira tem coloração arroxeadada e densidade média, sendo considerada como ótima opção para a utilização na indústria moveleira. Os plantios de *G. marginata* apresentam-se como alternativa não apenas do ponto de vista produtivo, mas, também, para a conservação da espécie. Apesar do grande potencial da espécie para a exploração silvicultural, essa ainda é pouco utilizada. Dentre os principais entraves, estão a escassez de informações sobre tratamentos silviculturais e ausência de material genético melhorado para a espécie. Em estudos realizados para avaliações de 10 espécies nativas da Mata Atlântica, Mendonça *et al.*, (2017) afirmam que os povoamentos de *G. marginata*, mesmo em idades superiores a 20 anos, produziram toras com DAP médio inferior a 15 cm. Portanto, são necessários maiores estudos sobre as práticas silviculturais que potencializem o baixo crescimento observado atualmente, visando assim a intensificar o uso na indústria moveleira.

O itapicuru possui grande valor econômico e ambiental, porém não há na literatura, estudos relacionados ao seu ciclo fenológico de mudança das folhas, floração e frutificação que determine o período de frutificação. Dessa forma, isso é um problema que inviabiliza a criação de programas voltados à colheita de sementes direcionadas para a propagação da espécie (Aguiar, 2001). Com isso, afim de obter avanço na silvicultura de *G. marginata* são necessários ainda o uso de estratégias para a conservação de materiais genéticos. Assim, a propagação *in vitro* constitui uma ferramenta em potencial que possibilita que clones selecionados sejam multiplicados e genótipos de interesse dessa espécie sejam preservados (Dutra, 2009).

Pau d'algo (*Gallesia integrifolia* Spreng.)

A *Gallesia integrifolia* é uma árvore da família Phytolaccaceae, presente em vários estados brasileiros, do Ceará ao Paraná (Carvalho, 1994). Comumente encontrada nas florestas pluvial Atlântica e estacional semidecidual (Durigan *et al.*, 1997), sua madeira é multifuncional, exalando um cheiro de alho quando verde, por isso é chamada de pau-d'algo. A madeira perde o odor ao secar e se torna durável, substituindo o pinheiro (Nogueira, 1977; Carvalho, 1994). Os frutos, tipo sâmara, amadurecem de junho a outubro, cada sâmara contendo uma semente (Carvalho, 1994). A separação da semente do fruto é difícil (Lorenzi, 1992), sendo recomendado cortar a expansão alada para facilitar o armazenamento e a semeadura (Durigan *et al.*, 1997).

A madeira pode ser usada em construções rústicas (galpões e paióis), na construção civil, caixotaria, barcos, forro e revestimento. Ainda de acordo com Lorenzi, (2008) e Carvalho (2003), a árvore é frandosa e proporciona ótima sombra, sendo muito utilizada na arborização rural, em sistemas silvipastoris, como árvore de sombra para o gado, pois repele insetos devido ao seu cheiro, podendo ser também empregado em paisagismo de parques e grandes jardins. O pau-d'algo é uma planta pioneira e de rápido crescimento, sendo ótima para reflorestamentos heterogêneos destinados a preservação de áreas degradadas e preservação permanente.

Carvalho (2003) menciona que a madeira de pau d'algo era pouco explorada, no entanto, começou a ser empregada em substituição ao pinheiro brasileiro e encontra-se na lista de espécies em extinção da FAO (1996). No entanto, devido à forte pressão antrópica em sua área de ocorrência natural. Apesar de sua utilidade, poucos esforços vêm sendo feitos para conservar populações desta importante espécie arbórea endêmica brasileira (Freitas *et al.*, 2008).

MICROPROPAGAÇÃO COMO FERRAMENTA BIOTECNOLÓGICA

Diante do grande potencial de mercado, os plantios de espécies florestais nativas ainda têm sido realizados exclusivamente para fins de recomposição da cobertura florestal nativa para a recuperação de áreas degradadas, a restauração de áreas de preservação permanente (APP) e ao estabelecimento de reservas

legais. E mesmo diante da aparente simplicidade das ações requeridas nesses programas, a disponibilidade de sementes e mudas tem sido um grave problema crucial. Há escassez local de sementes ou mudas das espécies requeridas, em quantidade suficiente para a implementação desses projetos. Dentre as alternativas propostas estão o estabelecimento de povoamentos com sementes ou mudas coletadas de outros locais, o que representa um alto risco de fracasso. Isso decorre da ausência de um programa de melhoramento florestal que garanta a sustentabilidade das espécies ao longo de gerações, representadas por um número efetivo suficiente. Nesse aspecto, se pensarmos na expansão da silvicultura de espécies florestais nativas, torna difícil, se não impossível, avançar nos programas de reflorestamento.

A silvicultura com espécies florestais nativas requer estudos minuciosos, muitas vezes, por longos períodos de observação, necessitando do trabalho de um grande número de pesquisadores por um longo período de tempo. Portanto, a técnica de micropropagação corresponde a uma ferramenta para o resgate vegetativo de árvores adultas das espécies florestais e conseqüentemente para a conservação *in vitro* representa um ponto chave para dar suporte programas de melhoramento florestal, contornar problemas relacionados a produção insuficiente de sementes que limitam a produção de mudas. Existe a necessidade de resgatar a diversidade genéticas das plantas, contudo a clonagem contribui para resgate de genótipos isolados. A literatura reporta viabilidade do uso da micropropagação para o resgate vegetativo para espécies florestais, tais como *Eucalyptus benthamii* (Baccarin *et al.*, 2015), *E. cloeziana* (Oliveira *et al.*, 2015), *Pinus sylvestris* (Diego *et al.*, 2010), *Azadirachta indica* (Arora *et al.*, 2010).

Ressalta-se ainda que a micropropagação contribui para a conservação de genótipos de importância, porém isolados geograficamente, sem produção de sementes viáveis ou ainda que pela impossibilidade de corte em vista de serem preservadas pelo grande valor genético, como no caso de exemplares raros, históricos, presentes em áreas de proteção, de produção e coleta de sementes não permitem o uso de técnicas mais drásticas de resgate vegetativo como decepa das árvores ou anelamento do tronco para indução de brotações basais. Neste contexto, o resgate vegetativo por meio da coleta de galhos podados da copa da árvore e posterior indução de brotações epicórmicas para estabelecimento

em cultivo *in vitro* apresenta-se como uma alternativa promissora, uma vez que mantém a integridade da árvore matriz.

Atualmente a biotecnologia vegetal que inclui a propagação *in vitro* abrange uma ampla gama de espécies e cultivares, que vão desde culturas economicamente importantes até espécies de plantas ameaçadas e raras, cruciais para a conservação da biodiversidade (Custódio *et al.*, 2023; Duta-Cornescu *et al.*, 2023). A conservação de plantas *in vitro* baseia-se no cultivo de coleções em laboratórios utilizando a técnica de cultura de tecidos. Esse método permite a rápida multiplicação e o armazenamento de germoplasma em um ambiente asséptico e livre de patógenos.

Os resultados de estudos, tais como os de clonagem de árvores matrizes selecionadas, representam subsídios importantes para o desenvolvimento e ampliação de programas de melhoramento florestal, quer sejam para a produção de sementes melhoradas, bem como de clones. Na silvicultura clonal, a clonagem de genótipos adultos das espécies arbóreas confere maior confiabilidade na seleção clonal, em razão de ser impossível de prever precocemente e com precisão as características tecnológicas da madeira presentes na árvore adulta. Na seleção dos genótipos na idade adulta há um acentuado decréscimo na capacidade de propagação dos materiais genéticos, haja visto que a transição juvenil- adulta é acompanhada de várias modificações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas espécies florestais, refletindo diretamente sobre a capacidade de clonagem dos materiais genéticos selecionados. Além disso, o uso de explantes obtidos da parte apical do indivíduo é recomendado em situações em que a contaminação endógena dos tecidos é muito elevada, pois esses explantes apresentam menores taxas de contaminação por serem partes mais jovens e distantes da área já contaminada (Borges *et al.*, 2012).

A propagação *in vitro* é formada por fases que incluem desde a seleção dos explantes para a introdução *in vitro* até a aclimatização *ex vitro* das mudas. Porém, diversos fatores interferem nas diferentes etapas da micropropagação, desde a seleção da planta matriz, estabelecimento do explante *in vitro*, multiplicação de brotações, alongamento e enraizamento, até a aclimatização, e além do mais, os materiais genéticos mostram especificidades quanto ao cultivo *in vitro* (Borges *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2015), exigindo a adequação de metodologias para os genótipos estudados, de forma a realizar com êxito o cultivo *in vitro*. Portanto,

o sucesso das técnicas de micropropagação *in vitro* depende do controle de todas as variáveis possíveis, desde a seleção dos explantes adequados, estabelecendo-se condições de desinfecção e cultura; o estabelecimento de condições físicas e fisiológicas de desenvolvimento dos explantes e o enraizamento das partes aéreas formadas após subcultivos sucessivos formando a planta completa (Grattapaglia *et al.*, 1990).

Nessa perspectiva, a micropropagação é um método valioso do cultivo *in vitro*, pois facilita a produção de clones de mudas em larga escala por meio de explantes da planta mãe e, em laboratório, todas as condições naturais são reproduzidas, de forma totalmente estéril e livre de vírus (Castillo, 2004). Assim, essa técnica permite, ainda a formação de bancos de germoplasma, previsão de estoque de plantas sadias e atendimento a outras áreas da pesquisa. Com isso, a micropropagação apresenta como vantagens a alta taxa multiplicativa de genótipos de interesse, obtenção de plantas isentas de viroses, produção de mudas em qualquer época do ano, tempo e espaço reduzido além de dispor de diversos métodos de clonagem de indivíduos de difícil propagação vegetativa (Dutra, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, o extrativismo predatório e insustentável dos recursos florestais no Brasil tem levado à destruição de ecossistemas inteiros e à redução gradual dos remanescentes florestais nativos. Entre esses recursos estão as espécies florestais nativas com potencial de exploração madeireira, que antes dominavam grandes áreas do território brasileiro, mas agora muitas estão ameaçadas de extinção. Os efeitos das atividades exploratórias sem critérios de sustentabilidade, promoveu a fragmentação de das formações vegetacionais nativas, sendo uma das principais causas pelo aumento da perda de materiais genéticos de importância e, conseqüentemente, perda de biodiversidade florestais.

A carência de informações científicas, bem como a falta de tecnologias adequadas à propagação e de programas de melhoramento florestal têm limitado a exploração do potencial econômico/silvicultural das espécies florestais nativas do norte de Minas Gerais com potencial madeireiro, como a aroeira-do-sertão, cedro-cheiroso, braúna do sertão, Gonçalo Alves, itapicuru e pau d'álho. A diversificação da produção madeireira em detrimento da exploração dos remanescentes

florestais nativos corresponde a uma opção para atender a demanda crescente do mercado e também ampliar a oferta de materiais genéticos. Dessa forma, a conservação destas espécies florestais é imediata e importante para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas locais.

Com isso, torna-se necessário a aplicação de técnicas biotecnológicas, como a micropropagação, visto que corresponde a uma ferramenta eficaz na preservação e conservação e multiplicação dessas espécies supracitadas. Além disso, esta técnica de propagação *in vitro* permite a multiplicação rápida de genótipos de interesse, garantindo a oportunidade de realizar a utilização dos recursos vegetais de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, F. F. A. Fenologia do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) em Moji-Guaçu, SP. **Ecossistema**, v. 26, n. 1, 2001.
- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, 2007.
- AMARAL, L. **Conservação e propagação *in vitro* de três cultivares híbridas de Amarílis**. 2005. 119f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.
- ANDRADE, S. R. M. Princípios da cultura de tecidos vegetais. **Embrapa Cerrados Documentos (INFOTECA-E)**, 16 p., 2002.
- BONITO, J. *et al.* As intersecções da diversidade biológica e da diversidade cultural: rumo à integração. **Conservar e Sociedade**, v. 7, p. 100-112, 2009.
- BORGES, S. R. *et al.* A. Estabelecimento in vitro de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 605-616, 2012.
- BORGES, S. R. *et al.* Multiplicação *in vitro* de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 173-182, 2011.
- BRAGA, R. Plantas do nordeste, especialmente do Ceará. 3. ed. Fortaleza: **Departamento Nacional de Obras contra as Secas**, 1976. 540 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº. 006 de 23 de setembro de 2008**. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/MMA_IN_N_6.pdf. Acesso em: 20 abr 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 444 de 17 de dezembro de 2014 - Anexo I**. Lista nacional oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, seção 1, 18 de dezembro de 2014

- CALGARO, H. F. *et al.* Distribuição natural de espécies arbóreas em áreas com diferentes níveis de antropização e relação com os atributos químicos do solo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 2, p. 233-243, 2015.
- CARDINALE, B. J. *et al.* Perda de biodiversidade e seu impacto na humanidade. **Nature**, v. 486, p. 59–67, 2012.
- CARRERO, G. C. *et al.* **Árvores do Sul do Amazonas**: guia de espécies de interesse econômico e ecológico. Manaus: IDESAM, 2014.
- CARVALHO, P. E. R. Braúna-do-sertão *Schinopsis brasiliensis*. Colombo, PR: **Embrapa Floresta**, 2009.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo: **Embrapa Floresta**, 2003. v. 1, 739 p.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo, PR: **Embrapa/Cnpf**, 1994.
- CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: **Embrapa Florestas**, 2010.
- CASTILLO, A. Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Las Brujas, Uruguay: **AR-VITRO, INIA**, v. 8, 2004.
- CUNSOLO, A.; ELLIS, N. R. Luto ecológico como resposta de saúde mental às perdas relacionadas às mudanças climáticas. **Nature Climate Change**, v. 8, p. 275–281, 2018.
- CUSTÓDIO, L. *et al.* Application of *in vitro* plant tissue culture techniques to halophyte species: a review. **Plants**, v. 12, n. 126, 2023.
- DIVAKARAN, M. *et al.* Conservation of *Vanilla* species *in vitro*. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 02, p. 175-180, 2006.
- DURIGAN, G. *et al.* Sementes e mudas de árvores tropicais. São Paulo: Instituto Florestal, 1997.
- DUTA-CORNESCU, G. *et al.* Somaclonal variation—advantage or disadvantage in micropropagation of the medicinal plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 838, 2023.
- DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. A micropropagação de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 49, 2009.
- DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. A micropropagação de Eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 58, p. 49-59, 2009.
- FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetal de espécies florestais. Colombo, PR: **Embrapa Florestal**, 2004. (documento, 94). 22 p.
- FLINTA, C. M. Practicas de plantacion forestal en America Latina. Roma: FAO, 1960. 498p. (FAO: Cuadernos de Fomento Forestal, 15).
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Panel of experts and forest gene resources**. Ninth session. Rome, 1996. 64 p.
- FREITAS, M. L. M. *et al.* Variação genética para caracteres quantitativos em população de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. **Revista do Instituto Florestal**, v. 20, n. 2, p. 165-173, 2008.

- GALVÃO, W. R. A. *et al.* Gastroprotective and anti-inflammatory activities integrated to chemical composition of *Myracrodruon urundeuva* Allemão - A conservationist proposal for the species. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 222, p. 177-189, April 2018.
- GOMES, T. B.; BANDEIRA, F. P. S. F. Uso e diversidade de plantas medicinais em uma comunidade quilombola no Raso da Catarina, Bahia. **Acta Botânica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 796-709, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000400009>.
- GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. *In*: TORRES, A. C.; CALDAS, L.S. Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas. Brasília: **ABCTP/Embrapa CNPH**, 1990. p. 99-169.
- Haidar, R. F. **Fitosociologia, diversidade e sua correlação com variáveis ambientais em florestas estacionais do bioma cerrado no planalto central e do Nordeste do Brasil**. 2008. 254 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2008.
- HARMA, V. *et al.* A comprehensive review uncovering the challenges and advancements in the in vitro propagation of *Eucalyptus* plantations. **Plants**, v. 12, n. 3018, 2023.
- HEMSTROM, K.; PALMER, H. Sobre pesquisa participativa, integração de conhecimento e transformação social. *In*: DYMITROW, M.; INGELHAG, K. (Eds.). **Anatomia de um Projeto de Sustentabilidade do Século 21: As Histórias Não Contadas**. Gotemburgo: Futuros Urbanos Mistra; Universidade de Tecnologia Chalmers, 2019. p. 29-37.
- HERINGER, E. P.; FERREIRA, M. B. Aroeira, Gonçalo e gibatão: o gênero *Astronium* e sua importância florestal. **Cerrado**, Brasília, v. s., n. 2, p. 24-33, 1973.
- IBA - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual IBÁ 2023**, Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>. Acesso em agosto de 2024. IBÁ, 2024.
- JENRICH, H. Vegetação arbórea e arbustea nos altiplanos das Chapadas do Piauí Central (características, ocorrência e empregos). Ministério do Interior, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, 1ª Diretoria Regional, 1989. 90 p.
- KOVALCHUK, I. *et al.* Medium, container and genotype all influence in vitro cold storage of apple germplasm. **Plant Cell Tissue Organ Culture**, v. 96, n. 02, p. 127- 136, 2009.
- LEITE, B.; MASCARENHAS, G.; FILHO, J. R. C.; MENDES, P.; BRITO, R. **Plantio de Florestas Comerciais**. Brasília-DF: Editora IABS, 2017. 64 p.
- LEITE, E. J. State-of-knowledge on *Astronium fraxinifolium* Schott (Anacardiaceae) for genetic conservation in Brazil. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 5, n. 1, p. 63-77, 2002.
- LOPEZ, J. A.; LITTLEJUNIOR, E. L.; RITZ, G. F.; ROMBOLD, J. S.; HAHN, W. J. Árboles comunes del Paraguay: fiande yvyra mata kuera. Washington: **Cuerpo de Paz**, 1987. 425 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 351 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 368 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v. 1. 368 p.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512 p.

- LUCHI, A. E. Quantitative features of *Cedrela odorata* L. wood (Meliaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 403-410, 2011.
- MACE, G. M. A ecologia da contabilidade do capital natural. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 35, p. 54-67, 2019.
- MACHADO, T. R. M. *et al.* Avaliação da resistência de *Salmonella* à ação de desinfetantes ácido peracético, quaternário de amônio e hipoclorito de sódio. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 4, p. 475-481, 2010.
- MAIA, C. M. *et al.* Efeito de *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira) no controle do biofilme e inflamação gengival após cirurgia periodontal: estudo fitoquímico e clínico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 25, p. 1-9, 2023.
- MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. 2 ed. Fortaleza-CE. Printcolor Gráfica e Editora, p. 20, 2012.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. Livro vermelho da flora do Brasil. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: **Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 1. ed., 2013. 140 p.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.; 30 cm. Disponível em: <https://dspace.jbrj.gov.br/jspui/handle/doc/26>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- MENDONÇA, G. C. *et al.* Avaliação silvicultural de dez espécies nativas da Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 277-290, 2017.
- NAVROSKI, M. C. *et al.* Procedência e adubação no crescimento inicial de mudas de cedro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 85, p. 17, 31 mar. 2016.
- NOGUEIRA, J. C. B. Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas. Boletim Técnico 24. **Instituto Florestal**, São Paulo, 1977.
- OLIVEIRA, L. S. *et al.* Micropropagation of *Eucalyptus cloeziana* mature trees. **Australian Forestry**, v. 78, n. 4, p. 219-231, 2015.
- PAES, J. B. *et al.* Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 275-282, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-6762200400020001>.
- PEÑA-RAMÍREZ, Y. J. *et al.* Multiple adventitious shoot formation in spanish red cedar (*Cedrela odorata* L.) cultured *in vitro* using juvenile and mature tissues: an improved micropropagation protocol for a highly valuable tropical tree species. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v. 46, n. 2, p. 149-160, 2010.
- PENCE, V. C. *et al.* Criobiotecnologias: Ferramentas para expandir a conservação *ex situ* de longo prazo para todas as espécies de plantas. **Biological Conservation**, v. 250, p. 108736, 2020.
- PIMM, S. L. *et al.* Tecnologias emergentes para conservar a biodiversidade. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, p. 685-696, 2015.
- RADOMIR, A.-M. *et al.* Overview of the success of *in vitro* culture for *ex situ* conservation and sustainable utilization of endemic and subendemic native plants of Romania. **Sustainability**, v. 15, n. 2581, 2023.

RIBEIRO, D. A. *et al.* Potencial terapêutico e uso de plantas medicinais em uma área de Caatinga no estado do Ceará, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 4, p. 912–930, 2014. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_059.

SANTOS, M. da C. *et al.* Efeito da sacarose e do sorbitol na conservação *in vitro* de segmentos nodais de mangabeira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 753–761, set. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000300020>.

SATO, A.S. *et al.* Crescimento e sobrevivência de duas procedências de *Aspidosperma polyneuron* em plantios experimentais em Bauru, SP. **Rev Inst. Flor.** v. 20, n. 1, p. 23–32, 2008.

SOUZA, S. M. C. *et al.* Antiinflammatory and antiulcer properties of tannins from *Myracrodruon urundeuva* Allemão (*Anacardiaceae*) in Rodents. **Phytotherapy Research**, v. 21, p. 220–225, 2007.

SOUZA-SILVA, C. *et al.* Germinação e indução de brotações *in vitro* utilizando diferentes reguladores vegetais em mangabeira (*Hancornia speciosa*). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 276–278, jul. 2007.

VAHDATI, K. *et al.* Clonal propagation of walnuts (*Juglans spp.*): a review on evolution from traditional techniques to application of biotechnology. **Plants**, v. 11, n. 3040, 2022.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Produção de mudas de espécies lenhosas. **Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E)**, 56 p., 2006.

WIJERATHNA-YAPA, A.; HITI-BANDARALAGE, J. Tissue culture—a sustainable approach to explore plant stresses. **Life**, v. 13, n. 780, 2023.

WITHERS, L. A.; WILLIAMS, J. T. Conservação *in vitro* de recursos genéticos de plantas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Eds.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI, 1998. Cap. 11, p. 297–330.

XAVIER, A.; OTONI, W. C. Aplicações da micropropagação na clonagem de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomia Costarricense**, San José, v. 33, n. 2, p. 303–307, 2009.

XAVIER, M. A. **Propagação vegetativa e conservação *in vitro* de *Astronium fraxinifolium* Schott.** 2021. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros.

XUE, Y. *et al.* Micropropagation of *Duboisia* species: a review on current status. **Agronomy**, v. 13, n. 797, 2023.