

PROTOCOLO DE DESENVOLVIMENTO DO CULTIVO IN VITRO DA ESPÉCIE FLORESTAL TAXI-BRANCO (*Tachigali vulgaris*)

DEVELOPMENT PROTOCOL FOR THE IN VITRO CULTURE OF THE FOREST
TREE SPECIES TAXI-BRANCO (*Tachigali vulgaris*)

PROTOCOLO PARA EL DESARROLLO DEL CULTIVO IN VITRO DE LA ESPECIE
FORESTAL TAXI BRANCO (*Tachigali vulgaris*)

**Camilly Ferreira Santana¹, Thalisson Johann Michelon de Oliveira², Osmar Alves Lameira³,
Thalia da Silva Oliveira⁴, Thainara da Silva Oliveira⁵, Delman de Almeida Gonçalves⁶, Alysson
Roberto Baizi e Silva⁷, Helaine Cristine Gonçalves Pires⁸**

DOI: 10.54899/dcs.v23i93.6552

Recibido: 10/07/2026 | Aceptado: 03/08/2026 | Publicación en línea: 10/08/2026.

RESUMO

A crescente intensificação do desmatamento e da exploração inadequada dos recursos naturais tem provocado diversos impactos sobre os ecossistemas florestais, tal como alterações na diversidade biológica, o que contribui para a aceleração de processos de erosão genética. A micropropagação destaca-se como uma importante ferramenta biotecnológica para a exploração sustentável dos recursos florestais, possibilitando o desenvolvimento econômico aliado à conservação ambiental. O *Tachigali vulgaris*, popularmente conhecido como Taxi-branco, é uma espécie florestal nativa do Brasil que apresenta elevado potencial para a silvicultura, em razão de sua versatilidade de uso, como na produção de madeira, bioenergia, na composição de sistemas agroflorestais e em programas de recuperação de áreas degradadas. O trabalho teve como objetivo desenvolver um protocolo de cultivo in vitro de *Tachigali vulgaris* a partir de plântulas obtidas de sementes germinadas in vitro, assim como avaliar o efeito de diferentes irradiâncias e concentrações de BAP no crescimento, multiplicação de brotos e quantidade de folhas, bem como desenvolver uma metodologia de assepsia. O experimento foi conduzido em delineamento

¹ Graduada em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: Engcamilly@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-1235-0903>

² Doutorando em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: thalisson.johann@usp.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5410-732X>

³ Doutor em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: Osmar.lameira@embrapa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8370-8562>

⁴ Graduada em Biotecnologia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: thalia.silva0104@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-9204-3700>

⁵ Graduada em Biotecnologia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: thainaraoliveira1101@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-9343-5210>

⁶ Mestre em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: Delman.goncalves@embrapa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6876-4192>

⁷ Doutor em Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP), Jaboticabal, São Paulo, Brasil. E-mail: alysson.silva@embrapa.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7075-5749>

⁸ Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: helaine.pires@ufra.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9400-4413>

inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, correspondente a três concentrações do fitorregulador 6-benzilaminopurina (BAP) de 0 mg.L⁻¹, 0,02 mg.L⁻¹ e 0,04 mg.L⁻¹ em três irradiâncias (9 Watts, 12 Watts e 15 Watts) com três repetições, os explantes foram monitorados durante o período de 120 dias. A análise estatística foi realizada no software RStudio. Concluiu-se que foi possível estabelecer um protocolo de cultivo in vitro para *T. vulgaris*, evidenciando a viabilidade da micropropagação como estratégia para o manejo biotecnológico e a conservação dessa espécie florestal.

Palavras-chave: *Tachigali vulgaris*. Micropropagação. Banco de Germoplasma. Desmatamento. Erosão Genética.

ABSTRACT

The increasing intensification of deforestation and inadequate exploitation of natural resources has led to several impacts on forest ecosystems, such as alterations in biological diversity, which contributes to the acceleration of genetic erosion processes. Micropropagation stands out as an important biotechnological tool for the sustainable exploitation of forest resources, enabling economic development combined with environmental conservation. *Tachigali vulgaris*, popularly known as Taxi-branco, is a native Brazilian forest species that presents high potential for silviculture, due to its versatility of use, such as in the production of wood, bioenergy, in the composition of agroforestry systems, and in programs for the recovery of degraded areas. The present study aimed to develop an in vitro cultivation protocol for *Tachigali vulgaris* from seedlings obtained from in vitro germinated seeds, as well as to evaluate the effect of different irradiances and BAP concentrations on growth, shoot multiplication, and leaf number, in addition to developing an aseptis methodology. The experiment was conducted in a completely randomized design in a 3x3 factorial scheme, corresponding to three concentrations of the plant growth regulator 6-benzylaminopurine, (0 mg.L⁻¹, 0.02 mg.L⁻¹, and 0.04 mg.L⁻¹) at three irradiances (9 W, 12 W, and 15 W), with three replications, the explants were monitored over a period of 120 days. Statistical analysis was performed using the RStudio software. It is concluded that it was possible to establish an in vitro cultivation protocol for *T. vulgaris*, evidencing the viability of micropropagation as a strategy for the biotechnological management and conservation of this forest species.

Keywords: *Tachigali vulgaris*. Micropropagation. Germplasm Bank. Deforestation. Genetic Erosion.

RESUMEN

La intensificación de la deforestación y la explotación inadecuada de los recursos naturales ha provocado impactos significativos en los ecosistemas forestales, entre ellos alteraciones en la diversidad biológica y la aceleración de los procesos de erosión genética. En este contexto, la micropropagación se destaca como una herramienta biotecnológica importante para el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales, al permitir conciliar el desarrollo económico con la conservación ambiental. *Tachigali vulgaris*, conocida popularmente como Taxi-branco, es una especie forestal nativa de Brasil con alto potencial para la silvicultura, debido a su versatilidad de uso en la producción de madera, bioenergía, sistemas agroforestales y programas de recuperación de áreas degradadas. El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar un protocolo de cultivo in vitro de *T. vulgaris* a partir de plántulas obtenidas de

semillas germinadas *in vitro*, así como evaluar el efecto de diferentes irradiancias y concentraciones de BAP sobre el crecimiento, la multiplicación de brotes y el número de hojas, además de desarrollar una metodología de asepsia. El experimento se condujo en un diseño completamente aleatorizado, en esquema factorial 3x3, con tres concentraciones de 6-bencilaminopurina (0, 0,02 y 0,04 mg.L⁻¹) y tres irradiancias (9, 12 y 15 Watts), con tres repeticiones. Los explantes fueron monitoreados durante 120 días, y el análisis estadístico se realizó en el software RStudio. Se concluye que fue posible establecer un protocolo de cultivo *in vitro* para *T. vulgaris*, evidenciando la viabilidad de la micropropagación como estrategia biotecnológica para el manejo y la conservación de esta especie forestal.

Palabras clave: *Tachigali vulgaris*. Micropropagación. Banco de Germoplasma. Deforestación. Erosión Genética.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

No Brasil nos últimos 40 anos foram desmatados mais de 50 milhões de hectares, cerca de 13% da área de vegetação nativa amazônica foram perdidos (MapBiomas, 2025). A história agrária do país é transcorrida por diferentes fases, mas sobretudo a partir da revolução industrial compartilham um traço estrutural em comum: A exploração predatória da terra em detrimento da conservação dos recursos naturais. Tal paradigma longe de se restringir ao passado, persiste na contemporaneidade, fundamentando na premissa falaciosa de que o progresso e desenvolvimento da civilização decorre da superprodução e superconsumo de recursos limitados, tratados equivocadamente como ilimitados (Coelho-Junior *et al.*, 2022). Seguindo esta lógica de desconsideração dos limites biofísicos do ecossistema, e falta de fiscalização e remediação das consequências negativas geradas pelas práticas do agronegócio intensivo, assim como pelo manejo inadequado e ilegal, fomenta no desencadeamento de reações sucessivas, resultante de interação de múltiplos fatores diretamente associado a atividades antrópicas, as quais além de comprometerem a estrutura da floresta, a composição florística, acelerarem a erosão genética e deteriorarem a qualidade fisioquímica do solo, encontram-se diretamente ligadas ao agravamento das mudanças climáticas, na medida em que com o desmatamento há a redução da cobertura vegetal e redução da capacidade de regulação térmica e hídrica dos ecossistemas (Almeida *et al.*, 2025), (Hänggli *et al.*, 2023).

Diante disso, a técnica de cultura de tecidos, em especial a micropropagação se apresenta

como uma técnica de exploração sustentável que garante o desenvolvimento sem comprometer o meio ambiente, pois, permite a criação e manutenção de um banco de germoplasma, no qual por meio da manipulação de explantes in vitro contribui para a conservação de recursos genéticos de diferentes espécies e também diferentes acessos genéticos de uma mesma espécie, evitando perdas por erosão genética causadas pela superexploração, além disso, a partir do banco de germoplasma estes propágulos podem ser selecionados e utilizados para a recomposição florísticas em projetos de restauração ecológica, recuperação de áreas degradadas e até sistema agroflorestais. Este mecanismo de manipulação dos explantes permite a obtenção de um grande número de indivíduos geneticamente idênticos (clones) a partir de um genótipo selecionado, no qual, podem ser aplicados em programas de melhoramento genético e também para produção em larga escala de mudas padronizadas, assegurando assim uniformidade e a alta qualidade fisiológica e sanitária (Almeida *et al.*, 2025). Dessa forma o *Tachigali vulgaris* L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima revela-se como potencial espécie estratégica para este manejo biotecnológico.

O *Tachigali vulgaris*, popularmente chamado de Taxi-branco ou Tachi-branco, é uma espécie florestal nativa brasileira, pertencente à família botânica Fabaceae (Leguminosae), a qual, lhe concede atributos filogenéticos que conferem relevantes propriedades ecológicas (Silva *et al.*, 2025). Dentre esses, destaca-se a capacidade de fixação nitrogênio atmosférico por meio da associação simbiótica com bactérias rizóbias e a elevada produção de biomassa, estes processos contribuem significativamente para a ciclagem de nutrientes, que por sua vez, favorece a atividade da microfauna do solo, colaborando assim para melhoria estrutural e química das condições do solo. Além disso o Tachi-branco, é uma espécie rustica, distingue-se pela sua capacidade de adaptação em ambientes de diferentes características edafoclimáticas, no que tange ao regime hídrico, a adapta-se desde condições de déficit hídrico até excedentes pluviométricos anuais que alcançam 3.4500 mm, assim como em diferentes solos. A espécie apresenta ampla distribuição geográfica no Brasil e em outros países da América do Sul, com ocorrência registrada em margens de rios do Planalto Central brasileiro, em florestas ombrófilas densas, a exemplo da Amazônia, e até mesmo em cerrados nordestinos (CRIA, s.d.). Do ponto de vista ecológico, caracteriza-se como espécie pioneira de rápido crescimento, podendo atuar também em estágios secundários iniciais, além de ser classificada como heliófita com baixa tolerância a sombra. Sua morfologia é influenciada pelo ambiente de ocorrência, o que se reflete na variabilidade do porte e na conformação do tronco, que pode variar de retilíneo a tortuoso. O alburno apresenta coloração bege e a espécie exibe dominância apical bem definida. Sua madeira pode ser utilizada

em indústrias madeireiras, na produção de madeira serrada, na construção civil e em outras aplicações (Sousa *et al.*, 2017).

Em virtude de todos estes atributos característicos a espécie revela-se como potencial de recuperação de áreas degradadas, além do benefício ecológico durante a fase de estabelecimento na área, ao término do ciclo recuperação, a madeira pode ser destinada para indústrias siderúrgicas, estudos realizados por Protásio (2021) demonstrou que a madeira apresenta poder calorífico e carbonização superior ao das madeiras de Eucalipto.

O *T. vulgaris* possui dormência tegumentar, fazendo-se necessário a realização de quebra de dormência, estudos realizados por Santana (2024) demonstraram que a espécie apresenta elevada variabilidade na taxa de germinação, concomitantemente, o tempo necessário para a germinação mostra-se bastante irregular, podendo variar de uma semana até um ano, mesmo após a aplicação de tratamentos para a quebra de dormência, a qual é diretamente influenciada pela procedência das sementes, análises morfométricas das sementes de Taxi-Branco (Chamado pela autora pela -atualmente- antiquada sinonímia botânica: *Sclerolobium paniculatum* Vogel) realizadas por Moraes (2013) revelou variabilidade na qualidade das sementes relacionada a fatores genéticos e sítio, reforçando assim a lógica desta pesquisa, na necessidade da criação de um banco de germoplasma da espécie, afim de realizar o manejo genético. Sendo importante salientar que para o cultivo *in vitro* a condição asséptica das sementes e dos explantes é um fator essencial para o desenvolvimento de forma eficiente, reduzindo perdas por contaminação e má formação das plântulas (Szarvas *et al.*, 2025)

De acordo com Taiz (2017), o índice luminoso é de suma importância para o metabolismo fotossintético das plantas atuando diretamente no seu crescimento e desenvolvimento, pois, a luz fornece energia para a realização da fotossíntese. A suplementação de meio de cultura com a citocinina fitorreguladora 6-benzilaminopurina (BAP) é comumente usada na micropropagação por conta da bioestimulação gerada nos explantes, as citocininas são provenientes da adenina aminopurina, que é conhecida por estimular a divisão celular e crescimento, formando brotos, no entanto fatores genéticos e botânicos de cada espécie devem ser considerados e suas reações ao estímulo (Khatoon, 2022), dessa forma, considerando esses fatores este trabalho teve o objetivo de desenvolver um protocolo de cultivo *in vitro* do *Tachigali vulgaris*, a partir de segmentos caulinares obtidos a partir de sementes germinadas *in vitro* assim como avaliar o efeito diferentes irradiâncias e concentrações de BAP no crescimento, multiplicação de brotos e quantidade de folhas, bem como desenvolver uma metodologia de assepsia, afim de reduzir as possíveis

limitações relacionado à contaminação e perda de material, que é uma das grandes preocupações da multiplicação in vitro. Visando, assim, avaliar o potencial do Taxi-branco para o manejo biotecnológico.

REFERENCIAL TEÓRICO

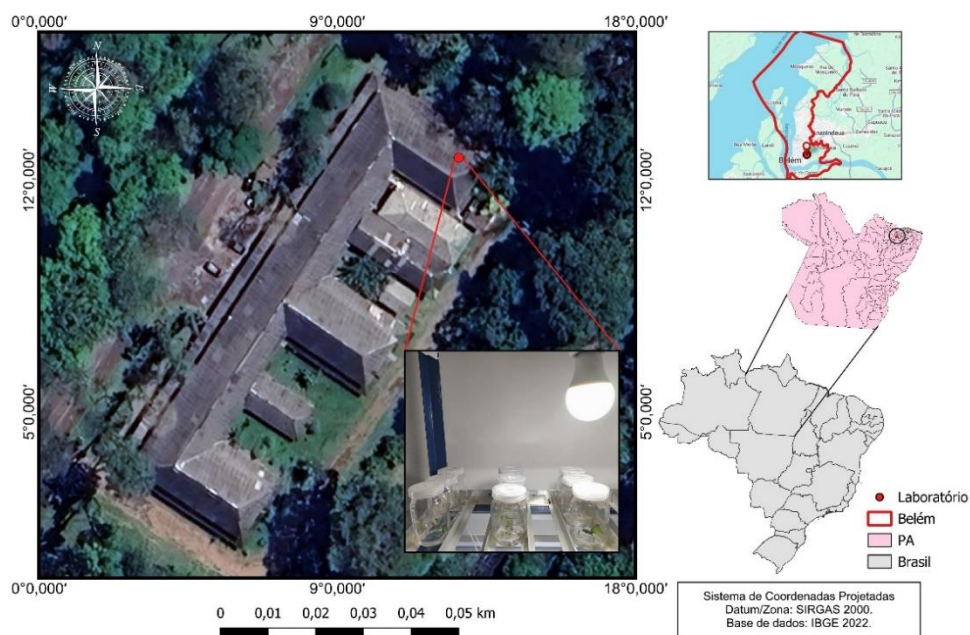
As poucas literaturas disponíveis em sua maioria, abordaram o assunto de desenvolvimento e multiplicação in vitro do Taxi-branco de forma parcial ou com limitações experimentais, tal como o estudo semelhante da avaliação de indução de brotos com o fitorregulador 6-benzilaminopurina realizado por Oliveira *et al.* (2011) demonstraram resultados pouco expressivos e sem diferenças estatísticas significativas. Além disso, resultados anteriores obtidos por Santana *et al.* (2024) sobre a germinação de sementes e taxa de contaminação, expressaram quanto à influência dos pré-tratamentos aplicados varia no resultado obtido. No estudo foi feito a quebra de dormência com água quente no que culminou em um maior tempo necessário para a emissão da radícula, variando de dez dias até um ano, assim como, a taxa de contaminação considerável, em decorrência dos tratamentos aplicados, ainda que tenha sido possível iniciar o estabelecimento in vitro. Nesse contexto, o presente trabalho busca ampliar as análises e desenvolver um protocolo quanto a micropropagação do Taxi-branco, apresentando uma abordagem mais completa e superando as limitações das poucas literaturas documentadas.

METODOLOGIA

Local do Experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental (Embrapa), localizado em Belém, Pará, Brasil. Os frascos contendo o meio de cultura com os explantes de Taxi-branco (*Tachigali vulgaris*) foram acondicionados na sala de crescimento sob condições controladas de temperatura, luminosidade e fotoperíodo.

Figura 1. Mapa de localização do laboratório de biotecnologia e da sala de crescimento



Fonte: A autora, 2025.

Obtenção do Material Vegetal a Partir de Sementes para Micropropagação

O experimento foi iniciado por propagação sexuada, a partir de sementes, as quais foram coletadas 100 unidades no município de Tucuruí no ano de 2024. As sementes passaram por beneficiamento, no qual o endocarpo foi removido (Figura 2-A), foram avaliadas e selecionadas aquelas que apresentavam melhores características fenotípica, descartadas aquelas que possuíam problemas sanitários e defeitos morfológicos (Figura 2-B).

Figura 2. Beneficiamento das sementes e assepsia.



Fonte: Autoria própria, 2026.

Após este processo de beneficiamento, foi realizada a etapa de assepsia com álcool 70%, hipoclorito de sódio 99% e água destilada autoclavada. Inicialmente, foram efetuadas duas lavagens utilizando detergente industrial e água destilada autoclavada. Na primeira lavagem, as sementes foram enxaguadas sete vezes consecutivos com água destilada autoclavada. Em seguida, realizou-se a segunda lavagem, na qual as sementes permaneceram imersas em detergente industrial por 60 minutos sendo posteriormente submetidas novamente a sete enxágues com água destilada autoclavada (Figura 2-C e 2-D). Para a quebra de dormência das sementes, elas foram escarificadas com papel lixa no sentido oposto ao hilo e novamente lavadas com detergente industrial e água destilada autoclavada, seguido da imersão em hipoclorito de sódio 99% por 20 minutos, em câmara de fluxo laminar foi repetido o processo de lavagem em água destilada autoclavada e por fim foram imergidas por 1 minuto em álcool 70% e lavadas uma vez.

As sementes (100 unidades) foram inoculadas em tubos de ensaio contendo 10mL do meio de cultura de Murashige e Skoog (MS) em concentração completa. Após a inoculação, os tubos foram acondicionados na sala de crescimento com temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, irradiância de luz de $25 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e fotoperíodo de 14 horas sob luz fluorescente branca fria.

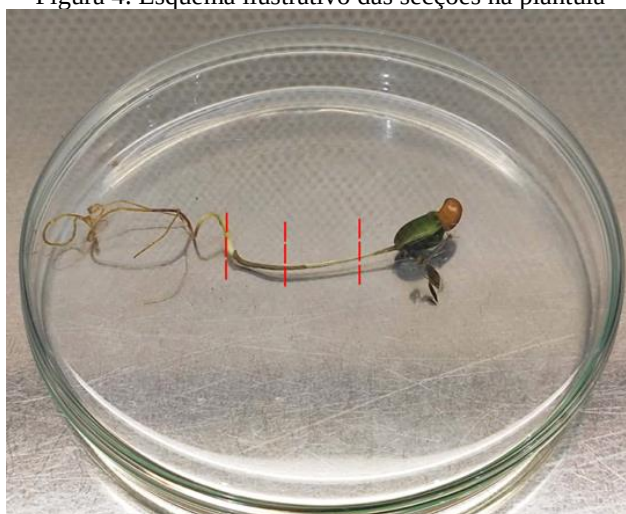
Figura 3. Semente de Tachi-Branco em tubo de ensaio contendo meio de cultura



Fonte: Autoria própria, 2024.

Após 5 dias da aplicação do tratamento pré-germinativo, assepsia e inoculação das sementes, 93 sementes de 100 já apresentavam a saída inicial do hipocótilo. Após a germinação e desenvolvimento de todas as plântulas, estas foram seccionadas em aproximadamente 1cm, em três regiões: segmento caulinar com uma parte da radícula, segmento entrenó e segmento caulinar com gema apical. Os explantes foram inoculados em frascos na posição vertical, para o estabelecimento do experimento em cultivo *in vitro*. Todas as inoculações foram realizadas em câmara de fluxo laminar conforme os padrões e normas da micropropagação.

Figura 4. Esquema ilustrativo das secções na plântula



Fonte: Autoria própria, 2025.

Configuração experimental e Parâmetros de Cultivo In Vitro

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x3, correspondente a três concentrações de BAP em três irradiâncias diferentes com três repetições. Cada unidade experimental foi representada por um frasco contendo três explantes, perfazendo 27 unidades experimentais e 81 explantes no total.

Para a avaliação de crescimento, desenvolvimento de brotos e quantidade de folhas os explantes de Tachi-branco foram inoculados em meio de cultura contendo três concentrações da citocinina fitorrelugadora 6-benzilaminopurina (BAP) sendo 0 mg.L⁻¹ (tratamento controle), 0,02 mg.L⁻¹ e 0,04 mg.L⁻¹. O meio de cultura de Murashige e Skoog (MS) em concentração completa, foi suplementado com sacarose (30,0 g.L⁻¹), o pH foi ajustado a 5,8 ± 0,1 e gelificados com 'Phytigel' (3,0 g.L⁻¹). Em associação com o meio de cultura suplementado com BAP e com o objetivo de verificar a influência da luz sobre o desenvolvimento in vitro os explantes foram expostos as irradiâncias de luz de 10.81 µmol.m⁻².s⁻¹ (9 Watts), 16.09 µmol.m⁻².s⁻¹ (12 Watts) e 17.58 µmol.m⁻².s⁻¹ (15 Watts) todas provenientes de lâmpadas de luz Led branca fria. Os explantes foram monitorados durante o período de 120 dias, sendo avaliados mensalmente.

Análise estatística dos dados

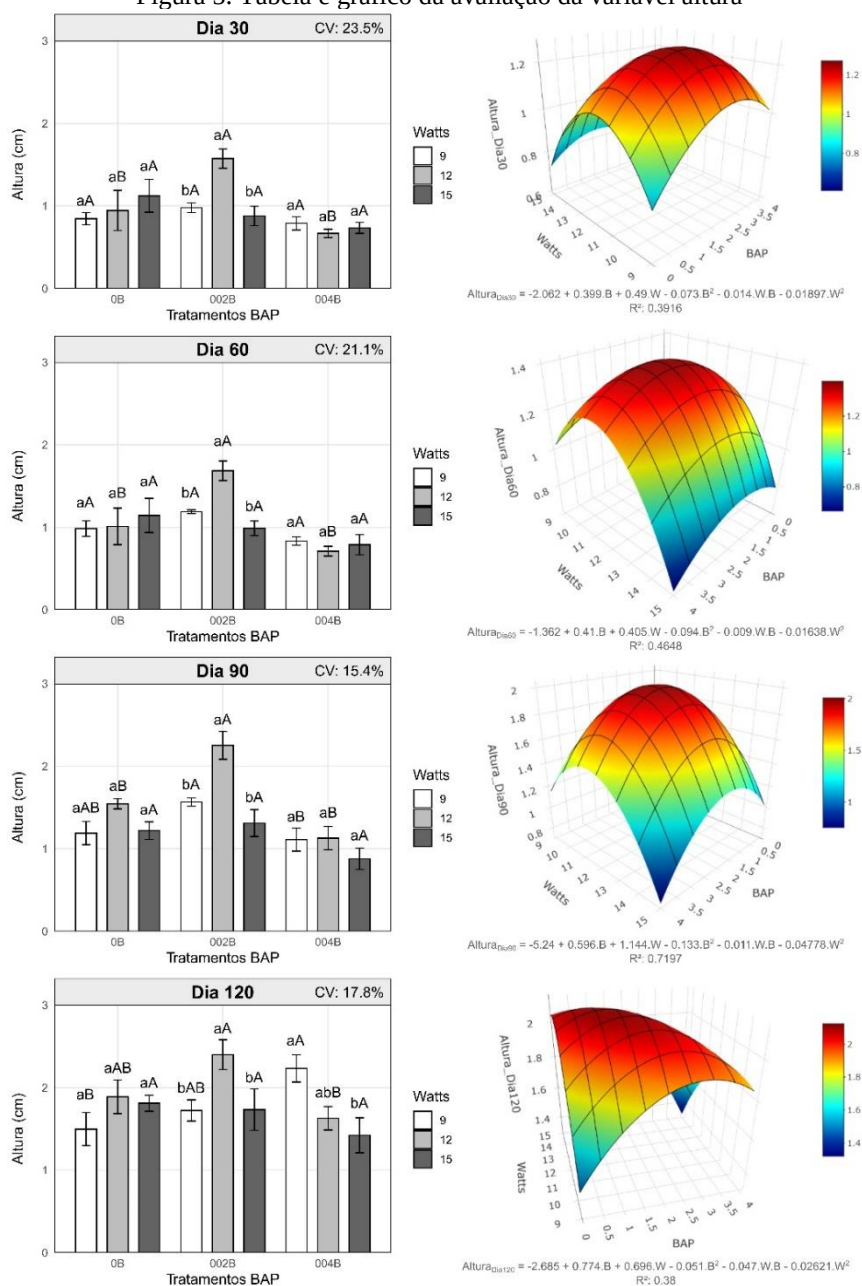
A análise estatística e gráficos das variáveis de crescimento, desenvolvimento de brotos e folhas foi realizada utilizando o software RStudio (versão 2025.09.1). Os dados de altura foram submetidos à verificação dos pressupostos de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias e, posteriormente, analisados por meio de regressão múltipla e superfície de resposta, permitindo avaliar o efeito combinado dos fatores sobre as variáveis estudadas e identificar tendências de comportamento das respostas. As variáveis de brotos e folhas foram analisadas pelo o teste de Kruskal-Wallis

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que para as variáveis analisadas, houve interação entre os fatores tempo, concentrações de BAP no meio de cultura e irradiância e diferença estatística significativa durante todo o período analisado. Em 30 dias os explantes inoculados em meio de cultura suplementados

com 0,02 mg.L⁻¹ de BAP na irradiância de 12W apresentaram a maior média em altura. Com 60 dias os valores seguiram a mesma tendência no qual o fator meio de cultura com a concentração de 0,02mg.L⁻¹ de BAP na irradiância de 12W apresentaram a maior média em altura, seguido do tratamento controle na mesma irradiância (12W), para as irradiâncias 9 e 15W não houve diferença significativa entre as médias em nenhum dos tratamentos. Em 90 dias houve diferença significativa entre os explantes dentro dos grupos de 9, 12 e 15 watts, no qual apresentaram concentração de 0,02 mg.L⁻¹ BAP em comum para a maior média em altura. Para os grupos de BAP (0 mg.L⁻¹ 0,02 mg.L⁻¹, 0,04 mg.L⁻¹), apenas em de 0,02 mg.L⁻¹ sob irradiância de 12W apresentou média significativa.

Figura 5. Tabela e gráfico da avaliação da variável altura



Foi aplicado análise de regressão dos dados (Figura 5), no qual foi ajustado a equação para cada um dos dias (30, 60, 90 e 120). A regressão pode ser aplicada no sentido de poder fazer previsões de valores de variáveis que não foram avaliadas -Outras concentrações e combinações de BAP e irradiâncias- mas que a partir dos dados analisados podem ser feitos uma suposição dos resultados que poderiam ter, e principalmente, pode analisar a relação entre a altura,

concentrações de BAP e irradiância. No dia 90, foi o que apresentou o maior valor de R^2 (0,7) com representação de 70%, que de acordo com Compton (1994) representa uma alta representatividade entre os fatores e variáveis, identificando assim, a concentração ótima de BAP e irradiância, no qual foi possível o melhor desenvolvimento dos explantes durante o período de 120 dias do trabalho, que foi na concentração de $0,02\text{mg.L}^{-1}$ de BAP na irradiância de 12 W.

Figura 6. Frascos com os explantes com maior desenvolvimento em altura obtidos na concentração de $0,02\text{mg.L}^{-1}$ de BAP na irradiância de 12W.

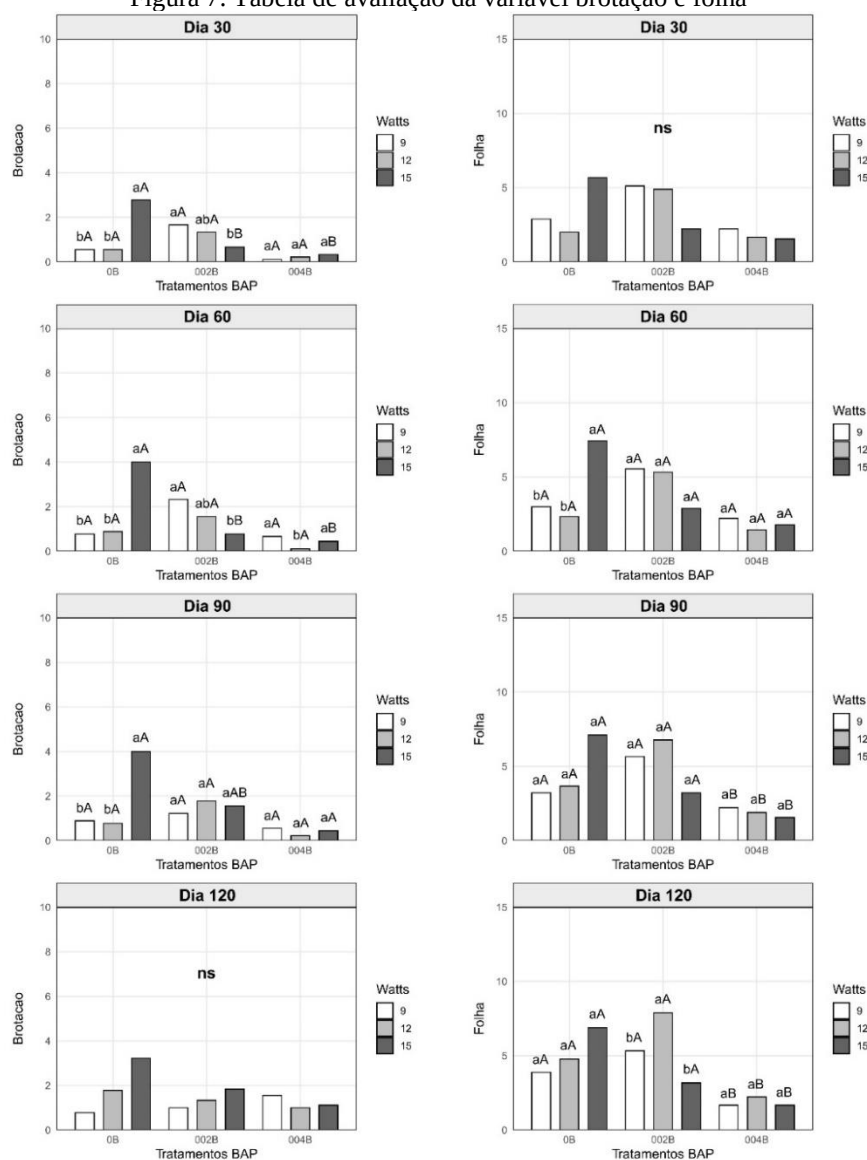


Fonte: Autoria própria, 2025.

A irradiância (fluxo de fótons por unidade de área, $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) determina diretamente a taxa de captura de energia luminosa pelo o metabolismo fotossintético da planta. Em condições de baixa irradiância, a fase fotoquímica limita a produção de ATP e NADPH, reduzindo a fixação de CO_2 e, conseqüentemente, a disponibilidade de carboidratos para o crescimento. Com o aumento da irradiância, a taxa fotossintética cresce até um ponto de saturação luminosa, além do qual outros fatores (como a capacidade da Rubisco ou a regeneração de ribulose-1,5-bifosfato) tornam-se limitantes. Em irradiâncias excessivas, podem ocorrer danos foto-oxidativos ao aparato fotossintético, no qual as plantas ativam seus mecanismos de dissipação de energia. (Taiz, 2017). No entanto, há espécies vegetais que possuem uma maior capacidade de adaptação a diferentes ambientes, e conseqüentemente à diferentes irradiâncias, se desenvolvendo plenamente mesmo em irradiâncias extremas, baixas ou altas. Dentro das funções que as citocininas podem realizar é redução da dominância apical, focando na formação de brotos axilares, no entanto, a exposição do material vegetal à longo prazo e a concentrações altas de citocinina pode gerar efeitos negativos, como a inibição, elas também são fotossensíveis, ou seja quando expostas a luz por período prolongado podem sofrer degradação fitoquímica (Yang, 2021).

Então entende-se assim que em condições de baixa irradiância (9 W), o crescimento foi limitado, mesmo com a concentração de 0,02 BAP, provavelmente devido à redução da fotossíntese e da disponibilidade de energia necessária para o metabolismo e multiplicação celular. Já em alta irradiância (15 W), observou-se que o excesso de luz não favoreceu o efeito da BAP, provavelmente devido à inibição do BAP por conta da exposição prolongada à luz durante os 120 dias do experimento. Dessa forma pode-se compreender que tanto como em irradiância muito baixa e irradiância mais alta, há uma possível inibição relacionado a interação do BAP com a luz.

Figura 7. Tabela de avaliação da variável brotação e folha



Letras minúsculas (a, b) representa a comparação entre concentrações de BAP dentro de cada irradiância. Já as letras maiúsculas (A, B) representam a comparação entre irradiancias dentro de cada nível de BAP, letras diferentes que a média foi significativa pelo teste de Turkey à 5% de significância.

Fonte: Autoria própria, 2025.

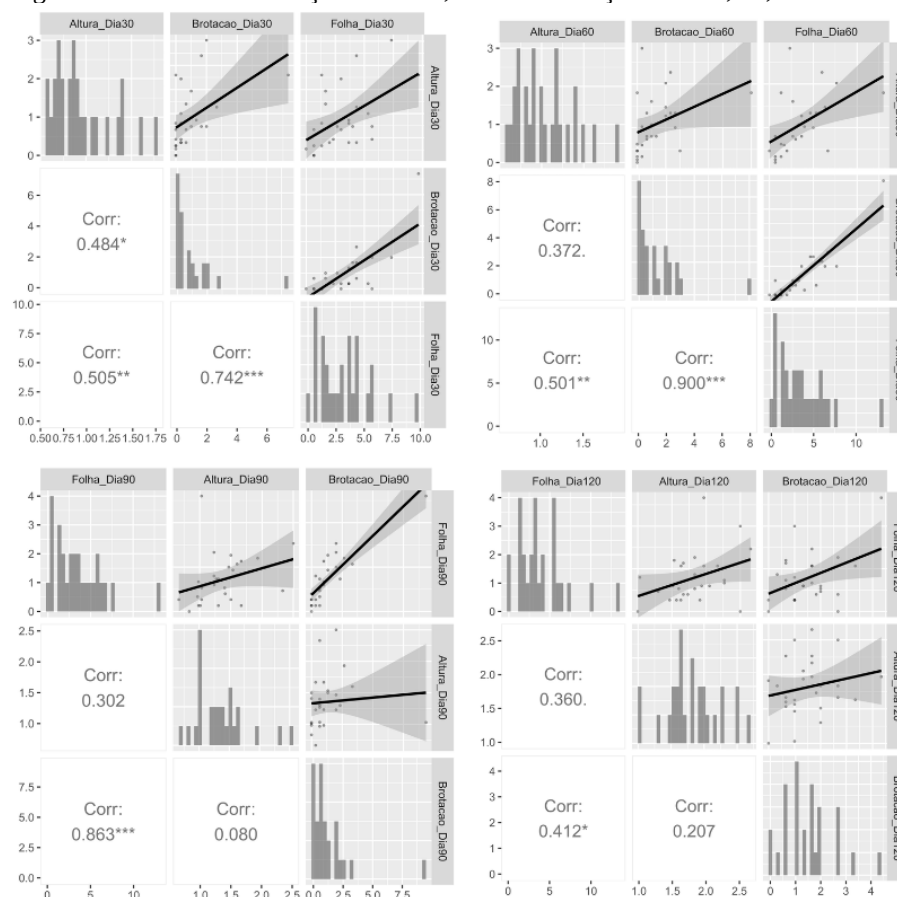
Conforme citado anteriormente o Tachi-branco tem por característica fisiológica a dominância do meristema apical, esta característica é diretamente regulada pelo equilíbrio hormonal endógeno. Os fitormônios, auxinas, citocininas e outros, são compostos orgânicos sintetizados de forma natural endógena nas plantas. No que tange a citocinina, estas possuem uma rota biossintética interligada com a das auxinas, configurando uma interação metabólica e de sinalização que é de suma importância para a emergência e desenvolvimento de brotos e folhas. As auxinas são sintetizadas expressivamente no ápice caulinar e em folhas jovens, já as

citocininas são sintetizadas nos nós e nas raízes, estas promovem a divisão celular e atua na inibição da dominância apical estimulando a produção de brotos axilares (Taiz, 2017). Ainda que as citocininas sejam reconhecidas pela capacidade de proliferação de brotos, a alteração da relação de equilíbrio auxina-citocinina pode gerar diferentes reações, como estudos realizados por Taiz (2017) demonstram que a aplicação exógena de citocinina podem interferir na expressão de genes relacionados à multiplicação dos brotos, ao transporte e à percepção hormonal, desencadeando processos de autorregulação que atenuam a sensibilidade dos tecidos ao regulador aplicado. Dessa forma, concentrações elevadas de BAP podem não apenas deixar de estimular a brotação, como também reduzir a capacidade de resposta dos explantes ao sinal hormonal. No presente estudo, verificou-se que ao longo dos 120 dias o tratamento controle sob irradiância de 15 W apresentaram a maior quantidade de brotações. Esse resultado sugere que os explantes possivelmente já possuíam níveis endógenos adequados de reguladores de crescimento para sustentar a atividade meristemática e o desenvolvimento das gemas, tal adequação também pode ser associado pelo maior índice de irradiância. O Taxi por ser uma espécie heliófila, é coerente considerar que com elevado índice luminoso tenha favorecido a produção de fotoassimilados, colaborando na biossíntese e proporcionando aporte energético para o desenvolvimento das gemas axilares.

Para a quantidade de folhas, conforme observado na Figura 6, nos primeiros 30 dias do experimento não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas na quantidade de folhas entre as diferentes concentrações de BAP e níveis de irradiância. No dia 60 comparando entre o grupo de watts (9, 12 e 15 Watts) não houve diferença significativa, já para o grupo de BAP o tratamento controle sob irradiância de 15 W se apresentou quantidade de folhas estaticamente superior comparado aos tratamentos 0,02 mg.L⁻¹ e 0,04 mg.L⁻¹ BAP, relevando assim que aos 60 dias a associação da irradiância luminosa e ausência da citocinina foi o fator principal diferencial para o aumento da quantidade de folhas. Aos 90 dias entre o grupo de BAP (0 mg.L⁻¹ 0,02 mg.L⁻¹, 0,04 mg.L⁻¹) não houveram diferenças significativas, no entanto, para o grupo de watts os tratamentos controles sob 9 e 12 watts apresentaram aumento na quantidade de folhas. Em 120 dias continuou com essa tendencia de aumento, sendo que para o tratamento 0,02 mg.L⁻¹ BAP houve um aumento na quantidade de folhas sob irradiância de 12W. Em síntese, o tratamento controle sob irradiância de 15 Watts tende a ter um efeito semelhante comparado com o tratamento 0,02 mg.L⁻¹ BAP sob 12 Watts.

Essa consistência entre brotação e produção de folhas sugere que a irradiância mais alta favorece o desenvolvimento inicial, enquanto a concentração intermediária de BAP sob irradiância moderada sustenta o crescimento em altura ao longo do tempo.

Figura 8. Gráfico de correlação de altura, folhas e brotações aos 30, 60, 90 e 120 dias



Os asteriscos (*) representam valores significativos, a quantidade asteriscos indica a intensidade da correlação entre os fatores altura, folha e brotação. A ausência dos asteriscos representa que os valores da correlação não expressaram diferenças significativas.

Fonte: Autoria própria, 2026.

Por meio do gráfico de correlação (Figura 7) é possível analisar como sucedeu a interação entre os fatores altura, brotação e folhas. Durante o período de 120 dias todos os fatores apresentaram correlações positivas, diretamente proporcionais, ou seja, à medida que um fator aumentava o outro proporcionalmente também aumentava. No dia 30 o fator altura e folha apresentaram valores significativos com força moderada. Este resultado pode ser associado a uma possível maior produção endógena inicial de auxina, que, sob estímulo luminoso, favoreceu o alongamento caulinar. Este alongamento caulinar otimiza a captação de luz, fornecendo energia necessária para que haja a produção das folhas. Ao longo de todo o período experimental

observou correlação significativa entre brotação e folhas, sendo que, no dia 60 foi avaliado a maior força de correlação (0,9), esse comportamento pode ser explicado pelos processos morfogênicos envolvidos na formação e diferenciação de novos órgãos vegetativos, uma vez que a emissão de brotações está diretamente associada ao surgimento de novos primórdios foliares. Em contrapartida a correlação significativa entre altura e brotações foi observada apenas aos 30 dias, enquanto a associação entre altura e número de folhas ocorreu até os 60 dias. Esses resultados sugerem que o incremento em altura passa a exercer menor influência sobre a emissão de novas brotações e folhas. Tal comportamento pode estar relacionado à dominância apical característica da espécie, fenômeno regulado principalmente pelas auxinas produzidas na gema apical, que tendem a inibir o crescimento das gemas laterais.

Figura 9. Frasco com explante desenvolvido de Tachi-Branco



Fonte: A autora, 2025.

Na figura 9 é possível contemplar um exemplar de como o segmento caular com gema apical obteve um desenvolvimento superior, diferentemente dos outros segmentos. Tal comportamento pode estar relacionado à dominância apical característica da espécie, fenômeno regulado principalmente pelas auxinas produzidas na gema apical, que tendem a inibir o crescimento das gemas laterais. A seleção de qual parte do material vegetal utilizar para o cultivo in vitro é de suma importância para otimizar o estabelecimento inicial in vitro e aumentar as chances de sucesso nas etapas subsequentes de multiplicação. Desta forma, para o cultivo in vitro da espécie, o mais adequado é utilizar os segmentos que possuem gema apical.

CONCLUSÃO

É possível desenvolver um protocolo de cultivo *in vitro* do *Tachigali vulgaris*, demonstrando assim, a viabilidade da aplicação da micropropagação para o seu manejo biotecnológico.

A avaliação dos efeitos das diferentes concentrações do fitorregulador 6-benzilaminopurina (BAP) sob as irradiâncias, evidencia que o tratamento com 0,02 BAP na irradiância de 12w por ter apresentado as maiores médias de altura nas avaliações é o mais indicado para a micropropagação *in vitro* de *Tachigali vulgaris* por um período de 120 dias.

Para as variáveis brotação e quantidade de folhas, os resultados mais significativos durante o período de 120 dias, é observado no tratamento controle submetido à irradiância de 15 watts, demonstrando que, para esses parâmetros, a intensidade luminosa mais elevada associada à ausência do regulador de crescimento favorece o desempenho das plantas.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental (Embrapa) responsável pelo o fomento para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. P. D.; DIAS, F. V.; CAETANO, P. A. D. S. A técnica de micropropagação *in vitro* como estratégia de inovação tecnológica na produção de mudas. **Revista Gestão & Sustentabilidade**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. e15043, 2025.

CENTRO DE REFERÊNCIA EM INFORMAÇÃO AMBIENTAL (CRIA). SpeciesLink: sistema de informação distribuído para coleções biológicas. Campinas, SP: CRIA, s.d. Disponível em: <https://specieslink.net/search/>

COELHO-JUNIOR, M. G. *et al.*. Unmasking the impunity of illegal deforestation in the Brazilian Amazon: a call for enforcement and accountability. **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 041001, 2022.

COMPTON, M. E. Use of Statistics in Plant Cell Tissue Culture. *In*: LOYOLA-VARGAS, V.; OCHOA-ALEJO, N. (org.). **Plant Cell Culture Protocols**. New York, NY: Springer US, 2024. (Methods in Molecular Biology). v. 2827, p. 15–34. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-1-0716-3954-2_2. Acesso em: 22 jun. 2026.

HÄNGGLI, A. *et al.*. A systematic comparison of deforestation drivers and policy effectiveness across the Amazon biome. **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 18, n. 7, p. 073001, 2023.

KHATOON, S. *et al.*. In Vitro Evaluation of the Effects of BAP Concentration and Pre-Cooling Treatments on Morphological, Physiological, and Biochemical Traits of Different Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars. **Horticulturae**, [s. l.], v. 8, n. 12, p. 1108, 2022.

LEAO, *et al.*. Produção e tecnologia de sementes de tachi-branco (*Tachigali vulgaris*). Embrapa., 2022.

Moraes, Antônia *et al.*. Aspectos morfométricos de sementes de *Sclerolobium paniculatum* Vogel de diferentes matrizes. In Seminário De Iniciação Científica Da Embrapa Amazônia Oriental, 17., 2013, Belém, PA. **Anais [...]** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2013. 1 CD-ROM.

Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/970275>

Oliveira, R. S. de, *et al.*. Indução de brotos in vitro de *Sclerolobium paniculatum* Vogel em diferentes concentrações de Benzilaminopurina. Embrapa, 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/899917>.

Protásio, Thiago *et al.*. Qualidade da madeira de *Tachigali vulgaris* visando à produção de carvão vegetal siderúrgico. In WORKSHOP ONLINE FLORESTAS DE TACHIGALI VULGARIS, 1., 2021, Belém, PA. Colombo. **Anais [...]** Belém, PA: Embrapa Florestas, 2022. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1151523>

RAD2024: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2024. São Paulo, Brasil: MapBiomas, 2025. 209 p

SILVA, M. E. F. E.; LOPES, M. J. D. S.; GOMES, K. G. M. **CARACTERÍSTICAS E POTENCIAL DE *Tachigali vulgaris*.** In: MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE: ESTRATÉGIAS PARA A PRESERVAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO 3. 1. ed. [S. l.]: Atena Editora, 2025. p. 120–129. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/caracteristicas-e-potencial-de-tachigali-vulgaris>. Acesso em: 24 jun. 2026.

SOUSA, V. G. de *et al.*. **Taxi-branco (*Tachigali vulgaris* L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima): botânica, ecologia e silvicultura.** Embrapa, 2017.

SZARVAS, P. *et al.*. In vitro micropropagation of *Dianthus plumarius* subsp. *praecox*, a wild carnation species, for ornamental horticultural and gene conservation purposes. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 339, p. 113886, 2025.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. *Fisiologia Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

YANG, M. *et al.*. 6-benzylaminopurine exposure induced development toxicity and behaviour alteration in zebrafish (*Danio rerio*). **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 278, p. 116887, 2021.