v7.n5.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

EFEITO DA EMBEBIÇÃO EM ÁCIDO GIBERÉLICO SOBRE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES ALADAS E DESALADAS DE JACARANDA CUSPIDIFOLIA MART

EFFECT OF IMBIBITION IN GIBBERELLIC ACID ON THE GERMINATION OF WINGED SEEDS AND SEEDS WITH WINGS REMOVED OF JACARANDA CUSPIDIFOLIA MART

EFECTO DE LA IMBIBICIÓN EN ÁCIDO GIBERÉLICO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS ALADAS Y DESALADAS DE JACARANDA CUSPIDIFOLIA MART

Paulo Cesar Flôres Júnior[1], José Sotero da Costa Neto[2], Luana Macedo Araújo[3], Caroline Vitória Faoro Lemes[3], Geilly Mara Silva de Pádua[4], Luciana Coelho de Moura[1], Rômulo Mora[5], Andressa Vasconcelos Flores[6]

e757829
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i5.7829

PUBLICADO: 05/2026

RESUMO

A germinação de sementes de *Jacaranda cuspidifolia* envolve interações entre fatores morfológicos e hormonais, sendo pouco compreendido o papel funcional das alas nesse processo. O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da presença da ala e da aplicação de ácido giberélico (GA_3; 10 e 20 mg L^{-1}) sobre a germinação da espécie. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 × 3 (totalizando seis tratamentos), com sementes com e sem ala submetidas à embebição em água e soluções de GA_3 por 24 horas, totalizando 2.400 sementes distribuídas em oito repetições de 50 unidades. Foram avaliados o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TMG) e o percentual de germinação (%G). Os dados foram analisados por testes não paramétricos de Kruskal-Wallis, com comparações por Dunn e Mann-Whitney ($p \leq 0,05$). Os resultados indicaram que, em sementes com ala, o GA_3 não influenciou o IVG, enquanto o TMG foi menor na testemunha e o %G aumentou a 20 mg L^{-1}. Em sementes sem ala, não houve diferença para IVG, mas ocorreu redução do TMG e aumento do %G com GA_3, especialmente a 10 mg L^{-1}. A remoção da ala elevou o TMG e reduziu a germinação. Conclui-se que a ala exerce papel funcional na germinação, sendo sua ausência parcialmente compensada pela aplicação de GA_3.

PALAVRAS-CHAVE: Estatística não paramétrica. Diásporo. Embebição. Reguladores de crescimento. Desempenho fisiológico.

ABSTRACT

Seed germination of Jacaranda cuspidifolia involves interactions between morphological and hormonal factors, and the functional role of seed wings remains poorly understood. This study aimed to evaluate the effects of wing presence and gibberellic acid (GA_3; 10 and 20 mg L^{-1}) on germination. The experiment followed a completely randomized design in a 2 × 3 factorial scheme (totaling six treatments), with winged seeds and seeds with wings removed subjected to imbibition in water and GA_3 solutions for 24 hours, totaling 2,400 seeds distributed in eight replicates of 50 units. Germination speed index (GSI), mean germination time (MGT), and germination percentage (%G) were evaluated. Data were analyzed using non-parametric tests (Kruskal–

[1]Professor (a) da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
[2]Graduado em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
[3]Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
[4]Técnica da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
[5] Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco, Brasil.
[6]Professora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Curitibanos, Curitibanos, Santa Catarina, Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Wallis, Dunn, and Mann–Whitney; p ≤ 0.05). Results showed that, in winged seeds, GA_3 did not affect GSI, while MGT was lower in the control and %G increased at 20 mg L^{-1}. In wingless seeds, GSI did not differ, but MGT decreased and %G increased with GA_3, especially at 10 mg L^{-1}. Wing removal increased MGT and reduced germination. It is concluded that the wing plays a functional role in germination, and the effects of wing removal can be partially mitigated by GA_3 application.

KEYWORDS: *Non-parametric statistics. Diaspore. Imbibition. Growth regulators. Physiological performance.*

RESUMEN
La germinación de semillas de Jacaranda cuspidifolia involucra interacciones entre factores morfológicos y hormonales, siendo aún poco comprendido el papel funcional de las alas. El objetivo fue evaluar los efectos de la presencia del ala y de la aplicación de ácido giberélico (GA_3; 10 y 20 mg L^{-1}) sobre la germinación. El experimento se realizó en un diseño completamente al azar, en esquema factorial 2 × 3 (totalizando seis tratamientos), con semillas con y sin ala sometidas a imbibición en agua y soluciones de GA_3 durante 24 horas, totalizando 2.400 semillas en ocho repeticiones de 50 unidades. Se evaluaron el índice de velocidad de germinación (IVG), el tiempo medio de germinación (TMG) y el porcentaje de germinación (%G). Los datos se analizaron mediante pruebas no paramétricas (Kruskal–Wallis, Dunn y Mann–Whitney; p ≤ 0,05). Los resultados mostraron que, en semillas con ala, el GA_3 no afectó el IVG, mientras que el TMG fue menor en el control y el %G aumentó a 20 mg L^{-1}. En semillas sin ala, el IVG no presentó diferencias, pero el TMG se redujo y el %G aumentó con GA_3, especialmente a 10 mg L^{-1}. La remoción del ala incrementó el TMG y redujo la germinación. Se concluye que el ala desempeña un papel funcional en la germinación, siendo sus efectos parcialmente compensados por la aplicación de GA_3.

PALABRAS CLAVE: *Estadística no paramétrica. Diáspora. Imbibición. Reguladores de crecimiento. Desempeño fisiológico.*

INTRODUÇÃO

Espécies da família Bignoniaceae são amplamente distribuídas em regiões tropicais e subtropicais, caracterizando-se pela produção de frutos capsulares contendo numerosas sementes aladas, adaptadas à dispersão anemocórica (GENTRY, 1992). Entre essas espécies destaca-se *Jacaranda cuspidifolia* Mart., árvore nativa do Brasil, típica de formações associadas ao Cerrado e a áreas de transição com Florestas Estacionais (ARRUDA *et al.*, 2012). A espécie apresenta reconhecida importância ecológica e ornamental, sendo amplamente utilizada em projetos de paisagismo urbano e restauração ecológica de áreas degradadas, favorecida pelo valor ornamental, crescimento inicial relativamente rápido e produção abundante de sementes (LORENZI, 2002; BRANCALION *et al.*, 2019).

A propagação eficiente de *J. cuspidifolia* depende da compreensão de seus processos germinativos, permitindo o aprimoramento de estratégias de manejo e produção de mudas, com implicações diretas na restauração ecológica e na silvicultura de espécies nativas (BOTELHO *et*

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

al., 2024; SILVA *et al*., 2020). Em espécies da família Bignoniaceae, entretanto, a função dessas estruturas tem sido discutida predominantemente sob a perspectiva ecológica da dispersão, havendo pouca evidência experimental sobre sua possível influência nos processos fisiológicos que regulam a germinação (SILVA *et al*., 2020). Nesse contexto, permanece incerto se modificações estruturais, como a remoção da ala, podem alterar o desempenho germinativo e se a aplicação de reguladores de crescimento, como o ácido giberélico, pode compensar eventuais limitações impostas por essa alteração morfológica.

No caso do gênero *Jacaranda*, apesar da ampla ocorrência de sementes aladas e do uso frequente de espécies do gênero em programas de arborização e restauração, ainda são escassos estudos que investiguem experimentalmente a influência dessas estruturas no desempenho germinativo das sementes, particularmente em espécies nativas do Cerrado, como *Jacaranda cuspidifolia*. Diante da possível influência de alas na dinâmica de germinação e do papel regulador das giberelinas na superação de limitações fisiológicas, levanta-se a hipótese de que a remoção da ala em sementes de *Jacaranda cuspidifolia* possa alterar o desempenho germinativo, sendo esse efeito potencialmente mitigado pela aplicação exógena de ácido giberélico (NONOGAKI; BASSO; NAMBARA, 2020; SANTOS *et al*., 2019; COSTA; DANTAS, 2021). Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da presença da ala e da aplicação de ácido giberélico (GA_3) sobre o desempenho germinativo de sementes de *Jacaranda cuspidifolia*. As concentrações de 10 e 20 mg L^{-1} foram previamente selecionadas com base no balanço de respostas fisiológicas observadas em estudos com outras espécies arbóreas florestais, visando investigar os limiares de reatividade da espécie ao regulador.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

A germinação de sementes é um processo regulado por fatores fisiológicos e ambientais, como temperatura, disponibilidade hídrica, luz e balanço hormonal (SCALON, 2006). Esses mecanismos configuram estratégias adaptativas que regulam o estabelecimento das plântulas em ambientes sujeitos à sazonalidade climática (BASKIN; BASKIN, 2018). Em espécies da família Bignoniaceae, a presença de sementes aladas é uma característica marcante, sendo essas estruturas tradicionalmente estudadas sob a ótica da dispersão anemocórica (GENTRY, 1992). Contudo, estudos recentes com o gênero *Jacaranda* sugerem que a morfologia do diásporo pode exercer influências que transcendem a dispersão, afetando a dinâmica de captação de água e o desempenho germinativo (SANSON *et al*., 2024).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Apesar do amplo conhecimento sobre a germinação de sementes de espécies florestais tropicais, ainda são limitados os estudos que investigam o papel funcional de estruturas morfológicas acessórias, como as alas presentes em diásporos anemocóricos, na dinâmica de embebição e no desempenho germinativo. Em espécies arbóreas com dispersão pelo vento, essas estruturas são tradicionalmente associadas ao aumento da eficiência de dispersão, embora evidências recentes indiquem que características morfológicas dos diásporos também podem influenciar processos fisiológicos relacionados à germinação e ao estabelecimento inicial das plântulas (MARCHETTI; CALVI, 2022).

Alterações na estrutura do diásporo podem interferir na dinâmica de embebição e no início da germinação, processos que também são regulados por hormônios vegetais. Entre esses reguladores, as giberelinas desempenham papel central na ativação metabólica que conduz à protrusão da radícula, estimulando a síntese de enzimas hidrolíticas responsáveis pela mobilização das reservas e pelo enfraquecimento dos tecidos que envolvem o embrião (NONOGAKI; BASSO; NAMBARA, 2020). A aplicação exógena de ácido giberélico (GA_3) tem sido amplamente utilizada para promover maior uniformidade e velocidade de germinação em espécies arbóreas, especialmente em sementes que apresentam limitações fisiológicas ou variações na dinâmica de embebição (FINCH-SAVAGE; FOOTITT, 2017; RAU *et al.*, 2021). Estudos recentes com espécies florestais tropicais indicam que o uso de giberelinas pode aumentar o percentual germinativo e o vigor inicial das plântulas, contribuindo para a otimização de protocolos de produção de mudas destinadas à restauração ecológica e à silvicultura de espécies nativas (NONOGAKI *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2019).

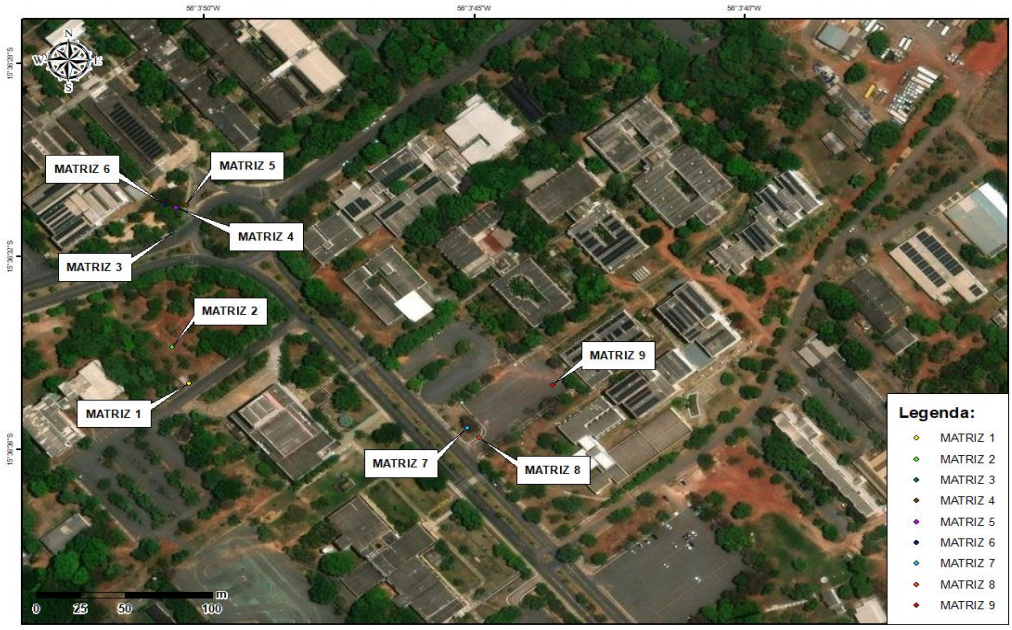
2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo e coleta de frutos

Os frutos de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. foram coletados a partir de nove árvores matrizes (Figura 1) localizadas no *campus* da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em Cuiabá, MT (15°36'31.0"S; 56°03'49.0"W). As árvores foram selecionadas com base em critérios fitossanitários e alta produção de frutos, buscando representar diferentes indivíduos da população. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw (tropical com estação seca), caracterizado por duas sazonalidades bem definidas: uma chuvosa (outubro a março) e outra seca (maio a setembro) (MAITELLI, 1994). A área de estudo está inserida na Depressão Cuiabana, com relevo predominante de baixa amplitude e altitudes variando entre 146 e 250 m (FERREIRA, 2020).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 1. Distribuição espacial das matrizes de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. utilizadas para a coleta de frutos no experimento



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2. Beneficiamento das sementes

Após a coleta, os frutos foram submetidos à secagem em câmara com temperatura de 28 °C e umidade relativa de 15%, no Centro de Biotecnologia Florestal (BIOTEC). Em seguida, realizou-se a abertura manual dos frutos, com auxílio de morsa para extração das sementes e determinação do peso de cada lote de matriz (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma do beneficiamento da semente de *Jacaranda cuspidifolia* Mart



Fonte: Elaborado pelos autores.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A formação de lote composto é prática comum em estudos de germinação, quando o objetivo é avaliar respostas fisiológicas médias da espécie, minimizando efeitos individuais de matriz (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). O lote foi constituído na proporção de 1,86 g de sementes da matriz 3 e 3,01 g de sementes das demais matrizes, proporção estabelecida em função da quantidade de sementes viáveis obtidas de cada indivíduo após a extração e o descarte de sementes danificadas totalizando 2.400 sementes. O lote foi dividido em duas partes: 1.200 sementes mantidas com ala e 1.200 sementes submetidas à remoção manual da ala. A remoção da ala foi realizada manualmente por fricção leve entre folhas de papel, promovendo o destacamento da estrutura membranosa sem danos visíveis ao tegumento ou ao embrião. O procedimento foi padronizado entre as amostras, sendo descartadas sementes com qualquer tipo de dano mecânico, visando evitar interferências na viabilidade e na dinâmica de embebição.

2.3. Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 × 3, sendo o fator 1 correspondente à condição da semente (com ala e sem ala) e o fator 2 às condições de embebição (água, GA_3 10 mg L^{-1} e GA_3 20 mg L^{-1}), totalizando seis combinações fatoriais. Cada combinação foi composta por oito repetições, sendo cada repetição constituída por 50 sementes, totalizando 400 sementes por tratamento e 2.400 sementes no experimento.

As sementes, com e sem ala, foram submetidas a três tratamentos de embebição por 24 horas, esse tempo foi adotado por ser suficiente para promover a hidratação das sementes sem iniciar o processo germinativo. Sendo os tratamentos: testemunha (T1): embebição em água destilada; T2: embebição em solução de ácido giberélico (GA_3) a 10 mg L^{-1}; T3: embebição em solução de ácido giberélico (GA_3) a 20 mg L^{-1}. As concentrações de GA_3 foram definidas com base em estudos prévios com espécies arbóreas tropicais (NONOGAKI *et al.,* 2020; SANTOS *et al*., 2019).

2.4. Instalação do teste e variáveis avaliadas

A semeadura foi realizada em caixas acrílicas tipo “gerbox”, sobre duas folhas de papel Germitest® (10,5 × 10,5 cm), previamente umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os testes foram conduzidos em câmara de germinação tipo B.O.D., sob temperatura constante de 30 °C ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas. A umidade do substrato foi mantida por reposições periódicas de água destilada. As avaliações foram realizadas diariamente por um período de 28

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

dias (BRASIL, 2015), considerando-se germinadas apenas as sementes que originaram plântulas normais, conforme os critérios morfológicos estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 2009).

As variáveis avaliadas foram o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), o Tempo Médio de Germinação (TMG) e o Percentual de Germinação (%G). O IVG foi obtido a partir de contagens diárias de plântulas normais, sendo calculado conforme Maguire (1962). O TMG foi determinado com base na frequência diária de germinação, de acordo com a metodologia de Labouriau (1983). O percentual de germinação (%G) foi calculado ao final do experimento, considerando-se apenas plântulas normais, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Esses parâmetros foram utilizados para avaliar o desempenho germinativo em função da presença da ala e da aplicação de GA_3, sendo considerados indicadores indiretos da dinâmica de germinação e de processos associados à embebição das sementes.

2.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos e de Bartlett para homogeneidade de variâncias. Constatada a violação dos pressupostos paramétricos de normalidade e homogeneidade de variâncias ($p < 0,05$), optou-se pela abordagem estatística não paramétrica de Kruskal-Wallis. Diante de diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Dunn, ao nível de 5% de probabilidade, e para avaliar o efeito da condição da semente dentro de cada nível de embebição, foi aplicado o teste de Mann-Whitney. Adotou-se nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) para todas as análises. Todas as análises foram conduzidas no software R versão 4.1 (R CORE TEAM, 2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett indicaram violação dos pressupostos para análises paramétricas, especialmente para IVG e TMG, o que justificou o uso de testes não paramétricos para a comparação de tratamentos. Para o percentual de germinação (%G), embora o teste de normalidade não tenha indicado desvio significativo, a heterogeneidade de variâncias evidenciada pelo teste de Bartlett ($p = 0,02043$) inviabilizou a aplicação segura da Análise de Variância (ANOVA). Essa restrição estatística motivou a manutenção da análise não paramétrica para todas as variáveis, garantindo uniformidade e maior robustez analítica (Tabela 1).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tabela 1. Testes estatísticos para aplicação de análise de variância (ANOVA) dos parâmetros Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Percentual de Germinação (%G) para os lotes composto com e sem ala de *Jacaranda cuspidifolia* Mart

Teste	Estatística	Valor-p
	IVG	
Shapiro-Wilk (normalidade)	W = 0.95211	0.04857
Bartlett (homogeneidade)	K^2 = 60.95, df = 5	7.733×10^{-12}
	TMG	
Shapiro-Wilk (normalidade)	W = 0.95146	0.04572
Bartlett (homogeneidade)	K^2 = 33.729, df = 5	2.696×10^{-6}
	%G	
Shapiro-Wilk (normalidade)	W = 0.96673	0.1883
Bartlett (homogeneidade)	K^2 = 13.336, df = 5	0.02043

Nota: W – Estatística do teste de Shapiro-Wilk, K^2 – Estatística do teste de Bartlett. Nível de significância: 5% ($p \leq 0,05$). Fonte: Elaborado pelos autores.

Para as sementes mantidas com a estrutura alada, o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) não diferiu significativamente entre os tratamentos de embebição em água e em (GA_3) (Tabela 2). Esse resultado indica que a presença da ala foi suficiente para promover adequada absorção hídrica e ativação metabólica inicial, não havendo efeito acelerador adicional do regulador hormonal. Resultados semelhantes foram observados em estudos com espécies florestais nativas nos quais estruturas seminais acessórias contribuíram para a germinação sem necessidade de tratamentos hormonais (BATISTA *et al*., 2023; FARIA *et al.,* 2017).

Tabela 1. Comparações múltiplas entre tratamentos para Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Percentual de Germinação (%G) em sementes aladas de *Jacaranda cuspidifolia* Mart., com base no teste de Dunn com ajuste de p-valor

Fator 1	Grupos Comparados	Estatística Z	Valor de p	Valor de p (ajustado)
IVG	T1 vs T2	0,79584122	0,2130622	0,6391865 ^{ns}
	T1 vs T3	0,05305608	0,4788436	1,0000 ^{ns}
	T2 vs T3	-0,74278514	0,2288059	0,6864177 ^{ns}
TMG	T1 vs T2	-2,6516504	0,00400497	0,01201491 *

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

	T1 vs T3	-3,0759145	0,00104929	0,00314787 *
	T2 vs T3	-0,4242641	0,33568662	1,0000 ns
%G	T1 vs T2	1,740375	0,04089659	0,1226897825 ns
	T1 vs T3	3,906964	0,00004673	0,0001401944 *
	T2 vs T3	2,166589	0,01513309	0,0453992743 *

Nota: ns diferença não significativa e * diferença estatisticamente significativa a 5%. Fonte: Elaborado pelos autores.

O Tempo Médio de Germinação (TMG) apresentou valores significativamente menores no tratamento com água destilada em comparação aos tratamentos com GA_3. Esse comportamento sugere que, em sementes fisiologicamente aptas à germinação, a aplicação exógena do regulador não promove aceleração do processo e pode alterar a dinâmica temporal da emergência das plântulas. A literatura recente indica que a resposta ao GA_3 depende do balanço hormonal endógeno e do estado fisiológico do embrião, podendo resultar em efeitos nulos ou negativos quando os mecanismos naturais de germinação estão plenamente ativos (BEWLEY *et al.,* 2019; BASKIN; BASKIN, 2021).

Para o percentual de germinação (%G) das sementes com ala, não houve diferença entre o controle e GA_3 a 10 mg L^{-1}, enquanto a concentração de 20 mg L^{-1} promoveu incremento significativo. A ausência de resposta gradual entre as concentrações sugere que o efeito do regulador não ocorre de forma linear. A literatura indica que a eficácia do GA_3 depende do estado fisiológico da semente e do balanço hormonal endógeno, sendo mais expressiva quando há restrição fisiológica prévia (PAIXÃO *et al.,* 2021; KIM *et al.,* 2021; NONOGAKI *et al.,* 2020).

A influência da ala deve ser interpretada tanto sob o aspecto morfológico quanto fisiológico, uma vez que essa estrutura pode favorecer o contato com o substrato, a embebição e a proteção do embrião. Variações estruturais em diásporos têm sido associadas ao desempenho germinativo e ao estabelecimento inicial de plântulas em espécies florestais, especialmente em ambientes sazonais (AMARAL *et al.,* 2025; BATISTA *et al.,* 2023; MARCHETTI; CALVI, 2022). Nesse contexto, diferenças observadas no percentual final de germinação entre concentrações de GA_3 podem refletir respostas limiares, em que o aumento da dose não implica incremento proporcional do desempenho fisiológico (COSTA; DANTAS, 2021).

Esse padrão indica que a aplicação de ácido giberélico não exerce efeito uniforme sobre os diferentes componentes da germinação, podendo influenciar de maneira distinta a velocidade e o percentual final. Estudos recentes demonstram que as giberelinas atuam na ativação de processos metabólicos associados à mobilização de reservas e ao crescimento do embrião, sem

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

necessariamente promover aumento proporcional na velocidade de emissão da radícula (CHEN *et al.,* 2022; NONOGAKI *et al*., 2020). Além disso, a resposta à aplicação exógena de GA_3 depende da interação com fatores estruturais e fisiológicos do diásporo, podendo resultar em variações na dinâmica germinativa sem alteração significativa do tempo médio de germinação. A germinação é regulada por múltiplos fatores ambientais e hormonais, o que contribui para respostas não lineares à aplicação de reguladores de crescimento (KOŁODZIEJEK *et al.,* 2017). Resultados experimentais também indicam que o uso de GA_3 pode favorecer o aumento do percentual germinativo mesmo na ausência de efeitos expressivos sobre a velocidade, reforçando a dissociação entre esses parâmetros (SALARI *et al.,* 2023).

Nas sementes submetidas à remoção da ala, o índice de velocidade de germinação (IVG) não apresentou diferenças consistentes entre os tratamentos, indicando que a velocidade inicial de emergência não foi substancialmente alterada pela aplicação de GA_3 (Tabela 3). A ausência de resposta do IVG à aplicação de GA_3 sugere que o regulador não atuou de forma significativa nas fases iniciais da germinação, particularmente na embebição e nos eventos que antecedem a protrusão radicular, indicando que a velocidade inicial de emergência está mais associada a fatores físicos e estruturais da semente do que à regulação hormonal.

Por outro lado, o tempo médio de germinação (TMG) e o percentual de germinação (%G) foram significativamente influenciados pela aplicação de GA_3, especialmente na concentração de 10 mg L^{-1}. Esses resultados indicam que a remoção da ala pode impor limitações fisiológicas à germinação, parcialmente superadas pela ação do regulador hormonal, que estimula a mobilização das reservas e a retomada do crescimento embrionário (RAVINDRAN; KUMAR, 2019; KHAN *et al.,* 2020). A remoção da ala pode alterar o microambiente de embebição, reduzindo a retenção hídrica e modificando a interface semente-substrato, o que pode comprometer a reativação metabólica inicial e afetar a eficiência do processo germinativo.

Tabela 3. Comparações múltiplas entre tratamentos para Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Percentual de Germinação (%G) em sementes sem ala de *Jacaranda cuspidifolia* Mart., com base no teste de Dunn com ajuste de p-valor

Fator 2	Grupos Comparados	Estatística Z	Valor de p	Valor de p (ajustado)
IVG	T1 vs T2	-0,3184751	0,3750623	1,00000 ^{ns}
	T1 vs T3	-0,3184751	0,3750623	1,00000 ^{ns}
	T2 vs T3	0,00	0,50	1,00000 ^{ns}
TMG	T1 vs T2	-2,7223611	0,0032408637	0,009722591 *

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

	T1 vs T3	-3,2173359	0,0006469352	0,001940806 *
	T2 vs T3	-0,4949747	0,3103089732	0,930926920 ns
%G	T1 vs T2	2,43030873	0,007542983	0,02262895 *
	T1 vs T3	2,35935081	0,009153470	0,02746041 *
	T2 vs T3	-0,07095792	0,471715623	1 ns

Nota: ns diferença não significativa e * diferença estatisticamente significativa a 5%. Fonte: Elaborado pelos autores.

A ausência de diferenças entre as concentrações de 10 e 20 mg L^{-1} sugere a existência de um limiar fisiológico de resposta ao GA_3, acima do qual incrementos na concentração não resultam em ganhos adicionais no desempenho germinativo. Esse padrão, amplamente descrito em estudos sobre dormência e germinação de sementes de espécies lenhosas tropicais, sugere que elevação da dose não necessariamente resulta em ganhos adicionais no desempenho germinativo (BASKIN; BASKIN, 2021).

A dissociação observada entre IVG, TMG e %G indica que o GA_3 não atuou como indutor da velocidade inicial de germinação, mas como modulador da eficiência do processo germinativo, promovendo maior número de sementes germinadas e redução no tempo médio necessário para a conclusão do evento. As giberelinas desempenham papel central na regulação da germinação, atuando na mobilização de reservas e na ativação do crescimento embrionário, especialmente após a fase inicial de embebição (NONOGAKI *et al.,* 2020). Nesse sentido, a resposta à aplicação exógena de GA_3 nem sempre se traduz em aumento da velocidade inicial, podendo refletir-se predominantemente no incremento do percentual germinativo e na otimização do tempo necessário para a formação de plântulas, evidenciando a dissociação entre os componentes da germinação (CHEN *et al.,* 2022; SALARI *et al.,* 2023). Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que o IVG está mais associado a processos físicos iniciais, enquanto TMG e %G dependem de eventos metabólicos e hormonais, nos quais o GA_3 exerce influência mais direta.

A comparação entre sementes com e sem ala, dentro de cada tratamento de embebição, evidenciou que a resposta ao ácido giberélico (GA_3) não é uniforme, estando diretamente condicionada à integridade morfológica do diásporo (Tabela 4). Em condição controle (água), sementes com ala apresentaram desempenho superior em termos de tempo médio de germinação (TMG) e percentual germinativo (%G), indicando que a estrutura alar exerce papel funcional relevante durante as fases iniciais da germinação. Esse padrão sugere que a ala não atua apenas na dispersão, mas influencia processos físicos associados à embebição, como a retenção e redistribuição de água no microambiente imediato da semente, afetando diretamente a ativação metabólica inicial (SANSON *et al.*, 2024).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tabela 4. Comparação entre sementes com e sem ala dentro de cada tratamento de embebição para as variáveis IVG, TMG e %G de *Jacaranda cuspidifolia* Mart

Tratamento	Variável	W	Valor-p
T1 (Água)	IVG	16	0.1049
	TMG	64	0.00015
	%G	11.5	0.03529
T2 (GA_3 10 mg L^{-1})	IVG	6.5	0.0086
	TMG	64	0.00015
	%G	11.5	0.03341
T3 (GA_3 20 mg L^{-1})	IVG	8	0.01352
	TMG	49	0.08298
	%G	3.5	0.00316

Nota: Comparações realizadas pelo teste de Mann–Whitney ($p \leq 0,05$). Fonte: Elaborado pelos autores

A remoção da ala promoveu alterações consistentes na dinâmica germinativa, especialmente evidenciadas pelo aumento do TMG e pela redução do %G em ausência de reguladores, indicando que a modificação estrutural impõe restrições ao início e à progressão do processo germinativo. Nessa condição, a aplicação de GA_3, particularmente na concentração de 10 mg L^{-1}, mostrou-se capaz de compensar parcialmente essas limitações, reduzindo o tempo necessário para a germinação e elevando o percentual de plântulas normais. Esse comportamento está alinhado com evidências de que a giberelina promove melhorias em germinação, IVG e TMG, contribuindo para maior uniformidade do processo germinativo (SILVA *et al.,* 2018).

Adicionalmente, estudos com espécies lenhosas demonstram que o efeito do GA_3 está associado à superação de barreiras fisiológicas à germinação, podendo acelerar a emergência e elevar a germinação final, embora sua eficácia dependa do estado fisiológico da semente e das condições de pré-tratamento (CHEN *et al.,* 2022). Esse padrão reforça a interpretação de que, no presente estudo, o regulador atuou como mecanismo compensatório frente às alterações estruturais impostas pela remoção da ala.

Por outro lado, a ausência de diferenças expressivas entre as concentrações de 10 e 20 mg L^{-1} indica que a resposta ao GA_3 apresenta um limiar fisiológico, acima do qual não há incremento adicional no desempenho germinativo. Resultados semelhantes têm sido observados em espécies arbóreas, nas quais determinadas concentrações de giberelina maximizam a

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

germinação e o vigor, sem que o aumento contínuo da dose resulte necessariamente em ganhos proporcionais (NEGI; SHARMA, 2025; SALARI *et al*., 2023).

Do ponto de vista funcional, os resultados indicam que a ala exerce dupla função: além de favorecer a dispersão anemocórica, atua como elemento regulador da interação semente-ambiente, promovendo maior estabilidade hídrica e posicionamento adequado do diásporo no substrato. A remoção dessa estrutura compromete essa interface física, tornando a germinação mais dependente de mecanismos fisiológicos compensatórios, como a ação de reguladores de crescimento. Evidências experimentais também mostram que a resposta a GA_3 depende da condição estrutural da semente e do contexto ambiental ao qual ela está submetida (NAZIH *et al.,* 2024).

Sob a perspectiva aplicada, os achados têm implicações diretas para a produção de mudas e restauração ecológica. A manutenção da ala durante o beneficiamento de sementes de *Jacaranda cuspidifolia* pode favorecer o desempenho germinativo em condições operacionais, reduzindo a necessidade de tratamentos pré-germinativos. Por outro lado, quando a remoção da ala for necessária, a aplicação de GA_3 em concentrações moderadas configura estratégia eficiente para mitigar perdas no desempenho germinativo, conforme observado em espécies lenhosas e florestais submetidas a tratamentos hormonais (NEGI; SHARMA, 2025; SALARI *et al.*, 2023).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A germinação de *Jacaranda cuspidifolia* é influenciada pela condição morfológica do diásporo, sendo que a presença da ala favorece o desempenho germinativo mesmo na ausência de reguladores. A remoção dessa estrutura compromete parâmetros germinativos, efeito parcialmente revertido pela aplicação de ácido giberélico. Assim, a resposta ao GA_3 está condicionada à integridade estrutural da semente. Do ponto de vista prático, recomenda-se a manutenção da ala durante o beneficiamento, ou, quando sua remoção for necessária, o uso de GA_3 como estratégia para mitigar perdas no desempenho germinativo. Estudos futuros que integrem análises anatômicas e histológicas da ala poderão esclarecer os mecanismos precisos de retenção hídrica aqui hipotetizados, bem como a validação desses protocolos em condições de campo.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REFERÊNCIAS

AMARAL, F. S.; SANTOS, M. C.; IMAKAWA, A. M.; LIBERATO, M. A. R.; MELO, M. G. G. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Myrcia bracteata* (Rich.) DC. **FLOVET – Flora, Vegetação e Etnobotânica**, v. 3, n. 14, e2025016, 2025. DOI: 10.59621/flovet.2024.v3.n14.e2025016

ARRUDA, A. L. A.; SOUZA, D. G.; VIEIRA, C. J. B.; OLIVEIRA, R. F.; PAVAN, F. R.; FUJIMURA, C. Q. L.; RESENDE, U. M.; CASTILHO, R. O. Análise fitoquímica e atividade antimicobacteriana de extratos metanólicos de Jacaranda cuspidifolia Mart. (Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 276-281, 2012.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Seed dormancy and germination ecology in tropical forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 49, p. 305-331, 2018. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-110617-062639.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Seed dormancy and germination ecology. **Seed Science Research**, v. 31, n. 3, p. 171-184, 2021. DOI: 10.1017/S0960258521000125.

BATISTA, C. A. S.; FERRAZ, I. D. K.; CALVI, G. P.; SOARES, M. L. C. Germination and morphology of fruits, seeds and seedlings of *Philodendron* Schott species from the Central Amazon. **FLOVET – Flora, Vegetação e Etnobotânica**, v. 1, n. 12, e2023004, 2023. DOI: 10.59621/flovet.2023.v1.n12.e2023004

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: **MAPA**, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: **MAPA**, 2013.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3.ed. **New York: Springer**, 2019. DOI: 10.1007/978-1-4939-9494-7

BOTELHO, R. A.; COSTA, P. P.; SEMPREBOM, J. P.; VIEIRA, C. R. Saturação por Bases e Doses de Fósforo (P) no Crescimento Inicial de Mudas de Jacaranda cuspidifolia. **UNICIÊNCIAS**, v. 28, n. 1, 2024.

BRANCALION, P. H. S., et al. Restoration opportunities and challenges in tropical forests. **Biological Conservation**, v. 238, 108227, 2019. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.108227.

CHEN, J.-Z.; HUANG, X.-L.; XIAO, X.-F.; LIU, J.-M.; LIAO, X.-F.; SUN, Q.-W.; PENG, L.; ZHANG, L. Seed dormancy release and germination requirements of *Cinnamomum migao*, an endangered and rare woody plant in Southwest China. ***Frontiers in Plant Science***, v. 13, art. 770940, 2022.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

COSTA, C. J.; DANTAS, B. F. Seed priming and pre-germinative treatments in forest species: physiological responses and limitations. **Seed Science Research**, v. 31, n. 1, p. 1-12, 2021. DOI: 10.1017/S0960258520000393.

FARIA, R. A. P. G.; VALENTINI, C. M. A.; ALBUQUERQUE, M. C. F. E.; COELHO, M. F. B. Tratamentos pré-germinativos de sementes de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. (Moraceae). **FLOVET**, v. 1, n. 9, 2017.

FERREIRA, J. C. V. **Mato Grosso e seus municípios**. Cuiabá: Buriti, 2020.

FINCH-SAVAGE, W. E.; FOOTITT, S. Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. ***Journal of Experimental Botany***, v. 68, n. 4, p. 843-856, 2017.

GENTRY, A. H. Tropical Forest Biodiversity: Distributional Patterns and Their Conservational Significance. **Oikos**, v. 63, n. 1, p. 19–28, 1992.

KHAN, M. N.; MOBIN, M.; ABBAS, Z. K.; ALMUTAIRY, S. M. Role of plant growth regulators in germination and seedling development. **Plant Physiology Reports**, v. 25, p. 1-15, 2020. DOI: 10.1007/s40502-020-00530-4

KIM, H. M.; KIM, J. H.; LEE, D. H.; JUNG, Y. H.; PARK, C. Y.; LEE, M. H.; KIM, K. M.; LEE, J. H.; NA, C. S. Non-deep simple morphophysiological dormancy and germination characteristics of *Gentiana triflora* var. *japonica*. **Plants**, v. 10, n. 10, 1979, 2021. DOI: 10.3390/plants10101979

KOŁODZIEJEK, J.; PATYKOWSKI, J.; WALA, M. Effect of light, gibberellic acid and nitrogen source on germination of eight taxa from disappearing European temperate forest, ***Potentillo albae-Quercetum*. Scientific Reports**, v. 7, art. 13924, 2017.

LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes. **Washington: Organização dos Estados Americanos**, 1983.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. **Nova Odessa**: **Instituto Plantarum**, 2002.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. DOI: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

MAITELLI, G. T. Clima e hidrografia do Estado de Mato Grosso. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, v. 1, p. 25-42, 1994.

MARCHETTI, F. F.; CALVI, G. P. Diaspore morphology and germination strategies in tropical tree species. **Trees – Structure and Function**, v. 36, p. 1431-1444, 2022. DOI: 10.1007/s00468-022-02252-1.

NAZIH, A.; BAGHOUR, M.; MAATOUGUI, A.; ABOUKHALID, K.; CHIBOUB, B.; BAZILE, D. Effect of gibberellic acid and mechanical scarification on the germination and seedling stages of

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Chenopodium quinoa Willd. under salt stress. **Plants**, [s. l.], v. 13, art. 1330, 2024. DOI: 10.3390/plants13101330.

NEGI, P. S.; SHARMA, S. Effect of different concentrations of gibberellic acid on seed germination behaviour and seedling vigour index of *Betula utilis* D. Don. **Annals of Arid Zone**, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 199-204, 2025. DOI: 10.56093/aazv64i2.161434.

NONOGAKI, H.; BASSO, M. F.; NAMBARA, E**.** The molecular and genetic basis of seed dormancy and germination. **Plant and Cell Physiology**, v. 61, n. 1, p. 39-50, 2020.

PAIXÃO, M. V.; GROBÉRIO, R. B. C.; HOFFAY, A. C. N.; CORREA, A. C.; CREMONINI, G. M. Ácido giberélico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro. **Agrotrópica**, v. 33, n. 2, p. 143-148, 2021.

RAU, M. et al. Germination physiology and seedling performance of tropical forest species under different hormonal treatments. **Forest Ecology and Management**, v. 482, 2021.

RAVINDRAN, P.; KUMAR, P. P. Regulation of seed germination: the involvement of gibberellic acid signaling. **Molecular Plant**, v. 12, n. 1, p. 24-26, 2019. DOI: 10.1016/j.molp.2018.12.013

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. **Vienna: R Foundation for Statistical Computing**, 2021.

SALARI, H.; KUMAR, S. S.; WANI, O. A.; KUMAR, S.; KUMAR, V. V. Sowing media and gibberellic acid influences germination and seedling growth of chilgoza pine (*Pinus gerardiana* Wall). **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 35, n. 24, p. 84-99, 2023.

SANSON, D.; GARRETT, A. T. de A.; PERES, F. S. B.; BOBROWSKI, R. New understanding of factors influencing the seed germination of *Jacaranda micrantha* (Cham.), an aesthetically appealing native species. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 71, e71044, 2024. DOI: 10.1590/0034-737X2024710044.

SANTOS, P. L.; SILVA, A. R.; COSTA, M. L.; OLIVEIRA, F. A. Gibberellic acid enhances seed germination and seedling vigor of tropical tree species. **Trees – Structure and Function**, v. 33, p. 1203-1215, 2019. DOI: 10.1007/s00468-019-01859-5.

SCALON, S. P. Q. Germinação e dormência de sementes florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2006. DOI: 10.1590/S0101-31222006000100001.

SILVA, R. R. P.; MARTINS, S. V.; SILVA, E.; SOUZA, P. B. Seed germination traits and seedling establishment of tropical tree species used in restoration. **Forest Ecology and Management**, v. 476, 118484, 2020. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118484.

SILVA, M; OLIVEIRA, L. S.; RADAELLI, J. C.; PORTO, A. H.; WAGNER JUNIOR, A. Estratificação e uso de giberelina em sementes de Psidium cattleianum. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, Guarapuava**, v. 11, n. 3, p. 121-125, set./dez. 2018. DOI: 10.5935/PAeT.V11N3.12.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. **Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética**, 1992.

Digitally signed by RECIMA21 REVISTA CIENTIFICA MULTIDISCIPLINAR LTDA:40166538000105
Timestamp: 2026-04-29 14:08:25 -03:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.