

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de
27/08/2026

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until
August 27, 2026

TAISE CONCEIÇÃO RODRIGUES

**INDICADORES MULTIESPECTRAIS E FISIOLÓGICOS: ESTRATÉGIAS PARA
OTIMIZAR A COLETA DE SEMENTES E A SOBREVIVÊNCIA DE PLÂNTULAS
DE *Jacaranda mimosifolia* D. DON**

Botucatu

2026

TAISE CONCEIÇÃO RODRIGUES

**INDICADORES MULTIESPECTRAIS E FISIOLÓGICOS: ESTRATÉGIAS PARA
OTIMIZAR A COLETA DE SEMENTES E A SOBREVIVÊNCIA DE PLÂNTULAS
DE *Jacaranda mimosifolia* D. DON**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Ciência Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Aparecido
Amaral da Silva

Coorientador: Dr. Gustavo Roberto
Fonseca de Oliveira

Botucatu

2026

R696i

Rodrigues, Taíse Conceição

Indicadores multiespectrais e fisiológicos: estratégias para otimizar a coleta de sementes e a sobrevivência de plântulas de jacaranda mimosifolia D. Don / Taíse Conceição Rodrigues. -- Botucatu, 2026
63 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Edvaldo Aparecido Amaral da Silva

Coorientador: Gustavo Roberto Fonseca de Oliveira

1. Jacarandá. 2. Maturação de sementes. 3. Refletância multiespectral. 4. Tecnologias de imagem de sementes. 5. Tolerância à dessecação. I. Título.

Impacto potencial desta pesquisa

A pesquisa com sementes de *Jacaranda mimosifolia* demonstra o potencial da análise de imagens e do aprendizado de máquina como ferramentas inovadoras para classificação automatizada de sementes florestais. A integração de informações espectrais, morfológicas e de textura permitiu distinguir estádios de desenvolvimento, classes de dispersão e níveis de vigor de forma não destrutiva, rápida e precisa. Essa abordagem amplia as possibilidades de monitoramento da qualidade fisiológica e da identificação precisa dos estádios ideais de colheita de frutos e sementes, favorecendo uma produção de mudas mais eficiente e uniforme. Além disso, a metodologia apresenta potencial de aplicação em outras espécies, consolidando-se como uma ferramenta promissora para estudos de tecnologia e fisiologia de sementes florestais. Assim, o estudo contribui diretamente para o avanço na silvicultura de precisão, oferecendo bases tecnológicas para aprimorar a produção, conservação e seleção de sementes no setor florestal.

Potential Impact of this research

Research on *Jacaranda mimosifolia* seeds demonstrates the potential of image analysis and machine learning as innovative tools for automated classification of forest seeds. The integration of spectral, morphological, and texture information enabled the distinction of developmental stages, dispersal classes, and vigor levels in a non-destructive, rapid, and accurate manner. This approach expands the possibilities for monitoring physiological quality and precisely identifying the optimal stages for fruit and seed harvest, supporting more efficient and uniform seedling production. Furthermore, the methodology shows potential for application to other species, establishing itself as a promising tool for studies on seed technology and forest seed physiology. Thus, the study directly contributes to advances in precision forestry, providing technological foundations to improve seed production, conservation, and selection in the forestry sector.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

INDICADORES MULTIESPECTRAIS E FISIOLÓGICOS: ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAR A COLETA DE SEMENTES E A SOBREVIVÊNCIA DE PLÂNTULAS DE *Jacaranda mimosifolia* D. DON

AUTORA: TAÍSE CONCEIÇÃO RODRIGUES

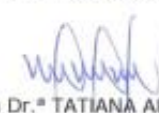
ORIENTADOR: EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA

COORIENTADOR: GUSTAVO ROBERTO FONSECA DE OLIVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciência Florestal, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. EDVALDO APARECIDO AMARAL DA SILVA (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA



P/ Prof. Dr. JOSÉ MÁRCIO ROCHA FÁRIA (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal de Lavras



P/ Prof. Dr. CLÍSSIA BARBOZA MASTRANGELO (Participação Virtual)
Centro de Energia Nuclear na Agricultura / Universidade de São Paulo



P/ Prof. Dr. THIAGO BARBOSA BATISTA (Participação Virtual)
Divisão de Produtividade Agroindustrial e Alimentos / Universidade de São Paulo

Botucatu, 27 de fevereiro de 2026.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar presente em todos os momentos, concedendo força e sustentação mesmo diante das dificuldades.

Agradeço à minha família, em especial às mulheres que sempre foram meu alicerce: minha mãe, Naide; minha avó, Zelita; minha irmã, Érica; e minhas tias, Nai e Nide, pelo apoio incondicional ao longo de toda a minha trajetória.

Registro meu agradecimento ao professor Edvaldo Aparecido Amaral pela orientação, confiança e direcionamento ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao Gustavo Fonseca pela coorientação, contribuição fundamental na fase final da pesquisa e pelos valiosos conselhos sempre oferecidos com sensibilidade e clareza.

Agradeço à Val pelos ensinamentos e pelo acolhimento no Laboratório de Fisiologia e biologia molecular de sementes.

Aos amigos que tornaram meu período em Botucatu mais leve e acolhedor, Vitor, Renata e Aline, deixo meu sincero agradecimento. Da mesma forma, agradeço aos amigos do Laboratório Dennis, Ana, Brunna, Michelaine, Tamires, Monica e Felipe cuja convivência e colaboração foram essenciais para enriquecer minha experiência durante o doutorado.

Agradeço à Professora Clíssia e ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) pelo apoio e pela realização das análises de imagens, fundamentais para o desenvolvimento deste estudo. Agradeço também ao Professor Tiago e à ESALQ-USP pelo suporte e pela condução das análises de RLM nas sementes.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho e para meu crescimento pessoal e profissional.

“Por isso, digo sempre aos meninos e meninas que têm origem parecida com a minha: não há vida com limite preestabelecido. Seu lugar é aquele em que você sonhar estar”.

Lazaro Ramos

RESUMO

A maturação das sementes é um fator determinante para a aquisição da qualidade fisiológica das sementes, influenciando diretamente a viabilidade, o vigor e a capacidade de estabelecimento no campo. A análise multiespectral surgiu como uma ferramenta eficaz para caracterizar, de forma não destrutiva, atributos relacionados à maturação, morfometria, composição química e à qualidade fisiológica das sementes. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi verificar se imagens multiespectrais permitem a discriminação de estádios de desenvolvimento de sementes de *Jacaranda mimosifolia* D. Don e investigar se a inibição da síntese de giberelinas, por meio do tratamento com paclobutrazol, é capaz de reinduzir a tolerância à dessecação em sementes germinadas. Inicialmente, foram avaliados frutos em três estádios (verde, marrom não disperso e disperso), e suas sementes foram caracterizadas com base em métricas físicas, germinação, vigor e assinaturas espectrais obtidas utilizando o VideometerLab4™. Em seguida, exploramos como padrões espectrais e morfométricos se relacionam com a qualidade fisiológica. Para reindução da TD foi realizada embebição com solução de paclobutrazol (500 mmol) em sementes germinadas com raiz primárias entre 1 e 4 mm. Ao contrário do esperado, os principais resultados mostraram que frutos verdes produziram sementes menores, porém com maior viabilidade, embriões íntegros e maior percentual de germinação. A Análise de Componentes Principais revelou mudanças pronunciadas na estrutura física, fisiológica e espectral ao longo da maturação, com sementes esverdeadas associadas a atributos relacionados ao vigor, enquanto sementes marrons dispersas apresentaram maior mortalidade e menor desenvolvimento inicial. As análises multiespectrais apresentaram valores mais altos para propriedades de cor e brilho (CIELab L*), autofluorescência intensa (630/700 nm), padrões espectrais mais definidos e menor heterogeneidade superficial (GLN) nas sementes com melhor desempenho. Demonstramos que a integração de parâmetros físicos, fisiológicos e multiespectrais permite identificar o estágio de desenvolvimento mais apropriado para a colheita dos frutos, garantindo sementes com maior qualidade e vigor. Demonstramos também que na ausência de GA, as plântulas desenvolveram estratégias de sobrevivência, caracterizadas pela formação de raízes adventícias ou secundárias. Além disso, a taxa de sobrevivência após a dessecação foi diretamente influenciada pelo comprimento da raiz primária.

Palavras-chave: Jacarandá; maturação de sementes; refletância multiespectral; tecnologias de imagem de sementes; tolerância à dessecação.

ABSTRACT

Seed maturation is a determining factor for the acquisition of seed physiological quality, directly influencing viability, vigor, and the capacity for field establishment. Multispectral analysis has emerged as an effective tool to non-destructively characterize attributes related to seed maturation, morphometry, chemical composition, and physiological quality. In this context, the objective of this study was to verify whether multispectral images allow the discrimination of developmental stages of *Jacaranda mimosifolia* D. Don seeds and to investigate whether the inhibition of gibberellin synthesis, through treatment with paclobutrazol, is capable of reinducing desiccation tolerance in germinated seeds. Initially, fruits at three stages (green, brown non-dispersed, and dispersed) were evaluated, and their seeds were characterized based on physical metrics, germination, vigor, and spectral signatures obtained using the VideometerLab4™. Subsequently, we explored how spectral and morphometric patterns relate to physiological quality. For DT reinduction, imbibition was performed with a paclobutrazol solution (500 mmol) in germinated seeds with primary roots between 1 and 4 mm. Contrary to expectations, the main results showed that green fruits produced smaller seeds, but with higher viability, intact embryos, and a higher germination percentage. Principal Component Analysis revealed pronounced changes in physical, physiological, and spectral structure throughout maturation, with greenish seeds associated with attributes related to vigor, whereas dispersed brown seeds showed higher mortality and lower initial development. Multispectral analyses showed higher values for color and brightness properties (CIELab L*), intense autofluorescence (630/700 nm), more defined spectral patterns, and lower surface heterogeneity (GLN) in seeds with better performance. We demonstrate that the integration of physical, physiological, and multispectral parameters allows the identification of the most appropriate developmental stage for fruit harvest, ensuring seeds with higher quality and vigor. We also demonstrated that, in the absence of GA, seedlings developed survival strategies characterized by the formation of adventitious or secondary roots. Furthermore, the survival rate after desiccation was directly influenced by the length of the primary root.

Keywords: Jacarandá; seed maturation; seed imaging technologies; multispectral reflectance; desiccation tolerance.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Qualidade fisiológicas de sementes florestais durante a dispersão	20
2.2	Tecnologias avançadas para identificação da qualidade fisiológica de sementes	21
2.3	Estratégias fisiológicas para superar o estresse hídrico na germinação de sementes	22
2.4	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Indicadores fisiológicos e espectrais associados aos estádios de maturação dos frutos de <i>Jacaranda mimosifolia</i> D Don	28
3.1.1	Material vegetal	28
3.1.2	Beneficiamento dos frutos e desinfestação de sementes	29
3.1.3	Caracterização morfométrica e peso dos frutos	29
3.1.4	Peso e conteúdo de água das sementes	29
3.1.5	Análise da qualidade fisiológica das sementes	29
3.1.6	Teor de óleo das sementes	30
3.1.7	Análises de imagens	31
3.1.8	Classificação dos estádios de maturação das sementes usando algoritmos de aprendizado de máquina	31
3.2	Reindução de tolerância à dessecação em sementes germinadas de <i>J. mimosifolia</i>	32
3.2.1	Caracterização da curva de embebição das sementes	32
3.2.2	Caracterização da tolerância à dessecação durante a embebição das sementes	32
3.2.3	Crescimento radicular e modulação hormonal sob condições de dessecação	34
3.3	Análise de dados	34
4	RESULTADOS	35

4.1	Caracterização morfométrica e análise da qualidade fisiológica das sementes.....	35
4.2	Teor de óleo das sementes.....	36
4.3	Análises de imagens radiográficas	37
4.4	Perda de tolerância à dessecação durante a embebição das sementes .	38
4.5	Plasticidade radicular sob déficit hídrico: necrose da raiz primária e formação de raízes adventícias como mecanismo ecofisiológico de sobrevivência pós-germinação	40
4.6	Análises de imagens multiespectrais das sementes.....	41
4.6.1	Caracterização morfológica e cromática de sementes	41
4.6.2	Perfis multiespectrais de reflectância das sementes	42
4.6.3	Perfis de autofluorescência das sementes	45
4.6.4	Classificação dos descritores de textura.....	47
4.7	Coeficientes de correlação de Spearman	48
4.8	Análise de Componentes principais.....	50
4.9	Classificação dos estádios de maturação usando diferentes algoritmos de aprendizado de máquina	52
5	DISCUSSÃO	55
5.1	Caracterização física e fisiológica das sementes de jacarandá durante a maturação	55
5.2	Alterações internas das sementes de jacarandá ocorrem ao longo da maturação e do processo de dispersão dos frutos.....	55
5.3	Dinâmica da perda da tolerância à dessecação e a modulação hormonal sob déficit hídrico.....	56
5.4	Perfil multiespectral das sementes: conexões entre maturação, qualidade fisiológica e dispersão dos frutos	57
6	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e a degradação ambiental intensificaram a demanda por programas eficientes de restauração ecológica, ao mesmo tempo em que impulsionaram o mercado por sementes florestais de alta qualidade, a fim de atender às demandas dos clientes, às metas de restauração e aos objetivos de serviços ecossistêmicos (Pati *et al.*, 2025). Nesse contexto, a qualidade fisiológica das sementes, em grande parte determinada pelo estágio de maturidade no momento da colheita, desempenha um papel central no desempenho inicial das plântulas. Atributos como viabilidade, vigor, tolerância ao estresse e capacidade de emergência influenciam diretamente o recrutamento individual e, conseqüentemente, a persistência das populações em ambientes desafiadores (Lee; Schaffer-Morrison, 2024).

No entanto, a germinação bem-sucedida não garante o estabelecimento das plântulas, especialmente em áreas submetidas a condições de seca, altas temperaturas ou baixa disponibilidade de nutrientes, cada vez mais comuns em cenários de restauração (Jalonen *et al.*, 2018). Portanto, identificar sementes capazes de produzir plântulas resilientes é fundamental para garantir a sustentabilidade ecológica de longo prazo dos plantios (Ebone *et al.*, 2020).

Apesar da relevância desse tema, a definição de indicadores precisos de maturidade das sementes ainda representa um desafio para muitas espécies florestais. Tradicionalmente, essa caracterização baseia-se em marcadores como a coloração dos frutos, o acúmulo de massa seca e o vigor, os quais podem variar de acordo com a espécie, o genótipo e as condições ambientais (Donoso *et al.*, 2022). Isso se torna ainda mais crítico para espécies anemocóricas, nas quais a maturação e a liberação das sementes ocorrem de forma irregular, dificultando a padronização dos protocolos de colheita e manuseio (Pedrini; Dixon, 2020).

Diante dessas limitações, estratégias inovadoras têm sido incorporadas à análise de sementes. Abordagens não destrutivas, como a análise de imagens multiespectrais combinada a algoritmos de *machine learning*, permitem uma classificação mais precisa dos diferentes estágios de maturação e a predição do desempenho fisiológico das sementes, eliminando a subjetividade das avaliações tradicionais (Batista *et al.*, 2022; Fonseca de Oliveira; Amaral da Silva, 2024). Essas

tecnologias permitem a identificação de padrões químicos e estruturais que atuam como “impressões digitais”, correlacionadas ao vigor e ao potencial de estabelecimento sob condições de estresse (Fonseca de Oliveira *et al.*, 2024).

Batista *et al.* (2022) demonstrou a viabilidade da espectroscopia de autofluorescência combinada a algoritmos de *machine learning* (RF, NN e SVM) para classificar sementes de soja de acordo com o estágio de maturação, destacando seu potencial para a agricultura de precisão. Fonseca *et al.* (2024); Fonseca de Oliveira; Amaral da Silva (2024) utilizaram a análise de imagens multiespectrais combinada a modelos de *machine learning* para identificar lotes de sementes de amendoim com qualidade superior. Esses achados podem auxiliar na predição de eventos pós-germinação e no fortalecimento de programas de controle de qualidade em larga escala. Fonseca de Oliveira; Amaral da Silva (2024) separaram ainda as sementes de amendoim por estágio de maturação e observaram que os estádios mais avançados apresentaram maior vigor, associado ao aumento dos teores de óleo e minerais. Os dados foram obtidos utilizando Espectroscopia de Plasma Induzido por Laser (*Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*) combinada com Fluorescência de Raios X, confirmando a eficiência das tecnologias mencionadas acima na análise de sementes (Bianchini *et al.*, 2021; Sudki *et al.*, 2023).

Sob déficit hídrico, as plantas apresentam ajustes morfofisiológicos que aumentam a tolerância ao estresse, sendo a modulação hormonal um elemento central na mitigação dos impactos de estressores abióticos. As giberelinas regulam processos-chave, como a absorção de água, a assimilação de CO₂ e os mecanismos de proteção celular, contribuindo para a manutenção do crescimento sob disponibilidade hídrica limitada. Além disso, em conjunto com o ácido abscísico, as giberelinas exercem controle antagonista sobre o desenvolvimento, a maturação e a germinação das sementes, coordenando transições fisiológicas essenciais que sustentam a formação das sementes e o estabelecimento inicial das plântulas (Kozaki *et al.*, 2022). A compreensão do papel desses fitohormônios na tolerância à dessecação esclarece os mecanismos que permitem às sementes resistirem ao estresse hídrico, subsidiando estratégias mais eficazes para a conservação e a produção de mudas (Das *et al.*, 2025).

Jacaranda mimosifolia D. Don, uma espécie exótica amplamente cultivada por seu valor ornamental e cada vez mais utilizada na recuperação de áreas degradadas (Lorenzi, 1998), apresenta um desafio devido à dispersão irregular de suas sementes

aladas, dificultando a definição de estágios fisiológicos e a produção de lotes de sementes uniformes e de alta qualidade. A escassez de estudos sobre a fisiologia de sementes dessa espécie ressalta a necessidade de avanços que subsidiem a produção de mudas mais resilientes a condições ambientais adversas (Sudki *et al.*, 2023).

Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar se imagens multiespectrais permitem a discriminação de estádios de desenvolvimento de sementes de *Jacaranda mimosifolia* D. Don e investigar se a inibição da síntese de giberelinas, por meio do tratamento com paclobutrazol, é capaz de reinduzir a tolerância à dessecação em sementes germinadas.

6 CONCLUSÕES

A maturação dos frutos de *Jacaranda mimosifolia* é um processo dinâmico que compromete a qualidade fisiológica da semente logo após o estágio de máximo vigor.

O estágio de frutos esverdeados não dispersos (T1) é o ponto ideal de colheita, pois as sementes apresentam a maior viabilidade e o maior vigor observados pelo teste de envelhecimento acelerado e o maior acúmulo de reservas (teor de óleo).

A deterioração após a T1 é rápida e marcada por colapso interno na semente (reforçado por Raio-X) e declínio no teor de óleo, culminando em alta mortalidade nos frutos dispersos (T3).

A tolerância à dessecação das sementes germinadas pode ser reestabelecida pela inibição da Giberelina, via PBZ, um achado importante para o desenvolvimento de protocolos de conservação *ex situ*.

A Análise Multiespectral é uma ferramenta não destrutiva e eficaz, sendo a alta luminosidade a alta refletância no NIR e a baixa irregularidade de textura (GLN) os principais indicadores espectrais da qualidade fisiológica superior no estágio T1.

REFERÊNCIAS

- ALPERT, Peter. The limits and frontiers of desiccation-tolerant life. **Integrative and comparative biology**, v. 45, n. 5, p. 685–695, nov. 2005.
- ARAÚJO, Maiara Resende *et al.* Phenological performance of *Jacaranda mimosifolia* D. Don (jacaranda) and *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton (privet) species in urban trees. **Nativa**, v. 10, n. 1, p. 74–82, 2022.
- BARBEDO, Claudio José; CENTENO, Danilo da Cruz; RIBEIRO, Rita de Cássia Leone Figueiredo. Sementes recalcitrantes realmente existem? **Hoehnea**, v. 40, n. 4, p. 583–593, dez. 2013.
- BARBOZA DA SILVA, Clíssia *et al.* Autofluorescence-spectral imaging as an innovative method for rapid, non-destructive and reliable assessing of soybean seed quality. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 1 dez. 2021.
- BATISTA, Thiago Barbosa *et al.* A Reliable Method to Recognize Soybean Seed Maturation Stages Based on Autofluorescence-Spectral Imaging Combined With Machine Learning Algorithms. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 14 jun. 2022.
- BERJAK, Patricia; PAMMENTER, Norman W. Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. **Frontiers in plant science**, v. 4, n. NOV, 22 nov. 2013.
- BIANCHINI, Vitor de Jesus Martins *et al.* Multispectral and X-ray images for characterization of *Jatropha curcas* L. seed quality. **Plant Methods**, v. 17, n. 1, 1 dez. 2021.
- BUITINK, Julia *et al.* The re-establishment of desiccation tolerance in germinated radicles of *Medicago truncatula* Gaertn. seeds. **Seed Science Research**, v. 13, n. 4, p. 273–286, dez. 2003.
- CHINACHOTI, Pavinee; KRYGSMAN, Peter H. Application of Low-Resolution NMR for Simultaneous Moisture and Oil Determination in Food (Oilseeds). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, v. 01, n. 1, abr. 2001.
- CROMARTY, A. S.; ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. **The design of seed storage facilities for genetic conservation**, v. 1, 1982.
- DAS, Shubranil *et al.* Phytohormonal signaling in plant resilience: advances and strategies for enhancing abiotic stress tolerance. **Plant Growth Regulation**, v. 105, n. 2, p. 329–360, 27 jan. 2025.
- DE OLIVEIRA, Jamille Rabêlo *et al.* Characterization of seeds, seedlings and initial growth of *jacaranda mimosifolia* d. Don. (Bignoniaceae). **Revista Árvore**, v. 42, n. 4, p. e420403, 2018.

DENISSEN, Jasper M. C. *et al.* Intensified future heat extremes linked with increasing ecosystem water limitation. **Earth System Dynamics**, v. 15, n. 3, p. 717–734, 11 jun. 2024.

DESTA, Bizuayehu; AMARE, Getachew. Paclobutrazol as a plant growth regulator. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture 2020 8:1**, v. 8, n. 1, p. 1-, 7 jan. 2021.

DONOSO, Isabel *et al.* Drivers of Ecological and Evolutionary Disruptions in the Seed Dispersal Process: Research Trends and Biases. *Frontiers in Ecology and Evolution*, **Frontiers Media S.A.**, v.22, fev. 2022.

EBONE, Luciano Antônio *et al.* Soybean seed vigor: Uniformity and growth as key factors to improve yield. **Agronomy**, v. 10, n. 4, 2020.

ELMASRY, Gamal *et al.* Recent Applications of Multispectral Imaging in Seed Phenotyping and Quality Monitoring-An Overview. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 19, n. 5, mar. 2019.

FARRANT, Jill M. A comparison of mechanisms of desiccation tolerance among three angiosperm resurrection plant species. **Plant Ecology**, v. 151, n. 1, p. 29–39, 2000.

FELIX, Francival Cardoso *et al.* Characterization and differentiation of forest species by seed image analysis: a new methodological approach. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 3, p. 1-18, 30 ago. 2023.

MARCOS FILHO, Julio Marcos *et al.* Relationship of vigor tests in soybean seeds to seedling emergence. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, p. 605–613, 1984.

FONSECA DE OLIVEIRA, Gustavo Roberto *et al.* Spectroscopy Technologies to Screen Peanut Seeds with Superior Vigor Through “Chemical Fingerprinting”. **Agronomy**, v. 14, n. 11, 1 nov. 2024.

FONSECA DE OLIVEIRA, Gustavo Roberto; Amaral da Silva, Edvaldo Aparecido. Tropical peanut maturation scale for harvesting seeds with superior quality. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, 2024.

FRANÇA-SILVA, Fabiano *et al.* Detection of *Drechslera avenae* (Eidam) Sharif [*Helminthosporium avenae* (Eidam)] in Black Oat Seeds (*Avena strigosa* Schreb) Using Multispectral Imaging. **Sensors 2020, Vol. 20**, v. 20, n. 12, p. 1–10, 11 jun. 2020.

Full Issue: English - French. **International Rules for Seed Testing**, v. 2022, n. 1, p. i-19–8, 25 nov. 2021.

GOMES, Érica Souza *et al.* Ultrasound technology supplements zinc in soybean seeds and increases the photosynthetic efficiency of seedlings. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 227, ago, 2024.

HAYGERT LENCINA, Kelen I.; FAUERHARMEL, Mariana II. Selection of *Jacaranda mimosifolia* genotypes for vegetative propagation by minicutting Seleção de genótipos de *Jacaranda mimosifolia* para a propagação vegetativa por miniestaquia. **Ciência Florestal**, v. 35, p. 1–20, 2025.

JALONEN, Riina *et al.* Forest and landscape restoration severely constrained by a lack of attention to the quantity and quality of tree seed: Insights from a global survey. **Conservation Letters**Wiley-Blackwell, v.1, jul. 2018.

KAMBHAMPATI, Shrikaar *et al.* Temporal changes in metabolism late in seed development affect biomass composition. **Plant physiology**, v. 186, n. 2, p. 874–890, 1 jun. 2021.

KOZAKI, Akiko *et al.* Molecular Aspects of Seed Development Controlled by Gibberellins and Absciscic Acids. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 3, 6 fev. 2022.

LEE, Benjamin R.; SCHAFFER-MORRISON, Samuel. Forests of the future: the importance of tree seedling research in understanding forest response to anthropogenic climate change. **Tree Physiology**, v. 44, n. 5, p. tpae039, 1 maio 2024.

LEPRINCE, Olivier *et al.* Late seed maturation: Drying without dying. **Journal of Experimental Botany**Oxford University Press, v.1, fev. 2017.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. 2003.

LORENZI, Harri. **Arvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**.: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998.

MAIA, Julio *et al.* Absciscic acid (ABA) sensitivity regulates desiccation tolerance in germinated Arabidopsis seeds. **The New phytologist**, v. 203, n. 1, p. 81–93, 2014.

MARQUES, Alexandre *et al.* Induction of desiccation tolerance in desiccation sensitive Citrus limon seeds. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 61, n. 5, p. 624–638, 1 maio 2019.

MAYRINCK, Rafaella Carvalho; VAZ, Tatiana Arantes Afonso; DAVIDE, Antonio Claudio. Classificação fisiológica de sementes florestais quanto à tolerância à dessecação e ao comportamento no armazenamento. **Cerne**, v. 22, n. 1, p. 85–92, 1 jan. 2016.

MHASKE, Tushar *et al.* Mechanism of fruit ripening and seed development: A review. **International Journal of Research in Agronomy**, v. 7, n. 7, p. 123–136, 2024.

MICHELON, Thomas B.; SERRA NEGRA VIEIRA, Elisa; PANOBIANCO, Maristela. Spectral imaging and chemometrics applied at phenotyping in seed science studies: A systematic review. **Seed Science Research**, v. 33, n. 1, p. 9–22, 1 mar. 2023.

MININEL, Francisco José; MÁRCIA, Silvana; MININEL, Ximenes. Prospecção fitoquímica preliminar de frutos de *Jacaranda mimosifolia* (jacarandá-mimoso). **Revista Tópicos**, v. 3, n. 22, p. 1–12, 20 jun. 2025.

MORAES, Tiago Bueno; COLNAGO, Luiz Alberto. Noninvasive Analyses of Food Products Using Low-field Time-domain NMR: A Review of Relaxometry Methods. **Brazilian Journal of PhysicsSpringer**, v.1, 1 abr. 2022.

NAZ, Rabia *et al.* GC-MS analysis, antimicrobial, antioxidant, antilipoxygenase and cytotoxic activities of *Jacaranda mimosifolia* methanol leaf extracts and fractions. **PloS one**, v. 15, n. 7, 1 jul. 2020.

PATI, Pranab Kumar *et al.* Ecological dilemma: Invasive *Gliricidia sepium* improves carbon sequestration but decline diversity during secondary succession in tropical dry deciduous forest communities of Central India. **Environmental Challenges**, v. 20, 1 set. 2025.

PEDRINI, Simone; DIXON, Kingsley W. International principles and standards for native seeds in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 28, n. S3, p. S286–S303, 1 ago. 2020.

PETRONILIO, Ana Carolina Picinini *et al.* Smart and accurate: A new tool to identify stressed soybean seeds based on multispectral images and machine learning models. **Smart Agricultural Technology**, v. 12, 1 dez. 2025.

Reglas Internacionales para Análisis de Semillas 2020 Métodos Validados para Análisis de Sanidad de Semillas. 2020.

SCHUPP, Eugene W. *et al.* Intrinsic and extrinsic drivers of intraspecific variation in seed dispersal are diverse and pervasive. **AoB PLANTSOxford University Press**, v.1, 1 dez. 2019.

SOCOLOWSKI, Fábio; TAKAKI, Massanori. Germination of *Jacaranda mimosifolia* (D. Don - Bignoniaceae) seeds: effects of light, temperature and water stress. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 5, p. 785–792, 2004.

SUDKI, Julia Marconato *et al.* Fungal identification in peanuts seeds through multispectral images: Technological advances to enhance sanitary quality. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.

VAN DEN ELZEN, Courtney L.; SIGMAN, Nathan; EMERY, Nancy C. Do seed dispersal strategies reflect adaptation to environmental variability? **Functional Ecology**, v. 37, n. 7, p. 1922–1934, 1 jul. 2023.

VIDYA, P. R.; JOSE, P. A. Physiological Maturity of Tropical Forest Seeds: A Boon to Improved Harvest and Storage Practice of Recalcitrant Seeds? **International Journal of Economic Plants**, v. 10, n.2, p. 136–142, mai. 2023.

VIEIRA, Carlos Vinicio *et al.* Stress-associated factors increase after desiccation of germinated seeds of *Tabebuia impetiginosa* Mart. **Plant Growth Regulation**, v. 62, n. 3, p. 257–263, dez. 2010.

VISHAL, Bhushan; KUMAR, Prakash P. Regulation of Seed Germination and Abiotic Stresses by Gibberellins and Absciscic Acid. **Frontiers in plant science**, v. 9, 20 jun. 2018.

WU, Yu *et al.* Biochemical Changes during Fruit and Seed Development in Nanjing Linden (*Tilia miqueiana* M.). **Forests**, v. 14, n. 5, 1 maio 2023