

# RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,  
o texto completo desta dissertação  
será disponibilizado somente a partir  
de 30/03/2024.

---

**PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL)**

---

**ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE SEMENTES DE ESPÉCIES DE CERRADO  
RELACIONADOS AO FOGO**

**RAMON MONTEIRO BAILON**

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL)**

---

**ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE SEMENTES DE ESPÉCIES DE CERRADO  
RELACIONADOS AO FOGO**

**RAMON MONTEIRO BAILON**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Orientadora: Dra. Aline Redondo Martins

B158a Bailon, Ramon Monteiro  
Atributos morfológicos de sementes de espécies de Cerrado relacionados ao fogo / Ramon Monteiro Bailon. -- Rio Claro, 2022  
70 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro  
Orientadora: Aline Redondo Martins

1. Morfologia Vegetal. 2. Anatomia Vegetal. 3. Anatomia de Sementes. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Atributos morfológicos de sementes de espécies de Cerrado relacionados ao fogo**

**AUTOR: RAMON MONTEIRO BAILON**

**ORIENTADORA: ALINE REDONDO MARTINS**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL), área: Biologia Vegetal pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. ALINE REDONDO MARTINS (Participação Virtual)  
Departamento de Biologia e Zootecnia / UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - SP



Profa. Dra. JULIANA MARZINEK (Participação Virtual)  
Departamento de Botânica - Instituto de Biologia/UFU



Profa. Dra. ALINE BERTOLOSI BOMBO (Participação Virtual)  
Pós-Doutoranda do Departamento de Botânica / IB Rio Claro

Rio Claro, 30 de março de 2022

Dedico a Deus e a mim

## **Agradecimentos**

A Deus por ter me concebido a vida, a todas as pessoas que me apoiaram nesta lida, meus pais e minha irmã e aos amigos Ana Flávia, Daniel Chaves e Silmara Moraes. À professora Dra. Rosana Kolb pela iniciação da minha carreira científica, à professora Dra. Aline Martins pela parceria, respaldo e orientação na produção deste projeto, à professora Dra. Alessandra Fidelis e à Me. Heloiza Zironi pelo fornecimento das sementes e a todos os professores que contribuíram para o meu crescimento intelectual. Às pessoas que me receberam em Ilha Solteira e no laboratório onde trabalhei.

Às instituições Unesp e agências financiadoras: processo nº 130691/2020-8, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e processo nº 19/09903-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), por terem sido o meio para a elaboração deste trabalho e por contribuírem para o desenvolvimento do Brasil.

Muito Obrigado!

“Eu pedi a ajuda do SENHOR, e ele me respondeu; ele me livrou de todos os meus medos”

Salmos 34:4.



## RESUMO

No Brasil há uma considerável área de ecossistemas propensos ao fogo que exibem uma vegetação lenhosa esparsa com predominância de espécies herbáceas. São pertencentes majoritariamente ao domínio Cerrado. Os vegetais presentes certamente passaram por um processo de seleção natural para conseguirem suportar uma condição tão adversa. A adaptação gira em torno de estratégias vegetativas, com órgãos resistentes, protegidos e podendo apresentar gemas, e estratégias reprodutivas, como a floração pós-fogo, deiscência de frutos em função das chamas e produção de sementes cuja germinação responde positivamente ao fogo e/ou à fumaça. Este trabalho avaliou a anatomia de sementes de 18 espécies do estrato rasteiro em três famílias (Melastomataceae, Velloziaceae e Xyridaceae). Espécies responsivas ou não aos tratamentos com choque térmico e fumaça. O objetivo foi avaliar, com microscopia ótica e eletrônica, atributos teciduais que podem nortear o tipo de resposta. O estudo morfológico mostrou que há características peculiares em relação à forma da semente e ornamentação do tegumento, mas não revelou grandes diferenças entre espécies responsivas ou não responsivas a fumaça. A histoquímica revelou para família Melastomataceae que não há amido como substância de reserva, ao contrário de *Vellozia*, onde o mesmo teste acusou grande quantidade de amido. Para lipídios o resultado variou entre as espécies. Para as espécies de *Xyris* foi identificado o amido, já os lipídios ficaram restritos a membrana das células embrionárias. Com relação às análises fisiológicas em Melastomataceae não foi possível quantificar amido extraído enfatizando o que foi amostrado nos testes histoquímicos. Já as espécies de *Vellozia* tiveram altos índices de amido nas análises fisiológicas corroborando com o que foi observado nos testes histoquímicos, com exceção de *V. albiliflora* que não apresentou amido nas análises fisiológicas, porém grãos de amido foram verificados nos testes histoquímicos. Aparentemente não foi observada correlação direta entre espécies que respondem positivamente à fumaça com a presença ou não de amido, uma vez que há espécies com tal tipo de reserva que apresentam resposta positiva na germinação quando tratadas com a fumaça. O mesmo pode ser aplicado para lipídios e proteínas.

**Palavras-chave:** semente, anatomia, histoquímica, fumaça.

## ABSTRACT

In Brazil, there is a considerable area of fire-prone ecosystems that exhibit sparse woody vegetation with a predominance of herbaceous species. The present vegetables have certainly gone through a process of natural selection to be able to withstand such an adverse condition. Adaptation revolves around vegetative strategies, with resistant, protected organs that may have buds, and reproductive strategies, such as post-fire flowering, fruit dehiscence due to flames, and production of seeds whose germination responds positively to fire and/or the smoke. This work evaluated the seed anatomy of 18 species from the low stratum in three families (Melastomataceae, Velloziaceae and Xyridaceae) with responsive species or not to treatments with thermal shock and smoke. The objective was to evaluate, with optical and electronic microscopy, tissue attributes that can guide the type of response. The morphological study showed that there are particular characteristics about seed shape and seed coat ornamentation, but did not reveal major differences between responsive and non-responsive species. Histochemistry revealed for the Melastomataceae family that there is no starch as a reserve substance, unlike *Vellozia*, where the same test showed a large amount of starch. For lipids, the result varied between species. Starch was identified for *Xyris* species, whereas lipids were restricted to the membrane of the embryo's cells. Regarding the physiological analyzes in Melastomataceae, it was not possible to quantify extracted starch, emphasizing what was sampled in the histochemical tests. The species of *Vellozia* had high levels of starch in the physiological analyzes corroborating what was observed in the histochemical tests, except *V. albiliflora* which did not show starch in the physiological analyses, but starch grains were verified in the histochemical tests. No direct correlation was observed between species that respond positively to smoke with the presence or absence of starch, since there are species with this type of reserve that present a positive response in germination when treated with smoke. The same can be applied to lipids and proteins.

**Key-words:** seed, anatomy, histochemistry, smoke.

## Sumário

INTRODUÇÃO GERAL .....	9
<i>Fumaça e fogo</i> .....	10
Melastomataceae .....	11
Velloziaceae .....	12
Xyridaceae .....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
CAPÍTULO 1. DESCRIÇÃO MORFOANATÔMICA DE SEMENTES PROPENSAS AO FOGO DO CERRADO .....	17
RESUMO .....	17
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	19
Material botânico.....	19
Microscopia Eletrônica de Varredura.....	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
CAPÍTULO 2. ANÁLISE HISTOQUÍMICA E TIPOS DERESERVA DE SEMENTES DO CERRADO RESPONSIVAS À FUMAÇA .....	43
RESUMO .....	43
INTRODUÇÃO.....	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
Estudos anatômicos .....	45
Análises fisiológicas.....	46
Quantificação de proteína.....	46
Quantificação de aminoácidos.....	46
Quantificação de açúcares solúveis totais .....	46
Extração e Quantificação de Amido.....	46
Quantificação de Compostos fenólicos .....	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69

## INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado é um domínio fitogeográfico, constituído de uma considerável diversidade paisagística, começando por campos limpos e adensando para campo sujo, campo cerrado, cerrado sensu stricto até floresta (Coutinho, 1982). A maioria do seu vasto território, localizado principalmente no Brasil central (originalmente de 2.000.000 km<sup>2</sup>, 21% do Brasil (Klink & Machado, 2005) é composto principalmente por savanas, que são caracterizadas pela falta de um dossel contínuo, o que permite a passagem abundante de luz, onde espécies herbáceas conseguem prosperar e compor cerca 80% da flora (Sano & Ribeiro, 2008; Coutinho 2002; Coutinho, 1978; Furley, 1999; Klein, 2002).

Nas fisionomias mais abertas, o fogo ocorre naturalmente, por consequência de raios, no início e ao final da estação chuvosa (Ramos-Neto & Pivello, 2000). Tal distúrbio selecionou, há cerca de 4 milhões de anos, espécies com uma adaptação característica e eficiente (Simon *et al.*, 2009). O papel ecológico do fogo foi alertado por Durigan & Ratter (2016), onde frisaram que políticas de supressão total do fogo são uma ameaça para o Cerrado.

Há duas estratégias adaptadas a suportar a passagem do fogo para proteger o indivíduo e suas gemas. Em arbóreas e arbustivas consiste, mais notadamente, em uma periderme caulinar espessa, agindo como uma barreira física de proteção de gemas (Coutinho, 1982). Em espécies sublenhosas ou não lenhosas, o próprio solo atua como isolante térmico (Coutinho, 1982). A parte aérea da planta pode ser completamente destruída, mas a presença de estruturas subterrâneas de armazenamento com potencial regenerativo, como rizomas, bulbos, xilopódios e tubérculos, confere à planta um caráter tenaz, sendo adequado para regenerar (Coutinho, 1982; Ferri, 1960).

Clarke *et al.* (2013) mostraram que a estratégia formada por barreiras físicas isolantes pode ser definida como de “resistência” enquanto a que é baseada em órgãos subterrâneos de rebrote é uma estratégia de “resiliência”. Sementes com dormência física podem apresentar um meio para proteger não o indivíduo, mas a espécie, já que são capazes de prover uma germinação heterogênea ao longo do tempo, como uma estratégia reprodutiva (Lacerda *et al.*, 2004).

A morfologia da semente, de uma maneira geral, consiste em envoltório, endosperma e embrião. O tegumento de semente é oriundo dos integumentos do saco embrionário, podendo ser dividido em duas camadas (testa e tégmen). Possui cicatrizes como hilo e micrópila, sendo o hilo a mais visível. O envoltório pode ser lignificado quando completamente desenvolvido. O endosperma quase sempre é triploide, oriundo da fecundação dos núcleos polares do óvulo

pelo segundo núcleo vegetativo do grão de pólen. O endosperma tem por função nutrir o embrião e a plântula. O embrião, por sua vez, tem origem da fecundação do primeiro núcleo espermático com a oosfera (Raven et al., 2001, Baskin & Baskin, 1998, Tobe & Raven, 1988).

A entrada de água na semente é pré-requisito para a germinação, uma vez que a embebição possibilita processos metabólicos na semente, órgão mais desidratado de toda a planta (Bradford, 1995). A embebição favorece a atuação da giberelina, que em quantidade pertinente, consegue desencadear sua atividade promotora sobre o embrião (Baskin & Baskin, 2004), culminando na germinação. A entrada de água na semente é possibilitada por sítios específicos. As cicatrizes do tegumento (*water gaps*) podem servir de canal: hilo (antiga ligação da semente com o funículo), micrópila (poro de passagem dos núcleos polar e espermático na fase de óvulo, mas que persiste na semente e pode ser funcional para a embebição), e outros mais específicos de determinados clados como lente, que consiste numa protuberância que pode se sensível a condições ambientais, pleurograma, que é uma estrutura da região extra-hilar comum em Fabaceae que pode ser funcional ou não, e até diversos microporos que se distribuem pela testa (Omar & Albornoz, 2013, Jaganathan, 2015; Rodrigues-Júnior et al., 2019; Baskin, 2003), indicando que a morfologia da semente também tem um papel na entrada de água.

As espécies foram escolhidas por fazerem parte de ecossistemas do Cerrado que são propensos ao fogo. A fim de ratificar a convergência evolutiva em espécies mostradas por Zironi et al. (2019a; 2019b), as famílias Melastomataceae e Velloziaceae foram objeto deste estudo e houve a adição da família Xyridaceae com o mesmo propósito. As sementes passaram por experimentos com solução de fumaça e choque térmico Zironi et al. (2019a; 2019b).

Assim, o presente estudo pretende responder se a anatomia, morfologia ou histoquímica das sementes pode influenciar na resposta germinativa já relatada em estudos sobre a fumaça e o choque térmico. Espera-se encontrar algum tipo de atributo que possa ajudar a explicar as respostas mediante à fumaça e ao choque térmico.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### *Fumaça e fogo*

Em ecossistemas propensos ao fogo é esperado que espécies sejam danificadas pelo fogo, porém com plena capacidade de regeneração de espécimes e da população (Frost & Robertson 1987). Sementes estão sujeitas a perda de viabilidade por desnaturação proteica ou até mesmo

carbonização dos tecidos numa situação extrema (Blank, 2001), entretanto a duração das chamas em incêndios naturais é bastante limitada, o que atenua seu efeito deletério sobre as sementes, porém pode ser elevado devido a espécies introduzidas para pastagem que contribuem para o aumento da biomassa, favorecendo incêndios mais duradouros cujas sementes são inevitavelmente prejudicadas (Fidelis, 2020).

O incêndio natural é comum no fim da estação seca ocasionado por raios e sucedido por vigorosas chuvas, o que favorece a pronta extinção das chamas, logo efeitos do fogo podem ser suportados pelas sementes em condições normais devido ao processo adaptativo de seleção natural. Nesses ecossistemas as sementes podem ter a viabilidade inalterada ou até mesmo a germinação estimulada pelo fogo e/ou pela fumaça (Herranz 1998; Williams *et al.*, 2003; Keeley & Bond, 1997). Experimentos com espécies de Cerrado mostram espécies que também resistem a altas temperaturas: *Vellozia glauca*; *Xyris hymenachne*; *Hiptis crenata* (Fichino *et al.*, 2016), *Bauhinia dumbosa*; *Mimosa leiocephala* (Zupo *et al.*, 2016).

Levando em consideração a predominância de espécies não lenhosas ou sublenhosas do Cerrado, estudos sobre sementes do estrato graminoso/herbáceo/arbustivo são mais escassos frente aos de espécies arbóreas. Dessa forma, este trabalho visa avaliar aspectos morfológicos, fisiológicos e histoquímicos de sementes de espécies não arbóreas (Melastomataceae, Velloziaceae e Xyridaceae) procurando relacioná-los ao efeito do fogo e da fumaça que foram previamente publicados por Zironi *et al.* 2019 para quase todas as espécies aqui abordadas, investigando motivos para tal efeito sobre a semente. Espera-se uma particularidade por espécie em relação ao possível “water gap”, uma similaridade organização dos tecidos em eudicotiledôneas e monocotiledôneas e uma distinção para espécies responsivas ao fogo e à fumaça.

### *Caracterização morfológica*

#### Melastomataceae

*Melastomataceae* é uma família de Eudicotiledôneas e possui cerca de 5750 espécies distribuídas em 177 gêneros. Presente na zona tropical e subtropical, evitando ambientes áridos. Dois terços das espécies estão no continente americano em diversas formas de vida. Pode ser epífita, rupícola ou terrícola (AGP, 2016)

*Acisanthera alsiefolia* (Mark & Schrank ex DC.) Triana é arbustiva (Kriebel & Rocha, 2015). Também são arbustivas as espécies: *Cambessedesia hilariana* (Kunth) DC. (Silva-Gonçalves *et al.*, 2015), *Pleroma cardinale* (Bonpl.), *Pleromafrigidula* (DC.) Cogn. (Zironi *et al.*, 2019). *Pleroma stenocarpum* (Schranket Mart. ex DC.) Triana (Zironi *et al.*, 2019). Por

fim, *Tibouchina melastomoides* (Naudin) Cogn. é subarborescente (Guimarães, 2015).

As sementes de Melastomataceae são pequenas e apresentam variadas formas (Becquer et al. 2014). No Cerrado, são frequentemente dispersas por ornitocoria (Pinheiro & Ribeiro, 2001). O embrião ocupa todo o interior da semente, podendo apresentar rafe como em *Miconia albicans*, que também apresenta uma testa com três camadas e tégmen ausente (Cortez & Carmello-Guerreiro, 2008), a testa sendo lisa como no gênero *Rupestrea* (Goldenberg et al. 2015), mas comumente é bastante sinuosa, o que varia juntamente com a forma e outros atributos dentro dos cinco “seed type” descritos por Whiffin & Tomb (1972).

Por fim, *Stenodon sp.* e *Microlicia sp.* O primeiro é um gênero, arbustivo ou subarborescente (Silva-Gonçalves, 2015) e o segundo mais diverso em formas de vida e distribuição (Romero & Woodger, 2015).

### Velloziaceae

*Velloziaceae* é uma família de monocotiledôneas que possui cerca de 260 espécies distribuídas em cinco gêneros, dois deles presentes no Brasil (Melo-Silva, 2018). É essencialmente tropical, rupícola e em presente em altitudes de 1000 a 2000 m. No Brasil, é comum em biomas do domínio Cerrado, como campo rupestres e campo sujo seco (Alves & Kolbek, 1994). É perene, tolerantes à seca e adaptadas ao fogo (Franceschinelli et al. 2006). *Vellozia albiflora* Pohl e *Vellozia glochidea* Pohl são subarborescentes. *Vellozia squamata* Pohl, *Vellozia goiasensis* L.B. Sm. e *Vellozia seubertiana* Goethard & Henrard são espécies arbustivas, endêmicas. *Vellozia compacta* Mart. ex Schult. & Shult. f. arbustiva, enquanto o subarborescente *Vellozia variabilis* Mart. ex Schult. & Shult. tem uma distribuição bem maior, sendo a única entre as anteriores que não é endêmica do Brasil (Mello-Silva, 2015).

Suas sementes são relativamente pequenas num formato irregular e único: as sementes possuem uma alta variação intraespecífica devido à grande combinação de ângulos que formam e tamanhos e apresenta vários tipos de tegumento, sendo o com quatro camadas o mais comum (testa e tegmen duplos) (Souza-Baena & de Menezes, 2014). O embrião é pequeno e globular ou elipsoidal com o endosperma abundante e amiláceo a seu redor (Kubitzki, 1998). A camada de aleurona da semente pode estar visível e algumas vezes, como em *V. albiflora* e *V. hirsula*. Dependendo do corte, fica visível o procâmbio no embrião (Silva, 2013).

### Xyridaceae

É uma família de monocotiledôneas, herbáceas, possuindo aproximadamente 400 espécies dentro de cinco gêneros com nicho predominantemente tropical. Maioria perenes,

heliófilas, crescem normalmente em solos rasos, presentes, portanto, no campo rupestre, se estendendo ao campo limpo e cerrado. Também podem ocupar a margem de corpos d'água, possuindo espécies aquáticas (Mota & Wanderley, 2013).

*Xyris hilariana* Malme é endêmica do Brasil, distribuída entre campos de SP, MG e BA, já *Xyris jupicai* Rich. não é endêmica e está distribuída por todos os estados. *Xyris paradisiaca* Wand. é endêmica de campos rupestres de GO e DF (Wanderley et al., 2015).

As sementes são diminutas, exibindo muita similaridade interespecífica a olho nu, mas com diferenças sutis na sua forma, cor e na textura da testa em suas cristas e sulcos, sendo características de grande relevância taxonômica (Nardi et al., 2016). Internamente elas têm um embrião muito reduzido numa extremidade afunilada e do lado oposto está a região calazal, mas nem sempre os dois são visíveis concomitantemente (Nardi et al., 2015).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASKIN, Carol C. Breaking physical dormancy in seeds: focussing on the lens. *New Phytologist*, p. 229-232, 2003.
- BASKIN, Jerry M.; BASKIN, Carol C. A classification system for seed dormancy. **Seed science research**, v. 14, n. 1, p. 1-16, 2004.
- BASKIN, Carol C.; BASKIN, Jerry M. **Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination**. Elsevier, 1998.
- BLANK, Robert R. Fire Ecology and Interactions Important in Restoration. *Science*, v. 276, n. 5316, p. 1248-1250, 2001.
- BRADFORD, Kent J. Water relations in seed germination. In: **Seed development and germination**. Routledge, 2017. p. 351-396.
- BROWN, N. A. C. Promotion of germination of fynbos seeds by plant-derived smoke. *New Phytologist*, v. 123, n. 3, p. 575-583, 1993.
- CLARKE, Peter J. et al. Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. *New phytologist*, v. 197, n. 1, p. 19-35, 2013.
- CONCEIÇÃO, Abel Augusto; ORR, Barron J. Post-fire flowering and fruiting in *Vellozia sincorana*, a caulescent rosette plant endemic to Northeast Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 94-100, 2012.
- CORTEZ, Priscila Andressa; CARMELLO-GUERREIRO, Sandra Maria. Ontogenia e estrutura do pericarpo e do envoltório da semente de *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae) do cerrado, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 31, n. 1, p. 71-79, 2008.
- COUTINHO, Leopoldo M. Ecological effects of fire in Brazilian cerrado. In: **Ecology of tropical savannas**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1982. p. 273-291.



KLEIN, A. L.; COUTINHO, L. M. O bioma do Cerrado. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**, p. 77-91, 2002.

COUTINHO, Leopoldo M. Ecological effects of fire in Brazilian cerrado. In: **Ecology of tropical savannas**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1982. p. 273-291.

DAIBES, L. Felipe et al. Fire and legume germination in a tropical savanna: ecological and historical factors. **Annals of botany**, v. 123, n. 7, p. 1219-1229, 2019.

DURIGAN, Giselda; RATTER, James A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 1, p. 11-15, 2016.

EGERTON-WARBURTON, Louise M. A smoke-induced alteration of the sub-testa cuticle in seeds of the post-fire recruiter, *Emmenanthe penduliflora* Benth. (Hydrophyllaceae). **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 325, p. 1317-1327, 1998.

COUTINHO, Leopoldo M.; FERRI, Mario G. Transpiração e comportamento estomático de plantas permanentes de cerrado em Campo do Mourão (Est. do Paraná). **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica**, p. 117-130, 1960.

FICHINO, Betânia Santos et al. Does fire trigger seed germination in the Neotropical Savannas? Experimental tests with six Cerrado species. **Biotropica**, v. 48, n. 2, p. 181-187, 2016.

FIDELIS, Alessandra; DAIBES, Luís Felipe; MARTINS, Aline Redondo. To resist or to germinate? The effect of fire on legume seeds in Brazilian subtropical grasslands. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, p. 147-151, 2016.

FLEMATTI, Gavin R. et al. A compound from smoke that promotes seed germination. **Science**, v. 305, n. 5686, p. 977-977, 2004.

FROST, P. H. G.; ROBERTSON, F. The ecological effects of fire in savannas. In 'Determinants of Tropical Savannas'. (Ed. BH Walker) pp. 93-141. 1987.

FURLEY, Peter A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, n. 3-4, p. 223-241, 1999.

GOLDENBERG, Renato et al. *Rupestrea*: a new Brazilian genus of Melastomataceae, with anomalous seeds and dry indehiscent fruits. **Systematic Botany**, v. 40, n. 2, p. 561-571, 2015.

GRAVEN, Peter et al. Functional aspects of mature seed coat of the Cannaceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 205, n. 3, p. 223-240, 1997.

HERRANZ, José M.; FERRANDIS, Pablo; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, Juan J. Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae species. **Plant Ecology**, v. 136, n. 1, p. 95-103, 1998.

JAGANATHAN, Ganesh K. Are wildfires an adapted ecological cue breaking physical dormancy in the Mediterranean basin? **Seed Science Research**, v. 25, n. 2, p. 120-126, 2015.

- KEELEY, Jon E.; BOND, William J. Convergent seed germination in South African fynbos and Californian chaparral. **Plant Ecology**, v. 133, n. 2, p. 153-167, 1997.
- KLEIN, Aldo Luiz. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. Unesp, 2000.
- KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- KUBITZKI, K. Velloziaceae. In: **Flowering Plants· Monocotyledons**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1998. p. 459-467.
- KULKARNI, M. G.; SPARG, S. G.; VAN STADEN, J. Germination and post-germination response of Acacia seeds to smoke-water and butenolide, a smoke-derived compound. **Journal of Arid Environments**, v. 69, n. 1, p. 177-187, 2007.
- LACERDA, Daniela R. et al. Seed-dormancy variation in natural populations of two tropical leguminous tree species: *Senna multijuga* (Caesalpinioideae) and *Plathymenia reticulata* (Mimosoideae). **Seed Science Research**, v. 14, n. 2, p. 127-135, 2004.
- NARDI, Kaire de Oliveira; SCATENA, Vera L.; ORIANI, Aline. Development of ovule, fruit and seed of *Xyris* (Xyridaceae, Poales) and taxonomic considerations. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 177, n. 4, p. 619-628, 2015.
- NARDI, Kaire de Oliveira; ORIANI, Aline; SCATENA, Vera Lucia. Seed micromorphology and its taxonomic significance to *Xyris* (Xyridaceae, Poales). **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 2, p. 721-727, 2016.
- OMAR VARELA, Rodolfo; ALBORNOZ, Patricia Liliana. Morpho-anatomy, imbibition, viability and germination of the seed of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Fabaceae). **Revista de biologia tropical**, v. 61, n. 3, p. 1109-1118, 2013.
- RAMOS-NETO, Mário Barroso; PIVELLO, Vânia Regina. Lightning fires in a Brazilian savanna National Park: rethinking management strategies. **Environmental management**, v. 26, n. 6, p. 675-684, 2000.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 6ª edição Guanabara Koogan. **Rio de Janeiro**, 2001.
- RIBEIRO, Rafaella C.; OLIVEIRA, Denise MT; SILVEIRA, Fernando AO. A new seed coat water-impermeability mechanism in *Chaetostoma armatum* (Melastomataceae): evolutionary and biogeographical implications of physiophysical dormancy. **Seed Science Research**, v. 25, n. 2, p. 194-202, 2015.
- RODRIGUES-JUNIOR, Ailton G. et al. A function for the pleurogram in physically dormant seeds. **Annals of botany**, v. 123, n. 5, p. 867-876, 2019.
- SANO, Sueli Matiko; DE ALMEIDA, Semiramis Pedrosa; RIBEIRO, José Felipe. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008., 2008.
- SILVA, Shelka Alcântara da et al. Germinação e morfoanatomia do desenvolvimento pós-seminal de espécies de *Vellozia* Vand. de campos rupestres brasileiros. 2013.

- SIMON, Marcelo F. et al. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 48, p. 20359-20364, 2009.
- TOBE, Hiroshi; RAVEN, Peter H. Seed morphology and anatomy of Rhizophoraceae, inter- and infrafamilial relationships. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 1319-1342, 1988.
- SVOMA, Erika. Seed morphology and anatomy in some Annonaceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 209, n. 3, p. 177-204, 1998.
- VAN DE VENTER, H. A.; ESTERHUIZEN, Aletta D. The effect of factors associated with fire on seed germination of *Erica sessiliflora* and *E. hebecalyx* (Ericaceae). **South African Journal of Botany**, v. 54, n. 3, p. 301-304, 1988.
- WHIFFIN, Trevor; TOMB, A. Spencer. The systematic significance of seed morphology in the neotropical capsular-fruited Melastomataceae. **American Journal of Botany**, v. 59, n. 4, p. 411-422, 1972.
- WILLIAMS, Paul R. et al. Fire-related cues break seed dormancy of six legumes of tropical eucalypt savannas in north-eastern Australia. **Austral Ecology**, v. 28, n. 5, p. 507-514, 2003.
- ZIRONDI, Heloiza Lourenço et al. Heat and smoke affect the germination of flammable resprouters: *Vellozia* species in the Cerrado. **Folia Geobotanica**, v. 54, n. 1, p. 65-72, 2019.
- ZIRONDI, Heloiza L.; SILVEIRA, Fernando AO; FIDELIS, Alessandra. Fire effects on seed germination: Heat shock and smoke on permeable vs impermeable seed coats. **Flora**, v. 253, p. 98-106, 2019.
- ZUPO, Talita; BAEZA, M. Jaime; FIDELIS, Alessandra. The effect of simulated heat-shock and daily temperature fluctuations on seed germination of four species from fire-prone ecosystems. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, p. 514-519, 2016.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEWLEY, J. Derek; BLACK, Michael. **Seeds: physiology of development and germination**. Springer Science & Business Media, 2013.
- BIELESKI, R. L.; TURNER, N. A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Analytical biochemistry**, v. 17, n. 2, p. 278-293, 1966.
- BRADFORD, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.
- CADOT, Yves; MIÑANA-CASTELLÓ, Maria Teresa; CHEVALIER, Michel. Anatomical, histological, and histochemical changes in grape seeds from *Vitis vinifera* L. cv Cabernet franc during fruit development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 24, p. 9206-9215, 2006.
- ÇATAV, Şükrü Serter et al. Effect of fire-derived chemicals on germination and seedling growth in Mediterranean plant species. **Basic and Applied Ecology**, v. 30, p. 65-75, 2018.
- CORNER, E.J.H. **The seeds of dicotyledons**. Cambridge: Cambridge University. Press, 1976. v.1, p.232-237.
- COUTINHO, Leopoldo M. Ecological effects of fire in Brazilian cerrado. In: **Ecology of tropical savannas**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1982. p. 273-291.
- DEMASON, Darleen A. Endosperm structure and storage reserve histochemistry in the palm, *Washingtonia filifera*. **American Journal of Botany**, v. 73, n. 9, p. 1332-1340, 1986.
- FLEMATTI, G.R. et al. A compound from smoke that promotes seed germination. **Science** 503, 2004
- FOLIN, O. ; CIOCALTEU, V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of biological chemistry*, 73(2), 627-650. 1927.
- HORNER JR, Harry T.; ARNOTT, Howard J. A histochemical and ultrastructural study of *Yucca* seed proteins. **American Journal of Botany**, v. 52, n. 10, p. 1027-1038, 1965.
- LOWE, L. B.; RIES, Stanley K. Endosperm protein of wheat seed as a determinant of seedling growth. **Plant Physiology**, v. 51, n. 1, p. 57-60, 1973.
- MARTINS, Aline Redondo et al. Seed ontogeny and endosperm chemical analysis in *Smilax polyantha* (Smilacaceae). **Australian Journal of Botany**, v. 60, n. 8, p. 693-699, 2012.
- O'BRIEN, TrP; FEDER, N.; MCCULLY, Mi E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 368-373, 1964.
- OLIVEIRA, Andréia Barroncas de et al. Morfoanatomia e histoquímica da semente de sororoca

(Phenakospermum guyannense (Rich.) Endl.-Strelitziaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 280-287, 2012.

PALHARES, Dario et al. Studies on the seeds of Smilax goyazana A. DC (Smilacaceae). **Phyton**, v. 49, n. 1, p. 117-130, 2009.

RIBEIRO, Rafaella C.; OLIVEIRA, Denise MT; SILVEIRA, Fernando AO. A new seed coat water-impermeability mechanism in Chaetostoma armatum (Melastomataceae): evolutionary and biogeographical implications of physiophysical dormancy. **Seed Science Research**, v. 25, n. 2, p. 194-202, 2015.

RIBEIRO, Olívia Domingues et al. Seed anatomy and histochemistry of Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh, an Amazonian Myrtaceae. **Flora**, v. 280, p. 151847, 2021.

SILVA, RAL et al. Análise histoquímica em sementes de ingá (inga cinnamomea spruce ex benth). In: **Embrapa Roraima-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: SBF, 2012., 2012.

SHEPHERD, K. A.; MACFARLANE, T. D.; COLMER, T. D. Morphology, anatomy and histochemistry of Salicornioideae (Chenopodiaceae) fruits and seeds. **Annals of Botany**, v. 95, n. 6, p. 917-933, 2005.

SHEWRY, Peter R.; NAPIER, Johnathan A.; TATHAM, Arthur S. Seed storage proteins: structures and biosynthesis. **The plant cell**, v. 7, n. 7, p. 945, 1995.

TAIZ, L.; Zeiger, E.; MØLLER, I. M. ; MURPHY, A. **Fundamentos de fisiología vegetal**. Artmed Editora. 2021.

TOKUHISA, Daí et al. Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão (Carica papaya). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 180-188, 2007.

WW, UMBREIT et al. A colorimetric method for transaminase in serum or plasma. **The Journal of laboratory and clinical medicine**, v. 49, n. 3, p. 454-459, 1957.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C.; RICKETTS, R. E. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955.

ZIRONDI, Heloiza L.; SILVEIRA, Fernando AO; FIDELIS, Alessandra. Fire effects on seed germination: Heat shock and smoke on permeable vs impermeable seed coats. **Flora**, v. 253, p. 98-106, 2019a.

ZIRONDI, Heloiza Lourenço et al. Heat and smoke affect the germination of flammable resprouters: Vellozia species in the Cerrado. **Folia Geobotanica**, v. 54, n. 1, p. 65-72, 2019b.