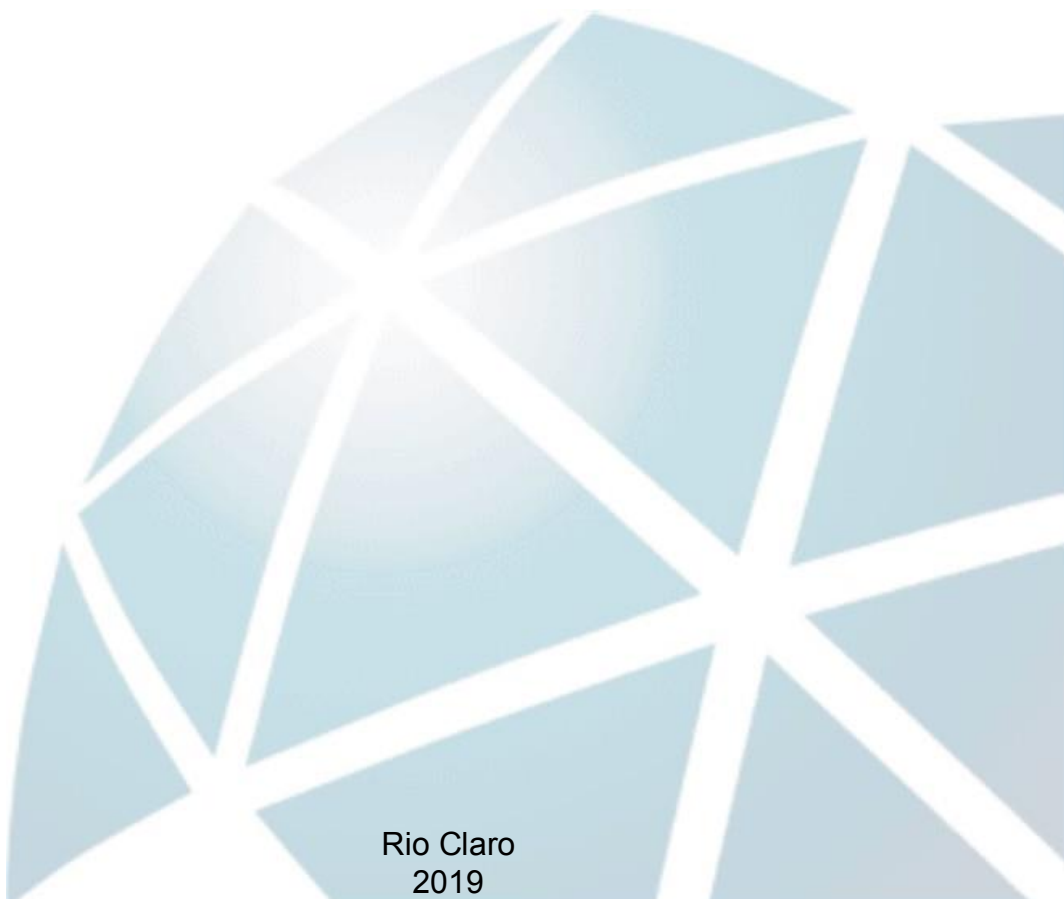

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LAÍS LIMA JACCONI

**EFEITOS DO FOGO NOS ATRIBUTOS DE
GERMINAÇÃO DE ESPÉCIES DE
CAMPO SUJO DE CERRADO.**



Rio Claro
2019

LAÍS LIMA JACCONI

EFEITOS DO FOGO NOS ATRIBUTOS DE GERMINAÇÃO DE
ESPÉCIES DE CAMPO SUJO DE CERRADO.

ORIENTADORA: PROFA. DRA. ALESSANDRA FIDELIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Rio Claro, para obtenção do grau de Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.

J12e	<p>Jaconi, Laís Lima</p> <p>Efeitos do fogo nos atributos de germinação de espécies de campo sujo de cerrado. / Laís Lima Jacconi. -- Rio Claro, 2019</p> <p>30 f. : il., tabs., fotos</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e licenciatura - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro</p> <p>Orientadora: Alessandra Fidelis</p> <p>1. Fogo. 2. Cerrado. 3. Sementes. 4. Resistência. 5. Atributos. I. Título.</p>
------	--

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.

Para minha avó Annita (*in memoriam*), com todo amor e saudades.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de deixar claro que jamais conseguirei expressar todos os sentimentos e a gratidão por cada passo dado até aqui com o apoio e amor de vocês.

Aos meus pais, Edilene Vaz de Lima e Leônidas A. Padovani Jacconi, a quem eu devo tudo e muito mais. Sem os sacrifícios feitos por vocês, para que eu pudesse seguir meus sonhos, jamais chegaria onde estou. Obrigada por todo amor, carinho, ensinamentos, broncas e brigas, suor, lágrimas, paciência e dedicação ao longo de todos esses anos. Amo e admiro vocês infinitamente. Meu maior orgulho é tê-los como pais.

Aos meus irmãos, Maiara e André, obrigada por participarem disso, cada um de sua maneira. Tenho consciência dos sacrifícios, muitas vezes impostos a vocês, ao longo desses anos. Não me esquecerei disso, jamais.

À minha tia Lucilene (Lu) e à minha avó Annita (*in memoriam*), que infelizmente não teve tempo de me ver ingressar na universidade, mas esteve comigo em todos os dias - eu te amo e jamais esquecerei o quão importante você é pra mim. Vocês duas são responsáveis por muitas das minhas mais felizes memórias de infância e até hoje aquela garotinha vive em mim. Obrigada.

Para o meu amado Caio R. Saad, a quem pude encontrar no meio de tantos rostos e nunca mais querer enxergar outro sorriso. Você é luz quando há escuridão, calor quando há inverno. Obrigada por sempre caminharmos de mãos dadas, lado a lado. Você foi e é parte fundamental nessa longa caminhada. Que possamos viver juntos todas as novas aventuras que estão por vir. Obrigada por fazer do impossível possível, não medir esforços e por não desistir de mim, mesmo quando eu não enxergava solução. Nem se me fosse dada a eternidade eu conseguiria demonstrar todo meu amor, carinho, gratidão, admiração e paixão por você e a história que construímos juntos. Que venham os próximos capítulos.

Aos amores que a vida me deu de presente, Karen e Vitória. Vocês são mais do que minhas melhores amigas, são minhas irmãs e levo vocês comigo onde quer que eu esteja, não importa quantos sejam os quilômetros ou meses que estejamos distantes. Aos meus queridos, João Pedro e Victor, por sermos um Tripé e por sempre nos mantermos firmes e juntos. Obrigada pelas aventuras e por me ouvirem mesmo quando os detalhes eram demais. Obrigada pelos abraços apertados em cada despedida ou em cada vez em que me vi sem chão.

Para a República Casa da Mãe, que muito mais do que um teto, foi meu lar por tantos anos. Para as companheiras de lar Giovana, Renata, Tais, Juliana e Ligia, obrigada por

estarem ao meu lado durante esses longos anos. Levo um pouco (ou muito) de cada uma de vocês comigo.

Aos meus amigos, em especial os queridos Rômulo (Sequoia), Saul, Marcela (Goiás), Bárbara (Brinha), Giovanna (PT) e Ananda, que participaram de vários momentos bons e ruins ao longo desses anos. Obrigada pelas horas de conversas, as cervejas, festas, risadas, choros e tudo mais o que vivemos juntos. Não seria possível sobreviver à graduação sem vocês.

À querida Ligia (Lija), que em pouco tempo morando juntas, tornou-se uma grande amiga. Obrigada por nossa sintonia e por dividir comigo tantos momentos. Obrigada por botar a mão na massa e me ajudar com este trabalho. Jamais conseguirei expressar minha gratidão, amiga.

À minha pequena Nessie, por ter preenchido minha vida com amor, pelos e mordidas. Ela jamais saberá o bem que me fez, num momento em que eu me perdia em mim mesma.

Para minha orientadora, Alessandra Fidelis, meus sinceros sentimentos de gratidão por me permitir realizar essa caminhada científica e de crescimento pessoal chamada TCC. Por me possibilitar conhecer e trabalhar com pessoas incríveis. Mas, principalmente por me acolher em um laboratório com tantas mulheres fortes, guerreiras, cientistas e de inspiração.

À Heloiza Zironi, obrigada por todas as horas despendidas para que eu pudesse realizar este trabalho com excelência, mesmo quando você não tinha horas “sobrando”.

Aos companheiros LeVegianos, obrigada por me acolherem em um ambiente de trabalho tão leve e alegre. Obrigada por compartilharem comigo ciência, aprendizados e ensinamentos, não apenas acadêmico-científicos. Botem fogo em tudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro através do projeto JP 2015/06743-0. E à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) pela oportunidade.

Por último, mas não menos importante, um agradecimento à mim. Chegar até aqui não foi fácil e o preço muitas vezes foi alto. Tudo vai ficar bem.

“Life finds a way.”
(JURASSIC PARK, 1993).

RESUMO

A ocorrência de fogo em sistemas ecológicos terrestres tem sua origem intimamente ligada à das plantas nestes ambientes. Por ocorrer em variados ecossistemas no planeta, o fogo é considerado fator chave na manutenção, distribuição e evolução sobre esses ambientes e suas floras. Savanas, pradarias, florestas boreais, e outros, são exemplos de formações vegetais pirofíticas. Apesar de estar presente nas savanas há pelo menos 25 milhões de anos, o fogo tem sua atuação como controle global da estrutura vegetacional ainda subestimada, pelo fato de sua influência depender de outros fatores como clima, intensidade de queima, temperatura, tempo de duração da queimada e mudanças químicas provocadas no solo. Desta maneira, este trabalho visa avaliar o efeito da passagem do fogo nos atributos de sementes de espécies do Cerrado. Nosso questionamento foi: Quais atributos estão relacionados com a resistência das sementes a 200°C? Entendemos por resistência das sementes a capacidade destas de resistirem à passagem do fogo e exposição às altas temperaturas, sem que tenham sua viabilidade e germinação prejudicadas. Foram utilizadas sementes de 10 espécies: *Bernardia hirsutissima* (Baill.) Müll.Arg., *Calolisianthus speciosus* (Cham. & Schltdl.) Gilg, *Croton gracilescens* Müll.Arg., *Dyckia brasiliana* L.B.Sm., *Eriosema congestum* Benth., *Lessingianthus buddleiifolius* (Mart. ex DC.) H.Rob., *Mimosa clausenii* Benth., *Polygala* sp., *Porophyllum obscurum* (Spreng.) DC e *Xyris paradisiaca* Wand. Os trabalhos foram realizados a partir dos seguintes experimentos: sementes de espécies do Cerrado foram expostas a altas temperaturas – 100°C e 200°C durante 1' e a 100°C por 3'. Paralelamente aos tratamentos mencionados, foram utilizados os seguintes controles (Ctrl): sementes não foram expostas às temperaturas mencionadas anteriormente e foram embebidas em água destilada. Após a realização do tratamento, as sementes foram postas em câmaras de germinação (27°C, 12/12 horas luz), pelo período de 31 dias, sendo realizadas observações a cada três dias, para acompanhar a germinação. Foram feitas mensurações de atributos das sementes das espécies de Cerrado selecionadas. Foram medidos: o peso (mg) individual das sementes; forma (largura, comprimento e espessura, em mm), para obtermos um valor médio de 0 a 1 (quanto mais próximo de 1, mais esférica é a semente; e o teor de água das sementes (as sementes foram pesadas e depois mantidas por 48 horas em estufa a 80°C. Após o uso das estufas, as sementes foram novamente pesadas). Para testar se existe diferença nas porcentagens de germinação, viabilidade e resistência das sementes entre tratamentos, foram utilizados modelos lineares generalizados (GLMs) com uma estrutura de erro binomial e uma função logit link para cada espécie para comparar as proporções finais dos mesmos. A diferença nos atributos das sementes peso e forma nos diferentes tratamentos foram analisadas utilizando GLM com uma estrutura de erro Gamma. O tratamento de temperatura foi utilizado como fator fixo. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R. Também foram realizados testes de regressão linear com geração de gráficos para avaliar se existe uma relação entre os atributos das sementes e sua resistência, utilizando a temperatura como fator fixo. Os resultados mostraram que *Bernardia hirsutissima*, *Eriosema congestum* e *Mimosa clausenii* tiveram suas dormências quebradas quando expostas as altas temperaturas, e que das demais espécies apenas *Calolisianthus speciosus* mostrou não ser resistente à passagem do fogo, havendo queda em sua germinação a partir de 100°C 3'. Não foi possível estabelecer uma relação entre os atributos das sementes e sua resistência devido ao baixo número de espécies estudadas. As informações contidas neste trabalho são relevantes para um maior entendimento da germinação das espécies do Cerrado, mas se faz necessário que novos experimentos sejam realizados a fim de contribuir para o manejo e restauração da comunidade vegetal neste tipo de vegetação.

Palavras-chave: Fogo. Cerrado. Sementes. Resistência. Atributos.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	11
2.2. COLETA E TRIAGEM DE SEMENTES.....	11
2.3. MEDIÇÃO DE ATRIBUTOS.....	12
2.4. PROTOCOLO DE DETERMINAÇÃO DA VIABILIDADE DAS SEMENTES.....	14
2.5. EXPERIMENTOS DE CHOQUE DE TEMPERATURA E GERMINAÇÃO.....	16
2.6. ANÁLISES DOS DADOS.....	17
3. RESULTADOS.....	18
3.1. ATRIBUTOS.....	18
3.2. EXPERIMENTOS DE CHOQUE DE TEMPERATURA E GERMINAÇÃO.....	19
4. DISCUSSÃO.....	23
5. CONCLUSÃO.....	26
6. REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de fogo em sistemas terrestres tem sua origem intimamente ligada a das plantas nestes ambientes, já que estas são responsáveis por fornecer dois elementos essenciais a sua existência: oxigênio e combustível (PAUSAS; KEELEY, 2009). Presente em diversos ecossistemas ao redor do mundo, o fogo é considerado um fator chave na manutenção e distribuição destes ambientes (BOND et al, 2003), além de ser constantemente empregado como técnica de manejo em áreas de agricultura e naturais (ALHO; MARTINS, 1995) e ter o importante papel de agente evolutivo sobre suas floras (BOND et al, 2003; WHELAN, 1995). Na atualidade, aproximadamente 40% da superfície terrestre é coberta por formações vegetais pirofíticas (BOND et al., 2005).

Temos como exemplos de ecossistemas inflamáveis as savanas, pradarias, florestas boreais, entre outros (BRESINSKY et al., 2012). Apesar de o fogo estar presente nas savanas há 25 milhões de anos, e ser uma característica comum e recorrente nesse ecossistema (BOND et al., 2003), sua atuação como controle global da vegetação ainda é subestimada. A influência do fogo na vegetação depende de fatores como o clima, a intensidade, a temperatura e o tempo de duração do mesmo, além das transformações químicas que ele causa no solo (BOND et al., 2005; BOND; VAN WILGEN, 1996; WHELAN, 1995).

Ecossistemas com vegetação herbácea abundante, como savanas e campos, possuem em comum características como presença do fogo, em alta frequência e com variação de intensidade moderada e baixa, e quantidade e sazonalidade da precipitação (KEELEY; FOTHERINGHAM, 2000; BOND et al., 2005). A vegetação é altamente inflamável, composta principalmente por gramíneas e por estrato lenhoso menos abundante (KEELEY; FOTHERINGHAM, 2000; BOND et al., 2005; PARR, et al., 2014; KEELEY et al., 2011).

O Cerrado é a savana tropical mais rica em espécies vegetais do planeta, com área aproximada de mais de dois milhões de km², cobrindo partes da região central do Brasil, Bolívia e Paraguai (SIMON et al., 2009). Suas linhagens vegetais lenhosas, descendentes das florestas, tiveram início de diversificação a menos de 10 Ma, o que coincide com a expansão das gramíneas do tipo C4 altamente inflamáveis das savanas ao redor do mundo (SIMON et al., 2009). Essas informações nos mostram que o Cerrado se formou *in situ* através de mudanças adaptativas modernas e de resistência ao fogo, e não através de linhagens dispersas já adaptadas (SIMON et al., 2009).

Existe um período crítico no Cerrado para que espécies possam se estabelecer durante a transição da estação chuvosa para a seca (SILVEIRA et al., 2011; ESCOBAR et al., 2018;

DAYRELL et al., 2017). Em ambientes pirofíticos a germinação é influenciada pela passagem do fogo, e isso permite que após os distúrbios a regeneração da vegetação ocorra, por exemplo, através da germinação de sementes (KEELEY; FOTHERINGHAM, 2000). Queimadas periódicas estimulam a ciclagem dos nutrientes, a frutificação, o rebrote, produção e liberação de sementes, a quebra da dormência de sementes após a passagem do fogo, a germinação, estabelecimento de plântulas, remoção da serapilheira e consequente liberação de novos espaços à serem colonizados pelas espécies vegetais não dominantes, o que evidencia a influência do fogo sobre os processos ecológicos (COUTINHO, 1982, 1990; PIVELLO; COUTINHO, 1992; WHELAN, 1995; BOND; VAN WILGEN, 1996; FIDELIS et al., 2012; HOFFMANN, 1996; FIDELIS et al., 2012).

Alguns estudos realizados com sementes de tegumento impermeável características de ambientes suscetíveis à passagem de fogo na Austrália (e.g. AULD; O'CONNELL, 1991) e Bacia do Mediterrâneo (MOREIRA et al., 2010; HERRANZ; FERRANDIS; MERTÍNEZ-SÁNCHEZ, 1998) demonstraram que a dormência física é quebrada após o choque térmico com altas temperaturas, corroborando com a hipótese de que este processo pode ser uma resposta adaptativa das plantas à presença frequente do fogo (KEELEY et al., 2011; MOREIRA; PAUSAS, 2012). Além disso, a resistência ao fogo deve ser considerada como atributo importante, por garantir a sobrevivência das sementes após o distúrbio (FICHINO et al., 2016; JAUREGUIBERRY; DÍAZ, 2015; FIDELIS, et al., 2016). Testes realizados com espécies de fisionomias abertas no Cerrado mostram que comumente há resistência das sementes a altas temperaturas, no entanto sem envolver quebra de dormência física em várias famílias (FICHINO et al., 2016; LE STRADIC et al., 2015).

A dormência das sementes pode conferir valor adaptativo ao ajudar a restringir o tempo em que essas sementes germinarão a períodos em que as condições ambientais sejam favoráveis ao estabelecimento das plântulas, além de poder prevenir a ocorrência de falhas reprodutivas (DAYRELL et al., 2017). Portanto, as plantas possuem atributos que possibilitam a sua persistência e resistência ao fogo em tais ambientes onde ele é recorrente. Pausas & Keeley (2009) afirmaram que não existem plantas adaptadas ao fogo, mas sim ao regime de fogo, apresentando portanto atributos relacionados a ele. O regime de fogo pode ser definido como o conjunto completo de variabilidade na atividade de fogo dentro de determinado tipo de vegetação (WHITLOCK et al., 2010), representado por uma combinação particular de características do fogo (frequência, intensidade, tamanho, estação, entre outros) (ARCHIBALD; LEHMANN; GOMEZ-DANS, 2013).

Compreender as etapas de estabelecimento, sobrevivência e regeneração natural de comunidades vegetais é de extrema importância para que possamos entender sua dinâmica (SILVEIRA et al., 2011). Segundo Keeley et al. (2011) quebrar a dormência ou estimular a germinação e o rebrote pelo fogo deve ser classificado como evidência de pressões seletivas na evolução das plantas. Após a passagem do fogo há um aumento na germinação de várias espécies, através de altas temperaturas das chamas e fumaça resultantes da queima (KEELEY; FOTHERINGHAM, 2000; VAN STADEN; BROWN, 2000; MOREIRA et al., 2010). Estudos apontam que a fumaça gerada durante a queima estimula a germinação das sementes e também o crescimento de plântulas devido à presença de um composto relacionado aos reguladores de crescimento em plantas, o butenolídeo (KEELEY; FOTHERINGHAM, 2000; MOREIRA et al.; 2010; FLEMATTI et al., 2004). Porém, a fumaça parece apenas influenciar a germinação de sementes que não possuem dormência física, ou quando esta já tenha sido quebrada anteriormente (MOREIRA et al., 2010).

Em espécies de sementes permeáveis, as altas temperaturas podem acelerar o processo de germinação (BASKIN; BASKIN, 1998; AULD; OOI, 2009). Já as sementes impermeáveis, como no caso de espécies de Fabaceae e Myrtaceae que tem sua germinação aumentada após exposição a altas temperaturas, o choque térmico rompe a camada de revestimento externo, possibilitando a quebra da dormência física e decorrente absorção da água (BASKIN; BASKIN, 1998; AULD; O'CONNELL, 1991; AULD; OOI, 2009).

Desta maneira, este trabalho visa avaliar o efeito da passagem do fogo nos atributos de sementes e germinação de espécies do Cerrado. Trabalhamos para responder a seguinte questão: Quais atributos estão relacionados com a resistência das sementes a 200°C? Entendemos por resistência das sementes a capacidade destas de resistirem à passagem do fogo e exposição às altas temperaturas, sem que tenham sua viabilidade e germinação prejudicadas. Objetivou-se contribuir com avanços futuros no esclarecimento dos processos de resistência ao fogo por parte das sementes de espécies do Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

As sementes foram coletadas em áreas de campo sujo, na Reserva Natural Serra do Tombador (RNST, 13° 35-38' S e 47° 45'-51' W, Cavalcante, Goiás, região centro-oeste do Brasil). As altitudes da RNST variam entre 600m e 1100m e ela é considerada a maior Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) de Goiás, contribuindo para a conservação do Cerrado e sua biodiversidade. Sua área equivalente é de 8.730 ha, possuindo variedade de ambientes e fauna (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011).

Na região da RNST o clima é tropical, com precipitação anual média de 1.500 a 1.750 mm, com temperaturas máximas que variam de 24 a 36°C e mínimas entre oito e 14°C ao longo do ano (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011). Os solos, predominantemente constituídos por quartzitos, rochas intemperizadas e nódulos de cangas lateríticas (solo rico em óxidos de ferro ou alumínio hidratados), são pedregosos e rasos (com espessuras inferiores a 20 cm), com relativa suscetibilidade à erosão (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011).

Dentro da RNST, existem diversas fitofisionomias de Cerrado e as de maior representatividade são: Campo Rupestre, Campo Hidromórfico e Campo sujo; Cerrado *sensu stricto*, Cerrado Rupestre e Cerrado Parque (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2011). O campo sujo é caracterizado pela dominância de plantas herbáceas, com subarbustos e arbustos esparsos, e poucas árvores ao longo da paisagem (COUTINHO, 1978, 1982). Segundo Moreira (2000), a cobertura por espécies lenhosas chega a 3% do ambiente, sendo esses indivíduos menos desenvolvidos que os presentes no Cerrado *sensu stricto* (RIBEIRO; WALTER, 2008).

2.2. Coleta e triagem de Sementes

Sementes foram coletadas de pelo menos 10 indivíduos de diferentes populações e famílias em áreas de campo sujo na RNST entre junho e outubro de 2018. As espécies selecionadas para o estudo foram: *Bernardia hirsutissima* (Baill.) Müll.Arg., *Calolisianthus speciosus* (Cham. & Schltdl.) Gilg, *Croton gracilescens* Müll.Arg., *Dyckia brasiliiana* L.B.Sm., *Eriosema congestum* Benth., *Lessingianthus buddleiifolius* (Mart. ex DC.) H.Rob., *Mimosa clausenii* Benth., *Polygala* sp., *Porophyllum obscurum* (Spreng.) DC e *Xyris paradisiaca* Wand (Tabela 1). Em campo, as sementes foram armazenadas e conservadas em sacos de papel pardo e ziplocks para evitar a perda de água. Posteriormente em laboratório as sementes foram triadas e aquelas danificadas e vazias foram descartadas. As demais foram

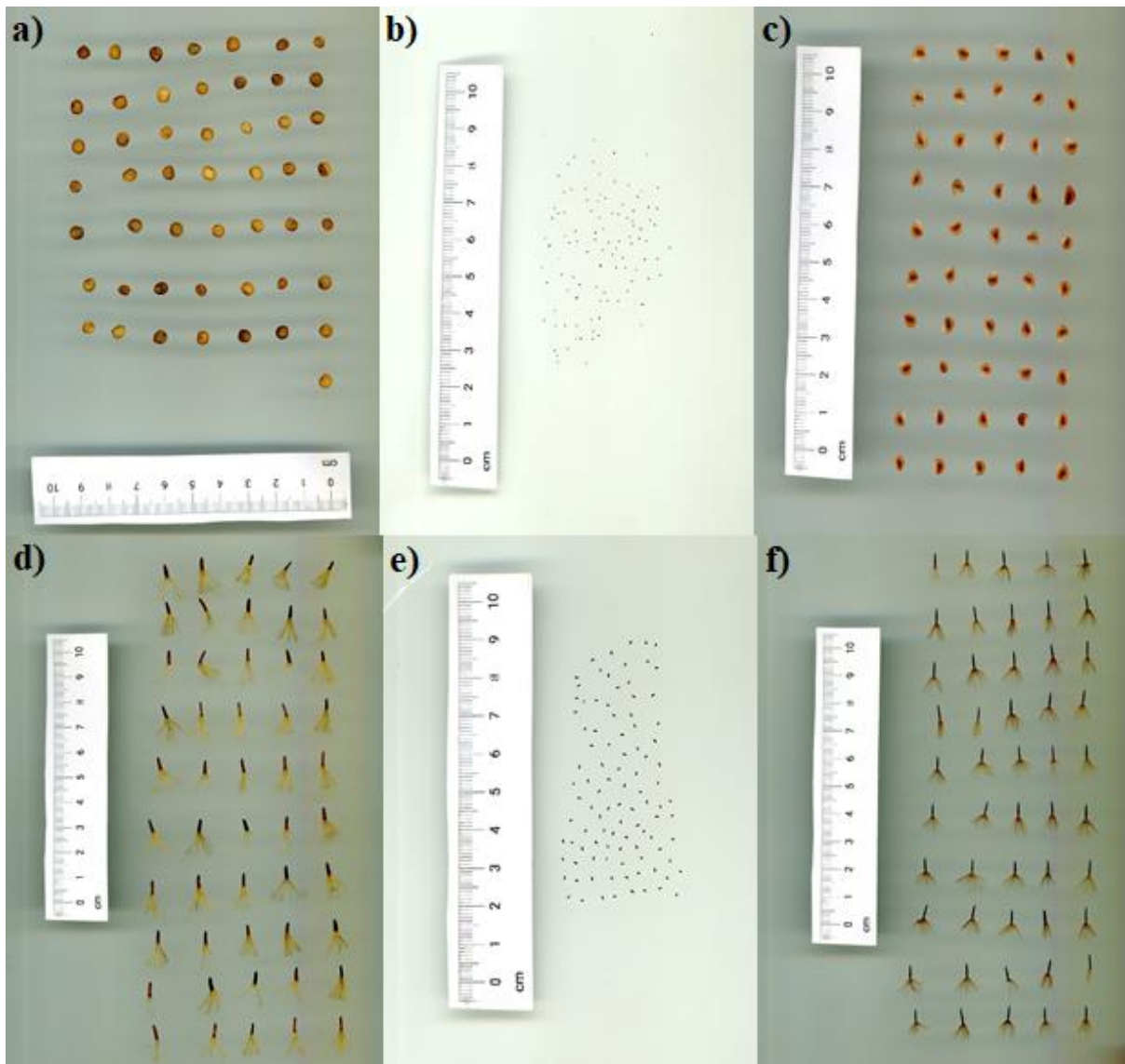
armazenadas em sala refrigerada (20°C) com baixa umidade (<40%) até o momento dos experimentos, que foram realizados em dezembro de 2018.

2.3. Medição de atributos

Os seguintes atributos das sementes foram medidos de acordo com os protocolos de coleta de atributos presentes em Cornelissen et al. 2003 e Pérez-Harguindeguy et al. 2013:

- a) **Peso (mg):** Inicialmente, as sementes foram pesadas individualmente e depois colocadas para secar em estufa a 80°C por 48 horas. Após o período na estufa, as sementes foram novamente pesadas. Espécies que apresentaram sementes individuais com peso inferior ao mínimo detectável pela balança foram pesadas em grupos. O peso final foi obtido através da média do peso das sementes.
- b) **Forma:** Foram obtidas imagens das sementes utilizadas no estudo através de scanner (Figura 1). Para cada semente, foram mensuradas a largura, comprimento e espessura (mm) com o software de análise de imagens P-Trap ou com um paquímetro digital de alta precisão (0,02 mm). O uso do paquímetro se fez necessário devido a dificuldade que o software apresentou em analisar as sementes de *Bernardia hirsutissima* e *Porophyllum obscurum*. Calculando a variância a partir destes três valores, obtivemos o valor médio que variava de 0 a 1 (quanto mais próximo de 1, mais esférica é a semente).
- c) **Teor de água (%):** Para obtermos o teor de água, inicialmente as sementes foram pesadas, em balança de alta precisão, e levadas para estufa de secagem por 48 horas a 80°C constantes. Após este prazo, as sementes foram pesadas novamente e o decréscimo de peso indicou a porcentagem do teor de água presente nas sementes.

Figura 1 – Algumas das sementes de espécies utilizadas no estudo. Na sequência: a) *Bernarda hirsutissima*, b) *Calolisianthus speciosus*, c) *Dyckia brasiliana*, d) *Lessingianthus buddleifolius*, e) *Polygala* sp., f) *Porophyllum obscurum*.



2.4. Protocolo de determinação da viabilidade das sementes

Após a triagem do material, foi estipulado protocolo para determinação de viabilidade para as espécies, através da determinação de: i – necessidade de escarificação, ii – necessidade de corte ao meio. As sementes de *Eriosema congestum* e *Mimosa clausenii* necessitaram de escarificação, antes de serem colocadas na solução de tetrazólio. As sementes das demais espécies não necessitaram da escarificação antes de serem colocadas na solução de tetrazólio (Tabela 2). Foram consideradas sementes viáveis a soma das sementes germinadas e as coradas ao final das observações do experimento (FIDELIS; DAIBES; MARTINS, 2016).

Tabela 1 - Protocolo utilizado para testar a viabilidade das sementes para as espécies estudadas em relação à necessidade de escarificação, necessidade de cortar as sementes ao meio, concentração de tetrazólio (%) e tempo em solução de tetrazólio (horas).

Espécie	Escarificação	Corte ao meio	Concentração de tetrazólio (%)	Tempo de tetrazólio (horas)
<i>Bernardia hirsutissima</i>	Não	Sim	1	48
<i>Calolisianthus speciosus</i>	Não	Sim	1	48
<i>Croton gracilescens</i>	Não	Sim	1	48
<i>Dyckia brasiliiana</i>	Não	Sim	1	48
<i>Eriosema congestum</i>	Lixa Nº 150	Sim	1	48
<i>Lessingianthus budleifollius</i>	Não	Sim	1	48
<i>Mimosa clausenii</i>	Lixa Nº 150	Sim	1	48
<i>Polygala</i> sp.	Não	Sim	1	48
<i>Porophyllum obscurum</i>	Não	Sim	1	48
<i>Xyris paradisiaca</i>	Não	Sim	1	48

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Tabela 2 - Espécies utilizadas nos experimentos, família a qual pertencem, hábito, data de coleta, permeabilidade da semente viabilidade inicial do lote (%), tratamentos aos quais foram submetidas (marcadas com o x): Controle, 100°C 1', 100°C 3', 200°C 1'.

Espécie	Família	Hábito	Permeabilidade da semente	Data de coleta	Viabilidade do lote	Controle	100°C 1'	100°C 3'	200°C 1'
<i>Bernardia hirsutissima</i>	Euphorbiaceae	Herbácea	Permeável	10/2018	81	x	x		
<i>Calolisianthus speciosus</i>	Gentianaceae	Herbácea	Permeável	10/2018	85	x	x	x	x
<i>Croton gracilescens</i>	Euphorbiaceae	Herbácea	Permeável	10/2018	48	x	x		
<i>Dyckia brasiliiana</i>	Bromeliaceae	Herbácea	Permeável	10/2018	87	x	x	x	x
<i>Eriosema congestum</i>	Fabaceae	Arbusto	Impermeável	06/2018	85	x	x	x	x
<i>Lessingianthus buddleifolius</i>	Asteraceae	Arbusto	Permeável	06/2018	11	x	x	x	x
<i>Mimosa clausenii</i>	Fabaceae	Arbusto	Impermeável	10/2018	95	x	x	x	x
<i>Polygala sp.</i>	Polygalaceae	Herbácea	Permeável	06/2018	9	x	x	x	x
<i>Porophyllum obscurum</i>	Asteraceae	Herbácea	Permeável	10/2018	5	x	x		x
<i>Xyris paradisiaca</i>	Xyridaceae	Herbácea	Permeável	10/2018	12	x	x	x	x

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

2.5. Experimentos de choque de temperatura e germinação

Os experimentos de choque de temperatura foram realizados com uma mufla pré-aquecida e de temperatura controlada. Foram utilizadas 20 sementes por réplica (exceto para *Bernardia hirsutissima* e *Croton gracilescens*, nas quais foram utilizadas 15 sementes/réplica devido à falta de sementes), sendo cinco réplicas por tratamento por espécie (20 sementes/réplica, 5 réplicas/tratamento). Os seguintes tratamentos de choque de temperatura foram aplicados: 100°C por um minuto, 100°C por três minutos e 200°C por 1 minuto. Utilizamos 200°C para simular um caso de temperatura extrema. No tratamento controle, as sementes foram mantidas na temperatura ambiente. Cada réplica foi exposta ao choque térmico separadamente a fim de assegurar a independência das amostras (MORRISON; MORRIS, 2000). Nem todas as espécies receberam todos os tratamentos devido à escassez de sementes (Tabela 1). O tempo de exposição e as temperaturas foram estabelecidas com base na literatura, que indica que a duração dos pulsos de calor pode variar entre 1 a 3 minutos no Cerrado (MIRANDA et al., 1993; DAIBES et al., 2018). Segundo Miranda et al. (1993) em ambientes naturais as temperaturas durante as queimadas chegam a alcançar de 280°C a 350°C na superfície, mas são inferiores a 100°C no subsolo.

Após os tratamentos, todas as sementes foram depositadas em placas de Petri, sobre duas folhas de papel filtro embebidas em água destilada, a fim de prosseguir com o experimento de germinação. As placas de Petri foram levadas para a câmara de germinação, programada para fornecer períodos controlados de claro e escuro (12h/12h), em temperatura constante de 27°C (como descrito por FICHINO et al., 2016).

Foram realizadas observações a cada três dias durante 31 dias, a fim de contabilizar a germinação. A semente foi considerada germinada com a observação do surgimento de radícula e/ou cotilédones e após esta observação ela foi contabilizada como “germinada” e removida da placa de Petri. Ao final dos experimentos, sementes de tegumento impermeável não germinadas foram submetidas à escarificação com lixa nº 150 antes de serem submetidas a o teste de viabilidade com tetrazólio. O teste de viabilidade com o tetrazólio ocorreu da seguinte forma: as sementes não germinadas foram embebidas em solução de tetrazólio 1% por 48 horas segundo protocolo. Após o período de embebição as sementes coradas em rosa avermelhado foram consideradas viáveis. A viabilidade das sementes foi considerada como a soma entre as sementes germinadas e as sementes viáveis.

As sementes foram consideradas resistentes se a porcentagem de sementes viáveis a 100°C e 200°C não diferiu estatisticamente do controle.

2.6. Análises dos dados

Para testar se existe diferença nas porcentagens de germinação, viabilidade e resistência das sementes entre tratamentos, foram utilizados modelos lineares generalizados (GLMs) com uma estrutura de erro binomial e uma função logit link para cada espécie para comparar as proporções finais dos mesmos. A resistência das sementes é a capacidade destas de resistirem à passagem do fogo e exposição as altas temperaturas, sem que tenham sua viabilidade e germinação prejudicadas. A resistência das sementes foi calculada através do número de sementes viáveis no Controle, dividido pelo número de sementes viáveis no tratamento de 200°C. A diferença nos atributos das sementes (peso, forma e teor de água) nos diferentes tratamentos foi analisada utilizando GLM com uma estrutura de erro Gamma. O tratamento de temperatura foi utilizado como fator fixo. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Core Team 2016).

Para melhor avaliar a existencia ou não de uma relação entre os atributos das sementes e a resistência a altas temperaturas, foram utilizadas análises de regressão linear também utilizando o software R (R Core Team 2016).

3. RESULTADOS

3.1. Atributos

Dentre as espécies, as sementes mais esféricas foram encontradas para *Eriosema congestum* ($0,86 \pm 0,06$). Já *Porophyllum obscurum*, apresentou as sementes menos esféricas dentre as espécies estudadas ($0,08 \pm 0,01$). O peso (seco) das sementes variou entre 43,30 mg a 0,83 mg, sendo *Eriosema congestum* a de maior peso e *Calolisianthus speciosus* a menor. *Xyris paradisiaca* foi a espécie que apresentou maior teor de água ($12,12 \pm 9,87\%$), mesmo que seu peso fresco e peso seco tenham sido alguns dos mais baixos entre as outras espécies ($1,3 \pm 0,11$ mg e $1,137 \pm 0,11$ mg, respectivamente). *Porophyllum obscurum* apresentou o menor teor de água ($0 \pm 0\%$) dentre as espécies estudadas (Tabela 3).

Tabela 03 – Atributos das sementes das espécies estudadas: Peso fresco e Peso Seco (média±DP, mg) - Sementes foram pesadas antes e depois de passarem pela estufa; Teor de Água (média±DP, %) - Calculado a partir do decréscimo de peso das sementes, após serem mantidas por 48 horas em estufa de secagem a 80°C; Forma (média±DP) - (largura, comprimento e espessura, em mm), média da forma da população (entre 0 e 1). Quanto mais próximo de 1 mais esférica é a semente.

Espécie	Peso fresco (mg)	Peso seco (mg)	Teor de água (%)	Forma
<i>Bernardia hirsutissima</i>	37,59±14,44	35,92±13,86	4,64±1,33	0,84±0,08
<i>Calolisianthus speciosus</i>	0,88±0,19	0,83±0,14	4,56±6,90	0,68±0,30
<i>Croton gracilescens</i>	5,72±2,24	5,46±2,17	4,88±4,88	0,75±0,08
<i>Dyckia brasiliana</i>	2,00±0,40	1,79±0,38	10,61±7,16	0,75±0,09
<i>Eriosema congestum</i>	47,11±7,91	43,30±7,31	8,08±0,82	0,85±0,06
<i>Lessingianthus buddleifolius</i>	2,8±0,65	2,52±0,61	9,74±6,54	0,22±0,04
<i>Mimosa clausenii</i>	32,72±5,52	31,57±5,39	3,52±1,42	0,71±0,07
<i>Polygala</i> sp.	1,77±0,27	1,65±0,26	7,03±5,41	0,37±0,22
<i>Porophyllum obscurum</i>	0,86±0,22	0,86±0,22	0±0	0,08±0,01
<i>Xyris paradisiaca</i>	1,3±0,11	1,13±0,11	12,12±9,87	0,29±0,27

Fonte: Elabora pela autora (2019).

3.2. Experimentos de choque de temperatura e germinação

Calolisianthus speciosus apresentou a maior porcentagem de germinação dentre todas as espécies estudadas ($94,44 \pm 12,42\%$, Fig. 2), enquanto que a menor porcentagem foi encontrada em *Lessingianthus buddleiifolius* e *Polygala* sp. ($0 \pm 0\%$ e $0 \pm 0\%$, respectivamente, Fig. 2), sendo que a porcentagem de sementes vazias para essas espécies foi de $59,71\%$ e $48,95\%$, respectivamente.

As sementes de *Calolisianthus speciosus* apresentaram uma acentuada queda na germinação a partir de 200°C ($p=0,001$, Fig. 2) enquanto que *Bernardia hirsutissima* (Ctrl= $66,66 \pm 13,50\%$, $100^\circ\text{C}= 82,22 \pm 30,79\%$, $p=0,094$), *Eriosema congestum* (Ctrl= $42,41 \pm 4,13\%$, $100^\circ\text{C}= 35,47 \pm 6,80\%$, $100^\circ\text{C } 3'= 78,01 \pm 11,23$, $200^\circ\text{C}= 65,96 \pm 17,64\%$, $p= 0,728$, $p= 0,014$, $p= 0,007$, respectivamente) e *Mimosa clausenii* (Ctrl= $42,41 \pm 4,13\%$, $100^\circ\text{C}= 35,47 \pm 6,80\%$, $100^\circ\text{C } 3'= 78,01 \pm 11,23\%$, $200^\circ\text{C}= 65,96 \pm 17,64\%$, $p= 0,840$, $p= 0,981$, $p= 0,000$, respectivamente) tiveram suas dormências quebradas quando expostas a 100°C e 200°C . Porém, apenas uma pequena porcentagem das sementes de *mimosa clausenii* teve sua dormência quebrada e mais de 90% não germinaram, apesar de estarem viáveis. Apesar de a resposta de *Bernardia hirsutissima* ter sinalizado aumento na germinação quando exposta a altas temperaturas, a outra espécie pertencente à família Euphorbiaceae, *Croton gracilescens*, não demonstrou nenhum aumento na germinação quando exposta a alta temperatura (Ctrl= $40 \pm 11,54\%$, $100^\circ\text{C}= 35,55 \pm 15,39\%$, $p= 0,663$, Fig. 2).

Os resultados de viabilidade mostraram que apenas para as espécies *Mimosa clausenii* (Fabaceae) e *Xyris paradisiaca* (Xyridaceae) não houve diminuição da viabilidade a 200°C ($p= <2e-16$, $p=0,933$, respectivamente, Fig. 2). Em relação às outras temperaturas, as sementes de *Calolisianthus speciosus* (Ctrl= $94,44 \pm 12,42\%$, $100^\circ\text{C}= 93,07 \pm 15,48\%$, $100^\circ\text{C } 3'= 87,59 \pm 14,75$, $p= 0,835$, $p= 0,269$, respectivamente), *Dyckia gracilescens* (Ctrl= $90 \pm 22,36\%$, $100^\circ\text{C}= 81,95 \pm 37,49\%$, $p= 0,323$) e *Polygala* sp. (Ctrl= $9,90 \pm 9,88\%$, $100^\circ\text{C}= 11,10 \pm 8,93\%$, $100^\circ\text{C } 3'= 7,61 \pm 9,87\%$, $p= 0,991$, $p= 0,937$, respectivamente, Fig. 2) também apresentaram diminuição na viabilidade a 100°C em relação ao controle.

Para as duas espécies de Asteraceae, a viabilidade foi baixa em todas as temperaturas, não excedendo 20% . *Lessingianthus buddleiifolius* apresentou diminuição em sua viabilidade com o aumento da temperatura, e no caso de *Porophyllum obscurum*, não foi apresentada essa diminuição, apesar de a porcentagem de sementes viáveis ser baixa em ambas as espécies utilizadas no estudo (Fig. 2).

Não foi possível estabelecer uma relação entre os atributos das sementes e a resistência das mesmas a altas temperaturas. Isso ocorreu pelo baixo número de espécies estudadas e por

alguns dados preditórios terem valores altos (por exemplo, em peso) e estes terem influência excessiva sobre a linha de regressão e não serem distribuídos com certa uniformidade sobre a amplitude amostral (Fig. 3).

Figura 2 - Porcentagem de germinação (% Germ.) e viabilidade (% Viab.) (% , média±DP) das sementes das espécies estudadas após serem expostas a diferentes choques de temperatura e tempo: 100°C 1', 100°C 3', 200°C 1' e Controle (sem exposição a altas temperaturas). Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as porcentagens de germinação e letras maiúsculas indicam diferenças significativas na porcentagem de viabilidade entre os tratamentos. N.S. = Não houve diferença significativa entre tratamentos.

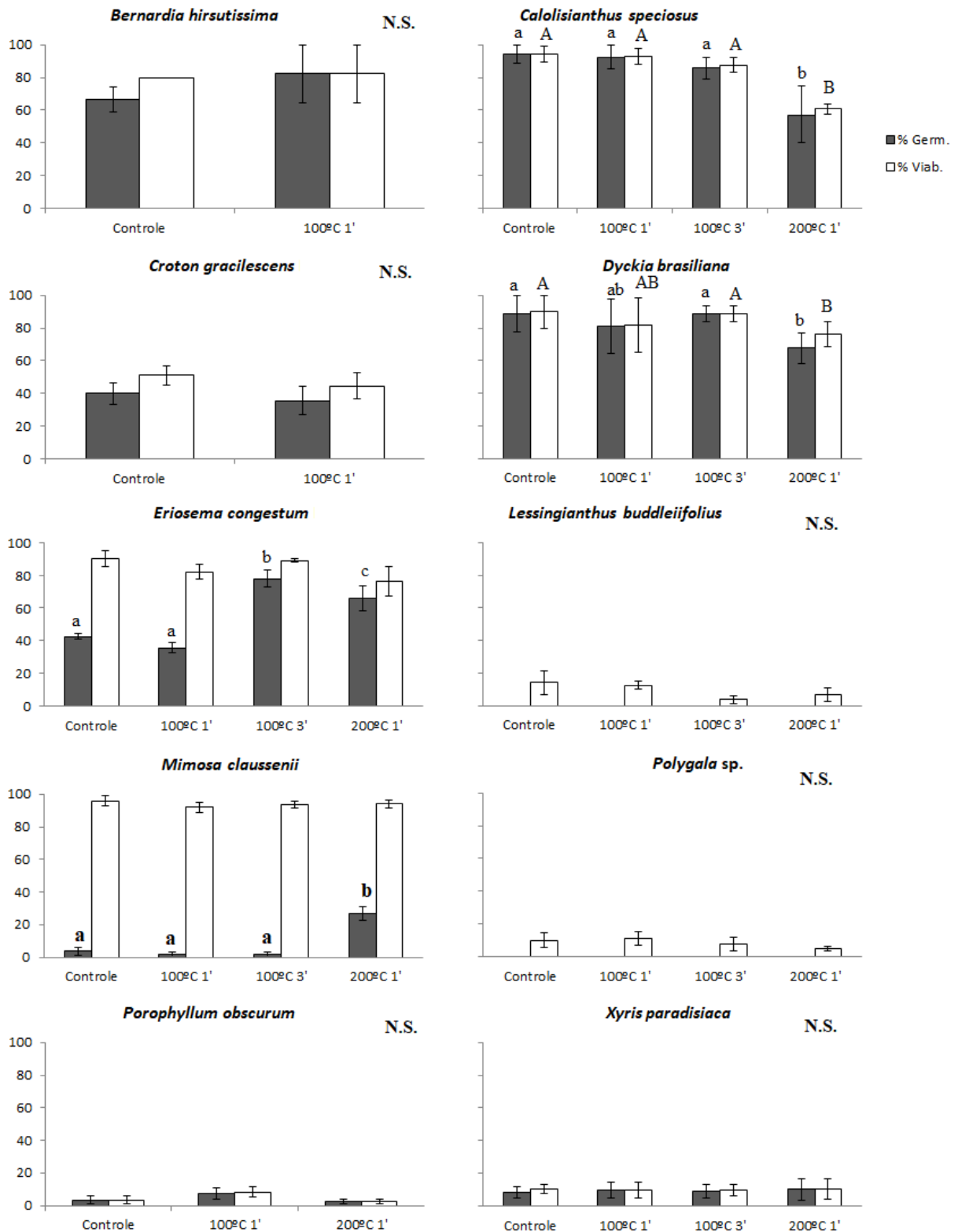
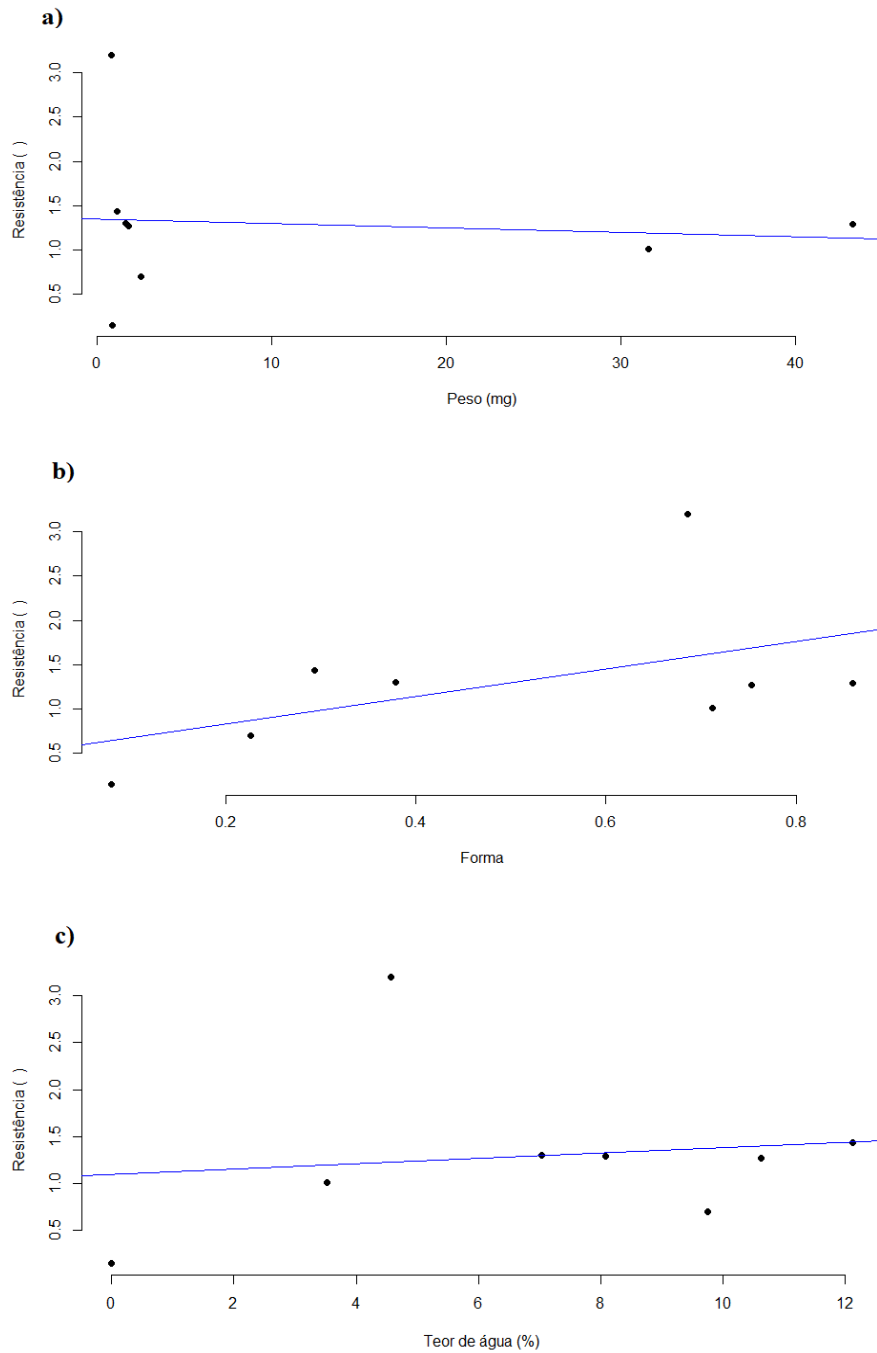


Figura 3 – Relação entre atributos (peso (mg), forma, teor de água (%)) e resistência a 200°C (número de sementes viáveis no Controle, dividido pelo número de sementes viáveis no tratamento de 200°C) para espécies de campo sujo de Cerrado utilizadas no estudo.



4. DISCUSSÃO

Presente em diversos ecossistemas ao redor do mundo, o fogo é considerado um fator chave na manutenção e distribuição destes ambientes, além de ter o importante papel de agente evolutivo sobre suas floras (BOND et al., 2003; WHELAN, 1995). Pausas & Keeley (2009) afirmam que não existem plantas adaptadas ao fogo, mas sim ao regime de fogo, onde estas apresentam atributos influenciados por ele e mecanismos para lidar com a ocorrência das chamas. A vegetação endêmica do Cerrado apresenta inúmeras adaptações ao regime de fogo, fenologias especializadas de floração e frutificação, e a quebra de dormência por altas temperaturas e estimulação da germinação pela fumaça podem ser considerados atributos adaptativos ao fogo (EITEN, 1972; WHELAN, 1995; SIMON et al., 2009; KEELEY et al., 2011). Neste estudo, foi possível comprovar que houve a quebra de dormência de três das espécies estudadas, quando estas foram expostas as altas temperaturas, corroborando com outros estudos (e.g. AULD; O'CONNEL, 1991; MOREIRA et al., 2010). *Mimosa clausenii* apresentou quebra de dormência a 200°C e viabilidade do lote superior a 90%, mas sua germinação foi baixa (<20%). Também ocorreu quebra de dormência em *Eriosema congestum* com o tratamento de 200°C e em *Bernardia hirsutissima*, à temperatura de 100°C. Essa quebra pode ocorrer pelo fato de que, quando expostas a altas temperaturas, a testa da semente de tegumento impermeável se rompe, o que possibilita a absorção de água pela semente e o desenvolvimento da radícula/cotilédones (BASKIN; BASKIN, 1998; FIDELIS; DAIBES; MARTINS, 2016). Contudo, evidências sugerem que os choques térmicos podem não ter sido selecionados como o principal fator de quebra de dormência no Cerrado, mas a combinação de fatores como umidade do solo e flutuação da temperatura, também podem ser identificados como contribuintes para a quebra da dormência física (DAIBES et al., 2018; 2019). *Eriosema congestum* apresentou maior porcentagem de germinação a partir do tratamento de 100°C 3', enquanto que *Mimosa clausenii* apresentou maior porcentagem de germinação apenas no tratamento de 200°C, quando comparadas com os demais tratamentos (Figura 2).

Para Vázquez-Yanes & OrozcoSegovia (1996) estudos que envolvam a biologia das sementes são fundamentais para o entendimento da estrutura e dinâmica de comunidades vegetais, devido à sua importância para a propagação e regeneração de florestas. Segundo Ooi et al (2014), após a passagem do fogo, é possível que ocorra o surgimento de clareiras na vegetação, onde as sementes que resistem a exposição aos choques térmicos podem encontrar um ambiente com baixa competição para germinação.

Além da quebra da dormência física das duas espécies de Fabaceae e de uma Euphorbiaceae, as outras espécies utilizadas – exceto por *Calolisianthus speciosus*, mostraram-se resistentes à 200°C. *Calolisianthus speciosus* apresentou aumento de germinação e viabilidade, mas a partir dos 100°C 3' houve um declínio, evidenciando que o limiar de resistência desta espécie encontra-se entre essas temperaturas (Figura 2). Keeley (1991) aponta que a longa exposição a altas temperaturas diminui a germinação ou até inviabilizar as sementes. Porém, este estudo apontou que após a exposição a altas temperaturas, as sementes utilizadas germinaram. Isso corrobora com estudos sobre espécies herbáceas do Cerrado (FICHINO et al., 2012; 2016; LE STRADIC et al., 2015; FIDELIS; DAIBES; MARTINS, 2016).

L. buddleiifolius e *Porophyllum obscurum*, ambas da família Asteraceae, não germinaram quando expostas ao tratamento de 200°C e suas taxas de germinação para os demais tratamentos foi inferior a 5% (Figura 2). No caso de *L. buddleiifolius*, a espécie apresentou muitas sementes vazias e/ou inviáveis, além de a viabilidade do lote ter sido baixa (<10%, Figura 2), sendo esta uma possível justificativa para o fato de não ter havido germinação durante o experimento de germinação deste estudo. *P. obscurum* também apresentou alto índice de sementes vazias e/ou inviáveis (56,75%). Isso é uma característica comum na coleta de sementes da família Asteraceae. Segundo Velten & Garcia (2005) diversas outras espécies da família Asteraceae também apresentam baixas germinabilidade e viabilidade, com grande ocorrência de aquênios sem sementes, o que evidencia a baixa fertilidade ser comum na família.

As duas espécies de Euphorbiaceae – *Bernardia hirsutissima* e *Croton gracilescens*, apresentaram dados de germinação e viabilidade bastante discrepantes entre si. A primeira apresentou germinação e viabilidade altas, inclusive havendo a quebra de sua dormência física, enquanto que *Croton gracilescens* teve germinação e viabilidade inferiores a 50%%. Segundo Abdo & Paula (2006) processos germinativos de espécies de *Croton* sp. podem ser favorecidos com temperaturas alternadas. Para Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia (1984), essa maior germinação de sementes em temperaturas alternadas ocorre através de mecanismos enzimáticos favorecidos pelas flutuações de temperatura durante os processos catalisados por essas enzimas.

O presente estudo não obteve resultados significativos que apontassem a existência de uma relação entre os atributos de sementes e a resistência das mesmas à exposição a altas temperaturas (Figura 3). Porém, outros estudos realizados (e.g. RIBEIRO et al., 2015; DAIBES, et al., 2019) puderam evidenciar que sementes de massa maior, independente de sua

origem ecológica, tiveram maior sobrevivência quando expostas a altas temperaturas. Também, sementes de espécies que ocorrem em ambientes propensos ao fogo, como as savanas, resistiram mais aos altos níveis de choque térmico, em comparação com sementes de ambientes não propensos ao fogo, como as florestas (RIBEIRO et al., 2015). Em relação a forma da semente, este trabalho corrobora com os resultados encontrados por Daibes et al. (2019), que contrasta com os encontrados por Gómez-González et al. (2016), onde sementes arredondadas de ecossistemas mediterrâneos eram mais resistentes a altas temperaturas. Para o teor de água, estudos sugerem que quando as sementes de Cerrado possuem baixo teor de água, estas são mais resistentes quando comparadas com sementes de ambientes florestais, por ser de extrema importância para o fitness da espécie que a tolerância à dessecação seja maior (RIBEIRO; BORGHETTI, 2014). Nenhum dos atributos analisados influenciou a resistência das sementes a exposição a 200°C.

5. CONCLUSÃO

Todas as espécies de campo sujo estudadas, exceto por *Calolisianthus speciosus*, são resistentes à passagem do fogo e exposição a altas temperaturas, corroborando com nossa hipótese.

A exposição ao choque de temperatura levou à quebra de dormência física de pelo menos duas espécies de Fabaceae, corroborando com outros estudos que demonstram que espécies de tegumento impermeável tem sua dormência física quebrada quando expostas às altas temperaturas. Uma espécie de Euphorbiaceae também teve sua dormência física quebrada.

Não foi possível estabelecer qualquer relação entre os atributos de sementes e sua resistência à passagem de fogo e exposição às altas temperaturas. No entanto, novos estudos com maiores quantidades de espécies e sementes devem ser realizados.

6. REFERÊNCIAS

- ABDO, M.T.V.N.; PAULA, R.C. de. Temperaturas para a germinação de sementes de capixingui (*Croton floribundus* - Spreng - Euphorbiaceae). **Rev. bras. sementes**, Pelotas, v. 28, n. 3, p. 135-140. 2006.
- ALHO, C.J.R.; MARTNS, E.S. De grão em grão, o cerrado perde espaço. **Documento para discussão**. Brasil. WWF/ PRO-CER. 1995.
- ARCHIBALD, S., LEHMANN, C. E. R., GOMEZ-DANS, J. L., & Bradstock, R. A. Defining pyromes and global syndromes of fire regimes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 110(16), 6442–6447.doi:10.1073/pnas.1211466110. 2013.
- AULD, T. D.; O'CONNELL, M. A. Predicting patterns of post-fire germination in 35 Eastern Australian Fabaceae. **Australian Journal of Ecology**, 16, 53 – 70. 1991.
- AULD, T. D.; OOI, M. K. J. Heat increases germination of water-permeable seeds of obligate-seeding *Darwinia* species (Myrtaceae). **Plant Ecology**, 200:117–127. 2009.
- BASKIN, J.; BASKIN, C. Seeds ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. **San Diego: Academic Press**, 1998.
- BOND, W.J.; KEELEY, J.E. Fire as a global ‘herbivore’: The ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends Ecol Evol**. 20:387–394. 2005.
- BOND, W.J.; MIDGLEY, G.F. & WOODWARD, F.I. The importance of low atmospheric CO₂ and fire in promoting the spread of grasslands and savannas. **Global Change Biology**, 9(7): 973-982. 2003 .
- BOND, W. J.; VAN WILGEN, B. W. Fire and plants: Population and community biology series. **Chapman & Hall**, London.1996.
- BOND, W.J.; WOODWARD, F.I & MIDGLEY, G.F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New Phytologist**, 165: 525-538. 2005.
- BRESINSKY, A. et al. Tratado de Botânica de Strasburger. 36.ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- CORNELISSEM, J.H.C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; et al.. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, 51, 335-380. 2003.
- COUTINHO, L.M. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: Huntley, B. J. & Walker, B. H. (eds). **Ecology of tropical savanas**, Springer Verlag. 273-291. 1982.
- COUTINHO, L. M. Fire in the Ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. Fire in the tropical biota: ecosystem process and global challenge. **Berlin: Springer-Verlag**, p.82-103.1ªed. 1990.
- COUTINHO, L. M. O Conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**. 1: 17- 23. 1978.

DAIBES, L. F.; GORGONE-BARBOSA, E.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Gaps critical for the survival of exposed seeds during Cerrado fires. **Australian Journal of Botany**, 66(2), 116. 2018.

DAIBES, L. F.; PAUSAS, J. G.; BONANI, N.; NUNES, J.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Fire and legume germination in a tropical savanna: ecological and historical factors. **Annals of Botany**. 2019.

DAYRELL, R.L.C., GARCIA, Q.S., NEGREIROS, D., BASKIN, C.C., BASKIN, J.M., SILVEIRA, F.A.O. Phylogeny strongly drives seed dormancy and quality in a climatically buffered hotspot for plant endemism. **Annals of Botany**. 119, 267–277. 2017.

GÓMEZ-GONZÁLEZ, S.; OJEDA, F.; TORRES-MORALES, P.; PALMA, J.E. Seed pubescence and shape modulate adaptive responses to fire cues. **PLoS ONE**. 11: e0159655. 2016.

ESCOBAR, D.F.E.; SILVEIRA, F.A.O.; MORELLATO, L .P.C. Timing of seed dispersal and seed dormancy in Brazilian savanna: Two solutions to face seasonality. **Annals of Botany**, 121, 1197–1209. 2018.

FICHINO, B. S., DOMBROSKI, J. R. G., PIVELLO, V. R., & FIDELIS, A. Does Fire Trigger Seed Germination in the Neotropical Savannas? Experimental Tests with Six Cerrado Species. **Biotropica**, 48(2), 181–187. 2016.

FICHINO, B.; FIDELIS, A.; SCHMIDT, I.; PIVELLO, V. Efeitos de altas temperaturas na germinação de sementes de capim-dourado (*Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland, Eriocaulaceae): implicações para o manejo. **Acta Bot. Bras.** [online], vol.26, n.2, pp.508-511. 2012.

FIDELIS A.; BLANCO, C.C.; MULLER, S.C.; PILLAR, V.D.; PFADENHAUER, J. Short-term changes caused by fire and mowing in Brazilian Campos grasslands with different long-term fire histories. **Journal of Vegetation Science**, 23: 552-562. 2012.

FIDELIS, A.; DAIBES, L. F.; MARTINS, A. R.. To resist or to germinate? The effect of fire on legume seeds in Brazilian subtropical grasslands. **Acta Bot. Bras.**, Belo Horizonte , v. 30, n. 1, p. 147-151. 2016.

FLEMATTI, G.R; GHIALBERTI, E.L.; DIXON, K.W. ; TRENGOVE, R.D. A compound from smoke that promotes seed germination. **Science**, 305: 977. 2004.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: Mar. 2019.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO. **Plano de Manejo da Reserva Natural Serra do Tombador**. Supervisão: Gustavo Adolfo Gatti. 2011.

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

HOFFMANN, W.A. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**, 84: 383-393. 1996.

KEELEY, J. E.; PAUSAS, J.G.; RUNDEL, P.W.; BOND, W.J.; BRADSTOCK, R.A. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, 16. 2011.

KEELEY, J.E. & FOTHERINGHAM, C.J. Role of fire in regeneration from seed. In M. Fenner (ed.). **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities**. CAB International, Wallingford. 2000.

JAUREGUIBERRY, P.; DÍAZ, S. Post-burning regeneration of the Chaco seasonally dry forest: germination response of dominant species to experimental heat shock. **Oecologia**, v. 177, n. 3, p. 689–699. 2015.

LE STRADIC, S.; SILVEIRA, F. A. O.; BUISSON, E.; CAZELLES, K.; CARVALHO, V.; FERNANDES, G. W. Diversity of germination strategies and seed dormancy in herbaceous species of campo rupestre grasslands. **Austral Ecology**, v. 40, n. 5, p. 537–546, ago. 2015.

MOREIRA, A.G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, 27: 1021-1029. 2000.

MOREIRA, B. J; PAUSAS, J. G. Tanned or Burned: The Role of Fire in Shaping Physical Seed Dormancy. **PLoS ONE**, v. 7, n. 12, p. e51523, 5 dez. 2012.

MOREIRA, B. J.; TORMO, J.; ESTRELLES, E.; PAUSAS, J. G. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. **Annals of Botany**, 105: 627-635. 2010.

MORRISON, D. A.; MORRIS, E. C. Pseudoreplication in experimental designs for the manipulation of seed germination treatments. **Austral Ecology**, 25: 292-296. 2000.

MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H.S.; DIAS, I. F. P. O; DIAS, B. F. S. Soil and air temperatures during prescribed cerrado fires in Central Brazil. **J. Trop. Ecol.**, 9: 313–320. 1993.

OOI, M. K. J.; DENHAM, A. J.; SANTANA, V. M.; AULD, T. D. Temperature thresholds of physically dormant seeds and plant functional response to fire: variation among species and relative impact of climate change. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 5, p. 656–671. 2014.

PARR, C. L., LEHMANN, C. E. R., BOND, W. J., HOFFMANN, W. A., & ANDERSEN, A. N. Tropical grassy biomes: misunderstood, neglected, and under threat. **Trends in Ecology & Evolution**, 29(4), 205–213. doi:10.1016/j.tree.2014.02.004. 2014.

PAUSAS J.G.; KEELEY J.E. A burning story: The role of fire in the history of life. **Bioscience**, 59: 593-60. 2009.

PIVELLO, V.R.; COUTINHO, L.M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology**, 8: 487-497. 1992.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**. 61:137–234. 2013.

RIBEIRO, L. C.; BORGHETTI, F. Comparative effects of desiccation, heat shock and high temperatures on seed germination of savanna and forest tree species. **Austral Ecology**, Australia, v. 39, n. 3, p. 267-278, 2014.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. :SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. Cerrado: Ecologia e flora. EMBRAPA. Vol 1. Capítulo 6. Pág: 153-212. 2008.

RIBEIRO, L. C., BARBOSA, E. R. M., VAN LANGEVELDE, F., & BORGHETTI, F. The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. **Journal of Vegetation Science**, 26(6). 2015.

SILVEIRA, F.A.O.; RIBEIRO, R.C.; OLIVEIRA, D.M.T.; FERNANDES, G.W.; LEMOS-FILHO, J.P. Evolution of physiological dormancy multiple times in Melastomataceae from Neotropical montane vegetation. **Seed Science Research**, 22: 37-44. 2011.

VAN STADEN, J., BROWN, N. Smoke as a germination cue. **Plant Species Biol.** 15, 167–178. 2000.

VÁZQUEZ-YANEZ, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical: un reflejo de su ambiente. **Ciência**, Santo Domingo, v.35, p.191-201. 1984.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Physiological ecology of seed dormancy and longevity. In: S.S. Mulkey; R.L. Chazdon & A.P. Smith. **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. New York, Chapman & Hall. 1996.

VELTEN, S.B.; GARCIA, Q.S. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 753-761. 2005.

WHELAN, R. J. The ecology of fire. **New York: Cambridge University Press**, 1ªed. 1995.

WHITLOCK, C; HIGUERA, P.; MCWETHY, D.; BRILES, C. Paleocological perspectives on fire ecology: Revisiting the fire-regime concept. **Open Ecology Journal** 3:6–23. 2010.