

ECOLOGIA

NATHALIA BONANI

**O PAPEL DO FOGO NAS SEMENTES
DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS DE
CERRADO E FLORESTA**



Rio Claro
2016

NATHALIA BONANI

O PAPEL DO FOGO NAS SEMENTES DE LEGUMINOSAS
ARBÓREAS DE CERRADO E FLORESTA

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra Fidelis

Co-orientador: M.e Luís Felipe Daibes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de
Ecóloga.

Rio Claro
2016

582.0467 Bonani, Nathalia
B697p O papel do fogo nas sementes de leguminosas arbóreas de cerrado e floresta / Nathalia Bonani. - Rio Claro, 2016
30 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de
Rio Claro

Orientadora: Alessandra Fidelis
Coorientador: Luís Felipe Daibes

1. Sementes. 2. Efeitos ecológicos do fogo. 3.
Germinação. 4. Choques de temperatura. 5. Resistência de
sementes. 6. Fabaceae. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Luzia e Laercio e meu irmão Danilo, por apoiarem minhas escolhas, pelo amor incondicional e paciência durante toda a vida;

Ao Igor, pelo companheirismo de sempre, por todas as discussões dos mais diversos assuntos, ajuda nos estudos e principalmente por todo carinho e compreensão, fundamentais para eu superar todas as dificuldades e continuar esse caminho;

Às professoras e professores da graduação, em especial à Prof.^a Maria José e ao Prof.^o Milton, que contribuíam na consolidação das bases para meu conhecimento na área ambiental e me ajudaram em vários outros aspectos durante minha formação.

À Prof.^a Alessandra Fidelis, pelo seu entusiasmo com a ciência, que me animou e me fez reencontrar contentamento nas minhas próprias escolhas; por ter me apresentado lugares singulares e me ensinado, através de sua competente orientação, a olhar e pensar mais detalhadamente o Cerrado; por ter acreditado no meu potencial e trabalhado com ele ao longo dessa pesquisa;

Ao Luís Felipe Daibes, por todos os ensinamentos oferecidos com dedicação e simpatia; pelos diálogos enriquecedores e pela paciência em me explicar o que fosse necessário para a realização desse trabalho, além de outros assuntos sobre a vida e beleza das sementes;

A toda equipe do LEVEG (um dos grupos mais animados e engajados que eu já conheci!) pelo acolhimento desde o primeiro momento, pela ajuda com os experimentos e por me ensinar muito sobre trabalho em equipe;

Às funcionárias e funcionários que me ajudaram direta ou indiretamente, mantendo a Universidade viva através de seu trabalho, fazendo da UNESP um espaço organizado e agradável.

À PROEX pela concessão das bolsas de Apoio Acadêmico e Extensão (BAAE I) e às pessoas que lutaram por permanência estudantil, essencial para minha manutenção na Universidade e prosseguimento nos meus estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto FAPESP 2015/06743-0 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo (CNPq) pelo financiamento do projeto CNPq 455183/2014-7, os quais fazem parte desta pesquisa.

RESUMO

O fogo é um importante fator na dinâmica de várias comunidades vegetais, como é o caso das formações savânicas. Espécies da família Fabaceae estão presentes tanto em áreas florestais e de Cerrado, apresentando com frequência dormência física que pode, na maioria das vezes, ser quebrada por meio da exposição a altas temperaturas. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo verificar o papel do fogo na germinação e resistência de sementes de leguminosas arbóreas, comparando espécies de Cerrado e de floresta. Ao todo, foram estudadas nove espécies, sendo três de floresta, quatro de Cerrado e duas de ocorrência em ambos ambientes. As hipóteses foram de que sementes de espécies de Cerrado possuem maior resistência à exposição ao fogo, podendo ter sua dormência quebrada com o aumento de temperaturas, enquanto que sementes de espécies florestais teriam sua viabilidade reduzida quando expostas aos choques térmicos. Todas as espécies tiveram atributos de semente (peso, forma, permeabilidade, teor de água) e germinação (germinabilidade e resistência a altas temperaturas) mensurados. Para os testes de choque térmico, foram utilizados 4 tratamentos (controle; 100°C por 1 e 3 minutos e 200°C por um minuto) com 5 réplicas cada (20 sementes/tratamento/espécie). Após os tratamentos, as sementes foram colocadas em câmaras de germinação por 30 dias a 27°C e fotoperíodo de 12h, realizando-se o acompanhamento da germinação três vezes por semana. Todas as espécies resistiram à exposição a 100°C 1 minuto, o que é uma característica relevante para manutenção das espécies frente a distúrbios. No ambiente de Cerrado mesmo algumas sementes consideradas pequenas (*Anadenanthera peregrina* e *Stryphnodendron obovatum*) resistiram ao choque de 200°C. O tamanho pequeno das sementes parece estar mais associado ao ambiente perturbado do Cerrado e não está relacionado à resistência das sementes ao fogo. Teor de água e forma das sementes não tiveram relação aparente com o ambiente de ocorrência. As espécies de floresta apresentaram sementes impermeáveis (*S. parahyba*) ou permeáveis (*A. colubrina*), enquanto que espécies de ocorrência nos dois ambientes e Cerrado tiveram frações de sementes dormentes e não dormentes nas suas populações, o que pode ser uma estratégia importante para distribuir a germinação em ambientes mais heterogêneos e perturbados.

Palavras-chave: Germinação, Choques de temperatura, resistência de semente, Fabaceae.

ABSTRACT

Fire is an important factor in the dynamics of various plant communities such as the savanna formations. Species from Fabaceae family are found in both forests and Cerrado areas often presenting physical dormancy that can be broken in most cases by exposure to high temperatures. Thus, this work aims to verify the role of fire in germination and resistance of legume trees, comparing species from Cerrado and forest. In all, nine species were studied, three from forest, four from Cerrado and two with occurrence in both environments. The hypothesis was that Cerrado species seeds would have a higher resistance to fire exposure and could have their dormancy broken with increasing temperatures, whereas forest species seeds would have their viability reduced when exposed to heat shocks. All species also had their seed traits (mass, shape, permeability, water content) and germination (germination and resistance to high temperatures) measured. For heat shock tests we used four treatments (control, 100°C for 1 minute and 3 minutes and 200°C for 1 minute) with 5 replicates each (20 seeds/treatment/species). After the treatments, the seeds were placed in germination chambers for 30 days at 27°C with photoperiod of 12 hours and germination counting performed 3 times a week. All species survived after exposure to 100°C, what seems to be important for species maintenance facing disturbance and environmental changes. In the Cerrado environment, even some small-sized seeds (*Anadenanthera peregrina* e *Stryphnodendron obovatum*) resisted the 200°C heat shock. The small size of seeds seems associated to the disturbed Cerrado system and it is not related to seed resistant to fire. Water content and seed shape had no apparently relation with the environment of occurrence. Forest species had impermeable (*Schizolobium parahyba*) or permeable (*Anadenanthera colubrina*) seeds, whereas species occurring in both environments and Cerrado had fractions of dormant and non-dormant seeds within their populations, what could be an important strategy for distributing germination in heterogeneous and disturbed environments.

Keywords: Germination, Heat shock, seed resistance, Fabaceae.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	9
3 MATERIAL E METÓDOS	10
3.1 ÁREA DE ESTUDO, COLETA E ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES	10
3.2 EXPERIMENTOS DE CHOQUES DE TEMPERATURA	13
3.3 GERMINAÇÃO E TESTE DE VIABILIDADE	13
3.4 MEDIDA DE ATRIBUTOS	14
4 RESULTADOS	16
4.1 EXPERIMENTOS DE CHOQUES DE TEMPERATURA	16
4.2 ATRIBUTOS DE SEMENTES	18
5 DISCUSSÃO	20
6 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1 INTRODUÇÃO

A manutenção de populações de plantas por meio das sementes é importante dentro dos ecossistemas, pois permite uma maior diversidade genética responsável pela conservação da biodiversidade (BRADBEER, 1988). Todavia, a fase de estabelecimento, que inclui a germinação das sementes e o crescimento das plântulas, envolve um período de alto risco de mortalidade dos indivíduos de forma que suas capacidades de sobrevivência influenciam a dinâmica das comunidades em que se inserem (FENNER; THOMPSON, 2005).

Nesse sentido, características mensuráveis das sementes (i.e atributos) como, por exemplo, tamanho e forma, podem estar relacionadas às estratégias de sobrevivência e regeneração das plantas (MOLES; WESTOBY, 2006), refletindo padrões de respostas aos chamados filtros ambientais. Estes filtros ambientais podem ser definidos como as condições ou fatores que causam limitações no potencial de sucesso de colonização, favorecendo ou excluindo espécies, resultando em diferentes composições ambientais (KRAFT; ACKERLY, 2014).

Fatores como herbivoria, déficit de água e nutrientes têm se mostrado como filtros decisivos na determinação da distribuição de diferentes ambientes no mundo (HOFFMANN, 2000; BOND; WOODWARD; MIDGLEY, 2004; BOND, 2008; STAVER; ARCHIBALD; LEVIN, 2011; LEHMANN et al., 2014). Além desses, o fogo é apontado como um dos principais agentes moduladores das formações vegetais em mosaicos de florestas e savanas em regiões de mesma condição climática (BOND; WOODWARD; MIDGLEY, 2004; BOND; KEELEY, 2005), pois acredita-se que a ocorrência desses diferentes ambientes se apresenta em estados alternativos estáveis, mantidos por um regime de distúrbio específico (STAVER; ARCHIBALD; LEVIN, 2011; HOFFMANN et al., 2012).

O fogo é um fator ecológico e evolutivo importante no Cerrado há mais de quatro milhões de anos (SIMON et al., 2009) e acredita-se que esse distúrbio frequente possa ter selecionado atributos das plantas em diversos ecossistemas inflamáveis ao redor do mundo (KEELEY et al., 2011). Os choques de temperatura relacionados ao fogo podem estimular a regeneração por meio do banco de sementes (AULD; DENHAM, 2006). Em ambientes inflamáveis é encontrado um

grande número de espécies cuja dormência é quebrada por fatores relacionados ao fogo (e.g. AULD; O'CONNELL, 1991; MOREIRA et al., 2010).

A dormência física, por exemplo, que é caracterizada pela impermeabilidade do tegumento à entrada de água, é muitas vezes quebrada somente em resposta a altas temperaturas (MOREIRA; PAUSAS, 2012; OOI et al., 2014). Esse tipo de dormência possibilita a manutenção da viabilidade e confere capacidade de formação de bancos de sementes no solo, que persistem sob condições desfavoráveis para o estabelecimento de plântulas em um momento mais propício ao seu desenvolvimento (ROLSTON, 1978; BASKIN; NAN; BASKIN, 1998; BASKIN; BASKIN; LI, 2000).

Estudos realizados com sementes com tegumento impermeável típicas de ambientes suscetíveis ao fogo na Austrália (e.g. AULD; O'CONNELL, 1991) e na Bacia do Mediterrâneo (HERRANZ; FERRANDIS; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, 1998; MOREIRA et al., 2010) mostram que estas têm a dormência física quebrada após choques térmicos com altas temperaturas, fortalecendo 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).

Entretanto, não somente a quebra de dormência, mas também a resistência ao fogo deve ser considerada como atributo importante, pois garante a sobrevivência dos propágulos pós-distúrbio (JAUREGUIBERRY; DÍAZ, 2015; FICHINO et al., 2016; FIDELIS et al., 2016). No Cerrado, testes realizados com espécies de fisionomias abertas apontam que em geral há resistência das sementes a altas temperaturas, no entanto sem quebra de dormência física envolvida para diferentes famílias (LE STRADIC et al., 2015; FICHINO et al., 2016).

Alguns estudos demonstraram que espécies arbóreas de Cerrado podem apresentar sementes com características favoráveis para sobrevivência ao fogo e à dessecação (RIBEIRO; PEDROSA; BORGHETTI, 2013; RIBEIRO; BORGHETTI, 2014), enquanto que espécies florestais parecem ter uma maior sensibilidade a esse tipo de exposição (RIBEIRO; BORGHETTI, 2014), sendo que sua sobrevivência pode depender de atributos como tamanho das sementes, entre outras características (RIBEIRO et al., 2015).

Nas últimas décadas, pesquisadores têm alertado que as ações antrópicas causam uma série de impactos nos ecossistemas de todo planeta, através de

alterações nas temperaturas e regimes de fogo, dentre outros fatores (KRAWCHUK et al., 2009). Além disso, é necessário levar em consideração que a história evolutiva de cada ambiente pode fazer com que filtros ambientais atuem de diferentes maneiras nas estruturas de ecossistemas similares (LEHMANN et al., 2014).

Compreender o papel de filtros ambientais e respostas das plantas aos distúrbios – como é o caso do fogo – serve de grande contribuição para a construção de conhecimento teórico que pode posteriormente auxiliar nas tomadas de decisão referentes ao manejo e a conservação de ambientes naturais, como o Cerrado (DURIGAN; RATTER, 2016). Assim, essa pesquisa teve como intuito mensurar atributos e avaliar as diferentes respostas de germinação nos processos de regeneração pós-fogo, através de estudos de choques de temperatura em sementes de espécies que ocorrem em ambientes distintos.

2 OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo geral verificar o papel do fogo na germinação de sementes de leguminosas arbóreas de Cerrado e de floresta. Para tal, pretendeu-se responder às seguintes perguntas:

- I) Qual o efeito dos choques térmicos relacionados ao fogo na germinação das sementes de leguminosas arbóreas de Cerrado e floresta?
- II) Os atributos de sementes e germinação estão associados aos ambientes onde estas espécies se encontram?

Teve-se como hipótese que sementes de espécies de Cerrado possuiriam maior resistência à exposição ao fogo, podendo ter sua dormência quebrada, enquanto que sementes de espécies florestais teriam sua germinação e viabilidade reduzidas quando expostas aos choques térmicos. Com relação aos atributos, esperou-se que espécies de Cerrado apresentassem sementes de menor tamanho e de forma mais arredondada, enquanto as de floresta seriam maiores e mais permeáveis.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo, coleta e armazenamento das sementes

As sementes foram coletadas de diferentes indivíduos e populações entre maio e outubro de 2015, nas seguintes localidades: (1) Parque Estadual de Porto Ferreira (21°50'S e 47°24'W); (2) Estação Ecológica e Experimental de Itirapina (22°15'S e 47°53'W); (3) Ribeirão Preto - Campus da Universidade de São Paulo (21°05'S e 47°50'W); e (4) Reserva Natural Serra do Tombador (13°35'S e 47°44'W).

Foram coletadas sementes de quatro a dez indivíduos por espécie, sendo obtidas sementes de nove espécies: três típicas de ambiente florestal, duas com ocorrência tanto em cerradão como floresta e quatro presentes apenas em áreas de Cerrado (Tabela 1).

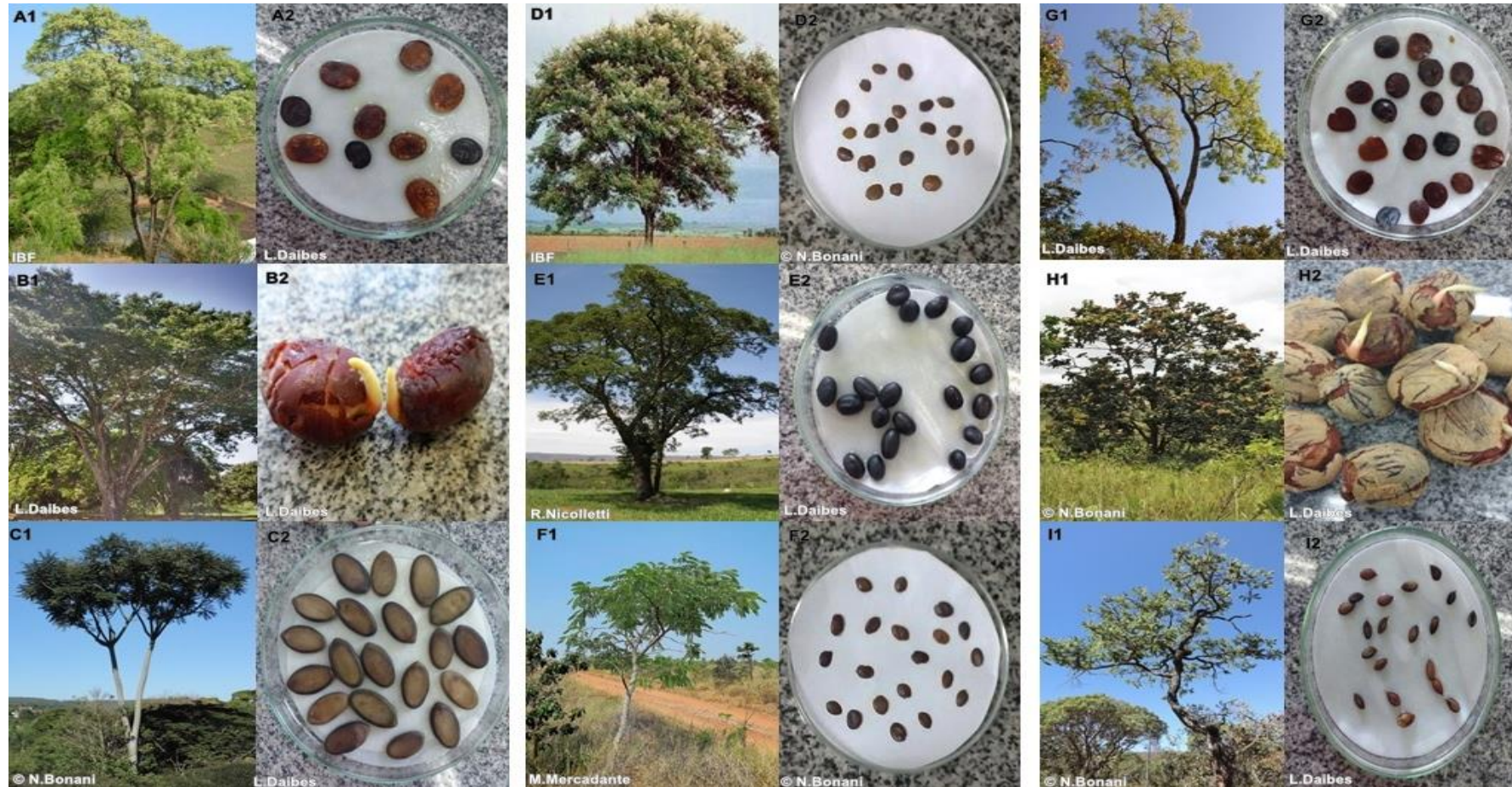
Em campo, as sementes foram separadas por indivíduo e armazenadas em sacos de papel e sacos do tipo ziplock®, para evitar perda de água. As sementes foram triadas em laboratório e armazenadas em geladeira (5°C) por até três meses antes da realização dos experimentos.

Tabela 1- Espécie, local de coleta, tipo de vegetação, número de indivíduos e data de coleta das sementes utilizadas nos experimentos.

Espécie	Local de coleta	Vegetação	Nº de indivíduos	Data da coleta
Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan	Ribeirão Preto/SP	Floresta	5	set/15
<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul.	Itirapina/SP	Cerrado <i>sensu stricto</i> e Cerradão	7	ago/15
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Porto Ferreira/SP	Cerradão e Floresta	6	ago/15
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Hayne.	Cavalcante/GO	Cerrado <i>sensu stricto</i> e Cerradão	10	out/15
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Porto Ferreira/SP	Floresta	4	out/15
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Itirapina/SP	Cerrado <i>sensu stricto</i> e Cerradão	8	out/15
Schizolobium parahyba (Vell.) S.F.Blake	Porto Ferreira/SP	Floresta	6	ago/15
Senegalia polyphylla (DC.) Britton	Porto Ferreira/SP	Cerradão e Floresta	6	out/15
<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.	Itirapina/SP	Cerrado <i>sensu stricto</i> e Cerradão	5	set/15

Fonte: Elaborada pela autora. Nota: Vegetação de acordo com Sano et al, 2008 e Lorenzi 2002.

.Figura 1- Hábito e sementes das espécies de floresta (A1 e A2 – *Anadenanthera colubrina*, B1 e B2 – *Hymenaea courbaril*, C1 e C2 – *Schizolobium parahyba*), floresta/Cerrado, (D1 e D2 - *Senegalia polyphylla*, E1 e E2 - *Copaifera langsdorffii*.) e Cerrado (F1 e F2 - *Plathymenia reticulata*, G1 e G2 - *Anadenanthera peregrina*, H1 e H2 - *Hymenaea stigonocarpa*, I1 e I2 - *Stryphnodendron obovatum*)



Fonte: Elaborada pela autora. Nota: Autoria das imagens indicada individualmente no canto esquerdo inferior

3.2 Experimentos de choques de temperatura

As sementes foram expostas aos seguintes tratamentos de choque térmico: 100°C por 1 minuto e 3 minutos, a 200°C por 1 minuto e controle (sem tratamento). Os choques térmicos foram feitos em mufla-pré aquecida com temperatura controlada. O tempo de exposição estabelecido foi baseado na literatura, que indica que a duração dos pulsos de calor pode variar entre 1 a 3 minutos no Cerrado (MIRANDA et al., 1993). Nos tratamentos, foram utilizadas de 20 sementes/réplica (exceto para *Hymenaea stigonocarpa* e *Hymenaea courbaril*, nas quais foram utilizadas 10 sementes/réplica), sendo 5 réplicas/tratamento/espécie. Para evitar pseudo-replicação, cada réplica foi exposta ao choque térmico separadamente (MORRISON; MORRIS, 2000).

3.3 Germinação e teste de viabilidade

Após a realização dos choques de temperatura, as sementes foram colocadas em placas de Petri com dois papéis filtros umedecidos e dispostas em câmara de germinação a 27°C e fotoperíodo de 12h (FICHINO et al., 2016). O acompanhamento da germinação foi feito três vezes por semana, durante um mês. Durante o acompanhamento, as sementes germinadas (com protrusão da raiz primária) foram contadas e removidas a cada observação.

Ao final do período do experimento, as sementes que se mantiveram intactas e sem germinar foram escarificadas com lixa nº150 e deixadas para germinar por duas semanas. Após este período, as que permaneceram não-germinadas foram submetidas a testes de tetrazólio para verificação de viabilidade (solução-tampão 1%, pH7, de cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazólio). As sementes foram cortadas em secção longitudinal, embebidas na solução e incubadas no escuro por 24h. Após esse período, foram visualmente examinadas, sendo consideradas viáveis as que apresentavam embriões com coloração avermelhada e não viáveis aquelas deterioradas ou não-coradas (LAKON, 1949). A viabilidade total das sementes foi calculada somando-se as sementes germinadas mais as coradas no teste de tetrazólio.

3.4 Medida de atributos

A mensuração dos atributos foi realizada de acordo com protocolos pré-estabelecidos para atributos de plantas (CORNELISSEN et al., 2003; PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013; WEIHER et al., 2014) utilizando, sempre que possível, 20 sementes/indivíduo/espécie. Os atributos foram medidos da seguinte maneira:

I) *Forma*: Medida de comprimento, largura e espessura (mm) de cada indivíduo, realizadas com auxílio de paquímetro de alta precisão (0,02mm). Cada uma das medidas foi dividida pela maior para cada semente e calculada a variância dos valores. Para cada indivíduo foi calculada a média da variância obtendo assim, para cada espécie, um valor médio que varia de 0 a 1. Desta forma, foram consideradas sementes esféricas aquelas com valores mais próximos à 0 e sementes achatadas aquelas com valores mais próximos à 1 (THOMPSON; BAND; HODGSON, 1993).

II) *Peso (g)*: As sementes frescas foram pesadas individualmente em balanças de alta precisão (0,1mg) e colocadas para secar em estufa a 80°C por 48 horas. Após secagem, as sementes foram pesadas novamente, obtendo-se então o peso seco de cada semente. Foi calculada a média do peso das sementes dos indivíduos. Baseando-se na classificação feita por Khurana, Sagar & Singh (2006), as espécies foram consideradas com sementes pequenas (0-0,1g), médias (0,11-1,0g) ou grandes (>1,01g).

III) *Teor de água (%)*: Calculado por meio do peso fresco da semente subtraído do peso seco e dividido pelo peso fresco inicial e multiplicado por 100, obtendo-se assim a porcentagem de água em base úmida semente.

IV) *Permeabilidade (%)*: Foram pesadas individualmente 100 sementes de cada espécie (com exceção de *Hymenaea courbaril* e *Hymenaea stigonocarpa*, pois não foi possível obter o número de sementes) que, posteriormente, foram deixadas embebendo em água destilada e pesadas novamente em 24, 48 e 72 horas. Foi calculado o aumento de peso, sendo consideradas permeáveis as sementes que aumentaram mais do que 20% do

seu peso inicial (MOREIRA et al., 2010). Por fim, foi obtida a proporção de sementes permeáveis da população de cada espécie.

3.5 Análises de dados

Para avaliação dos resultados dos testes de choque térmico, realizou-se análise de variância de um fator (fator: tratamento) através de testes de aleatorização (medida de semelhança entre unidades amostrais: distância Euclidiana, 10000 iterações) para cada espécie do estudo, com o auxílio do software MULTIV (PILLAR, 2001).

4 RESULTADOS

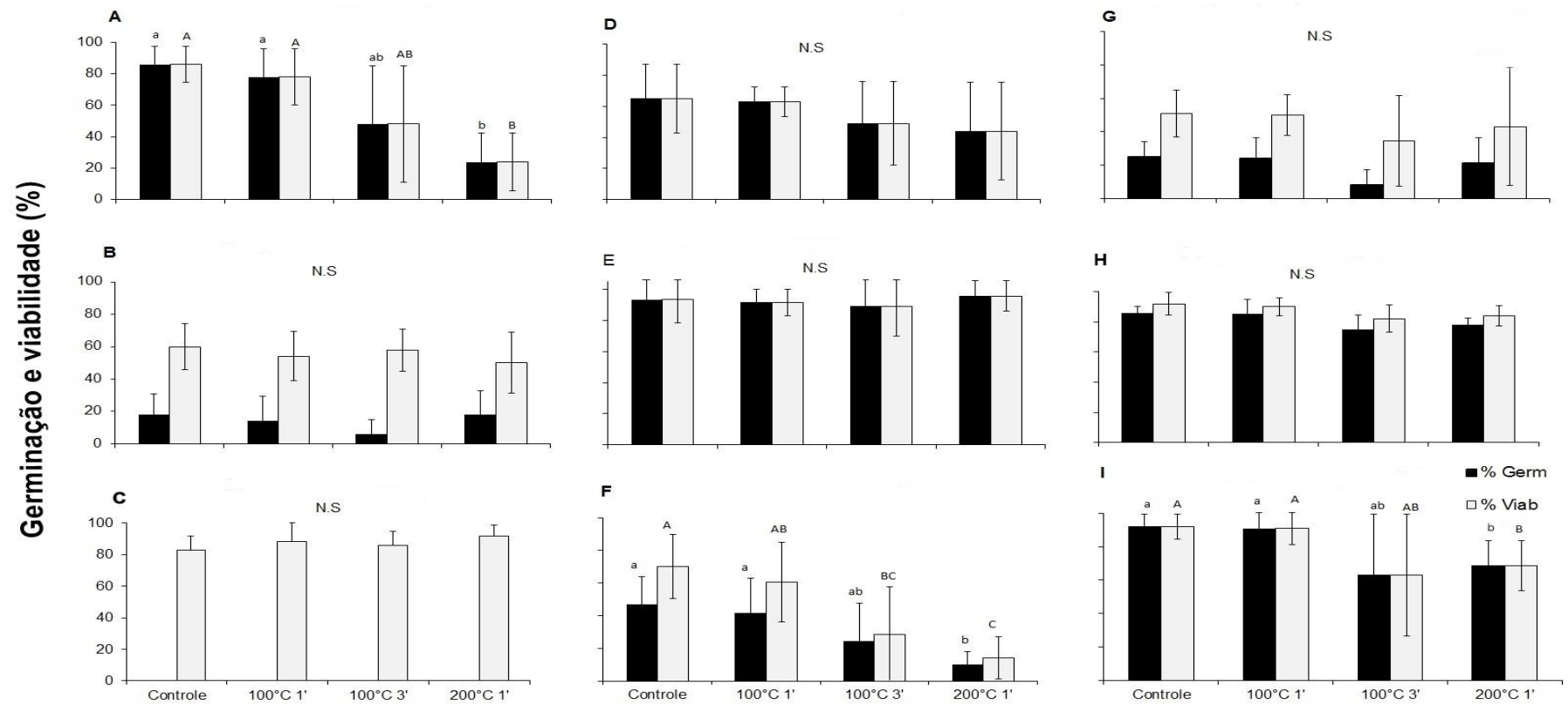
4.1 Experimentos de choques de temperatura

Nenhuma das espécies estudadas teve quebra de dormência associada aos choques térmicos. Porém, todas elas resistiram à exposição a 100°C 1 minuto (Fig. 2). As espécies de floresta apresentaram respostas distintas aos choques térmicos; As sementes de *Anadenanthera colubrina* tiveram diminuição significativa na sua germinação e viabilidade quando expostas a 200°C (controle = 86±11,4%, 200°C = 24±18.34%, $p = 0,007$, Fig. 2A), por outro lado, *Schizolobium parahyba* e *Hymenaea courbaril* não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$, Fig. 2B e 2C).

A exposição a altas temperaturas não diminuiu as porcentagens de germinação e viabilidade de três das espécies de Cerrado ($p > 0,05$, Fig. 2D, E e G). Somente *Plathymenia reticulata* teve diminuição da sua viabilidade quando exposta a 200°C (controle = 70±19.69%, 200°C = 14±12.94%, $p = 0,02$).

Referente às espécies de ocorrência nos dois ambientes, não houve diferença significativa entre os tratamentos para *Copaifera langsdorffii* ($p > 0,05$, Fig. 2G); Para as sementes de *Senegalia polyphylla*, quando expostas a 200°C, houve uma diminuição na germinação (controle = 92±7.58%, 200°C = 69±14,90%, $p = 0,04$) e viabilidade (controle = 92±7.58%, 200°C = 68,6±14,90%, $p = 0,04$).

Figura 2- Porcentagem de germinação e viabilidade (% , média±DP) das sementes das espécies de floresta (A – *Anadenanthera colubrina*, B – *Hymenaea courbaril*, C – *Schizolobium parahyba*), Cerrado (D- *Anadenanthera peregrina*, E- *Hymenaea stigonocarpa*, F- *Plathymenia reticulata*, G-*Stryphnodendron obovatum*) e floresta/Cerrado, (H- *Copaifera langsdorffii*, I- *Senegalia polyphylla*). Acima das barras, letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as porcentagens de germinação enquanto letras maiúsculas indicam diferenças significativas na porcentagem de viabilidade entre os tratamentos ($p \leq 0,05$) N.S = Não houve diferença significativa entre tratamentos.



Fonte: elaborada pela autora

4.2 Atributos de sementes

As espécies apresentaram grande variação dos atributos independente do seu ambiente de ocorrência (Tabela 2).

Tabela 2- Atributos das sementes de espécies de Floresta (*Anadenanthera colubrina*, *Hymenaea courbaril*, *Schizolobium parahyba*), Cerrado (*Anadenanthera peregrina*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Plathymenia reticulata*, *Stryphnodendron obovatum*) e Floresta/Cerrado (*Copaifera langsdorffii*, *Senegalia polyphylla*) peso seco (média±DP, g), forma (média±DP, índice de 0 a 1), teor de água (média±DP, %) e permeabilidade (%).

Espécie/Atributo	Peso seco (g)	Forma da semente	Teor de água (%)	Permeabilidade e (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	0,106 ± 0,030	0,24 ± 0,011	5,62 ± 0,392	96
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	3,342 ± 0,716	0,06 ± 0,018	7,49 ± 1,136	--
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	1,695 ± 0,348	0,25 ± 0,002	5,02 ± 0,470	1
<i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i> (Benth.) Altschul	0,058 ± 0,004	0,25 ± 0,012	7,49 ± 0,541	100
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	2,997 ± 0,726	0,08 ± 0,020	8,36 ± 1,050	--
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	0,045 ± 0,005	0,19 ± 0,007	8,22 ± 0,785	38
<i>Stryphnodendron obovatum</i> Mart.	0,074 ± 0,010	0,08 ± 0,009	6,39 ± 1,000	14
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	0,486 ± 0,056	0,04 ± 0,009	6,77 ± 1,114	26
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	0,047 ± 0,009	0,21 ± 0,009	8,15 ± 1,131	96

Fonte: elaborada pela autora

Para as espécies de floresta, o menor peso médio registrado foi o de *A. colubrina* – 0,11±0,030 g e o maior de *H. courbaril* – 3,34±0,716g. As espécies de Cerrado apresentaram valores de peso variando de 0,04±0,005g (*P. reticulata*) a 2,99±0,726g (*H. stigonocarpa*). Com relação à forma da semente, aquelas consideradas mais achatadas – valores mais altos – foram *A. peregrina* (0,25±0,012, espécie de Cerrado) e *S. parahyba* (0,25±0,002, espécie de floresta). Também houve presença de sementes de forma arredondada – valores mais próximos de 0 – nos

três grupos, sendo *C. langsdorffii* ($0,04 \pm 0,056$, ambos ambientes) considerada a mais esférica. Para todas as espécies avaliadas, o teor de água foi $<10\%$ (Tabela 2).

Com relação à permeabilidade das sementes, todos os grupos apresentaram espécies com diferentes porcentagens das sementes permeáveis e impermeáveis. Para o grupo de floresta, *A. colubrina* apresentou o maior percentual de sementes que embeberam água no período de 72h (96%), enquanto que para *S. parahyba* apenas 1% das sementes embeberam água neste mesmo período. Uma variação semelhante foi observada no grupo com espécies de ambos ambientes e no grupo de espécies do Cerrado, nos quais *S. polyphylla* (ambos ambientes) e *A. falcata* (Cerrado) tiveram respectivamente 100% e 96% de sementes permeáveis, enquanto que *C. langsdorffii* (ambos ambientes) teve 26% e *S. obovatum* (Cerrado) teve 14%, representaram os menores valores de permeabilidade.

5 DISCUSSÃO

No presente estudo, nenhuma espécie teve a dormência de suas sementes quebrada pelos choques térmicos, como seria esperado para leguminosas de outros sistemas propensos ao fogo (AULD; O'CONNELL, 1991; HERRANZ; FERRANDIS; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, 1998). Desta forma, as espécies aqui estudadas não dependem essencialmente dos choques térmicos para germinar e outras características do ambiente poderiam quebrar a dormência física das sementes, como por exemplo, efeitos indiretos do fogo e/ou mudanças geradas pela sazonalidade, como flutuações térmicas (MORENO-CASASOLA; GRIME; MARTÍNEZ, 1994). Porém, embora não tenha havido quebra da dormência, as sementes apresentaram, em sua maioria, resistência ao aumento de temperatura, semelhante ao encontrado em outras vegetações sazonais como o Chaco, por exemplo (JAUREGUIBERRY; DÍAZ, 2015). Este resultado corrobora com estudos recentes feitos tanto com espécies arbóreas de Cerrado e floresta (RIBEIRO et al., 2015) quanto com espécies arbustivas de campo sujo (FICHINO et al., 2016).

Portanto, levando em consideração a resistência das sementes ao fogo, esperávamos que em ambiente florestal, no qual a presença do fogo é quase nula e a vegetação mais fechada, as sementes das espécies tenderiam a ser mais sensíveis às altas temperaturas do que no Cerrado (RIBEIRO; BORGHETTI, 2014). No presente estudo, porém, as espécies de floresta apresentaram sementes resistentes ao tratamento de 100°C 1 minuto. Apenas as sementes de *A. colubrina* apresentaram queda de germinação e viabilidade quando expostas a 200°C 1 minuto. Ainda assim, estas sementes poderiam resistir a uma gama de condições relacionadas ao fogo, especialmente se estiverem enterradas no banco de sementes, tendo em vista que as temperaturas do fogo no Cerrado não ultrapassam os 60°C quando localizadas a 1 cm abaixo do solo (MIRANDA et al., 1993).

As duas outras espécies de floresta – *H. courbaril* e *S. parahyba* – não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos, ambas apresentando baixos valores de germinação (dormência física) e altos valores de viabilidade, o que demonstra uma resistência dessas espécies frente às altas temperaturas. Os resultados dessas espécies podem ser explicados pelo tamanho das sementes, pois ambas têm sementes classificadas como grandes (KHURANA; SAGAR; SINGH,

2006), o que estaria de acordo com Ribeiro et al. (2015), que afirmam que sementes maiores apresentam maior resistência ao fogo. Por outro lado, três dentre as quatro espécies de Cerrado tiveram sementes consideradas pequenas (<0,1g) e, ainda assim, duas delas (*A. peregrina* e *S. obovatum*) foram resistentes aos choques térmicos.

Assim, a resistência das sementes de floresta, como por exemplo, *S. parahyba*, pode ser importante para explicar porque essa espécie tem sido considerada como invasora de florestas estacionais e Cerrado (ABREU; SANTOS; DURIGAN, 2014; RAMOS et al., 2008). O avanço de espécies florestais em regiões de Cerrado é pouco compreendido, mas alguns fatores limitantes para o estabelecimento das espécies de floresta em áreas de Cerrado poderiam estar relacionados com a baixa disponibilidade de água e nutrientes, bem como com a grande oscilação de temperaturas e a baixa sobrevivência de plântulas ao fogo (HOFFMANN, 2000; HOFFMANN; FRANCO, 2003).

As sementes de *C. langsdorffii*, de ocorrência em ambos os ambientes, apresentaram altas taxas de germinação e viabilidade em todos os tratamentos, não havendo também diferença significativa entre eles. Este resultado discorda de Souza et al. (2015), que verificaram efeito positivo do fogo na germinação da espécie. Esta espécie teve 26% de sementes permeáveis (no intervalo de 72h), porém germinou cerca de 80% em todos os tratamentos, indicando que as sementes podem demorar mais para embeber água. Tais características, associadas à sua resistência e forma arredondada, pode constituir um conjunto de atributos que favorecem seu estabelecimento tanto em ambientes florestais quanto em ambientes mais abertos.

O tamanho e a forma das sementes são atributos importantes para explicar diferentes estratégias ecológicas relacionadas à reprodução, estabelecimento e ao crescimento de plantas (LEISHMAN; WESTOBY, 1992; JIMÉNEZ-ALFARO et al., 2016). Estudos apontam uma associação entre sementes pequenas e ambientes com maior incidência de luz (HARPER; LOVELL; MOORE, 1970; MILBERG et al., 2000). Ambientes com copas das árvores irregulares e entrada de luz mais frequente e intensa, como ocorre nas formações do Cerrado, seriam assim mais favoráveis ao desenvolvimento de plantas com sementes menores. Desta forma, as espécies de Cerrado apresentaram, em geral, sementes pequenas (com exceção de *H. stigonocarpa*), o que pode ser uma característica favorável num local com

distúrbios, pois sementes de tamanho reduzido possuem maior capacidade de dispersão e colonização (KHURANA; SAGAR; SINGH, 2006).

Há também registrado na literatura uma relação entre ocorrência de maior número de espécies com sementes grandes em ambientes mais sombreados (WESTOBY; JURADO; LEISHMAN, 1992). As espécies florestais analisadas apresentaram tamanho médio e grande, chegando mais de 3g em *H. courbaril*, sendo em geral maiores que espécies de Cerrado. Dentro da floresta, sementes maiores podem ter vantagens ao armazenar nutrientes e água durante períodos de dormência, mantendo a viabilidade até que condições favoráveis apareçam, como a abertura de clareiras. Nessas ocasiões, a capacidade de competição com outras espécies deve ser alta e o estoque interno é um importante fator que vai colaborar no estabelecimento de novos indivíduos (FOSTER, 1986).

A forma das sementes também influencia na interação destas com a superfície do solo (FENNER; THOMPSON, 2005). Quando arredondadas, as sementes apresentam maior facilidade para se enterrar (KHURANA; SINGH, 2001), sendo uma característica favorável em ambientes perturbados, pois abaixo do solo as sementes possuem maior capacidade de sobrevivência (FENNER; THOMPSON, 2005). Esse atributo foi encontrado em espécies de todos ambientes como, por exemplo, em *H. courbaril* (floresta), *C. langsdorffii* (ambos os ambientes) e *S. obovatum* (Cerrado), não havendo relação aparente entre tal atributo e os ambientes de referência ou com a resistência das sementes.

O teor de água também não teve relação com o ambiente, sendo abaixo de 10% para todas as espécies do estudo. Harper et al. (1970) afirmam que espécies com sementes grandes devem ser dispersas com maior teor de água, pois sua superfície de contato (e conseqüente absorção de água do meio externo) é menor quando comparada às sementes pequenas. Neste estudo, porém, não foram encontradas relações proporcionais entre teor de água e maior tamanho das sementes. Já com relação à permeabilidade, as espécies florestais apresentaram comportamento dicotômico entre sementes impermeáveis (*S. parahyba*) ou permeáveis (*A. colubrina*). No caso de *S. parahyba*, espécie pioneira, uma alta porcentagem de sementes impermeáveis pode favorecer sua sobrevivência em condições de baixa umidade ou na presença de outros distúrbios em ambientes abertos, assim como na sua permanência no banco de sementes de florestas estabelecidas, até o surgimento de condições de maior flutuação térmica, que

podem quebrar a dormência (SOUZA et al., 2012). Já para *A. colubrina*, considerada uma espécie secundária inicial dentro do grupo florestal (FERRETTI et al., 1995) a alta porcentagem de sementes permeáveis (96%) é uma característica vantajosa diante de um ambiente com o dossel fechado e alta umidade, pois possibilita uma maior velocidade na mobilização de água e nutrientes para germinação.

As espécies de Cerrado e de ocorrência nos dois ambientes apresentaram valores distintos nas porcentagens de permeabilidade, sendo que *C. langsdorffii* apresentou 26% de sementes permeáveis e *P. reticulata* 38%. Tais valores intermediários mostram que parte das sementes dentro das espécies permanece dormente enquanto a outra prontamente germina na presença de água. Fatores genéticos, bem como condições ambientais relacionadas a temperatura e umidade podem determinar a proporção de sementes permeáveis numa planta (GUTTERMAN, 2000; SOUZA; MARCOS-FILHO, 2001; TOZER; OOI, 2014). Apostar em atributos como produção de parte das sementes da população dormentes e uma outra fração de sementes não dormentes pode ser uma estratégia ecológica importante para distribuir a germinação das espécies em ambientes heterogêneos e com distúrbios frequentes. Isto permite a colonização rápida de parte da população com o início da estação chuvosa, mas também garante a persistência das populações ao longo do tempo por meio do banco de sementes dormentes, não expondo todo o investimento reprodutivo numa única estratégia de estabelecimento (VENABLE, 2007).

6 CONCLUSÃO

Todas as espécies deste estudo resistiram aos choques de temperatura à 100°C, e apenas três tiveram seu desempenho afetado negativamente à 200°C, independente de seu ambiente de ocorrência (Cerrado ou floresta). Dentre as sementes de Cerrado, mesmo algumas consideradas pequenas resistiram aos choques térmicos, demonstrando que o peso seco das sementes nem sempre é um atributo capaz de prever a resistência ao fogo. O menor tamanho das sementes foi mais associado a este ambiente parece estar relacionado à seleção de características para a sobrevivência em ambientes perturbados. Teor de água e forma das sementes não foram associados aos ambientes de ocorrência das espécies.

As sementes de floresta apresentaram sementes impermeáveis (*S. parahyba*) ou permeáveis (*A. colubrina*). Por outro lado, as sementes de ambos os ambientes e de Cerrado não necessariamente tiveram suas sementes majoritariamente permeáveis ou impermeáveis, havendo frações de sementes dormentes e outras que prontamente germinavam dentro das populações. Isto pode ser um atributo importante para distribuir a germinação em ambientes mais heterogêneos e perturbados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AULD, T. D.; DENHAM, A. J. How much seed remains in the soil after a fire? **Plant Ecology**, v. 187, n. 1, p. 15–24, 9 out. 2006. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11258-006-9129-0>>. Acesso em: 20 set. 2015
- AULD, T. D.; O'CONNELL, M. a. Predicting patterns of post-fire germination in 35 eastern Australian Fabaceae. **Australian Journal of Ecology**, v. 16, n. 1, p. 53–70, 1991.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C.; LI, X. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. **Plant Species Biology**, v. 15, n. 2, p. 139–152, 2000.
- BASKIN, J. M.; NAN, X.; BASKIN, C. C. A comparative study of seed dormancy and germination in an annual and a perennial species of *Senna* (Fabaceae). **Seed Science Research**, v. 8, n. 1998, p. 501–512, 1998.
- BOND, W. J. What Limits Trees in C4 Grasslands and Savannas? **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 39, n. 1, p. 641–659, dez. 2008.
- BOND, W. J.; WOODWARD, F. I.; MIDGLEY, G. F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New Phytologist**, v. 165, n. 2, p. 525–538, 12 nov. 2004. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x>> Acesso em: 22 out. 2015.
- BOND, W.; KEELEY, J. Fire as a global “herbivore”: the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 20, n. 7, p. 387–394, jul. 2005.
- BRADBEER, J. W. **The seed**. First edit ed. Glasgow, UK: Black academic & professional, 1988.
- CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; STEEGE, H. ter; MORGAN, H. D.; HEIJDEN, M. G. A. van der; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 51, n. 4, p. 335, 2003.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 1, p. 11–15, fev. 2016. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/1365-2664.12559>> Acesso em: 08 set. 2016.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005.
- FICHINO, B. S.; DOMBROSKI, J. R. G.; PIVELLO, V. R.; FIDELIS, A.; PIVELLO, F. F. D. Does Fire Trigger Seed Germination in the Neotropical Savannas ? Experimental Tests with Six Cerrado Species. **Biotropica**, v. 0, n. 2, p. 1–7, 8 mar. 2016. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/btp.12276>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

FOSTER, S. A. On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees: a review and synthesis. **Botanical Review**, v. 52, n. 3, p. 260–299, 1986.

GUTTERMAN, Y. Maternal effects on seeds during development. In: **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CABI, 2000. p. 59–84.

HARPER, J. L.; LOVELL, P. H.; MOORE, K. G. The Shapes and Sizes of Seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 1, n. 1, p. 327–356, nov. 1970. Disponível em:

<<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.es.01.110170.001551>> Acesso em: 15 dez. 2015.

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. Post-Establishment Seedling Success in the Brazilian Cerrado: A Comparison of Savanna and Forest Species. **Biotropica**, v. 32, n. 1, p. 62–69, 2000. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00448.x/abstract>\n<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00448.x>> Acesso em: 15 dez. 2016.

HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, v. 91, p. 475–484, 2003.

HOFFMANN, W. A.; GEIGER, E. L.; GOTSCH, S. G.; ROSSATTO, D. R.; SILVA, L. C. R.; LAU, O. L.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. **Ecology Letters**, v. 15, n. 7, p. 759–768, jul. 2012.

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, 25 mar. 2015.

JIMÉNEZ-ALFARO, B.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A.; POSCHLOD, P.; COMMANDER, L. E. Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, n. 3, p. 637–645, maio 2016.

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**, v. 16, n. 8, p. 406–411, ago. 2011.

KHURANA, E.; SAGAR, R.; SINGH, J. S. Seed size: a key trait determining species distribution and diversity of dry tropical forest in northern India. **Acta Oecologica**, v. 29, n. 2, p. 196–204, mar. 2006. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1146609X05001128>> Acesso em: 05 ago. 2016.

KHURANA, E.; SINGH, J. S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation**, v. 28,

n. 1, p. 39–52, 2001. Disponível em:

<http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0376892901000042> Acesso em: 08 ago. 2016.

KRAFT, N. J. B.; ACKERLY, D. D. Assembly of Plant Communities. In: MONSON, R. K. (Ed.). **Ecology and the Environment, The Plant Sciences**. New York: Springer Science +Business Media, 2014. p. 68–85.

KRAWCHUK, M. A.; MORITZ, M. A.; PARISIEN, M.-A.; VAN DORN, J.; HAYHOE, K. Global Pyrogeography: the Current and Future Distribution of Wildfire. **PLoS ONE**, v. 4, n. 4, p. e5102, 8 abr. 2009.

LAKON, G. The topographical tetrazolium method for determining the germinating capacity of seeds. **PLANT PHYSIOLOGY**, v. 24, n. 3, p. 389–394, 1 jul. 1949.

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.

LEHMANN, C. E. R.; ANDERSON, T. M.; SANKARAN, M.; HIGGINS, S. I.; ARCHIBALD, S.; HOFFMANN, W. A.; HANAN, N. P.; WILLIAMS, R. J.; FENSHAM, R. J.; FELFILI, J.; HUTLEY, L. B.; RATNAM, J.; SAN JOSE, J.; MONTES, R.; FRANKLIN, D.; RUSSELL-SMITH, J.; RYAN, C. M.; DURIGAN, G.; HIERNAUX, P.; HAIDAR, R.; BOWMAN, D. M. J. S.; BOND, W. J. Savanna Vegetation-Fire-Climate Relationships Differ Among Continents. **Science**, v. 343, n. 6170, p. 548–552, 31 jan. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1247355>> Acesso em: 10 ago. 2016.

LEISHMAN, M. R.; WESTOBY, M. Classifying Plants into Groups on the Basis of Associations of Individual Traits--Evidence from Australian Semi-Arid Woodlands. **The Journal of Ecology**, v. 80, n. 3, p. 417, set. 1992.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 2 368 p.

MILBERG, P.; ANDERSSON, L.; THOMPSON, K.; ANDERSSON, L.; MILBERG, P.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; BELL, D. T.; ROKICH, D. P.; MCCHESENEY, C. J.; PLUMMER, J. A.; CHASE, M. W.; SOLTIS, D. E.; OLMSTEAD, R. G.; MORGAN, D.; LES, D. H.; MISHLER, B. D.; DUVALL, M. R.; PRICE, R. A.; HILLS, H. G.; QIU, Y.-L.; KRON, K. A.; RETTIG, J. H.; CONTI, E.; PALMER, J. D.; MANHART, J. R.; SYTSMA, K. J.; MICHAELS, H. J.; KRESS, W. J.; KAROL, K. G.; CLARK, W. D.; HEDREN, M.; GAUT, B. S.; JANSEN, R. K.; KIM, K.-J.; WIMPEE, C. F.; SMITH, J. F.; FURNIER, G. R.; STRAUSS, S. H.; XIANG, Q.-Y.; PLUNKETT, G. M.; SOLTIS, P. S.; SWENSEN, S. M.; WILLIAMS, S. E.; GADEK, P. A.; QUINN, C. J.; EGUIARTE, L. E.; GOLENBERG, E.; LEARN, G. H.; GRAHAM, S. W.; BARRETT, S. C. H.; DAYANANDAN, S.; ALBERT, V. A.; CUSSANS, G. W.; RAUDONIUS, S.; BRAIN, P.; CUMBERWORTH, S.; ARCO, M. J. S.; TORNER, C.; QUINTANILLA, C. F.; DERKX, M. P. M.; KARSSSEN, C. M.; GRIME, J. P.; MASON, G.; CURTIS, A. V.; RODMAN, J.; BAND, S. R.; HODKINSON, D. J.; ASKEW, A. P.; THOMPSON, K.; HODGSON,

J. G.; BAKKER, J. P.; BEKKER, R. M.; JANSEN, R. K.; HOLSINGER, K. E.; MICHAELS, H. J.; PALMER, J. D.; KASPERBAUER, M. J.; HUNT, P. G.; MANDOLI, D. F.; FORD, G. A.; WALDRON, L. J.; NEMSON, J. A.; BRIGGS, W. R.; MICHAELS, H. J.; BENNER, B.; HARTGERINK, A. P.; LEE, T. D.; RICE, S.; WILLSON, M. F.; BERTIN, R. I.; MILBERG, P.; MILBERG, P.; MILBERG, P.; ANDERSSON, L.; MILBERG, P.; ANDERSSON, L.; MILBERG, P.; ANDERSSON, L.; NORONHA, A.; NORONHA, A.; PONS, T. L.; SCHÜTZ, W.; MILBERG, P.; SCHUTZ, W.; SCOPEL, A. L.; BALLARE, C. L.; SANCHEZ, R. A.; SCOPEL, A. L.; BALLARE, C. L.; RADOSEVICH, S. R.; THOMPSON, K.; BAND, S. R.; HODGSON, J. G.; WESSON, G.; WAREING, P. F. Large-seeded spices are less dependent on light for germination than small-seeded ones. **Seed Science Research**, v. 10, n. 1, p. 99, 22 mar. 2000. Disponível em:

<http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0960258500000118>. Acesso em: 20 set. 2016.

MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; DE FÁTIMA OLIVEIRA DIAS, I.; DE SOUZA DIAS, B. F. Soil and air temperatures during prescribed cerated fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, n. 3, p. 313–320, 10 ago. 1993.

MOLES, A. T.; WESTOBY, M. Seed size and plant strategy across the whole life cycle. **Oikos**, v. 113, n. September 2005, p. 91–105, 2006.

MOREIRA, B.; 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.; TORMO, J.; ESTRELLES, E.; PAUSAS, J. G. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. **Annals of Botany**, v. 105, n. 4, p. 627–635, 1 abr. 2010.

MORENO-CASASOLA, P.; GRIME, J. P.; MARTÍNEZ, M. L. A comparative study of the effects of fluctuations in temperature and moisture supply on hard coat dormancy in seeds of coastal tropical legumes in Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, n. 1, p. 67–86, 10 fev. 1994.

MORRISON, D. A.; MORRIS, E. C. Pseudoreplication in experimental designs for the manipulation of seed germination treatments. **Austral Ecology**, v. 25, n. 3, p. 292–296, jun. 2000.

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, mar. 2014.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M. S.; CORNWELL, W. K.; CRAINE, J. M.; GURVICH, D. E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E. J.; REICH, P. B.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G.; VOS, A. C. de; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J. G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; STEEGE, H. ter; HEIJDEN, M. G. A. van der; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAVER, A. C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J. H. C. New Handbook for standardized measurement of plant functional traits

worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 23, n. 34, p. 167–234, 2013. Disponível em: <http://www.uv.es/jgpausas/papers/PerezHarguindeguy-2013-AJB_traits-handbook2.pdf>.

PILLAR, V. D. **Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling User's Guide v. 2.1**, 2001. .

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**, v. 26, n. 6, p. 1102–1111, nov. 2015.

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**, v. 39, n. 3, p. 267–278, maio 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/aec.12076>> Acesso em: 08 jul. 2016.

RIBEIRO, L. C.; PEDROSA, M.; BORGHETTI, F. Heat shock effects on seed germination of five Brazilian savanna species. **Plant Biology**, v. 15, n. 1, p. 152–157, jan. 2013.

ROLSTON, M. P. Water impermeable seed dormancy. **The Botanical Review**, v. 44, n. 3, p. 365–396, jul. 1978.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**, Vol. 2. Brasília: Livraria Embrapa, 2008.

SIMON, M. F.; GREYER, R.; DE QUEIROZ, L. P.; SKEMA, C.; PENNINGTON, R. T.; HUGHES, C. E. 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, 1 dez. 2009.

SOUZA, F. H. D. DE; MARCOS-FILHO, J. The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 4, p. 365–375, dez. 2001.

STAVER, a. C.; ARCHIBALD, S.; LEVIN, S. a. The Global Extent and Determinants of Savanna and Forest as Alternative Biome States. **Science**, v. 334, n. 6053, p. 230–232, 14 out. 2011.

THOMPSON, K.; BAND, S.; HODGSON, J. G. Seed size and shape predict persistence. **Functional Ecology**, v. 7, p. 236–241, 1993.

TOZER, M. G.; OOI, M. K. J. Humidity-regulated dormancy onset in the Fabaceae: A conceptual model and its ecological implications for the Australian wattle *Acacia saligna*. **Annals of Botany**, v. 114, n. 3, p. 579–590, 2014.

VENABLE, D. L. Bet hedging in a guild of desert annuals. **Ecology**, v. 88, n. 5, p. 1086–1090, 2007.

WEIHER, E.; WERF, A. Van Der; THOMPSON, K.; RODERICK, M.; GARNIER, E.; WERF, V. Der. Challenging Theophrastus : A Common Core List of Plant Traits for Functional Ecology Challenging Theophrastus : A common core list of plant traits for

functional ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, n. 5, p. 609–620, 2014.
Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0032732669&partnerID=40&md5=e2635881ba7dba9292a07c6f42077d5b>>.

WESTOBY, M.; JURADO, E.; LEISHMAN, M. Comparative evolutionary ecology of seed size. **Trends in ecology & evolution**, v. 7, n. 11, p. 368–72, 1992.