



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de espécies do cerrado *sensu stricto* e da mata de galeria do bioma Cerrado expostas a diferentes condições de estresse

Leandro Carvalho Ribeiro

Brasília-DF
2010

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de espécies do cerrado *sensu stricto* e da mata de galeria do bioma Cerrado expostas a diferentes condições de estresse

Leandro Carvalho Ribeiro

Brasília-DF
2010

Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de espécies do cerrado *sensu stricto* e da mata de Galeria do bioma cerrado expostas a diferentes condições de estresse

Dissertação submetida à Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Botânica.

Leandro Carvalho Ribeiro
Orientador: Fabian Borghetti

Brasília-DF
2010

Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de espécies do cerrado *sensu stricto* e da mata de galeria do bioma Cerrado expostas a diferentes condições de estresse

Leandro Carvalho Ribeiro

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Botânica e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília.

Dr. Fabian Borghetti (Orientador)
Universidade de Brasília / UnB

Dr. Victor José Mendes Cardoso (Examinador externo)
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / UNESP

Augusto César Franco, PhD. (Examinador interno)
Universidade de Brasília / UnB

Dra. Lourdes Isabel Velho do Amaral (Suplente)
Universidade de Brasília / UnB

Dedico este trabalho aos meus pais que, com muito esforço, souberam dar a melhor educação possível aos meus irmãos e a mim.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

“A seleção natural é o maior guindaste de todos os tempos. Ela elevou a vida da simplicidade primeva a altitudes estonteantes de complexidade, beleza e aparente desígnio que hoje nos deslumbram.”

Richard Dawkins

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Édnei e Divina, por toda a dedicação que tiveram para comigo durante minha formação ética e moral, pelo apoio e pela irrestrita confiança que depositaram em mim.

Ao meu irmão e grande amigo Junior, pelo ótimo convívio ao longo dos anos, pelos bons exemplos, conselhos e ensinamentos os quais dedicou a mim. Muito obrigado, irmão!

À minha irmã Tatiana, por ser uma pessoa muito inteligente e servir de inspiração a mim, para que eu fosse sempre à busca de grandes conquistas.

Ao meu orientador, professor Fabian Borghetti, pela oportunidade, pela ótima receptividade, pela orientação do meu trabalho e, sobretudo, por confiar em meu potencial.

Aos meus tios, Vercília e Amauri, que me receberam de braços abertos em Brasília e que, durante todo o tempo em que estive em seu lar, me fizeram sentir como se eu estivesse no meu próprio.

Aos colegas do Laboratório de Termobiologia, Fábio, Layse, Fabrícia, Cecília, Pablo, Bruna, Anabele, Giovanna e Violeta pelo valioso convívio e pelas ótimas conversas.

Um obrigado especial à minha colega de Mestrado e de laboratório, Laísa, pelo excelente convívio, pelas conversas francas e valiosas trocas de experiências, pelo auxílio em muitos dos controles experimentais e, com certeza, por me fazer dar boas risadas durante este período e, principalmente, durante as saídas de campo.

Aos colegas de Mestrado Jair, Letícia, Eduarda, Desirée, pela amizade e companheirismo durante as disciplinas cursadas e eventuais saídas de campo.

Aos professores Augusto Franco, Lourdes Amaral, Cristiane Ferreira e Rosana Cristo pelas valiosas sugestões para a melhoria deste trabalho.

Ao professor Ildeu Soares, pelo auxílio na análise estatística dos dados.

Às minhas professoras de Graduação, Eliane Stacciarini e Heloísa Câmara, que fizeram despertar em mim o gosto pela Botânica e, em especial, pela Fisiologia Vegetal e Germinação de Sementes.

Aos professores Fabian Borghetti, Carolyn Proença, Luis Pereira, Sueli Gomes, José Valls, Regina Célia, Paulo Câmara, Micheline Carvalho, Maria das Graças e Manoel Cláudio, que contribuíram muito para o enriquecimento do meu conhecimento.

À Universidade de Brasília, pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro concedido durante o período de realização deste estudo.

RESUMO

No presente trabalho foram avaliados aspectos ecofisiológicos da germinação de espécies arbóreas de cerrado *sensu stricto* e da mata de galeria. Considerando que espécies de cerrado e de mata comportem-se como grupos funcionais distintos e que possuem características ecofisiológicas distintas em termos de utilização dos recursos ambientais disponíveis, bem como diferentes estratégias adaptativas para sobreviver às adversidades impostas pelo ambiente, o objetivo deste estudo foi analisar o comportamento germinativo, em condições de laboratório, de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria frente a determinadas condições de estresse, observando padrões de semelhança e diferenças entre tais grupos funcionais. Para tanto, foram avaliados o grau de tolerância à dessecação, a capacidade germinativa em temperaturas supra-ótimas (30, 35, 40 e 45°C) e o efeito de choques térmicos (80, 140 e 200°C por 2,5 e 5 minutos) sobre germinação de sementes de espécies do cerrado e de mata. De modo geral, as sementes das espécies de cerrado *sensu stricto* apresentaram maior tolerância à dessecação, maior capacidade de germinação em temperaturas supra-ótimas e menor sensibilidade aos efeitos do calor provocados pelos choques térmicos, em relação às sementes de espécies de mata de galeria. Em função da maior capacidade germinativa apresentada pelas sementes de espécies de cerrado em comparação com as espécies de mata, quando submetidas a determinadas condições de estresse, parece ficar claro que espécies de savana possuem um maior potencial de expansão em direção a ambientes florestais, do que espécies de floresta em direção à savana.

Palavras-chave: cerrado *sensu stricto*, mata de galeria, germinação, tolerância à dessecação, altas temperaturas, fogo.

ABSTRACT

In this present study I evaluated ecophysiological aspects of seed germination of cerrado *sensu stricto* and gallery forest woody species. I postulated that savanna and forest species behave as distinct functional groups and have different ecophysiological characteristics in the use of environmental resources available as well as different adaptive strategies to survive the adversities imposed by the environment. The aim of this study was to analyze, in laboratory conditions, seed germination of savanna and forest species, exposed to certain stress conditions, verifying similarity patterns and differences between these two functional groups. For this, I evaluated the degree of desiccation tolerance, seed germination at above-optimal temperatures (30, 35, 40 and 45 ° C) and the effects of heat treatments (80, 140 and 200 ° C for 2.5 to 5 minutes) on seed germination of cerrado *sensu stricto* and gallery forest species. Generally speaking, seeds of savanna species showed greater desiccation tolerance and germination at above-optimal temperatures and less sensitivity to the effects of heat treatments, in relation to gallery forest species. Due to higher seed germination produced by savanna species when exposed to stress conditions, in relation to forest species, it seems certain that savanna species have a greater potential for expansion into forests environments than forest species into savanna.

Key words: cerrado *sensu stricto*, gallery forest, germination, desiccation tolerance, high temperatures, fire.

ÍNDICE DE ASSUNTOS

Resumo.....	viii
Abstract.....	ix
Índice de assuntos.....	x
Índice de tabelas.....	xii
Índice de figuras.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1. O bioma Cerrado.....	1
1.1.1 Cerrado <i>sensu stricto</i> x mata de galeria – aspectos ecofisiológicos.....	3
1.2. Germinação.....	6
1.2.1. Tolerância à dessecação em sementes.....	7
1.2.2. Temperatura e germinação.....	9
1.2.3. Fogo e germinação.....	12
2. Hipóteses.....	14
3. Objetivos.....	15
4. Material e métodos.....	16
4.1. Determinação do teor de água das sementes (TAS).....	18
4.2. Redução do conteúdo de água das sementes (dessecação).....	19
4.3. Germinação de sementes em temperaturas supra-ótimas.....	20
4.4. Germinação de sementes expostas a choques térmicos.....	21
4.5. Teste de viabilidade.....	21
4.6. Medidas de Germinação.....	22
4.7. Análise estatística.....	22
4.7.1. Massa, teor de água e tempo de secagem das sementes.....	23

4.7.2. Germinação de sementes submetidas à dessecação.....	23
4.7.3. Germinação de sementes em temperaturas supra-ótimas.....	23
4.7.4. Germinação de sementes expostas a choques térmicos.....	24
5. Resultados e discussão.....	24
5.1. Massa e Teor de Água de Sementes (TAS)	24
5.2. Germinação de sementes submetidas à dessecação.....	26
5.3. Germinação de sementes em temperaturas supra-ótimas.....	32
5.4. Germinação de sementes expostas a choques térmicos.....	41
6. Conclusões / Considerações finais.....	51
7. Referências Bibliográficas.....	51
8. Apêndice.....	74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Espécies estudadas, com suas respectivas fitofisionomias de ocorrência, forma de vida e época de frutificação.....	17
Tabela 2. Locais, datas de coletas, geocoordenadas e procedimentos pós-beneficiamento de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> e de mata de galeria.....	18
Tabela 3. Massa, teor de água inicial (TAS) e tempo de secagem em sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> e de mata de galeria do bioma Cerrado (média ± desvio padrão)....	25
Tabela 4. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes dessecadas e não dessecadas de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (média ± desvio padrão).....	74
Tabela 5. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes dessecadas e não dessecadas de espécies de mata de galeria (média ± desvio padrão).....	75
Tabela 6. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> incubadas em temperaturas supra-ótimas (média ± desvio padrão).....	76
Tabela 7. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de mata de galeria incubadas em temperaturas supra-ótimas (média ± desvio padrão)	77
Tabela 8. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> expostas a diferentes choques térmicos (média ± desvio padrão).....	78
Tabela 9. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de mata de galeria expostas a diferentes choques térmicos (média ± desvio padrão).....	79

Tabela 10. Valores F da ANOVA, dois fatores, e significância estatística para o efeito da temperatura, do tempo e da interação entre temperatura e tempo de exposição sobre a germinação de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria (n.s. não significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$)..... 43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dessecador utilizado para a retirada de água das sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> e de mata de galeria.....	20
Figura 2. Sementes viáveis (coloração rósea uniforme) e não viáveis (coloração mais escura e desuniforme) de <i>A. falcata</i>	22
Figura 3. Relação entre o teor de água inicial de sementes (TAS) e o tempo de secagem necessário para obtenção de teor de água a 5% para sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> e ($p < 0,01$) e de mata de galeria ($p < 0,01$). Os Testes t entre os interceptos e os coeficientes de regressão não foram estatisticamente significativos.....	26
Figura 4. Porcentagem de viabilidade de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e de mata de galeria (B) submetidas à dessecação (média \pm desvio padrão).....	27
Figura 5. Porcentagem de germinação de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e de mata de galeria (B) submetidas à dessecação (média \pm desvio padrão).....	28
Figura 6. Tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e de mata de galeria (B) submetidas à dessecação (média \pm desvio padrão).....	29
Figura 7. Porcentagem média de germinação (média + desvio padrão) de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> e de mata de galeria submetidas à dessecação (ns: não significativo; **** $p < 0,0001$).....	30
Figura 8. Porcentagem média de germinação (média + desvio padrão) de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> e de mata de galeria submetidas a temperaturas de incubação supra-ótimas (ns: não significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$).....	33
Figura 9. Porcentagem de germinação de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e de mata de galeria (B) incubadas em temperaturas supra-ótimas (média \pm desvio padrão).....	34

Figura 10. Porcentagem de viabilidade de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e de mata de galeria (B) incubadas em temperaturas supra-ótimas (média ± desvio padrão).....	36
Figura 11. Sementes de <i>Handroanthus impetiginosus</i> apresentando sinais de deterioração pela liberação de exsudados. Notar o tom escurecido das sementes, que evidenciam os sinais de deterioração.....	38
Figura 12. Tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e de mata de galeria (B) incubadas em temperaturas supra-ótimas (média ± desvio padrão).....	40
Figura 13. Porcentagem média de germinação (média + desvio padrão) de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> e de mata de galeria expostas a diferentes choques térmicos (ns: não significativo; ** p < 0,01 *** p < 0,001).....	42
Figura 14. Porcentagem de germinação de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e de mata de galeria (B) expostas a diferentes choques térmicos (média ± desvio padrão).....	45
Figura 15. Porcentagem de viabilidade de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e de mata de galeria (B) expostas a diferentes choques térmicos (média ± desvio padrão).....	46
Figura 16. Tempo médio de germinação de sementes de espécies de cerrado <i>sensu stricto</i> (A) e de mata de galeria (B) expostas a diferentes choques térmicos (média ± desvio padrão).....	47

1. Introdução

1.1. O bioma Cerrado

O Cerrado localiza-se essencialmente no Planalto Central do Brasil, sendo o segundo maior bioma do país em área, superado apenas pela Floresta Amazônica. Ocorre nos estados de Goiás, Tocantins e no Distrito Federal abrangendo, ainda, parte dos estados da Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo; também está presente em áreas disjuntas ao norte nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, no estado do Paraná (Ribeiro & Walter, 2008).

O termo Cerrado designa uma vegetação de flora e fisionomia próprias, classificada dentro dos padrões de vegetação do mundo como savana (Eiten, 1994). Segundo Ratter & Dargie (1992), o Cerrado destaca-se por sua grande biodiversidade, contribuindo com cerca de 5% da diversidade da fauna e flora mundiais e com aproximadamente 1/3 da biota brasileira, sendo também considerado dos *hotspots* mundiais, ou seja, um dos biomas mais ricos e ameaçados do planeta (Myers *et al.*, 2000). A vegetação do Cerrado cobria, originalmente, cerca de 2 milhões de km², ou aproximadamente 23% da superfície do Brasil (Bridgewater *et al.*, 2004). No entanto, estudos recentes apontam que já houve uma redução de no mínimo 80% da cobertura original do bioma e que apenas 6,2% da área restante estão protegidos em Unidades de Conservação (Myers *et al.*, 2000).

O Cerrado é caracterizado pela sazonalidade na temperatura e precipitação ao longo do ano, que definem a existência de invernos frios e secos e verões quentes e úmidos (Eiten, 1972; Ribeiro & Walter, 2008). O clima neste bioma é classificado como Aw de Köppen (tropical chuvoso) e possui média anual de precipitação em torno de 1500 mm, com temperaturas médias anuais variando de 18-28°C (Silva *et al.*, 2008). A ocorrência de duas estações bem definidas caracteriza a distribuição concentrada das chuvas em toda a região do bioma, exercendo influência direta sobre a vegetação (Walter, 2006).

As diferentes formas de vegetação e sua distribuição obedecem, em escala global, ao controle exercido pelo clima, em que a relação entre pluviosidade e temperatura determina padrões estruturais da vegetação por toda a biosfera (Whittaker, 1975). Por outro lado, quando os ecossistemas são avaliados em escalas locais, podem ser verificados, sob a influência de um mesmo clima, fatores que levam a grandes variações na cobertura da vegetação. O Cerrado, por exemplo, apresenta-se como um complexo de paisagens, com

acentuadas variações fitofisionômicas que acompanham gradientes ambientais em escala local (Furley, 1992).

Estendendo-se por cerca de 15 graus de latitude, o Cerrado abriga em seus limites três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul, além de uma ampla variedade de solos, que dão suporte a diversos tipos de ecossistemas ou fitofisionomias, que variam desde formações campestres, caracterizadas principalmente por espécies herbáceas; passando por formações savânicas, em que se evidencia um estrato herbáceo-arbustivo bem desenvolvido e um estrato arbóreo esparsos; e chegando às formações florestais, onde o componente arbóreo é bastante desenvolvido (Oliveira-Filho & Ratter, 2002). Essas variações fitofisionômicas são influenciadas por diversos fatores, tais como temperatura, disponibilidade de água, profundidade do lençol freático, frequência de queimadas, ações antrópicas (Eiten, 1994; Ribeiro & Walter, 2008) e fatores edáficos (Coutinho, 1978).

As formações campestres englobam três tipos fitofisionômicos principais: o campo sujo, o campo limpo e o campo rupestre (Ribeiro & Walter, 2008). As fisionomias campestres geralmente ocorrem na transição entre as formações florestais e as formações savânicas, desempenhando uma importante ligação entre essas duas fisionomias (Eiten, 1979).

As formações savânicas incluem quatro fitofisionomias principais: o cerrado *sensu stricto*, o parque de cerrado, o palmeiral e a vereda (Ribeiro & Walter, 2008). Em geral, as formações savânicas do Cerrado estão expostas às condições climáticas e edáficas severas, tais como temperatura e intensidade luminosa elevadas e déficit hídrico sazonal nas camadas mais superficiais do solo durante a estação seca (Furley & Ratter, 1988; Meinzer *et al.*, 1999).

As formações florestais do Cerrado englobam tipos de vegetação com predominância de espécies arbóreas, formando dossel contínuo, sendo responsáveis pela cobertura de áreas expressivas e circundadas por formações savânicas ou campestres (Eiten, 1972, 1994). Tais formações incluem o cerradão (classificado como uma floresta xeromórfica), as florestas estacionais que englobam as matas decíduas e semidecíduas, também denominadas matas secas, as matas ciliares e as matas de galeria (Ribeiro & Walter, 2008). De modo geral, as fisionomias florestais tendem a apresentar, ao nível do solo, alta umidade relativa e baixas flutuações na temperatura e intensidade luminosa (Raich, 1989; Oliveira-Filho & Ratter, 1995).

1.1.1 Cerrado *sensu stricto* x mata de galeria – aspectos ecofisiológicos

As formações savânicas são predominantes ao longo de toda a extensão do Cerrado, constituindo mais da metade deste bioma e, geralmente, se encontram associados a relevos suavemente ondulados, com solos profundos, bem drenados e com baixa fertilidade (Oliveira-Filho & Ratter, 2002).

O cerrado *sensu stricto* é a fitofisionomia predominante no Cerrado, cobrindo em torno de 70% da extensão do bioma (Eiten, 1972). Possui vegetação que ocorre geralmente em faixas extensas e contínuas, sem que haja formação de dossel arbóreo contínuo (Eiten, 1994). Suas plantas lenhosas apresentam, em geral, adaptações morfológicas às condições de seca, tais como folhas rígidas e coriáceas, troncos com casca espessa, fendida ou sulcada e alto investimento em biomassa subterrânea (Ribeiro & Walter, 2008). Os solos do cerrado *sensu stricto* são profundos, bem drenados, ácidos, com saturação elevada de alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes (Goodland & Polard, 1973). Apesar das condições estressantes ao desenvolvimento, as comunidades vegetais dessa fisionomia apresentam muitas espécies arbóreas endêmicas (Ratter *et al.*, 2003).

Por sua vez, as formações florestais do Cerrado pertencem a dois grupos: aquele associado aos cursos de água, que ocorre geralmente em solos mais úmidos, e o que não possui associação com cursos de água (interflúvios), que geralmente ocorre em solos mais ricos em nutrientes (Prado & Gibbs, 1993; Oliveira-Filho & Ratter, 1995). O grupo associado aos cursos d'água reúne a mata ciliar e a mata de galeria. A mata ciliar é definida como a vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte. Já a mata de galeria, é a vegetação que acompanha os riachos de pequeno porte e córregos do Planalto Central do Brasil, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água (Ribeiro & Walter, 2001).

Embora representem uma parcela pequena do Cerrado (cerca de 5%), as matas de galeria são notáveis por sua riqueza e diversidade, contribuindo com cerca de 33% do total da riqueza florística do bioma e desempenhando função importante na proteção dos recursos hídricos e edáficos (Felfili, 1995; Felfili *et al.*, 2001). Essa fitofisionomia é perenifólia, mesmo na estação seca, sendo geralmente circundada por faixas de vegetação não florestal (Ribeiro & Walter, 2001), resultando em uma flora heterogênea e com forte expressão do componente arbóreo (Oliveira-Filho & Ratter 1995), com espécies endêmicas

e algumas em comum com a Floresta Amazônica, Mata Atlântica e matas mesofíticas do Brasil Central (Eiten, 1984; Oliveira-Filho & Ratter, 1995).

Em muitos locais do Cerrado são encontrados ecótonos entre formações florestais e savânicas, sendo que a transição entre esses dois tipos fitofisionômicos é geralmente abrupta (Cole, 1992; Hopkins, 1992). O ecótono cerrado *sensu stricto* – mata de galeria é caracterizado especialmente pelas diferenças existentes na descontinuidade da densidade arbórea e na composição de espécies (Cole, 1992; Felfili & Silva Júnior, 1993). Assim, deve-se considerar que tal fronteira não é determinada apenas pelo ambiente. Isso significa que diferenças ecofisiológicas também poderão determinar a distribuição das espécies destas fitofisionomias (Hämmerle, 2006).

Devido às características diferenciadas entre as formações savânicas e florestais do Cerrado, postula-se que espécies de cerrado e de mata comportem-se como grupos funcionais distintos (Hoffman *et al.*, 2005). Um grupo funcional é caracterizado por um conjunto de espécies que, independente de sua filogenia, são similares em algumas características, apresentando padrões similares de associação frente a certas variáveis ambientais. Estas variáveis podem ser fatores aos quais as plantas estão respondendo, tais como condições de solo, temperatura e umidade ou os efeitos das plantas sobre o ecossistema como, por exemplo, a produção de biomassa (Pillar & Sosinski Jr., 2003).

A transição entre savana e floresta representa o limite natural da distribuição das florestas tropicais. O estudo das diferenças ecofisiológicas existentes entre fitofisionomias distintas é importante para a compreensão das características que determinam as posições atuais dos ecótonos e para o entendimento de como as comunidades vegetais responderão frente às possíveis mudanças climáticas e ambientais (Hoffmann, 2000; Hoffmann & Franco, 2003).

Compreender as características das espécies e suas possíveis respostas biológicas a diferentes condições ambientais também é fundamental para a determinação do grau de fragilidade e do potencial de resistência e regeneração dos ecossistemas. Para tanto, estudos comparativos entre espécies de grupos funcionais distintos são utilizados visando o entendimento dos fatores ecofisiológicos que contribuíram para a diversidade e estrutura das comunidades vegetais atuais, podendo ainda esclarecer diferenças adaptativas que surgiram independentemente entre *taxa* não relacionados, examinando-se a dinâmica do ecossistema sob uma perspectiva evolutiva (Hoffmann & Franco, 2003; Hoffmann *et al.*, 2005).

Neste contexto, algumas diferenças ecofisiológicas têm sido encontradas comparando-se espécies de fisionomias florestais com espécies de fisionomias savânicas, tais como nos padrões de estabelecimento de plântulas (Hoffmann, 2000), padrões iniciais de crescimento e repartição de biomassa (Hoffmann & Franco, 2003) e resistência ao fogo (Hoffmann *et al.*, 2003). As espécies lenhosas de cerrado geralmente apresentam taxas reduzidas de crescimento da parte aérea, e alto investimento em estruturas subterrâneas (Paulilo & Felipe, 1998; Moreira & Klink, 2000). Já as espécies de mata têm mostrado um maior investimento em biomassa aérea, principalmente em área foliar e biomassa de caule, em comparação com espécies savânicas (Hoffmann & Franco, 2003; Hoffmann *et al.*, 2005). Outros parâmetros estudados indicam que existe uma tendência de menor variação na disponibilidade hídrica em matas de galeria do que nas áreas de cerrado *sensu stricto* (Oliveira-Filho & Ratter, 2002). Hoffmann e colaboradores (2004) sugerem que plântulas de espécies florestais estão mais susceptíveis ao déficit hídrico que as de espécies savânicas por apresentarem sistema radicular mais superficial. Em relação ao cerrado *sensu stricto*, as matas de galeria não estão sujeitas aos mesmos níveis de estresse hídrico, pois nesta fitofisionomia o lençol freático fica próximo à superfície e as espécies não sofrem com o intenso déficit hídrico que ocorre na estação seca (Felfili, 1995; 1997).

Espécies savânicas tendem a ser mais resistentes ao fogo do que espécies florestais. O maior investimento em biomassa subterrânea confere às espécies savânicas uma maior tolerância a este fator ambiental, devido à alta capacidade de rebrota após a passagem do fogo (Hoffmann, 2000; Hoffmann & Moreira, 2002). Além disso, espécies de savana apresentam maior espessura da casca do que espécies florestais, fornecendo um melhor isolamento contra queimadas (Hoffmann *et al.*, 2003) e sua biomassa aérea tende a apresentar menor sensibilidade aos efeitos do calor provocados pelo fogo, em comparação com espécies florestais (Hoffman *et al.* 2009). Gouveia & Felfili (1998), estudando a fenologia de comunidades arbóreas de mata de galeria e de cerrado *sensu stricto*, verificaram que a maioria das de mata espécies são perenifólias e que os eventos reprodutivos são mais bem distribuídos durante o ano. Já para o cerrado, há uma proporção bem maior de espécies que perdem as folhas durante a estação seca, período em que também efetuam seus processos reprodutivos.

De maneira geral, as espécies vegetais das diferentes fitofisionomias do Cerrado possuem características ecofisiológicas distintas em termos de utilização dos recursos

ambientais disponíveis. Assim, é de se esperar que as espécies possuam diferentes estratégias adaptativas para sobreviver às adversidades impostas pelo ambiente.

1.2. Germinação

A história evolutiva dos vegetais está relacionada com a ocupação progressiva do ambiente terrestre e sua independência da água para a reprodução. Ao longo do processo evolutivo, as plantas desenvolveram órgãos cada vez mais especializados, dentre os quais a semente, um órgão estruturalmente e fisiologicamente apto para desempenhar a função de unidade de dispersão e, geralmente, bem provido de reservas para nutrir a futura planta nos estádios iniciais do crescimento (Bewley & Black, 1994).

O ciclo de vida em Angiospermas compreende o desenvolvimento de uma semente, seguido por sua germinação e o desenvolvimento pós-germinativo através do crescimento da planta (Castro *et al.*, 2004). O estabelecimento da nova planta é função da semente, mas o desenvolvimento desta é um processo complexo e prolongado (Bewley & Black, 1994). Entre as funções que contribuem para a permanência das espécies em seus habitats estão a reprodução, a dispersão e a sobrevivência do germoplasma (Fenner, 1995).

O sucesso de uma espécie em um determinado ambiente depende, em parte, da energia utilizada na sua reprodução (Baker, 1972). Diversos fatores podem afetar o sucesso reprodutivo de uma espécie, entre eles, o número e a qualidade das sementes produzidas (Haig & Westoby, 1988). Uma vez que o valor adaptativo, ou *fitness*, de um organismo é definido como sua contribuição em número de indivíduos à geração seguinte na população, fatores que afetam a produção e a viabilidade das sementes estão entre os mais importantes a serem avaliados, principalmente em espécies endêmicas e/ou ameaçadas (Garcia *et al.*, 2007).

A qualidade das sementes exerce influência sobre o sucesso reprodutivo das plantas em características como tamanho, forma e textura, podendo afetar de forma distinta o potencial de sobrevivência dos indivíduos juvenis e adultos, além da capacidade de dispersão da semente (Wulff, 1995). Outro aspecto fundamental para o sucesso reprodutivo é a resposta germinativa às condições do meio. A adaptação às condições locais e plasticidade de resposta são qualidades necessárias, tanto para o estabelecimento efetivo dentro da população, como para ocupar novos ambientes ou enfrentar situações adversas (Venable & Brown, 1988).

O conhecimento sobre a biologia das sementes é fundamental para a compreensão da estrutura e da dinâmica das comunidades vegetais, principalmente sobre os processos de estabelecimento, sucessão e regeneração natural da vegetação (Mayer & Poljakoff Mayber, 1989; Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1993). A fase inicial da vida das plantas é considerada uma das mais cruciais, pois o estabelecimento de populações dependerá da capacidade de sementes e plântulas de lidar com condições ambientais adversas ou variáveis (Franco & Silvertown, 1997). Neste contexto, estudos que abordam aspectos ecofisiológicos da germinação são fundamentais para o entendimento do sucesso no estabelecimento das espécies em condições naturais, sendo determinados pela faixa de condições ambientais toleradas pelas sementes durante a germinação (Maluf & Martins, 1991).

Fisiologicamente, a germinação é caracterizada por processos metabólicos complexos que levam à retomada do crescimento do eixo embrionário, culminando com a protrusão da radícula através do tegumento da semente (Labouriau, 1983; Bewley & Black, 1994). A germinação pode ocorrer logo após a dispersão das sementes se as condições ambientais forem favoráveis; caso contrário, as sementes permanecem em um estado de baixa atividade metabólica, denominado quiescência. Quando as condições para a germinação são aparentemente favoráveis e, mesmo assim a semente não germina, fala-se que ela está dormente (Bewley & Black, 1994). Em síntese, tendo-se uma semente viável em repouso, por quiescência ou dormência, quando são satisfeitas uma série de condições externas (ambientais) e internas (intrínsecas do órgão), ocorrerá o crescimento do embrião, o qual conduzirá à germinação (Borges & Rena, 1993).

1.2.1. Tolerância à dessecação em sementes

Durante o período de formação e maturação das sementes, a água assume papel fundamental e o seu teor permanece elevado até o final do desenvolvimento (Castro *et al.*, 2004). Geralmente, o desenvolvimento da maioria das sementes termina com uma fase pré-programada de secagem de maturação ou dessecação. Tais sementes toleram dessecação a baixos conteúdos de água (em torno de 5%) e são denominadas ortodoxas (Roberts, 1973; Ellis *et al.*, 1990). Neste estado desidratado, a semente pode sobreviver aos estresses ambientais e, a menos que esteja dormente, recomeçará a atividade metabólica quando as condições ideais à germinação forem fornecidas (Castro *et al.*, 2004). A tolerância à

dessecação exibida pelas sementes ortodoxas é adquirida progressivamente durante o desenvolvimento, ocorrendo antes que as mesmas sofram redução no seu conteúdo de água (Leprince *et al.*, 1993; Bewley & Black, 1994).

De modo geral, a longevidade das sementes ortodoxas aumenta com a redução do teor de umidade. Sob baixas temperaturas e umidade, tais sementes podem manter-se viáveis por um longo período de tempo (Roberts, 1973). *Acacia polyphilla*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna multijuga* (Hong *et al.*, 1996), *Tabebuia impetiginosa*, *Tabebuia ochraceae* (Mello & Eira, 1995), *Tabebuia serratifolia* (Salomão & Mundin, 1997), *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Lafoensia pacari*, *Bowdichia virgilioides*, *Tabebuia chrysotrica* e *Anadenanthera colubrina* (Carvalho *et al.*, 2006) são espécies ocorrentes no Cerrado, cujas sementes apresentam comportamento ortodoxo.

Embora a maioria das sementes seja tolerante à dessecação na maturidade, sementes de muitas espécies não são. Estas, em geral, têm períodos de vida muito limitados no armazenamento, morrendo devido à secagem. Tais sementes são denominadas recalcitrantes e não toleram dessecação a baixos níveis de umidade (em geral menores que 12%), apresentando também curta longevidade e intolerância a baixas temperaturas (Roberts, 1973; Ellis *et al.*, 1990; Pammenter & Berjak, 1999). As sementes recalcitrantes não sofrem secagem natural na planta-mãe, sendo dispersas com teor de água elevado que, se reduzido a um nível considerado crítico, acarretará na perda de viabilidade (Roberts, 1973).

Em geral, as espécies cujas sementes apresentam comportamento recalcitrante são originárias de regiões tropicais úmidas, onde existe um ambiente adequado para a germinação de suas sementes, que geralmente não apresentam dormência (Sacandé *et al.*, 2004). Sementes de *Inga vera* (Hong *et al.*, 1996), *Eugenia dysenterica* (Andrade *et al.*, 2003), *Eugenia handroana*, *Talauma ovata* (Carvalho *et al.*, 2006), *Myrciaria cauliflora* (Valio & Ferreira, 1992), *Hancornia speciosa* (Parente & Carmona, 1988), *Myrciaria dubia* (Ferreira & Gentil, 2003), *Campomanesia adamantium* (Melchior *et al.*, 2006), *Eugenia brasiliensis*, *E. crassiflora*, *E. involucrata*, *E. pyriformis*, *E. umbelliflora* e *E. uniflora* L. (Delgado & Barbedo, 2007), *Euterpe edulis* e *E. oleracea* (Andrade & Pereira, 1997) apresentam comportamento recalcitrante.

Existe ainda uma categoria cujas sementes apresentam um comportamento intermediário, as quais toleram desidratação até um nível entre 7% e 12% de umidade, mas não toleram baixas temperaturas de armazenamento (< 0°C) durante longos períodos de

tempo (Ellis *et al.*, 1990; Hong & Ellis, 1996). Dentro desta categoria, podem ser citadas as espécies do gênero *Coffea* (Ellis *et al.*, 1990).

A aquisição da tolerância à dessecação é um fenômeno complexo, envolvendo a interação de ajustes metabólicos e estruturais, permitindo que as células resistam a perdas consideráveis de água sem a ocorrência de prejuízos. A maior ou menor eficiência desses fatores poderia, dessa forma, acarretar a formação de sementes com diferentes níveis de tolerância à dessecação (Marcos Filho, 2005). Assim, as sementes passam por diversos níveis críticos de umidade que afetam a atividade metabólica e podem causar danos aos tecidos intolerantes à desidratação (Walters *et al.*, 2002).

Além da classificação fisiológica do comportamento das sementes durante a dessecação e no armazenamento, a origem, ocorrência (Roberts, 1973; Roberts e King, 1980; Bonner, 1990; Pammenter e Berjak, 2000), tipo de fruto e semente (Hong *et al.*, 1996), classificação taxonômica (Hong *et al.*, 1996), conteúdo de água no ponto de maturidade fisiológica (Hong *et al.*, 1996; Davide *et al.*, 2001), tamanho da semente e a combinação destas (Tompset, 1984), são características relevantes que permitem o melhor entendimento das respostas ecofisiológicas das espécies em condições naturais.

Essa diferença no comportamento das sementes pode ser considerada como resultado do processo de seleção natural, em concordância com as condições ambientais das regiões de origem da espécie (Kermode & Bewley, 1985; Kermode, 1990; Barbedo & Marcos-Filho, 1998). Para espécies tropicais nativas, o conhecimento do menor grau de umidade suportável pelas sementes que não comprometa sua qualidade fisiológica é fundamental para a compreensão dos processos que regulam a longevidade das sementes no solo e o estabelecimento das plantas em condições naturais (Vásquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1993).

1.2.2. Temperatura e germinação

A germinação é afetada por fatores intrínsecos da semente e por fatores ambientais, sendo tais fatores essenciais para que o processo ocorra normalmente (Popinigis, 1985; Carvalho & Nakagawa, 2000). Ainda segundo estes autores, os principais fatores internos que podem afetar a germinação são o estágio de maturação, a dormência, a longevidade e a idade das sementes. Por sua vez, os fatores ambientais mais importantes para a regulação

da germinação são a disponibilidade hídrica do solo, a concentração de gases e a temperatura (Popinigis, 1985; Baskin & Baskin, 1988; Carvalho & Nakagawa, 2000).

O fator inicial e essencial que determina a germinação de sementes viáveis e não-dormentes é a disponibilidade de água para a embebição (Bewley & Black, 1994). A absorção de água resulta na hidratação dos tecidos, com a conseqüente retomada das atividades metabólicas do embrião, culminando com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento do eixo embrionário (Borges & Rena, 1993; Carvalho & Nakagawa, 2000). A água ainda atua indiretamente no tegumento, hidratando enzimas que irão amolecê-lo, favorecendo a penetração do oxigênio e a transferência de nutrientes solúveis para as diversas partes da semente (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989; Bewley & Black, 1994). A velocidade da absorção da água pela semente varia com a espécie, permeabilidade do tegumento, disponibilidade de água, temperatura, pressão hidrostática, área de contato semente/ água, forças intermoleculares, composição química e condição fisiológica da semente (Popinigis 1985; Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989).

O oxigênio é indispensável à respiração das sementes. A atividade respiratória é rapidamente iniciada uma vez que a semente começa a embeber, a partir de um conteúdo de água em geral em torno de 20% (Bewley & Black, 1994). A quantidade de adenosina trifosfato (ATP) em sementes secas é extremamente baixa, mas aumenta rapidamente durante a embebição, seguindo a atividade respiratória aeróbia, que é a principal fonte de energia (ATP) para a semente antes da emergência da radícula (Castro *et al.*, 2004).

A temperatura influencia na germinação das sementes determinando a capacidade e a velocidade de germinação (especialmente por alterar a velocidade de absorção de água e modificar a velocidade das reações químicas que irão mobilizar as reservas armazenadas), removendo a dormência primária e/ou secundária e induzindo a dormência secundária (Bewley & Black, 1994). A germinação ocorre em determinada faixa de temperatura, cuja amplitude é relativamente grande. Entretanto, as temperaturas mais apropriadas para a germinação, assim como temperaturas limitantes, podem variar entre indivíduos e populações (Labouriau; 1983; Baskin & Baskin, 1998; Ramos & Varela, 2003). A faixa de temperatura em que as sementes germinam é característica de cada espécie, mas o tempo necessário para ser alcançada a máxima germinabilidade varia com a temperatura (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989; Bewley & Black, 1994). Além disso, a faixa de temperatura para a germinação das sementes deve ser correspondente à amplitude térmica as quais suas

plantas ficam expostas durante o desenvolvimento (Baskin & Baskin, 1988; Teketay, 1998).

O efeito da temperatura sobre a germinação é fundamental para a ecologia de populações. Já está bem estabelecido que as temperaturas para a germinação de sementes podem ser expressas em termos de temperaturas cardeais, ou seja, mínima, máxima e ótima. A temperatura mínima de germinação é a temperatura abaixo da qual as sementes não germinam e, a temperatura máxima é a temperatura acima da qual também não ocorre germinação. Por sua vez, a temperatura ótima é aquela em que ocorre o máximo percentual de germinação no menor espaço de tempo (Labouriau, 1983; Borges & Rena, 1993). Portanto, para as sementes serem capazes de germinar, suas temperaturas cardeais devem corresponder às condições externas que assegurem o rápido desenvolvimento das plântulas (Larcher, 2000). Borges & Rena (1993) afirmam que a faixa de temperatura entre 20-30°C parece ser a mais adequada para um grande número de espécies tropicais e subtropicais. A maior parte das espécies tropicais é capaz de germinar entre 5°C e 40°C (Carvalho & Nakagawa, 2000), sendo que a temperatura ótima de germinação encontra-se entre 15°C e 30°C, a máxima varia entre 35°C e 40°C e a mínima entre 10°C e 5°C (Borges & Rena, 1993).

A temperatura adequada para a germinação de sementes de espécies nativas do Cerrado vem sendo determinada, de modo que, em geral, 10°C e 45°C correspondem às temperaturas mínima e máxima em que ocorre a germinação, respectivamente (Felippe & Silva, 1984; Zaidan & Carreira, 2008). Barbosa e colaboradores (1999) verificaram que sementes de *Vochysia tucanorum* apresentaram maior percentual de germinação a 25°C. O mesmo comportamento foi verificado por Arasaki e Felippe (1987) para sementes de *Dalbergia violacea* (1987). Garcia & Diniz (2003) demonstraram que a faixa de temperatura de 20-40°C favoreceu amplamente a germinação de sementes de três espécies de *Vellozia*. Resultados semelhantes foram apresentados por Socolowski e colaboradores (2008), para sementes de *Tecoma stans*. Vieira e colaboradores (2007) mostraram que sementes de *Dyckia tuberosa* apresentam temperatura ótima de germinação entre 30 e 35°C. Nogueira (2000) demonstrou que a faixa de temperatura de 25 a 35°C mostrou-se adequada para a germinação de *Tabebuia chrysotricha*. Sementes de *Tabebuia aurea*, espécie arbórea amplamente distribuída no Cerrado, apresentam temperaturas ótima, mínima e máxima de germinação a 35, 20 e 40 °C, respectivamente (Cabral *et al.*, 2003). Lima e colaboradores (1997) demonstraram que sementes de *Enterolobium*

contortisiliquum apresentam temperatura máxima de germinação entre 41 e 43 °C. Informações levantadas para espécies de mata de galeria mostraram espécies com alta capacidade germinativa, em que as temperaturas ótimas variaram entre 20°C e 30°C, dentre as quais *Astronium fraxinifolium* (Netto & Faiad, 1995), *Jacaranda acutifolia* (Mello & Eira, 1995), *Tapirira guinensis* (Antunes, 1996), *Tibouchina benthamiana* e *T. grandifolia* (Andrade, 1995), *Vochysia tucanorum* (Barbosa *et al.*, 1999).

As temperaturas cardeais são, portanto, espécie-específicas, refletindo as características de germinação da espécie e permitindo inferir sobre a sua procedência ou o seu local de ocorrência (Borghetti & Ferreira, 2004). Portanto, dados de temperaturas cardeais na germinação podem contribuir para esclarecer muitas peculiaridades biogeográficas de espécies neotropicais (Borghetti, 2005). Segundo Labouriau (1983), a distribuição geográfica de muitas plantas é determinada, entre outros fatores, pela faixa de condições ambientais toleradas para a germinação de suas sementes. Assim, estudos que abordam aspectos ecofisiológicos da germinação de grupos funcionais distintos podem contribuir para explicar peculiaridades biogeográficas de espécies nativas, permitindo o entendimento de informações acerca do estabelecimento destas plantas em determinado hábitat, bem como a compreensão dos fatores que determinam a estrutura, a dinâmica e a diversidade de diferentes comunidades vegetais (Labouriau, 1983; Maluf & Martins, 1991; Bewley & Black, 1994).

1.2.3. Fogo e germinação

O fogo é considerado um importante fator ambiental na estrutura de comunidades vegetais, influenciando no crescimento e na reprodução de muitas espécies (Whelan, 1995; Cirne & Scarano, 2001). Em áreas com elevada susceptibilidade e ocorrência de queimadas, algumas características relacionadas ao fogo tendem a ser selecionadas, e o sucesso da espécie passa a ser determinado tanto por fatores intrínsecos (anatômicos, morfológicos e fisiológicos) quanto por fatores extrínsecos, tais como o clima e regime de fogo (Tyler, 1995; Hanley e Fenner, 1997).

A ocorrência de queimadas, características dos ecossistemas savânicos, provoca mudanças na florística e na estrutura da vegetação, podendo ocorrer diminuição na densidade de árvores e arbustos, favorecendo o estabelecimento de espécies tolerantes e provocando eliminação de espécies sensíveis ao fogo (Frost & Robertson, 1987; Agee,

1993). Também ocorrem mudanças nas taxas de crescimento, no sucesso reprodutivo (Frost & Robertson, 1987; Hoffmann, 1999) e no estabelecimento de plântulas (Bond & Wilgen, 1996; Franco *et al.*, 1996; Sato & Miranda, 1996; Silva *et al.*, 1996).

No Cerrado, os solos estão frequentemente expostos a altas temperaturas, seja por exposição direta dos raios solares ou pela ocorrência de queimadas (Borghetti, 2005). O fogo está presente no Cerrado há pelo menos 32000 anos (Salgado-Labouriau, 1997) e tem sido considerado um importante fator ambiental que influencia na estrutura, dinâmica e composição deste bioma (Moreira, 2000).

A vegetação do Cerrado apresenta características que reforçam a idéia de estratégias adaptativas da vegetação ao fogo, tais como forte suberização do tronco e dos galhos, permitindo certo grau de isolamento térmico dos tecidos internos (Coutinho, 1990), folhas coriáceas e pilosas para controlar o aquecimento excessivo (Branco, 2000), ocorrência de frutos com capacidade de proteção das sementes (Landim & Hay, 1995; Cirne & Miranda, 2008), proteção de gemas apicais de algumas espécies por meio de catáfilos (Coutinho, 1990), elevada capacidade de rebrota da copa, de rizomas, caule, raiz e outras estruturas subterrâneas (Coutinho, 1990; Miranda & Sato, 2005) e valores elevados na proporção entre as biomassas subterrânea e aérea (Castro & Kauffmann, 1998). Em algumas fitofisionomias do Cerrado, como no cerrado *sensu stricto*, várias espécies resistem à ocorrência do fogo ou são até mesmo favorecidas por ele (Coutinho, 1990; Oliveira-Filho & Ratter, 2002). Muitas espécies desta fisionomia apresentam estruturas reprodutivas que conferem às sementes proteção física contra altas temperaturas que ocorrem durante uma queimada, tais como os frutos lenhosos de algumas espécies de *Qualea*, *Dimorphandra mollis* (Schmidt *et al.*, 2005) e *Kielmeyera coriacea* (Cirne & Miranda, 2008).

Por sua vez, as florestas são bem mais sensíveis aos efeitos do fogo (Uhl *et al.*, 1990; Cochrane, 2003). Na vegetação florestal, as conseqüências de queimadas podem ser notadas na alteração da estrutura, com reflexos na composição florística. As clareiras formadas por morte e queda de espécies arbóreas podem ser invadidas por gramíneas e outras espécies colonizadoras, modificando a estrutura de florestas (Castellani & Stubblebine, 1993; Cochrane, 2003).

O fogo pode interferir diretamente na fenologia das plantas, sendo na floração (Felfili *et al.*, 1999), na produção de diásporos e na reprodução (Hoffmann, 1998; 1999). Em relação à reprodução sexuada, as altas temperaturas ocorrentes durante uma queimada podem interferir no recrutamento por sementes (Miranda & Klink, 1996), na viabilidade,

dispersão e germinação de sementes (Sato & Miranda, 1996; Silva *et al.*, 1996; Herranz *et al.*, 1998; Brown & Whelan, 1999; Hanley *et al.* 2001; Schmidt *et al.*, 2005; Williams *et al.*, 2005).

O fogo também interfere indiretamente na germinação, através do aumento na temperatura do solo (Debano *et al.*, 1998; Hodgkinson & Oxley, 1990). Analisando o regime térmico de solos de fisionomias campestres e savânicas do Cerrado durante queimadas prescritas, Neves & Miranda (1996) observaram que durante a passagem do fogo, a média da temperatura máxima da superfície do solo foi de $279 \pm 97^{\circ}\text{C}$. A 1 cm de profundidade, registrou-se a temperatura máxima de 55°C para solos de fisionomias savânicas e de 280°C para fisionomias campestres. Cass e colaboradores (1984) verificaram que aumentos de temperatura do solo maiores que 10°C só ocorrem nos primeiros 1,5 cm abaixo, independentemente da quantidade de material queimado.

Em alguns estudos, demonstrou-se que a taxa de germinação de sementes (em sua maioria dormentes) de muitas espécies aumenta após a passagem do fogo (Coutinho, 1980; Tárrega *et al.*, 1992; Bradstock *et al.*, 1992; Harrington & Driver, 1995; Mucunguzi & Oryem-Origa, 1996; Herranz *et al.*, 1998). No entanto, altas temperaturas de exposição ao fogo podem causar a redução ou perda total de viabilidade das sementes (Auld e O'Connell, 1991). A alta frequência de queimadas fogo pode oferecer limitações para a reprodução sexuada de espécies vegetais savânicas, devidos aos seus efeitos negativos nas sementes e nas plântulas (Hoffmann, 1996; 1998).

Portanto, as respostas das plantas aos impactos do fogo variam conforme a intensidade, a frequência, a duração das queimadas, uma vez que um aumento na temperatura corresponderá a uma diminuição do período de exposição necessária para causar lesão em tecidos vivos (Wright e Bailey, 1982) e também com a fitofisionomia atingida (Silva *et al.*, 2005).

2. Hipóteses

No bioma Cerrado, o ecótono existente entre cerrado *sensu stricto* e mata de galeria ocorre ao longo de toda a interface entre essas duas fitofisionomias. Nesses locais, devido à proximidade entre tais formações vegetacionais, existe a possibilidade da floresta avançar sobre o cerrado, do cerrado avançar sobre a floresta ou do ecótono permanecer estável

(Silva *et al.*, 2008). A compreensão do funcionamento das áreas de ecótono entre cerrado e mata é fundamental para entender o mecanismo de deslocamento das áreas de florestas e de savanas e o destino delas perante as mudanças climáticas e ambientais.

Em função das diferenças microclimáticas e de microhabitat existentes entre o cerrado *sensu stricto* e a mata de galeria, tais como maiores amplitudes térmicas e frequência de queimadas e menor umidade relativa no ambiente de savana, em relação ao ambiente florestal (Furley & Ratter, 1988; Oliveira-Filho & Ratter, 1995), espera-se que as espécies vegetais dessas duas fitofisionomias apresentem estratégias adaptativas distintas em resposta às adversidades (condições de estresse) impostas pelo ambiente. O estresse pode ser definido como o momento em que há alterações em níveis funcionais, irreversíveis ou não, nas condições adequadas para a sobrevivência de uma espécie ou de populações (Larcher, 2000). No caso de grupos funcionais distintos, que estejam sob o mesmo regime de estresse, um grupo pode ser mais favorecido que o outro. Portanto, a condição de estresse agiria tanto em nível populacional, selecionando os indivíduos mais bem adaptados, como em escala comunitária, selecionando as populações que melhor se ajustem à nova condição.

Considerando os aspectos citados acima, foram levantadas, para este estudo, as seguintes hipóteses: 1. Sementes de espécies de mata são mais sensíveis ao dessecamento do que sementes de espécies de savana; 2. Sementes de espécies savânicas possuem maior potencial germinativo em temperaturas supra-ótimas, em comparação com sementes de espécies de mata; 3. Sementes de espécies de savana são mais tolerantes aos efeitos do calor promovidos pelo fogo do que sementes de espécies de mata; 4. Sob as mesmas condições de estresse ambiental, espécies vegetais de savana possuem maior potencial de colonizar ambientes florestais, do que espécies de mata têm de se expandir em direção à savana.

3. Objetivos

A germinação das sementes, em função dos fatores ambientais, está associada às características ecofisiológicas das espécies. Portanto, sementes de espécies pertencentes a um grupo ecológico podem necessitar de condições diferentes das de outro grupo ecológico para expressar seu maior potencial germinativo. Dessa forma, fica claro que a exigência de

um conjunto específico de condições para a germinação de sementes está relacionada às características particulares de cada espécie, bem como ao ambiente onde a futura planta se estabelecerá (Flores & Briones, 2001).

Sendo assim, com base nas hipóteses levantadas, o objetivo deste estudo foi analisar o comportamento germinativo de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria, frente a determinadas condições de estresse, observando padrões de semelhança e de diferença entre estes dois grupos funcionais. Para tanto, foi avaliado o potencial germinativo de sementes de espécies lenhosas do cerrado *sensu stricto* e da mata de galeria submetidas ao dessecamento, a temperaturas crescentes e supra-ótimas de incubação (30, 35, 40 e 45°C) e a diferentes de choques térmicos (80, 140 e 200°C por 2,5 e 5 minutos) relacionados à passagem do fogo.

4. Material e métodos

Foram coletados, aleatoriamente e diretamente das árvores matrizes, diásporos maduros de aproximadamente 10 indivíduos de cada espécie, de diferentes populações localizadas em diferentes áreas de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria do Distrito Federal. Após a coleta, os diásporos foram beneficiados e homogeneizados, utilizando-se amostras compostas de sementes de cada espécie. O critério utilizado para a escolha das espécies foi baseado de acordo com sua frequência de ocorrência nas áreas de coleta e na disponibilidade de indivíduos com diásporos maduros. As espécies estudadas, bem como suas respectivas fitofisionomias de ocorrência e informações fenológicas (Lorenzi, 2002; Silva-Junior, 2005; Lenza & Klink, 2006; Silva-Junior & Pereira, 2009) são apresentados na tabela 1. As informações quanto a locais e datas de coletas, geocoordenadas e procedimentos pós-beneficiamento são apresentadas na tabela 2. Os ensaios experimentais foram realizados no Laboratório de Termobiologia da Universidade de Brasília, campus universitário Darcy Ribeiro, Brasília, Distrito Federal.

Tabela 1. Espécies estudadas, com suas respectivas fitofisionomias de ocorrência, forma de vida e época de frutificação.

Fitofisionomia	Espécie	Família	Forma de vida	Época de frutificação
Cerrado <i>sensu stricto</i>	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth	Fabaceae	Árvore decídua	Agosto a Março
	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott. & Endl	Malvaceae	Árvore semidecídua	Agosto a Novembro
	<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart.	Clusiaceae	Árvore decídua	Setembro a Outubro
	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	Árvore decídua	Dezembro a Setembro
	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae	Árvore sempre-verde	Setembro a Dezembro
	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore	Bignoniaceae	Árvore decídua	Setembro a Outubro
	<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth) Speg.	Fabaceae	Árvore decídua	Agosto a Setembro
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae	Árvore decídua	Junho a Outubro
	<i>Dalbergia densiflora</i> Benth.	Fabaceae	Árvore decídua	Julho a Outubro
	Mata de galeria	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	Árvore decídua
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.		Bignoniaceae	Árvore decídua	Julho a Setembro
<i>Tachigali rubiginosa</i> (Mart. ex Tul.) Oliveira-Filho		Fabaceae	Árvore sempre-verde	Julho a Agosto

Observação: devido a mudanças nomenclaturais, as espécies *Tabebuia impetiginosa* e *Sclerolobium paniculatum* var. *rubiginosum* foram tratadas, neste estudo, como *Handroanthus impetiginosus* e *Tachigali rubiginosa*, respectivamente (Grose & Olmstead, 2007; Silva & Lima, 2007).

Tabela 2. Locais, datas de coletas, geocoordenadas e procedimentos pós-beneficiamento de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria.

Espécie	Local / Data de coleta / Geocoordenadas	Procedimento pós-beneficiamento
<i>Dimorphandra mollis</i>	FAL* / Julho-2009 / 15°56' – 15°59' S e 47°55' – 47°58' W	Lavagem em água corrente por 10 minutos
<i>Eriotheca pubescens</i>	FAL* / Agosto-2009 / 15°56' – 15°59' S e 47°55' – 47°58' W	Lavagem em água corrente por 5 minutos
<i>Kielmeyera coriacea</i>	FAL* / Outubro-2008 / 15°56' – 15°59' S e 47°55' – 47°58' W	Armazenamento a 6°C, em sacos de papel dentro de sacos plásticos, por 2 meses; retirada das alas
<i>Qualea grandiflora</i>	FAL* / Outubro-2008 / 15°56' – 15°59' S e 47°55' – 47°58' W	Lavagem em água corrente por 10 minutos Retirada da ala.
<i>Roupala montana</i>	FAL* / Outubro-2008 / 15°56' – 15°59' S e 47°55' – 47°58' W	Lavagem em água corrente por 5 minutos; Retirada das alas
<i>Tabebuia aurea</i>	JBB** / Setembro-2009 15°50' – 15°55' S e 47°49' – 47°55' W	Retirada das alas
<i>Anadenanthera falcata</i>	FT **** / Agosto-2009 / 15°50' – 15°52' S e 47°44' – 47°45' W	Lavagem em água corrente por 5 minutos
<i>Copaifera langsdorffii</i>	FAL* / Agosto-2008 / 15°56' – 15°59' S e 47°55' – 47°58' W	Armazenamento a 20°C, em sacos de papel, por 2 meses
<i>Dalbergia densiflora</i>	RECOR*** / Setembro-2009 / 15°55' – 15°58' S e 47°52' – 47°55' W	Lavagem em água corrente por 5 minutos
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	RECOR*** / Setembro-2009 / 15°55' – 15°58' S e 47°52' – 47°55' W	Retirada das alas
<i>Jacaranda puberula</i>	FAL* / Julho-2008 / 15°56' – 15°59' S e 47°55' – 47°58' W	Retirada das alas
<i>Tachigali rubiginosa</i>	RECOR*** / Agosto-2009 / 15°55' – 15°58' S e 47°52' – 47°55' W	Lavagem em água corrente por 20 minutos

* Fazenda Água Limpa/UnB; ** Jardim Botânico de Brasília; *** Reserva Ecológica do IBGE; **** Fazenda Taboquinha / APA São Bartolomeu.

4.1. Determinação do teor de água das sementes (TAS)

Para a obtenção dos dados de massa fresca, foi utilizada uma amostra de 60 sementes por espécie, dividida em quatro réplicas de 15, cujas massas foram medidas em balança analítica. Posteriormente, foi calculada a massa por semente através da média das quatro réplicas.

Após a obtenção dos dados de massa fresca, as sementes foram colocadas em estufa com circulação e renovação de ar (Marconi MA 035) regulada a 105°C e pesadas a cada 24 horas para a obtenção das massas secas, até a estabilização das mesmas. O teor de água das sementes (TAS) foi expresso com base na massa fresca, utilizando-se a equação 1, a seguir.

$$TAS = \frac{\text{Massa fresca} - \text{Massa seca}}{\text{Massa fresca}} \times 100 \% \quad (1)$$

4.2. Redução do conteúdo de água das sementes (dessecação)

Neste ensaio experimental, as sementes tiveram o conteúdo de água reduzido a 5%. Para a obtenção do conteúdo de água desejado, as sementes foram colocadas em recipiente hermeticamente fechado (dessecador) (Figura 1) contendo sílica gel, sendo esta trocada, em média, a cada 72 horas, antes de ocorrer mudança na coloração de seu indicador de umidade. As sementes foram submetidas a pesagens a cada duas horas nas primeiras 12 horas e, a partir deste ponto, a cada 24 horas, até que a massa encontrada coincidissem com o grau de umidade desejado. Para tanto, foi utilizada a expressão (2) proposta por Cromarty e colaboradores (1985).

$$M = \frac{(100 - CA_i)}{(100 - CA_d)} \times M_i \quad (2)$$

Em que M é a massa, em gramas, no conteúdo de água desejado; M_i é a massa, em gramas, no conteúdo de água inicial; CA_i é o conteúdo de água inicial (% base úmida); e CA_d é o conteúdo de água desejado (% base úmida).

Após a obtenção do conteúdo de água desejado (5%), as sementes dessecadas foram colocadas em placas de Petri forradas com duas folhas de papel de filtro, umedecidas com água destilada, sendo utilizadas amostras de 60 sementes distribuídas em quatro réplicas de 15. Os experimentos foram realizados em câmara de germinação tipo B.O.D (Marconi MA

402), regulada na temperatura de 30°C e fotoperíodo de 12 horas, sob luz branca fluorescente ($30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). O controle experimental foi feito avaliando-se a germinação de sementes não submetidas à dessecação.

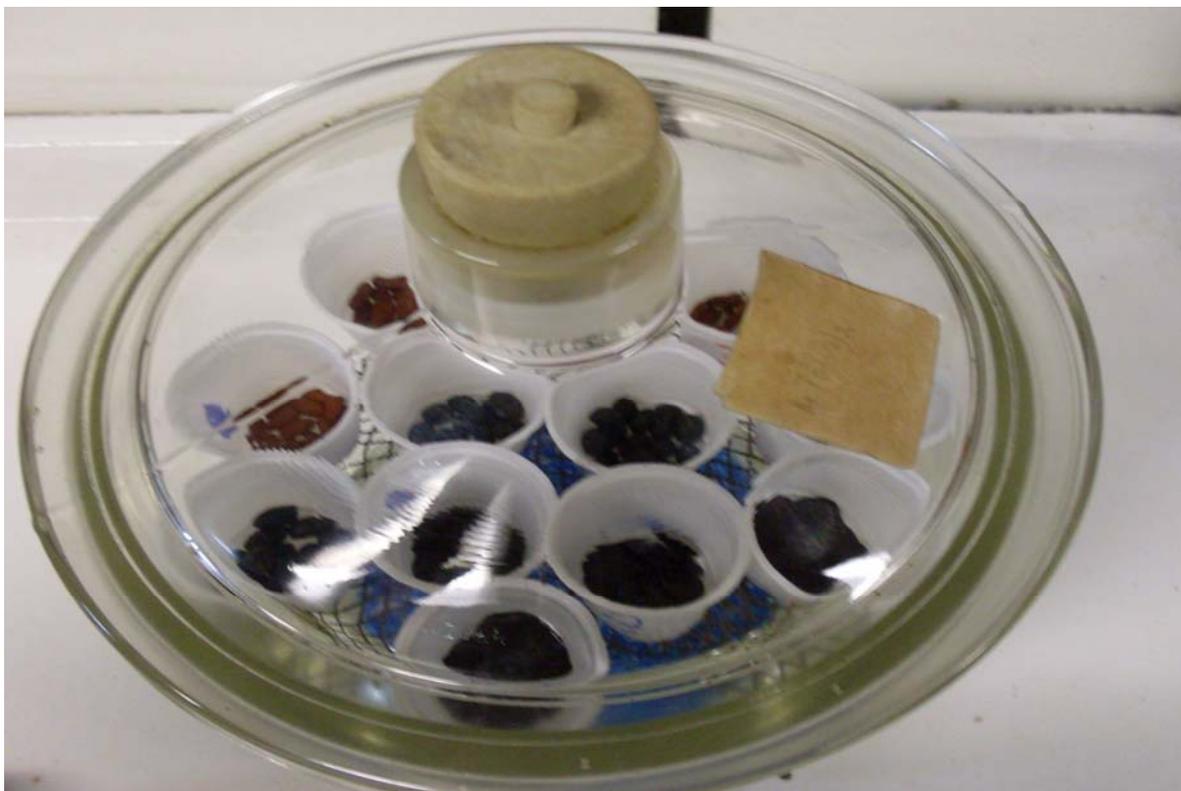


Figura 1. Dessecador utilizado para a retirada de água das sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria.

4.3. Germinação de sementes em temperaturas supra-ótimas

Para avaliar o efeito de temperaturas supra-ótimas na germinação, as sementes de cada espécie foram colocadas em placas de Petri forradas com duas folhas de papel de filtro, umedecidas com água destilada, sendo utilizadas quatro réplicas de 15 sementes. Em seguida, as placas foram colocadas em câmaras de germinação tipo B.O.D. (Marconi MA 402) reguladas nas seguintes temperaturas: 30, 35, 40 e 45°C, sob fotoperíodo de 12 horas, utilizando-se luz branca fluorescente ($30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Neste ensaio, a temperatura de 30°C foi utilizada como controle experimental, uma vez que esta está situada dentro da faixa considerada ótima para a germinação de espécies do Cerrado (Zaidan & Carreira, 2008).

4.4. Germinação de sementes expostas a choques térmicos

Neste ensaio experimental, as sementes foram colocadas no interior de uma estufa com circulação e renovação de ar (Marconi MA 035), sendo submetidas às seguintes temperaturas e tempos de exposição: 80, 140 e 200°C por 2,5 e 5 minutos. Tais combinações de temperaturas por tempo de exposição foram estabelecidas com base em resultados encontrados em solo de Cerrado (na superfície e a pequenas profundidades) durante eventos de queimadas (Miranda *et al.*, 1993; Miranda e Klink, 1996; Neves e Miranda, 1996).

Após a aplicação dos choques térmicos, as sementes foram colocadas em placas de Petri forradas com duas folhas de papel de filtro, umedecidas com água destilada, sendo utilizadas amostras de 60 sementes por tratamento, distribuídas em quatro réplicas de 15. Os experimentos foram realizados em câmara de germinação tipo B.O.D (Marconi MA 402), regulada na temperatura de 30°C e fotoperíodo de 12 horas, sob luz branca fluorescente ($30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Neste ensaio, o controle experimental foi feito avaliando-se o potencial germinativo de sementes não submetidas a tratamentos térmicos.

Observações: 1. Em todos os experimentos de germinação, as placas de Petri foram examinadas diariamente para a contagem e remoção das sementes germinadas, até a estabilização da resposta. O critério de germinação utilizado foi a emergência da radícula, seguida da sua curvatura geotrópica (Labouriau, 1983); 2. Em todos os experimentos de germinação, sementes de *Dimorphandra mollis* e de *Tachigali rubiginosa* foram escarificadas mecanicamente com auxílio de lixa nº 120, por se tratarem de sementes que apresentam dormência (Felfili *et al.*, 1999; Cardoso, 2004).

4.5. Teste de viabilidade

As sementes não germinadas foram submetidas a teste de viabilidade. Para tanto, tais sementes tiveram seus tegumentos retirados, expondo-se os embriões, os quais foram colocados em contato com solução de cloreto de 2,3,5 trifenil tetrazólio a 1%, por 24 horas a 30°C, sob escuro contínuo (Moore, 1973). Foram consideradas viáveis as sementes que

apresentaram coloração rósea no eixo embrionário (Figura 2). A porcentagem de viabilidade (V) foi calculada de acordo com a equação 3:

$$V = \frac{\text{N}^\circ \text{ de sementes com embrião corado}}{\text{N}^\circ \text{ total de sementes}} \times 100 \% \quad (3)$$

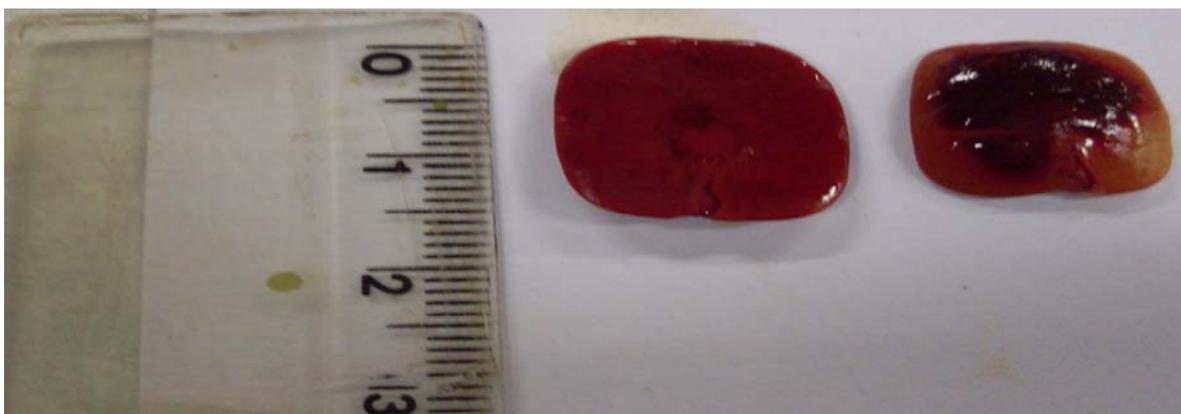


Figura 2. Sementes viáveis (coloração rósea uniforme) e não viáveis (coloração mais escura e desuniforme) de *A. falcata*.

4.6. Medidas de Germinação

Após a realização de todos os experimentos de germinação, foram calculados a porcentagem de germinação (G – Equação 4) e o tempo médio de germinação (TmG – Equação 5), sendo este último calculado somente para os tratamentos com porcentagem de germinação superior a 10%, conforme Labouriau (1983).

$$G = (\Sigma n_i \cdot N^{-1}) \cdot 100 \quad (4)$$

$$TmG = \Sigma n_i \cdot t_i / \Sigma n_i \quad (5)$$

Em que Σn_i é o número total de sementes germinadas em relação ao número de sementes colocadas para germinar (N); n_i é o número de sementes germinadas dentro de determinado intervalo de tempo t_{i-1} e t_i .

4.7. Análise estatística

Em todos os ensaios experimentais foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificação de normalidade e ao teste F de Snedecor, para verificação de homogeneidade entre variâncias. Dados com distribuição normal e variâncias homogêneas, foram submetidos diretamente à análise de variância (ANOVA), com as médias comparadas pelo teste de Tukey (Santana & Ranal, 2004). Para os dados que não apresentaram distribuição normal e/ou que mostraram variâncias heterogêneas, procedeu-se à transformação arco-seno (viabilidade e de porcentagem de germinação) e à transformação raiz quadrada (tempo médio de germinação) (Zar, 1999). Todos os testes estatísticos foram realizados utilizando-se o *software* BioEstat 5.0.

4.7.1. Massa, teor de água e tempo de secagem das sementes

A massa e o teor de água das sementes e o tempo de secagem para obtenção do teor de água a 5% foram comparadas entre os grupos funcionais, por meio de ANOVA, um fator. Também foi verificada, através de regressão simples, a relação entre o teor de água inicial das sementes e o tempo de secagem para obtenção do conteúdo de água desejado (5%) para espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria, cujas equações foram comparadas pelo Teste t.

4.7.2. Germinação de sementes submetidas à dessecação

O efeito do dessecação na germinação, dentro de cada grupo funcional, foi analisado comparando-se, para cada espécie separadamente, a viabilidade, a porcentagem de germinação e o tempo médio de germinação de sementes submetidas ao dessecação com sementes não desseçadas (controle), através de ANOVA, um fator. Para fins de comparação entre grupos os funcionais, os dados de porcentagem de germinação de sementes desseçadas a 5%, de cada espécie, foram agregados dentro do seu respectivo grupo funcional e, em seguida, submetidos à ANOVA, um fator.

4.7.3. Germinação de sementes em temperaturas supra-ótimas

O efeito de temperaturas supra-ótimas na germinação foi analisado comparando-se, por meio de ANOVA um fator, a viabilidade, a porcentagem de germinação e o tempo médio de germinação nas diferentes temperaturas, para cada espécie separadamente, dentro do seu respectivo grupo funcional. Por sua vez, a comparação entre grupos funcionais foi feita agregando-se os dados de porcentagem de germinação de cada espécie de acordo com seu respectivo grupo funcional e, em seguida, comparou-se, através de ANOVA um fator, a porcentagem média de germinação de espécies de cerrado *sensu stricto* incubadas a 30°C, 35° e 40°C, com a porcentagem média de germinação de espécies de mata de galeria incubadas nas temperaturas correspondentes.

4.7.4. Germinação de sementes expostas a choques térmicos

O efeito dos choques térmicos sobre a germinação, dentro de cada grupo funcional, foi analisado comparando-se a viabilidade, a porcentagem de germinação e o tempo médio de germinação entre sementes expostas e não expostas (controle) a choques térmicos, por meio de ANOVA um fator, para cada espécie separadamente. Também foi realizada ANOVA fatorial para verificar o efeito da temperatura e do tempo de exposição, e também da interação entre temperatura e tempo. A análise entre grupos funcionais foi feita agregando-se os dados de porcentagem de germinação de cada espécie, dentro do seu respectivo grupo funcional, comparando-se, através de ANOVA um fator, cada tratamento de calor de um grupo funcional com o mesmo do outro grupo.

5. Resultados e discussão

Os dados numéricos completos referentes aos valores de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG), bem como a análise estatística dos mesmos, encontram-se no **tópico 8 (Apêndice)**, nas tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

5.1. Massa e Teor de Água de Sementes (TAS)

Sementes de espécies de mata de galeria apresentaram, em média, maiores valores de massa e de conteúdo de água, em comparação às espécies de cerrado *sensu stricto*. No

entanto, estas diferenças não se mostraram estatisticamente significativas (Tabela 3). As sementes da maioria das espécies apresentam cerca de 5 a 20% de água da sua massa total ao final do desenvolvimento (Bradbeer, 1988) e os dados de teor de água inicial obtidos para as sementes das espécies estudadas estão dentro desta faixa, com exceção de *A. falcata*, cujas sementes apresentaram teor de água acima desta faixa. Os maiores teores de água apresentados para sementes das espécies de mata podem estar relacionados ao seu ambiente de ocorrência, posto que em ambientes mais úmidos e com menores amplitudes térmicas, como os florestais, suas sementes estariam menos susceptíveis a grandes perdas de umidade para o meio externo, mantendo assim, sua viabilidade e capacidade germinativa em condições naturais.

Tabela 3. Massa, teor de água inicial (TAS) e tempo de secagem em sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria do bioma Cerrado (média ± desvio padrão).

Fitofisionomia	Espécie	Massa da semente (mg)	T A S (%)	Tempo de secagem (horas)
Cerrado <i>sensu stricto</i>	<i>Dimorphandra mollis</i>	275,20 ± 5,00	17,45 ± 1,13	1080 ± 100
	<i>Eriotheca pubescens</i>	176,00 ± 10,16	5,78 ± 0,22	24 ± 5
	<i>Kielmeyera coriacea</i>	136,00 ± 2,94	9,32 ± 0,22	48 ± 4
	<i>Qualea grandiflora</i>	99,55 ± 3,41	13,05 ± 0,15	840 ± 105
	<i>Roupala montana</i>	25,50 ± 2,51	12,84 ± 0,55	600 ± 52
	<i>Tabebuia aurea</i>	144,75 ± 8,88	6,65 ± 0,23	16 ± 3
		μ*	μ	μ*
		142,78 + 82,84 a	10,84 ± 4,16 a	435 + 470 a
Mata de galeria	<i>Anadenanthera falcata</i>	184,55 ± 17,48	24,80 ± 3,06	1632 ± 135
	<i>Copaifera langsdorffii</i>	502,55 ± 10,97	17,36 ± 1,67	1200 ± 115
	<i>Dalbergia densiflora</i>	58,25 ± 2,36	9,65 ± 0,26	216 ± 44
	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	37,50 ± 1,00	11,94 ± 0,84	192 ± 40
	<i>Jacaranda puberula</i>	28,75 ± 3,50	10,62 ± 0,37	360 ± 55
	<i>Tachigali rubiginosa</i>	92,75 ± 1,90	10,30 ± 0,27	144 ± 41
		μ*	μ	μ*
		150,72 + 181,40 a	14,11 ± 5,93 a	624 + 633 a

μ Média ± desvio padrão; μ* Média + desvio padrão

5.2. Germinação de sementes submetidas à dessecação

As sementes das espécies de cerrado *sensu stricto* apresentaram, em média, menor tempo de secagem em relação às de espécies de mata de galeria. Entretanto, esta diferença não se mostrou estatisticamente significativa (Tabela 3). Os maiores tempos de secagem foram observados para *Qualea grandiflora* e *Dimorphandra mollis* (cerrado *sensu stricto*) e para *Anadenanthera falcata* e *Copaifera langsdorffii* (mata de galeria), espécies cujas sementes apresentaram os maiores teores de água inicial e cuja secagem pode ser considerada lenta em relação às demais espécies (Tabela 3). Berjak & Pammenter (2000) afirmam que sementes com menores conteúdos de água inicial tendem a apresentar maiores velocidades de secagem em comparação com aquelas que tenham maiores conteúdos de água. Neste estudo, tal afirmação pode ser corroborada com os dados de tempos de secagem obtidos para sementes de espécies de cerrado e de mata (Figura 3).

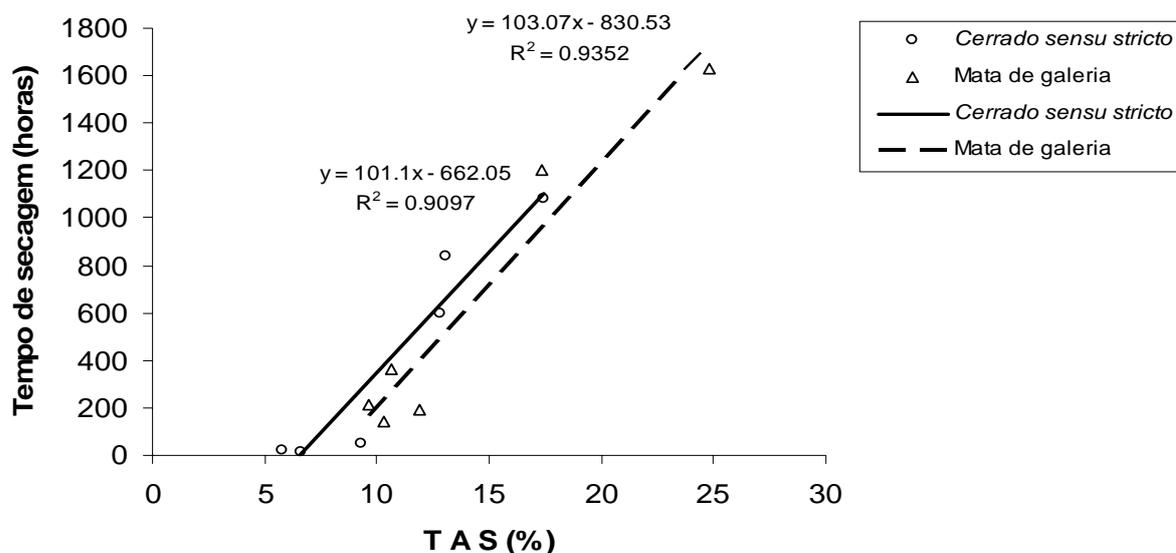


Figura 3. Relação entre o teor de água inicial de sementes (TAS) e o tempo de secagem necessário para obtenção de teor de água a 5% para sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* e ($p < 0,01$) e de mata de galeria ($p < 0,01$). Os Testes t entre os interceptos e os coeficientes de regressão não foram estatisticamente significativos.

A dessecação até 5% de umidade não afetou negativamente a viabilidade, a germinação e o tempo médio de germinação das sementes de espécies de cerrado *sensu stricto*, com exceção de *D. mollis*, cujas sementes dessecadas tiveram sua viabilidade e

capacidade germinativa significativamente reduzida em relação ao controle (Figuras 4, 5 e 6; Tabela 4). Em contrapartida, a dessecação até o TAS de 5% reduziu significativamente a viabilidade e a capacidade germinativa das sementes das espécies de mata de galeria em comparação com sementes não dessecadas (Figuras 4 e 5; Tabela 5). Observou-se, ainda, que o dessecamento afetou o vigor das mesmas, com o aumento significativo do TmG para quatro das seis espécies (Figura 6; Tabela 5). A exceção foi observada para sementes de *Dalbergia densiflora*, cujo percentual de germinação e tempo médio de germinação mostraram-se estatisticamente iguais comparando-se sementes dessecadas e não dessecadas (Figuras 5 e 6; Tabela 5).

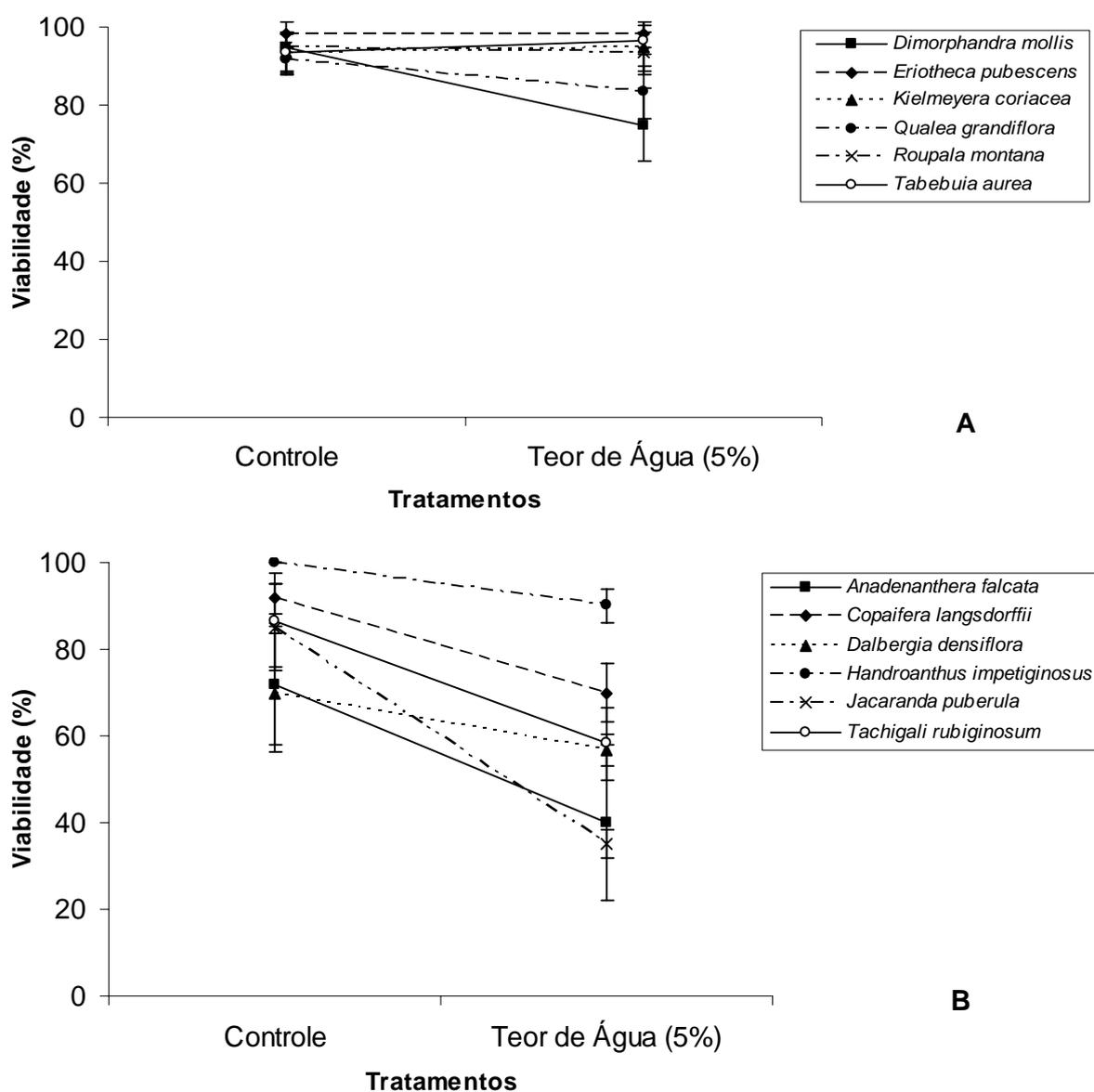


Figura 4. Porcentagem de viabilidade de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* (A) e de mata de galeria (B) submetidas à dessecação (média \pm desvio padrão).

A velocidade de secagem é considerada fundamental para a avaliação do limite de tolerância à dessecação das sementes. Berjak & Pammenter (2000) consideram que quanto mais rápida a velocidade de secagem, maior o grau de desidratação suportado pela semente. Por outro lado, a secagem lenta não é adequada para as sementes e pode provocar danos irreversíveis à estrutura das membranas, resultando em perda significativa de viabilidade (Pammenter & Berjak, 1999), como constatado para sementes de *D. mollis*, *A. falcata* e *C. langsdorffii*, espécies cujas sementes apresentaram maior tempo de secagem.

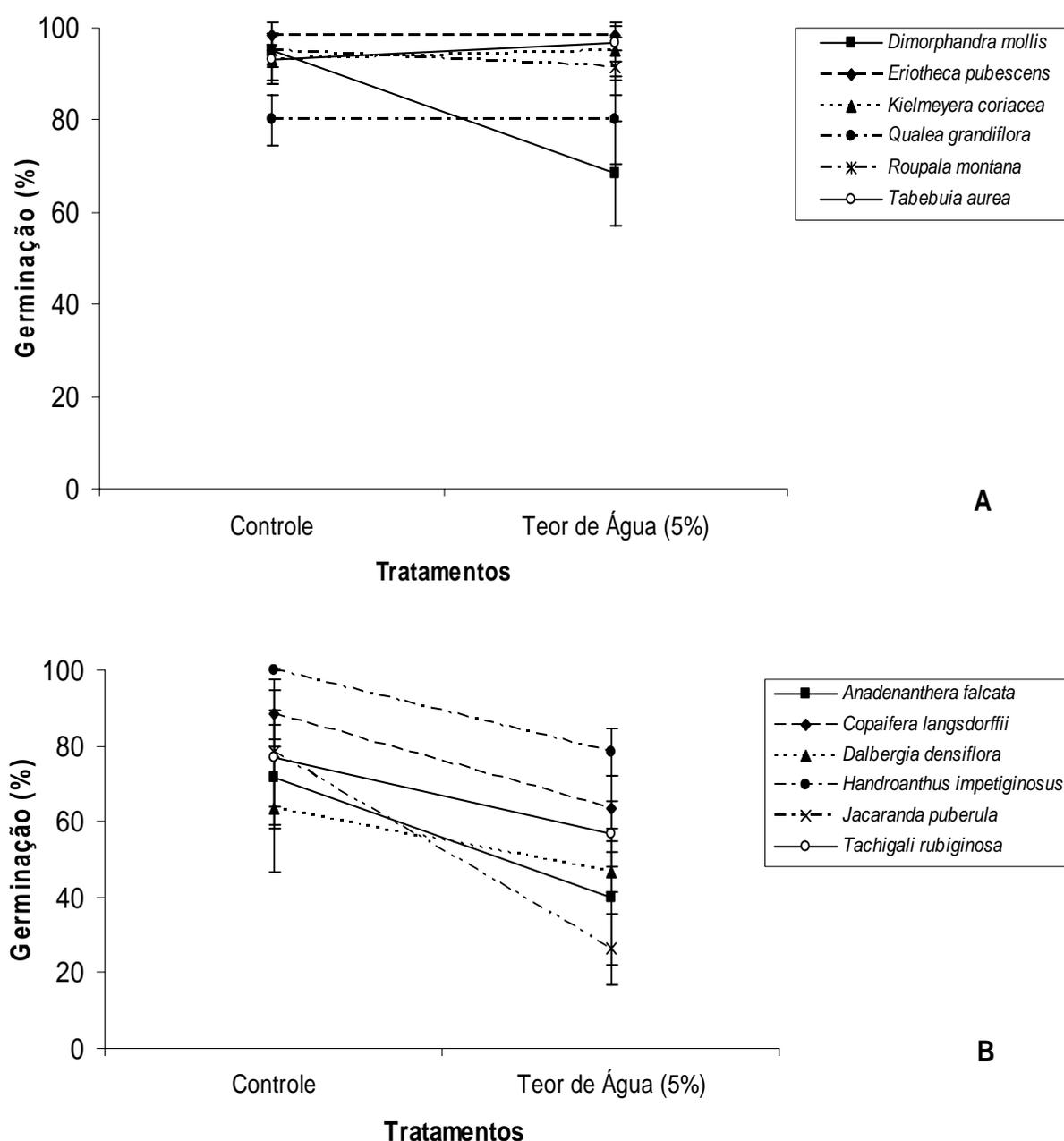
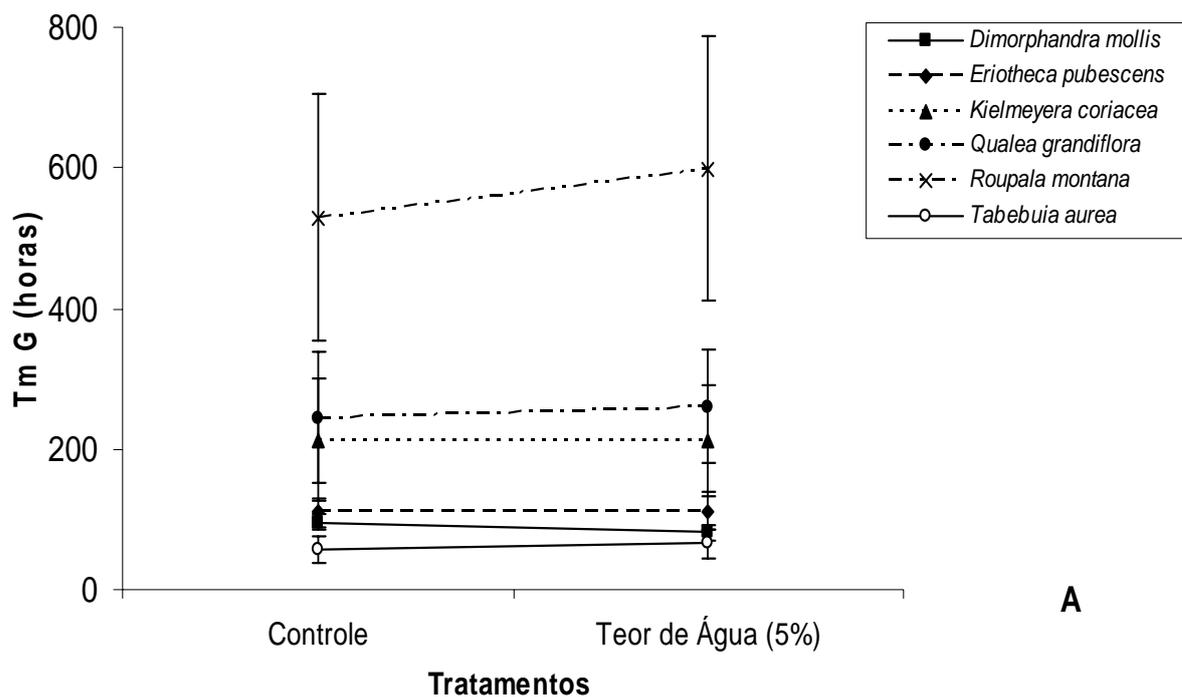
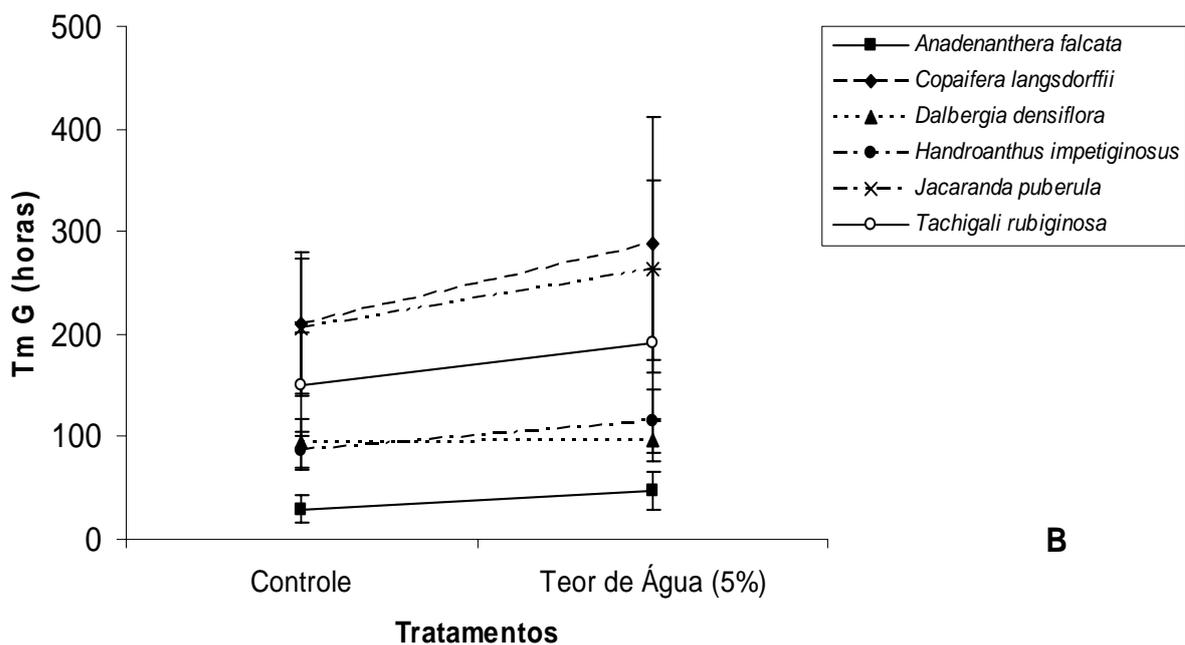


Figura 5. Porcentagem de germinação de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* (A) e de mata de galeria (B) submetidas à dessecação (média \pm desvio padrão).



A



B

Figura 6. Tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* (A) e de mata de galeria (B) submetidas à dessecação (média \pm desvio padrão).

Quando comparados os percentuais médios de germinação de sementes dessecadas, foi observada diferença estatística significativa entre as duas fitofisionomias. De modo geral, as sementes das espécies de cerrado apresentaram maior porcentagem média de germinação em comparação com as sementes das espécies de mata (Figura 7). A maior

tolerância aos efeitos do dessecamento apresentados pelas sementes de espécies do cerrado *sensu stricto* também pode estar associada ao seu ambiente de ocorrência, cujos solos estão frequentemente sujeitos a estresse hídrico sazonal, grandes amplitudes térmicas e baixa umidade relativa, sobretudo durante a estação seca (Meinzer *et al.*, 1999). Dessa forma, a perda de viabilidade das sementes de espécies de mata estaria mais associada a ambientes com níveis de estresse similares aos de ambientes savânicos, os quais atuariam na redução do teor de água abaixo de níveis toleráveis.

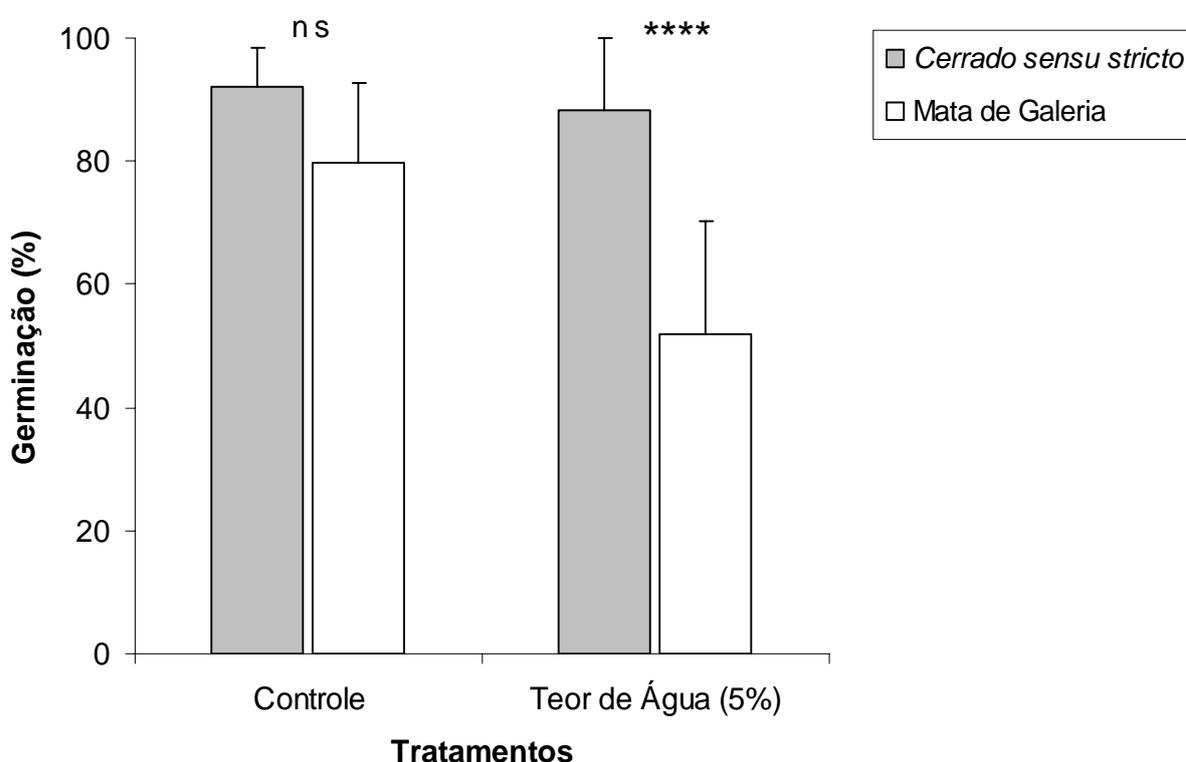


Figura 7. Porcentagem média de germinação (média + desvio padrão) de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria submetidas à dessecção (ns: não significativo; **** $p < 0,0001$).

De acordo com Hong & Ellis (1996), sementes que não apresentam perda significativa de viabilidade quando dessecadas a baixos conteúdos de água (em torno de 5%), podem ser consideradas ortodoxas. Neste estudo, este parece ser o caso de *E. pubescens*, *K. coriacea*, *Q. grandiflora*, *R. montana*, *T. aurea* e *D. densiflora*. Por sua vez, sementes de *D. mollis*, *C. langsdorffii* e *H. impetiginosus* seriam classificadas como intermediárias, apesar da alta viabilidade (> 70%) de suas sementes quando dessecadas a 5%. Para estas três espécies, este comportamento é definido em função da perda

significativa de viabilidade e de potencial germinativo de sementes dessecadas, em relação ao controle.

O baixo teor de umidade em sementes ortodoxas é uma das principais características que lhes confere grande longevidade, sendo fundamental para evitar a deterioração das sementes pelo ataque de microrganismos (Barbedo & Marcos-Filho, 1998). Sementes ortodoxas adquirem a tolerância à dessecação durante a fase de maturação, ainda no desenvolvimento, a qual se mantém após a dispersão (Bewley & Black, 1994). A secagem até o grau de umidade entre 15 e 5% pode levar as sementes ao estado de quiescência, reduzindo o metabolismo e permitindo que as sementes se mantenham vivas. Após a hidratação, estas sementes podem retomar o metabolismo direcionado para o processo germinativo (Bewley & Black, 1994; Baskin & Baskin, 1998).

Alguns autores abordaram a conservação *ex situ* por meio de bancos de germoplasma, descrevendo as características físicas e fisiológicas e o comportamento de sementes de espécies nativas do Cerrado quanto à tolerância ao dessecamento (Sousa *et al.*, 2005; Scalon *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2006). Tais autores verificaram que é comum sementes de algumas espécies deste bioma, como por exemplo, *Jacaranda cuspidifolia*, *Tabebuia serratifolia*, *Anadenanthera colubrina*, *Bowdichia virgilioides* e *Stryphnodendron adstringens* e *Lafoensia pacari* suportarem o dessecamento por um período superior a dois meses em condições naturais, comportamento este que as definem como ortodoxas.

Barbedo e colaboradores (2002) verificaram que sementes de *Caesalpinia echinata*, espécie nativa da Mata Atlântica, mostraram alta tolerância à dessecação, apresentando alta porcentagem de germinação mesmo quando o teor de água foi reduzido para 7,6%, o que corresponde ao comportamento ortodoxo. O mesmo comportamento foi verificado para sementes de outras espécies florestais, tais como *Aspidosperma cylindrocarpon*, *Anadenanthera colubrina*, *Tabebuia chrysotrica* (Carvalho *et al.*, 2006), *Acacia polyphylla*, *Cedrela fissilis*, *Guazuma ulmifolia* e *Senna multijuga* (Hong *et al.*, 1996).

Por outro lado, sementes que não toleram dessecação a baixos níveis de umidade (em geral menores que 12%) são classificadas como recalcitrantes (Hong & Ellis, 1996). Neste estudo, sementes de *A. falcata*, *J. puberula* e *T. rubiginosa* (espécies da mata de galeria) podem ser classificadas como recalcitrantes, em função dos baixos valores de viabilidade quando submetidas à dessecação, em relação a sementes não dessecadas. O mesmo comportamento foi observado para *Inga vera* (Hong *et al.*, 1996), *Talauma ovata* (Carvalho

et al., 2006), *Eugenia involucrata*, *E. uniflora* (Delgado & Barbedo, 2007) e *Euterpe edulis* (Andrade & Pereira, 1997), espécies nativas de fisionomias florestais do Cerrado.

Segundo Marcos-Filho (2005), independente do tempo de desidratação, as sementes recalitrantes não sobrevivem quando dessecadas abaixo de certos limites, em geral, mais elevados que os observados para a sobrevivência de espécies ortodoxas. A viabilidade das sementes é reduzida quando o teor de água atinge valores inferiores àqueles considerados críticos e, quando iguais ou inferiores àqueles considerados letais, há perda total da viabilidade (Hong & Ellis, 1992).

O ambiente em que as sementes se desenvolvem é importante para determinar o padrão de tolerância à dessecação. A baixa umidade relativa do ar no momento da dispersão da semente pela planta-mãe favorece a síntese de mecanismos de reparos os quais irão conferir às sementes maior ou menor tolerância à dessecação. Por outro lado, as sementes de espécies tropicais que apresentam o seu desenvolvimento em ambientes com alta umidade relativa (como é o caso dos ambientes florestais) praticamente não perdem água durante a maturação e, portanto, não há formação desses mecanismos de proteção e as sementes podem sofrer injúrias quando submetidas à secagem (Nascimento *et al.*, 2007).

O baixo grau de umidade suportável pelas sementes que não comprometa sua qualidade fisiológica é fundamental para a compreensão dos processos que regulam a longevidade das sementes no solo, o estabelecimento das plantas em condições naturais e o potencial de expansão de suas espécies em direção a outros ambientes. Por outro lado, a alta sensibilidade à dessecação, como a apresentada pelas sementes de mata, seria um fator limitante à colonização de ambientes frequentemente sujeitos a altos níveis de estresse hídrico e a grandes flutuações de temperatura e umidade relativa, como os savânicos.

5.3. Germinação de sementes em temperaturas supra-ótimas

As sementes das espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria incubadas a 30°C apresentaram porcentagens médias de germinação estatisticamente iguais. Entretanto, quando a temperatura de incubação foi aumentada para 35 e 40°C, a diferença entre as porcentagens médias de germinação entre espécies de mata e de cerrado tornaram-se estatisticamente significativas, com as sementes de espécies de mata apresentando maiores reduções na germinabilidade em comparação com as espécies de cerrado (Figura 8).

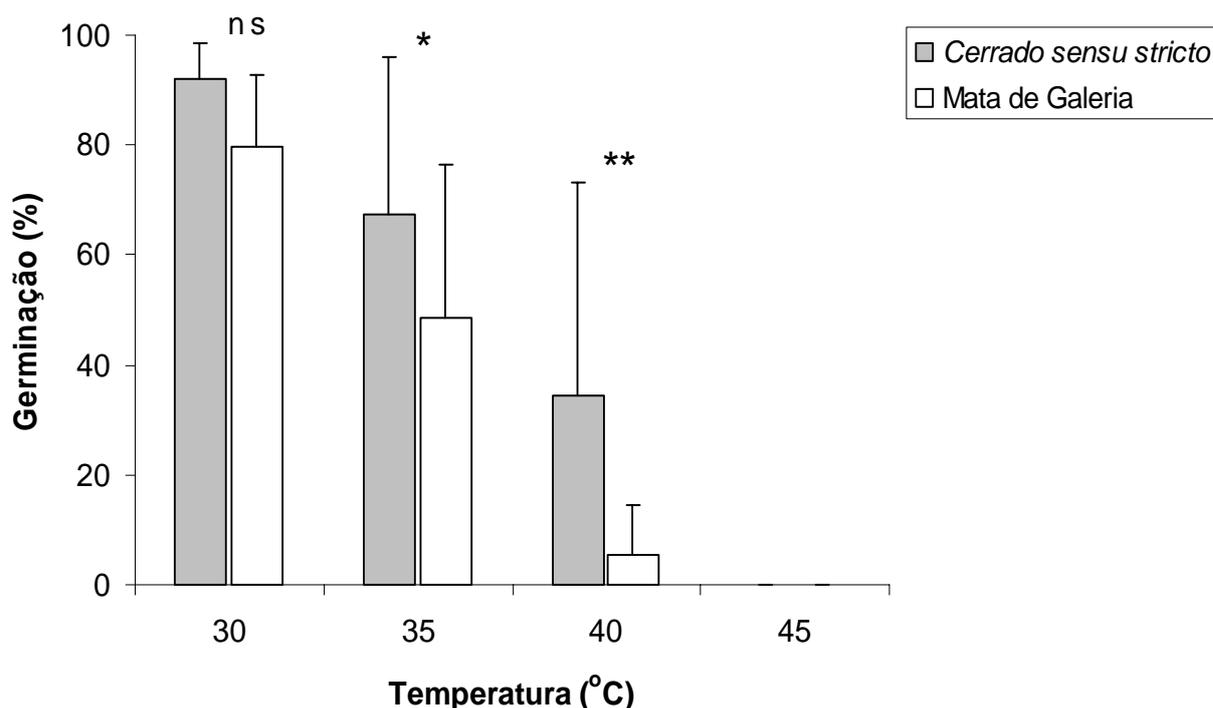


Figura 8. Porcentagem média de germinação (média + desvio padrão) de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria submetidas a temperaturas de incubação supra-ótimas (ns: não significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$).

Quando analisado, separadamente, o comportamento germinativo de cada espécie em temperaturas supra-ótimas, foram observados padrões de semelhança entre algumas espécies, bem como diferenças entre outras. Com exceção de *Q. grandiflora* ($G = 80\%$), as demais espécies do cerrado *sensu stricto* apresentaram capacidade germinativa acima de 90% a 30°C (Figura 9; Tabela 6). Por sua vez, sementes de cinco das seis espécies da mata de galeria também apresentaram alta porcentagem de germinação quando incubadas a 30°C ($G > 70\%$). A exceção foi observada para sementes de *D. densiflora*, cujo percentual de germinação foi de 63,3%. (Figura 9; Tabela 7).

Quando aumentada a temperatura de incubação, as diferenças no comportamento germinativo entre as espécies tornaram-se mais evidentes. A temperatura influencia a germinação das sementes, determinando a capacidade e a velocidade de germinação, removendo a dormência primária e/ou secundária e induzindo a dormência secundária (Bewley & Black 1994). Temperaturas mais elevadas para a germinação podem induzir a dormência em sementes ou determinar a perda parcial ou total de viabilidade das mesmas (Pons, 1993).

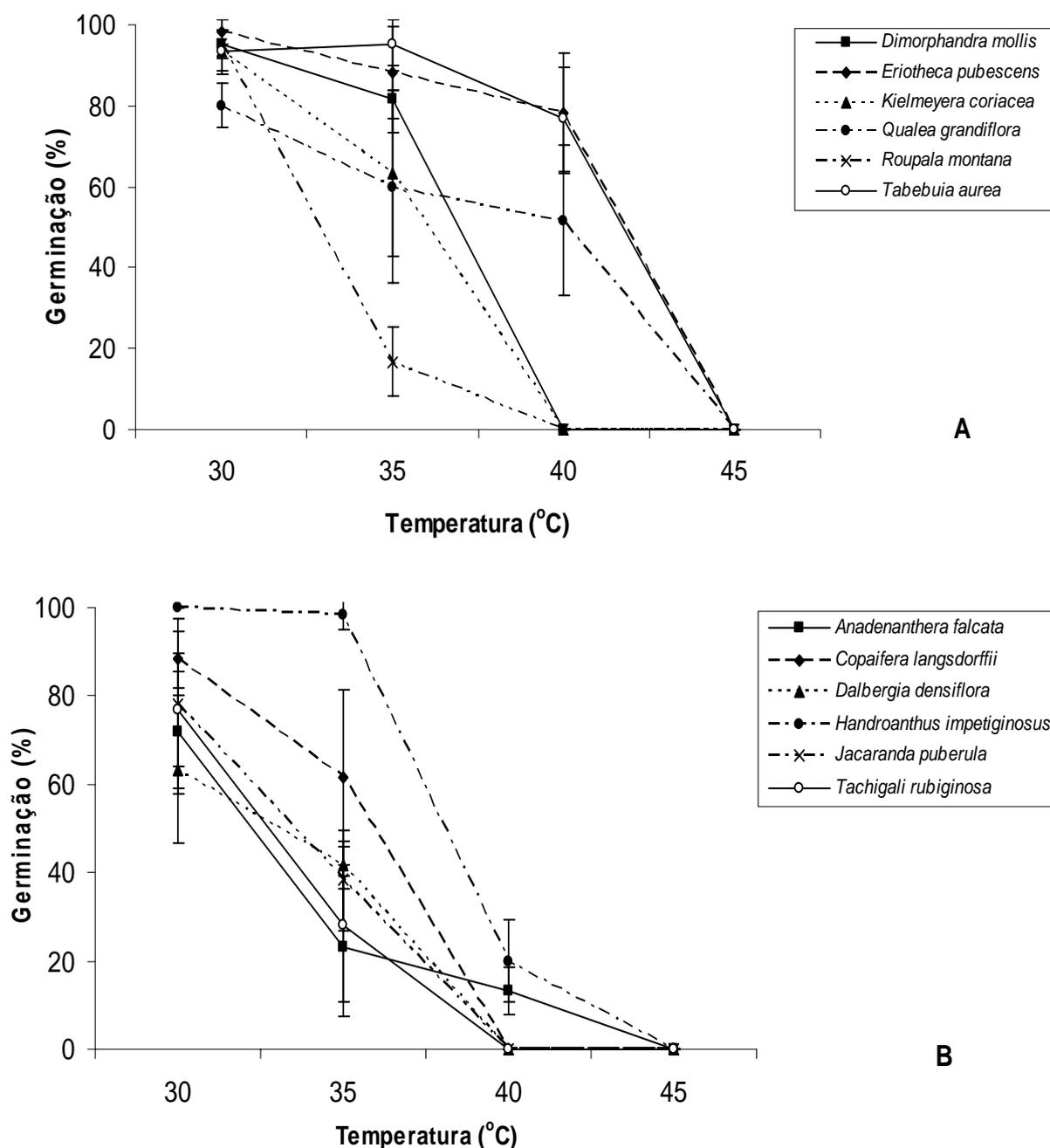


Figura 9. Porcentagem de germinação de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* (A) e de mata de galeria (B) incubadas em temperaturas supra-ótimas (média \pm desvio padrão).

O aumento da temperatura de incubação para 35°C promoveu redução significativa na porcentagem de germinação de sementes de três espécies do cerrado *sensu stricto* (*D. mollis*, *K. coriacea* e *R. montana*), em comparação com sementes germinadas a 30°C (Tabela 6). Entretanto, a temperatura de 35°C não afetou significativamente a viabilidade das sementes de *D. mollis*, *K. coriacea*. Já para *R. montana*, constatou-se que a maioria das

sementes não germinadas a esta temperatura permaneceu viável. Tal resultado, para estas três espécies, indica que a temperatura de 35°C impôs uma limitação à germinação de suas sementes, não se tratando, neste caso, de indução de dormência secundária. Já o aumento da temperatura de incubação para 40°C ocasionou perda total de viabilidade para as sementes destas três espécies (Figura 10; Tabela 6).

Para sementes de *A. falcata*, *C. langsdorffii*, *J. puberula* e *T. rubiginosa* (espécies de mata de galeria), o aumento da temperatura de incubação para 35°C ocasionou perda significativa de viabilidade e de capacidade germinativa, em comparação com sementes germinadas a 30°C. Sementes de *D. densiflora* germinadas a 30 e 35°C apresentaram percentuais de germinação estatisticamente iguais. Já o aumento da temperatura de incubação para 40°C promoveu perda total de viabilidade para *D. densiflora*, *J. puberula* e *T. rubiginosa* (Figura 10; Tabela 7) e redução significativa no percentual de germinação em sementes de *A. falcata* (Tabela 7). Dentre as espécies de mata de galeria, *H. impetiginosus* apresentou resultados mais expressivos em termos de viabilidade e de germinabilidade em temperaturas supra-ótimas. Para esta espécie, não houve diferença significativa na porcentagem de germinação de sementes incubadas a 30 e a 35°C (Figura 9; Tabela 7). Já a 40°C houve redução significativa na capacidade germinativa, mas a viabilidade manteve-se alta (Figura 10; Tabela 7), indicando que esta temperatura de incubação impôs uma limitação para a germinação de sementes de *H. impetiginosus*.

Temperaturas altas podem influenciar fortemente o comportamento germinativo de várias espécies do Cerrado. Verificou-se que a temperatura constante de 35°C inibiu totalmente a germinação de sementes de algumas Melastomataceae, tais como *Marctia taxifolia* (Silveira *et al.*, 2004), *Tibouchina grandifolia* e *T. moricandiana* (Andrade, 1995), bem como de três espécies de *Eremanthus* (Asteraceae) de campos rupestres (Velten & Garcia, 2005). Sementes de três espécies de *Syngonanthus* de campos rupestres tiveram a capacidade germinativa significativamente reduzida a 35°C e totalmente perdida a 40°C quando comparadas com sementes germinadas a 30°C (Oliveira & Garcia, 2005). O mesmo comportamento foi observado para sementes de *Tibouchina mutabilis* (Simão & Takaki, 2008). Em outro estudo, Abreu & Garcia (2005) verificaram que sementes de quatro espécies de *Xyris* (Xyridaceae) não germinaram quando incubadas a 35 e a 40°C e, quando transferidas para a temperatura considerada ótima (20°C), também não ocorreu germinação, indicando perda da viabilidade.

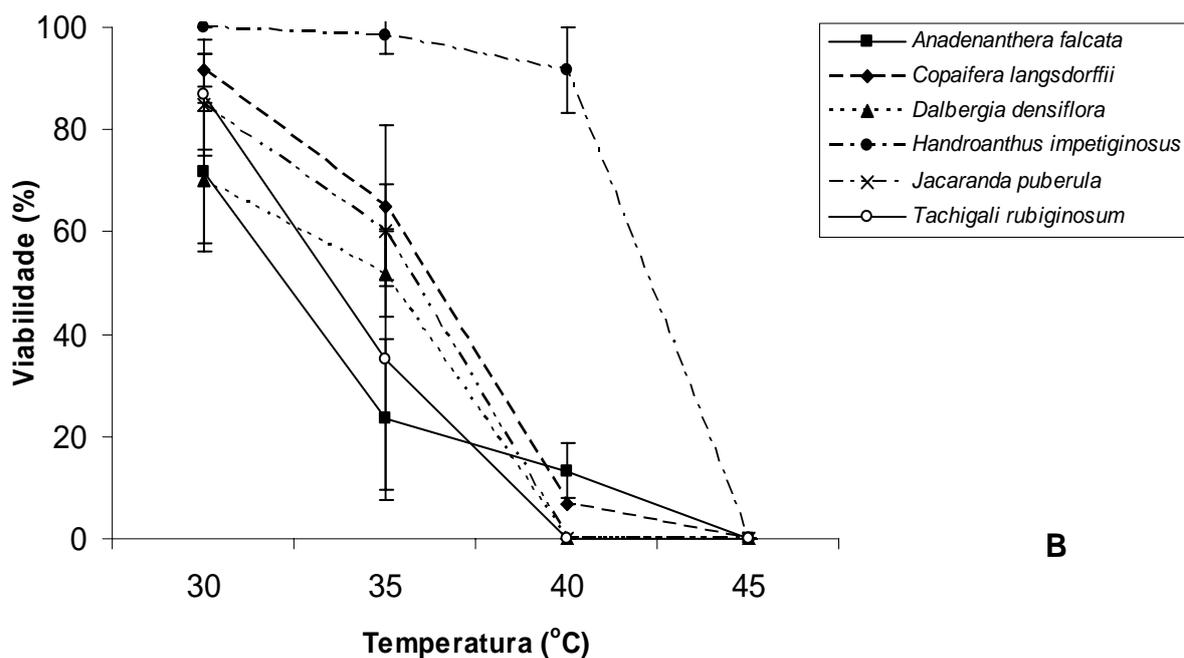
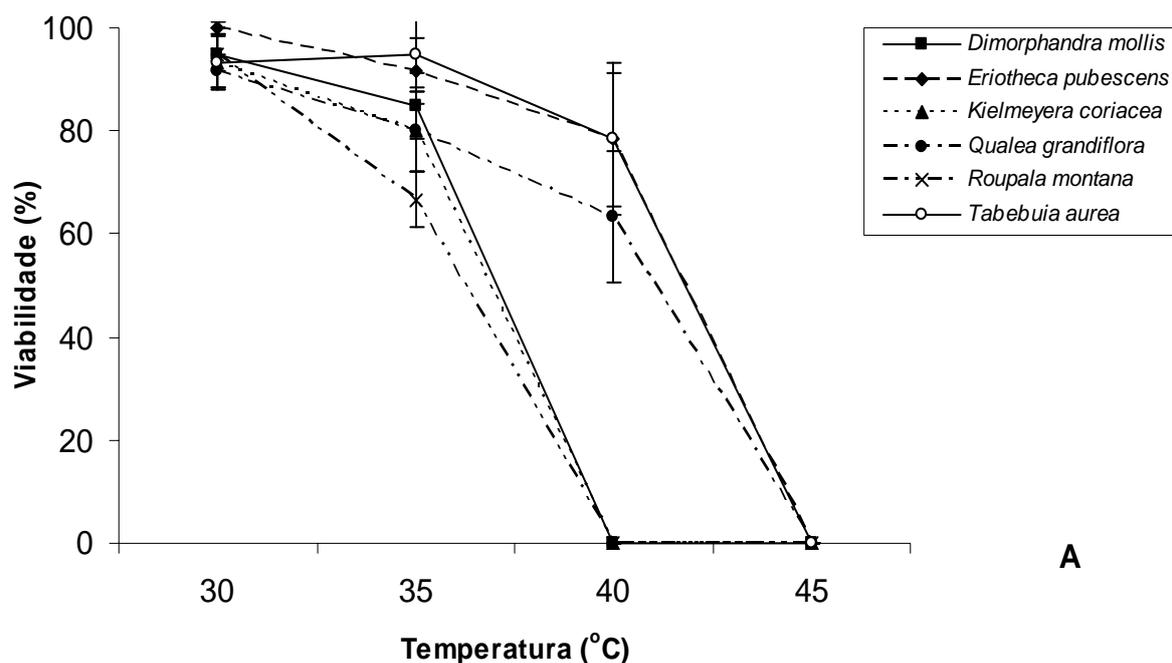


Figura 10. Porcentagem de viabilidade de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* (A) e de mata de galeria (B) incubadas em temperaturas supra-ótimas (média \pm desvio padrão).

Cassaro-Silva (2001), verificou que sementes de *Senna macranthera* (Fabaceae) espécie ocorrente em mata de galeria, apresentaram significativa redução na germinação a 36°C e 39°C, e perda da capacidade germinativa a 42°C. Comportamento semelhante foi observado para *Dalbergia nigra* (Fabaceae), espécie típica de ambiente florestal, cujas

sementes tiveram sua capacidade germinativa significativamente reduzida quando incubadas a 35 e a 40°C, em comparação com sementes germinadas a 30°C (Ferraz-Grande & Takaki, 2001) e para sementes de *Gallesia integrifolia* (Fabaceae) (espécie arbórea de grande porte e freqüente nas florestas pluvial atlântica e estacional semidecídua), que apresentaram redução significativa na germinação a 35°C quando comparadas com sementes germinadas a 30°C (Barros *et al.*, 2005). Já para *Jacaranda mimosifolia* (Bignoniaceae), a incubação a 35 e 40°C ocasionou tanto perda de capacidade germinativa, quanto de viabilidade de suas sementes (Socolowski & Takaki, 2004).

Por outro lado, algumas espécies são capazes de germinar em temperaturas consideravelmente altas. Neste estudo, sementes de três espécies de cerrado *sensu stricto* (*E. pubescens*, *Q. gradiflora* e *T. aurea*) incubadas a 35 e 40°C não apresentaram redução significativa na germinação, em comparação com sementes germinadas a 30°C (Tabela 6). Comportamento semelhante foi observado para sementes de outras espécies de Cerrado. Por exemplo, Cabral e colaboradores (2003) verificaram que a faixa de temperatura entre 30°C e 40°C mostrou-se favorável à germinação de sementes de *Tabebuia aurea*, com percentagens médias acima de 80%. Resultados semelhantes foram verificados para sementes de cinco espécies de *Vellozia* (Garcia & Diniz, 2003; Garcia *et al.*, 2007) e de *Dyckia tuberosa* (Vieira *et al.*, 2007). Nassif & Perez (2000) verificaram que sementes de *Pterogyne nitens* germinaram na faixa de temperatura entre 30°C e 42°C. Outras espécies de Cerrado também germinam em faixas de temperatura muito próximas a estas, tais como *Enterolobium contortisiliquum* (Lima *et al.*, 1997) e *Stryphnodendron polyphyllum* (Tambelini & Perez, 1999). De acordo com Borghetti (2005), as espécies tropicais apresentam temperatura máxima de germinação próxima de 40°C, embora algumas espécies sejam capazes de germinar acima desta temperatura, como observado em *Aechmea nudicaulis* e *Streptocalyx floribundus*, duas bromélias de restinga, que apresentaram 45% e 22% de germinação a 45 °C, respectivamente (Pinheiro & Borghetti, 2003). Entretanto, neste estudo, foi observada perda total de viabilidade tanto para as sementes das espécies de cerrado *sensu stricto* quanto para as de mata de galeria colocadas para germinar a 45°C (Figura 10).

Neste estudo observou-se, tanto para as espécies de cerrado quanto para as espécies de mata que perderam totalmente a viabilidade a 40°C e a 45°C, que suas sementes estavam envolvidas por uma quantidade muito grande de exsudados (Figura 11), indicando deterioração das sementes e perda de viabilidade. Temperaturas elevadas provocam

diminuição do suprimento de aminoácidos livres, da síntese protéica e das reações anabólicas, podendo desnaturar proteínas e alterar a permeabilidade das membranas (Riley, 1981). De acordo com Larcher (2000) as temperaturas elevadas aceleram os movimentos das moléculas, tornando mais fracas as ligações químicas que associam os átomos que formam as moléculas, e as camadas de lipídios das biomembranas tornam-se mais fluidas, ocasionando um aumento no efluxo de material celular para o meio extracelular. Este é um processo característico da proliferação de microorganismos que inviabiliza a germinação, provocando a deterioração das sementes e, conseqüentemente, a perda de viabilidade das mesmas (Bewley & Black, 1994).



Figura 11. Sementes de *Handroanthus impetiginosus* apresentando sinais de deterioração pela liberação de exsudados. Notar o tom escurecido das sementes, que evidenciam os sinais de deterioração.

Este comportamento também foi observado para sementes de *Amburana acreana* germinadas a 40°C, as quais tiveram significativa perda de potencial germinativo, com alta porcentagem de deterioração (Bello *et al.*, 2008). Em sementes de *Chorisia speciosa*

expostas a temperaturas mais elevadas (42 e 45°C), ocorreu liberação de grande quantidade de exsudados no meio germinativo, acelerando o processo de deterioração (Fanti, 2001). O mesmo comportamento foi observado em sementes de *Brosimum gaudichaudii* incubadas às temperaturas de 40 e 45°C (Añez *et al.*, 2002).

Na maioria das sementes, a temperatura influencia tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação, pois altera a velocidade de absorção de água e das reações metabólicas das reservas necessárias para o processo germinativo (Baskin & Baskin, 1988; Bewley & Black, 1994). As sementes têm a capacidade de germinar dentro de uma determinada faixa de temperatura, característica para cada espécie, mas o tempo necessário para se obter a porcentagem máxima de germinação é dependente da temperatura (Bewley & Black, 1994). Neste trabalho, as espécies do cerrado *sensu stricto* apresentaram, em geral, maiores valores nos tempos médios de germinação em relação às espécies de mata de galeria (Figura 12). Além disso, o aumento da temperatura de incubação de 30°C para 35°C promoveu aumento significativo do tempo médio de germinação para três das seis espécies do cerrado *sensu stricto*. O mesmo comportamento foi observado para as espécies de cerrado e de mata que germinaram a 40°C (Tabelas 6 e 7). Entretanto, para as espécies de mata de galeria, o aumento da temperatura de incubação de 30°C para 35°C não afetou significativamente seus tempos médios de germinação (Tabela 7).

Segundo Ferreira e colaboradores (2001), o tempo médio de germinação (ou a velocidade média de germinação) é um bom índice que avalia a rapidez de ocupação de uma espécie em determinado ambiente, podendo ser usado para classificar as sementes em três categorias: **com germinação rápida** (TmG < 120 horas); **germinação com velocidade intermediária** (120 horas < TmG < 240 horas); e, por último, aquelas **com germinação lenta** (TmG > 240 horas). Neste estudo, as espécies de cerrado apresentaram grande variabilidade em relação à velocidade de germinação. Sementes de *D. mollis* e *T. aurea* apresentaram germinação rápida independente da temperatura de incubação. Por sua vez, sementes de *Q. grandiflora* e *R. montana* germinaram lentamente nas temperaturas de 30, 35 e 40°C. Já sementes de *K. coriacea* tiveram o tempo médio de germinação aumentado de intermediário para lento e *E. pubescens* de rápido para intermediário, à medida em que se aumentou a temperatura de incubação. Já para as espécies de mata, em função dos tempos médios de germinação, o processo germinativo pode ser considerado rápido ou intermediário.

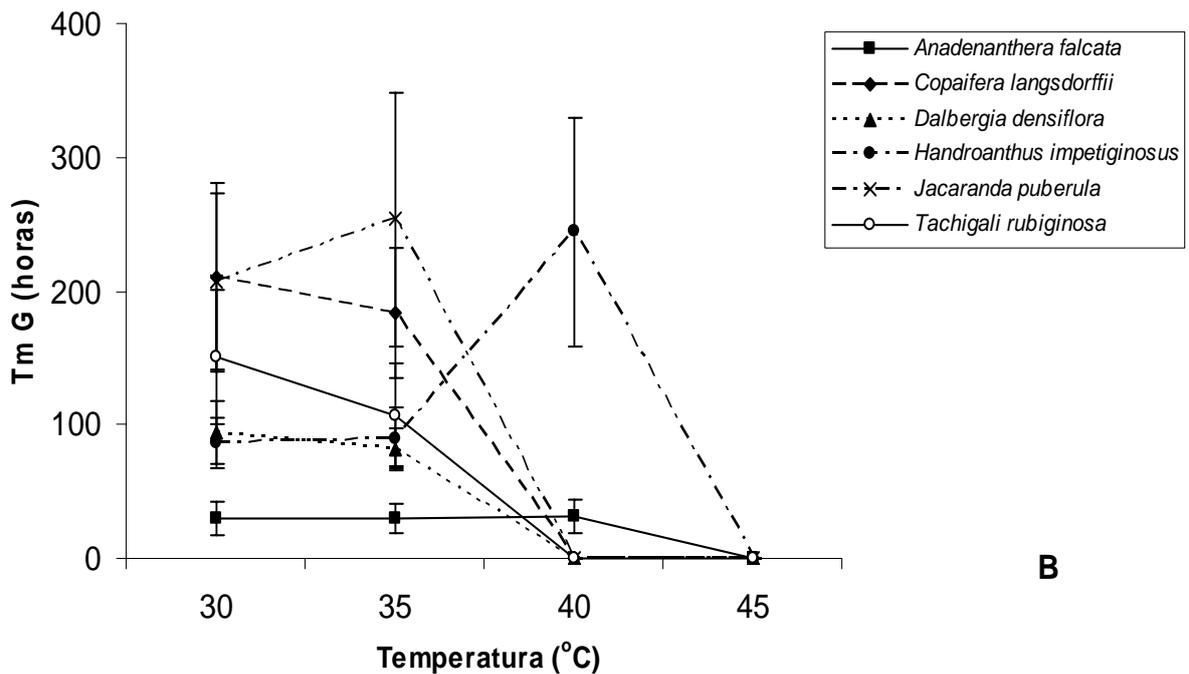
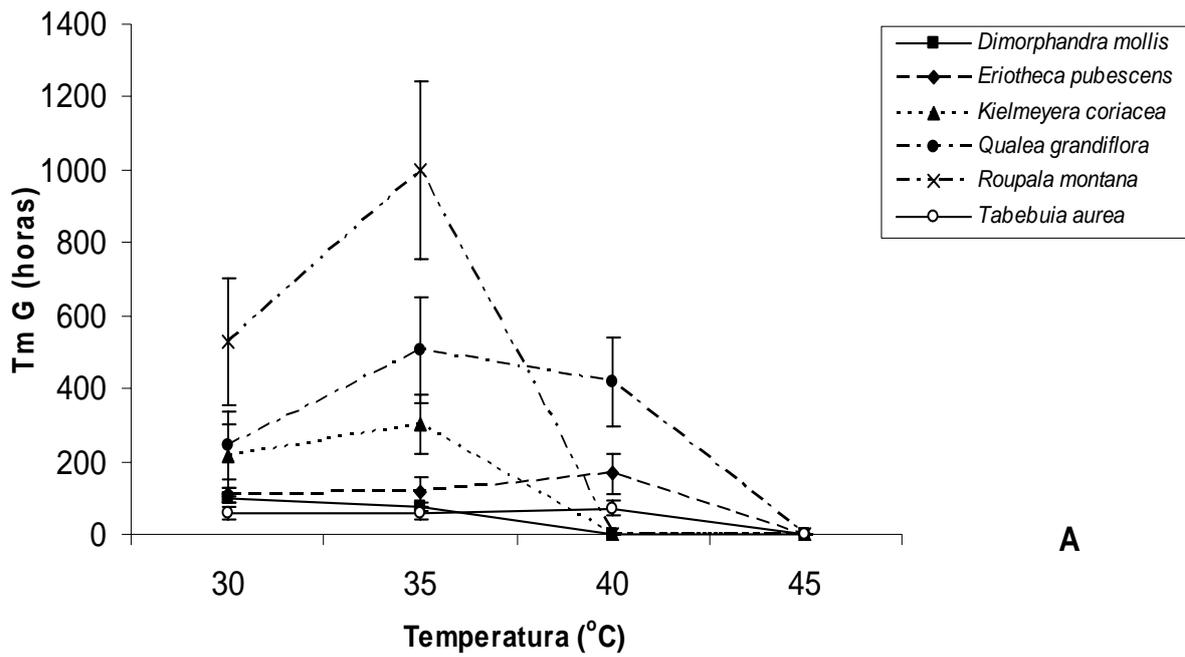


Figura 12. Tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* (A) e de mata de galeria (B) incubadas em temperaturas supra-ótimas (média \pm desvio padrão).

Os menores valores de tempo médio de germinação de sementes das espécies florestais podem estar associados a uma necessidade de ocupação mais rápida do ambiente, considerando-se o seu ambiente de ocorrência. A germinação rápida é característica de

espécies cuja estratégia é se estabelecer no ambiente o mais rápido possível ou quando oportuno, aproveitando condições ambientais favoráveis, como, por exemplo, a formação de clareiras ou ocorrência de chuvas, como ocorre em espécies de ambientes florestais. Por outro lado, a germinação mais lenta pode ser mais apropriada quando ocorrer, por exemplo, em resposta a chuvas erráticas e isoladas durante a estação seca.

A relação entre germinação e temperatura está frequentemente associada às temperaturas as quais as plantas ficam expostas durante a fase de crescimento (Baskin & Baskin, 1988; Angosto & Matilla, 1993; Bell *et al.*, 1993; Teketay, 1998; Villalobos & Peláez, 2001). No Cerrado, a radiação solar geralmente é bastante intensa (Coutinho, 2002) de modo que, neste bioma, existem grandes amplitudes térmicas. As altas porcentagens de germinação apresentadas por sementes na faixa de 30°C a 40°C indicam uma adaptação a áreas sujeitas a altas radiações solares e grandes flutuações circadianas de temperatura, como foi observado, neste estudo, para *Q. grandiflora*, *E. pubescens* e *T. aurea*, espécies típicas de ambientes savânicos. Neste caso, sementes de tais espécies teriam a capacidade de tolerar intensas variações diárias de temperatura do substrato, bem como uma ampla capacidade de resposta a diferentes condições edafoclimáticas, incluindo amplitudes térmicas elevadas, baixo teor de água ou prolongado déficit hídrico. Desta forma, tais espécies seriam responsáveis por manterem populações em ambientes que impusessem uma série de restrições à colonização.

Portanto, a maior capacidade germinativa a temperaturas supra-ótimas para algumas espécies tem caráter adaptativo, podendo propiciar alta capacidade de estabelecimento em condições naturais e em novos ambientes, como observado para as sementes das espécies de cerrado, em comparação com espécies que apresentam restrições altas temperaturas para germinar, como verificado para as espécies de mata.

5.4. Germinação de sementes submetidas a choques térmicos

O comportamento germinativo das sementes submetidas aos diferentes choques térmicos foi variável entre os grupos funcionais. De maneira geral, sementes de espécies do cerrado *sensu stricto* apresentaram maior tolerância aos efeitos dos choques térmicos em comparação com as espécies da mata de galeria, sobretudo com o aumento da temperatura de exposição, mas até certo limite. Sementes de espécies do cerrado e de mata mostraram-se igualmente tolerantes aos tratamentos de choques térmicos de 80°C por 2,5 e 5 minutos

(Figura 13). Entretanto, o aumento da temperatura de exposição para 140°C por 2,5 e 5 minutos foi mais prejudicial às sementes de espécies de mata, cujo percentual de germinação foi estatisticamente menor, em comparação às espécies do cerrado (Figura 13). Por sua vez, o efeito da exposição a 200°C por 2,5 minutos foi igualmente redutor para sementes de espécies de cerrado e de mata, com percentuais de germinação estatisticamente iguais (Figura 13). Já a exposição a 200°C por 5 minutos determinou perda total de viabilidade para as sementes de espécies do cerrado *sensu stricto* e da mata de galeria (Tabelas 8 e 9). Neste caso, fica claro que a manutenção da capacidade germinativa ou mesmo da viabilidade em sementes expostas a temperaturas acima de 140°C depende de tempos de exposição mais curtos.

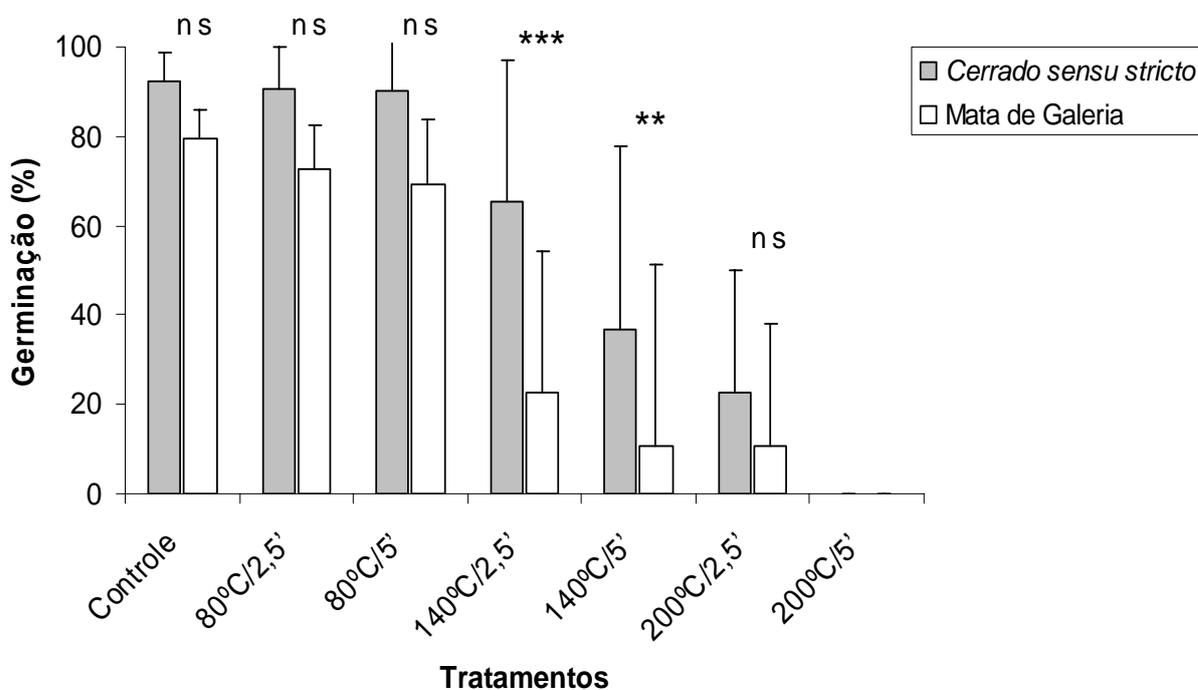


Figura 13. Porcentagem média de germinação (média + desvio padrão) de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria expostas a diferentes choques térmicos (ns: não significativo; ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$).

Com exceção de *K. coriacea*, cuja perda de capacidade germinativa de suas sementes parece estar associada apenas ao efeito da temperatura de exposição, para as demais espécies de cerrado *sensu stricto*, a perda de capacidade germinativa também parece ocorrer em função do tempo de exposição e da interação entre temperatura e tempo (Tabela 10). Neste caso, parece claro que à medida que se aumenta a temperatura de exposição, o

tempo de exposição passa a ser determinante para a redução da capacidade germinativa. Já para sementes de quatro das seis espécies de mata de galeria, a redução da germinação pareceu estar mais associada aos efeitos da temperatura, sendo, portanto, independente do tempo a que suas sementes foram expostas. Para as sementes das outras duas espécies de mata (*C. langsdorffii* e *T. rubiginosa*) além do efeito da temperatura de exposição, o efeito do tempo de exposição também parece ser determinante para a redução no potencial germinativo (Tabela 10).

Tabela 10. Valores F da ANOVA, dois fatores, e significância estatística para o efeito da temperatura, do tempo e da interação entre temperatura e tempo de exposição sobre a germinação de espécies de cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria (n.s. não significativo; * p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001; **** p < 0.0001).

Fitofisionomia	Espécie	Temperatura	Tempo	Tempo X Temperatura
Cerrado <i>sensu stricto</i>	<i>Dimorphandra mollis</i>	75,72 ****	21,40 ***	33,85 ****
	<i>Eriotheca pubescens</i>	83,62 ****	17,55 ***	4,98 *
	<i>Kielmeyera coriacea</i>	957,20 ****	0,02 n.s	1,15 n.s
	<i>Qualea grandiflora</i>	27,01 ****	4,51 *	0,50 n.s
	<i>Roupala montana</i>	390,81 ****	56,39 ****	48,18 ****
	<i>Tabebuia aurea</i>	537,36 ****	119,31 ****	134,98 ****
Mata de galeria	<i>Anadenanthera falcata</i>	32,09 ****	1,40 n.s	3,04 n.s
	<i>Copaifera langsdorffii</i>	70,39 ****	44,60 ****	19,02 ***
	<i>Dalbergia densiflora</i>	60,10 ****	0,66 n.s	0,66 n.s
	<i>Jacaranda puberula</i>	454,82 ****	0,08 n.s	0,08 n.s
	<i>Tachigali rubiginosa</i>	161,43 ****	6,43 *	8,04 **
	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1537,87 ****	2,77 n.s	2,77 n.s

Quando analisado, separadamente, o comportamento germinativo das sementes de cada espécie do cerrado *sensu stricto* e de mata de galeria, observou-se diferentes níveis de tolerância (alto, intermediário e baixo) aos efeitos dos choques térmicos entre algumas espécies, bem como níveis de tolerância semelhantes entre outras. Além disso, foi verificada maior variabilidade em tais níveis de tolerância entre as espécies de cerrado, em comparação com as espécies de mata.

Sementes de *D. mollis* e de *Q. grandiflora* mostraram-se altamente resistentes aos efeitos do calor promovidos pelos choques térmicos, já que a capacidade germinativa não foi afetada pela exposição a 80 e 140°C independente do tempo de exposição, em relação ao controle (Figura 14; Tabela 8). Para estas duas espécies, observou-se redução significativa na germinação e na viabilidade apenas quando suas sementes foram expostas a 200°C por 2,5 minutos (Tabela 8). Já sementes de *E. pubescens* e *T. aurea*, apresentaram tolerância intermediária aos efeitos dos choques térmicos. Para sementes destas duas espécies, as exposições à 80°C por 2,5 e 5 minutos e a 140°C por 2,5 minutos não afetaram significativamente sua capacidade germinativa, em relação ao controle (Figura 14; Tabela 8). No entanto, a exposição a 140°C por 5 minutos e a 200°C por 2,5 minutos causou redução significativa na viabilidade de sementes de *E. pubescens* e perda total de viabilidade para sementes de *T. aurea* (Figura 15; Tabela 8). Já sementes de *R. montana* e de *K. coriacea* apresentaram a menor tolerância aos efeitos dos choques térmicos, em relação às demais espécies de cerrado *sensu stricto*. Para estas duas espécies, os choques térmicos acima de 80°C determinaram redução significativa ou perda total da viabilidade de suas sementes (Figura 15; Tabela 8).

Em relação ao comportamento germinativo das espécies de mata de galeria, observou-se que sementes de *A. falcata* apresentaram a maior sensibilidade aos efeitos dos choques térmicos. Para esta espécie, houve redução significativa na viabilidade e na capacidade germinativa quando suas sementes foram expostas a 80°C por 2,5 e 5 minutos e a 140°C por 2,5 minutos, em relação a sementes não expostas a choque térmico (Tabela 9). Já a exposição a 140°C por 5 minutos e a 200°C por 2,5 minutos determinou perda total de viabilidade para sementes esta espécie (Figura 15). Para sementes de *D. densiflora* e de *J. puberula*, a exposição a 80°C por 2,5 e 5 minutos não reduziu significativamente sua capacidade germinativa, em relação ao controle. O mesmo comportamento foi observado para *H. impetiginosus* e *T. rubiginosa*. (Figura 14; Tabela 9). Entretanto, choques térmicos acima de 140°C por 2,5 minutos causaram perda total de viabilidade para sementes de *D. densiflora*, *J. puberula*, *H. impetiginosus* e *T. rubiginosa* (Figura 15). Já sementes de *C. langsdorffii* apresentaram a maior tolerância aos choques térmicos dentre as espécies de mata, mostrando-se tolerantes à exposição de até 140°C por 2,5 minutos, sem perda significativa de capacidade germinativa, em relação ao controle (Figura 14; Tabela 9). Esta tolerância considerável das sementes de *C. langsdorffii* aos efeitos do calor promovidos por altas temperaturas explica, em parte, a ocorrência desta espécie tanto em ambientes

florestais, como em ambientes savânicos (Silva-Junior, 2004). Portanto, para as espécies de mata de galeria, foram observadas sementes com tolerância intermediária (*C. langsdorffii*) e baixa (*A. falcata*, *D. densiflora*, *H. impetiginosus*, *J. puberula* e *T. rubiginosa*) aos efeitos dos choques térmicos.

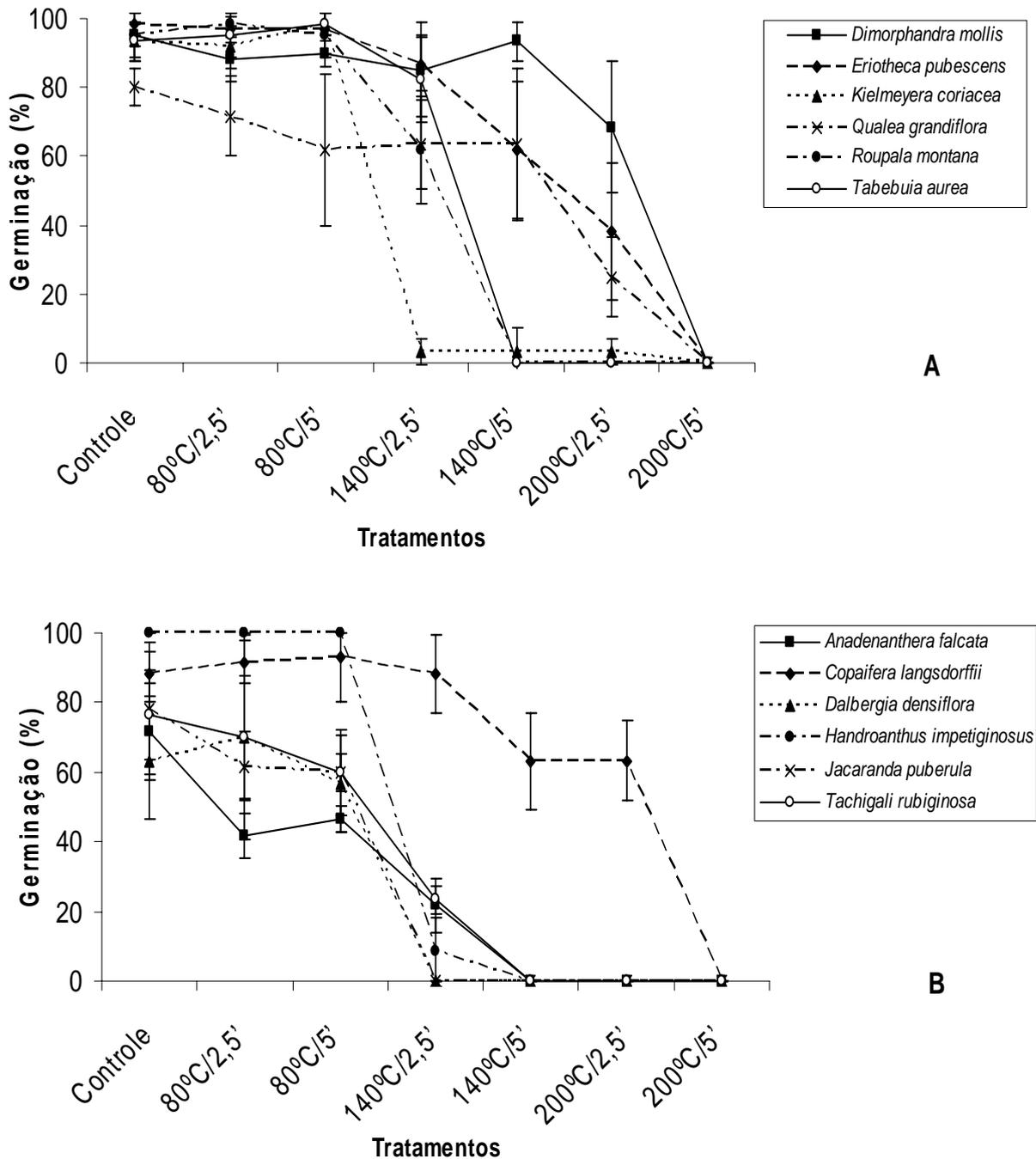
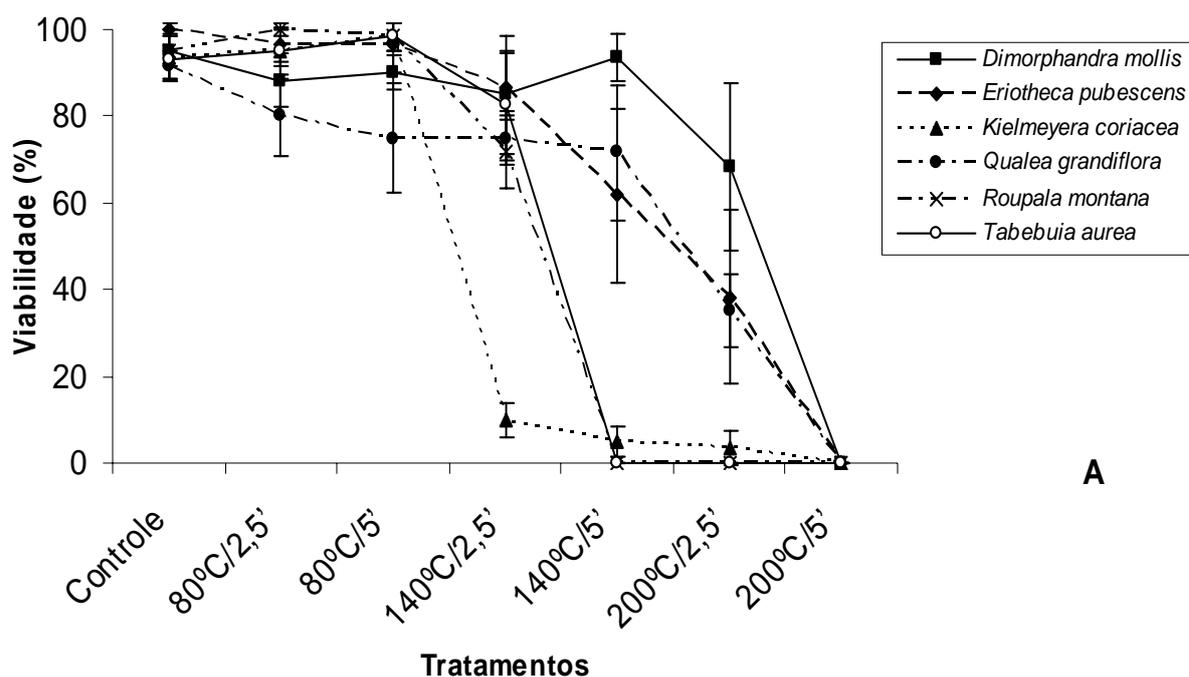
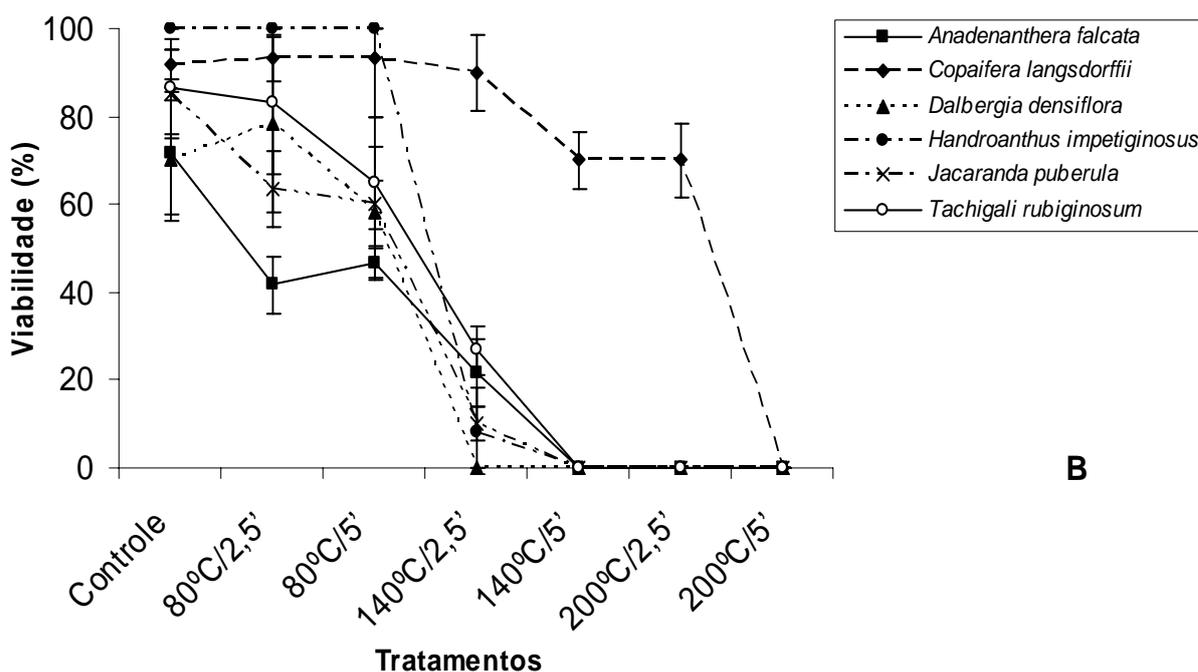


Figura 14. Porcentagem de germinação de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* (A) e de mata de galeria (B) expostas a diferentes choques térmicos (média \pm desvio padrão).



A



B

Figura 15. Porcentagem de viabilidade de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* (A) e de mata de galeria (B) expostas a diferentes choques térmicos (média \pm desvio padrão).

Em relação à cinética de germinação observou-se, para as espécies de cerrado e de mata, que o aumento significativo no tempo médio de germinação está associado aos choques térmicos que promoveram perda de capacidade germinativa. No entanto, de modo

geral, tanto para as espécies cuja germinação pode ser considerada rápida (*D. mollis*, *E. pubescens* e *T. aurea* – cerrado *sensu stricto*; *A. falcata*, *D. densiflora*, *H. impetiginosus* e *T. rubiginosa* – mata de galeria), como para aquelas cuja velocidade é intermediária (*K. coriacea* – cerrado *sensu stricto*; *J. puberula* e *C. langsdorffii* – mata de galeria), os tempos médios de germinação mostraram-se muito similares quando comparadas sementes expostas e não expostas aos choques térmicos (Figura 16; Tabela 9).

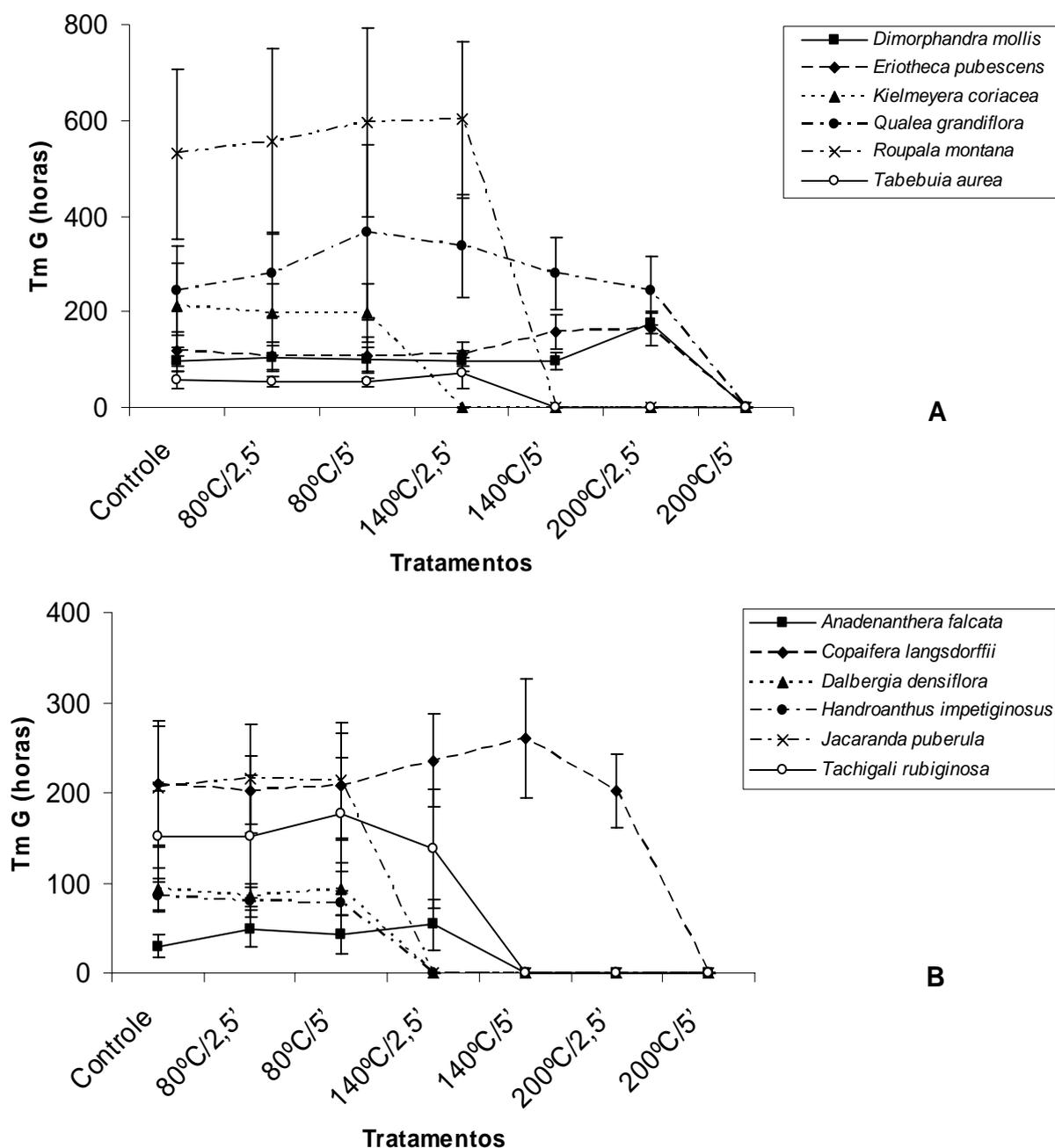


Figura 16. Tempo médio de germinação de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* (A) e de mata de galeria (B) expostas a diferentes choques térmicos (média \pm desvio padrão).

As respostas das plantas aos impactos do fogo variam conforme a intensidade, a frequência e a duração das queimadas (Skoglund, 1992; Silva *et al.*, 2005). Temperaturas altas provocadas pelo fogo podem interferir negativamente na germinação das sementes de maneira direta, pela liberação de grande quantidade de exsudados no meio germinativo, acelerando o processo de deterioração e propiciando redução no percentual de germinação ou mesmo perda total de viabilidade, como verificado, neste estudo, para sementes expostas a choques térmicos e que não germinaram (Figura 11), ou indiretamente, através do aumento na temperatura do solo (Debano *et al.*, 1998; Hodgkinson & Oxley, 1990). Analisando o regime térmico de solos de fisionomias campestres e savânicas do Cerrado durante queimadas prescritas, Neves & Miranda (1996) observaram que durante a passagem do fogo, a média da temperatura máxima da superfície do solo foi de $279 \pm 97^{\circ}\text{C}$. Já a 1 cm de profundidade, foram registradas a temperatura máxima de 55°C para solos de fisionomias savânicas e de 280°C para fisionomias campestres. Tais resultados sugerem que um evento de queimada não reduziria a capacidade germinativa das sementes de nenhuma das espécies testadas neste estudo se elas se encontrassem enterradas a pequenas profundidades no solo. Por outro lado, as sementes encontradas na superfície do solo com maior chance de sobrevivência ao efeito do calor promovido pela passagem do fogo seriam aquelas que apresentaram os maiores níveis de tolerância aos efeitos dos choques térmicos, como foi verificado para *D. mollis*, *E. pubescens*, *Q. grandiflora*, *T. aurea* (cerrado *sensu stricto*) e *C. langsdorffii* (mata de galeria).

As respostas das plantas aos impactos do fogo também variam conforme o tipo de vegetação atingida. Em algumas fitofisionomias, como as savânicas e as campestres, várias espécies resistem à ocorrência do fogo (Coutinho, 1978; 1990; García-Nuñez *et al.*, 2001; Oliveira-Filho & Ratter, 2002). Neste estudo, este pode ser o caso de *D. mollis*, *E. pubescens*, *Q. grandiflora* e *T. aurea*, espécies típicas de ambiente savânico do Cerrado, cujas sementes apresentaram os maiores níveis de tolerância ao calor promovido pelos choques térmicos. Por sua vez, as espécies florestais tendem a ser mais sensíveis aos efeitos do fogo (Uhl *et al.*, 1990; Cochrane, 2003). Neste estudo, tal comportamento foi observado para *A. falcata*, *D. densiflora*, *J. puberula*, *H. impetiginosus* e *T. rubiginosa*, espécies típicas de ambientes florestais. Portanto, a baixa tolerância aos efeitos das altas temperaturas promovidas pelo fogo pode estar entre os fatores que limitam o estabelecimento de espécies florestais em ambientes de savana, os quais estão frequentemente sujeitos a queimadas.

O banco de sementes do solo tem grande importância no processo de regeneração de florestas, especialmente quando ocorre a abertura do dossel (Uhl *et al.*, 1981; Baidier *et al.*, 1999). Entretanto, com a ocorrência do fogo, o potencial de regeneração da floresta através do banco de sementes pode ser afetado pela intensidade e frequência dos eventos de fogo (Whelan 1995; Kennard *et al.*, 2002). A depender deste conjunto de variáveis, o fogo pode tanto estimular quanto destruir o banco de sementes, mesmo em ecossistemas cujas espécies evoluíram tendo o fogo como fator de seleção (Young *et al.*, 1987; McGee & Feller, 1993; Quintana-Ascencio *et al.*, 1996; Garcia-Nuñez *et al.*, 2001). Neste contexto, as espécies florestais, sendo mais susceptíveis aos efeitos do fogo, têm menor capacidade de formação e/ou manutenção do banco de sementes em ambiente sujeito a queimadas frequentes.

A vegetação do Cerrado apresenta características que reforçam a ideia de estratégias adaptativas da vegetação ao fogo, tais como estruturas reprodutivas que conferem às sementes proteção física contra altas temperaturas que ocorrem durante uma queimada, como os frutos lenhosos de algumas espécies de *Qualea*, de *Dimorphandra mollis* (Schmidt *et al.*, 2005) e de *Kielmeyera coriacea* (Cirne & Miranda, 2008). Em relação a este estudo, a maior tolerância aos efeitos dos choques térmicos apresentada pelas sementes de *D. mollis*, *E. pubescens*, *Q. grandiflora* e *C. langsdorffii* também pode estar associada à dureza do tegumento das mesmas, que atuaria como barreira física ao calor, garantindo o isolamento térmico do embrião. Comportamento análogo pode ser atribuído às sementes de *R. montana*, *K. coriacea*, *A. falcata*, *D. densiflora*, *H. impetiginosus*, *J. puberula*, cujos tegumentos são tenros e insuficientes para atuar como isolantes térmicos e proteger os embriões contra temperaturas de exposição mais altas.

No Cerrado, algumas espécies apresentam padrões fenológicos que minimizam os efeitos do fogo nos propágulos, como a produção de sementes que podem ser eventualmente enterradas, ficando protegidas do fogo devido ao isolamento térmico do solo (Miranda *et al.*, 1993; Hoffmann, 1998) e a dispersão de sementes após a queimada (Cirne & Miranda, 2008). No Cerrado, as queimadas ocorrem, em geral, durante a estação seca, entre os meses de junho e agosto (Coutinho, 1990). Já a época de dispersão dos diásporos coincide, geralmente, com o fim da estação seca e início da estação chuvosa (Coutinho, 1980), conforme verificado para as espécies de mata de galeria testadas neste estudo (Tabela 1). O significado adaptativo da dispersão sincrônica de sementes após a passagem do fogo pode ser explicado pelo aproveitamento das condições favoráveis para germinação

e posterior estabelecimento das espécies (Coutinho, 1980). Por outro lado, a dispersão sincrônica de diásporos no início ou no meio da estação seca representaria maiores riscos de morte para as sementes de mata, em comparação com as espécies de cerrado, posto que a estação chuvosa começaria em aproximadamente quatro meses após as primeiras queimadas.

Altas temperaturas, especialmente quando geradas por fogo, são um fator ecológico importante na dinâmica dos ecossistemas (Trabaud, 1987), podendo afetar a germinação das sementes e o posterior desenvolvimento das plantas (Gibson *et al.*, 1990; Canadell *et al.*, 1991). O comportamento germinativo pós-fogo foi verificado para várias espécies em alguns ecossistemas sujeitos a queimadas freqüentes, como no chaparral norte americano (Keeley, 1987) e nas savanas da África do Sul (Brown *et al.*, 1993; Brown & Botha, 2004) e da Austrália (Bradstock & Auld, 1995; Kenny, 2000; Thomas *et al.*, 2003; Tierney, 2006). Em alguns estudos, observou-se que a exposição ao fogo aumentou a taxa de germinação de muitas espécies, cujas sementes apresentaram dormência física (Auld, 1986; Tárrega *et al.*, 1992; Bradstock *et al.*, 1992; Harrington & Driver, 1995; Saharjo & Watanabe, 1997). Entretanto, no presente estudo, não foi verificado aumento significativo na capacidade germinativa das sementes de nenhuma das espécies estudadas, quando expostas a quaisquer dos choques térmicos aplicados.

Por outro lado, altas temperaturas ocasionadas pelo fogo podem causar redução na viabilidade e/ou na germinação de sementes de espécies ocorrentes em ambientes sujeitos a queimadas (Auld & O'Connell, 1991; Bradstock *et al.*, 1994; Mucunguzi & Oryem-Origa, 1996; Bell & Williams, 1998). De maneira geral, temperaturas superiores à 120°C reduzem significativamente a viabilidade de sementes de espécies ocorrentes em ambientes frequentemente sujeitos a queimadas, tais como em regiões de clima mediterrâneo (Hanley *et al.*, 2001; Reyes & Trabaund, 2009) e nas savanas australianas (Hanley & Lamont, 2000; Williams *et al.*, 2003) e africanas (Gashaw & Michelsen, 2002). No presente estudo, este comportamento foi observado para cinco espécies da mata de galeria e para duas espécies do cerrado *sensu stricto*. Comportamento semelhante também foi verificado para sementes de *Heteropterys pteropetala* (Malpighiaceae), cuja exposição a 100°C por 5 e 10 minutos comprometeu tanto a viabilidade como a germinação das mesmas (Schimidt *et at.*, 2005). Já sementes de *Magonia pubescens* (Sapindaceae), *Eugenia dysenterica* (Myrtaceae), *Hymenaea stigonocarpa* e *Bowdichia virgilioides* (Fabaceae) foram capazes de resistir a 100°C durante 10 minutos, apresentando alta porcentagem de germinação (Rizzini, 1976).

Por outro lado, constatou-se que temperaturas acima de 120°C não reduziram significativamente o potencial germinativo das sementes de quatro espécies do cerrado *sensu stricto* e de uma espécie da mata de galeria. A capacidade de germinação em condições naturais frente aos efeitos do calor promovidos por queimadas está condicionada tanto à tolerância das sementes à intensidade da temperatura, quanto aos tempos ao quais as mesmas são submetidas durante a passagem do fogo. Neste contexto, espécies savânicas tendem a ser mais tolerantes aos efeitos do fogo, em comparação com espécies florestais. Portanto, os resultados encontrados neste estudo indicam que os choques térmicos ocasionados pelo fogo podem limitar o estabelecimento de espécies de mata em formações savânicas, por reduzir significativamente o potencial germinativo de suas sementes.

6. Conclusões / Considerações finais

Neste estudo, as sementes das espécies de cerrado *sensu stricto* apresentaram maior tolerância à dessecação, maior capacidade de germinação em temperaturas supra-ótimas e menor sensibilidade aos efeitos do calor provocados pelos choques térmicos, em relação às sementes de espécies de mata de galeria. A menor tolerância aos tratamentos aplicados, apresentadas pelas sementes de espécies de mata, pode limitar a colonização destas espécies em ambientes frequentemente mais expostos a condições de estresse, como é o caso das savanas.

Dessa forma, em função das hipóteses levantadas para este estudo, das diferenças microclimáticas e de microhabitat existentes entre cerrado *sensu stricto* e mata de galeria e em virtude das eminentes mudanças climáticas, em sentido amplo, e da maior capacidade germinativa apresentada pelas sementes de espécies de cerrado em comparação com as espécies de mata, quando submetidas a determinadas condições de estresse, em sentido restrito, parece ficar claro que espécies de savana possuem um maior potencial de expansão em direção a ambientes florestais, do que espécies de floresta em direção à savana.

7. Referências Bibliográficas

- ABREU, M.E.P. & GARCIA, Q.S. 2005. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de *Xyris* L. (Xyridaceae) ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**: 149-154.
- AGEE, J. K. 1993. **Fire ecology of Pacific Northwest forests**. Island Press, Washington DC. 493 p.
- ANDRADE, A.C.S. 1995. Efeito da luz e da temperatura na germinação de *Leandra breviflora* Cong., *Tibouchina benthamiana* Cong., *Tibouchina grandifolia* Cong. e *Tibouchina moricandia* (DC.) Baill. (Melastomataceae). **Revista Brasileira de Sementes** **17**: 29-35.
- ANDRADE, A.C.S. & PEREIRA, T.S. 1997. Comportamento de armazenamento de sementes de palmiteiro (*Euterpe edulis* Mart.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **32**: 987-991.
- ANDRADE, A.C.S.; CUNHA, R.; SOUZA, A.F.; REIS, R.B. & ALMEIDA, K.J. 2003. Physiological and morphological aspects of seed viability of a neotropical savanna tree, *Eugenia dysenterica* DC. **Seed Science and Technology** **31**: 125-137.
- AÑEZ, L.M.M.; VUADEN, E.R.; OLIVEIRA, S.S.; ALBUQUERQUE, M.C.F. & COELHO, M.F.B. 2002. Temperaturas para germinação de sementes de mama cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trec-Moraceae). **Revista Agricultura Tropical** **6**: 167-176.
- ANGOSTO, T. & MATILLA, A.J. 1993. Variations in seeds of three endemic leguminous species at different altitudes. **Physiologia Plantarum** **87**: 329-334.
- ANTUNES, N.B. 1996. **Padrões da fenologia e da germinação de seis espécies de Mata de Galeria do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. 87p.
- ARASAKI, F.R. & FELIPPE, G.M. 1987. Germinação de *Dalbergia violacea*, uma espécie dos cerrados. **Revista Brasileira de Biologia** **47**: 457-463.

- AULD, T.D. 1986. Population dynamics of the shrub *Acacia suaveolens* (Sm.). Wild: dispersal and the dynamics of the soil seed-bank. **Australian Journal of Ecology** **11**: 235-254.
- AULD, T.D. & O'CONNELL, M.A. 1991. Predicting patterns of post-fire germination in 35 eastern Australian Fabaceae. **Australian Journal of Ecology** **16**: 53-70.
- BAIDER, C.; TABARELLI, M. & MANTOVANI, W. 1999. O banco de sementes de um trecho de Floresta Atlântica Montana (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Biologia** **59**: 319-328.
- BAKER, H.G. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. **Ecology** **53**: 998-1010.
- BARBOSA, A.R.; YAMAMOTO, K. & VALIO, I.F.M. 1999. Effect of light and temperature on germination and early growth of *Vochysia tucanorum* Mart., Vochysiaceae, in cerrado and forest soil under different radiation levels. **Revista Brasileira de Botânica** **22**: 275-280.
- BARBEDO, C.J. & MARCOS-FILHO, J. 1998. Tolerância à dessecação de sementes. **Acta Botanica Brasilica** **12**: 145-164.
- BARBEDO, C.J.; BILIA, D.A.C. & FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. 2002. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Botânica** **25**: 431-439.
- BARROS, S.S.U.; SILVA, A. & AGUIAR, I.B. 2005. Germinação de sementes de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms (pau-d'alho) sob diferentes condições de temperatura, luz e umidade do substrato. **Revista Brasileira de Botânica** **28**: 727-733.
- BASKIN, C.C. & BASKIN, J.M. 1998. **Seeds Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. Academic Press, California. 666p.
- BASKIN, J.M. & BASKIN, C.C. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. **American Journal of Botany** **75**: 286-305.

- BELL D.T.; PLUMMER J.A. & TAYLOR S.K. 1993. Seed germination ecology in southwestern Western Australia. **Botanical Review** **59**: 24–69.
- BELL, D.T. & WILLIAMS, D.S. 1998. Tolerance of thermal shock in seeds. **Australian Journal of Botany** **46**: 221–233.
- BELLO, E.P.B.C.S.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; GUIMARÃES, S.C. & MENDONÇA, E.A.F. 2008. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) A.C. Sm. Submetidas a diferentes condições de temperatura e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes** **30**: 16-24.
- BERJAK, P. & PAMMENTER, N. 2000. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds? **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** **12**: 22-55.
- BEWLEY, J.D & BLACK, M. 1994. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. Plenum Press, New York. 445p.
- BOND, W.J. & WILGEN, B.W. 1996. **Fire and Plants**. Chapman & Hal, New York. 153p.
- BONNER, F.T. 1990. Storage of seeds. Potential and limitations for germoplasm conservation. **Forest Ecology and Management** **35**: 35-43.
- BORGES, E.E.L & RENA, A.B. 1993. Germinação de sementes. *In*: AGUIAR, I.B; PIÑARODRIGUES, F.C.M. & FIGLIOLIA, M.B. (Coords.). **Sementes florestais tropicais**. Abrates, Brasília, p. 83-136.
- BORGHETTI, F. 2005. Temperaturas extremas e a germinação de sementes. *In*: NOGUEIRA, R.J.M.C; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G & CAVALCANTE, U.M.T. (Eds.). **Estresses ambientais, danos e benefícios em plantas**. MXM Gráfica e Editora, Recife, p. 207-218.
- BORGHETTI, F. & FERREIRA, A.G. 2004. Interpretação dos resultados de germinação. *In*: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed, Porto Alegre, p. 209-222.

- BRADBEER, J.W. 1988. **Seed dormancy and germination**. Blackie Academic & Professional, London. 139p.
- BRADSTOCK, R.A. & AULD, T.D. 1995. Soil temperatures during experimental bushfires in relation to fire intensity: consequences for legume germination and fire management in south-eastern Australia. **Journal of Applied Ecology** **32**: 76–84.
- BRADSTOCK, R.A.; AULD, T.D.; ELLIS, M.E. & COHN, J.S. 1992. Soil temperatures during bushfires in semi-arid mallee shrublands. **Australian Journal of Ecology** **17**: 433-440.
- BRADSTOCK R.A., GILL A.M., HASTINGS S.M. & MOORE P.H.R. 1994. Survival of serotinous seedbanks during bushfires: comparative studies of *Hakea* species from southeastern Australia. **Australian Journal of Ecology** **19**: 276–282.
- BRANCO, S.M. 2000. **Cerrado: origem, natureza e curiosidades**. Ed. Moderna, São Paulo. 63p.
- BRIDGEWATER, S.; RATTER, J.A. & RIBEIRO, J.F. 2004. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and conservation** **13**: 2295-2318.
- BROWN, C.L. & WHELAN, R.J. 1999. Seasonal Occurrence of Fire and Availability of Germinable Seeds in *Hakea sericea* and *Petrophile sessilis*. **Journal of Ecology** **87**: 923-941.
- BROWN, N.A.C. 1993. Seed germination in the Fynbos fire ephemeral, *Syncarpha vestita* (L.) B. Nord. is promoted by smoke aqueous extracts of smoke and charred wood derived from burning the ericoid-leaved shrub, *Passerina vulgaris* Thoday. **International Journal of Wildland Fire** **3**: 203-206.
- BROWN, N.A.C.; & BOTHA, P.A. 2004. Smoke seed germination studies and a guide to seed propagation of plants from the major families of the Cape Floristic Region, South Africa. **South African Journal of Botany** **70**: 559-581.

- CABRAL, E.L.; BARBOSA, D.C.A. & SIMABUKURO, E.A. 2003. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. **Acta Botanica Brasilica** **17**: 609-617.
- CANADELL, J.; LORET, F. & LÓPEZ-SORIA, L. 1991. Resprouting vigour of two shrub species after experimental fire treatments. **Vegetatio** **95**: 119-126.
- CARDOSO, V.J.M. 2004. Dormência: estabelecimento do processo. *In*: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed, Porto Alegre, p. 95-123.
- CARVALHO, L.R.; SILVA, E.A.A. & DAVIDE, A.C. 2006. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes** **28**: 15-25.
- CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. 2000. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ª Ed. FUNEP, Jaboticabal. 588p.
- CASS, A.; SAVAGE, M.J. & WALLIS, F.M. 1984. The effect of fire on soil and microclimate. *In*: BOOYESEN, P.V. & TAINTON, N.M. (Eds.). **Ecological effects of fire in South Africa ecosystems**. Springer-Verlag, Berlim, p.311 -325.
- CASSARO-SILVA, M. 2001. Efeito da temperatura na germinação de sementes de manduirana (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. – Caesalpiniaceae). **Revista Brasileira de Sementes** **23**: 92-99.
- CASTELLANI, T.T. & STUBBLEBINE, W.H. 1993. Sucessão secundária em mata tropical mesófila após perturbação por fogo. **Revista Brasileira de Botânica** **16**: 181-203.
- CASTRO, E.A. & KAUFFMAN, J.B. 1998. Ecosystem structure in the Brazilian cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology** **14**: 263–283.

- CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J. & HILHORST, H.W.M. 2004. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. *In*: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. (orgs). **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed, Porto Alegre, p. 51-67.
- CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J. & HILHORST, H.W.M. 2004. Embebição e reativação do metabolismo. *In*: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. (orgs). **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed, Porto Alegre, p. 149-162.
- CIRNE, P. & MIRANDA, H.S. 2008. Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology** **20**: 197-204.
- CIRNE, P. & SCARANO, F.R. 2001. Resprouting and growth dynamics after fire of the clonal shrub *Andira legalis* (Leguminosae) in a sandy coastal plain in southeastern Brazil. **Journal of Ecology** **89**: 351-357.
- COCHRANE, M.A. 2003. Fire science for rainforests. **Nature** **42**: 913-919.
- COLE, M.M. 1992. Influence of physical factor on the nature and dynamics of forest-savanna boundaries. *In*: FURLEY, P.A, PROCTOR, J. & RATTER, J.A. (Eds.). **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. Chapman e Hall, London, p. 63-75.
- COUTINHO, L.M. 1978. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** **1**: 17-23.
- COUTINHO, L.M. 1980. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal** **10**: 7-23.
- COUTINHO, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. *In*: GOLDAMMER, J.G. (Ed.). **Fire in the tropical biota - Ecosystem process and global challenge**. Ecological Studies 84, Springer-Verlag, Berlim, p. 82-105.
- COUTINHO, L.M. 2002. O bioma do cerrado. *In*: KLEIN, A.L. (Org.). **Eugen Warming e o Cerrado Brasileiro: Um Século Depois**. Editora UNESP, São Paulo, p.77-91.

- CROMARTY, A.S.; ELLIS, R.H. & ROBERTS, E.H. 1985. **Designing of seed storage facilities for genetic conservation**. IPGRI, Rome. 100p.
- DAVIDE, A.C.; CARVALHO, L.R. & TONETTI, O.A.O. 2001. Levantamento do grau de umidade de sementes de espécies florestais após beneficiamento. **Informativo ABRATES 11**: 285-287.
- DEBANO, L.F.; NEARY D.G. & FFOLLIOT P.F. 1998. **Fire Effects on Ecosystems**. John Wiley and Sons, New York. 333p.
- DELGADO, L.F. & BARBEDO, C.J. 2007. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de Eugenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 42**: 265-272.
- EITEN, G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review 38**: 201-341.
- EITEN, G. 1979. Formas fisionômicas do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica 2**: 139-148.
- EITEN, G. 1994. Vegetação do Cerrado. *In*: PINTO, M.N. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. SEMATEC/UnB, Brasília, p. 17-73.
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D. & ROBERTS, H. 1990. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of Experimental Botany 41**: 1167-1174.
- FANTI, S.C. 2001. **Aspectos da germinação e efeitos do condicionamento osmótico em sementes de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil. - Bombacaceae)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, São Carlos-SP. 145p.
- FELFILI, J.M. 1995. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in Central Brazil. **Vegetatio 117**: 1-15.
- FELFILI, J.M. 1997. Dynamics of the natural regeneration in the Gama gallery forest in central Brazil. **Forest Ecology and Management 91**: 235-245.

- FELFILI, J.M. & SILVA JÚNIOR M.C. 1993. A comparative study of Cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **9**: 277-289.
- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C.; DIAS, B.J & REZENDE, A.V. 1999. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **22**: 83-90.
- FELFILI, J.M.; HILGBERT, L.F.; FRANCO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C.; RESENDE, A.V. & NOGUEIRA, M.V.P. 1999. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica** **22**: 297-301.
- FELFILI, J.M.; MENDONÇA, R.C.; WALTER, B.M.T.; SILVA-JÚNIOR, M.C.; NÓBREGA, M.G.G.; FAGG, C.W.; SEVILHA, A.C. & SILVA, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L. & SOUZA-SILVA, J.C. (Eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, DF, p. 195-263.
- FELIPPE, G.M. & SILVA, J.C.S. 1984. Estudos de germinação em espécies do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** **7**: 157-163.
- FENNER, M. 1995. Ecology of seed banks. In: KIGEL, J. & GALILI, G. (Eds.). **Seed development and germination**. Academic Press, New York, p. 507-543.
- FERRAZ-GRANDE, F.G.A & TAKAKI, M. 2001. Temperature dependent seed germination of *Dalbergia nigra* Allem (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology** **44**: 401-404.
- FERREIRA, A.G.; CASSOL, B.; ROSA, S.G.T.; SILVEIRA, T.S.; STIVAL, A.L. & SILVA, A.A. 2001. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **15**: 231-242.

- FERREIRA, S.A.N. & GENTIL, D.F.O. 2003. Armazenamento de sementes de camu-camu (*Myrciaria dubia*) com diferentes graus de umidade e temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura** **25**: 440-442.
- FLORES, J. & BRIONES, O. 2001. Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. **Journal of Arid Environments** **47**: 485-497.
- FRANCO, A.C.; SOUZA, M.P. & NARDOTO, G.B. 1996. Estabelecimento e crescimento de *Dalbergia miscolobium* em áreas de campo sujo e cerrado no DF. *In*: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H. & DIAS, B.F.S. (Orgs.). **Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga**. Universidade de Brasília, Brasília, p. 84-92.
- FRANCO, M. & SILVERTOWN, J. 1997. Life history variations in plants: an exploration of the fast-slow continuum hypothesis. *In*: FRANCO, M.; SILVERTOWN, J. J. & HARPER, J.L. (Eds.). **Plant life histories**. Cambridge University, Cambridge, p. 210-227.
- FROST, P.G.H. & ROBERTSON, F. 1987. The ecological effects of fire in savannas. *In*: WALKER, B.H. (Ed.). **Determinants of Tropical Savannas**. IRL Press, Oxford, p. 93-140
- FURLEY, P.A. 1992. Edaphic changes at forest-savanna boundary with particular reference to the neotropics. *In*: FURLEY, P.A, PROCTOR, J. & RATTER, J.A. (Eds.). **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. Chapman e Hall, London, p. 91-115.
- FURLEY P.A. & RATTER J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography** **15**: 97–108.
- GARCIA, Q.S. & DINIZ, I.S.S. 2003. Comportamento germinativo de três espécies de Velloziaceae dos campos rupestres de Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica** **17**: 487-494.

- GARCIA, Q.S.; JACOBI, C.M. & RIBEIRO, B.A. 2007. Resposta germinativa de duas espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **21**: 451-456.
- GARCIA-NUÑES, C.; AZOCAR, A. & SILVA, J.F. 2001. Seed production and soil seed bank in the evergreen woody species from a neotropical savanna. **Journal of Tropical Ecology** **17**: 563-576.
- GASHAW, M. & MICHELSEN, A. 2002. Influence of heat shock on seed germination of plants from regularly burnt savanna woodlands and grasslands in Ethiopia. **Plant Ecology** **159**: 83-93.
- GIBSON, D.J; HARTNETT, D.C. & MERRIL, G.L.S. 1990. Fire temperature heterogeneity in contrasting fire prone habitats: Kansas tallgrass prairie and Florida sandhill. **Bulletin of the Torrey Botanical Club** **117**: 349-356.
- GOODLAND, R.A. & POLARD, R. 1973. The brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. **Journal of Ecology** **61**: 219-224.
- GOUVEIA, G.P. & FELFILI, J.M. 1998. Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil Central. **Revista Árvore** **22**: 443-450.
- GROSE, S.O. & OLMSTEAD, R.G. 2007. Taxonomic revisions in the Polyphyletic Genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **Systematic Botany** **32**: 660-670.
- HAIG, D. & WESTOBY, M. 1988. On limits to seed production. **American Naturalist** **131**: 757-759.
- HÄMMERLE, I.N.C. 2006. **Ecofisiologia comparative de espécies arbóreas de Cerrado s.s. e Mata de Galeria**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia. 78p.
- HANLEY, M.E. & FENNER, M. 1997. Seedling growth of four fire-following Mediterranean plant species deprived of single mineral nutrients. **Functional Ecology** **11**: 398-405.

- HANLEY, M.E. & LAMONT, B.B. 2000. Heat pre-treatment and the germination of soil- and canopy-stored seeds of south-western Australian species. **Acta Oecologica** **21**: 315-321.
- HANLEY, M.E.; FENNER, M. & NE'EMAN, G. 2001. Pregermination heat shock and seedling growth of fire-following Fabaceae from four Mediterranean-climate regions. **Acta Oecologica** **22**: 315-320.
- HARRINGTON, G.N. & DRIVER, M.A. 1995. The effect of fire and ants on the seed-banks of a shrub in a semiarid grassland. **Australian Journal of Ecology** **20**: 538-547.
- HERRANZ, J.M.; FERRANDIS, P. & MARTÍNEZ-SANCHÉZ, J.J. 1998. Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae species. **Plant Ecology** **136**: 95-103.
- HODGKINSON, K.C. & OXLEY, R.E. 1990. Influence of fire and edaphic factors on germination of the arid zone shrubs *Acacia aneura*, *Cassia nemophilla*, and *Dodonaea viscosa*. **Australian Journal of Botany** **38**: 269-279.
- HOFFMANN, W.A. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a Neotropical Savanna. **Journal of Ecology** **84**: 383-393.
- HOFFMANN, W.A. 1998. Post-burn reproduction of woody plants in a Neotropical Savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology** **35**: 422-433.
- HOFFMANN, W.A. 1999. Fire frequency and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna. **Ecology** **80**: 1354–1369.
- HOFFMANN, W.A. 2000. Post-establishment seedling success in the Brazilian Cerrado: a comparison of savanna and forest species. **Biotropica** **32**: 62-69.
- HOFFMANN, W.A.; ADASME, R.; HARIDASAN, M.; CARVALHO, M.T.; GEIGER, E.L.; PEREIRA, M.A.B.; GOTSCH, S.G. & FRANCO, A.C. 2009. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central **Ecology** **90**: 1326-1337.

- HOFFMANN, W.A. & FRANCO, A.C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically-independent contrasts. **Journal of Ecology** **91**: 475-484.
- HOFFMANN, W.A. & MOREIRA, A.G. 2002. The role of fire in population dynamics of woody plants. *In*: OLIVEIRA, P.S. & MARQUIS, R.J. (Eds.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. Columbia University Press, New York, p. 159–177.
- HOFFMANN, W.A.; ORTHEN, B. & NASCIMENTO, P.K.V. 2003. Comparative fire ecology of tropical savanna and forest trees. **Functional Ecology** **17**: 720-726.
- HOFFMANN, W.A.; FRANCO, A.C.; MOREIRA, M.Z. & HARIDASAN, M. 2005. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees. **Functional Ecology** **19**: 932-940.
- HONG, T.D.; ELLIS, R.H. 1992. The survival of germinating orthodox seeds after desiccation and hermetic storage. **Journal of Experimental Botany** **43**: 239-247.
- HONG, T.D. & ELLIS, R.H. 1996. **A protocol to determinate seed storage behaviour**. IPGRI, Rome. 55p.
- HONG, T.D.; LININGTON, S. & ELLIS, R.H. 1996. **Seed storage behaviour: a compendium**. IPGRI, Rome.
- HOPKINS, B. 1992. Ecological process at the Forest-savanna bondary. *In*: FURLEY, P.A, PROCTOR, J. & RATTER, J.A. (Eds.). **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. Chapman e Hall, London, p. 21-30.
- KEELEY, J.E. 1987. Role of fire in seed germination of woody taxa in California chaparral. **Ecology** **68**: 434-443.
- KENNARD, D.K.; GOULD, K.; PUTZ, F.E.; FREDERICKSEN, T.S. & MORALES, F. 2002. Effects of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management** **162**: 197-208.

- KENNY, B.J. 2000. Influence of multiple fire-related germination cues on three Sydney *Grevillea* (Protaceae) species. **Austral Ecology** **5**: 664-669.
- KERMODE, A.R. 1990. Regulatory mechanisms involved in the transition from seed development to germination. **Critical Reviews in Plant Sciences** **9**:155-195.
- KERMODE, A.R. & BEWLEY, J.D. 1985. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination. II. Acquisition of desiccation-tolerance and germinability during development of *Ricinus communis* L. seeds. **Journal of Experimental Botany** **36**:1906-1915.
- LABOURIAU, L.G. 1983. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Washington. 270p.
- LANDIM, M.F. & HAY, J.D. 1996. Impacto do fogo sobre alguns aspectos da biologia reprodutiva de *Kielmeyera coriacea* Mart. **Revista Brasileira de Botânica** **56**:127-134.
- LARCHER, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. RiMa Artes e Textos, São Carlos. 531p.
- LEPRINCE, O.; HENDRY, G.A.F. & MCKERSIE, B.D. 1993. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research** **3**: 231-246.
- LENZA, E. & KLINK, C.A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica** **29**: 627-638.
- LIMA, C.M.R.; BORGHETTI, F. & SOUSA, M.V. 1997. Temperature and germination of the Leguminosae *Enterolobium contortisiliquum*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** **9**: 97-102.
- LORENZI, H. 2002. **Árvores Brasileiras – Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Volume 1, 4ª Edição. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP. 385p.
- MALUF, A.M. & MARTINS, P.S. 1991. Germinação de sementes de *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L. **Revista Brasileira de Biologia** **51**: 417-425.

- MARCOS-FILHO, J. 2005. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Fealq, Piracicaba-SP. 495p.
- MAYER, A.C. & POLJAKOFF-MAYBER, A. 1989. **The germination of seeds**. Pergamon, London, 270p.
- MCGEE, A. & FELLER, M.C. 1993. Seed banks and disturbed soils in southeastern British Columbia. **Canadian Journal of Botany** **71**: 1574-1583.
- MEINZER, F.C.; GOLDSTEIN G.; FRANCO A.C.; BUSTAMANTE M.; IGLER, E.; JACKSON P.; CALDAS L. & RUNDEL P.W. 1999. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian Cerrado woody species. **Functional Ecology** **13**: 273–282.
- MELCHIOR, S.J.; CUSTÓDIO, C.C.; MARQUES, T.A. & MACHADO NETO, N.B. 2006. Colheita e armazenamento de sementes de gabioba (*Campomanesia adamantium* Camb. - Myrtaceae) e implicações na germinação. **Revista Brasileira de Sementes** **28**: 141-150.
- MELLO, C.M.C. & EIRA, M.T.S. 1995. Conservação de sementes de ipês (*Tabebuia* spp.). **Revista Árvore** **19**: 427-432.
- MELLO, C.M.C. & EIRA, M.T.S. 1995. Conservação de sementes de jacarandá mimoso (*Jacaranda acutifolia* Humb. & Bonpl.) – Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Sementes** **17**: 193-196.
- MIRANDA, A.C.; MIRANDA, H.S.; DIAS, I.F.O. & DIAS, B.F.S. 1993. Soil and Air Temperatures During Prescribed Cerrado Fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **9**: 313-320.
- MIRANDA, H.S. & SATO, M.N. 2005. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. *In*: Scariot, A.; Sousa-Filho, J.C. & Felfili, J.M. (Eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 75-92.
- MIRANDA, M.I. & KLINK, C.A. 1996. Colonização de campo sujo de cerrado com diferentes regimes de queima pela gramínea *Echinolaena inflexa* (Poaceae). *In*:

- MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H. & DIAS, B.F.S. (Orgs.). **Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga**. Universidade de Brasília, Brasília, p. 46-52.
- MOORE, R.P. 1973. Tetrazolium staining for assessing seed quality. *In*: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed Ecology**. Butterworths, Londres, p. 347-366.
- MOREIRA, A.G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography** **27**: 1021-1029.
- MOREIRA, A.G. & KLINK, C.A. 2000. Biomass allocation and growth of tree seedlings from two contrasting Brazilian Savannas. **Ecotropicos** **13**: 43-51.
- MUCUNGUZI, P. & ORIEM-ORYGA, H. 1995. Effects of heat and fire on the germination of *Acacia sieberiana* DC and *Acacia gerrardii* Benth. in Uganda. **Journal of Tropical Ecology** **12**: 1-11.
- MYERS, N.R.A.; MITTERMEIER, C.G.; MITTERMEIER, G.A.; FONSECA, B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**: 853-858.
- NASCIMENTO, W.M.O.; NOVENBRE, A.L.C. & CICERO, S.M. 2007. Consequências fisiológicas da dessecação em sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes** **29**: 38-43.
- NASSIF, S.M.L. & PEREZ, S.C.J.G.A. 2000. Efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes** **22**: 1-6.
- NETTO, D.A.M. & FAIAD, M.G.R. 1995. Viabilidade e sanidade de sementes de espécies florestais. **Revista Brasileira de Sementes** **17**: 75-80.
- NEVES, B.M.C. & MIRANDA, H.S. 1996. Efeitos do fogo no regime térmico do solo de um campo sujo de Cerrado. *In*: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H. & DIAS, B.F.S. (Orgs.). **Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga**. Universidade de Brasília, Brasília, p. 20-30.

- NOGUEIRA, A.C. 2000. Germinação de sementes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart ex. DC.) Standl. em diferentes substratos e temperaturas. **Informativo ABRATES 11**: 274.
- OLIVEIRA, P.G. & GARCIA, Q.S. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Syngonanthus elegantulus* Ruhland, *S. elegans* (Bong.) Ruhland e *S. venustus* Silveira (Eriocaulaceae). **Acta Botanica Brasilica 19**: 639-645.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 1995. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany 52**: 141-194.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P.S. & MARQUIS, R.J. **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. Columbia University Press, New York, p.121-140.
- PAMMENTER, N.W. & BERJAK, P. 1999. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation tolerance mechanisms. **Seed Science Research 9**: 13-37.
- PAMMENTER, N.W. & BERJAK, P. 2000. Aspects of recalcitrant seed physiology. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12**: 56-69.
- PARENTE, T.V. & CARMONA, R. 1988. Preservação do poder germinativo de sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Nees e Mart.) em diferentes meios de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura 10**: 71-76.
- PAULILO, M.T.S. & FELIPPE, G.M. 1998. Growth of the shrub-tree flora of the Brazilian Cerrados: a review. **Tropical Ecology 39**: 165-174.
- PILLAR, V.D. & SOSINSKI JR., E.E. 2003. An improved method for searching plant functional types by numerical analysis. **Journal of Vegetation Science 14**: 323-332.
- PINHEIRO, F. & BORGHETTI, F. 2003. Light and requirements for germination of seeds of *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesbach and *Streptocalyx floribundus* (Martius ex Schultes F.) Mez (Bromeliaceae). **Acta Botanica Brasilica 17**: 27-35.

- PONS, T.L. 1993. Seed responses to light. *In*: FENNER, M. (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. CABI, Wallingford, p. 259-284.
- POPINIGIS, F. 1985. **Fisiologia das sementes**. Ministério da Agricultura – AGIPLAN, Brasília. 289p.
- PRADO, D.E. & GIBBS, P.E. 1993. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden** **80**: 902-927.
- QUINTANA-ASCENCIO, P.F.; GONZÁLEZ-ESPINOZA, M.; RAMÍREZ-MARCIAL, N.; DOMÍNGUEZ-VAZQUEZ, G. & MARTINEZ-ICÓ, M. 1996. Soil seed banks and regeneration of tropical rain forest from Milpa fields at the Selva Locandona, Chiapas, México. **Biotropica** **28**: 192-209.
- RAICH, J.W. 1989. Seasonal and spatial variation in the light environment in a tropical dipterocarp forest and gaps. **Biotropica** **21**: 299-302.
- RAMOS, M.B.P. & VARELA, V.P. Efeito da temperatura e do substrato sobre a germinação de sementes de visgueiro do igapó (*Parkia discolor* Benth) Leguminosae, Mimosoideae. **Revista de Ciências Agrárias** **39**: 123-133.
- RATTER, J.A. & DARGIE, T.C.D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** **49**: 235-250.
- RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; & RIBEIRO, J.F. 2003. Analysis of Floristic composition of the brazilian cerrado begetation III: comparasion of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany** **60**: 57-109.
- REYES, O. & TRABAUD, L. 2009. Germination behaviour of 14 Mediterranean species in relation to fire factors: smoke and heat. **Plant Ecology** **202**: 113-121.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 2001. As Matas de Galeria no contexto do bioma Cerrado. *In*: RIBEIRO, J.F; FONSECA, C.E.L & SOUSA-SILVA, J.C. **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 27-47.

- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de & RIBEIRO, J.F. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 151-212.
- RILEY, G.J.P. 1981. Effects of high temperature on protein synthesis during germination of Maize (*Zea mays* L.). **Planta** **151**: 75-80.
- RIZZINI, C.T. 1976. Influência da temperatura sobre a germinação de diásporos do Cerrado. **Rodriguesia** **41**: 341-383.
- ROBERTS, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology** **1**: 449-514.
- ROBERTS, E.H. & KING, M.W. 1980. The characteristics of recalcitrant seeds. *In*: CHIN, H.F. & ROBERTS, E.H. (Eds.). **Recalcitrant Crop Seeds**. Tropical Press, Kuala Lumpur, p.1-5.
- SACANDÉ, M.; JØKER, D.; DULLOO, M.E. & THOMSEN, K.A. 2004. **Comparative storage biology of tropical tree seeds**. IPGRI, Rome. 363p.
- SAHARJO, B.H. & WATANABE, H., 1997. The effects of fire on the germination of *Acacia mangium* in a plantation in South Sumatra, Indonesia. **Commonwealth Forest Review** **76**: 128-131.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1997. Late Quaternary paleoclimate in the savannas of South America. **Journal of Quaternary Science** **12**: 371-379.
- SALOMÃO, A.N. & MUNDIN, R.C. 1997. Efeito de diferentes graus de umidade na viabilidade de sementes de 11 espécies arbóreas durante a criopreservação. **Informativo ABRATES** **7**: 224.
- SANTANA, D.G. & RANAL, M.A. 2004. **Análise da Germinação – Um enfoque estatístico**. Editora Universidade de Brasília, Brasília. 248p.
- SATO, M.N. & MIRANDA, H.S. 1996. Mortalidade de Plantas Lenhosas do Cerrado *sensu stricto* submetidas a diferentes regimes de queima. *In*: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.

- & DIAS, B.F.S. (Orgs.). **Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga**. Universidade de Brasília, Brasília, p. 102-111.
- SCALON, S.P.Q., MASSURY, R.M., FILHO, H.S., FRANCELINO, C.S.F. & FLORENCIO, D.K.A. 2006. Armazenamento e tratamento pré-germinativo em sementes de Jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). **Revista Árvore** **30**: 179-185.
- SCHMIDT, I.B.; SAMPAIO, A.B. & BORGHETTI, F. 2005. Efeitos da época de queima sobre a reprodução sexuada e estrutura populacional de *Heteropterys pteropetala* (Adr. Juss.), Malpighiaceae, em áreas de Cerrado *sensu stricto* submetidas a queimas bienais. **Acta Botanica Brasilica** **19**: 927-934.
- SILVA, A.M.; ASSAD, E.D & EVANGELISTA, B.A. 2008. Caracterização climática do bioma Cerrado. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de & RIBEIRO, J.F. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 69-88.
- SILVA, G.T.; SATO, M.N. & MIRANDA, H.S. 1996. Mortalidade de Plantas Lenhosas em um Campo Sujo de Cerrado submetido a queimadas prescritas. *In*: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H. & DIAS, B.F.S. (Orgs.). **Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga**. Universidade de Brasília, Brasília, p. 93-101.
- SILVA, L.C.R.; STERNBERG, L.; HARIDASAN, M.; HOFFMANN, W.A.; MIRALLES-WILHELM, F. & FRANCO, A.C. 2008. Expansion of gallery forests into central Brazilian savannas. **Global Change Biology** **14**: 2108-2118.
- SILVA, L.F.G. & LIMA, H.C. 2007. Mudanças nomenclaturais no gênero *Tachigali* Aubl. (Leguminosae-Caesalpinioideae) no Brasil. **Rodriguésia** **58**: 397-401.
- SILVA, V.F.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VENTURIN, N.; CARVALHO, W.A.C. & GOMES, J.B.V. 2005. Impacto do fogo no componente arbóreo de uma floresta estacional semidecídua no município de Ibituruna, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**: 701-716.
- SILVA-JUNIOR, M.C. 2005. **100 árvores do cerrado - guia de campo**. 1ª edição. Rede de Sementes do Cerrado, Brasília. 278p.

- SILVA-JUNIOR, M.C. & PEREIRA, B.A. 2009. + **100 Árvores do Cerrado - Matas de Galeria – guia de campo**. 1ª edição. Rede de Sementes do Cerrado, Brasília. 288p.
- SILVEIRA, F.A.O; NEGREIROS, D. & FERNANDES, G.W. 2004. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica** **18**: 847-851.
- SIMÃO, E. & TAKAKI, M. 2008. Effect of light and temperature on seed germination in *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica** **8**: 63-68.
- SKOGLUND, J. 1992. The role of seed banks in vegetation dynamics and restoration of dry tropical ecosystems. **Journal of Vegetation Science** **3**: 357–360.
- SOCOLOWSKI, F. & TAKAKI, M. 2004. Germination of *Jacaranda mimosifolia* (D. Don -Bignoniaceae) Seeds: Effects of Light, Temperature and Water Stress. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **47**: 785-792.
- SOCOLOWSKI, F.; VIEIRA, D.C.M. & TAKAKI, M. 2008. Interaction of Temperature and Light on Seed Germination in *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (Bignoniaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology** **51**: 723-730.
- SOUSA, V.C., BRUNO, R.L.A. & ANDRADE, L.A. 2005. Vigor de sementes armazenadas de ipê-amarelo *Tabebuia serratifolia* (VAHL). NICH. **Revista Árvore** **29**: 833-841.
- TAMBELINI, M. & PEREZ, S.C.J.G.A. 1999. Temperature limits on germination of *Stryphnodendron polyphyllum* Mart. **Journal of Tropical Forestry Science** **11**: 630-636.
- TÁRREGA R.; CALVO, L. & TRABAUD, L. (1992) Effect of high temperatures on seed germination of two woody Leguminosae. **Vegetatio** **102**:139–147.
- TEKETAY, D. 1998. Germination of *Acacia origena*, *A. pilispina* and *Pterolobium stellatum* in response to different pre-sowing seed treatments, temperature and light. **Journal of Arid Environments** **38**: 551-560.

- THOMAS, P.B.; MORRIS, E.C. & AULD, T.D. 2003. Interactive effects of heat shock and smoke on germination of nine species forming soil seed banks within the Sydney region. **Austral Ecology** **28**: 674-683.
- TIERNEY, D.A. 2006. The effect of fire-related germination cues on the germination of a declining forest understory species. **Australian Journal of Botany** **54**: 297-303.
- TOMPSET, P.B. 1984. Desiccation studies in relation to the storage of *Araucaria* seed. **Annals of Applied Biology** **105**: 581-586.
- TRABAUD, L. 1987. Fire and survival traits of plants. *In*: TRABAUD, L. (Ed). **The Role of Fire in Ecological Systems**. SPB Acad. Publishing, Netherlands, p. 65-89.
- TYLER, C.M. 1995. Factors contributing to postfire seedling establishment in chaparral: direct and indirect effects of fire. **Journal of Ecology** **83**: 1009-1020.
- UHL, C.; CLARK, K. & MURPHY, P. 1981. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazonian basin. **Journal of Ecology** **69**: 631-649.
- UHL, C.; KAUFFMAN, J.B. & SILVA, E.D. 1990. Os caminhos do fogo na Amazônia. **Ciência Hoje** **11**: 25-32.
- VALIO, I.F.M. & FERREIRA, Z.L. 1992. Germination of seeds of *Myrciaria cauliflora* (Mart.) Berg. (Myrthaceae). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** **4**: 95-98.
- VÁZQUEZ-YANES, C. & OROZCO-SEGOVIA, A. 1993. Patterns of achen storage and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics** **24**: 69-87.
- VELTEN, S.B. & GARCIA, Q.S. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**: 753-761.

- VENABLE, D.L. & BROWN, J.S. 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. **American Naturalist** **131**: 360-383.
- VIEIRA, D.C.M.; SOCOLOWSKI, F. & TAKAKI, M. 2007. Germinação de sementes de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae) sob diferentes temperaturas em luz e escuro. **Revista Brasileira de Botânica** **30**: 183-188.
- VILLALOBOS, A.E. & PELÁEZ, D.V. 2001. Influences of temperature and water stress on germination and establishment of *Prosopis caldenia* Burk. **Journal of Arid Environments** **49**: 321-328.
- WALTER, B.M.T. 2006. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia. 373p.
- WALTERS, C.; FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W. & BERJAK, P. 2002. Desiccation stress and damage. *In*: BLACK, M. & PRITCHARD, H.D. **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. CABI, Wallingford, p. 263-291.
- WHELAN, R.J. 1995. **The Ecology of Fire**. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- WHITTAKER, R.H. 1975. **Communities and Ecosystems**. Macmillan Publishing Company, New York. 385 p.
- WILLIAMS, P.R.; CONGDON, R.A.; GRICE, A.C. & CLARKE, P.J. 2005. Fire-related cues break seed dormancy of six legumes of tropical eucalypt savannas in north-eastern Australia. **Austral Ecology** **30**: 79-90.
- WRIGHT, S.J. & BAILEY, A.W. 1982. **Fire Ecology: United States and Canada**. John Wiley & Sons, New York. 501p.
- WULFF, R.D. 1995. Environmental maternal effects on seed quality and germination. *In*: KIGEL, J. & GALILI, G. (Eds.). **Seed development and germination**. Marcel Dekker, New York, p. 491-505.

YOUNG, K.R.; EWELL, J.J. & BROWN, B.J. 1987. Seed dynamics during forest succession in Costa Rica. **Vegetatio** 71: 157-173.

ZAIDAN, L.B.P. & CARREIRA, R.C. 2008. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 20: 167-181.

ZAR, J.H. 1999. **Bioestatistical Analisys**. Fourth Edition, Prentice-Hall, New Jersey. 929p.

8. Apêndice

Tabela 4. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes dessecadas e não dessecadas de espécies de cerrado *sensu stricto* (média \pm desvio padrão).

		Espécie				
TAS (%)	<i>Dimorphandra mollis</i>	<i>Eriotheca pubescens</i>	<i>Kielmeyera coriacea</i>	<i>Qualea grandiflora</i>	<i>Roupala montana</i>	<i>Tabebuia aurea</i>
V (%)						
Controle	95 \pm 6,4 a	98,3 \pm 3,3 a	93,3 \pm 5,4 a	91,7 \pm 3,3 a	95 \pm 3,3 a	93,3 \pm 5,4 a
5	75 \pm 9,4 b	98,3 \pm 3,3 a	95 \pm 6,4 a	83,3 \pm 6,7 a	93,3 \pm 5,4 a	96,7 \pm 3,8 a
G (%)						
Controle	95 \pm 6,4 a	98,3 \pm 3,3 a	93,3 \pm 5,4 a	80 \pm 5,4 a	95 \pm 3,3 a	93,7 \pm 5,4 a
5	68,3 \pm 3,3 b	98,3 \pm 3,3 a	95 \pm 6,4 a	80 \pm 9,4 a	91,7 \pm 6,4 a	96,7 \pm 3,8 a
TmG (horas)						
Controle	96,4 \pm 10,6 a	109,1 \pm 21,2 a	213,4 \pm 86,3 a	245 \pm 93,7 a	529,3 \pm 176,2 a	56,7 \pm 18,7 a
5	103,6 \pm 20,4a	110,2 \pm 26,8 a	211,8 \pm 79,5 a	260 \pm 80,4 a	598,2 \pm 188,6 a	65 \pm 20,1 a

Para cada espécie, valores seguidos de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 5. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes dessecadas e não dessecadas de espécies de mata de galeria (média ± desvio padrão).

		Espécie				
TAS (%)	<i>Anadenanthera falcata</i>	<i>Copaifera langsdorffii</i>	<i>Dalbergia densiflora</i>	<i>Handroanthus impetiginosus*</i>	<i>Jacaranda puberula</i>	<i>Tachigali rubiginosa</i>
V (%)						
Controle	71,7 ± 13,7 a	91,7 ± 3,3 a	70 ± 13,8 a	100 a	85 ± 10 a	86,7 ± 10,8 a
5	40 ± 18,1 b	70 ± 6,7 b	56,7 ± 3,8 a	90 ± 3,8 a	35 ± 3,3 b	58,3 ± 8,4 b
G (%)*						
Controle	71,7 ± 13,7 a	88,3 ± 6,4 a	63,3 ± 16,8 a	100 a	78,3 ± 19,1 a	76,7 ± 12,8 a
5	40 ± 18,1 b	63,3 ± 8,6 b	46,7 ± 5,4 a	78,3 ± 6,4 b	26,7 ± 9,4 b	56,7 ± 8,6 b
TmG (horas)						
Controle	29,6 ± 12,6 a	210,6 ± 69,4 a	94,1 ± 23,2 a	86,4 ± 18,8 a	206,3 ± 67,3 a	150,8 ± 50,5 a
5	48 ± 18,7 b	287,4 ± 124,1 b	96 ± 19,6 a	115,4 ± 31,5b	262,5 ± 88,3 a	190,6 ± 72,3 b

Para cada espécie, valores seguidos de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

* Dados cujos valores foram submetidos à transformação arco-seno.

Tabela 6. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* incubadas em temperaturas supra-ótimas (média \pm desvio padrão).

Temperatura	Espécie					
	<i>Dimorphandra mollis</i>	<i>Eriotheca pubescens</i>	<i>Kielmeyera coriacea</i>	<i>Qualea grandiflora</i>	<i>Roupala montana</i>	<i>Tabebuia aurea</i> [§]
	V (%)					
30°C	95 \pm 6,4 a	100 a	93,3 \pm 5,4 a	91,7 \pm 3,3 a	95 \pm 3,3 a	93,3 \pm 5,4 a
35°C	85 \pm 6,4 a	91,7 \pm 6,4 a	80 \pm 7,7 a	80 \pm 7,7 a	66,7 \pm 5,4 b	95 \pm 6,4 a
40°C	0 b	78,3 \pm 14,8 a	0 b	63,3 \pm 12,8 a	0 c	78,3 \pm 12,8 a
45°C	0 b	0 b	0 b	0 b	0 c	0 b
	G (%)					
30°C	95 \pm 6,4 a	98,3 \pm 3,3 a	93,3 \pm 5,4 a	80 \pm 5,4 a	95 \pm 3,3 a	93,3 \pm 5,4 a
35°C	81,7 \pm 8,4 b	88,3 \pm 11,4 a	63,3 \pm 20,7 b	60 \pm 23,7 a	16,7 \pm 8,6 b	95 \pm 6,4 a
40°C	0 c	78,3 \pm 14,8 a	0 c	51,7 \pm 18,4 a	0 c	76,7 \pm 12,8 a
45°C	0 c	0 b	0 c	0 b	0 c	0 b
	TmG (horas) [§]					
30°C	96,4 \pm 10,6 a	109,1 \pm 21,2 a	213,4 \pm 86,3 a	245 \pm 93,7 a	529,3 \pm 176,2a	56,7 \pm 18,7 a
35°C	77,9 \pm 11,5 b	116,4 \pm 42,7 a	300,6 \pm 80,4 b	505,3 \pm 143,4 c	998,4 \pm 242,2b	58,9 \pm 17 a
40°C	----	166,5 \pm 56,9 b	----	417,3 \pm 121,5 b	----	71,5 \pm 19,9 b
45°C	----	----	----	----	----	----

Para cada espécie, valores seguidos de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

[§] Dados cujos valores foram submetidos à transformação raiz quadrada.

Tabela 7. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de mata de galeria incubadas em temperaturas supra-ótimas (média ± desvio padrão).

Temperatura	<i>Anadenanthera falcata</i>	<i>Copaifera langsdorffii</i>	<i>Dalbergia densiflora</i>	<i>Handroanthus impetiginosus</i> * [§]	<i>Jacaranda puberula</i>	<i>Tachigali rubiginosa</i>
V (%)						
30°C	71,7 ± 13,7 a	91,7 ± 3,3 a	70 ± 13,8 a	100 a	85 ± 10 a	86,7 ± 10,8 a
35°C	23,3 ± 15,9 b	65 ± 15,7 b	51,7 ± 8,4 a	98,3 ± 3,3 a	60 ± 9,4 b	35 ± 25,5 b
40°C	13,3 ± 5,4 b	6,7 ± 5,4 c	0 b	91,7 ± 8,4 a	0 c	0 c
45°C	0 c	0 d	0 b	0 b	0 c	0 c
G (%)*						
30°C	71,7 ± 13,7 a	88,3 ± 6,4 a	63,3 ± 16,8 a	100 a	78,3 ± 19,1 a	76,7 ± 12,8 a
35°C	23,3 ± 15,9 b	61,7 ± 19,9 b	41,7 ± 5,4 a	98,3 ± 3,3 a	38,3 ± 11,4 b	28,3 ± 17,5 b
40°C	13,3 ± 5,4 b	0 c	0 b	20 ± 9,4 b	0 c	0 c
45°C	0 c	0 c	0 b	0 c	0 c	0 c
TmG (horas) [§]						
30°C	29,6 ± 12,6 a	210,6 ± 69,4 a	94,1 ± 23,2 a	86,4 ± 18,8 a	206,3 ± 67,3 a	150,8 ± 50,5 a
35°C	30,9 ± 11,2 a	183,6 ± 48,1 a	81,6 ± 15,5 a	89,9 ± 22,5 a	253,6 ± 95,4 a	107,3 ± 38,9 a
40°C	30,9 ± 12,8 a	----	----	244 ± 85,5 b	----	----
45°C	----	----	----	----	----	----

Valores seguidos de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

* Dados cujos valores foram submetidos à transformação arco-seno.

§ Dados cujos valores foram submetidos à transformação raiz quadrada.

Tabela 8. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de cerrado *sensu stricto* expostas a diferentes choques térmicos (média ± desvio padrão).

Tratamento térmico	<i>Dimorphandra mollis</i>	<i>Eriotheca pubescens*</i>	<i>Kielmeyera coriacea</i>	<i>Qualea grandiflora</i>	<i>Roupala montana*</i>	<i>Tabebuia aurea</i> §
V (%)						
Controle	95 ± 6,4 a	100 a	93,3 ± 5,4 a	91,7 ± 3,3 a	95 ± 3,3 a	93,3 ± 5,4 a
80°C/2,5'	88,3 ± 6,4 ab	96,7 ± 3,8 ab	95 ± 3,3 a	80 ± 9,4 a	100 a	95 ± 6,4 a
80°C/5'	90 ± 3,8 ab	96,7 ± 6,7 ab	98,3 ± 3,3 a	75 ± 12,6 a	98,3 ± 3,3 a	98,3 ± 3,3 a
140°C/2,5'	85 ± 13,7 ab	86,7 ± 7,7 ab	10 ± 3,8 b	75 ± 6,4 a	71,7 ± 8,4 b	82,5 ± 12,6 a
140°C/5'	93,3 ± 5,4 a	61,7 ± 19,9 bc	5 ± 3,3 b	71,7 ± 15,7 a	0 c	0 b
200°C/2,5'	68,3 ± 19,1 b	38,3 ± 19,9 c	3,3 ± 3,8 b	35 ± 8,4 b	0 c	0 b
200°C/5'	0 c	0 d	0 b	0 c	0 c	0 b
G (%)*						
Controle	95 ± 6,4 a	98,3 ± 3,3 a	93,3 ± 5,4 a	80 ± 5,4 a	95 ± 3,3 a	93,3 ± 5,4 a
80°C/2,5'	88,3 ± 6,4 ab	96,7 ± 3,8 ab	91,7 ± 6,4 a	71,7 ± 11,4 a	98,3 ± 3,3 a	95 ± 6,4 a
80°C/5'	90 ± 3,8 ab	96,7 ± 6,7 ab	98,3 ± 3,3 a	61,7 ± 22 a	95 ± 6,4 a	98,3 ± 3,3 a
140°C/2,5'	85 ± 13,7 ab	86,7 ± 7,7 ab	3,3 ± 3,8 b	63,3 ± 12,8 a	61,7 ± 15,7 b	82,5 ± 12,6 a
140°C/5'	93,3 ± 5,4 a	61,7 ± 19,9 bc	3,3 ± 6,7 b	63,3 ± 22,1 a	0 c	0 b
200°C/2,5'	68,3 ± 19,1 b	38,3 ± 19,9 c	3,3 ± 3,8 b	25 ± 11,4 b	0 c	0 b
200°C/5'	0 c	0 d	0 b	0 c	0 c	0 b
TmG (horas)§						
Controle	96,4 ± 10,6 a	116,7 ± 42,7 a	213,4 ± 86,3 a	245 ± 93,7 a	529,3 ± 176,2 a	56,7 ± 18,7ab
80°C/2,5'	102,8 ± 26,4 a	108 ± 28,5 a	196,4 ± 61,1 a	279,6 ± 87,7 ab	555,7 ± 193,8 a	53,4 ± 12 a
80°C/5'	101,3 ± 25,4 a	109,2 ± 38,2 a	197,3 ± 59,5 a	365,8 ± 181,9 c	594,1 ± 197,2 a	52,5 ± 9,4 a
140°C/2,5'	96,5 ± 22,8 a	112,6 ± 25,4 a	----	336 ± 107,3 bc	601,3 ± 162,3 a	72 ± 32,9 b
140°C/5'	96,4 ± 17,4 a	157,6 ± 37,3 b	----	279,2 ± 74,5 ab	----	----
200°C/2,5'	175,6 ± 21,8 b	164,9 ± 35,7 b	----	243,2 ± 71,9 a	----	----
200°C/5'	----	----	----	----	----	----

Valores seguidos de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

* Dados cujos valores foram submetidos à transformação arco-seno.

§ Dados cujos valores foram submetidos à transformação raiz quadrada.

Tabela 9. Porcentagem de viabilidade (V), porcentagem de germinação (G) e tempo médio de germinação (TmG) de sementes de espécies de mata de galeria expostas a diferentes choques térmicos (média ± desvio padrão).

Tratamento térmico	<i>Anadenanthera falcata</i> §	<i>Copaifera langsdorffii</i>	<i>Dalbergia densiflora</i>	<i>Handroanthus impetiginosus</i> *§	<i>Jacaranda puberula</i>	<i>Tachigali rubiginosa</i>
V (%)						
Controle	71,7 ± 13,7 a	91,7 ± 3,3 a	70 ± 13,8 a	100 a	85 ± 10 a	86,7 ± 10,8 a
80°C/2,5'	41,7 ± 6,4 b	93,3 ± 5,4 a	78,3 ± 19,9 a	100 a	63,3 ± 8,6 a	83,3 ± 16,7 a
80°C/5'	46,7 ± 3,8 b	93,3 ± 13,3 a	58,3 ± 14,8 a	100 a	60 ± 5,4 a	65 ± 14,8 a
140°C/2,5'	21,7 ± 7,7 b	90 ± 8,6 a	0 b	8,3 ± 10 b	10 ± 3,8 b	26,7 ± 5,4 b
140°C/5'	0 c	70 ± 6,7 b	0 b	0 b	0 b	0 c
200°C/2,5'	0 c	70 ± 8,6 b	0 b	0 b	0 b	0 c
200°C/5'	0 c	0 c	0 b	0 b	0 b	0 c
G (%)*						
Controle	71,7 ± 13,7 a	88,3 ± 6,4 a	63,3 ± 16,8 a	100 a	78,3 ± 19,1 a	76,7 ± 12,8 a
80°C/2,5'	41,7 ± 6,4 b	91,7 ± 6,4 a	70 ± 29,5 a	100 a	61,7 ± 10 a	70 ± 17,6 a
80°C/5'	46,7 ± 3,8 b	93,3 ± 13,3 a	56,7 ± 13,9 a	100 a	60 ± 5,4 a	60 ± 12,2 a
140°C/2,5'	21,7 ± 7,7 c	88,3 ± 11,4 a	0	8,3 ± 10 b	0 b	23,3 ± 3,8 b
140°C/5'	0 d	63,3 ± 13,9 b	0	0 b	0 b	0 c
200°C/2,5'	0 d	63,3 ± 11,5 b	0	0 b	0 b	0 c
200°C/5'	0 d	0 c	0	0 b	0 b	0 c
TmG (horas)§						
Controle	29,6 ± 12,6 a	210,6 ± 69,4 a	94,1 ± 23,2 a	86,40 ± 18,85 a	206,3 ± 67,3 a	151 ± 50,5 a
80°C/2,5'	49 ± 20,2 b	202,5 ± 37,7 a	86,3 ± 13 a	79,20 ± 16,11 a	215,3 ± 59,5 a	151,1 ± 68 a
80°C/5'	42 ± 21,3 b	207 ± 59,1 a	93,2 ± 28,2 a	78,00 ± 12,98 a	213,3 ± 64,4 a	176 ± 63,6 a
140°C/2,5'	53,5 ± 28 b	235,5 ± 51,6 ab	----	----	----	137 ± 66,2 a
140°C/5'	----	260,2 ± 65,7 b	----	----	----	----
200°C/2,5'	----	202,1 ± 40,9 a	----	----	----	----
200°C/5'	----	----	----	----	----	----

Valores seguidos de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

* Dados cujos valores foram submetidos à transformação arco-seno.

§ Dados cujos valores foram submetidos à transformação raiz quadrada.